Tekstil Sanayii için En Uygun Teknikler (BAT) Referans Dokümanı (Kasım 2002)

European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau

TÜRKİYE TEKSTİL TERBİYE SANAYİCİLERİ DERNEĞİ

YÖNETİCİ ÖZETİ

Tercüme eden: Arş. Gör. Emrah Bilgin (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

GİRİŞ

Tekstil sanayiinde mevcut en iyi teknikler hakkındaki bu referans doküman, 96/61/EU Komisyon Yönergesi'nin 16(2) Maddesi'ne göre gerçekleştirilen bilgi değişiminin ürünüdür. Doküman, amacını ve kullanımı açıklayan önsözün ışığı altında değerlendirilmelidir.

Bu doküman, 96/61/EU IPPC Yönergesi'nin Ek (Annex) I Bölüm 6.2 kısmında belirtilen "liflerin ve tekstil materyallerinin ön terbiye (yıkama, ağartma ve merserizasyon gibi işlemler) veya boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği ve işlem kapasitesi 10 ton/gün'den daha büyük olan fabrikalara" ait endüstriyel etkinlikleri kapsamaktadır.

Ayrıca bu BREF, tekstil yardımcı maddeleri, boyalar ve pigmentler, tekstil makineleri, tipik reçeteler, vs. gibi konularla ilgili tamamlayıcı bilgiler sağlayan birtakım ekler de içermektedir.

Bu yönetici özetinin amacı, belgeye ait temel bulguların özetlenmesidir. Ancak tüm ayrıntıların bu kısa özet içerisinde yansıtılması mümkün olmadığından, her hangi bir spesifik kurulum için, mevcut en iyi tekniğin belirlenmesinde referans olarak, bir bütünlük içerisinde sadece ana metin kullanılmalıdır.

TEKSTİL SANAYİİ

Tekstil sanayii, imalat sanayii içerisinde yer alan en uzun ve kompleks endüstriyel zincirlerden birisidir. Giyim, ev tekstilleri ve endüstriyel kullanım olmak üzere üç temel nihai kullanım alanından doğan bir talebe sahip olan, KOBİ'lerin hakim olduğu ve alt sektörlere parçalanmış heterojen bir sektördür.

İtalya Avrupa'nın büyük farkla önde gelen tekstil üreticisidir ve onu sırasıyla Almanya, İngiltere, Fransa ve İspanya takip etmektedir. Bu ülkeler birlikte, AB tekstil üretiminin % 80'ninden fazlasını gerçekleştirmektedirler. Halı sektörü için Avrupa'nın en önemli üreticileri ise Belçika, Fransa, Almanya ve İngiltere'dir.

2000'de Avrupa tekstil ve giyim sanayii, AB imalat sanayii iş hacminin % 3,4'ünü, katma değerinin % 3,8'ini ve endüstriyel istihdamın da % 6,9'unu oluşturmuştur.

Tekstil sanayii, hammaddelerden (kimyasal lifler) yarı işlenmiş ürünlerin (iplik, dokuma ve örme kumaşlar ile bunların terbiye işlemleri) ve nihai ürünlerin (halılar, ev tekstilleri, giyim ve endüstriyel kullanıma sahip tekstiller) üretimine kadar olan üretim halkasının tamamını kapsayan çok sayıdaki alt sektörden oluşmaktadır. Bu dokümanın kapsamı yaş işlemleri içeren aktivitelerle sınırlandırıldığından, üç temel alt sektör tanımlanmıştır: yapak yıkama, tekstil terbiyesi (zemin kaplamaları hariç) ve halı sektörü.

UYGULANAN İŞLEMLER VE TEKNİKLER

Tekstil zinciri ham elyafın üretilmesi ya da hasadı ile başlamaktadır. Bu BREF'de ele alınan işlemlerin ve tekniklerin özünü, "terbiye işlemleri" olarak adlandırılan işlemler (örneğin, yıkama ve kurutma da dahil olmak üzere, ön terbiye, boya, baskı, bitim işlemleri ve kaplamalar) oluşturmaktadır. Daha sora gelen yaş işlemlerin çevresel etkileri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecekleri için, bu dokümanda sentetik lif üretimi, iplik üretimi, dokuma, örme... gibi üretim akışında tekstil terbiyesinden önce yer alan diğer işlemler de kısaca açıklanmaktadır. Son kullanıcının isteklerine bağlı olarak "terbiye işlemleri", üretim

zincirinin farklı adımlarında (örneğin, kumaşta, iplikte, serbest haldeki liflerde, vs.) yer alabilmektedir ve işlemlerin sırası da çok değişkendir.
Terbiye işlemleri önce uygulanabilecekleri olası sıraları düşünülmeden temel işlemler olarak anlatılmaktadır. Daha sonra Bölüm 2'de, yapak yıkama, tekstil terbiyesi ve halı sektörü içerisinde bunların tipik bazı kategorileri tanımlanmakta ve işlem sıraları kısaca açıklanmaktadır.

ÇEVRESEL SORUNLAR VE TÜKETİM & EMİSYON SEVİYELERİ

Tekstil sanayiindeki temel çevresel sorunlar, atılan su miktarı ve onun taşıdığı kimyasal yük ile ilgilidir. Diğer önemli sorunlar ise, enerji tüketimi, hava emisyonları, katı atıklar ve bazı işlemlerde ciddi rahatsızlıklara sebep olabilen kokulardır.

Hava emisyonları genellikle oluştukları noktalarda toplanmaktadırlar. Farklı ülkelerde uzun sürelerden beri kontrol edildikleri için, belirli işlemlerden kaynaklanan hava emisyonları ile ilgili olarak iyi tarihi veriler mevcuttur. Suya geçen emisyonlar için böyle bir durum söz konusu değildir. Farklı işlemlerden gelen çeşitli akıntılar birbirleriyle karıştırılmakta ve dolayısıyla, işlenen lif tipleri ve materyal formları, uygulanan yöntemler ve kullanılan kimyasal madde ve yardımcı madde tipleri, vs. gibi faktörlerin karmaşık bir kombinasyonu sonucu oluşan özelliklere sahip olan nihai atık su meydana gelmektedir.

Belirli işlemlerden gelen atık sular ile ilgili çok az veri mevcut olduğu için, tekstil fabrikalarını dar kategoriler halinde tanımlamak ve akıntı kütlelerinin ayrıntılı olarak karşılaştırmasını aynı kategoriye sahip fabrikalar arasında yapmak daha uygun olmaktadır. Bu yaklaşım, aynı kategori içerisindeki fabrikalara ait emisyon düzeylerini ve özgül tüketimleri karşılaştırarak, farklı işlemler arasındaki makro farklılıkları tanımlamanın ve elde edilen verileri teyit etmenin mümkün olduğu, kaba bir ön değerlendirmenin yapılmasına izin vermektedir. Bu nedenle bu BREF'te, benzer kategorilere sahip belirli sayıdaki fabrika için, toplam akıntı kütlesiyle ilgili kaba bir değerlendirmeden başlayan ve veri temini mümkün olduğunda da tek bir işlem ile ilgili daha ayrıntılı analizlerin yapılmasıyla sonuçlanan girdi/çıktı gözlemleri yer almaktadır. Özel bazı işlemler ile ilgili anahtar bulgular da bu özette sunulmaktadır.

Yapağının su ile yıkanması işlemi, yüksek organik madde içeriğine (yaklaşık 150 – 500 g KOİ/kg yapak) ve koyunlara uygulanan pestisitlerden dolayı da çeşitli miktarlarda mikro kirliliğe sahip bir atık su (2 – 15 l/kg yağıltılı yapak) oluşumuna neden olmaktadır. En yaygın pestisitler: organik fosforlar (OP), sentetik piretroidler (SP) ve böcek gelişim regülatörleridir (IGR). Belirli yetiştirici ülkelerden gelen yünlerde halâ organik klorlu (OC) pestisitler de bulunmaktadır.

Tekstil sanayiine ait faaliyetlerden kaynaklanan toplam emisyon yükünün büyük bir kısmı, ham materyal terbiye fabrikasına girmeden önce üzerinde bulunun maddelerden (doğal liflerdeki kirlilikler ve polimer olmayan maddeler, preparasyon maddeleri, harman yağları, haşıl maddeleri vs.) ileri gelmektedir. Bütün bu maddeler genellikle boya ve baskı öncesi yapılan ön terbiye işlemleri sırasında liflerden uzaklaştırılmaktadırlar. Harman yağları, örgü yağları ve preparasyon maddeleri… gibi yardımcı maddelerin yaş işlemler ile uzaklaştırılması, sadece madeni yağlar gibi biyolojik olarak zor parçalanan organik maddelerin değil, aynı zamanda poliaromatik hidrokarbonlar, APEO ve biyositler gibi tehlikeli bileşiklerin de atık sulara boşalmasına neden olmaktadır. Tipik KOİ yükleri, yaklaşık 40-80 g/kg lif kadardır. Materyal yıkama öncesinde kuru bir işleme (ısıl-fiksaja) tabi tutulduğunda, materyalde bulunan yardımcı maddeler havaya karışmaktadırlar (madeni yağ esaslı bileşiklerde 10-16 g C/kg tekstil'lik emisyon faktörleri normaldir).

Pamuk ve pamuk karışımı kumaşların haşıl sökme işleminden gelen su, nihai atık sudaki toplam KOİ yükünün % 70'ini içerebilmektedir. Emisyon faktörü yaklaşık 95 g KOİ/kg

kumaş civarında olup, KOİ konsantrasyonları da çoğunlukla 20000 mg KOİ/l'nin üzerine çıkmaktadır.
Sodyum hipoklorit ağartması, genellikle AOX olarak ölçülen organik halojen bileşiklerini (oluşan bileşiklerin çoğunluğunu triklormetan oluşturmaktadır) meydana getiren ikincil reaksiyonlara yol açmaktadır. Hipoklorit (1. adım) ve hidrojenperoksidin (2. adım) kombine edilerek uygulandığı durumlarda, işlemin gerçekleştiği NaOCl – ağartma banyosunda 90-100 mg Cl/l'lik AOX değerleri gözlemlenmiştir. Bir önceki banyodan tekstil materyali tarafından taşımasından dolayı, kullanılmış H_2O_2- ağartma banyosunda da 6 mg Cl/l'ye kadar çıkan konsantrasyonlar bulunabilmektedir.

Klorit ağartması sırasında oluşan AOX miktarı, sodyumhipokloritteki nazaran çok daha düşüktür. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, AOX oluşumunun sodyumkloritin kendisinden değil, kirlilik şeklinde bulunan ya da aktive edici madde olarak kullanılan klor ya da hipokloritten kaynaklandığını göstermiştir. Sodyumkloritin kullanımı ve depolanması, zehirlilik, korozyon ve patlama riskleri nedeniyle özel bir dikkat gerektirmektedir.

Hidrojenperoksit ağartması ile ilgili çevresel problemler, kuvvetli kompleks oluşturucu maddelerin (stabilizatörlerin) kullanımından kaynaklanmaktadır.

Merserizasyon sonrasındaki durulama suyu geri kazanılmaz ya da tekrar kullanılmaz ise, kuvvetli bazik bir atık su (40-50 g NaOH/l) oluşmaktadır.

Birkaç istisnai durum (örneğin, termosol boyama, pigment boyama, vs.) hariç, boyama işleminden kaynaklanan emisyonların büyük bir kısmı suya geçen emisyonlardır. Suyu kirleten maddeler: boyaların kendilerinden (örneğin, sulu ortam zehirliliği, metaller, renk), boya formülasyonlarında bulunan yardımcı maddelerden (örneğin, dispergatörler, köpük kesici maddeler vs.), boyama işleminde kullanılan temel kimyasallardan ve yardımcı maddelerden (örneğin, alkali, tuzlar, indirgen ve yükseltgen maddeler, vs.) ve liflerde bulunan yabancı madde artıklarından (örneğin, yündeki pestisit artıkları, sentetik liflerdeki preparasyon ve avivaj maddeleri) kaynaklanabilmektedir. Tüketim ve emisyon düzeyleri, lifin cinsi, bulunuş formu, kullanılan boyama yöntemi ve makine ile sıkı bir ilişki içerisindedir.

Çektirme yöntemine göre gerçekleştirilen kesintili boyamalarda konsantrasyon düzeyleri, işlem adımının işlevine göre büyük oranda değişmektedir. Genellikle kullanılmış boya flotteleri en yüksek konsantrasyon düzeylerine sahiptirler (rahatlıkla 5000 mg KOİ/l'nin üzerine çıkabilen değerler yaygındır). Boya yardımcı maddelerinin (örneğin, dispergatörler ve egaliz maddeleri) KOİ yükü üzerinde yarattığı etki, özellikle küp ve dispersiyon boyalarıyla yapılan boyamalarda kendini belli etmektedir. Sabunlama, indirgen ard işlem ve yumuşatma gibi işlemler de KOİ'nın yüksek düzeylerde olmasına neden olmaktadırlar. Durulama flotteleri, kullanılmış boya flottelerinden 10-100 kat daha düşük konsantrasyonlara ve boyama işleminde kullanılan su tüketiminden 2-5 kat daha yüksek su tüketimlerine neden olmaktadırlar.

Yarı-kesintili ve kesintisiz boyamalarda, su tüketimi kesintili boyamalara göre daha azdır, ancak kısa metrajlı materyallerin boyanması durumunda, yüksek konsantrasyondaki artık boya flottelerinin boşaltılması, daha yüksek kirlilik yüklerine neden olabilmektedir (boyarmadde ile ilgili KOİ değerleri yaklaşık olarak 2-200 g/l seviyelerinde olabilmektedir). Emdirme yöntemi, halen uygulanan en yaygın yöntemdir. Emdirme teknesindeki flotte miktarı, modern tasarımlar için 10-15 litreden, klasik tekneler için 100 litreye kadar değişebilmektedir. Hazırlama tankında kalan artık flotte miktarı, optimize edilmiş kontrol koşullarındaki birkaç litreden, 150-200 litreye kadar değişebilmektedir. Artık flottenin toplam miktarı, bir gün içerisinde boyanan parti sayısı arttıkça artmaktadır.

Baskı işlemlerindeki tipik emisyon kaynakları, baskı patı artıklarını, yıkama ve temizleme işlemlerinden gelen atık suları ve kurutma ve fiksajdan gelen uçucu organik bileşikleri içermektedir. Baskı patı kayıpları, özellikle rotasyon baskı makinelerinde belirgindir (kumaş baskıcılığında uygulanan renk başına 6,5-8,5 kg'lık kayıplar yaygındır). Kısa (örneğin, 250 m'den daha az) metrajlarda kayıpların miktarı, tekstil materyali üzerine basılan patın miktarından daha fazla olabilmektedir. Her bir partiye ait baskı işleminin ardından makineyi temizlemek için kullanılan su tüketim seviyeleri, yaklaşık 500 l'dir (baskı blanketini temizlemek için kullanılan su hariç). Baskı patları, yüksek hava emisyonu potansiyeline sahip maddeler (örneğin, amonyak, formaldehit, metanol ve diğer alkoller, esterler, alifatik hidrokarbonlar, akrilatlar, vinilasetat, stiren, akrilnitril gibi monomerler, vs.) içermektedirler.

Kesintisiz bitim işlemlerinin büyük çoğunluğu, fiksaj işleminin ardından yıkama işlemleri gerektirmedikleri için, su emisyonları, sistem kayıpları ve makineyi temizlemek için kullanılan su ile sınırlıdır. Artık flottelerin miktarı, hazırlanan bitim işlemi flottesinin toplam miktarının % 0,5'i ile 35'i arasında değişmektedir (daha düşük değerler entegre fabrikalar için, daha yüksek değerler ise küçük partilerle ve farklı tipteki materyallerle çalışan tekstil fabrikaları için söz konusudur). Bir çok durumda bu flotteler diğer atık sularla birlikte boşaltılmakta ve onlara karışmaktadır. KOİ konsantrasyonları kolaylıkla 130-200 g/l civarında olabilmektedir. Genellikle bitim işlemi formülasyonlarındaki maddeler, biyolojik olarak parçalanmayan, biyolojik olarak elimine edilemeyen ve bazen de aynı zamanda zehirli olan (örneğin, biyositler) maddelerdir. Kurutma ve fiksaj işlemlerindeki hava emisyonları, formülasyonlarındaki ve daha önceki işlemlerden taşınabilen (örneğin, daha önce klorlu carrierlar ya da perkloretilen ile işleme tabi tutulmuş tekstiller) maddelerin uçuculukları ile ilgilidir.

Su ile yıkama işlemleri, su ve enerji tüketimlerini etkilemektedirler. Yıkama suyunun kirletme yükü, su akımı ile taşınan kirliliklere (örneğin kumaştan uzaklaştırılan yabancı maddeler, daha önceki işlemlerden gelen kimyasal maddeler, yıkama sırasında kullanılan deterjanlar ve diğer yardımcı maddeler) bağlıdır. Kuru temizleme için organik halojenli çözgenlerin (persistent maddelerin) kullanımı, yer altı suyunun ve toprağın kirlenmesine yol açan sızıntı emisyonlarına neden olabilmekte ve aynı zamanda yüksek sıcaklıkta uygulanan daha sonraki işlemlerin hava emisyonları üzerinde de olumsuz etkilere sahip olabilmektedir.

EN UYGUN TEKNİKLERİN BELİRLEMESİNDE GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULAN TEKNİKLER

Genel iyi yönetim uygulamaları

Genel iyi yönetim uygulamaları, personelin eğitim ve yetiştirilmesinden başlayıp, makine bakımı, kimyasalların depolanması, kullanımı, dozajlanması ve dağıtımı için iyi-belgelenmiş prosedürlerin tanımlanmasına kadar uzanmaktadır. İşlemin girdi ve çıktılarına ait ayrıntılı bilgi de, iyi yönetimin bir parçasıdır. Bu bilgiler: tekstil ham maddesine, kimyasallara, ısıya, elektrik ve suya ait girdiler ile ürüne, atık suya, hava emisyonlarına, atık su çamuruna, katı atıklara ve yan ürünlere ait çıktıları kapsamaktadır. Çevresel ve ekonomik performansları, iyileştirmeye yönelik seçeneklerin ve önceliklerin belirlenmesi için başlangıç noktası, işlem girdi ve çıktılarının izlenmesidir.

Kullanılan kimyasalların kalite ve miktarını iyileştirmeye yönelik önlemler, reçeteler, optimum üretim programı, yaş işlemlerde yüksek kalitede su kullanımı, vs. gibi parametrelerin düzenli olarak gözden geçirilmesini ve değerlendirilmesini içermektedir. İşlem parametrelerinin (örneğin, sıcaklık, flotte seviyesi, kimyasalların beslenmesi) otomatik kontrolüne yönelik sistemler, kimyasal ve yardımcı madde kullanım fazlalıklarının en aza indirilmesini ve ilk seferde doğru boyama performansının geliştirilmesini sağlamak için, işlemin sıkı bir şekilde kontrolüne izin vermektedirler.

Tekstil işlemlerinde su tüketiminin optimize edilmesi, su tüketim seviyesinin kontrol edilmesiyle başlamaktadır. Bir sonraki adım, bir çok durumda birbirini tamamlayan bir dizi işlem ile su tüketiminin azaltılmasıdır. Bunlar, çalışma uygulamalarının geliştirilmesini, kesintili işlemlerde flotte oranının kısaltılmasını, yıkama etkinliğinin arttırılmasını, işlemlerin birleştirilmesini (örneğin, hidrofilleştirme ile haşıl sökmenin) ve suyun tekrar kullanımını / recycling'ini kapsamaktadır. Bu önlemlerin çoğu sadece su tüketiminde değil, enerji tüketiminde de önemli tasarrufların sağlanmasına izin vermektedirler, zira enerji büyük oranda işlem banyolarını ısıtmak için kullanılmaktadır. Diğer teknikler, özellikle enerji kullanımının optimize edilmesi (örneğin, boruların, vanaların, tankların ve makinelerin ısı izolasyonu, sıcak ve soğuk atık su akıntılarının ayrılması ve sıcak akıntıdan ısı geri kazanımı) üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Fabrikaya gelen elyafın kalite yönetimi

Daha önceki işlemlerden taşınan kirlilik problemini çözmeye yönelik ilk adım, tekstil ham maddeleri hakkında bilgi edinmektir. Tedarikçiden sağlanacak bilgiler, sadece tekstil materyaline ait teknik özellikleri değil, aynı zamanda lif üzerinde bulunan preparasyon ve haşıl maddelerinin, monomer artıklarının, metallerin, biyositlerin (örneğin, yün için ektoparazitisitlerin) tipleri ve miktarlarını da içermelidir. Daha önceki işlemlerden kaynaklanan çevresel etkileri azaltabilecek çeşitli yöntemler mevcuttur.

Ham yün elyafındaki pestisit kalıntıları konusuna gelince, birtakım kuruluşlar yağıltılı ve yıkanmış yapakların pestisit içerikleri hakkında bilgi sağlamaktadırlar. Analitik bir sertifikanın verilmediği durumlarda, üreticiler bu bilgiyi, OP ve SP ektoparazitisitler gibi yasal olarak kullanılan pestisitleri kaynağında en aza indirmek ve OC pestisitleri gibi daha zehirli kimyasallar ile kirlenmiş yünü işleme almaktan kaçınmak amacıyla kullanabilmektedirler. Böyle bir bilgi sağlanamadığında, örneklerin pestisit içeriklerinin teyit edilmesi için analiz ettirilmesi gerekmektedir, ancak bu işlem üreticiler için daha yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Son zamanlarda ticari birlikler ile lider konumdaki yapak üreticisi ülkeler arasındaki işbirliği, düşük-artık sertifikasyon projelerinin geliştirilmesi ile birlikte, yün üzerindeki ortalama OP ve SP kalıntılarının artan bir oranda düşmesi sonucunu doğurmuştur.

Preparasyon maddeleri, harman yağları ve örme yağları gibi yardımcı maddelerde de iyileştirmeler yapmak mümkündür. Bir çok uygulama için madeni yağların yerine kullanılabilecek ürünler mevcuttur. Alternatif bileşikler, yüksek seviyede biyolojik olarak parçalanabilirliğe ya da en azından biyolojik olarak elimine edilebilirliğe sahiptirler ve aynı zamanda madeni yağlara nazaran daha az uçucu ve sıcaklığa daha dayanıklı maddelerdir. Bu da, materyalin termofiksaj gibi yüksek sıcaklıkta yapılan bir işleme tabi tutulması durumunda oluşabilecek hava emisyonlarının ve rahatsız edici kokuların azalmasına yardımcı olmaktadır.

Çözgü ipliklerinin önceden ıslatılması ya da kompakt eğirme gibi az madde aplikasyonu gerektiren yöntemler ile amaca uygun haşıl maddelerinin seçimi, haşıl sökme işlemlerinin çevresel etkisinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Halen tüm ihtiyaçları karşılayan ve biyolojik olarak kolayca parçalanabilen veya elimine edilebilen bileşiklerin bulunduğu kabul edilmektedir. Ayrıca son jenerasyon poliakrilatlar daha az madde aplikasyonu ile oldukça etkilidirler ve kumaştan kolaylıkla ve tamamen uzaklaştırılabilmektedirler.

Genellikle entegre fabrikalar ham maddelerinin ve liflere uygulanmış olan kimyasalların kaynağını kontrol etme imkanına sahiptirler. Entegre olmayan firmalar (özellikle fason işletmeler) için, daha önceki tedarikçileri etkilemek daha zordur. Klasik formülasyonlar genellikle daha ucuzdurlar. Ham madde tedarikçileri (örneğin, iplikçiler, örmeciler), daha sonra uygulanacak işlemlerde (terbiye işlemlerinde) meydana gelecek çevresel problemlere bakmak yerine, öncelikle kullanılacak maddenin kendi işlemlerindeki performansına ve ekonomikliğine bakmaktadırlar. Böyle durumlarda bu maddeleri tedarik zincirinden dışlamak amacıyla müşteriler ile işbirliği yapmak gerekmektedir.

Kullanılan kimyasalların seçimi ve ikamesi
BAT'ın belirlenmesinde göz önüne alınmak üzere TWG tarafından, kimyasalların ekolojik toksisitesinin değerlendirilmesi ve sınıflandırılması amacıyla bir takım projeler önerilmiştir. Bu araçlara dayanarak, bir işlemin çevresel açıdan negatif etkisini azaltmak için çoğunlukla mümkün olan bir seçenek, zararlı maddelerin yerine başka maddelerin kullanılmasıdır.

Yüzeyaktif maddeler tekstil sanayiinde çok farklı amaçlarla (örneğin, deterjanlar, lubrikantlar, vs.) kullanılmaktadırlar. Bazı yüzeyaktif maddeler, biyolojik olarak az parçalanmaları ve sudaki canlılar için zehirli olmaları nedeniyle problemli sayılmaktadırlar. Son zamanlarda endişeler APEO ve özellikle NPE üzerinde yoğunlaşmaktadır. APEO için başlıca alternatifler yağ alkolü etoksilatlarıdır, fakat diğer yüzeyaktif maddelerin yerine de kullanılabilecek olan ve atık su arıtma tesislerinde biyolojik olarak kolayca parçalanabilen veya elimine edilebilen ve zehirli metabolitler oluşturmayan maddeler de mevcutturlar.

Çoğu zaman kompleks oluşturucu madde kullanımından da kaçınılabilmektedir. Yine de kullanılmaları gerektiğinde ise, klasik iyon tutucu maddelere bir alternatif olarak, biyolojik olarak kolayca parçalanabilen ya da en azından elimine edilebilen ve molekülünde N veya P içermeyen bileşikler (örneğin, polikarbonatlar, poliakrilatlar, glikonatlar, sitratlar ve bazı şeker-akrilik asit kopolimerleri) mevcuttur. Bazı durumlarda daha yüksek miktarların kullanılmasının gerekli olabilmesine rağmen, maliyetler karşılaştırılabilir düzeydedir.

Köpük kesici maddeler çoğunlukla madeni yağ esaslıdırlar. Madeni yağ içermeyen ürünlerdeki tipik aktif bileşikler: silikonlar, fosforik esterler, yüksek moleküllü alkoller, flor türevleri ve bu bileşiklerin karışımlarıdır. Silikonlar atık sudan sadece biyolojik olmayan (abiyotik) işlemler ile elimine edilmektedirler ve belirli konsantrasyonların üzerinde bulunduklarında oksijenin aktif çamura transferini/difüzyonunu engellemektedirler. Tribütilfosfatlar yoğun bir kokuya sahip olan kuvvetli tahriş edici maddelerdir. Yüksek molekül ağırlığına sahip alkoller ise, yoğun bir kokuya sahiptirler ve sıcak flottelerde kullanılamazlar.

Yapak yıkaması
Kir uzaklaştırma / yağ geri kazanımı devrelerinin kullanılması, su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (1 kg yağıltılı yapak için 2-4 l'lik net özgül su tüketim değerinin, kalın ve ince yün için elde edilebilir bir değer olduğu ispatlanmıştır). Ayrıca atık su arıtma tesisine gönderilen organik yükte önemli bir azalma ile birlikte, değerli bir yan ürün (tahminen yıkanan yapakta bulunan yağın % 25-30'u) kazanılmaktadır. Eğer kir uzaklaştırma/ yağ geri kazanımı devresi, atık suyun buharlaştırılması ve çamurun yakılıp kül haline getirilmesiyle kombine edilirse, su ve enerjinin tam recycling'i sayesinde, su tasarrufu ve yok edilecek katı atık miktarı açısından ek çevresel yararlar sağlanmaktadır. Yine de bu teknoloji karmaşıktır ve çok yüksek yatırım ve işletme maliyetleri gerektirdiği belirtilmektedir.

Yünün organik çözgenler ile yıkanması sayesinde asıl temizleme işleminde su kullanımından kaçınılmaktadır. Su emisyonu için tek kaynak, yün ile gelen nem, vakum enjektörlerinde kullanılan buhar ve makineye giren havadan geri kazanılan nemdir. Bu su perkloretilen (PER) ile kirlenmiştir. Sızıntı emisyonlarına yönelik herhangi bir riskten kaçınmak amacıyla, bu su (akımı), bir çözgen hava sıyırma ünitesi ile bir artık çözgen yok etme ünitesinde iki adımda arıtılmaktadır. Pestisitler kuvvetli bir şekilde çözgene geçtikleri ve yağ ile uzaklaştıkları için, temiz yapağının pestisit içermediği belirtilmektedir. Bu da yünün terbiye edileceği daha sonraki işlemlerde fayda sağlamaktadır. Bu yöntemin diğer bir avantajı da, organik çözgenin suya nazaran daha düşük olan gizli ısısından dolayı, azalan enerji tüketimidir.

Ön terbiye
PVA, poliakrilatlar ve CMC gibi suda çözülebilen sentetik haşıl maddeleri, UF ile yıkama flottesinden geri kazanılabilmekte ve haşıllamada tekrar kullanılabilmektedirler. Son

zamanlarda karboksimetilnişasta gibi modifiye nişastaların da geri kazanılabildikleri teyit edilmiştir. Ancak dokuma işletmelerinde tekrar kullanım, her zaman problemsiz değildir. Şu ana kadar dokumacıların geri kazanılan haşıl maddelerini kabullenmesi halâ sınırlı kalmaktadır. Ayrıca uzun mesafeli nakliyeler, söz konusu ekolojik avantajları da ortadan kaldırmaktadır, çünkü flottenin izole edilmiş tanklarda uygun koşullarda taşınması gerekmektedir. Bu nedenlerle haşıl maddeleri genellikle, sadece aynı yerde dokuma ve terbiye dairelerine sahip olan entegre fabrikalarda geri kazanılmaktadırlar.

Çok farklı tiplerde kumaşlar ile çalışan ve ham kumaş kaynağı üzerinde direkt kontrolün daha zor olduğu entegre olmayan fabrikalar için uygulanabilir bir seçenek, oksidatif işlemli yoldur. Belirli koşullar altında (örneğin, pH 13'ün üzerinde) H_2O_2, bütün haşıl maddelerini etkili ve homojen bir şekilde parçalayarak, kumaştan uzaklaştıracak serbest radikaller oluşturmaktadır. İşlem, yıkama ile uzaklaştırılması ve atık su arıtma tesisinde parçalanması daha kolay olan, daha kısa ve daha az dallanmaya sahip ön-okside olmuş moleküller oluşturmaktadır. Su, enerji ve kimyasal madde tasarrufu sağlamak amacıyla, bazik işlem ile alkali peroksit ağartmasının kombine edilmesi ve alkali ile peroksidin farklı ön terbiye adımındaki akışının ters akım prensibine göre ayarlanması arzu edilmektedir.

Hassas ve kolaylıkla depolimerize olabilecek kumaşlar ile yüksek beyazlık derecelerinin elde edilmesi için sodyumhipokloritin halâ kaçınılmaz olduğunun iddia edilmesine rağmen, pamuk ve pamuk karışımları için hidrojenperoksit şu anda, sodyumhipokloritin yerine tercih edilen ağartma maddesidir. Sodyumhipoklorit kullanılması gereken durumlarda, AOX emisyonlarını azaltmak amacıyla, önce hidrojenperoksidin (liflerdeki kirlilikler – ki bunlar haloform reaksiyonlarının öncüleri olarak davranmaktadırlar–ilk adımda uzaklaştırılmaktadırlar), ardından da sodyumhipokloritin kullanıldığı iki adımlı bir işlem uygulanabilmektedir. Bugün, hiç hipoklorit kullanmadan ve sadece hidrojenperoksidin kullanıldığı iki adımlı bir ağartma işlemi de mümkündür. Ancak bu seçeneğin iki ila altı kat daha pahalı olduğu belirtilmektedir.

Katalizörlerin indirgeme/ekstraksiyon tekniği ile uzaklaştırılmasının ardından, yüksek derecede bir beyazlık elde edilebilen peroksit ağartmasının kuvvetli bazik koşullar altında yapılması da artan bir destek bulmaktadır. İddia edilen diğer bir avantaj da, bazik işlem ve ağartma işlemi kombinasyonun mümkün olmasıdır. İndirgeme/ekstraksiyon işleminin ardından yapılan kuvvetli bir oksidatif ağartma/bazik işlem kombinasyonu adımı, yüksek derecede kirlilik içeren her türlü bulunuş formundaki tekstil materyalinin ağartılmasında ve bütün makine tiplerinde (kesintili/kesintisiz) uygulanabilmektedir.

Klordioksit, (sodyumklorit ya da klorattan elde edilen) sentetik lifler ile sadece peroksit kullanılarak ağartılamayan keten ve diğer sak lifleri için mükemmel bir ağartma maddesidir. Günümüzde ClO_2'in, AOX oluşumuna neden olmadan (elementel klor içermeyen ağartma) üretilebildiği yeni teknolojiler de (sodyumklorat için indirgen madde olarak hidrojenperoksidin kullanıldığı) mevcuttur.

Merserizasyon işleminde kullanılan durulama suyu ("zayıf kostik" olarak adlandırılmaktadır) buharlaştırılarak derişikleştirildikten sonra, tekrar merserizasyonda kullanılabilmektedir.

Boyama

Meşhur PES boyama carrierlarından, yüksek sıcaklıklarda boyama yaparak kaçınılabilmektedir (PES/WO ve elastan/WO karşımları hariç). Cazip diğer bir seçenek, politrimetiletilentereftalat (PTT) poliester lifleri gibi, carriersız boyanabilen PES liflerinin kullanılmasıdır. Ancak bu lifler fiziksel ve mekanik özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle, PET-esaslı poliester lifleri ile aynı ürün pazarını tam olarak kapsamamakta ve bunlara PET-esaslı poliester liflerini "ikame edecek" lifler gözüyle bakılamamaktadır. Carrier kullanımından kaçınılamadığı durumlarda, klasik aktif maddeler – klorlu aromatik bileşik,

o-fenilfenol, bifenil ve diğer hidrokarbonlar esaslı – yerine, benzilbenzoat ve N-alkilftalimid gibi daha az zararlı olan bileşikler kullanılabilmektedir.

PES ard işlemlerinde sodyumhidrosülfitin kullanımından kaçınmak amacıyla iki farklı yaklaşım önerilmektedir: özel kısa zincirli sülfinik asit türevi esaslı indirgen maddelerin kullanımı ya da indirgenme yerine bazik ortamda hidrolitik solubilizasyon ile çözülerek uzaklaştırılabilen dispers boyaların kullanımı. Kısa zincirli sülfinik asit türevleri, biyolojik olarak parçalanabilen, korozif olmayan, çok düşük toksik özelliğe sahip maddelerdir ve sodyumhidrosülfitin aksine, sürekli pH ve banyo değişimlerine ihtiyaç kalmadan (su ve enerji tasarrufu) asidik koşullarda uygulanabilmektedirler. Alkali ile uzaklaşabilen boyaların kullanılmasıyla ise, hidrosülfit ya da diğer indirgen maddelerin kullanımından tamamen kaçınılabilmektedir.

Dispersiyon, küp ve kükürt boyalarının formülasyonlarında bulunan dispergatörlerde şu gelişmeler meydana gelmiştir: 1) bunların yağ asidi esteri esaslı optimize edilmiş ürünler ile kısmen yer değiştirmesi ya da 2) modifiye edilmiş aromatik sülfonik asit karışımlarının kullanımı. Birinci seçenek sadece sıvı haldeki dispersiyon boyaları için uygundur (boyarmadde paleti halen sınırlıdır). Bu dispergatörler biyolojik olarak elimine edilebilirler ve formülasyondaki miktarları, klasik formülasyonlardakine nazaran önemli miktarda düşürülebilmektedir. İkinci seçenekte belirtilen dispergatörler, klasik naftalin-sülfonik asidin formaldehit ile kondenzasyon ürünlerine nazaran, biyolojik olarak daha yüksek derecede elimine edilebilmektedirler. Bunlar hem dispersiyon hem de küp boyaları (katı ve sıvı formülasyonlar) için kullanılabilmektedirler.

Önceden indirgenmiş kükürt boyarmaddeleri (% 1'den daha az sülfür içeren sıvı formülasyonlar) ya da önceden indirgenmemiş sülfür içermeyen boyarmaddeler farklı şekillerde bulunmaktadırlar (okside olmuş, toz, sıvı formda suda çözülebilir halde ya da dayanıklı süspansiyon halinde). Tüm bu boyarmaddeler hiç sodyumsülfür kullanmadan, yalnızca glikoz (sadece bir durumda) ya da glikozun ditiyonit, hidroksiaseton veya formamidin sülfinik asit ile kombinasyonlarını kullanarak indirgenebilmektedirler. Stabilize edilmiş, önceden indirgenmemiş ve sülfür içermeyen boyarmaddelerin, kükürt boyalarının diğer tiplerinden daha pahalı oldukları bildirilmektedir.

Yetersiz boya fiksajı, selüloz liflerinin reaktif boyalarla, özellikle de çektirme yöntemine göre boyanmasında, uzun zamandan beri karşılaşılan bir problemdir ve genellikle boya alımını arttırmak amacıyla önemli miktarda tuz ilave edilmektedir. İleri düzeydeki moleküler mühendislik tekniklerinin kullanımı sayesinde, selülozik liflerde bile % 95'in üstünde fiksaj oranları sağlayan ve klasik reaktif boyalara göre çok daha yüksek bir performansa (tekrar edilebilirlik ve düzgün boyama) sahip bifonksiyonel ve az miktarda tuz gerektiren reaktif boyaların geliştirilmesi mümkün olmuştur. Sıcak durulama ile boyamadan sonra yapılan durulama ve nötralizasyon adımlarında deterjan ve kompleks oluşturucu kullanımından kaçınılmaktadır. Soğuk durulama yerine sıcak durulama yapılması, ısı enerjisinin geri kazanılmadığı durumlarda, daha yüksek enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Selüloz esaslı kumaşların pad-batch yöntemine göre boyamasında, sodyumsilikat kullanımından, modern dozajlama sistemleri ile kolaylıkla uygulanabilen yüksek konsantrasyondaki silikatsız sulu çözelti halindeki hazır ürünler sayesinde kaçınılabilmektedir. Ayrıca boyaların fiksajı için üre, sodyumsilikat ve tuz gibi maddelerin ilavesini ve uzun işlem sürelerini gerektirmeyen alternatif bir yöntem de açıklanmaktadır. Yöntem, kendi başına basit ve oldukça çok yönlü bir yöntemdir ve parti büyüklüğünden bağımsız olarak çok çeşitli kumaşlara uygulanabilmektedir. Yüksek verimlilik, azalmış kimyasal madde ve enerji tüketimi ile azalmış arıtılacak atık su kirliliği sayesinde önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. Yine de bu teknik, başlangıçtaki sermaye yatırımının yüksek olmasından dolayı, yeni kurulan veya makinelerini değiştirmeyi amaçlayan fabrikalar için daha uygundur.

Çok yakın bir zamanda yünlülerde koyu tonlar için bile, krom boyalarınınkine eşit düzeyde, çok yüksek haslık değerleri sağlayan yeni reaktif boyarmaddeler piyasaya çıkmıştır. Ancak reaktif boyaların önemi, boyacıların oturmuş bir prosedürde radikal değişiklikleri kabullenmesindeki zorlukları da içeren birkaç nedenden dolayı, yalnızca yavaş bir şekilde artmaktadır. Ayrıca halâ bazı terbiyeciler, krom boyalarının üstüne boyama (overdyeing) için gerekli haslık derecelerini garanti eden tek boyarmadde grubu olduğunu düşünmektedirler. Krom boyaları kullanıldığında, nihai atık sudaki krom kalıntısı miktarını en aza indirmek amacıyla, düşük-krom ve ultra-düşük stokiyometrik krom boyama yöntemleri uygulanabilmektedir. Ultra-düşük kromlama yönteminde, boyanan bir kg yün için 50 mg krom'luk bir emisyon faktörü elde edilebilmektedir ki, bu 1:10 flotte oranında çalışıldığında atık kromlama flottesinde 5 mg/l'lik bir krom konsantrasyonuna karşılık gelmektedir.

Genel olarak, pH-kontrollü boyalar (örneğin, asidik ve bazik boyalar) ile kontrollü pH ayarı uygulayarak izotermal koşullarda boyama yapmak avantajlıdır. Bunların sıcaklık kontrollü boyama yöntemlerine göre avantajlarından birisi de, boya ve haşerelere karşı koruyucu maddelerin maksimum miktarda alımının, sadece az miktarda organik egaliz maddesi kullanımı ile gerçekleştirilebilmesidir. Yünün metal-kompleks boyaları ile boyanmasında, pH kontrolü uygulayarak ve hem liflere, hem de boyarmaddelere karşı yüksek afiniteye sahip özel yardımcı maddeler kullanarak, daha yüksek düzeylerde alınma ve fiksaj oranları elde edilebilmektedir. Daha yüksek alınma oranları, kullanılmış boyama flottelerindeki krom kalıntısı düzeylerinin azalmasını doğrudan etkilemektedir (işlem görmüş bir kg yünde için 15 – 20 mg krom, bu da F:O 1:10 olduğunda kullanılmış boya flottesinde 1 – 2 mg/l kroma karşılık gelmektedir). Söz konusu teknik, yapak halindeki yün liflerinin ve taranmış topsların boyanması için tasarlanmıştır, ancak aynı performanslar, boyama banyosunda kalan boyarmadde miktarını en aza indirmek için pH-kontrollü yöntemlerin kullanımı ile diğer yünlü ürünlerde de elde edilebilmektedir.

BREF'te kesintili ve kesintisiz boyama işlemlerinin çevresel performansını arttırmayı amaçlayan çeşitli yöntemler genel olarak açıklanmaktadır. Çektirme yöntemi için boyama makinesi üreticileri arasında, flotte oranının kısaltılması yönünde belirgin bir eğilim oluşmuştur. Üstelik modern makinelerin göze çarpan bir özelliği de, normal kapasitelerinin çok daha altında yüklü olsalar dahi, hep aynı flotte oranında çalıştırılabilmeleridir. Bu özellik, daha ziyade karakteristik olarak yüksek üretim esnekliği gerektiren fason işletmeler için avantajlıdır. Ayrıca kesintisiz işlemlere özgü çeşitli fonksiyonlar çektirme yöntemine göre çalışan makinelere aktarılarak, farklı flotteler arasında maksimum ayrım sağlanmış ve dolayısıyla da boya flottelerinin tekrar kullanımı ve konsantre atıkların daha iyi arıtılması için ilave seçenekler oluşturulmuştur.

Kesintisiz boyama işlemlerinde, sistem kayıplarının azaltılması, aktarma yöntemiyle aplikasyon yaparak veya emdirme teknesinin kapasitesini en aza indirerek (örneğin, fleksibıl-tekne, U-tekne) sağlanabilmektedir. Ek iyileştirmeler, boyarmadde ve yardımcı maddeleri ayrı hatlardan dağıtarak ve emdirme flottesini, alınan flottenin ölçümü esasına göre dozajlayarak sağlanmaktadır. Tüketilen boya flottesi miktarı, boyanan kumaş miktarı referans alınarak ölçülmektedir. Elde edilen sonuçlar otomatik olarak işlenmekte ve boyama sonrasında kullanılmamış boya flottesi kalmasını en aza indirmek amacıyla, bir sonraki benzer partinin hazırlanması için kullanılmaktadır. Ancak bu sistem, besleme tankında boya flottesi kalmasını tamamen önleyememektedir. Hızlı parti boyama tekniği daha da gelişmiş bir tekniktir, çünkü boyarmadde çözeltisini, partinin boyanmasına başlamadan önce tek bir adımda (tüm parti için) hazırlamak yerine, çözelti alınan flottenin on-line ölçümüne dayanarak, birkaç adımda ve tam zamanında hazırlanmaktadır.

Baskı

Rotasyon baskı makinelerinde baskı patı besleme sistemlerinin hacminin (örneğin, boruların ve raklelerin çaplarının) küçültülmesi, baskı patı kayıplarının azaltılması üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Daha yüksek bir tasarruf, tedarik sistemindeki patın geri

kazanımının arttırılmasıyla sağlanabilmektedir. Son bir teknik, sistemi doldurmadan önce rakleye bir bilyenin sokulmasına dayanmaktadır. Baskı işlemi bittiğinde, bilye geriye doğru bastırılmakta ve böylece besleme sistemi içerisindeki baskı patı tekrar kullanılmak üzere varillere geri pompalanmaktadır. Günümüzdeki bilgisayar destekli sistemler, baskı patlarının recycling'i için daha fazla olanak sunmaktadırlar. Baskı patlarının geri kazanım ve recycling sistemleri, tekstil terbiye fabrikalarında düz kumaşlar için yaygın bir şekilde kullanılırlarken, halılar için kullanılmamaktadırlar. Bunun asıl nedeni, guar-gum'ın (halılar için kullanımı en yaygın olan kıvamlaştırıcı) sınırlı bir depolama ömrüne sahip olması ve bu nedenle de tekrar kullanılmadan önce uzun bir süre için bekletilmemesidir.

Şablonların, kovaların ve baskı patı besleme sistemlerinin yeni renkler için kullanılmadan önce dikkatli bir şekilde temizlenmeleri gerekmektedir. Su tüketiminin azaltılması için pahalı olmayan çeşitli yollar mevcuttur (örneğin, baskı blanketinin temizlenmesinde başlatma/durdurma kontrolü, baskı blanketinin temizlenmesinden gelen durulama suyunun tekrar kullanımı, vs.).

Klasik analog baskıya bir alternatif, tekstil ve halı sektöründe önem kazanmakta olan dijital tekniklerin kullanımıdır. Dijital baskıda, seçilmiş boyalar, bilgi işlemle hesaplanmış ihtiyaçlar esas alınmak suretiyle, isteğe bağlı olarak dozajlanmaktadırlar. Bu da, her varyasyonun sonunda baskı patı kalıntısı oluşumunu ortadan kaldırmaktadır.

Dijital ink-jet baskısı düz kumaşlar için uygundur. Fakat üretim hızları, bu tekniğin klasik analog baskı tekniklerinin yerine geçmesine izin vermek için çok düşüktür. Yine de ink-jet baskısı, kısa metrajların üretiminde klasik analog baskılara nazaran şimdiden önemli avantajlar sağlayabilmektedir.

Halı ve hacimli kumaşlar için jet baskı makinelerindeki en son yenilik, boyanın, makinenin herhangi bir parçası materyale temas etmeden, kumaş yüzeyinin derinliklerine cerrahi hassasiyet ile enjekte edildiği makinelerin geliştirilmesidir. Burada materyale (hafif ürünlerden ağır kumaşlara doğru çok farklı olabilir) uygulanan flotte miktarının kontrolü sadece "enjeksiyon süresi" ile, değil aynı zamanda pompalama basıncı ile de sağlanabilmektedir.

Reaktif baskı patlarının üre içeriği, 150 g/kg pat'a kadar çıkabilmektedir. Tek adımlı işlemlerde üre yerine, ya köpük tekniği ile ya da belirli miktarda su zerrecikleri püskürtülerek, kontrollü nem ilavesi yapılabilmektedir. Ancak yün ve viskoz kumaşlar için, püskürtme sistemi ile üre kullanımından kaçınmak mümkün olmamaktadır. Teknik, bu lifler için istenilen düşük düzeylerdeki nem ilavesinin homojen bir şekilde yapılmasını sağlanmada yeterince güvenilir değildir.

Diğer taraftan köpük tekniği, viskon için ürenin tamamen elimine edilmesinde başarısını kanıtlamıştır. Bu teknik, henüz kanıtlanmamış olmakla beraber, prensip olarak ipek için de uygulanabilir olmalıdır. İpek, viskondan daha az problem yaratan bir lif olarak bilinmektedir. fakat genellikle küçük partiler halinde işlenmektedir. Köpük tekniği kullanılmadığında, tüketilen üre miktarı, ipek için yaklaşık 50 g/kg baskı patına ve viskon için de 80 g/kg baskı patı'na düşürülebilmektedir.

Daha kompleks ve yavaş olmasına rağmen, üre kullanımından kaçınabilmek için diğer bir seçenek de iki adımlı baskı yöntemidir.

Artık Avrupa'da yağda-su kıvamlaştırıcılarının uygulanmamasının ve yarı emülsiyon baskı patlarının da (suda-yağ) sadece arada sırada kullanılmasına rağmen, atık havada halâ (ağırlıklı olarak alifatik) hidrokarbonlara rastlanmaktadır. Bunlar daha ziyade sentetik kıvamlaştırıcılar içerisinde bulunan madeni yağlardan kaynaklanmaktadır. Bunların emisyon potansiyelleri 10 g Org.-C/kg tekstil'e kadar çıkabilmektedir. Yeni jenerasyon kıvamlaştırıcılar, eğer ki varsa, minimum miktarlarda uçucu organik çözgen

içermektedirler. Ayrıca optimize edilmiş baskı patları, APEO içermezken, daha az amonyak ve formaldehitçe fakir binderler içermektedirler.

Bitim işlemleri

Alınan flotte miktarını azaltmak amacıyla, emdirme sistemleri yerine minimum aplikasyon teknikleri olarak adlandıran teknikler (örneğin, aktarma, püskürtme ve köpük ile aplikasyon yöntemleri) önem kazanmaktadırlar. Ek olarak, ramözlerin enerji tüketimini azaltmak için de çeşitli teknikler (örneğin, gelen kumaşın su içeriğini azaltmak amacıyla mekanik olarak su uzaklaştırma ekipmanları, atık hava kontrolünün ve ayarlanmasının optimizasyonu, ısı geri kazanım sistemlerinin kurulması) mevcuttur.

Her bir bitim işleminde, kullanılan özel maddelerin çevresel etkilerinin azaltılması için çeşitli teknikler mevcuttur. BREF sadece birkaç bitim işlemi üzerinde odaklanmaktadır. Buruşmazlık bitim işlemlerinde, formaldehit (kanserojen olma şüphesi var) emisyonları, az formaldehit içeren ya da hiç formaldehit içermeyen ürünler sayesinde önemli ölçüde azaltılabilmektedir (<75 mg/kg tekstil veya hatta tüketici talep ettiğinde 30 ppm'in bile altında).

Güve yemezlik maddesine ait emisyonları en aza indirmeye yönelik genel teknikler, konsantre güve yemezlik maddelerinin boyahanede dağıtımı ve taşınması sırasında etrafa dökülüp sıçramasını en aza indirmeyi amaçlayan hazırlama işlemlerini ve kullanılmış boya flotteleri ve durulama sularındaki aktif madde kalıntılarını en aza indirmeyi amaçlayan özel çalışma tekniklerini içermektedir. Uygulanan iki etkili önlem 1) boyama işlemi sonunda pH'ın 4,5'in altına ulaşmasını sağlamak (eğer bu mümkün olmuyorsa, aynı flotte tekrar kullanılaraktan haşerelere karşı koruyucu maddeler ayrı bir adımda uygulanmalıdır) ve 2) haşerelere karşı koruyucu maddelerin alımında yavaşlatma etkisi sağlayan boya yardımcı maddelerinin (örneğin, egaliz maddeleri, PA bloke maddeleri) kullanımından kaçınmaktır.

Diğer teknikler, proporsiyonel fazla aplikasyonu, güve yemezlik maddesinin iplik hidrofilleştirme hattının sonunda düşük hacimli bir tekneden aplikasyonunu, haşerelere karşı koruyucu (IR) maddenin sırt kaplama ya da lateks işlemleri sırasında direk olarak halı hav tabakasına uygulanmasını içermektedir. Bu tekniklerin uygulanma şekli, iplik üretimi için söz konusu olan üç yöntemden – "kuru iplik üretim hattı", "boyamanın elyaf halinde/ hidrofilleştirmenin iplik halinde yapıldığı üretim" ve "boyamanın iplik halinde yapıldığı üretim" – her birisi için kendine özgüdür.

Yumuşatıcıların emdirme, püskürtme ya da köpük ile aplikasyon sistemleri uygulanarak aplikasyonu, bunların boyamanın ardından boyama işleminin yapıldığı makinede direkt olarak kesintili şekilde aplike edilmelerine nazaran, çevresel açıdan daha iyi bir performans sağlamaktadır. Katyonik yumuşatıcı maddelerin kullanımından kaçınılabilmekte ve herhangi bir kimyasal madde kaybı yüzde bir iki gibi küçük değerlere düşürülebilmektedir. Diğer bir avantaj da, boyama ya da durulama banyolarının tekrar kullanımının mümkün olmasıdır. Çünkü bu durumda, flottede daha sonraki boyama işleminde boyanın absorpsiyonunu sınırlayacak katyonik yumuşatıcı artıklarının bulunmasıyla ilgili bir problem söz konusu olmamaktadır.

Yıkama

"Doldurma ve boşaltma" ve "akıllı durulama" tekniklerinin her ikisi de, klasik taşıraraktan durulamalara nazaran daha etkili kesintili yıkama tekniklerdir. Üstelik modern makineler klasik "doldurup boşaltmalı" yönteme özgü kısıtlamaları (örneğin, uzun doldurma, boşaltma, ısıtma süreleri gibi) ortadan kaldırmak amacıyla, zaman tasarrufu sağlayan cihazlar ve diğer özel sistemlerle donatılmaktadırlar. Hem "akıllı durulama", hem de "doldurma & boşaltma" tekniği ile çalışıldığında konsantre boya flotteleri ile durulama sularını ayrı hatlarda tutmak mümkün olmaktadır (atık su hatlarının ayrılması ve su ve enerji geri kazanımı).

Kesintisiz yıkamalarda su ve enerji tasarrufu, basit idari önlemlerin uygulanmasıyla başlamalıdır. Bu önlemler, yıkama teknelerinde akım kontrol cihazları ile optimum akımın belirlenmesinden başlayıp, kumaş geçişinde duruş meydana gelir gelmez su akışını kesen otomatik vanaların kullanılmasına kadar uzanmaktadır. Diğer iyileştirmeler, esas olarak ters akım prensibine göre yıkama yaparak ve tekneden tekneye taşıma etkisini (carry-over'ı) azaltarak (örneğin, vakumla emme) yıkama etkinliğini arttırmak suretiyle sağlanabilmektedir. Kesintisiz yıkama makinelerine ısı geri kazanım sistemlerinin bağlanması çoğunlukla basit ve etkili bir önlemdir.

Halojenlenmiş organik çözgenler ile yıkama için geliştirilen yeni makineler, herhangi bir hava akımının dış çevreye geçmesini önleyen kapalı devre aktif kömür filtreleri ile donatılmaktadırlar. PER ile kirlenmiş su emisyonlarını en aza indirmek amacıyla, suda çözülmüş PER'in büyük bir kısmı havayla sıyırma ve aktif kömür absorpsiyonunu içeren iki adımlı bir işlem sayesinde ayrılmakta ve geri kazanılmaktadır (nihai atık sudaki PER miktarı 1 mg/l'den daha az). Su akımı oldukça yavaş olduğu için ($\leq$0,5 m^3/saat), bu atık suların gelişmiş oksidasyon yöntemleriyle (örneğin, Fenton prosesi) işletmede arıtılmaları uygun olmaktadır. Ayrıca asıl damıtma donatımının baştan aşağı yeniden tasarlanması, arıtma işleminde oluşan çamur içerisindeki çözgen artığını büyük oranda azaltmıştır (klasik düzeneklerdeki ağırlıkça % 5'den daha yüksek olan değerlere karşılık, sadece % 1).

Atık suların arıtılması

Biyolojik arıtma tesislerinde biyolojik olarak zor parçalanan bileşikler bile, düşük besin-kütle oranı (F/M) koşullarında parçalanabilmekte, fakat biyolojik olarak parçalanamayan maddeler kesinlikle parçalanmamaktadırlar. Bu şekildeki bileşikleri içeren derişik atık su akımları, kaynağında arıtılmalıdırlar. Fenton-benzeri bir reaksiyon ile gerçekleşen ileri oksidasyon, tekstil terbiye sanayii için pratik bir ön arıtma tekniği olarak önerilmektedir (atık suyun tipine bağlı olarak uzaklaşan KOİ % 70 – 85'e ulaşabilmekte ve bileşiklerin modifikasyonundan dolayı büyük oranda biyolojik olarak parçalanabilen KOİ kalıntıları da biyolojik arıtma için uygun olmaktadır). Ancak baskı patı ve emdirme flottesi artıkları gibi çok derişik kalıntıların, kullanılan bütün atık su hatları ve diğer yok etme yöntemleri dışında tutulmaları daha uygun olabilmektedir.

Pigment baskı patı ya da halıların sırt kaplamasından gelen lateks içeren atık suların çöktürülmesi/flokülasyonu ve sonuçta oluşan çamurun da yakılarak imha edilmesi, kimyasal oksidasyon yerine uygulanabilen iyi bir alternatiftir. Ayrıca azo boyaları için, emdirme flotteleri ve baskı patlarına, aerobik arıtma öncesinde uygulanacak olan anaerobik arıtma, rengin giderilmesi için etkilidir.

Karışık atık sular arıtılırken eşdeğer performansların sağlanabilmesi için, aşağıdaki teknikler önerilmektedir:

- aktif karbonda adsorbsiyon ve aktif karbonun, aktif çamur sistemine recycling'i ve adsorbe edilmiş biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerin yakılarak yok edilmesi ya da çamur fazlasının radikal işlem yoluyla parçalanması gibi, biyolojik arıtma işlemini takip eden üçüncül işlemler
- toz halindeki aktif karbon ve demir tuzunu aktif çamura ilave ederek uygulanan kombine biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemler ve çamur fazlasının "yaş oksidasyon" veya "yaş peroksidasyon" (eğer hidrojenperoksit kullanılıyorsa) yolu ile reaktivasyonu
- inatçı bileşiklerin aktif çamur sistemi öncesinde ozonlanmaları.

Yapak yıkamasından gelen atık su için farklı bir takım senaryolar tartışılmaktadır. Bir buharlaştırma tesisinin çevresel performansı, flokülasyon tesisininkine nazaran çok daha yüksektir. Ancak küçük işletmeler (3500 ton yapağı/yıl) için buharlaştırma tesisinin başlangıç maliyeti çok daha yüksek görünmekte ve geri ödeme süresi (kanalizasyona boşaltma ile karşılaştırılınca) 4 – 5 yılı bulmaktadır. Orta büyüklükteki işletmeler (15000 ton yapağı/yıl) için buharlaştırma, 10 sene sonunda flokülasyondan biraz daha ucuz olmaktadır. Buharlaştırma ile kombinasyon halinde kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı

devresinin kullanımı, buharlaştırmayı daha da çekici yapmaktadır, çünkü bu durumda daha küçük bir buharlaştırıcı kullanılabileceğinden, başlangıçtaki yatırım harcamaları azalmaktadır. Bir geri kazanım devresinin kullanımı, yağ satışından elde edilecek gelir nedeniyle, işletme maliyetlerinin düşmesini de sağlamaktadır (bu etki ince yapağı yıkama işletmelerinde daha belirgindir).

Çevresel açıdan en iyi seçenek, bir kir uzaklaştırma / yağ geri kazanım devresini, atık su buharlaştırma ve çamuru kül haline getirme ile kombine ederek su ve enerjinin tam olarak geri dönüştürülmesidir. Ancak tekniğin karmaşıklığı ve başlangıçtaki yüksek yatırım maliyetleri, bu tekniği daha ziyade 1) yeni yatırımlar, 2) işletme içerisinde atık su arıtma tesisine sahip olmayan mevcut işletmeler ve 3) ömrünü tamamlamış biyolojik atık su arıtma tesislerini değiştirmeyi amaçlayan işletmeler için uygun yapmaktadır.

Atık suyun biyolojik işlemler ile arıtılması hususu söz konusu olduğunda, Avrupa'da (özellikle İtalya'da) atık suyun arıtılmasında başlıca yöntem olarak biyolojik işlemleri kullanan yapak yıkama işletmelerinin mevcut olduğu bilinmektedir. Ancak bunlar hakkında kesin bir bilgi sağlanamamıştır.

Yapak yıkama çamuru, kil ile karıştırıldığında, tuğla imalatı için mükemmel teknik özelliklere sahip olmaktadır. Bu uygulamanın ekonomik oluş durumu büyük oranda yıkama işletmesi ile tuğla-imalatçısı arasındaki anlaşmanın şartlarına bağlıdır. Verilen bilgilere göre, bu teknik, toprağa gömmekten, gübre olarak kullanmaktan ya da yakıp yok etmekten daha ucuz olmaktadır. BREF'te, mümkün olan diğer geri kazanım seçenekleri ile ilgili herhangi bir bilgi sunulmamıştır.

GENEL OLARAK BAT - EN UYGUN TEKNİKLER - (TÜM TEKSTİL SANAYİİ)

Yönetim

Teknolojik gelişmelerin, çevresel yönetim ve iyi idare ile birlikte yürütülmesi gerektiği anlaşılmıştır. Kirliliğe sebep olan işlemleri kullanan bir tesisin yönetimi, Çevresel Yönetim Sistemi (EMS) elementlerinden bir çoğunun uygulanmasını gerektirmektedir. Çevresel performansın iyileştirilmesi için öncelikli alanların ve seçeneklerin tanımlanmasında ön şart, proses girdi ve çıktıları için bir izleme sisteminin oluşturmasıdır.

Kimyasalların (boyalar dışındaki) dozajlanması ve dağıtımı

BAT, gerekli kimyasal ve yardımcı madde miktarlarını tam olarak ölçen ve bunları insan eli değmeden boru hatları yardımıyla çeşitli makinelere direkt olarak dağıtan otomatik dozajlama ve dağıtım sistemlerini kurmaktır.

Kimyasalların seçimi ve kullanımı

BAT, kimyasalların seçiminde ve kullanımlarının düzenlemesinde belirli genel ilkeleri izlemektir:

- istenilen işlem sonucunun kimyasallar kullanılmadan elde edilebildiği durumlarda, kimyasal kullanımından tamamen kaçının
- bunun mümkün olmadığı durumlarda, en düşük toplam riskle çalışabilmek için, kimyasalların seçiminde ve kullanım şekillerinde risk esaslı yaklaşımı benimseyin.

Kimyasallar için birtakım listeler ve sınıflandırma araçları mevcuttur. En düşük toplam riski sağlayan çalışma şekilleri, kapalı-devreler ya da kirliliklerin devre-içinde parçalanması gibi teknikleri içermektedirler. Tabii ki bunun ilgili yerel hukuki düzenlemelere, hakkettikleri dikkatin gösterilmesi gerekmektedir.

Bu ilkeler esas alınarak, özellikle yüzeyaktif, kompleks oluşturucu ve köpük kesici maddeler için bir takım detaylı BAT sonuçları ortaya çıkmaktadır. Daha ayrıntılı bilgi Bölüm 5'de bulunmaktadır.

Fabrikaya gelen lif ham maddesinin seçimi
Life daha önceki işlemler sırasında aplike edilen maddelerin (preparasyon maddeleri, pestisitler, örgü yağları) nitelik ve niceliğinin bilinmesinin, üreticinin bu maddelerden kaynaklanan çevresel problemleri önlemesi ve kontrol etmesi için gerekli olduğu anlaşılmaktadır. BAT, tekstiller için bir çevresel sorumluluk zinciri yaratmak amacıyla, tekstil üretim zincirinin daha önceki adımlarında yer alan partnerlerle işbirliği yapmaktır. Ürün yaşam döngüsünün her aşamasında life ilave edilen ya da lif üzerinde kalan kimyasalların cins ve miktarları ile ilgili bilgilerin paylaşımı arzulanmaktadır. Farklı ham maddeler için bir takım BAT belirlenmiştir:

- sentetik lifler: BAT, düşük emisyonlu ve biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir preparasyon maddeleri ile işlem görmüş materyallerin seçimidir
- pamuk: temel sorunlar, PCP gibi tehlikeli maddelerin mevcudiyeti ve kullanılan haşıl maddelerinin nitelik ve niceliğidir (minimum aplikasyon teknikleri ve yüksek-etkinlikte biyolojik olarak elimine edilebilir haşıl maddeleriyle haşıllanmış materyallerin seçilmesi). Pazar koşulları izin verdiği taktirde öncelik, organik olarak yetiştirilen pamuğa verilmelidir
- yün: OC pestisitleriyle kirlenmiş yapak işlemekten kaçınmak ve yasal olarak kullanılmış koyun ektoparazitisit ilaçlarını kaynağında en aza indirmek amacıyla, yetkili kuruluşlar arasındaki işbirliği girişimlerinin teşvik edilmesine ve mevcut bilgilerin kullanılmasına önem verilmektedir. Madeni yağ esaslı ve /veya APEO içeren formülasyonlar yerine, biyolojik olarak parçalanabilir harman yağlarıyla eğrilmiş yün ipliklerinin seçimi de BAT'ın bir parçasıdır.

Tüm önlemler, tekstil üretimi için kullanılan lif ham maddelerinin, bazı kalite güvence sistemleri çerçevesinde üretildikleri ve böylece terbiyecinin, kirliliklerin cinsi ve miktarı hakkında yeterli bilgiyi edinebileceği kabulüne dayanmaktadır.

Su ve enerji yönetimi
Tekstil sanayiinde çoğu kez su ve enerji tasarrufu birbirleri ile ilişkilidir, zira enerjinin ana kullanım yeri, işlem banyolarının ısıtılmasıdır. BAT, işlem parametrelerinin gelişmiş bir şekilde kontrolüyle birlikte çeşitli işlemlerdeki su ve enerji tüketimlerinin izlenmesi ile başlamaktadır. BAT, kesintili işlemlerde düşük flotte oranı ile, kontinü işlemlerde minimum aplikasyon teknikleri ile çalışan makinelerin kullanımını ve yıkama etkinliğini arttıran en son tekniklerin uygulanmasını içermektedir. BAT ayrıca, çeşitli işlem atık su hatlarındaki suyun kalitesinin ve hacminin sistematik bir şekilde karakterize edilmesi ile tekrar kullanım ya da recycling olanaklarını araştırmaktır.

YAPAK YIKAMASI

Su ile yapak yıkaması
BAT, yün yağı ve kirlilik için geri kazanım devreleri kullanmaktır. BAT'a göre su tüketim değerleri, orta ve büyük işletmeler (15000 ton/yıl yağıltılı yapak) için 2-41 l/kg ve küçük işletmeler için de 6 l/kg yağıltılı yapak'tır. Yağ geri kazanımı için ilgili değerler, yıkanmış yapakta bulunduğu tahmin edilen yün yağının % 20-30'u arasında değişmektedir. Benzer şekilde BAT'a göre enerji tüketim değerleri, işlenen yağıltılı yapağın bir kg'ı için 4-4,5 MJ'dür ve bunun 3,5 MJ/kg'ı ısı enerjisi, 1 MJ/kg'ı ise elektrik enerjisidir. Ancak veri yetersizliğinden dolayı, yukarıda belirtilen su ve enerji tüketimi değerlerinin, ekstra-ince yapaklar (genellikle lif çapı 20 μm ya da daha düşük) için de geçerli olup olmadığını belirleyebilmek mümkün değildir.

Organik çözgen ile yapak yıkaması
Organik çözgen ile yıkama, kaçaklar nedeniyle oluşan kayıpları en aza indirmek ve yeraltı sularının sızıntı yoluyla veya kazalar nedeniyle herhangi bir şekilde kirlenmesini önlemek için tüm önlemler alındığı taktirde, BAT olarak kabul edilmektedir. Bu önlemler ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Bölüm 2.3.1.3'te verilmektedir.

TEKSTİL TERBİYESİ VE HALI SANAYİİ

Ön terbiye

Örgü yağlarının (lubrikantlarının) kumaştan uzaklaştırılması

BAT, aşağıdakilerden birisini yapmaktır:

- klasik madeni yağ esaslı lubrikantlar yerine, suda çözülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir lubrikantlar kullanılarak işlem görmüş örme kumaşları seçmektir (bkz. Bölüm 4.2.3). Bunları su ile yıkayarak uzaklaştırmaktır. Sentetik liflerden yapılmış örme kumaşlarda, yıkama adımının (yağları uzaklaştırmak ve havaya emisyonlarını önlemek amacıyla) termofiksaj öncesinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir
- termofiksaj adımını yıkama öncesinde gerçekleştirmek ve ramözden çıkan atık havayı, enerji geri kazanımına ve yağın ayrı bir yerde toplanmasına olanak veren kuru elektrofilitrasyon sistemlerinden geçirmektir. Böylece, atık suyun kirlenmesi de azaltılacaktır (bkz. Bölüm 4.10.9)
- suda çözünemeyen yağları organik çözgen ile yıkayarak uzaklaştırmaktır. Bunun için Bölüm 2.3.1.3'te açıklanan talepler, bu arada inatçı kirliliklerin devre-içi sistem ile (örneğin, gelişmiş oksidasyon yöntemleri ile) parçalanması yerine getirilmelidir. Böylece, yeraltı sularının, kirliliklerin sızması ya da kazalar nedeniyle herhangi bir şekilde kirlenmesi de önlenmiş olacaktır. Bu teknik, kumaş üzerinde silikon yağları gibi suda çözünmeyen diğer preparasyon maddeleri de bulunduğunda uygun olmaktadır.

Haşıl sökme

BAT, aşağıdakilerden birisini yapmaktır:

- minimum aplikasyon yöntemleri (örneğin, çözgü ipliklerinin ön ıslatılması, bkz. Bölüm 4.2.5) ve biyolojik olarak daha etkili şekilde elimine edilebilen haşıl maddeleri (bkz. 4.2.4) ile işlem görmüş ham maddeleri seçmek ve haşıl sökmek için etkili yıkama sistemlerini ve haşıl maddelerinin biyolojik olarak elimine edilebilirliğini geliştirmek amacıyla, düşük F/M (Besin/Kütle) atık su arıtma tekniklerini (F/M < 0,15 kg $BOİ_5$/kg MLSS-d, aktif çamurun adaptasyonu ve 15 ^{0}C'un üstünde sıcaklılar– bkz. Bölüm 4.10.1) kullanmaktır
- ham maddenin kaynağını kontrol etmek mümkün olmadığında, oksidatif yöntemleri seçmektir (bkz. Bölüm 4.5.2.4)
- Bölüm 4.5.3'te açıklandığı gibi, haşıl sökme/bazik işlem ve ağartmayı tek adımda kombine etmektir
- Bölüm 4.5.1'de açıklandığı gibi, haşıl maddelerini ultrafiltrasyon ile geri kazanmak ve tekrar kullanmaktır.

Ağartma

BAT:

- tercih edilen ağartma maddesi olarak, Bölüm 4.5.5'te açıklandığı gibi hidrojenperoksit ağartmasını kullanmak ve bunu yaparken hidrojenperoksit stabilzörlerinin kullanımını en aza indiren ve Bölüm 4.3.4'te açıklandığı gibi biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddelerin tercih edildiği teknikleri uygulamaktadır
- sadece hidrojenperoksit ile ağartılamayan keten ve sak lifleri için, sodyumklorit kullanmaktır. İki adımlı bir hidrojenperoksit-klordioksit ağartması tercih edilen bir seçenektir. Elementel klor içermeyen klordioksidin kullanımı sağlanmalıdır. Klor içermeyen klordioksit, sodyumkloratın, indirgen madde olarak hidrojenperoksit kullanılarak indirgenmesi sonucu elde edilmektedir (bkz. Bölüm 4.5.5)
- sodyumhipoklorit kullanımını, sadece yüksek beyazlığın istendiği durumlarla ve depolimerizasyona karşı hassas ve kırılgan kumaşlarla sınırlandırmaktır. Bu gibi özel durumlarda zehirli AOX oluşumunu azaltmak için, sodyumhipoklorit ağartması, ilk adımda peroksidin ve ikinci adımda hipokloritin kullanıldığı iki adımlı bir işlem ile gerçekleştirilmelidir. Zehirli AOX oluşumunu azaltmak amacıyla, hipoklorit ağartmasından gelen atık su, diğer akıntılar ve karışmış atık sulardan ayrı tutulmalıdır.

Merserizasyon
BAT:
- ya Bölüm 4.5.7'de açıklandığı gibi, alkaliyi, merserizasyondan sonraki durulama suyundan geri kazanmak ve tekrar kullanmak
- ya da alkali içeren atık suyu, diğer ön terbiye işlemlerinde tekrar kullanmaktır.

Boyama

Boya formülasyonlarının dozajlanması ve dağıtılması
BAT, aşağıdakilerin tümünü yapmaktır:
- boya sayısını azaltmaktır (boya sayısını azaltmanın bir yolu, trikromatik sistemlerin kullanımıdır)
- sadece sık kullanılmayan boyaların dozajlanması ve dağıtımı için manuel, diğer boyaların dozajlanması ve dağıtımı için ise otomasyon sistemleri kullanmaktır
- uzun kesintisiz hatlarda dağıtım hattındaki ölü hacim, fulard teknesinin hacmiyle boy ölçüşecek kadar önemli olmaktadır, bu nedenle farklı kimyasalların işlem öncesinde boya ile karıştırılmadığı ve sistemin tam otomatik olarak temizlendiği merkezi olmayan otomasyon istasyonlarına öncelik vermektir.

Çektirme yöntemine göre kesintili boyama işlemleri için genel olarak BAT
BAT:
- doldurma hacmi, sıcaklık ve diğer boyama parametrelerinin otomatik kontrol edildiği, indirekt ısıtma ve soğutma sistemlerine sahip ve buhar kayıplarını en aza indirmek amacıyla başlık ve kapakların kullanıldığı sistemler ile donatılmış makineleri kullanmaktır
- işlenecek parti büyüklüğüne en uygun olan makineyi kullanarak, makinenin tasarlanmış olduğu nominal flotte oranı aralığında çalışmasını sağlamaktır. Modern makineler, nominal kapasitelerinin % 60'ına (hatta iplik boyama makineleri minimum kapasitelerinin % 30'una kadar) kadar düşen düzeylerde yüklendiklerinde dahi, neredeyse yaklaşık aynı flotte oranında çalıştırılabilmektedirler (bkz. Bölüm 4.6.19).
- Bölüm 4.6.19'da açıklanan talepleri mümkün olduğunca karşılayan yeni makineleri seçmektir:
  - düşük–ya da ultra-düşük flotte oranı
  - işlem esnasında materyalden flottenin ayrılması
  - işlem flottesinin yıkama flottesinden dahili olarak ayrılması
  - taşıma (carry-over) etkisini azaltmak ve yıkama etkinliğini arttırmak amacıyla mekanik olarak flotte uzaklaştırılması
  - işlem sürelerinin kısaltılması.
- taşıraraktan durulama yöntemi yerine, doldurma-boşaltma veya Bölüm 4.9.1'de açıklanan diğer yöntemleri (kumaşlar için akıllı durulama) kullanmaktır
- durulama suyunu bir sonraki boyamada tekrar kullanmak ya da teknik açılardan mümkün olduğu kadarıyla boya flottesini elden geçirerek tekrar kullanmaktır. Bu teknik (bkz. Bölüm 4.6.22), yapak halindeki liflerin üstten yüklemeli makineler kullanılarak boyanmasında daha kolaylıkla uygulanabilmektedir. Elyaf taşıyıcı, flotte boşaltılmadan boyama makinesinden çıkarılabilmektedir. Ancak çektirme yöntemine göre çalışan modern kesintili makineler, derişik flottelerin durulama sularından kesintisiz ve otomatik olarak ayrılmasın sağlayan ilave tankları ile donatılmaktadırlar.

Kesintisiz boyama işlemleri için BAT

Kesintisiz ve yarı-kesintili boyama işlemleri, kesintili boyamalara nazaran daha az su tüketmekte, ancak oldukça yüksek konsantrasyonda artıklar oluşturmaktadır.

Derişik flotte kayıplarını azaltmak amacıyla BAT:

- minimum flotte aplikasyon sistemlerini kullanmak ve boyamanın emdirme yöntemine göre gerçekleştirildiği durumlarda da fulard teknesi hacmini en aza indirmektir
- kimyasalların ayrı hatlar halinde on-line olarak dağıtıldığı ve aplikasyonun yapıldığı makineye beslenmeden hemen önce bir araya getirildikleri dağıtım sistemlerini seçmektir
- emdirme flottesinin dozajlanması için, alınan flotte miktarının ölçümüne dayanan aşağıdaki sistemlerden birini kullanmaktır (bkz. Bölüm 4.6.7):
  - tüketilen boya flottesi miktarını, işlenen kumaş miktarını (kumaş uzunluğunun kumaşı metretül ağırlığıyla çarpımı) referans alarak ölçmektir; bu şekilde elde edilen nihai değerler otomatik olarak işlenmekte ve bir sonraki benzer partinin hazırlanması için kullanılmaktadır
  - boyarmadde çözeltisinin, boyama işlemine başlamadan önce tüm parti için hazırlanması yerine, alınan flottenin on-line ölçümüne dayanarak tam zamanında ve birkaç adımda hazırlandığı, hızlı kesintili boyama tekniklerini kullanmaktır. Bu ikinci teknik, ekonomik kriterler izin verdiği taktirde tercih edilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.7)
- yıkama etkisini Bölüm 4.9.2'de açıklandığı gibi, ters akım yıkama prensibi uygulayarak ve carry-over'ı azaltarak arttırmaktır.

PES & PES karışımlarının dispers boyalar ile boyanması

BAT:

- tehlikeli carrierların kullanımından şu şekilde kaçınmaktır (öncelik sırasına göre):
  - ürün pazarı değerlendirmeleri uygun olduğu taktirde, Bölüm 4.6.2'de açıklandığı gibi carriersız boyanabilen poliester lifleri (modifiye PET ya da PTT–tipi) kullanarak
  - carrier kullanmadan HT koşullarında boyayarak. Bu teknik PES/WO ve Elastan/WO karışımları için uygun değildir
  - WO/PES liflerini boyarken klasik boya carrierları yerine, benzilbenzoat ve N-alkilftalimid esaslı bileşikleri kullanarak
- PES ard işlemlerinde sodyumditiyonit yerine, aşağıda önerilen iki teknikten (Bölüm 4.6.5'te açıklandığı gibi) birini kullanmaktır:
  - sodyumditiyonit yerine sülfinik asit türevleri esaslı indirgen maddeleri kullanarak. Bu önlem, sadece boyarmaddenin indirgenmesi için yeterli olan kadar indirgen maddenin harcanmasını sağlayacak önlemler ile kombine edilmelidir (örneğin, oksijeni makinedeki flotteden ve havadan uzaklaştırmak için azot kullanarak).
  - alkali ortamda indirgenme yerine hidrolitik solubilizasyon yoluyla temizlenebilen dispers boyalarını kullanarak (bkz. Bölüm 4.6.5)
- Bölüm 4.6.3'te açıklandığı gibi, yüksek derecede biyolojik elimine edilebilirliğe sahip dispergatörler içeren optimize edilmiş boya formülasyonlarını kullanmaktır.

Kükürt boyaları ile boyama

BAT (bkz. Bölüm 4.6.6):

- toz ve sıvı formdaki konvansiyonel kükürt boyaları yerine, stabilize edilmiş, önceden indirgenmemiş sülfürsüz boyaları ya da sülfür içeriği % 1'den daha az olan önceden indirgenmiş sıvı boya formülasyonlarını kullanmaktır
- sodyumsülfür yerine, öncelik sırasına göre kükürt içermeyen indirgen madde ya da sodyumditiyonit kullanmaktır
- sadece boyarmaddeyi indirgemek için gerekli olan kadar indirgen maddenin harcanmasını sağlamaya yönelik önlemleri uygulamaktır (örneğin, oksijeni makinedeki flotteden ve havadan uzaklaştırmak için azot kullanarak)
- yükseltgen madde olarak tercihen hidrojenperoksit kullanmaktır.

Reaktif boyalar ile çektirme yöntemine göre kesintili boyama

BAT:

- Bölüm 4.6.10 ve 4.6.11'de açıklandığı gibi, yüksek fiksaj derecesine sahip ve düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyaları kullanmaktır
- ısı enerjisinin durulama atık suyundan geri kazanımıyla entegre edilen sıcak durulamalar uygulayarak (bkz. Bölüm 4.6.12), boyamadan sonraki durulama ve nötralizasyon adımlarında deterjan ve kompleks oluşturucu kullanımından kaçınmaktır.

Reaktif boyalar ile pad-batch (soğuk bekletme) yöntemine göre boyama

BAT, Bölüm 4.6.13'te açıklananlara eşdeğer seviyelerde performans gösteren boyama tekniklerini kullanmaktır. Toplam işletme maliyetleri göz önüne alındığında açıklanan teknik, maliyet açısından pad-batch boyamaya nazaran daha rantabıldır, ancak yeni teknolojiye geçiş için gerekli yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Fakat yeni tesisler ve ekipmanını değiştirmeyi amaçlayan işletmeler için maliyet faktörü çok önemli değildir. Her halükârda BAT, üre kullanımından kaçınmak ve silikat içermeyen fiksaj yöntemlerini kullanmaktır (bkz. Bölüm 4.6.9).

Yün boyama

BAT:

- Krom boyaları yerine, reaktif boyaları kullanmak ya da bunun mümkün olmadığı durumlada Bölüm 4.6.15'te tanımlandığı gibi, aşağıdaki taleplerin tümünü yerine getiren ultra-düşük kromlama yöntemlerini uygulamaktır:
  - işlenen her bir kg yün için 50 mg krom'luk bir emisyon faktörü sağlanmalıdır, ki bu da 1:10 flotte oranında çalışıldığında, işi bitmiş kromlama banyosundaki 5 mg/l'lik bir krom konsantrasyonuna karşılık gelmektedir
  - atık suda krom (VI) bulunmamalıdır (0,1 mg/l'den daha düşük konsantrasyonlarda krom (VI)'yı tayin edebilen standart bir yöntem kullanıldığında)
- yün metal kompleks boyaları ile boyandığında, atık suya geçebilecek ağır metal miktarını minimumda tutmaktır. BAT için söz konusu değerler, işlenen her bir kg yün için 10-20 mg'lık emisyon faktörleridir ki, bu değerler 1:10 flotte oranında çalışıldığında, işi bitmiş boya banyosundaki 1-2 mg/l'lik krom konsantrasyonuna karşılık gelmektedir. Bu değerler şu şekilde sağlanabilmektedir:
  - örneğin Bölüm 4.6.17'de yapak ve topslar için açıklanan yöntemde olduğu gibi, boya alımını arttırıcı yardımcı maddeler kullanarak
  - diğer materyal bulunuş formları için, nihai boya alımını maksimum seviyeye getirmek amacıyla pH kontrollü yöntemleri uygulayarak
- pH kotrollü boyanabilen boyalarla (asit boyaları ve bazik boyalar) boyama yaparken, boyama düzgünlüğünün, boya ve haşere önleyici maddelerin maksimum alımları ve organik egaliz maddelerinin en az kullanımı ile birlikte sağlanabilmesi amacıyla, pH kontrollü işlemlere öncelik vermektir.

Baskı

Genel olarak işlemler

BAT:

- rotasyon baskı makinelerinde baskı patı kayıplarını şu şekilde azaltmaktır:
  - baskı patı tedarik sistemlerinin (bkz. Bölüm 4.7.4) hacmini en aza indirerek
  - Bölüm 4.7.5'te açıklanan teknikleri uygulayarak baskı patını, her varyasyonun basılmasının sonunda tedarik sisteminden geri kazanarak
  - artan baskı patını recycling yaparak(bkz. Bölüm 4.7.6)
- temizleme işlemlerindeki su tüketimini aşağıdakilerin kombinasyonu ile azaltmaktır;
  - baskı blanketinin temizlenmesinde başlatma/durdurma kontrolü yaparak
  - rakle, şablon ve kapların temizlenmesinde kullanılan durulama suyunun en temiz kısımlarını tekrar kullanarak
  - baskı blanketinin temizlenmesinden gelen durulama suyunu tekrar kullanarak
- ürün pazarı değerlendirmeleri uygun olduğu taktirde düz kumaşların kısa metrajlı (100 m'den daha az) üretimleri için dijital ink-jet baskı makinelerini kullanmaktır (bkz.

Bölüm 4.7.9). Printer kullanılmadığında tıkanmasını önlemek amacıyla organik çözgen ile temizleme işlemi, BAT kapsamına girmemektedir
- aşındırma ve rezerve baskı ile benzer durumlar hariç, halı ve hacimli kumaşların baskısı için Bölüm 4.7.8'de açıklanan dijital jet baskı makinelerini kullanmaktır.

Reaktif baskı

BAT, iki şekilde üre kullanımından kaçınmaktır:
- nemin, köpük formunda ya da belirli miktarda su zerrecikleri püskürtülerek kontrollü bir şekilde aplike edildiği tek-adımlı baskı yöntemi (bkz. Bölüm 4.7.1)

YA DA
- iki adımlı baskı yöntemi (bkz. Bölüm 4.7.2).

İpek ve viskon için, bu liflerin düşük nem ilavesi gerektirmelerinden dolayı, tek adımlı işlemin püskürtme tekniği ile yapılması güvenilir değildir. Ürenin tamamen elimine edildiği köpük tekniği, viskon için başarıyla sınanmış, ancak ipek için henüz sınanmamıştır. Yaklaşık 80000 metre-tül/gün'lük baskı kapasitesi için bir köpük aplikasyon makinesi, yaklaşık 200000 Euro gibi yüksek bir ilk yatırım maliyetine sahiptir. Bu teknik, yaklaşık 30000, 50000 ve 140000 metre-tül/gün'lük kapasiteye sahip işletmelerde rantabıl şekilde çalıştırılmaktadır. Bu tekniğin daha küçük işletmeler için rantabıl olup olmadığı tartışmaya açıktır.

Köpük tekniğinin kullanılmadığı durumlarda, gerekli üre miktarı, ipek için yaklaşık 50 g/kg ve viskon için de 80 g/kg baskı patına kadar düşürülebilmektedir.

Pigment baskı

BAT, aşağıdaki talepleri karşılayan, optimize edilmiş baskı patlarını kullanmaktır (bkz. Bölüm 4.7.3):
- uçucu organik karbon emisyonu düşük (ya da hiç uçucu organik çözgen içermeyen) kıvamlaştırıcılar ve az formaldehit içeren binderler. İlgili hava emisyon değerleri < 0,4 g organik-karbon/kg tekstil materyalidir (20 m^3 hava/kg tekstil materyali kabulüyle)
- APEO içermeyen ve biyolojik olarak yüksek derecede elimine edilebilir
- amonyak içeriği azaltılmış. İlgili emisyon değeri 0,6 g NH_3 / kg tekstil materyalidir (20 m^3 hava /kg tekstil materyali kabulüyle).

Bitim işlemleri

Genel olarak işlemler

BAT:
- artık flotteyi şu şekilde en aza indirmektir:
  - minimum aplikasyon tekniklerini (örneğin, köpük aplikasyonu, püskürtme) kullanarak ya da emdirme teknesinin hacmini küçülterek
  - kalitesi bozulmuyor ise, emdirme flottelerini tekrar kullanarak
- ramözdeki enerji tüketimini şu şekilde en aza indirmektir (bkz. Bölüm 4.8.1):
  - ramöze giren kumaştaki su miktarını azaltmak amacıyla, mekaniksel su uzaklaştırma cihazlarını kullanarak
  - denge koşullarına ulaşana kadar geçen zamanı da hesaba katarak, baca neminin, 0,1–0,15 kg su/kg kuru hava olmasını, otomatik olarak sağlamak suretiyle, atık hava miktarını optimize ederek
  - ısı geri kazanım sistemleri kullanarak
  - yalıtım sistemleri uygulayarak
  - direkt olarak ısıtılan ramözlerde beklerin optimum bakımını sağlayarak
- düşük hava emisyonuna sahip optimize edilmiş reçeteleri kullanmaktır. Bitim işlemi reçetelerinin sınıflandırılması/seçimi için bir örnek, Bölüm 4.3.2'de açıklanan "Emisyon faktörü konsepti"dir.

Buruşmazlık (kolay-bakım) işlemi

BAT, halı sektöründe formaldehitsiz çapraz bağ oluşturucu maddeleri, tekstil sanayiinde de formaldehitsiz ya da az formaldehit içeren çapraz bağ oluşturucu maddeleri (yapısındaki formaldehit miktarı < % 0,1) kullanmaktır (bkz. Bölüm 4.8.2).

Güve yemezlik işlemleri

- Genel olarak işlemler

BAT:

- materyalin kullanıma hazırlanması ile ilgili olarak Bölüm 4.8.1'de açıklanan önlemleri benimsemektir
- % 98 verime (haşerelere karşı koruyucu maddelerin liflere transferinde) ulaşmaktır
- haşerelere karşı koruyucu maddeler boya flottesinden aplike edildiklerinde, aşağıdaki ilave önlemleri uygulamaktır:
  - işlem sonunda 4,5'in altında bir pH'a ulaşmak ve bunun mümkün olmadığı durumlarda da, haşerelere karşı koruyucu maddeyi ayrı bir adımda aplike etmek ve flotteyi tekrar kullanmaktır
  - haşerelere karşı koruyucu maddeyi, taşıp dökülmesini önlemek için, boya flottesi nihai hacmine eriştikten sonra ilave etmektir
  - boyama işlemi sırasında haşerelere karşı koruyucu maddelerinin alımında yavaşlatma etkisi göstermeyen boya yardımcı maddelerini seçmektir (bkz. Bölüm 4.8.4.1).

- Kuru büküm yöntemi ile elde edilen ipliklerin güve yemezlik işlemi

BAT, aşağıdaki tekniklerin (Bölüm 4.8.4.2'de açıklanan) birisini ya da her ikisini birden kullanmaktır:

- asitle ard işlem (güve yemezlik aktif maddesinin alımını arttırmak için) ile durulama flottesinin bir sonraki boyama adımında tekrar kullanımının kombine edilmesi
- suya aktif madde emisyonlarını en aza indirmek amacıyla, toplam lif karışımının % 5'ine hesaplanmış oranda fazla aplikasyon uygulanması ile uygun boyama makineleri ve atık su recycling sistemleri kullanımının kombine edilmesi.

- Elyaf halinde boyanan/iplik halinde hidrofilleştirilen materyallerin güve yemezlik bitim işlemi

BAT (bkz. Bölüm 4.8.4.3):

- bu amaçla iplik yıkama makinelerinin sonuna yerleştirilen düşük hacimli aplikasyon sistemlerini kullanmaktır
- düşük hacimli işlem flottesini partiler arasında recycling yapmak ve işi bitmiş işlem flottelerinden aktif maddeyi uzaklaştırmak için özel olarak tasarlanmış işlemler kullanmaktır. Bu teknikler, adsorptif ve parçalayıcı işlemleri içerebilmektedir
- güve yemezlik maddesini, köpük aplikasyon teknolojisi kullanarak doğrudan halının hav tabakasına aplike etmektir (güve yemezlik işlemi halı üretimi sırasında yapıldığında).

- İplik halinde boyanan materyallerin güve yemezlik bitim işlemi

BAT (bkz. Bölüm 4.8.4.4):

- güve yemezlik maddesinin alımı için en uygun koşullarda çalışılmaması nedeniyle boyama işlemlerinden gelen emisyonları en aza indirmek için, ayrı bir ard işlem uygulanmaktadır
- yarı kesintili, düşük hacimli aplikasyon makineleri ya da modifiye edilmiş santrifüjler kullanmaktır
- düşük hacimli işlem flottesini partiler arasında recycling yapmak ve işi bitmiş işlem flottelerinden aktif maddeyi uzaklaştırmak için özel olarak tasarlanmış işlemler kullanmaktır. Bu teknikler adsorptif ve parçalayıcı işlemleri içerebilmektedir

- güve yemezlik maddesini, köpük aplikasyon teknolojisi kullanarak doğrudan halının hav tabakasına aplike etmektir (güve yemezlik işlemi halı üretimi sırasında yapıldığında).

- Yumuşatma işlemleri

BAT, yumuşatıcıları kesintili boyama makinelerinde doğrudan çektirme yöntemiyle aplike etmek yerine, fulardlarda ya da daha iyisi püskürtme ve köpük aplikasyon sistemleri ile aplike etmektir (bkz. Bölüm 4.8.3).

Yıkama

BAT:
- taşıraraktan yıkama/durulama yerine, Bölüm 4.9.1'de açıklandığı gibi doldurma/boşaltma yöntemlerini ya da "akıllı durulama" tekniklerini kullanmaktır
- kesintisiz işlemlerde su / enerji tüketimini şu şekilde azaltmaktır:
  - Bölüm 4.9.2'de açıklanan prensibe göre, yüksek etkili yıkama makineleri kullanarak. Selülozik ve sentetik kumaşların açık en halinde kesintisiz olarak yüksek etkili bir şekilde yıkanması ile ilgili değerler Tablo 4.38'de verilmektedir
  - ısı geri kazanım ekipmanlarını kullanarak
- halojenlenmiş organik çözgen kullanımının kaçınılmaz olduğu durumlarda (örneğin, su ile uzaklaştırılması zor olan silikon yağları gibi preparasyon maddeleriyle fazla yüklenmiş kumaşlarda) tam kapalı devre ekipman kullanmaktır. Kirliliğin sızıntısı ve kazalar sonucunda yeraltı suyunda oluşabilecek olan herhangi bir kirlenmeden kaçınmak amacıyla, ekipmanın Bölüm 4.9.3'te açıklanan talepleri yerine getirmesi ve inatçı kirliliklerin devre içinde yok edilmesi için gerekli önlemlerin (örneğin, ileri oksidasyon yöntemleriyle) alınması şarttır.

Atık su arıtma işlemleri

Atık suların arıtma işlemlerinde en azından üç farklı strateji izlenmektedir:
- işletme içindeki biyolojik atık su arıtma tesisinde merkezi arıtma
- işletme dışındaki belediye atık su arıtma tesisinde merkezi arıtma
- seçilmiş ve ayrılmış atık su akımlarını işletme içinde (veya dışında) merkezi olmayan bir şekilde ayrı ayrı arıtma

Söz konusu atık su durumuna uygun olarak uygulandıklarında, bu stratejilerin üçü de BAT seçenekleridir. Atık su yönetimi ve atık suyun arıtılması için iyi olarak kabul edilmiş genel ilkeler aşağıdakileri içermektedirler:
- işlemlerden kaynaklanan farklı atık su akımlarının karakterize edilmesi (bkz. Bölüm 4.1.2)
- atık suların diğer akımlarla karıştırılmadan önce, kirlilik cinsi ve yüküne göre kaynağında ayrılmaları. Bu, bir arıtma tesisine sadece arıtabileceği kirliliklerin gelmesini sağlamaktadır. Buna ilaveten, atık su için recycling ve tekrar kullanım seçeneklerinin uygulanmasını da sağlamaktadır
- kirli atık su akımlarının kendilerine en uygun arıtma işlemlerine gönderilmesi
- atık su bileşiminde bulunan maddelerin biyolojik arıtma sistemlerinde sorun yaratmasının söz konusu olduğu durumlarda, bunların bu sistemlere gönderilmesinden kaçınılması
- önemli oranda biyolojik olarak parçalanamayan maddeler içeren atık su akımlarının, nihai biyolojik arıtma öncesinde veya bunun yerine, uygun teknikler ile arıtılması.

Bu yaklaşıma göre aşağıdaki teknikler, tekstil terbiyesi ve halı sanayiinden gelen atık suların arıtılması için BAT olarak tespit edilmektedirler:

- biyolojik olarak parçalanamayan bileşikleri içeren derişik akımların ayrı bir ön arıtma işleminden geçirilmeleri önkoşuluyla, atık suların Bölüm 4.10.1'de açıklandığı gibi, aktif çamur sisteminde düşük besin/mikro organizma oranında arıtılması
- biyolojik olarak parçalanamayan bileşikler içeren, yüksek miktarda yüklü (KOİ>5000 mg/l) seçilmiş ve ayrılmış ayrı müstakil su akımlarının, kimyasal oksidasyon (örneğin, Bölüm 4.10.7'de açıklandığı gibi Fenton reaksiyonu) ile ön arıtma işlemi. Bu şekildeki atık su akımları, yarı kesintisiz ve kesintisiz boyama ve terbiye işlemlerinden gelen emdirme flotteleri, haşıl sökme banyoları, baskı patları, halı sırt kaplama artıkları ile çektirme yöntemine göre gerçekleştirilen boyama ve terbiye işlemleri flotteleridir.

Baskı patı ve emdirme flottesi artıkları gibi belirli spesifik işlem kalıntıları çok derişiktirler ve atık su hatlarından mümkün olduğunca ayrı tutulmalıdırlar.

Bu artıklar uygun bir şekilde yok edilmelidirler; bunun için uygun olan bir yöntem yüksek kalori değerinden dolayı ısıl oksidasyondur.

Pigment baskı patları, ya da halı taban kaplamalarından gelen lateks içeren atık sular gibi özel durumlar için, çöktürme/flokülasyon ve nihai çamurun yakarak kül haline getirilmesi, kimyasal oksidasyon yerine uygulanabilir bir alternatiftir (Bölüm 4.10.8'de açıklandığı gibi).

Azo boyaları içeren emdirme flottelerinin ve baskı patlarının, aerobik arıtma işlemi öncesinde Bölüm 4.10.6'da açıklandığı gibi, anaerobik olarak arıtılması, rengin giderilmesi için etkili olabilmektedir.

Eğer biyolojik olarak arıtılamayan bileşikler içeren derişik atık su akımları ayrı olarak arıtılamazlarsa, toplamda eşdeğer bir performansın sağlanabilmesi için, ilave fiziksel-kimyasal arıtma işlemleri gerekecektir. Bunlar şunları içermektedir:
- biyolojik arıtma işlemini takip eden üçüncül işlemler. Buna bir örnek, aktif karbonda adsorpsiyon ve aktif karbonun, aktif çamur sistemine recycling'idir. Bunu, adsorbe olmuş biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerin yakarak yok edilmesi veya çamur fazlasının (harcanan aktif karbonu da içeren biyokütle) serbest radikaller (örneğin OH*, O_2*-, CO_2*- oluşturan işlemler) ile işleme sokulması izlemektedir (bkz. Bölüm 4.10.1'de işletme 6)
- aktif çamura aktif karbon tozu ve demir tuzu ilave ederek uygulanan kombine biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemler ile çamur fazlasının "yaş oksidasyon" ve "yaş peroksidasyon" (eğer hidrojenperoksit kullanılıyorsa) yolu ile reaktivasyonu
- inatçı bileşiklerin aktif çamur sistemi öncesi ozonlanması (bkz. Bölüm 4.10.1'de işletme 3).

<u>Yapak yıkama sektöründeki (su-esaslı işlem ile) atık su arıtma işlemleri için</u>
BAT:
- 1) yeni işletmeler, 2) işletme içerisinde atık su arıtma tesisine sahip olmayan mevcut işletmeler ve 3) ömrünü tamamlamış biyolojik atık su arıtma tesislerini değiştirmeyi amaçlayan işletmeler için, kir uzaklaştırma / yağ geri kazanım devrelerini, atık su buharlaştırılması ile kombine etmek ve bu arada oluşan nihai çamuru kül haline getirmek ve su ve enerjiyi tam olarak geri dönüştürmektir. Bu teknik Bölüm 4.4.2'de anlatılmaktadır
- halen atık suyu aerobik biyolojik arıtma uygulanan kanalizasyon sistemlerine boşaltan ve bununla birlikte koagülasyon/flokülasyon işlemi uygulayan mevcut işletmelerde, koagülasyon/flokülasyon işlemi kullanmaktır.

Biyolojik arıtmanın BAT olarak kabul edilip edilmeyeceği, maliyetleri ve performansları ile ilgili daha iyi bilgiler toplanıncaya kadar, tartışmaya açık bir soru olarak kalmalıdır.

Çamur yok etme

Yapak yıkama atık suyunun arıtılmasından gelen çamur için
BAT:

- çamuru tuğla yapımında (bkz. Bölüm 4.10.12) kullanmak, ya da başka bir uygun geri dönüşüm zincirine adapte etmektir
- SO_x, NO_x ve toz emisyonlarını kontrol etmek ve çamur içerisinde yer alabilecek pestisitlerdeki organik bağlı klordan kaynaklanan dioksin ve furan emisyonlarından kaçınmak amacıyla önlemler alınmak şartıyla, çamuru ısı geri kazanımı sağlayarak yakıp kül haline getirmektir.

SON SÖZ

Belli başlı genel sonuçlar:

- TWG'un ikinci toplantısını takiben sağlanan bilgi paylaşımı başarılı olmuştur ve yüksek düzeyde bir anlaşma zemini oluşmuştur
- tanımlamış olan BAT'ın uygulanmasının etkisi, tekstil sanayiinin yapısından (çok kompleks ve çok çeşitli bir sektör) dolayı, her fabrikanın kendi karakteristiklerine bağlı olacaktır. Bu yüzden uygulanmaya başlama hızı bu sanayi için özellikle hassas bir konudur
- bazı işletmelerin lif ham madde kaynağının kontrolünde/seçiminde halen yaşamakta oldukları zorlukların bilinci içerisinde, IPPC ruhsatı için uygun bir başvuru yapabilmek amacıyla, fabrikaya giren tekstil materyalleri için bir kalite güvence sisteminin zorunlu olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle BAT, tekstiller için bir çevresel sorumluluk zinciri yaratmak amacıyla, tekstil zincirinin başlangıcında yer alan partnerlerle sadece işletmeler bazında değil, aynı zamanda sanayi sektörleri düzeyinde de işbirliği olanaklarını aramaktır.

Gelecekteki çalışmalar için başlıca tavsiyeler şu şekildedir:

- özellikle atık sular için bugünkü tüketim ve emisyon seviyeleri ile BAT'ın belirlenmesinde göz önünde tutulan tekniklerin perfromansları hakkında verilerin daha sistematik bir şekilde toplanması gerekmektedir
- BAT'ı belirlemede daha fazla yardımcı olabilmek için, teknikler ile ilgili maliyetler ve tasarrufların daha detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir
- bilgi eksikliğinden dolayı BREF'te yeterli bir şekilde yer almayan alanlar hakkında bilgi toplanmalıdır. Veri ve bilginin eksik olduğu özel alanlar ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Bölüm 7'de yer almaktadır.

EC, RTD programları vasıtasıyla, temiz teknolojiler, gelişen atık su arıtma ve recycling teknolojileri ve yönetim stratejileri ile ilgili bir seri projeyi başlatmakta ve desteklemektedir. Bu projeler potansiyel olarak, gelecekteki BREF incelemelerine yararlı katkılar sağlayabileceklerdir. Bu yüzden okuyuculardan, bu dokümanın faaliyet alanı ile ilgili (ayrica bkz. dökümanın önsözü) herhangi bir araştırmaya ait sonuçların EIPPCB'suna bildirmeleri rica edilmektedir.

ÖNSÖZ

Tercüme eden: Arş. Gör. Emrah Bilgin (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

1. Bu dokümanın statüsü

Bu dokümanda "Yönetmelik" olarak atıfta bulunulan yönetmelik, başka türlü ifade edilmediği sürece, entegre kirlilik önleme ve kontrolü ile ilgili Konsey Yönetmeliği 96/61/EC anlamına gelmektedir. Yönetmelik, işyerindeki sağlık ve güvenlik ile ilgili koşulları Topluluğa tarafsız bir şekilde uyguladığı için, bu doküman da öyle yapmaktadır.

Bu doküman en uygun teknikler (BAT) ile bunların gözlenmesi ve bunlardaki gelişmeler hakkında AB Üyesi Ülkeler ve ilgili sanayiler arasındaki bilgi paylaşımının sonuçlarını sunan bir serinin bir bölümünü oluşturmaktadır. *[Bu doküman, Avrupa Komisyonu tarafından Yönetmeliğin 16(2) Maddesi uyarınca yayınlanmıştır ve bu yüzden "en uygun teknikleri" belirlerken Yönetmeliğin Ek IV'ü uyarınca dikkate alınmalıdır.]

* Not: Basım prosedürü Komisyon tarafından tamamlanır tamamlanmaz, köşeli parantezler kaldırılacaktır.

2. IPPC Yönetmeliği ile ilgili yasal yükümlülükler ve BAT'ın tanımı

Okuyucunun, bu dokümanın hazırlanmasındaki yasal ortamı anlamasına yardımcı olmak amacıyla, IPPC Yönetmeliğinin, "en uygun teknikler" teriminin tanımını da içeren, doküman ile yakından ilgili hükümlerinin bazıları bu önsözde açıklanmaktadır. Bu açıklamanın her şeyi tam olarak içermesi mümkün değildir ve sadece bilgi amacıyla verilmektedir. Yasal bir değeri yoktur ve hiçbir şekilde Yönetmeliğin gerçek hükümlerini değiştirmemekte ve taraf tutmamaktadır.

Yönetmeliğin amacı, Ek I'de listelenen etkinliklerden kaynaklanan kirliliğin entegre bir şekilde önlenmesini ve kontrolünü ve sonuçta da çevrenin bütünüyle yüksek bir seviyede korunmasını sağlamaktır. Yönetmeliğin yasal dayanağını çevrenin korunması oluşturmaktadır. Bunun uygulanması sırasında aynı zamanda, Topluluk sanayiinin rekabet gücü ve dolayısıyla sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunma gibi diğer Topluluk hedeflerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Daha açık olarak, Doküman, sanayi tesislerinin belirli kısımları için bir ruhsat sistemi oluşturmak üzere, hem uygulayıcıların hem de düzenleyicilerin, tesisin kirletme ve tüketme potansiyelini bütünsel ve genel olarak değerlendirilmelerini sağlamaktadır. Böyle bir bütünsel yaklaşımın genel amacı, çevre için her yönüyle yüksek seviyede bir koruma sağlamak amacıyla, sanayi proseslerinin yönetim ve kontrolünü geliştirmek olmalıdır. Bu yaklaşımın merkezini, 3. Madde'de belirtilen ve uygulayıcıların kirlenmeye karşı mümkün olan tüm koruyucu önlemleri, özellikle işlemlerin çevresel performanslarını iyileştiren en uygun teknikleri uygulayarak almaları gerektiği şeklindeki genel ilke oluşturmaktadır.

"En uygun teknikler" terimi, Yönetmeliğin 2(11) sayılı Maddesi'nde "prensip olarak emisyonların her yönüyle çevre üzerine etkilerini önlemek, bunun mümkün olmadığı durumlarda da emisyonları ve çevre üzerine etkilerini olduğunca azaltmak amacıyla tasarlanmış olan emisyon limit değerlerini sağlayan özel tekniklerin gerçek uygunluklarını ortaya koyan faaliyetlerin ve bunlara ait uygulama yöntemlerinin geliştirilmesinde en etkili ve ileri aşama" olarak tanımlanmaktadır. Madde 2(11) bu tanımlamayı aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklamaya devam etmektedir:

"teknikler", hem kullanılan teknolojiyi, hem de tesisin tasarlanması, inşa edilmesi, bakımının yapılması, kullanılması ve devre dışı bırakılması yöntemlerini içermektedirler;

"uygun" teknikler, geçerli ekonomik ve teknik koşullar altında, uygulayıcılar tarafından zorlanmadan temin edilebilmek şartıyla, maliyetleri ve avantajları göz önünde bulundurularak ve söz konusu Üye Ülkeler içerisinde kullanılıp kullanılmadıkları ya da üretilip üretilmedikleri dikkate alınarak, ilgili sanayi sektöründe uygulanmasına izin verecek şekilde geliştirilmiş olan tekniklerdir.

"en iyi", çevrenin bütünüyle yüksek genel bir seviyede korunmasını sağlamada, en etkili anlamına gelmektedir.

Ayrıca Yönetmeliğin Ek IV'ü, "bir önlemin muhtemel maliyet ve kazançları ile koruma ve önleme prensiplerini de hesaba katarak... en uygun tekniklerin belirlenmesi sırasında genel olarak ya da özel durumlar için göz önünde bulundurulması gereken hususlar"'a ait bir listeyi de içermektedir. Bu hususlar, Komisyon tarafından Madde 16(2) uyarınca yayınlanan bilgileri içermektedir.

Ruhsat vermeye yetkili otoritelerin, ruhsat koşullarını belirlerken Madde 3'te yer alan genel prensipleri dikkate almaları gerekmektedir. Bu koşullar, uygun olduğunda eşdeğer parametreler ve teknik önlemlerle desteklenen ya da değiştirilen, emisyon limit değerlerini içermelidirler. Yönetmeliğin 9(4) Maddesi'ne göre bu limit değerler, eşdeğer parametreler ve teknik önlemler, herhangi bir teknik ya da spesifik teknolojinin kullanımını zorunlu kılmadan, çevresel kalite standartları ile uyumlu olma önyargısı içinde bulunmadan, ama ilgili tesisin teknik karakteristiklerini, coğrafik yerleşimini ve yerel çevresel koşullarını dikkate alarak, en uygun tekniklere dayanmalıdır. Her türlü durumda ruhsat koşulları, uzun mesafeli ve sınır ötesi kirliliklerin en aza indirilmesi ile ilgili şartları içermelidir ve her yönüyle yüksek seviyede bir çevre koruması sağlamalıdır.

Üye Ülkeler, Yönetmeliğin 11. Maddesi gereğince, yetkili otoritelerin en uygun tekniklerdeki gelişmeleri takip etmesini ya da gelişmeler hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamakla yükümlüdürler.

3. Bu Dokümanın amacı

Yönetmeliğin 16 (2). Maddesi, Komisyon'un, "Üye Ülkeler ile en uygun tekniklerin ait oldukları sanayiler ile bunların gözlenmesi ve geliştirilmesi dahil bilgi paylaşımını" organize etmesini ve sonuçlarını yayınlamasını talep etmektedir.

Bilgi paylaşımının amacı, Yönetmeliğin 25. resitalinde verilmekte ve "en uygun teknikler ile ilgili bilginin Topluluk düzeyinde gelişimi ve paylaşımı, Topluluk'taki teknolojik dengesizliklilerin düzeltilmesine katkıda bulunacak, Topluluk'ta kullanılan limit değerler ve tekniklerin dünya çapında yayılmasını destekleyecek ve bu yönetmeliğin etkili bir şekilde uygulanmasında Üye Ülkeler'e yardımcı olacaktır" denilmektedir.

Komisyon (Çevre DG), Madde 16(2) çerçevesindeki çalışmalara yardımcı olmak üzere bir bilgi paylaşım forumu (IEF) kurmuştur ve IEF şemsiyesi altında bir takım teknik çalışma grupları oluşturulmuştur. Hem IEF'da, hem de teknik çalışma gruplarında Madde 16(2) gereğince, Üye Ülkelerden ve sanayiiden temsilciler bulunmaktadır.

Bu dokümanlar serisinin amacı, Madde 16(2)'nin gerektirdiği şekilde gerçekleştirilen bilgi paylaşımını tam olarak yansıtmak ve ruhsat veren otoritelerin ruhsat koşullarını saptarken dikkate alacağı referans bilgiyi sağlamaktır. Bu dokümanlar, en uygun teknikler hakkında gerekli bilgiyi sağlayarak, çevresel performansın yönetilmesinde kıymetli araçlar olarak rol alacaklardır.

4. Bilgi Kaynakları

Bu Doküman, özellikle Komisyon'a çalışmalarında yardımcı olmak üzere oluşturulan grupların tecrübelerini içeren ve Komisyon servislerince doğrulanan bir takım kaynaklardan toplanan bilgilerin bir özetini sunmaktadır. Tüm katkılar için teşekkür edilmektedir.

5. Bu doküman nasıl anlaşılmalı ve kullanılmalıdır

Bu dokümandan sağlanan bilgilerin, belirli durumlarda BAT'ı belirlemek üzere girdi olarak kullanılması amaçlanmaktadır. BAT'ı belirlerken ve BAT esaslı ruhsat koşullarını saptarken, daima göz önünde bulundurulması gereken genel hedef, çevre için her yönüyle yüksek seviyede bir koruma sağlamaktır.

Bu bölümün geri kalan kısmında, dokümanın her bir bölümünde hangi bilgilerin verildiği açıklanmaktadır.

Bölüm 1 ve 2, ilgili sanayi sektörü ve bu sektörde uygulanan endüstriyel işlemler hakkında genel bilgiler sağlamaktadır. Bölüm 3, mevcut tesislerde bu Doküman yazılırkenki durumu yansıtan ve şu anda geçerli olan emisyon ve tüketim seviyeleri ile ilgili verileri ve bilgileri sağlamaktadır.

Bölüm 4, BAT'ın ve BAT esaslı ruhsat koşullarının belirlenmesiyle en çok ilgili olduğu düşünülen emisyon azaltma tekniklerini ve diğer teknikleri daha ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır. Bu bilgiler, belirli bir teknik kullanılarak ulaşılabileceği düşünülen tüketim ve emisyon seviyelerini, belirli bir teknik ile ilgili maliyetlere ve yan etkileşim meselelerine ait bazı düşünceleri ve belirli bir tekniğin IPPC ruhsatlarını gerektiren hangi işletmelere, örneğin yeni, mevcut, büyük ya da küçük işletmelere uygulanabileceği ile ilgili bazı düşünceleri içermektedir.

Bölüm 5, BAT ile genel anlamda uyumlu olduğu düşünülen teknik ve emisyonlar ile tüketim seviyelerini göstermektedir. Bunun amacı, böylece, BAT esaslı ruhsat koşullarının belirlenmesine yardımcı olmak üzere, ya da Madde 9(8) çerçevesinde genel bağlayıcı kuralların oluşturulması için, uygun referans noktası olarak düşünülebilen emisyon ve tüketim seviyeleri ile ilgili genel değerler sağlamaktır. Ancak bu dokümanın, emisyon limit değerlerini önermediği vurgulanmalıdır. Uygun ruhsat koşullarının belirlenmesi, ilgili bir işletmenin teknik özellikleri, coğrafik yerleşimi ve yerel çevresel koşullar gibi yerel ve işletmeye özgü faktörlerin hesaba katılmasını içermektedir. Mevcut işletmelerde, yenilenmelerinin ekonomik ve teknik açıdan rantabıl olup olmadığının da dikkate alınması gerekmektedir. Çevre için bir bütün olarak yüksek seviyede korumanın sağlanması gibi tek bir amaç bile, çoğu zaman farklı çevresel etki tipleri arasında karar değiştirilmesinde rol oynayacaktır ve bu kararlar çoğu zaman yerel mülâhazalardan etkileneceklerdir.

Bu meselelere değinen bazı girişimlerin yapılmasına rağmen, bunların tümünün bu dokümanda tam olarak değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, Bölüm 5'te yer alan tekniklerin ve seviyelerin tüm işletmeler için muhakkak uygun olması şart değildir. Diğer taraftan, uzun mesafeli ya da sınır ötesi kirliliklerin en aza indirilmesini de içeren yüksek seviyede bir çevresel koruma sağlama zorunluluğu, ruhsat koşullarının sadece yerel mülâhazalar temelinde ele alınamayacağını göstermektedir. Bu yüzden, bu doküman içerisinde yer alan bilgilerin ruhsat veren otoriteler tarafından tam olarak dikkate alınması büyük bir önem taşımaktadır.

En uygun teknikler zamanla değiştiği için, bu doküman gerektiğinde yeniden incelenecek ve en son duruma uygun hale getirilecektir. Tüm yorumlar ve öneriler, Koruyucu Teknolojik Çalışmalar Enstitüsü nezdindeki Avrupa IPPC Bürosu'nun aşağıdaki adresine yapılmalıdır:

Edificio Expo, Inca Gacilaso s/n, E-41092 Seville, Spain
Telefon: +3495 4488 284
Fax: +34 95 4488 426
e-mail: eippcb@jrc.es
İnternet:http://eippc.jrc.es

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

YÖNETİCİ ÖZETİ ..... **I**
ÖNSÖZ ..... **XXV**
KAPSAM ..... **XLV**
TEŞEKKÜR ..... **XLVII**
1 GENEL BİLGİLER **1**
1.1 Yapak yıkama sektörü 3
1.1.1 Sektörün organizasyonu 3
1.1.2 Üretim ve ekonomiklik 3
1.2 Tekstil terbiye işlemleri sektörü (yer kaplamaları hariç) 5
1.2.1 Sektörün organizasyonu 5
1.2.2 Üretim ve ekonomiklik 6
1.3 Halı 7
1.3.1 Sektörün organizasyonu 7
1.3.2 Üretim ve ekonomiklik 9
1.4 Temel çevresel sorunlar 11
2 UYGULANAN İŞLEMLER VE TEKNİKLER **15**
2.1 Ham maddeler 16
2.1.1 Lifler 16
2.1.2 Kimyasallar & yardımcı maddeler 21
2.1.3 Materyallerin hazırlanması ve depolanması 22
2.2 Lif üretimi: kimyasal (insan yapısı) lifler 22
2.3 Liflerin hazırlanması: doğal lifler 25
2.3.1 Yün 25
2.3.2 Pamuk ve keten 35
2.3.3 İpek 35
2.4 İplik imalatı 35
2.4.1 Yün (uzun elyaf) iplikçiliği 35
2.4.2 Pamuk (kısa elyaf) iplikçiliği 36
2.4.3 Çevresel sorunlar 36
2.5 Kumaş üretimi 36
2.5.1 Dokuma tekstiller 37
2.5.2 Örme tekstiller 38
2.5.3 Tekstilden zemin döşemelikleri 39
2.5.4 Non-woven tekstil ürünleri 42
2.6 Ön terbiye 42
2.6.1 Pamuk ve selüloz liflerinin ön terbiyesi 43
2.6.2 Renklendirme öncesi yün ön terbiyesi 52
2.6.3 İpek ön terbiyesi 57
2.6.4 Sentetik materyallerin ön terbiyesi 59
2.7 Boyama 61
2.7.1 Boyamanın genel prensipleri 61
2.7.2 Boyama prosesleri 62
2.7.3 Selüloz liflerinin boyanması 66
2.7.4 Yün liflerinin boyanması 71
2.7.5 İpek liflerinin boyanması 74
2.7.6 Sentetik liflerin boyanması 74
2.7.7 Lif karışımlarının boyanması 79
2.7.8 Çevresel sorunlar 83
2.8 Baskı 95
2.8.1 Baskı işlemleri 95
2.8.2 Baskı teknolojisi 99
2.8.3 Çevresel sorunlar 106
2.9 Bitim işlemleri (fonksiyonel bitim işlemleri) 109

2.9.1 Bitim işlemleri 109
2.9.2 Kimyasal bitim işlemleri 110
2.9.3 Çevresel sorunlar 114
2.10 Kaplama ve laminasyon 116
2.10.1 Kaplama ve laminasyon işlemleri 116
2.10.2 Çevresel sorunlar 117
2.11 Halıların sırt kaplanması 118
2.12 Yıkama 124
2.12.1 Suyla yıkama 124
2.12.2 Kuru temizleme 124
2.13 Kurutma 127
2.13.1 Açık elyaf kurutması 127
2.13.2 Çile kurutma 128
2.13.3 Bobin kurutma 128
2.13.4 Kumaş kurutma 129
2.14 Tekstil sanayinin kategorileri 130
2.14.1 Yapak yıkama işletmeleri 131
2.14.2 İplik ve/veya elyaf terbiye işletmeleri 132
2.14.3 Örme kumaş terbiye işletmeleri 133
2.14.4 Dokuma kumaş terbiye işletmeleri 135
2.14.5 Halı sanayii 138
3 EMİSYON VE TÜKETİM SEVİYELERİ 153
3.1 Giriş 153
3.2 Yapak yıkama işletmeleri 154
3.2.1 Su ile temizleme ve yıkama 154
3.2.2 Çözgenle yıkama ve temizleme 169
3.3 Tekstil terbiye sanayii 171
3.3.1 İplik ve/veya elyaf terbiye işletmeleri 171
3.3.2 Örme kumaş terbiyesi yapan işletmeler 181
3.3.3 Dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmeler 196
3.4 Halı sanayii 229
3.4.1 Yün ve yün karışımı halı ipliği boyahaneleri 229
3.4.2 Entegre halı imalat işletmeleri 240
3.5 Tekstil sanayiinde koku rahatsızlığı ile ilgili genel hususlar 246
3.6 Tekstil sanayiinde açığa çıkan katı&sıvı atıklarla ilgili genel hususlar 247
4 BAT'IN BELİRLENMESİNDE GÖZ ÖNÜNE ALINAN TEKNİKLER 249
4.1 Genel iyi yönetim uygulamaları 249
4.1.1 Yönetim ve iyi kullanım 249
4.1.2 Girdi/çıktı akışlarının değerlendirilmesi/envanteri 253
4.1.3 Kimyasalların otomatik olarak hazırlanması ve dağıtılması 258
4.1.4 Tekstil işlemlerinde su tüketiminin optimizasyonu 262
4.1.5 HT makinelerinin izolasyonu 264
4.2 İşlenecek liflerin kalite yönetimi 266
4.2.1 Kimyasal lifler için geliştirilmiş çevresel performansa sahip preparasyon maddeleri 266
4.2.2 Yün harman yağlarında madeni yağların ikamesi 269
4.2.3 Örme kumaş üretiminde madeni yağların ikamesi 271
4.2.4 Geliştirilmiş çevre performansına sahip haşıl maddelerinin seçimi 272
4.2.5 Çözgü ipliklerinin ön ıslatılmasıyla haşıl maddesi aplikasyonunun asgariye indirilmesi 277
4.2.6 Lif üzerinde azaltılmış haşıl maddesi yüklerine izin veren yöntemlerin kullanımı (kompakt eğirme) 278
4.2.7 Ham materyaldeki organik klor ektoparazitisit (OC) kalıntılarının, ikame yoluyla en aza indirilmesi 279

4.2.8 Hammaddedeki organik fosfat ve sentetik piretroid ektoparazitisit kalıntılarının, ikame yoluyla en aza indirilmesi 282
4.3 Kullanılan kimyasalların seçimi/ikamesi 285
4.3.1 Tekstil boyarmaddeleri ve yardımcı maddelerinin atık suyla ilişkilerine göre seçimi 285
4.3.2 Emisyon faktörü kavramı (havaya emisyon) 287
4.3.3 Alkilfenoletoksilatların (ve diğer tehlikeli yüzeyaktif maddelerin) ikamesi 289
4.3.4 Ön terbiye ve boyama işlemlerinde biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddelerin (iyon tutucuların) seçimi 291
4.3.5 Geliştirilmiş çevre performansına sahip köpük önleyicilerin seçimi 295
4.4 Yapak yıkama 297
4.4.1 Entegre kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kullanımı 297
4.4.2 Atık su buharlaştırma ve çamuru yakarak yok etme ile kombine edilmiş entegre kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kullanımı 300
4.4.3 Yapak yıkama işletmelerinde enerji tüketimini en aza indirme 305
4.4.4 Organik çözgen ile yapak yıkaması 307
4.5 Ön terbiye 309
4.5.1 Haşıl maddelerinin ultrafiltrasyon (UF) ile geri kazanımı 309
4.5.2 Etkili ve kapsamlı haşıl uzaklaştırılması için oksidadif yöntemin uygulanması 313
4.5.3 Pamuklu kumaşların tek adımlı haşıl sökme ve ağartılması 315
4.5.4 Enzimatik hidrofilleştirme 316
4.5.5 Ağartma işlemlerinde sodyumhipoklorit ve klor içeren bileşiklerin ikamesi 318
4.5.6 Hidrojenperoksit ağartmalarında kompleks oluşturucu maddelerin tüketimlerinin azaltılması 321
4.5.7 Merserizasyondan gelen alkalinin geri kazanılması 324
4.5.8 Pamuklu çözgü iplikleri ön terbiyesinin optimizasyonu 326
4.6 Boyama 329
4.6.1 Poliester ve poliester karışımlarının carriersız boyama teknikleriyle veya çevre açısından optimize edilmiş carrierlarla çektirme yöntemine göre boyanması 329
4.6.2 Carriersız boyanabilen PES liflerinin kullanımı 331
4.6.3 Boya formülasyonlarında daha yüksek biyolojik elimine edilebilirliğe sahip dispergatörler 333
4.6.4 Küp boyalarıyla pastelden açık tonlara kadar boyamalar için, tek adımlı kontinü boyama 336
4.6.5 PES boyamada ard-işlemler 337
4.6.6 Kükürt boyalarıyla boyama 340
4.6.7 Emdirme yöntemine göre boyama tekniklerinde boya flottesi kayıplarının en aza indirilmesi 343
4.6.8 Reaktif boyamada enzimatik ard-sabunlama 345
4.6.9 Emdirme-soğuk bekletme (pad batch) boyama yöntemi için silikatsız fiksaj yöntemi 347
4.6.10 Selülozik liflerin reaktifliği yüksek polifonksiyonel reaktif boyarmaddeler ile çektirme yöntemine göre boyanmaları 349
4.6.11 Düşük tuz tüketimi gerektiren reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama 352
4.6.12 Reaktif boyarmaddelerle boyanmış pamukluların deterjan kullanılmadan ard yıkamalarının yapılması 354
4.6.13 Selülozik kumaşların reaktif boyarmaddelerle kesintisiz (ve yarı kesintili) boyanmasında alternatif bir yöntem 355
4.6.14 pH kontrollü boyama teknikleri 359
4.6.15 Yün için düşük kromlu ve ultra düşük kromlu sonradan kromlama yöntemleri 362
4.6.16 Yünün kromsuz boyanması 365
4.6.17 Yünün metal kompleks boyarmaddeleriyle boyanmasında emisyonun düşürülmesi 371
4.6.18 Lipozomların yün boyamacılığında yardımcı madde olarak kullanılması 373

4.6.19 Parti boyamada ekipman optimizasyonu 374
4.6.20 Haspel boyama makinelerinde uygulanan ekipman optimizasyonu 377
4.6.21 Jet boyama makinelerinde kullanılan ekipmanların optimizasyonu 379
4.6.22 Çektirme yöntemine göre yapılan kesintili boyamalarda suyun tekrar kullanımı /geri dönüşümü 387
4.7 Baskı 389
4.7.1 Reaktif baskıda ürenin ikame edilmesi ve/veya azaltılması 389
4.7.2 İki fazlı reaktif baskı 391
4.7.3 Optimize edilmiş çevresel performanslı pigment baskı patları 393
4.7.4 Rotasyon baskı makinelerinde baskı patı besleme sistemlerinin hacimlerinin küçültülmesi 394
4.7.5 Rotasyon baskı makinelerinin besleme sistemlerinde kalan baskı patlarının geri kazanımı 397
4.7.6 Baskı patı artıklarının geri dönüşümü 399
4.7.7 Temizleme işlemleri için su tüketiminin azaltılması 400
4.7.8 Halılar ve hacimli kumaşlar için dijital jet baskı 402
4.7.9 Düz kumaşlar için dijital ink-jet baskı 404
4.8 Bitim işlemleri 405
4.8.1 Ramözlerin enerji tüketimlerinin en aza indirilmesi 405
4.8.2 Formaldehit içermeyen veya az miktarda formaldehit içeren buruşmazlık (kolay bakım) işlemi maddeleri 409
4.8.3 Çektirme yöntemiyle yumuşatma işleminden kaçınma 411
4.8.4 Güve-yemezlik işlem maddelerinin aplikasyonundaki emisyonların en aza indirilmesi 412
4.9 Yıkama 427
4.9.1 Kesintili yıkama ve durulama işlemlerinde su & enerji tasarrufu 427
4.9.2 Kontinü (kesintisiz) yıkama ve durulamalarda su ve enerji tasarrufu 431
4.9.3 Organik çözgenler ile kumaş yıkanmasında (temizlenmesinde) tam kapalı-devre sistemlerin kullanımı 434
4.10 Nihai atığı/emisyonu azaltma yöntemleri 440
4.10.1 Tekstil atık sularının düşük besin/mikroorganizma oranına sahip aktif çamur sisteminde arıtılması 440
4.10.2 Karma atık suların yaklaşık % 60'lık su geri dönüşümü ile arıtılması 449
4.10.3 Karma atık suların biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak kombinearıtılması 455
4.10.4 Tekstil atık suyunun, seçilmiş atık su akımlarının membran teknikleriyle artılması yolu ile geri dönüşümü 457
4.10.5 Pigment baskı patı içeren atık suların arıtılması ve geri dönüşümü 461
4.10.6 Emdirme flottesi ve baskı patı artıklarındaki boyarmaddelerin anaerobik olarak uzaklaştırılmaları 463
4.10.7 Biyolojik olarak parçalanamayan maddeler içeren, seçilmiş ve ayrılmış atık su akımlarının kimyasal oksidasyon ile arıtılmaları 465
4.10.8 Flokülasyon/çökeltme ile atık su arıtılması ve elde edilen çamurun yakarak yok edilmesi 467
4.10.9 Hava emisyonlarını azaltma yöntemleri 469
4.10.10 Yapak yıkama tesislerinde atık suyun arıtılması 471
4.10.11 Yapak yıkama sularının arıtılması ile oluşan çamurun tarımsal arazilere dökülmesi 478
4.10.12 Yapak yıkama çamurunun tuğla yapımında kullanılması 481
5 EN UYGUN TEKNİKLER (BAT) 483
5.1 Genel BAT (tüm tekstil sanayii) 484
5.2 Birim işlemler ve operasyonlar için işlem ile bütünleştirilmiş önlemler 487
5.2.1 Yapak yıkama 488
5.2.2 Tekstil terbiyesi ve halı sanayileri 488
5.3 Atık su arıtma işlemleri ve atıkların uzaklaştırılması 495
6 YENİ GELİŞEN TEKNİKLER 499

7 SON SÖZ 505
7.1 Çalışmanın zamanlanması 505
7.2 Bilgi kaynakları 505
7.3 Ortak karar aşaması 505
7.4 Gelecekteki çalışmalar için öneriler 506
7.5 Gelecekteki Ar-Ge projeleri için önerilen konular 507
REFERANSLAR 509
SÖZLÜK 515
8 EK I TEKSTİL YARDIMCI MADDELERİ 521
8.1 Yüzeyaktif maddeler 521
8.2 Lif ve iplik üretiminde kullanılan yardımcı maddeler ve terbiye maddeleri 523
8.2.1 Lif çekim çözeltisi katkı maddeleri, lif çekimi katkı maddeleri ve lif çekim banyosu katkı maddeleri 526
8.2.2 Lif çekimi için preparasyon maddeleri 526
8.2.3 İplik eğirme için preparasyon maddeleri (kondisyonlama maddeleri ve harman yağları) 529
8.2.4 Bobinleme yağları, çözgü ve büküm yağları 530
8.2.5 Örgü yağları 530
8.3 Haşıl maddeleri 531
8.4 Deterjanlar/ ıslatıcılar 535
8.5 Kompleks oluşturucu maddeler içeren yardımcı maddeler 535
8.6 Boya yardımcı maddeleri 536
8.6.1 Genel özellikler ve çevresel yaklaşımlar 536
8.6.2 Islatma, penetrasyon ve hava giderme maddeleri 537
8.6.3 Dispergatörler 538
8.6.4 Egaliz maddeleri 538
8.6.5 pH ayarlayıcı maddeler 539
8.6.6 Köpük önleyici maddeler 540
8.6.7 Carrierlar 540
8.7 Baskı yardımcı maddeleri 540
8.7.1 Boyalarla baskı için yardımcı maddeler 540
8.7.2 Pigment baskı için yardımcı maddeler 541
8.8 Bitim işlemleri yardımcı maddeleri 542
8.8.1 Kolay-bakım bitim işlemi maddeleri 542
8.8.2 Biyositler 544
8.8.3 Antistatik maddeler 545
8.8.4 Güç tutuşurluk maddeleri (FR) 545
8.8.5 Hidrofobik/Oleofobik maddeler 550
8.8.6 Yumuşatıcılar 551
8.9 Kaplama ürünleri ve yardımcı maddeleri 553
9 EK II BOYARMADDELER VE PİGMENTLER 555
9.1 Asit boyaları 555
9.2 Bazik (katyonik) boyalar: 557
9.3 Direkt (substantif) boyalar 558
9.4 Dispers boyalar 561
9.5 Metal-kompleks boyaları 562
9.6 Mordan boyaları (krom boyaları) 565
9.7 Naftol boyaları (lifte inkişaf ettirilen azo boyaları) 566
9.8 Reaktif boyalar 569
9.9 Kükürt boyaları 573
9.10 Küp boyaları 575
9.11 Pigmentler 578
10 EK III YAŞ İŞLEMLER: MAKİNELER VE YÖNTEMLER 579
10.1 Açık Elyaf 579
10.1.1 Otoklav 579
10.2 İplik 580

10.2.1 Çile boyama makineleri (aparatları) 580
10.2.2 Bobin boyama makineleri (aparatları) 581
10.3 Halat halindeki kumaşlar 582
10.3.1 Kesintili yöntemler 582
10.3.2 Kesintisiz işlemler 586
10.4 Açık en kumaşlar 587
10.4.1 Kesintili işlemler 587
10.4.2 Kesintisiz ve yarı kesintisiz işlemler 588
11 EK IV: TEKSTİL SEKTÖRÜNDEKİ TİPİK REÇETELER (BAZI İLGİLİ EMİSYON FAKTÖRLERİ İLE) 593
11.1 Ön terbiye 593
11.1.1 Pamuk ve pamuklu karışımlar 593
11.1.2 Viskon 600
11.1.3 Sentetik lifler (dokuma ve örme kumaşlar) 601
11.1.4 Yün 602
11.2 Boyama 605
11.3 Baskı 606
11.4 Bitim işlemleri 606
12 EK V: TEKSTİL PROSESLERİNDEN KAYNAKLANAN HAVA EMİSYONLARINDAKİ TİPİK KİRLİLİKLER (VE MUHTEMEL KAYNAKLARI) 613
13 EK VI: YARDIMCI MADDELER İÇİN SINIFLANDIRMA ARAÇLARI 617
13.1 Tegewa Şeması 617
13.2 Puanlama (SCORE) Sistemi 620
13.3 Hollanda Genel Politika Şeması/Genel Politikasına İlişkin Şema 624
14 İLERİ OKSİDASYON YÖNTEMLERİ (FENTON REAKSİYONU) 633

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1: AB'nin 15 ülkesindeki tekstil ve konfeksiyon sanayiinin, imalat sanayii içerisindeki yeri 1
Tablo 1.2: AB'nin 15 ülkesindeki tekstil ve konfeksiyon sanayiinin analizi (2000 yılı)..... 2
Tablo 1.3: AB Üye Ülkeleri'ndeki yapağı üretimi ve yapağı yıkama üretimi..... 4
Tablo 1.4: Halı imalat sanayiinin temel yapısı 8
Tablo 1.5: AB içindeki sektör yerleşimi ve ticari işletmelerin sayısı 9
Tablo 1.6: Avrupa tekstil sanayiinin temel yük kaynakları 11
Tablo 2.1: Pamuk liflerinin kimyasal bileşimi..... 21
Tablo 2.2: Kesintili boyama ekipman ve flotte oranları 64
Tablo 2.3: Yarı kesintili ve kesintisiz boyama işlemleri ve ekipmanları..... 66
Tablo 2.4: Reaktif boyalar için gerekli tuz konsantrasyonları..... 66
Tablo 2.5: Selüloz lifleri için en fazla kullanılan boyarmaddelerin ve yöntemlerin özeti... 71
Tablo 2.6: Yün lifi için en yaygın kullanılan boyarmaddelerin ve yöntemlerin özeti 74
Tablo 2.7: Poliamid lifleri için en çok kullanılan boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti 76
Tablo 2.8: Poliester lifleri için en çok kullanılan boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti 77
Tablo 2.9: Poliakrilnitril lifleri için en çok kullanılan boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti..... 78
Tablo 2.10: Poliester-selüloz karışımları için boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti 81
Tablo 2.11: Boyama işlemlerinde oluşan tipik emisyonlara toplu bakış 84
Tablo 2.12: Önemli boya sınıfları için atık suya boşaltılabilen fikse olmamış boya yüzdeleri 86
Tablo 2.13: Kanserojen aminlerin listesi 89
Tablo 2.14: Boya formülasyonları katkı maddelerinin ekolojik özellikleri..... 90
Tablo 2.15: Toz ve sıvı boyalardaki katkı maddelerinin ve boyarmaddelerin oranları 91
Tablo 2.16: Pamuğun reaktif ve direkt boyalarla bekletme yöntemine göre boyanmasında kullanılan tuz miktarları..... 92
Tablo 2.17: Baskı proseslerinden gelen atık sularda bulunma olasılığı yüksek olan maddeler 108
Tablo 3.1: Yapak yıkama işlemlerinde kütle akımlarına genel bakış (ince yapak) 155
Tablo 3.2: Yapak yıkama işlemlerinde kütle akımlarına genel bakış (kaba yapak) 156
Tablo 3.3: Yapak yıkama işlemlerinde kütle akımlarına genel bakış (ekstra ince yapak). 157
Tablo 3.4: Atık su arıtma işlemine genel bakış ve bununla ilgili KOİ ve çamur çıktıları . 164
Tablo 3.5: 12 yapak yıkayıcıda işlem gören yapakların ortalama organik klor, organik fosfat ve sentetik piretroid biyosit içerikleri..... 166
Tablo 3.6: Atık su arıtma tesislerinin yapak yıkama atık sularından yün yağını, KOİ'nı, asılı partikülleri ve ektoparazitisitleri uzaklaştırma etkinliği 167
Tablo 3.7: Altı işletmeden gelen yağıltılı yapaktaki ve kanalizasyona boşaltılan yapak yıkama atık suyunda bulunan ve koyunlar için veteriner ilaçları artıkları 168
Tablo 3.8: Wooltech yıkama sisteminin tahmini proses girdi ve çıktıları 170
Tablo 3.9: Daha ziyade CV, PES, PAC veya CO elyafı terbiyesi yapan iki işletmenin atık sularının konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 172
Tablo 3.10: WO topsu/ipliği terbiyesi yapan dört işletmenin tüketim ve emisyon seviyeleri 173
Tablo 3.11: Daha ziyade CO ipliği terbiyesi yapan dört işletmenin konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 174
Tablo 3.12: Daha ziyade PES ipliği terbiyesi yapan sekiz işletmenin atık sularının konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 176
Tablo 3.13: WO/PAC/CV içeren ipliklerin terbiyesini yapan yedi işletmenin atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 177

Tablo 3.14: CV ipliklerinin reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanması boyunca boşaltılan ardışık flottelerin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (spektral absorpsiyon katsayısı, SAC) değerleri 179
Tablo 3.15: PES ipliklerinin dispers boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanması boyunca boşaltılan ardışık flottelerin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (spektral absorpsiyon katsayıları, SAC) değerleri..... 179
Tablo 3.16: CO ipliklerinin küp boyarmaddeleriyle çektirme yöntemine göre boyanması boyunca boşaltılan ardışık flottelerin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (spektral absorpsiyon katsayıları, SAC) değerleri..... 179
Tablo 3.17: Açık elyaf boyama işlemlerinde su ve enerji tüketim seviyeleri 180
Tablo 3.18: İplik boyama işlemlerinde su ve enerji tüketimi seviyeleri..... 181
Tablo 3.19: Daha ziyade pamuklu örme kumaş terbiyesi yapan onyedi işletmedeki atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 183
Tablo 3.20: Baskı dairesinin önemli olduğu ve ağırlıklı olarak CO'lu örme kumaş terbiyesi yapan 12 işletmedeki atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 185
Tablo 3.21: Daha ziyade sentetik lif içeren örme kumaş terbiyesi yapan işletmelerin atık suları için konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri..... 188
Tablo 3.22: Daha ziyade yünlü örme kumaş terbiyesi yapan bir işletmeye ait atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyaline özgü emisyon faktörleri..... 189
Tablo 3.23: Pamuklu örgü kumaşların kesintisiz ağartma/yıkama işlemleri için tipik bir reçete örneği..... 191
Tablo 3.24: Pamuklu örgü kumaşların kesintisiz ön terbiye prosesi (ağartma /yıkama) için kimyasal madde tüketimi ve buna ait KOİ değerleri..... 192
Tablo 3.25: Pamuklu örme kumaşların H_2O_2 ile ön (şeker kasar) ve tam ağartma atık flottelerinin ve durulama sularının KOİ, pH ve L verileri; durulama dahil tüm proses için özgül atık su tüketimi 30-50 l/kg'dır..... 193
Tablo 3.26: Pamuklu örme kumaşların $NaOCl/H_2O_2$ (F.O.=1:15) kombine ağartma atık flottelerinin ve durulama sularının KOİ, AOX, pH ve iletkenlik verileri- "ITV,1992"; toplam özgül atık su tüketimi (durulama dahil tüm proses için 30-50 l/kg) 193
Tablo 3.27: Pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanmasındaki tipik girdi faktörleri..... 194
Tablo 3.28: Pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre (açık tonda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri; F.O.=1:25; tüm proses için özgül su tüketimi: 142 l/kg (malın yüklenmesi sırasındaki ve boyama sonrası uygulanan direkt soğutmadaki su tüketimleri dahil) 194
Tablo 3.29: Pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre (koyu tonlarda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri; F.O.=1:8,2; tüm proses için özgül su tüketimi 71 l/kg 195
Tablo 3.30: Pamuklu örme kumaşların direkt boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre (açık tonda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri..... 195
Tablo 3.31: Pamuklu örme kumaşların kükürt boyarmaddeleriyle çektirme yöntemine göre (koyu tonda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri..... 195
Tablo 3.32: PES örme kumaşların dispers boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanması için tipik girdi ve hesaplanmış çıktı faktörleri 196
Tablo 3.33: Daha ziyade pamuklu dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmelerdeki atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri..... 201

Tablo 3.34: Daha ziyade CO dokuma kumaş terbiyesi yapan ve önemli büyüklükte baskı dairesine sahip işletmelerin atık suları için konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 203
Tablo 3.35: Daha ziyade yünlü dokuma kumaş terbiyesi yapan altı işletme için atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri 204
Tablo 3.36: Daha ziyade sentetik lif içeren dokuma kumaşların terbiyesini yapan altı işletme için atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri..... 206
Tablo 3.37: Beş tekstil terbiye işletmesinde yakma makinelerinin havaya emisyon verileri 208
Tablo 3.38: Ham veya iyi yıkanmamış kumaşların termofiksajları sırasındaki hava emisyonlarının muhtemel kaynakları 209
Tablo 3.39: Termofiksaj: prosese özgü emisyon faktörleri (ölçülmüş değerler) 212
Tablo 3.40: Haşıl sökme, hidrofilleştirme (bazik işlem flottesinin emdirilmesi, buharlama, yıkama, kurutma) ve ağartma (ağartma flottesinin emdirilmesi, buharlama, yıkama ve kurutma) adımlarından oluşan modern bir kesintisiz ön terbiye hattındaki özgül su, buhar ve kimyasal madde girdileri 215
Tablo 3.41: Baskıdan sonra yapılan kurutma ve fiksaj işlemlerine ait hava emisyon verileri (iki terbiye işletmesinde gerçekleştirilen ölçümler) 218
Tablo 3.42: Pamuklu dokuma kumaşların reaktif buruşmazlık bileşikleri ile bitim işlemi için standart reçete..... 219
Tablo 3.43: Buruşmazlık ve çekmezlik bitim işlemi için tipik bir reçete 219
Tablo 3.44: Hava emisyon faktörlerinin hesaplanmasına ait iki örnek..... 221
Tablo 3.45: Bitim işlemlerinden sonraki ısıl işlemler: prosese özgü emisyon verileri (ölçülmüş veriler) 224
Tablo 3.46: Carrier ile boyanmış tekstillerin kurutulmasından kaynaklanan hava emsiyon faktörleri 225
Tablo 3.47: Carrier ile boyanmış kumaşların kurutulması/fikse olması sırasındaki hava emisyonu seviyeleri 226
Tablo 3.48: Perkloretilen ile temizlenmiş kumaşların emisyon değerleri..... 227
Tablo 3.49: Kaplamalara ait hava emisyon verileri (ölçümler beş terbiye işletmesinde gerçekleştirilmiştir)..... 228
Tablo 3.50: Üç tane tipik açık elyaf boyahanesi için emisyon ve tüketim seviyelerine genel bakış..... 230
Tablo 3.51: Ham açık elyafta bulunan ve atık suyun KOİ yüklenmesinde payı olan bileşiklerin konsantrasyonları..... 231
Tablo 3.52: Altı referans işletmede yıkanan yapağıların yıllık ortalama pestisit içerikleri 233
Tablo 3.53: Dört tane tipik halı ipliği boyahanesi için emisyon ve tüketim seviyelerine genel bakış..... 234
Tablo 3.54: İplik boyamadaki pratik enerji gereksinimleri için literatür değerleri..... 235
Tablo 3.55: Ham liflerde bulunan ve atık su yüklenmesine katkıda bulunan bileşiklerin konsantrasyonu..... 236
Tablo 3.56: İki halı terbiye işletmesine ait atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil maddelerine özgü emisyon faktörleri 240
Tablo 3.57: İki tipik halı kaplama hattının (tekstil ve köpük kaplama) atık hava bileşimi üzerine genel bir bakış. Analizler GC/MS ile gerçekleştirilmişlerdir 242
Tablo 3.58: Halı kaplama hatlarından gelen özgül emisyon verileri için örnekler..... 245
Tablo 3.59: Tekstil endüstrisindeki ağır kokulu maddeler 246
Tablo 3.60: Bazı tekstil işlemlerindeki koku konsantrasyonlarına tipik örnekler (OU: Koku Birimi) 247
Tablo 3.61: Tekstil sanayiindeki katı ve sıvı atıklar..... 248
Tablo 4.1: Boyama ve baskı tekstil yardımcı maddelerinin listelenmesi için form..... 256
Tablo 4.2: Boyama ünitelerinin ısı yalıtımı için geri ödeme süreleri 266
Tablo 4.3: Emisyon faktörleri ve atık gazlardaki buna karşılık gelen organik-C konsantrasyonları..... 267

Tablo 4.4: Konvansiyonel haşıl maddesi yerine poliakrilat esaslı alternatif reçetenin uygulanması sonrası KOİ'nın azalması 275
Tablo 4.5: Konvansiyonel ve yüksek etkili/verimli haşıl maddeleri arasındaki karşılaştırma 276
Tablo 4.6: Clader nehrinin Dewsbury Sıvı Atık Arıtma Tesisinin (Birleşik Krallık) alt tarafında kalan kısmında ölçülen organik klor pestisit konsantrasyonları 281
Tablo 4.7: Almanya'da 1997'den 2000'e kadar satılan tekstil yardımcı maddeleri: TEGEWA'ya göre sınıf I, II, III'de yer alan tekstil yardımcı maddelerinin sayı, miktar ve yüzdeleri..... 285
Tablo 4.8. Piyasada bulunan kompleks oluşturucu maddelerin kalitatif değerlendirmesi . 293
Tablo 4.9: Kompleks oluşturucu maddelerin etkinliği 294
Tablo 4.10: Entegre kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kurulmasıyla sağlanan ekonomik faydaların tahminlenmesi..... 299
Tablo 4.11: N fabrikasındaki suya emisyonlar, 1982-1995: üretime özgü değerler 303
Tablo 4.12: N fabrikasında yakarak yok edicideki baca gazı emisyonları: konsantrasyonlar 303
Tablo 4.13: N fabrikasındaki katı atıklar, 1982-1995: üretime özgü değerler 304
Tablo 4.14: Son teknede optimum sıcaklıkta (65 ^{0}C) çalışarak elde edilen enerji tasarrufları 306
Tablo 4.15: Haşıl maddelerinin geri kazanılması durumunda sağlanan yıllık kazançlara tipik bir örnek..... 312
Tablo 4.16: Enzimatik hidrofilleştirme işlemi ile sağlanan çevresel yararlar. 317
Tablo 4.17: Çözgü ipliği hidrofilleştirme/ağartma işleminin optimizasyonu: İşlem optimizasyonu öncesindeki ve sonrasındaki toplam ve özgül su tüketimleri ve atık su boşaltımları 327
Tablo 4.18: Çözgü ipliği hidrofilleştirme/ağartma işleminin optimizasyonu: Optimize edilmiş işlem için reçete ve çalışma koşulları..... 328
Tablo 4.19: Sodyumditiyonit veya sülfinik asit esaslı indirgen maddelerin kullanıldığı tipik işlemlerden gelen karışık atık sulardaki kükürt ve sülfit konsantrasyonları ve yükleri 338
Tablo 4.20: Konvansiyonel ve enzimatik ard-sabunlama uygulanan işlem basamaklarının karşılaştırılması (çektirme yöntemiyle boyama)..... 346
Tablo 4.21: 1000 kg kumaşın orta tonda boyanması için gerekli olan tuz miktarları 352
Tablo 4.22: Merserize edilmiş % 100 pamuklu dimi kumaşa, 300 g/m, % 75 AF ile klasik pad-batch yönteminin ve tanıtılan yöntemin uygulanmasının karşılaştırılması . 358
Tablo 4.23: Yün için altı adet ticari reaktif boyarmaddenin ekolojik ve içerik bilgileri 366
Tablo 4.24: "Lanasol Boyaları" ile kullanılan 2 yardımcı kimyasal maddenin ekolojik ve içerik bilgileri..... 366
Tablo 4.25: Yün boyamacılığında kullanılan kromlama boyaları ve reaktif boyaların özelliklerinin karşılaştırmalı analizleri..... 367
Tablo 4.26: Krom boyalarından reaktif boyalara geçişle ilgili ekonomik hususların değerlendirilmesi..... 370
Tablo 4.27: Çektirme yöntemine göre boyama makinelerinin optimizasyonu ile ilgili çevresel faydalar 376
Tablo 4.28: Reaktif boyarmaddeler ile pamuk boyanması için konvansiyonel bir jette (1:8-1:12 F.O.) ve yukarıda açıklanan airflow makinesinde kullanılan spesifik girdilerin karşılaştırılmaları..... 382
Table 4.29: Pamukluların, konvansiyonel bir makinede, "yeni nesil" bir makinede (depolama tankları, pompalı doldurma&boşaltma seçenekleri ve kesintisiz durulama sistemlerine sahip) ve yukarıda anlatılan referans soft-flow makinesinde, reaktif boyarmaddelerle boyanmasına ait performansların karşılaştırılması 384
Tablo 4.30: Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle, klasik bir makinedeki (F.O. 1:10-1:12), "yeni jenerasyon bir makinedeki" (F.O. 1:8 ve en yeni zaman tasarrufu

sağlayıcı donanımlara sahip) ve yukarıda tanımlanan (F.O. 1:6) tek halat ile çalışan bir makinedeki boyanma performanslarının karşılaştırılması 386
Tablo 4.31: Pigment baskılarda uçucu organik karbon emisyonları 393
Tablo 4.32: Tekstiller için rotasyon baskı makinelerindeki konvansiyonel ve optimize edilmiş baskı patı besleme sistemlerinin hacimleri (kullanılan pat miktarı) 395
Tablo 4.33: Farklı kaplama derecelerinde, çeşitli metrajlardaki kumaş baskısı için gereken baskı patı miktarı 395
Tablo 4.34: Söz konusu baskı patı besleme sistemini kullanan tipik bir tekstil işletmesinde sağlanan tasarrufun hesabı (baskı patı değişim sayısı ve tasarım başına baskı patı sayısı, sanayideki uygulamalarda daha yüksek olabilir) 398
Tablo 4.35 : Farklı işlemler (tekstillerin kurutma ve termofiksaj işlemleri), farklı ısı geri-kazanım sistemleri (hava/su ve hava/hava) ve farklı vardiya sayıları için kendini geri ödeme süreleri 408
Tablo 4.36: En önemli çapraz-bağ oluşturucu maddelerin formaldehit açığa çıkarma potansiyellerine genel bir bakış 410
Tablo 4.37: Yapak boyamada oluşan gösterge emisyonlar 416
Tablo 4.38: Pamuklu, viskon veya bunların sentetik liflerle karışımlarını içeren dokuma kumaşların açık en terbiye işlemleri sırasındaki kontinü yıkama işlemleri için elde edilebilen özgül su tüketim değerleri 433
Tablo 4.39: Tüketim verileri: sulu sistem ve çözgen sistemi 439
Tablo 4.40: Bir saatlik maliyet rakamları: sulu sistem ve çözgen sistemi 439
Tablo 4.41: Altı arıtma tesisi için atık su (giren ve çıkan) parametrelerinin özellikleri 448
Tablo 4.42: Schiesser, D-Niederfrohna arıtma tesisindeki farklı su akımlarının (ortalama değerler) tipik özellikleri 452
Tablo 4.43: Emisyon değerlerinin ölçümleri: ısıl rejenerasyon tesisinden çıkan baca gazları için 452
Tablo 4.44: İlk defa kullanılan ve rejenere edilmiş linyit kok kömürünün elementel analiz sonuçları ..... .453
Tablo 4.45: Schiesser tesisinin sabit ve değişken giderleri; maliyetler, tasarlanan 2500 m^3/gün ve 600000 m^3/yıl'lık akış miktarına göre hesaplanmıştır 454
Tablo 4.46: Atık su arıtma teknikleri: Çevresel performans – kaba yapak 473
Tablo 4.47: Atık su arıtma teknikleri: Çevresel performans – ince yapak 473
Tablo 4.48: Birim maliyetler 475
Tablo 4.49: 3500 t/yıl kaba yapağı işleme kapasitesine sahip bir yapak yıkama tesisi için atık su arıtma seçeneklerinin maliyetleri 476
Tablo 4.50: 15000 t/yıl kaba yapağı işleme kapasitesine sahip bir yapak yıkama tesisi için atık su arıtma seçeneklerinin maliyetleri 477
Tablo 4.51: Üç farklı tipteki kap içerisinde gübreleştirme tesisinin, gübreleştirme ve olgunlaştırma süreleri ile yatırım ve işletme maliyetleri 480
Tablo 5.1: Kullanılacak lif ham maddelerinin seçimi için BAT 486
Tablo 6.1: Tekstil terbiyesi için enzimatik işlemler 499
Tablo 8.1: Üretim prosesi sırasında liflere ve ipliklere aplike edilen yardımcı maddelerin yüklerine genel bakış 526
Tablo 8.2: Tekstüre olmayan filament ipliklere (düz ipliklere) aplike edilen preparasyon maddesi miktarları 527
Tablo 8.3: Tekstüre filament ipliklere (tekstüre ipliklere) aplike edilen preparasyon maddesi miktarları 528
Tablo 8.4: Kesikli kimyasal liflere aplike edilen preparasyon maddesi miktarları 528
Tablo 8.5: Pamuk, viskon ve yüne uygulanan kondisyonlama maddeleri ve lubrikant miktarları 530
Tablo 8.6: Farklı tekstil maddelerine uygulanan haşıl maddesi miktarları 534
Tablo 8.7: En yaygın haşıl maddeleri için özgül KOİ ve $BOİ_5$ değerleri 535
Tablo 8.8: Deterjan/ıslatıcı olarak kullanılan tipik bileşikler 535
Tablo 8.9: Egaliz maddelerinde karşılaşılan tipik bileşikler 539
Tablo 9.1: Asit boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış 557
Tablo 9.2: Direkt boyaların ekolojik özelliklerine genel bakış 560

Tablo 9.3: Dispers boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış 562
Tablo 9.4: Metal-kompleks boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış 564
Tablo 9.5: Krom boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış 566
Tablo 9.6: Naftol boyalarının ekolojik özelliklerine bakış 569
Tablo 9.7: Selüloz lifleri için tipik çıpa sistemi örnekleri 570
Tablo 9.8: Yün ve poliamid lifleri için tipik çıpa sistemi örnekleri 571
Tablo 9.9: Reaktif boyaların ekolojik özelliklerine genel bakış 573
Tablo 9.10: Kükürt boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış 575
Tablo 9.11: Küp boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış 578

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: 1997'de 15 AB Üye Ülkesi'ndeki yağıltılı yapak yıkama miktarı tahminleri 5
Şekil 1.2: AB Tekstil Terbiye Üretimi 6
Şekil 1.3: 1999 yılında dünyadaki halı ve kilim üretimi 9
Şekil 1.4: Bazı AB Üyesi Ülkeler'deki halı üretimi ve tüketimi 10
Şekil 1.5: Avrupa'daki başlıca halı ve kilim üretici ülkelerin 1995 yılındaki halı ve kilim üretimleri ..... .10
Şekil 1.6: 1995 yılında Avrupa'daki toplam halı ve kilim üretimi 10
Şekil 1.7: Tipik bir terbiye işletmesinde yardımcı madde kullanımı ..... .12
Şekil 2.1: Tekstil sanayiindeki işlemlerin genel şeması 15
Şekil 2.2: Kesiksiz filament (düz ve tekstüre) ve kesikli elyaf üretimi için basitleştirilmiş işlem adımları 24
Şekil 2.3: Konvansiyonel yapak yıkama makinesi 25
Şekil 2.4: Yıkama hattı ile, bununla entegre atık işleme prosesini ve işletme içindeki atık su arıtma tesisini gösteren şematik diyagram 26
Şekil 2.5: Wooltech prosesinin basitleştirilmiş şeması 34
Şekil 2.6: Tafting halının enine kesiti 40
Şekil 2.7: Bir tafting tesisinin basitleştirilmiş gösterimi 40
Şekil 2.8: A: Düzgün ilmekli havlar; B: Velur ve bukle ilmek 41
Şekil 2.9: İğneleme yöntemiyle halı imalatı 41
Şekil 2.10: Dokuma halılar için üretim prosesinin gösterimi 42
Şekil 2.11: Dokuma kumaşlar için merserizasyon ekipman örneği 46
Şekil 2.12: Tüp haldeki örme kumaşlar için merserizasyon ekipman örneği 46
Şekil 2.13: Klasik bir karbonizasyon tesisi 53
Şekil 2.14: "Carbosol" sistemi 54
Şekil 2.15: Aşındırma baskının şematik gösterimi 97
Şekil 2.16: Rezerve baskının şematik gösterimi 98
Şekil 2.17: Otomatik rakle sistemli filmdruck baskı makinesi 99
Şekil 2.18: Filmdruck baskı makinesinin gösterimi 100
Şekil 2.19: "Çerçeve üzerine monte edilmiş hareketsiz şablonlu mekanize bir filmdruck baskı makinesi"nin gösterimi 100
Şekil 2.20: Rotasyon baskı prosesinin gösterimi 101
Şekil 2.21: Rotasyon baskı makinesinin gösterimi 102
Şekil 2.22: Rotasyon baskı makinesi için baskı patı besleme sistemi 103
Şekil 2.23: Rulo baskı makinesi 104
Şekil 2.24: Rulo baskı makinesinin daha güncel bir örneği 104
Şekil 2.25: Millitron sisteminin şematik gösterimi 105
Şekil 2.26: TAK sisteminin şematize gösterimi 106
Şekil 2.27: Hercosett işleminin şematik gösterimi 114
Şekil 2.28: Ön-kaplama yapılmış tafting halı 119
Şekil 2.29: Aktarma yöntemiyle ön-kaplama aplikasyonu 119
Şekil 2.30: Rakle bıçağı yardımıyla ön-kaplama aplikasyonu 119
Şekil 2.31: Köpük kaplama işlemi yapılan tafting halı 120
Şekil 2.32: SBR köpük kaplama işleminin gösterimi 120
Şekil 2.33: PU köpüğü ile kaplama 122
Şekil 2.34: Sırt laminasyonu 122
Şekil 2.35: Laminasyon zamkı ile sırt laminasyonu işlemi 122
Şekil 2.36: İkinci tabanın toz laminasyon (eriyen zamk) yöntemi kaplanması işlemi 123
Şekil 2.37: AdBac yöntemiyle üretilmiş halı 123
Şekil 2.38: Ağır kaplama işleminin gösterimi 124
Şekil 2.39: Çözgenle yıkama: çözgen devresinin gösterimi 126
Şekil 2.40: Çözgen yıkama: açık devreli bir yıkama makinesinde hava devresinin gösterimi 126

Şekil 2.41: Çözgen yıkama: kapalı devre bir yıkama makinesinde hava devresinin gösterimi 126
Şekil 2.42: Daha ziyade pamuk içeren örme kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası..... 134
Şekil 2.43: Daha ziyade sentetik liflerden oluşan örme kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası..... 135
Şekil 2.44: Daha ziyade pamuk içeren dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası 136
Şekil 2.45: Daha ziyade yün liflerinden oluşan dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası..... 137
Şekil 2.46: Yün ve yün karışımlı halı ipliklerinin üretimi için genel işlem akışı diyagramı 139
Şekil 2.47: Çile yıkama makinesinin şematik gösterimi 144
Şekil 2.48: Bobinden bobine iplik yıkama tesisinin şematik diyagramı 144
Şekil 3.1: Üretim hacmine karşın net özgül su tüketimi..... 158
Şekil 3.2: Kullanılan ve arıtma akıntısına boşaltılan deterjan oranı arasındaki ilişki 160
Şekil 3.3: 11 BK yapak yıkama işletmesinde enerji ve su tüketimi 161
Şekil 3.4: 11 BK yapak yıkama işletmesinde su tüketimine karşın enerji tüketiminin değişimi..... 161
Şekil 3.5: 11 BK yapak yıkama işletmesinde üretime karşın su tüketimi 162
Şekil 3.6: Şekil araştırılan işletmelerde yapak yıkama işlemlerine ve atık arıtma tesislerine gelen ve çıkan oranları göstermektedir 169
Şekil 3.7: Daha ziyade poliamid içeren örme kumaş terbiyesi yapan bir işletmedeki KOİ yükünün bileşim örneği..... 186
Şekil 3.8: Ağırlıklı olarak pamuklu dokuma kumaş terbiyesi yapan bir işletmenin KOİ yükünün bileşimi: kükürt, küp ve reaktif boyalarıyla yarı kesintisiz ve kesintisiz boyamalar yapılmaktadır. 198
Şekil 3.9: Viskon kumaşlar için terbiye işlemlerinin ısıl ve elektrik enerjisi tüketimlerinin analizi..... 199
Şekil 3.10: Viskon/PES kumaşların terbiye işlemlerinin ısıl ve elektrik enerjisi tüketimlerinin analizleri 200
Şekil 3.11: Ağırlıklı olarak poliamid içeren dokuma kumaş terbiyesi yapan bir işletmenin KOİ yükünün bileşimi..... 206
Şekil 3.12: Selüloz lifleri için, haşıl sökme (ilk iki ünite), hidrofilleştirme (hidrofilleştirme flottesiyle emdirme, buharlama, yıkama, kurutma) ve ağartma (ağartma flottesiyle emdirme, buharlama ve kurutma) adımlarından oluşan tipik bir kesintisiz ön terbiye hattı 214
Şekil 3.13: Atık sular: yaş işlemdeki OC, OP ve SP pestisitleri için lif dağlım katsayıları 238
Şekil 3.14: Yaş işlemdeki yün ve yün karışımlı halı liflerinin girdi ve indikatif çıktı aralıklarını gösteren diyagram..... 239
Şekil 4.1: İşletme seviyesinde yıllık giriş/çıkışlara bakış şeması..... 254
Şekil 4.2: Kimyasalların dağıtımında uygulanan otomatik sistem örneği..... 259
Şekil 4.3: 14 gün içinde % 80'den fazlası biyoelimine edilen 7 farklı haşıl maddesi kombinasyonunun modifiye Zahn-Wellens Testindeki biyoeliminasyon eğrileri 274
Şekil 4.4: 1996'dan 1999'a kadar Avustralya tulubu üzerindeki kalıntılar..... 284
Şekil 4.5: Yeni Zelanda yağıltılı yapağındaki ortalama pestisit kalıntıları, 1994-2000 284
Şekil 4.6: Bazı N-veya P-içeren kompleks oluşturucu maddelerin kimyasal yapıları 292
Şekil 4.7: Bazı N-ve P içermeyen kompleks oluşturucu maddelerin kimyasal yapıları..... 292
Şekil 4.8: İşletme N'deki atık su ve atık yönetim sisteminin şematik gösterimi..... 301
Şekil 4.9: Ultrafiltrasyon ile haşıl maddesinin geri kazanılması 309
Şekil 4.10: Haşıl maddeleri ve su için geri kazanımlı ve kazanımsız durumda kütle dengesi 310

Şekil 4.11: Hidrojenperoksit kullanılmasıyla hidroksil radikallerinin (OH') yakalanarak peroksit radikal iyonunun oluşması 323
Şekil 4.12: Çözelti saflaştırma işleminin takip ettiği buharlaştırma işlemiyle kostik geri kazanımının şeması 324
Şekil 4.13: Sıvı dispers boyaların klasik ve yeni sıvı formülasyonlarının biyolojik arıtmadan önceki ve sonraki kompozisyonları arasında karşılaştırma (y eksenindeki (%), ilgili dispergatörün formülasyondaki yüzdesini göstermektedir) 334
Şekil 4.14: Her ikisi de naftalinsülfonik asitle formaldehit kondenzasyon ürünü bazlı olan klasik ve modifiye edilmiş dispergatörlerin biyoeliminasyon hızlarının karşılaştırılması..... 335
Şekil 4.15: U-şeklinde tekne (A) ve merdaneler arasındaki boşluğa flotte konulan (B) boya flottesi aplikasyon sistemlerinin sunumu..... 343
Şekil 4.16: Hazır alkali çözeltileri için dozajlama eğrisi 348
Şekil 4.17: Polifonksiyonel boyarmaddelere iki örnek..... 350
Şekil 4.18: Emdirme-kurutma, emdirme-buharlama, pad-batch (soğuk bekletme), emdirme-kurutma-termofiksaj ve tanıtılan yöntemle 10 milyon metre için temel kimyasal madde tüketimleri..... 356
Şekil 4.19: Belirtilen yöntemle boyama işlemi sırasında kumaşın sıcaklık ve nemliliği... 357
Şekil 4.20: Yün için, bromakrilamid tipindeki tipik bir bifonksiyonel reaktif boyarmaddenin yapısı..... 365
Şekil 4.21: Yünün reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanma eğrisi..... 368
Şekil 4.22: Yapak ve taranmış tops boyanması: Konvansiyonel yöntem (nokta nokta) ile optimize edilmiş yöntemin (Lanaset TOP yönteminin) (düz çizgi) boyama eğrilerinin karşılaştırması 372
Şekil 4.23: Supraflor Halı Haspeli..... 378
Şekil 4.24: Airflow boyama makinesinde hava sirkülasyonunun ve flotte enjeksiyonunun gösterilişi 380
Şekil 4.25: Airflow boyama makinesinde kesintisiz durulama yapılırken valfin açık olduğu çalışma şeklinin gösterilişi..... 381
Şekil 4.26: Tek halat ile çalışan over-flow boyama makinesinin gösterimi 385
Şekil 4.27: Baskı patı besleme sisteminden sisteme konulan bir bilyenin geri pompalanmasıyla baskı patı geri kazanımı..... 397
Şekil 4.28 : Çapraz-bağ oluşturucu kimyasalların yapısı..... 409
Şekil 4.29: Kuru İplik Eğirme Yönteminde Güve-yemezlik İşlemi için İş Akışı..... 418
Şekil 4.30: Açık elyaf boyamalı-iplik yıkamalı üretimde güve-yemezlik işlemi için işlem haritası 423
Şekil 4.31: İplik boyamalı üretimde güve-yemezlik işlemi için işlem haritası..... 427
Şekil 4.32: Geleneksel bir çözgenle yıkama sisteminin genel şeması 435
Şekil 4.33: Modern bir çözgenle yıkama sisteminin genel şeması 435
Şekil 4.34: İşletme 1– tekstil atık suyunun ve belediye atık suyunun kombine arıtılması 442
Şekil 4.35: 2000 yılında İşletme 1'in nihai atık suyunda ölçülen günlük ortalama KOİ konsantrasyonları..... 442
Şekil 4.36: İşletme 2 – tekstil atık suyunun ve belediye atık suyunun kombine arıtılması 443
Şekil 4.37: 1999 yılında İşletme 2'nin nihai atık suyunda ölçülen günlük ortalama KOİ konsantrasyonları..... 444
Şekil 4.38: İşletme 3 – tekstil atık suyu ve belediye atık suyunun kombine arıtılması 444
Şekil 4.39: İşletme 4 – tekstil atık suyu ve belediye atık suyunun kombine arıtılması 445
Şekil 4.40: İşletme 5 – bir tekstil işletmesinden gelen atık suyun % 5 su geri dönüşümü ile arıtılması..... 446
Şekil 4.41: İşletme 6 – bir tekstil terbiye işletmesinden gelen atık suyun arıtılması..... 447
Şekil 4.42: Karma tekstil atık sularının, arıtılan atık suyun kısmi geri dönüşümü sağlanacak şekilde işletme içerisinde arıtılması..... 450
Şekil 4.43: Aktif çamur işleminden gelen çamur fazlasının ve flotasyondan gelen çamurun ısıl işlemi 451

Şekil 4.44: Seçilen ayrılmış atık su akımlarının bir seri membran tekniği (ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (RO)) kullanılarak arıtılması..... 458
Şekil 4.45: Pigment baskı patı hazırlama mutfağından gelen atık suyun arıtıldığı ve geri dönüştürüldüğü tesisin şeması (yıkama kulelerinden gelen su da aynı tesiste arıtılmaktadır)..... 462
Şekil 4.46: Bazı yüksek konsantrasyondaki ayrılmış atık su akımlarının O_2/H_2O_2 ile katalitik oksidasyon yoluyla arıtılması için kullanılan reaktörün şeması..... 466
Şekil 4.47: Birleşik Krallık'ta en son kurulan gübreleştirme tesislerinin yatırım maliyetleri 480
Şekil 9.1: Asit boyalarına örnekler..... 555
Şekil 9.2: Tipik bazik boya örnekleri 558
Şekil 9.3: Tipik direkt boya örnekleri..... 560
Şekil 9.4: 1.1 metal-kompleks boyaları için tipik molekül strüktürü örnekleri..... 563
Şekil 9.5: 1.2 metal-kompleks boyaları için tipik bir molekül strüktürü..... 563
Şekil 9.6: Yün ve krom boyaları arasındaki olası iyonik ve koordinasyon bağlarının gösterimi..... 565
Şekil 9.7: Naftol boyaları için tipik kenetleme komponenti örnekleri 567
Şekil 9.8: Naftol boyaları için tipik inkişaf yardımcı maddelerine (has boya bazelerine) örnekler.. 568
Şekil 9.9: Tipik has boya (hazır diazonyum) tuzlarına örnekler 568
Şekil 9.10: Reactive Black 5 570
Şekil 9.11: Tipik küp boya örnekleri..... 576
Şekil 10.1: Konik kazan açık elyaf boyama makinesinin şematik görünümü..... 580
Şekil 10.2: Hussong tipi çile boyama makinesinin şematik diyagramı..... 581
Şekil 10.3: Bobin boyama makinesinin şematik görünümü..... 582
Şekil 10.4: Haspel boyama makinesinin şematik gösterimi..... 583
Şekil 10.5: Jet boyama makinesinin şematik gösterimi..... 584
Şekil 10.6: Overflow boyama makinesinin şematik gösterimi..... 585
Şekil 10.7: Jet boyama makinesinin şematik gösterimi..... 586
Şekil 10.8: Örgü kumaşlar için halat halinde kesintisiz işlem örneği..... 587
Şekil 10.9: Kumaş levendi boyama makinesinin şematik gösterimi..... 587
Şekil 10.10: Jiggerin şematik gösterimi 588
Şekil 10.11: Fulard tipleri..... 589
Şekil 10.12: En önemli boya/apre aplikatörlerinden birkaçının gösterimi..... 590
Şekil 10.13: Bir pad-batch tesisinin şematik gösterimi..... 591
Şekil 10.14: Küp boyalarla boyama için bir emdirme-buharlama tesisinin (yaş buhar) şematik gösterimi..... 592

KAPSAM

Bu doküman, Direktif 96/61/EC'nin Ek 1 kısmı Bölüm 6.2'de belirtilen endüstriyel aktiviteleri, yani,

"Liflerin veya tekstil ürünlerinin ön terbiyesinin (yıkama, ağartma, merserizasyon gibi işlemlerin) veya boyanmasının yapıldığı ve 10 ton/gün'den daha yüksek kapasiteye sahip işletmeleri"

kapsamaktadır.

Aşağıdaki proseslerin üzerinde önemle durulmaktadır:

- liflerin hazırlanması
- ön terbiye
- boyama
- baskı
- bitim işlemleri.

Takip eden yaş işlemlerin çevresel etkilerini önemli ölçüde etkileyebilen daha önceki işlemlere de kısaca değinilmiştir.

Halıların taban kaplaması da, halı üretiminin bir parçası olduğu ve çevreye zarar verme potansiyeli bulunduğundan dolayı, bu dokümana dahil edilmiştir.

Tüm temel lif tipleri, yani doğal lifler, viskon ve selülozasetat gibi doğal polimerlerden elde edilen rejenere lifler ve sentetik polimerlerden elde edilen sentetik lifler ve bunların karışımları tanımlanmıştır.

TEŞEKKÜR

2002 yılı sonlarında Technologies for Sustainable Development – European IPPC Bureau (Sürdürülebilir Gelişme İçin Teknolojiler – Avrupa Entegre Kirlilik Koruma ve Kontrol Bürosu) tarafından hazırlanan "Tekstil Sanayii için En Uygun Teknikler (BAT) Referans Dokümanı", başta tekstil terbiyesi (ön terbiye, boya, baskı, bitim işlemleri), yapak yıkama ve halı sanayii olmak üzere tüm tekstil sanayiinde uygulanan işlemleri, çevre (su, hava, toprak, enerji) kirlenmesi ve sağlık açısından değerlendirerek, hangi kimyasal madde ve boyarmaddelerin nasıl kullanılıp kullanılmayacağını belirtmekte; havaya ve suya emisyonların azaltılması ile su arıtma yöntem ve tesisleri hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir. Dokümanın sonunda "tekstil yardımcı maddeleri", "boyalar ve pigmentler", "tekstil terbiye makineleri" ve "tipik terbiye reçeteleri" hakkında ekler bulunmaktadır.

Avrupa Birliği'nde yeni işletmeler kurulurken veya yeni makineler devreye sokulurken alınması gerekli ruhsatlar için uyulması şart olan En Uygun Teknikler, 2007 yılından itibaren üretim kapasitesi 10 t/gün'ün üzerinde olan eski işletmeler için de bağlayıcı olacaktır. AB ile entegrasyon çalışmalarının başlanılmış olduğu ve Türk Tekstil Sanayii'nin en büyük müşterisini AB ülkelerinin oluşturduğu gerçekleri göz önüne alındığında, bu Doküman'ın Türk Tekstil Sanayii için hemen doğrudan bağlayıcı olmasa da, dolaylı olarak aynı rolü oynayacağı açıktır. İşte bu nedenle, Türk Tekstil Sanayii'ni şimdiden bilgilendirmek ve yönlendirmek için, Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği bu Doküman'ı tercüme ettirerek, tüm terbiye sanayicileri ile ilgili üniversite ve okullara dağıtmaya karar vermiştir.

Doküman tercümesinin profesyonel tercümanlar yerine, konunun uzmanı üniversite öğretim elemanlarınca yapılmasının daha doğru olacağına karar verilerek, bu görev Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü tekstil kimyası ve terbiyesi araştırma görevlileri ile TÜBİTAK Tekstil Araştırma Merkezi uzman ve uzman yardımcılarından oluşan bir ekibe verilmiştir.

Bu eserin Türk Tekstil Sanayii'ne kazandırılmasının her aşamasında çok değerli katkıları olan Sn. Prof. Dr. Işık TARAKÇIOĞLU'na teşekkür etmeyi bir borç telakki ediyoruz. Ayrıca bu eserin tercümesinde ve redaksiyonunda emeği geçen herkesin ve eserin baskıya hazır hale gelmesindeki son çalışmaları yapan Uzman yardımcıları H. Diren MECİT, Ahmet ÇAY ve Duygu ÖZDEMİR'e ve kitabın basımını büyük bir titizlikle ve seri şekilde gerçekleştiren Sn. Olcay SÜTÜVEN'e de teşekkür ederiz. Ayrıca bu eserin basımında değerli katkıları nedeniyle en başta TÜRKİYE TEKSTİL SANAYİİ İŞVERENLERİ SENDİKASI VE TÜRK TEKSTİL VAKFI'na ve esere reklam ile veya reklam vermeden katkıda bulunan kuruluşlara da teşekkürlerimizi sunarız.

Lütfü PAKER
Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri
Derneği
Yönetim Kurulu Başkanı

1 GENEL BİLGİLER

Tercüme eden: Teks. Müh. Cem Karaboğa (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi)

Tekstil sanayii, imalat sanayiinin en uzun ve en komplike üretim zincirlerinden birini oluşturmaktadır. Tekstil sanayii genelde küçük ve orta ölçekli işletmelerin hakim olduğu parçalanmış ve heterojen bir yapıya sahiptir ve üç nihai kullanım tarafından yönlendirilmektedir: giysilikler, ev tekstilleri ve endüstriyel tekstiller.

Tekstil (ve konfeksiyon) sanayiinin Avrupa ekonomisi içindeki önemi Tablo 1.1'de gösterilmiştir. Tablodaki rakamlar, 2000 yılı için toplam imalat şirketleri sayısının sadece bir kısmını kapsamaktadır (örneğin, yalnızca 20'den fazla işçi çalıştıran işletmeleri kapsamaktadır).

Görüldüğü gibi tekstil sanayii:
- AB'deki imalatın % 3,4'ünü
- Katma değerin % 3,8'ini
- Sanayi istihdamının da % 6,9'unu oluşturmaktadır.

2000	**Satış** Milyar Euro	**Katma değer** f.m.'de Milyar Euro	**İstihdam** Milyon	**Satış** %	**Katma değer** %	**İstihdam** %
Tekstil	100,5	31,2	0,89	2,1	2,4	3,8
Konfeksiyon	61,5	18,2	0,73	1,3	1,4	3,1
Toplam Tekstil ve Konf.	162	49,4	1,62	3,4	3,8	6,9
Toplam İmalat	4756,8	1308,0	23,62	100	100	100
f.m.: faktör maliyetleri Kaynak : [315, EURATEX, 2002]						

Tablo 1.1: AB'nin 15 ülkesindeki tekstil ve konfeksiyon sanayiinin, imalat sanayii içerisindeki yeri (yalnızca 20 ve daha fazla işçi çalıştıran işletmeleri kapsamaktadır)

Gerçekte, 2000 yılında AB tekstil ve konfeksiyon sanayii, 2,2 milyon çalışanıyla 114000 işletmede 198 milyar Euro'luk bir ciro rakamına ulaşmıştır.

Tekstil sanayii tüm Avrupa'ya yayılmış olmakla beraber, temelde birkaç AB ülkesinde yoğunlaşmıştır. İtalya büyük bir farkla Avrupalı üreticilere liderlik etmekte olup, onu sırasıyla Almanya, İngiltere, Fransa ve İspanya izlemektedir. Bu beş ülke AB tekstil ve konfeksiyon sanayiinin % 80'inden fazlasını oluşturmaktadır [113, EURATEX, 1997].

	2000 yılında Tekstil %'si	2000 yılında Konfeksiyon %'si	2000 yılında Tekstil & Konfeksiyon %'si
Almanya	14,4	13,1	13,8
Fransa	13,1	13,0	12,9
İtalya	29,7	30,8	30,1
Hollanda	2,0	0,8	1,5
Belçika	5,6	2,2	4,2
Birleşik Krallık	12,5	14,3	13,4
İrlanda	0,7	0,5	0,6
Danimarka	1,0	1,1	1,1
İspanya	8,4	11,4	9,6
Yunanistan	2,1	2,5	2,3
Portekiz	6,1	7,9	6,9
Avusturya	2,8	1,2	2,1
Finlandiya	0,8	1,0	0,9
İsveç	0,8	0,2	0,6
Lüksemburg	0	0	0
AB-15	100	100	100
Kaynak: [315, EURATEX, 2002]			

Tablo 1.2: AB'nin 15 ülkesindeki tekstil ve konfeksiyon sanayiinin analizi (2000 yılı)

Tekstil ve konfeksiyon zinciri, ham maddelerden (sentetik lifler) yarı işlenmiş mamullere (iplik, dokuma ve örme kumaş ve bunların terbiye işlemleri) ve bunlardan da nihai/tüketici ürünlerine (giysilikler, ev tekstilleri, halılar ve endüstriyel tekstiller) kadar olan tüm üretim halkalarını içeren birçok alt sektörden oluşmaktadır.

Sektörün kompleks yapısı, farklı aktiviteler için kesin çizgilerle ayrılmış bir sınıflandırma yapılmasını zorlaştırmaktadır. Eski sınıflandırma sistemine (eski NACE 1995) göre tekstil endüstrisi aktiviteleri halâ şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- kimyasal lif sanayii
- yün
- pamuk
- ipek
- keten/jüt
- örme
- terbiye işlemleri
- halılar
- diğer tekstiller
- ev tekstilleri.

Yeni sınıflandırma sisteminde ise (NACE 1997) şu kategoriler tanımlanmaktadır:

- iplik ve ip
- dokuma kumaş
- tekstil terbiye işlemleri
- ev tekstilleri
- endüstriyel & diğer tekstiller (halı ve yapak yıkamayı da kapsamaktadır)
- örme kumaşlar & eşyalar.

Eski sınıflandırma, tekstil sanayii aktivitelerinin işlenen lifin cinsine göre alt gruplara ayrıldığı tarihsel gelişimi yansıtmaktadır. Mevcut ilk liflerin, sadece yün ve pamuğun ağırlıkta olduğu doğal liflerden oluşması, bu iki ana sektörün yani pamuklu ve yünlü sektörünün, gelişmesine yol açmıştır. Bu iki lifin farklı fizikokimyasal özelliklere sahip

olması nedeniyle, farklı makine parkları ve teknikler geliştirilmiştir. Günümüzde ise sentetik liflerin üretimindeki artış ile, bu iki geleneksel sektör mevcut bütün lifleri işlemektedirler ve tekstil aktivitelerini lifleri baz alarak sınıflandırmak artık pratik olmaktan çıkmıştır.

Bu dokümanın kapsamına göre tekstil sanayiindeki bu aktiviteler yaş işlemleri de içerecek şekilde sınıflandırılmıştır. Yani yeni NACE sınıflandırmasına giren başlıca aktiviteler şunlardır:

- tekstil terbiye işlemleri
- endüstriyel ve diğer tekstiller (halılar ve yün yıkama dahil)
- ev tekstilleri.

Her ne kadar içerdiği birçok işlem diğer tekstil terbiyesi işlemlerine çok benzese de halı imalatı özel ihtisaslaşmış yapısından dolayı, her zaman ayrı bir sektör olarak değerlendirilmiştir. Nihai ürünün referans noktası olarak alındığı tek sektör olmasından dolayı, bu dokümanda da bu gelenek sürdürülmektedir.

Aşağıda, yapak yıkama işlemleri, tekstil terbiye işlemleri (yer kaplamaları hariç) ve halıların alt sektörleri hakkında bazı genel bilgiler verilmektedir.

1.1 Yapak yıkama sektörü

1.1.1 Sektörün organizasyonu

Yün, iki sistem yoluyla iplik haline getirilmektedir: ştrayhgarn ve kamgarn. Yapak yıkayıcılar, bu sistemlerden birine uygun yapaklar üzerinde yoğunlaşma eğilimindedirler. Ştrayhgarn sistemi için yapak yıkayıcılar, bazıları müşteriye yollamadan karıştırma işlemini yapsa da, normalde sadece yapak yıkamaktadırlar. Kamgarn sistemi için yapak yıkayıcıları (taramacılar olarak da isimlendirilirler) ise, yapak yıkama, taraklama ve tarama işlemlerini yapmaktadırlar ve bunların ürünleri tops olarak isimlendirilmektedir.

Avrupa'da önemli miktardaki yapak pösteki tüccarları tarafından kesilen hayvanların derilerinden elde edilmektedir. Pösteki tüccarları normalde elde ettikleri yapağıyı, bunu fason olarak yıkattıran tüccarlara satmaktadırlar. Fransa'da ürettikleri yapağının yıkanmasını da yapan birçok pösteki tüccarı da vardır.

Batı Avrupa'da yapak yıkama ve tarama işlemleri büyük ölçüde fason olarak yapılmaktadır. Bu uygulamanın az sayıda istisnası da vardır. Örneğin Birleşik Krallık'ta üç halı imalatçısının kendi yapak yıkama tesisleri bulunmaktadir.

1.1.2 Üretim ve ekonomiklik

Tablo 1.3 çeşitli üye ülkelerde üretilen ve yıkanan yapağı miktarlarını ve mevcut yapağı yıkama tesislerinin sayısını göstermektedir.

Ülke	Yağıltılı yünün yerel üretimi	Kamgarn prosesi için yapak yıkama (temiz yün ağırlığı)	Ştrayhgarn prosesi için yapak yıkama (temiz yün ağırlığı)	Toplam yıkanmış yapağı (temiz yün ağırlığı)	Toplam yıkanmış yapağı (yaklaşık yağıltılı yün eşdeğeri) (c)	Yıkama tesislerinin tahmini sayısı
Avusturya	(a)	0	0	0	0	0
Belçika	(a)	1,8	2,0	3,8	5,4	1
Danimarka	(a)	0	0	0	0	0
Finlandiya	(a)	0	0	0	0	0
Fransa	20	56,3	9,1	65,4	93,4	s.s.
Almanya	13	34,2	9,2	43,4	62,0	1(d)
Yunanistan	9	0	0	0	0	0
İrlanda	25	0	0	0	0	0
İtalya	11	73,6	2,4	76,0	108,6	8-9
Lüksemburg	(a)	0	0	0	0	0
Hollanda	(a)	0	0	0	0	0
Portekiz	9	3,3	2,0	5,3	7,6	2
İspanya	36	13,5	12,7	26,2	37,4	s.s.
İsveç	(a)	0	0	0	0	0
Birleşik Krallık	65	29,1	50,4	79,6	113,7	13
Diğer Batı Avrupa	10(b)	0	0	0	0	0
TOPLAM	198	211,8	87,8	299,7	428,1	>25

Kaynak: [187, INTERLAINE,1999]

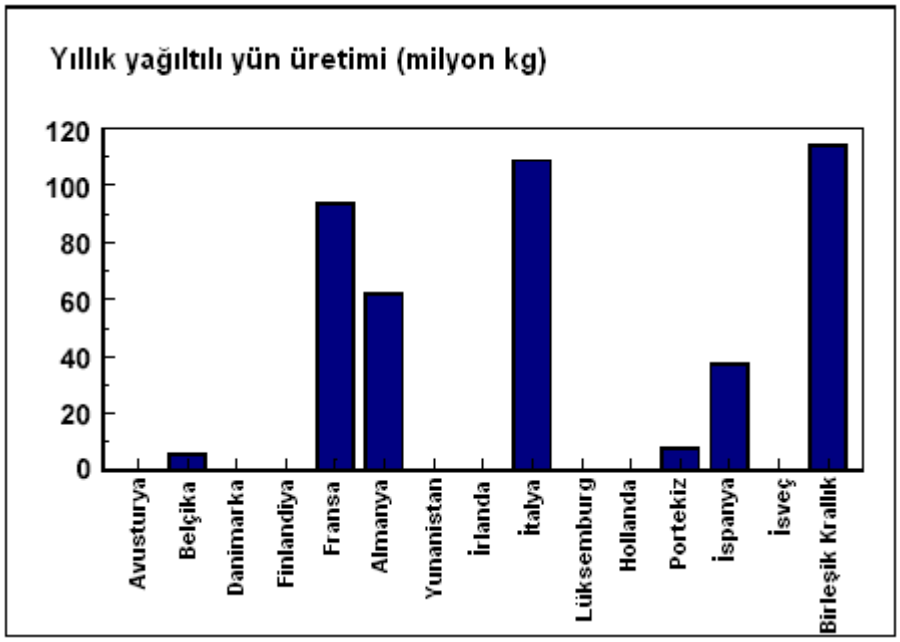
Notlar:
Ünite: '000 ton/yıl
(a) Diğer Batı Avrupa içerisinde yer almıştır.
(b) Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Norveç, İsveç ve İsviçre.
(c) Ortalama mahsulün % 70'i varsayılarak.
(d) Almanya'daki ikinci bir yıkama/tarama ünitesinin işlemsel olduğuna inanılmamaktadır.

Tablo 1.3: AB Üye Ülkeleri'ndeki yapağı üretimi ve yapağı yıkama üretimi [187, INTERLAINE,1999]

Bu verilerden de görülebileceği gibi, AB yapak yıkama aktivitelerinin % 90'ı Fransa, Almanya, İtalya, ve Birleşik Krallık ülkelerinde toplanırken, 8 AB Üye Ülkesi'nde hiç yapak yıkama tesisi yoktur.

Birleşik Krallık, İtalya'dan çok az daha büyük olmakla beraber, Avrupa'nın en büyük yapak yıkama ve tarama sanayiine sahiptir. Birleşik Krallık'ta yıkanan yapağıların 2/3'ünü ştrayhgarn halı ipliği eğrilmesi için uygun yünler oluşturur.

Şekil 1.1'de 15 AB Üye Ülkesi'nde, yağıltılı yapak ağırlığına göre yıkanan yün miktarları gösterilmiştir. Yapak yıkayıcılar üretimlerini göstermek için genellikle bu birimi kullanmaktadırlar.



Şekil 1.1:1997'de 15 AB Üye Ülkesi'ndeki yağıltılı yapak yıkama miktarı tahminleri [187, INTERLAINE, 1999]

1993'ten 1997'ye kadar geçen sürede AB Üye Ülkeleri'ndeki toplam üretim, 1993'te 326 milyon kg'dan (yıkanmış yapağı), 1997'de 300 milyon kg'a (yıkanmış yapağı) yaklaşık % 10 azalmıştır. Bu genel düşüş trendi içinde Kuzey Avrupa'da (Belçika, Fransa, Almanya, ve Birleşik Krallık) daha büyük düşüşler gözlenirken, İtalya ve İspanya'nın üretimlerinde ise artış görülmüştür. Her ne kadar Avrupa yapak yıkama sektöründeki toplam düşüş oldukça yavaş olsa da sektörde önemli yapısal değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişikliklerin arkasındaki itici güçler, sanayinin rekabete dayalı yapısı, maliyetler ve gittikçe sertleşen çevresel yasalara uyumdaki teknik zorluklardır. Birçok büyük ve küçük yapak yıkama tesisi, ticari ve ekonomik var olabilme sınırlarının dışına çıkmaya zorlanarak bu işi bırakmak zorunda kalmışlardır. Birçok durumda bunların pazar payları rakipleri tarafından alınmış ve böylece sektörde şimdi büyük miktarlardaki yünü işleyen daha az sayıda şirket kalmıştır. Bu birleşme eğilimi özellikle, yıkama sanayii ticaretinin büyük bir kısmını oluşturan Birleşik Krallık ve İrlanda yünlerini işleyen, Birleşik Krallık için söz konusudur. Britanya ve İrlanda'nın 90.000 ton tutan yapağı üretiminin % 80'i[1] Birleşik Krallık'ta yıkanmakta ve bunun diğer ülkelerdeki rakiplere kayması mümkün görünmemektedir [187, INTERLAINE, 1999].

1.2 Tekstil terbiye işlemleri sektörü (yer kaplamaları hariç)

Aşağıdaki bilgiler [278, EURATEX, 2002]'den alınmıştır.

1.2.1 Sektörün Organizasyonu

Tekstil terbiye işlemlerinin esası, kumaşa müşterilerin istediği görsel, fiziksel ve estetik özellikleri kazandırmaktır. İçerdiği temel prosesler ise, ağartma, boyama (iplik, kumaş ve hazır giyim ürünlerinde), baskı, kaplama/emdirme ve çeşitli fonksiyonel bitim işlemi maddelerinin aplikasyonudur.

[1] 1997 yılında Birleşik Krallık'taki yapak yıkayıcılara ENco tarafından uygulanan bir anket, bunların bir önceki yılda 71 milyon kg (yağıltılı) Britanya ve İrlanda yünü işlediğini göstermiştir.

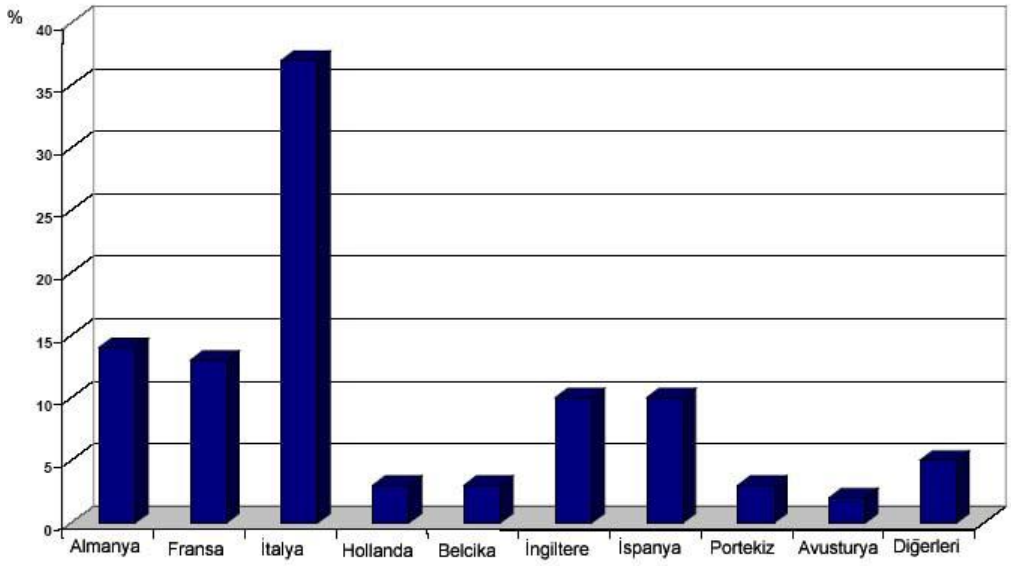
Birçok durumda tekstil terbiye işlemi, nihai ürüne özel şeklini veren bir imalat işlemi ile kombine edilmektedir. Temel ürün kategorileri: giysilik tekstiller, mefruşat tekstilleri (Bölüm 1.3'te anlatılan döşemelik kumaşlar, perdeler ve halılar), ev tekstilleri (yatak/banyo ve masa örtüleri) ve teknik tekstilleri (otomotiv kumaşları, jeotekstiller ve tıbbi tekstiller) kapsamaktadır.

Tekstil terbiye sektöründeki işletmelerin çoğu bir çeşit proses üzerinde uzmanlaşmakla beraber, çeşitli üretim proseslerini uygulayabilen işletmeler de bulunmaktadır. Başlıca işletme tipleri aşağıdaki gibi ayrılabilmektedir:

- fason veya tüccar iplik boyama işletmeleri
- fason veya tüccar kumaş boyama işletmeleri
- fason veya tüccar baskı işletmeleri
- terbiye işlemleri ile birlikte iplik ve/veya dokuma işlemlerinin de yapıldığı entegre işletmeler.

1.2.2 Üretim ve ekonomiklik

117000'den fazla çalışana sahip AB tekstil terbiye sanayiinin 2000 yılı toplam cirosu, yaklaşık 11000 milyon Euro'dur. AB tekstil terbiye işletmelerinin çoğunluğunu küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) oluşturmaktadır. Çeşitli AB Üye Ülkeleri Tekstil Terbiye Sanayilerinin sahip oldukları pay, Şekil 1.2'de gösterilmektedir.



Şekil 1.2: AB Tekstil Terbiye Üretimi
[278, EURATEX, 2002]

Tekstil terbiye işlemlerinde kullanılan başlıca lif tiplerinin payları ise şöyledir [315, EURATEX, 2002]:

- pamuk	45
- yün	8
- poliester	14
- ipek	2
- viskoz	12
- akrilik	4
- diğerleri	15
Toplam	**% 100**

Elde edilen işlenmiş ürünlerin kategorilerine göre yüzde payları da şöyledir:

- giysilik tekstiller	45
- ev tekstilleri	20
- mefruşat tekstilleri	10
- teknik tekstiller	18
- diğerleri	7
Toplam	**% 100**

1.3 Halı

1.3.1 Sektörün organizasyonu

Bu iyi entegre olmuş sektördeki güçlü uzmanlaşma daha önce belirtilmişti. Halı imalatı, halı ipliği eğrilmesi ve bunlarla ilgili boyama sanayii, önemli varyasyonlar göstermekle beraber, belirli temel alt sektörlere ayrılabilmektedir. Uygulanan işlemler ve tekniklerin birçoğu lif tipine özgü olmadıklarından bütün alt sektörler % 100 sentetik lif, % 100 doğal lif ve/veya bunların karışım kombinasyonlarını işleyebilmektedirler.

Tablo 1.4'te görüldüğü gibi, normalde yaş proseslerin uygulandığı beş farklı temel işletme kategorisi bulunmaktadır (tabloda italik olarak gösterilenler):

- fason açık elyaf boyahaneleri
- fason iplik boyahaneleri
- boyama proseslerine ek olarak açık elyafın ipliğe dönüştürülme işlemlerinin de gerçekleştirildiği ve son ürün olarak işlenmiş ipliğin satıldığı entegre iplik imalatı işletmeleri
- fason parça boyama işletmeleri
- doğal ve sentetik liflerin işlenmiş halıya dönüşümünde gerekli tüm mekanik prosesler ile boyama ve terbiye işlemlerini uygulayan entegre halı imalat işletmeleri.

Alt-Sektörler	Temel Karakteristikler ve Başlıca Yaş işlemler (italik olanlar)	Nihai Ürün
Fason Açık Elyaf İşleme	• *Açık elyaf boyama*	İplik imalatı için boyanmış açık elyaf
Fason İplik işleme	• *İplik hidrofilleştirme ve kimyasal terbiye işlemleri* • *İplik boyama*	Halı imalatı için renkli ve ekru iplik
İplik İmalatı	Ham madde (lif) satın alınması veya işletmede üretimi İplik haline dönüştürme • *Boyama/yaş işlemler fason olarak yaptırılıyor* Terbiye edilmiş ipliğin pazarlanması	Halı imalatı için renkli ve ekru iplik
Entegre İplik İmalatı (farklı işletmelerde olabilir)	Ham madde (lif) satın alınması veya işletmede üretimi • *Açık elyaf boyama* İplik haline dönüşme • *İplik hidrofilleştirme ve kimyasal terbiye işlemleri* • *İplik boyama ve kimyasal terbiye işlemleri* • *İplik fiksajı* Terbiye edilmiş ipliğin pazarlanması	Halı imalatı için renkli ve ekru iplik
Fason Tafting, Dokuma ve Taban kaplama	İpliğin halı haline dönüştürülmesi • Kaplama ve kimyasal terbiye işlemleri	Terbiye edilmiş halı
Fason Parça Boyama	• *Boyama ve/veya baskı* • Kaplama ve mekaniksel terbiye işlemleri • *Kimyasal terbiye işlemleri*	Terbiye edilmiş halı
Halı İmalatı	Boyanmış ve terbiye edilmiş iplik satın alınması Halı haline dönüştürme • Köpük uygulanan kimyasal işlemler • Kaplama ve mekaniksel terbiye işlemleri Terbiye edilmiş halının pazarlanması	Siparişle ve toptan halı satışı
Entegre halı imalatı (çeşitli yerlerde olabilir) Not(1) Yapak yıkama grup içerisinde veya fason olarak yaptırılabilir	Ham madde (lif) satın alınması/imalatı • *Yapak yıkama (1)* • *Açık elyaf boyama* İplik haline dönüştürme • *İplik hidrofilleştirme ve kimyasal terbiye işlemleri* • *İplik boyama ve kimyasal terbiye işlemleri* • *İplik fiksajı* Halı haline dönüştürme • *Parça halı renklendirilmesi* • Köpük uygulanan kimyasal işlemler • Taban kaplama ve mekaniksel terbiye işlemleri Terbiye edilmiş halının pazarlanması	Siparişle ve toptan halı satışı

Tablo 1.4: Halı imalat sanayiinin temel yapısı
[32, ENco, 2001]

Tablo 1.5'te AB içindeki işletmelerin yerleri gösterilmiştir. Bazı işletmelerin büyük bir grubun parçası olabildiklerine ve aynı organizasyon içindeki diğer üyelere servis sağlayabildiklerine dikkat edilmelidir. Benzer şekilde, eğer üretim programları gerektiriyorsa, bir iplik eğirme fabrikası kendi boyama imkanları ile fason boyamacı olarak çalışabilmekte ve eğer boş kapasiteleri varsa diğer işletmeler için fason çalışma yapabilmektedirler.

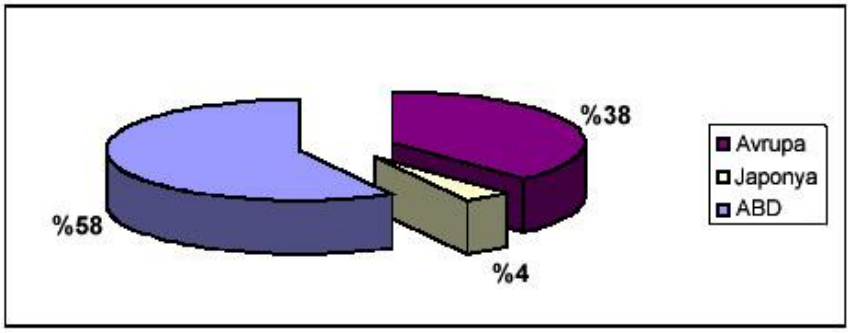
Ülke	Halı [a] İmalatçıları	İplik [b] Eğiricileri	Fason [c] Boyacılar
Avusturya	4		
Belçika	64	12	9
Danimarka	12	2	
Finlandiya	4	1	1
Fransa	16	1	1
Almanya	38	4	2
Yunanistan	2		
İrlanda	4	1	
İtalya	9	1	
Hollanda	34	1	3
Portekiz	2	1	
İspanya	3		
İsveç	2		
Birleşik Krallık	87	30	9
Lüksemburg			

Kaynaklar:
[a] International Carpet Yearbook 2000- bütün lifleri ve ürün tiplerini içerir
[b] International Carpet Yearbook 2000 & Wools of New Zeland- boyahanelerle birlikte eğiricileri de kapsar
[c] ENco and Wools of New Zeland-bütün lifleri kapsar

Tablo 1.5: AB içindeki sektör yerleşimi ve ticari işletmelerin sayısı
[32, ENco, 2001]

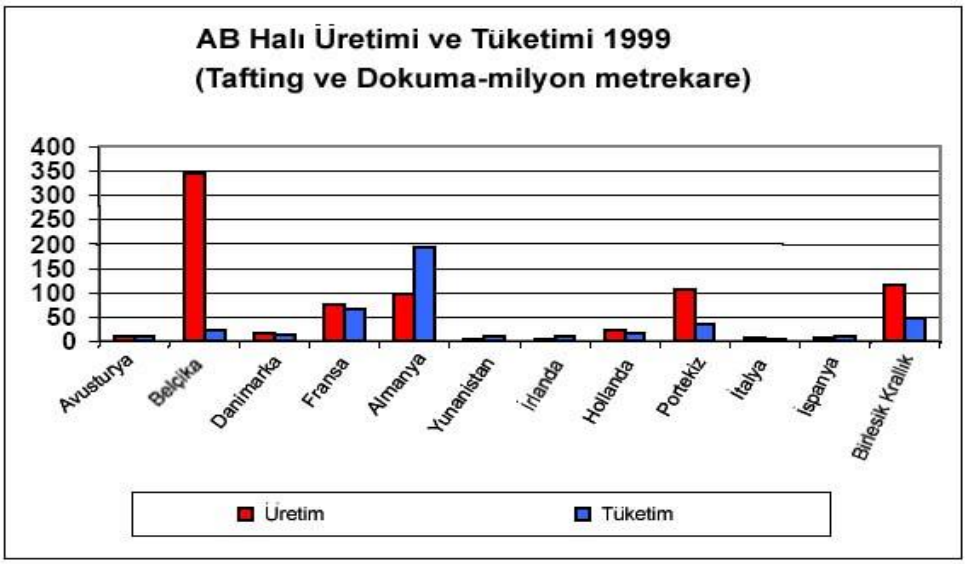
1.3.2 Üretim ve ekonomiklik

Şekil 1.3'te gösterildiği gibi, Avrupa halı sanayii dünya üretiminin % 38'lik bir kısmını oluşturmaktadır (% 58'lik kısmını oluşturan ABD'den sonra).



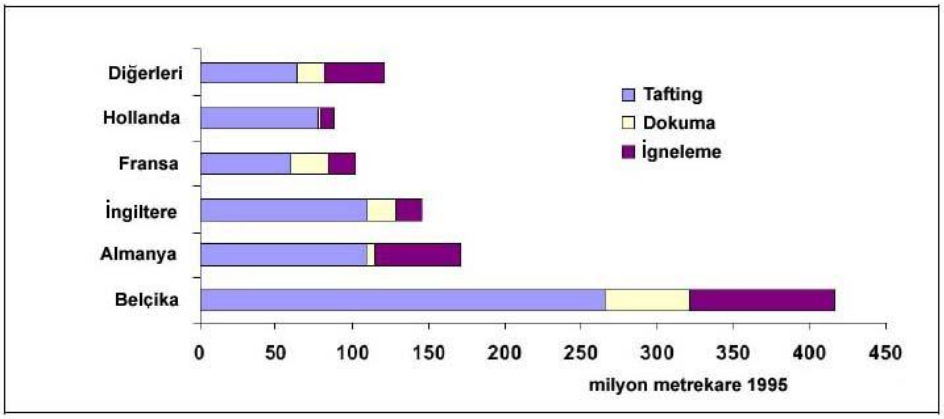
Şekil 1.3: 1999 yılında dünyadaki halı ve kilim üretimi
[63, GuT/ ECA, 2000]

Belçika, Fransa, Almanya, Hollanda ve Birleşik Krallık hem AB iç tüketimi için, hem de dünya ihracat pazarları için en önemli üreticilerdir. Avrupa halı üretiminde halı tüketimine göre önemli ölçüde fazlalık vardır (Şekil 1.4), bu da Avrupa sanayii için ihracat pazarlarının önemini göstermektedir.

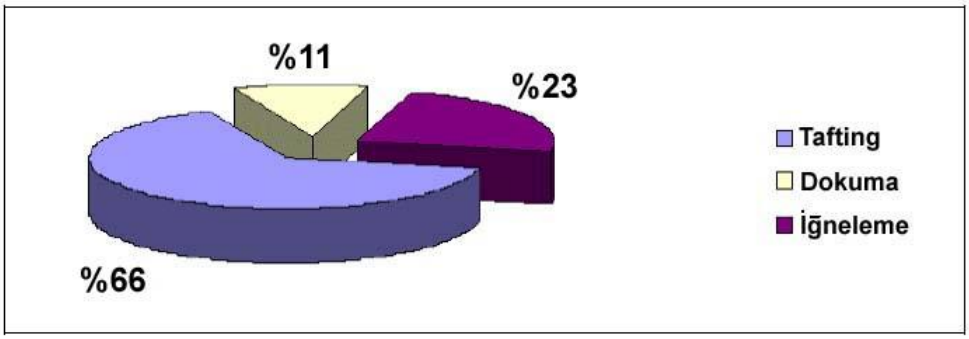


Şekil 1.4: Bazı AB Üyesi Ülkeler'deki halı üretimi ve tüketimi
[32, ENco, 2001]

Halı imalat sanayiindeki üç tipik nihai ürün olan tafting halılar, dokuma halılar ve iğnelenmiş keçeler arasında, tafting halılar AB üretiminin % 66'lık bir kısmını oluşturmaktadırlar. Bu durum 1995 yılı üretimi için Şekil 1.5 ve Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.5: Avrupa'daki başlıca halı ve kilim üretici ülkelerin 1995 yılındaki halı ve kilim üretimleri
[63, GuT/ ECA, 2000]



Şekil 1.6: 1995 yılında Avrupa'daki toplam halı ve kilim üretimi
[63, GuT/ ECA, 2000]

1.4 Temel çevresel sorunlar

Bu kısımda da belirtilen, tekstil sanayiindeki aktiviteler sonucu oluşan başlıca çevresel sorunlar suya ve havaya olan emisyonlar ve enerji tüketimidir.

Bunlar arasında su en önemli endişe faktördür. Tekstil sanayii suyu, kirlerin uzaklaştırılmasında, boyarmaddelerin ve apre maddelerinin aplikasyonunda ve buhar eldesinde temel unsur olarak kullanmaktadır.

Ürüne olan kayıplar ihmal edilebilir. Bu nedenle kurutma sırasında buharlaşan az miktardaki suyun dışında büyük kısmı atık suya boşaltılır. Bu nedenle temel sorun, boşaltılan suyun miktarı ve taşıdığı kimyasal yüktür.

Bu çevresel yükler Tablo 1.6'da verilmektedir. Buradaki veriler Almanya ve Avusturya'da yapılan bir araştırma sonuçlarından alınan Avrupa seviyelerinden tahminlenmiştir.

Maddeler	**Çevresel yük (t/yıl)**
Tuzlar	200000-250000
Doğal lif kirlilikleri (biyositleri de içermektedir) ve bununla ilgili yabancı materyaller (örneğin linyin, serisin, mum, vs.)	50000-100000
Haşıl maddeleri (daha ziyade nişasta, nişasta türevleri, ayrıca poliakrilatlar, polivinilalkol, karboksimetilselüloz ve galaktomannanlar)	80000-100000
Preparasyon maddeleri (daha ziyade madeni yağlar, ayrıca ester yağları)	25000-30000
Yüzeyaktif maddeler (dispergatörler, emülgatörler, deterjanlar ve ıslatıcılar)	20000-25000
Karboksilli asitler (daha ziyade asetik asit)	15000-20000
Kıvamlaştırıcılar	10000-15000
Üre	5000-10000
Kompleks oluşturucular	<5000
Organik çözgenler	saptanamadı
Az veya çok ekotoksikolojik özellikleri olan özel yardımcı maddeler	<5000
Kaynak: [77, EURATEX, 2000]	

Tablo 1.6: Avrupa tekstil sanayiinin temel yük kaynakları

Tabloda verilen rakamlardan, tekstil sanayii aktivitelerinin toplam emisyon yükünün büyük bir kısmının, daha terbiye işlemlerine girmeden önce ham maddenin üzerinde bulunan maddelerden kaynaklandığı açık bir şekilde görülmektedir. Bunlar tipik olarak:

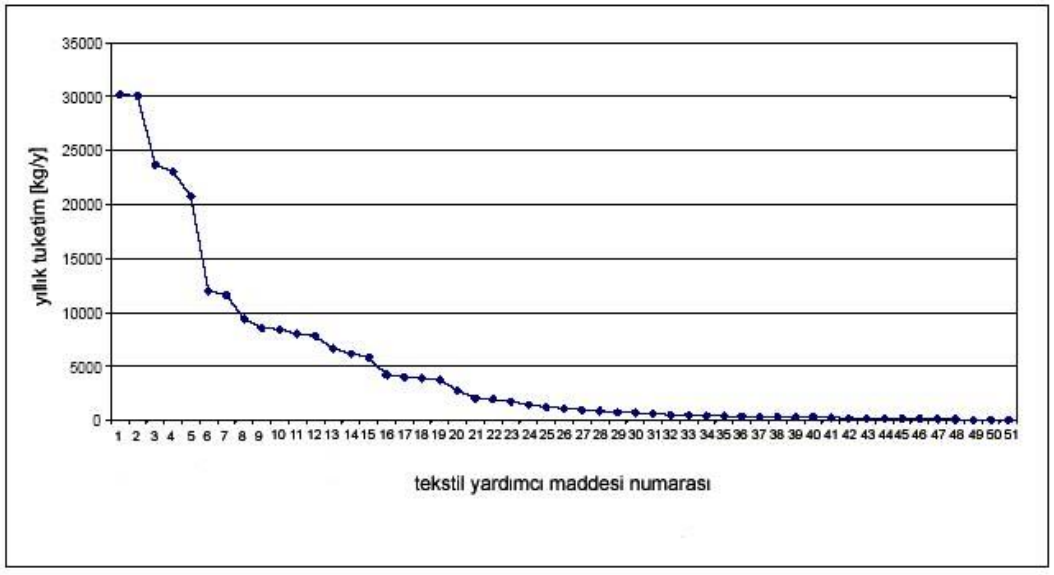
- haşıl maddeleri
- preparasyon maddeleri
- doğal lif kirlilikleri ve yardımcı maddelerdir.

Haşıl maddeleri dokuma işlemini desteklemek için kullanılmaktadır. Bunlar terbiye işlemlerinden önce dokuma kumaştan uzaklaştırılmaktadır. Buda suda yüksek seviyelerde organik yüklerin oluşmasına neden olmaktadır.

Preparasyon maddeleri ve harman yağları liflere, lif üretiminden (sadece sentetik lifler için) iplik oluşumuna kadarki işlemlerin çeşitli aşamalarında aplike edilebilmektedir. Bu organik maddeler terbiye işletmesinde ön terbiye sırasında ya yaş işlemlerle (yıkama), ya da kuru işlemlerle (ısı fiksajı) uzaklaştırılmaktadırlar. İlk durumda bunlar nihai atık suyun organik yükünün artmasına neden olurken, ikinci durumda havaya karışmaktadırlar.

Bütün doğal lifler belirli oranda kirlilik ve yabancı maddeler içermektedirler. Yabancı maddeler doğal liflerin gerekli parçalarıdır (örneğin yün için yağlar, pamuk için pektin ve hemiselüloz, keten için linyin ve ipek için serisin). Kirlilikler, metaller, mineraller ve pestisitlerdir. Bütün bu maddelerin terbiye işlemlerinden önce liften uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Bu nedenle de bunlar çevresel etkiler için önemli bir potansiyele sahiptirler.

Terbiye işletmelerinde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddelerin miktarı 1 kg tekstil mamulü için 1 kg kimyasal maddeye kadar çıkabilmektedir. Bu da yüksek bir orandır. Bu materyallerin listesi oldukça kapsamlıdır: son TAGEWA listesinde 7000'den fazla yardımcı madde yer almaktadır. Ancak Şekil 1.7'de görüldüğü gibi, tipik bir terbiye işletmesinde yıllık tüketimin % 80'ini, kullanılan ürün tiplerinin % 20'si tek başlarına oluşturmaktadır.



Şekil 1.7: Tipik bir terbiye işletmesinde yardımcı madde kullanımı
[179, UBA, 2001]

Tablo 1.6'daki verilere göre işlem sırasında uygulanan ürünler arasında, en yüksek çevresel yükü, tuzlar, deterjanlar ve organik asitler oluşturmaktadır (bu sırayla).

Bu tabloda boyarmaddelerden bahsedilmemektedir, çünkü bunlar işlemlerde kullanılan diğer maddelerle karşılaştırıldıklarında önemli bir yükleme meydana getirmezler. Bununla beraber, boyarmaddeler, temelde estetik bir problem olan atık su renginden sorumludurlar ve yüksek dozda renk sularda yaşayan bitkilere ışık geçişini azaltabilmektedir. Bu nedenle bunların sudaki varlığı sadece renk açısından değil ayrıca özellikle bazı boyarmadde sınıfları için diğer çevresel faktörler (örneğin uzaklaştırılması zor organik yükler, AOX, metaller) bakımından da önemlidir.

Tekstil işlemlerinde kullanılan birçok kimyasal, çevre üzerindeki negatif etki potansiyellerine göre değerlendirilmektedir. Bunlar:

- alkilfenoletoksilatlar (deterjanlar, ıslatıcılar, egaliz maddeleri, vs.): metabolizmaları (oktil ve nonilfenoller) sudaki yaşam için oldukça toksik olup, sudaki canlıların endokrin sistemlerine zarar vermek suretiyle bunların üremelerini olumsuz

etkilemektedirler (oktil ve nonilfenoller 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi'ne göre öncelikli olarak ele alınması hedeflenen "Öncelikli Maddeler" listesinde yer almaktadırlar ve özellikle; nonilfenol "Öncelikli Zehirli Madde" olarak tanımlanmaktadır)

- polibromlanmış difenil eterleri ve klorlanmış parafinler (güç tutuşurluk sağlayıcılar), halojenlenmiş fenoller ve benzenler (güç tutuşurluk maddelerinin üretiminde ayıraç olarak): bu sınıftaki bazı maddeler (örneğin pentabromdifenil eter, C_{10-13} klorparafinler), toksisite, direnç ve biyolojik birikme tehlikesi nedeniyle "Öncelikli Zehirli Maddeler" olarak tanımlanmaktadırlar ve Yönetmelik (EEC) 793/93 kapsamında mevcut maddelerin risklerinin değerlendirilmesi ve kontrolü çerçevesinde değerlendirilmektedirler. Bu sınıfa ait diğer maddelerin çevre üzerindeki potansiyel negatif etkileri hakkındaki tartışmalar halen sürmektedir (bkz. Bölüm 8.8.4)
- permetrin ve siflutrin esaslı güve yemezlik maddeleri (halı sektörü) ve diğer biyositler. Bunlar sudaki yaşam için yüksek derecede toksiktirler
- EDTA, DTPA ve NTA gibi iyon tutucular: bunlar metallerle oldukça stabil kompleksler oluşturma yeteneğine sahiptir (ayrıca EDTA ve DTPA'nın biyolojik olarak elemine edilebilme özellikleri zayıftır)
- klor ve sodyumhipoklorit (ağartma maddesi) ve sodyumdiklorisosiyanürat (yünde keçeleşmezlik maddesi) gibi klor açığa çıkaran bileşikler organik bileşiklerle reaksiyona girerek absorbe edilebilen organik halojenler (AOX) oluşturma yeteneğine sahiptirler
- potasyumdikromat gibi metal içeren bileşikler
- kanserojen özellik gösteren maddeler, örneğin bazı azo boyarmaddelerinin (bkz. Bölüm 2.7.8.1) parçalanması sırasında oluşan aromatik aminler veya polimerizasyon sırasında tamamlanmamış reaksiyonlar nedeniyle polimer dispersiyonlarında bulunabilecek vinilçiklohegzan ve 1,3-bütadien gibi bileşikler
- triklorbenzen, o-fenilfenol, vs. gibi carrierlar.

[77, EURATEX, 2000]'da belirtildiği gibi:

- ön terbiye ve boyama işlemlerinde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddelerin % 90'ından fazlası lif üzerinde kalmazken, bitim işlemlerinde bunun tersi söz konusudur
- terbiye işlemlerine giren organik ham madde yükünün yaklaşık % 90'ı atık sularda son bulurken, kalan kısmı da havaya karışmaktadır.

Havadaki emisyonlarla ilgili olarak, uçucu organik bileşik açığa çıkaran çeşitli aktiviteler şunlardır:

- organik çözgenlerin kullanıldığı baskı prosesleri (örneğin, pigment baskı patında bulunabilmektedirler)
- organik çözgenlerle temizleme
- eğer tekstil materyali termal olarak parçalanabilen veya buharlaşabilen maddeler içeriyorsa (örneğin yağlar, plastikler, bitim işlemi maddeleri daha önceki işlemlerin kalıntıları) ısıl işlemler (örneğin termofiksaj, kurutma, kondenzasyon). Formaldehit ve yanmamış metan emisyonları iyi bakılmayan, direk ısıtmalı ramözlerde önemli olabilmektedirler
- taban kaplamalarının vulkanizasyonunda (halıcılık sektöründe).

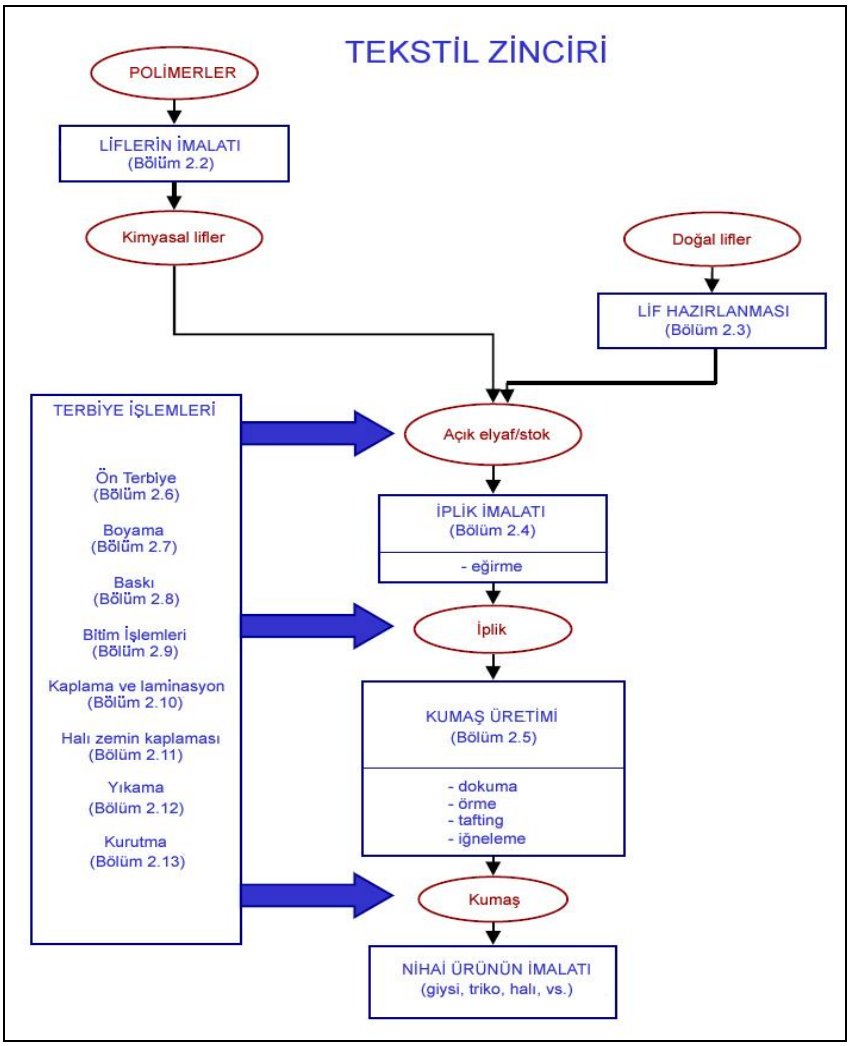
Bundan başka, işletmede ısıl enerji üretimi için fosil esaslı yakıtlar kullanılıyorsa bununla ilgili partiküllerin ve CO_2, SO_x, NO_x emisyonlarının da hesaba katılması gerekmektedir.

Enerji birinci derecede banyo sıcaklıklarının yükseltilmesinde (örneğin, ön terbiye ve boyamada), kurutmada ve kondenzasyon işlemlerinde tüketilmektedir. Bu amaçla işletmelerde buhar üretilir. Elektrik enerjisi ise, makinelerin tahriki için gerekmektedir.

2 UYGULANAN İŞLEMLER VE TEKNİKLER

Tercüme edenler: Teks.Müh. Cem Karaboğa (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Arş.Gör. Emrah Bilgin (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü) Teks.Müh. Arzu Arabacı (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Teks.Müh. Duygu Özdemir (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Teks.Müh. Evrim Özdemir (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Arş.Gör. Sema Namlıgöz (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Teks.Müh. Mustafa Bahar (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi)

Tekstil zinciri, ham lifin üretilmesi veya hasat edilmesi ile başlar. Bu zincirin temel adımları aşağıdaki diyagramda şematik olarak gösterilmiştir ve bu bölümde açıklanacaktır.



Şekil 2.1: Tekstil sanayiindeki işlemlerin genel şeması

Bu bölümde ağırlıklı olarak, geniş anlamda "terbiye işlemleri" olarak nitelendirilen işlemler (bunlar, yıkama ve kurutmalar dahil, ön terbiye, boyama, baskı, bitim işlemleri ve kaplamalardır) anlatılacaktır. Şemada da görüldüğü gibi, bu işlemler üretim zincirinin farklı basamaklarında yapılabilmekte ve kumaş, iplik veya açık elyaf halindeki tekstil materyallerine uygulanabilmektedirler.

"Tekstil terbiyesi"ni standart sıralı işlemler olarak tanımlamak mümkün değildir. Bunlar, daha ziyade nihai kullanıcının gereksinimlerine bağlı olarak, tekstil ürünlerinin üretilmesi sırasında uygulanabilen temel işlemlerin kombinasyonlarıdır. Bu nedenle terbiye işlemleri,

uygulanabilecekleri işlem sırası dikkate alınmadan, temel işlemler şeklinde açıklanacaklardır (Bölüm 2.6'dan Bölüm 2.11'e kadar olan bölümlerde).

Bu bölümün ikinci kısmında (bkz. Bölüm 2.11) halı terbiye sektörü ile diğer terbiye sanayii arasında bir ayrım yapılmıştır. Her bir sektörde bazı tipik sanayi kategorileri tanımlanmıştır. Yapak yıkama sanayii de, tek başına duran bir sektör olarak tanımlanmıştır. Bu kategorilerin tipik özellikleri bulunmaktadır ve bunlar kısaca açıklanmaktadırlar.

Tekstil sanayiinin ham maddeleri, liflerin yanında çok farklı kimyasal ve yardımcı maddeler de içermektedirler. Bu kimyasal ve yardımcı maddeler, birçok durumda işlemlere özgü değildirler ve işlem halkasının farklı basamaklarında kullanılabilmektedirler. Bu nedenle bunlarla ilgili konuların müstakil eklerde (EK I Tekstil Yardımcı Maddeleri ve EK II Boyalar ve Pigmentler) açıklanması daha pratik olarak görülmüştür. Bu bölümde tekstil ham maddeleri hakkında, depolama ve hazırlama işlemleri de dahil, yalnızca genel bilgiler verilecektir.

Aynı şekilde, makinelerin birçoğunun üretim zinciri içindeki çok işlevli kullanımları nedeniyle, teçhizatlar da ayrı özel bir ekte (EK III Yaş İşlemler: Makineler ve Teknikler) inceleneceklerdir.

2.1 Ham maddeler

2.1.1 Lifler

Tekstil sanayiinde kullanılan lifler iki genel kategoriye ayırabilmektedirler: doğal ve kimyasal lifler. Kimyasal lifler, hem petrokimyasal esaslı saf sentetik materyalleri, hem de odundan elde edilen rejenere selülozik materyalleri kapsamaktadırlar. Liflerin daha detaylı sınıflandırılması şu şekildedir:

• Doğal kaynaklı lifler	-	Hayvansal kaynaklı	Yapak İpek lifi Kıl	
	-	Bitkisel kaynaklı	Ham pamuk lifi Keten Jüt	
	-	Mineral kaynaklı	Amyant (tekstil sanayiinde kullanılmaz)	
• Kimyasal lifler (insan yapısı)	-	Doğal polimerli lifler	Viskoz, Bakır, Lyocell Asetat Triasetat	
	-	Sentetik polimerli lifler	İnorganik polimer	Cam elyaf için cam Metal elyaf için metal
			Organik polimer	Poliester (PES) Poliamid (PA) Akrilik (PAC) Polipropilen (PP) Elastan (EL)

Bu dokümanda yer alan lifler aşağıda, özellikle içerdikleri tipik safsızlıklar üzerinde durularak, daha ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadırlar. Bu safsızlıkların bir kısmı tekstil prosesine girmekte ve bunların emisyonlarını etkilemektedirler.

2.1.1.1 Poliester lifleri (PES)

Poliester lifleri, zincirinde en az % 85 ester içeren lineer makromoleküllerden oluşmaktadırlar. Halen piyasada 3 çeşit poliester polimeri bulunmaktadır:

- yapıtaşı etilenglikol olan polietilentereftalat (PET)
- yapıtaşı bütilglikol olan polibütilentereftalat (PBT)
- yapıtaşı trimetilenglikol olan politrimetilentereftalat (PTT).

Ancak bu üç polimer tipinden tekstil sanayiinde yalnızca, PET olarak da bilinen poli(etilentereftalat) esaslı olanı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle bundan sonraki bölümlerde aksi belirtilmedikçe, PES terimi PET esaslı standart poliester lifleri için kullanılmaktadır.

PET lifleri oldukça yüksek bir kristalizasyon derecesine sahiptirler. Bu da bu liflerin ısı direncinin ve diğer mekanik özelliklerinin mükemmel olmasını sağlamaktadır. Diğer taraftan bu sıkı yapı, boyama sırasında boyarmaddelerin liflerin içine difüzyonunu zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak PET esaslı lifler, boyama hızlandırıcıları (carrier olarak adlandırılırlar) olmaksızın 100 ^{o}C'un altındaki sıcaklıklarda boyanamazlar. Carrierlar çevre için zararlıdırlar ve birçok durumda insanlar için toksik özellik göstermektedirler. Kullanımları bugün için azalmıştır, ancak uzun yıllar yaygın bir kullanım alanı bulmuşlardır (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8 ve 8.6.7).

Bugün piyasada carriersız boyanabilen PES lifleri de bulunmaktadır. Bunlar "modifiye PES lifleri" ve PTT lifleridir (yukarıdaki listeye bkz.). "Modifiye PES lifleri" PET esaslı liflerdir. Lif üretimi sırasında lif strüktüründe yapılan fiziksel ve kimyasal değişikliklerle bu lifler, carrier kullanılmadan boyanma özelliği sağlayan düşük kristalizasyon derecesi göstermektedirler. Ancak yüksek fiyatlarından dolayı bu lifler pazarın sadece spesifik alanlarında kullanılmaktadırlar.

PTT'ye gelince, bu aromatik poliester (politrimetilentereftalat), 1,3-propandiol ile tereftalik asidin polikondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. 1,3-propandiol sentezinin yüksek maliyeti, uzun yıllar bu liflerin ticari olarak yaygınlaşmasını engellemiştir. Son zamanlarda Shell'in bu monomerin üretimi için düşük maliyetli bir sentez yolunu gerçekleştirmesiyle, PTT polimerlerine olan ilgi yeniden artmıştır [178, VITO, 2001]. Bu lifler hakkında daha fazla bilgi Bölüm 4.6.2'de verilmektedir.

Poliester lifleriyle ilgili olarak belirtilmesi gereken genel bir husus da, polikondenzasyon reaksiyonu sırasında, sudaki çözünürlükleri çok düşük olan halkalı oligomerlerin oluşabilmesidir (lif ağılığının % 1-3'ü kadar [77, EURATEX, 2000]). Bu oligomerler boyama sırasında lif yüzeyine migrasyon eğilimi göstermekte ve bu da boyamaların düzgünlüğünü ve sürtme haslık özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

2.1.1.2 Poliamid lifleri (PA)

Başlangıç polimeri, bir diamin ile bir dikarboksilli asidin polikondenzasyonu sonucu oluşmaktadır. Nihai üründeki karbon atomu sayısına göre PA 6,6 veya PA 6'dan bahsedilebilmektedir.

PA 6,6 eşit miktarlardaki adipik asit ve 1,6-hegzametilendiaminin ısıl polikondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. Bu denge halindeki kondenzat, az miktarda monomer ve çiklik dimer (% 2) içermektedir.

PA 6, epsilon-kaprolaktam çiklik monomerinin polimerizasyonu sonucu elde edilmektedir. Polimer içindeki kaprolaktam oranı, sıcak su ile ekstraksiyon sonucu % 0,2'ye kadar düşürülebilmektedir. Lif üretimi için eritme prosesi sırasında (eriyikten lif çekimi)

kaprolaktam oranı tekrar yükselmekte ve ilerleyen ısıl işlemler sırasında da kısmen bulundukları ortama yayılmaktadır.

2.1.1.3 Akrilik lifler (PAC)

Polimer, sulu emisyondaki veya çözgen içerisindeki akrilnitrilin polimerizasyonu sonucu elde edilmektedir. Elde edilen % 100 akrilnitrilden oluşan polimer (PAN olarak da isimlendirilmektedir), yüksek camlaşma noktası nedeniyle (100 ^{o}C'un üzerinde) yetersiz boya bağlama yeteneğine sahip lifler oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu polimer artık tekstil sanayiinde kullanılmamaktadır. Bugün piyasada bulunan normal akrilik lifler (PAC), % 85-89 akrilnitril, % 4-10 non-iyonik komonomerler (vinilklorür, vinilasetat, metilakrilat) ve % 0,5-1 de sülfonik ve sülfat grupları içeren iyonik komonomerlerden oluşan anyonik komonomerlerdir.

Lif üretimi için, kuru ve yaş lif çekim yöntemleri kullanılabilmektedir. Kuru lif çekim yönteminde polimer dimetilformamid (DMF)'de çözülmektedir. Eğer lifler yaş lif çekim yöntemine göre üretileceklerse, DMF'in yanında, dimetilasetamid, dimetilsülfoksit, etilkarbonat ile inorganik tuz veya asitlerin sıvı çözeltileri de kullanılabilmektedir. Bu çözgenlerin artıkları (lif ağırlığının % 0,2-2'si kadar) ön terbiyeden gelen atık sularda bulunmaktadırlar.

2.1.1.4 Polipropilen lifleri (PP)

Lif üretimi için isotaktik polimerler kullanılmaktadır. Tersiyer karbon atomu nedeniyle, PP yüksek sıcaklıklara ve oksidasyona karşı çok hassastır. Stabilizatör olarak, alkillenmiş fenoller veya p-ksiloller, sülfürler veya tiyo-türevleriyle (dilauril veya distearil tiyopropiyonat) birlikte kullanılmaktadırlar. UV absorbantı olarak, benzotriazol grupları içeren maddeler, Ni kompleksleri, antrakinon türevleri ve sterik olarak engellenmiş diaminler kullanılmaktadırlar. Bu düşük molekül ağırlıklı maddeler PP lifleri içinde kalmakta ve olası emisyon kaynağı maddeler olarak değerlendirilmektedirler.

2.1.1.5 Elastan (EL)

Elastan lifleri poliüretanın en az % 85'ini oluşturan elastomerlerden oluşmaktadırlar. Lif üretimi (kuru lif çekimi) için polimer dimetilasetamid içinde çözülmektedir. Bu çözgenin artıkları lifte kalmakta (lif ağırlığının % 1'i kadar) ve ön terbiye işlemleri sırasında atık suda bulunmaktadır.

Lifin yüksek adhesif özelliğini arttırmak ve etkili kayganlık özelliği sağlamak için proses sırasında life preparasyon maddeleri (yaklaşık % 6-7 miktarında) ilave edilmektedir. Bu yardımcı maddeler, % 95 oranında silikon yağları ve % 5 oranında yüzeyaktif maddeler içermektedirler. Bu maddelerin uzaklaştırıldığı ön terbiye işlemlerinde, silikon yağlarının bu yüksek oranlar çevresel sorunlara neden olmaktadır.

2.1.1.6 Viskoz (CV)

Başlangıç materyali olan selüloz odundan ekstrakte edilir ve lif üreticilerine yaklaşık 1 cm kalınlığındaki selüloz maddesi tabakları halinde sevk edilir. Odun, yaklaşık % 40-50 oranında, viskoz lifi üretiminde kullanılabilir selüloz içermektedir. Selüloz maddesi önce, NaOH çözeltisinde şişirilmektedir. Elde edilen beyaz ince tabaka, sodyum selülozksantojenat oluşana kadar karbondisülfür ile işleme sokulmaktadır. Ksantojenat, sulandırılmış sodyumhidroksit içinde çözülebilmekte ve bu şekildeki elde edilen çözelti (odun hamuru) viskoz olarak isimlendirilmektedir. Bu hamurdan da daha sonra lif çekilmektedir. Lif çekimi ksantojenat çözeltisinin, düze ağzında sülfürik asit, sodyumsülfat ve çinkosülfat içeren asit banyosunda koagülasyonu sonucu sağlanmaktadır.

2.1.1.7 Bakır (CU)

Selüloz (odun hamuru) ayrıca sulu amonyak çözeltisi ve bakırsülfat içinde de çözülebilmektedir. Bakır lifleri yaş lif çekimi yöntemiyle üretilmektedirler.

2.1.1.8 Asetat lifleri

Selüloz molekülü 3 alkol grubu içermektedir. Eğer bu gruplardan 2 veya 2,5 tanesi asetik asitle esterleştirilirlerse, bu polimer diasetat olarak isimlendirilmektedir. Eğer alkol gruplarının 3'ü de esterleştirilirlerse, bu polimer triasetat olarak isimlendirilmektedir. Asetat lifleri % 92'den daha az, ancak en az % 74 oranında asetillenmiş hidroksil grupları içermektedirler.

2.1.1.9 Yün

Yün, koyun vücudundan elde edilen bir hayvan kılıdır. Bu kıl normalde, senede bir veya bazen iki kere kırkılmaktadır ve bunun kalitesi ve kantitesi koyunun ırkına ve çevre koşullarına bağlı olarak büyük oranda farklılıklar göstermektedir. Yün keratin olarak bilinen, ayrıca boynuz, tırnak, vs.'de de bulunan, bir proteinden oluşmaktadır.

Yün elyafına ilave olarak, ham (yağıltılı) yapak şunları içermektedir:

- Doğal kirlilikler
  - Yün yağı: yağıltılı yapak ağırlığının % 2-25'i kadar
  - Yün teri (kuru ter): yağıltılı yapak ağırlığının % 2-12'si kadar
  - Kir: yağıltılı yapak ağırlığının % 5-45'i kadar
- Koyunu bit, kurt, mavi pislik sineği, vs. gibi ektoparazitlerden korumak için kullanılan insektisitler ve akarisitler veya böcek üreme düzenleyicileri gibi veteriner ilaçlarının kalıntıları.

Yukarıda bahsedilen komponentlerin oranları, yünün orijinine bağlı olarak büyük oranda farklılıklar gösterebilmektedirler. Örneğin, daha ziyade giysilerde kullanılan ince merinos koyununun yapağısı tipik olarak % 13 yün yağı içermektedir. Halılarda kullanılan kaba yapağı ise, ortalama % 5 yün yağı içermektedir.

Ham yapaktaki temiz elyaf içeriği (randıman) genellikle % 60-80 civarında olmakla beraber, % 40-90 arasında değişebilmektedir.

Yün yağı suda çözünmemekte, ancak diklormetan veya hegzan gibi apolar çözgenlerde çözülebilmektedir. Arıtılmış yün yağı değerli bir yan üründür.

Yün teri, derideki ter bezlerinin oluşturduğu suda çözülebilir bir materyaldir. Yün teri, su ve alkol gibi polar çözgenlerde çözülebilmektedir.

Kir ise, madeni kirler, kumlar, kil, toz ve organik maddeler gibi farklı maddeleri içerebilmektedir.

Ektoparazitisitlerin, yapak yıkama işlemleri sonunda boşaltılan atık sularda ve atık suların arıtılması sonucu oluşan çamurun giderilmesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Ham yapakta bulunduğu bilinen kimyasallar:

- Organik klor insektisitleri (OC'ler)
  - γ-Hegzaklorsiklohegzan
  - Dieldrin
  - DDT

- Organik fosfor insektisitleri (OP'ler) - Diazinon
  - Propetamfos
  - Klorfenvinfos
  - Klorpirifos
  - Diklorfention
- Sentetik piretroid insektisitleri (SP'ler) - Sipermetrin
  - Deltametrin
  - Fenvalerat
  - Flumetrin
  - Sihalotrin
- Böcek büyüme düzenleyicileri (IGR'ler) - Siromazin
  - Diçiklanil
  - Diflubenzuron
  - Triflumuron

Organik klorlar, kalıcılıklarından ve biyolojik olarak birikebilmelerinden dolayı zararlıdırlar. Bu nedenle uzun süreli ve mesafeli etkilere yol açmaktadırlar (kaynaktan uzaklığına ve açığa çıkma zamanına göre). γ-Hegzaklorsiklohegzan (lindan olarak da isimlendirilir) hegzaklorsiklohegzan izomerlerinin (α- ve β-HCH'ler) en toksik olanıdır (aynı zamanda pestisit olarak da, en aktif olanıdır). Teknik ham ürün α- ve β-HCH içermektedir. Bunlardan β-izomeri en dayanıklı olanıdır. Lindan ve DDT bileşikleri, kanıtlanmış endokronik parçalama kapasiteleriyle iyice araştırılmış maddelerdir.

Sentetik piretroid insektisitleri yüksek su toksisitesi göstermektedirler (sipermetrin için hesaplanan etkisiz olduğu konsantrasyon, tahmini olarak 0,0001 µg/l dir. Diazinon ve propetamfos OP'leri için ilgili değer ise 0,01 µg/l'dir-Birleşik Krallık çevresel kalite standartlarının belirttiği yıllık ortalama). Organik fosfatlar sentetik piretroidlerden daha sulu ortam toksisitesine sahiptirler ve kalıcılıkları da organik klorlardan daha düşüktür. Bunların da insan toksisiteleri yüksektir (bu yüzden örneğin, buharla uçucu OP'ler boyacılar için problem oluşturabilmektedirler) [279, L.Bettens, 2001].

Bütün büyük yapak üreticisi ülkeler koyun bakımında organik klor pestisitlerinin kullanımını yasaklamıştır; ancak bazı eski Sovyet Cumhuriyetleri'nden ve Güney Amerikalı çiftçilerden gelen yapakların belirgin konsantrasyonlarda lindan içerdiği de bilinmektedir. Bu, ya bu ülkelerdeki otlakların ağır bir şekilde kirlenmesinden, ya da koyun bakımında ektoparazitlere karşı bu bileşiklerin halâ arada sırada kullanılmasından ileri gelmektedir.

Yapak üretici ülkelerin çoğunluğundan gelen yapaklar, bit, kene ve kurtların yayılmasını kontrol etmek için yasal olarak kullanılan koyun bakım ilaçları kalıntıları içermektedir. Bu maddeler; diazinon, propetamfos ve trans-klorfenvinfos gibi organik fosfatlar, sipermetrin gibi sentetik piretroidler ve kromazin tipi böcek üreme düzenleyicileridir. Bu materyallerin yün üzerindeki miktarları değişkendir ve her ülkenin izin verdiği yasal kullanım şekline bağlıdır.

İmalatçılar, temel üretici ülkelerden gelen yapaklardaki OC, OP ve SP içerikleri hakkında nicel bilgileri içeren bir veritabanını kullanabilmektedirler. ENco, böyle bir veritabanını çalıştırmaktadır. İmalatçılar bu verileri, şüpheli kaynaklardan gelen yapağıların işlenmesini önlemek için kullanmaktadırlar. Bu sistem bilinen kaynaklardan yün satın alan ve işleyen imalatçılara doğrudan fayda sağlamaktadır. Açık elyaf veya iplik işleyen fasoncular işledikleri elyafın orijininden haberdar olmayabilirler. Bu da bunların bu sistemi kullanarak ham madde girdilerini kontrol altında tutmalarını zorlaştırmaktadır.

Ektoparazitisitler hakkında daha fazla bilgi, yapak yıkama prosesinin anlatıldığı Bölüm 2.3.1'de verilmektedir.

2.1.1.10 İpek

İpek toplam lif üretiminin yalnızca % 0,2'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Bununla beraber bu lif, bayan bluzları, ceketleri ve eşarpları ile kravatlar gibi bazı özel "niş" sektörlerde çok önemlidir.

İpek, kendi etrafında bir koza ören ipek böceği tarafından oluşturulmaktadır. İpek, yün lifi gibi bir protein lifidir ve tekstil sanayiinde başarıyla kullanılan tek doğal filamenttir (filament uzunluğu 700 ile 1500 m arasındadır).

İpek lifleri, etrafı serisin ile sarılmış fibroin filamentlerinden oluşmaktadırlar ve serisinin ön terbiye işlemleri sırasında giderilmesi gerekmektedir.

2.1.1.11 Pamuk ve keten

Pamuk lifleri esas olarak selülozdan oluşmaktadır ve aşağıda gösterildiği gibi, bazı başka komponentler de içermektedir.

Materyal	İçerik
Selüloz	% 88-96
Pektin	% 0,7-1,2
Mum	% 0,4-1,0
Proteinler	% 1,1-1,9
Kül	% 0,7-1,6
Diğer organik bileşenler	% 0,5-1,0
Kaynak: [186, Ullmann's, 2000]	

Tablo 2.1: Pamuk liflerinin kimyasal bileşimi

Pamuk üretiminde pestisitler, herbisitler ve defoliyantlar gibi bazı kimyasal maddeler kullanılabilmekte ve bunlar tekstil işletmesine ulaşan pamuk liflerinde artık olarak bulunabilmektedirler. Ancak bu tekstil sanayii için küçük bir sorundur (problem daha ziyade yetiştiriciler için söz konusudur). Gerçekten, 1991-1993 yılları arasında dünyanın çeşitli yerlerinden alınan pamuk numunelerine yapılan testlerde bulunan pestisit değerleri, gıda maddeleri için eşik limit değerlerinin altında kalmışlardır [11, US EPA, 1995].

Başka kaynakların ([207, UK, 2001]) birkaç yıl önce bildirdiklerine göre, pamuk balyalarının yalnızca defoliyant olarak değil, aynı zamanda nakliye sırasında fungusit olarak da kullanılan pentaklorfenol ile kirletilmiş oldukları saptanmıştır.

Keten bir sak lifidir. Bu lifin daha önceki önemini kaybetmesinde birçok ekonomik faktör rol oynamıştır. Bununla birlikte geniş bir kullanım alanında halâ asil bir lif olarak yerini korumaktadır.

2.1.2 Kimyasallar & yardımcı maddeler

Tekstil sanayiinde çok fazla miktarda organik boyarmaddeler/pigmentler ve yardımcı maddeler kullanılmaktadır. Bunlar bu dokümanda şu kategorilere ayrılmaktadırlar:

- boyarmaddeler ve pigmentler
- bütün inorganik kimyasalları ile organik indirgen ve yükseltgen maddeleri olduğu kadar, alifatik organik asitleri de içeren temel kimyasallar ("Sıradan mallar" olarak da bilinirler)

- organik indirgen ve yükseltgen maddeler ile alifatik organik asitler dışında kalan temel organik bileşikler başta olmak üzere, tüm tekstil yardımcı maddelerini kapsayan yardımcı maddeler. Bunlar "Spesiyaliteler" olarak da bilinen karışımlar ve bileşimi tam olarak açığa çıkarılamayan patentli formülasyonlardır.

Pazarlarda mevcut ürünlerin çeşitliliği hakkında (özellikle yardımcı maddelerin) bir fikir vermek için, "2000 Tekstil Yardımcı Maddeleri Satın Alıcıları Rehberi"nde 400-600 aktif bileşiğe dayanan 7000'den fazla ticari ürün yer almıştır. Her ne kadar kimyasal yapıları onları tek bir kategoride açıkça ifade etmek için çok farklılıklar göstermekteyse de, iyi oturmuş olan TEGEWA nomenklatürü uyarınca üretim proseslerindeki fonksiyonel kullanımlarına göre sınıflandırılmaktadır.

Pratik nedenlerden dolayı boyarmaddeler ve tekstil yardımcı maddeleri, bu dokümanda ayrı eklerde incelenmektedirler (bkz. Bölüm 8 ve Bölüm 9).

2.1.3 Materyallerin hazırlanması ve depolanması

Temel lifli ham maddeler işletmeye preslenmiş balyalar halinde gelmekte ve bitmiş ürünleri müşterilere göndermek için de kullanılabilen, kapalı ambarlarda depolanmaktadırlar.

Temel kimyasal ara maddeleri, asitler, alkaliler ve hacimli yardımcı kimyasal maddeler normalde büyük tanklarda veya depolarda kaplar içerisinde bir arada tutulmaktadırlar. Geniş hacimli kaplar açıkta da yerleştirilebilmektedirler. Değerli, neme veya çevresel koşullara karşı hassas materyaller normalde doğrudan, oradan dağıtılacakları hazırlama sahasına ("boya mutfağına") sevk edilmektedirler.

Bazı sentetik organik renklendiriciler, sağlık açısından potansiyel zararlı olarak bilinmektedirler. Bu yüzden boya mutfakları normalde dağıtım sırasında, çalışma alanındaki tozları ortadan kaldırmak için hava emmesi ve filtre sistemleriyle donatılmaktadırlar.

Kimyasallar (boyarmaddeler, pigmentler, temel kimyasallar ve yardımcı maddeler) toz veya çözelti formunda ölçülmektedirler. Bu işlem, manuel olarak veya bilgisayar destekli ölçme donanımlarıyla yapılabilmektedir.

Ürünlerin gerekli olan kadar ölçülen miktarları, terbiye makinesine beslenmeden önce genelde dispersiyon haline getirilmekte, sulandırılmakta veya karıştırılmaktadır. Sanayide, tamamen manuel çalışanlarından, tamamen otomatik olanlarına kadar çeşitli sistemler mevcuttur. Manuel sistemlerde hazırlanan kimyasallar ya doğrudan makineye dökülmekte veya makinenin yanındaki ilave kaplarına konulmakta ve buradan makineye pompalanmaktadırlar. Daha büyük işletmelerde kimyasallar genellikle bir merkezi karıştırma istasyonunda hazırlanmakta ve buradan da boru ağlarıyla çeşitli makinelere gönderilmektedirler. Flottelere istenilen miktarlarda kimyasal ve yardımcı madde ilaveleri ise, normalde önceden belirlenen programlara göre otomatik olarak yapılmaktadır (dozajlama ve dağıtım sistemleri hakkında daha fazla bilgi Bölüm 4.1.3'de verilmektedir).

2.2 Lif üretimi: kimyasal (insan yapısı) lifler

İnsan yapısı lifler tipik olarak kesiksiz filamentler halinde çekilmektedirler. Kesiksiz filamentler daha sonra :

- doğrudan kullanılabilmektedirler (genelde izleyen şekil verme ve tekstüre işlemleri uygulanaraktan)
- ştapel uzunluklarında kesilmekte ve daha sonra yün veya pamukta kullanılana benzer bir prosesle eğrilmektedirler (bkz. Bölüm 2.4).

Kesiksiz filament üretiminde (lif çekiminde) 3 temel metot vardır:

- eriyikten lif çekimi
- kuru lif çekimi
- yaş lif çekimi.

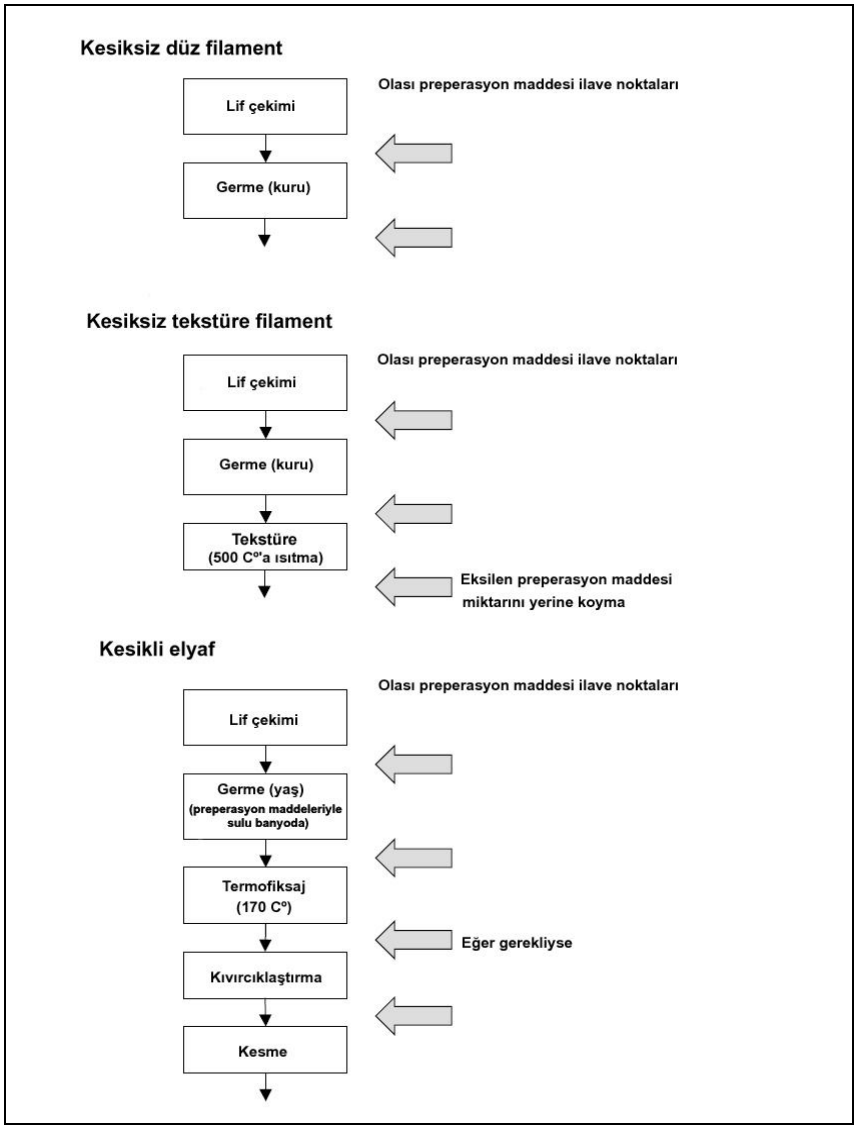
Eriyikten lif çekimi: Polimer, bir eritme ekstruderinde eritilmektedir. Eriyik, basınç altında düze deliklerinden geçirilmekte ve bir hava jeti tarafından soğutularak filament formu oluşturulmaktadır. Lif çekimi preparasyon maddeleri (spin finiş), genellikle lif çekim kanalının altında aplike edilmektedir. Eriyikten lif çekim yöntemi, poliester, poliamid, poliolefinler (örneğin, polipropilen) ve cam lifleri gibi termoplastik lifler için uygundur.

Kuru lif çekimi: Polimer bir çözgende çözülmekte ve çözülmüş polimer basınç altında düzelerden geçirilerek çözgenin buharlaşıp filament formunun oluştuğu sıcak hava veya gaz bölmesine aktarılmaktadır. Filamentler daha sonra preparasyon maddeleri ile muamele edilmektedirler. Kuru lif çekim yöntemi, prensip olarak asetat, triasetat ve poliakrilnitril liflerinin üretimi için kullanılmaktadır.

Yaş lif çekimi: Polimer bir çözgende çözülmekte ve basınç altında düzelerden geçirilerek, polimerin çözünmez hale geldiği bir sıvı banyosu içine aktarılmaktadır. Çözgen uzaklaştırılırken lifler oluşmaktadır. Çözgen ya ekstraksiyonla veya polimer çözeltisi ve lif çekim banyosunda bulunan bir reaktif arasındaki kimyasal reaksiyon ile (reaktif lif çekme) uzaklaştırılabilmektedir. Kalan çözgen de basit bir yıkamayla ekstrakte edilebilmektedir. İplik formu oluştuktan ve çözgen uzaklaştırıldıktan sonra bir preparasyon maddesi aplike edilebilmektedir. Yaş lif çekim yöntemi ile viskoz ve akrilik lifleri elde edilmektedir.

Lif çekimini izleyen işlemler, nihai ürünün cinsine ve işlem gören elyafa bağlı olarak, farklılıklar göstermektedirler. Bu aşamada iki basitleştirilmiş işlem sırası tanımlanabilmektedir:

1. düz veya tekstüre edilmiş formda kesiksiz filamentler için üretim yöntemi
2. kesikli elyaf için üretim yöntemi.



Şekil 2.2: Kesiksiz filament (düz ve tekstüre) ve kesikli elyaf üretimi için basitleştirilmiş işlem adımları

Yukarıdaki diyagramdan da görüldüğü gibi, preparasyon maddeleri kimyasal lif üretiminin çeşitli basamaklarında aplike edilebilmektedirler. Lif çekimindeki (lif üretimi sırasındaki) preparasyon maddeleri aplikasyonunu genellikle, bobinleme, büküm, çözgü çekme gibi işlemleri de içeren iplik üretimi sırasındaki ek aplikasyonlar izlemektedir.

Boyarmaddelerin ve apre maddelerinin düzgün penetrasyonunu sağlamak ve bunlarla reaksiyona girmesini veya çökmesini engellemek için preparasyon maddelerinin uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Yüksek organik içerikleri ve genelde düşük biyolojik olarak elimine edilebilirlikleri nedeniyle bu maddeler müteakiben yapılan lif ön terbiyesindeki atık su kirliliğinden ve hava emisyonundan sorumludurlar. Bu durum özellikle örgü mamuller için kesiksiz filamentlerin ve elastomer liflerin üretiminde söz konusu olmaktadır. Çünkü bunlarda kullanılan preparasyon madde miktarları daha yüksektir.

Aplike edilen preparasyon maddelerinin miktarı, liflerin cinsine (örneğin PES, PA, vs.) ve bulunuş şekline (düz veya tekstüre edilmiş filament, kesikli lif) bağlı olarak değişmektedir. Preparasyon maddelerinin kimyasal yapıları ve liflere aplike edilen miktarları hakkındaki bilgi Bölüm 8.2'de verilmektedir.

2.3 Liflerin hazırlanması: doğal lifler

2.3.1 Yün

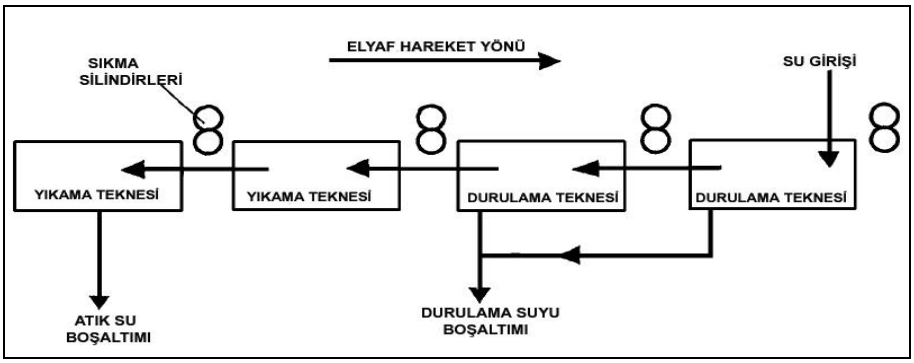
Yapak yıkamaya gönderilmeden önce genellikle açılmakta ve tozlarından arındırılmaktadır. Bu, pislikleri yünden uzaklaştırmak ve tulupları açarak yıkamanın etkinliğini arttırmak amacıyla düşünülmüş mekaniksel bir işlemdir. Bu işlem ayrıca elyafı kabaca karıştırarak yıkama makinesine beslemek için uygun bir lif tabakası haline getirmektedir. Açma ve tozları uzaklaştırma işlemleri, işlenen yünün özel karakteristiklerine bağlı olarak farklı yoğunlukta uygulanabilmektedir. İşlem sonucunda; kir, kum, lif parçaları ve bitkisel maddeler içeren katı atıklar oluşmaktadır.

Daha sonraki ham yapak yıkama işleminin amacı, yün liflerinden yabancı maddeleri uzaklaştırarak lifleri daha sonraki işlemler için uygun hale getirmektir.

Yapak yıkama işletmelerinin tamamına yakınında sulu yıkama uygulanmaktadır. Çözgen ile yıkama çok daha az uygulanmaktadır. Dünya çapında organik çözgenlerle yağ uzaklaştıran yalnızca beş kadar işletme vardır [18, VITO, 1998].

2.3.1.1 Su ile yıkama ve temizleme

Konvansiyonel bir yapak yıkamanın şeması Şekil 2.3'te gösterilmektedir. İşlem, yapağıyı, her birinin çıkışında elyaftaki yıkama flottesi fazlasını uzaklaştırmak ve tekneye geri göndermek için sıkma merdaneleri veya presleri bulunan 4-8 adet yıkama teknesinden geçirerek yapılmaktadır. Temiz su en son tekneye verilmekte ve ters akım sistemi ile tekneden tekneye geçerek ilk tekneden kontrollü bir şekilde kanala boşaltılmaktadır.



Şekil 2.3: Konvansiyonel yapak yıkama makinesi
[8, Danish EPA, 1997]

Yıkama teknelerinde, yünden ter çözülerek, yağ emülsifiye olarak ve kir de süspansiyon halinde uzaklaştırılmaktadır.

Merinos yünlerinde ilk tekne, yün asıl yıkama prosesine girmeden önce suda çözülebilen terin uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla, sadece suyla doldurulabilmektedir (bu tekne genellikle "ter uzaklaştırma" olarak isimlendirilmektedir).

Yağın emülsifikasyonunu sağlamak için, yıkama teknelerine deterjan ve deterjan builder'i olarak çoğunlukla sodyumkarbonat veya başka bir alkali konulmaktadır. Deterjan ve builder'lerin konsantrasyonları genellikle ilk yıkama teknesinde en yüksektir ve sonraki teknelerde giderek azalmaktadır.
Yıkayıcılar tarafından kullanılan deterjanlar, daha ziyade alkol etoksilatlar ve alkilfenol etoksilatlar gibi sentetik non-iyonik yüzeyaktif maddelerdir. Bazı yıkayıcılar, işaretleme

mürekkeplerinin de uzaklaştırılmasını sağlamak için, çözgen destekli deterjanların da kullanılabileceğini bildirmektedirler.

Yıkamanın sonunda yapaklar sadece su içeren teknelerden geçirilerek durulanmaktadırlar.

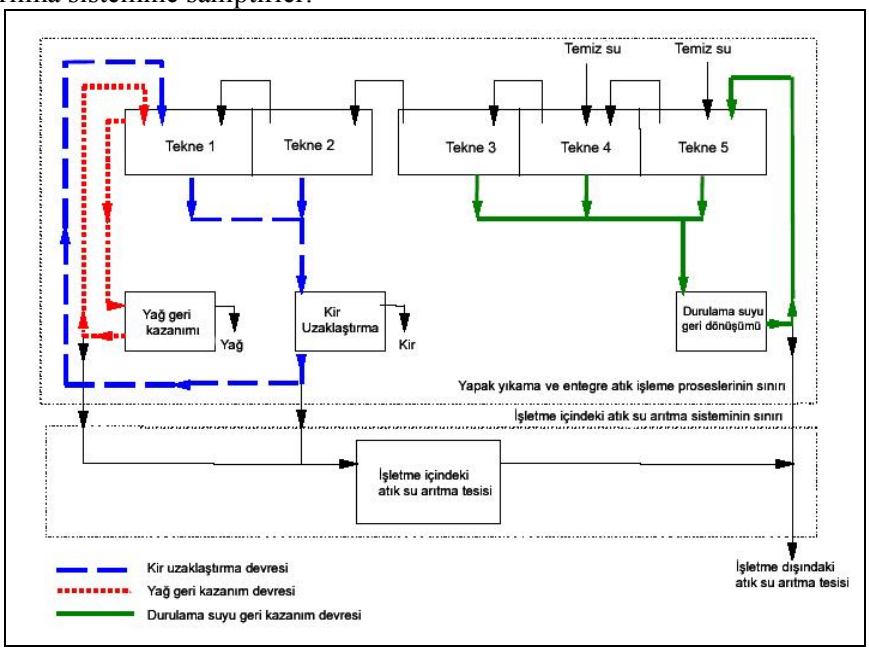
Kaba yapağı yıkama tesislerinde, yıkama hattının son teknesi bazen kimyasal işlemler için de kullanılabilmektedir. Bu durumda, son tekne ters akım sisteminden ve eğer kimyasal işlemde ekotoksik kimyasallar kullanılıyorsa, ayrıca kanalizasyon bağlantısından da ayrılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan kimyasal işlem, hidrojenperoksit ve formik veya asetik asidin tekneye eklendiği ağartma işlemidir. Bazen uygulanan diğer kimyasal işlemlerse, sentetik piretroid insektisit ve formik veya asetik asit kullanılarak yapılan güve yemezlik ile formaldehit kullanılarak yapılan sterilizasyondur (keçi kıllarında).

Yün yağının erime noktası 40 ^{o}C civarındadır. Katı yağın yünden uzaklaştırılmasının yavaş ve zor olmasından dolayı, sulu yıkama flottelerinin yağı uzaklaştırmada etkili oldukları en düşük sıcaklık 40 ^{o}C'tur. Ayriyeten, non-iyonik deterjanlar 60 ^{o}C'un altındaki sıcaklıklarda etkinliklerini hızla kaybetmektedirler ve bu nedenle yıkama ve durulama tekneleri tipik olarak 55-70 ^{o}C'da kullanılmaktadırlar.

En son sıkma merdaneleri arasından çıkan yapak % 40-60 arasında nem içermektedir. Bu nedenle bir sıcak hava kurutucusunda konveksiyon yoluyla kurutulmaktadır. Kurutucular genellikle ya indirekt buhar serpantinleriyle ya da direkt gaz ile ısıtılmaktadırlar. Kurutucunun ısıtılması ya kurutma havasının nemini veya kurutucudan çıkan elyafın nem içeriğini ölçen cihazlar yardımıyla kontrol edilebilmekte ve böylece enerji tasarrufu sağlanmakta ve yünün aşırı kurutulması engellenmektedir.

Yapak yıkayıcıların mekaniksel tasarımları ve yıkama ve durulama flottelerinin sirkülasyon düzenlemeleri büyük oranda farklılıklar göstermektedirler. Bu unsurlar, enerji ve su kullanımı, kirlerin sıvıdan kısmen uzaklaştırılması üzerinde doğrudan etkili olduklarından, bunları daha detaylı olarak açıklamak gerekmektedir.

Şekil 2.4'te gösterildiği gibi yeni jenerasyon yıkama tesisleri entegre bir yağ ve kir uzaklaştırılma sistemine sahiptirler.



Şekil 2.4: Yıkama hattı ile, bununla entegre atık işleme prosesini ve işletme içindeki atık su arıtma tesisini gösteren şematik diyagram [187, INTERLAINE, 1999]

Kir, teknenin dibine çökme eğilimindedir ve modern yıkama teknelerinin alt kısımları genellikle aşağıya doğru daralan bir yapıya sahiptir. Yerçekiminin etkisiyle dibe çöken çamur buradan bir valften geçerek dışarı akıtılmaktadır. Valfin açılması zaman ayarlı olarak yapılabileceği gibi, aşağıya doğru daralan kısma yerleştirilen kir süspansiyonunun kalınlığını takip eden bir bulanıklık ölçerden alınan sinyallere göre otomatik olarak da yapılabilmektedir. Yıkama teknesinin aşağıya doğru daralan kısmından boşaltılan sulu çamur, yerçekimi ile süzülen ve süzülen sıvının kısmen birinci yıkama teknesine geri döndüğü ve kısmen de boşaltıldığı, ağır-katı çökeltme tankına gönderilmektedir. Kirin ayrılmasına yardım etmek için ağır-katı çökeltme tankına flokülant ilave edilebilmekte veya kirlerin ayrılmasında, yerçekimi ile çökeltme yerine tercihen dekantasyon santrifüjü veya hidrosiklon kullanılabilmektedir.

Modern yıkama tekneleri yağ geri kazanımı için, içinde yünden sıkma presi ile uzaklaştırılan yağca zengin flottelerin toplandığı bir kenar tankına sahiptirler. Buradan akıntının bir kısmı bir önceki tekneye veya birinci teknede de ilk yağ santrifüjüne pompalanabilmektedir. Santrifüj flotteyi üç faza ayrıştırmaktadır. Krem olarak da isimlendirilen en üst faz yağ bakımından zengindir ve daha fazla suyun uzaklaştırması için ikinci ve muhtemelen üçüncü santrifüjlerden geçirilmekte ve sonuçta anhidrit yağını oluşturmaktadır. En alt faz kir bakımından zengindir ve ağır-katı çökeltme tankına gönderilmektedir. Ara faz ise, ilk girdiği şekliyle karşılaştırıldığında, hem yağ bakımından, hem de kir bakımından fakirleşmiştir ve bu bir kısmı birinci tekneye dönecek, bir kısmı da kanala boşaltılacak şekilde ikiye ayrılmaktadır.

Yukarıdaki geri dönüşüm tertibatının yaygın olarak kullanılan bir varyasyonunda, kir ve yağ uzaklaştırma ve geri dönüşüm devreleri kombine edilmektedirler. Bu durumda, yıkama flotteleri teknelerin yalnızca dibinden alınmakta veya üstünden ve dibinden ve önce kir uzaklaştırma donanımından, daha sonra da ilk yağ santrifüjünden geçirilmektedirler.

Bazı yıkayıcılar durulama suyunu geri kazanabilmektedir.(bkz. Şekil 2.4). İlk durulama teknesinden çıkan su, son durulama teknesine ilave etmeye uygun hale gelmesi için işleme sokulabilmektedir. Normalde bu işlem, kirlerin hidrosiklonda uzaklaştırılması ve diğer yabancı maddelerin de suyu membran filtrasyon donanımından geçirerek uzaklaştırılması şeklinde yapılmaktadır.

Normalde durulama teknelerinin alt kısmında toplanan kirli suların boşaltılması gerekmektedir, ancak bu her zaman yapılmamaktadır.

Durulama teknelerinin boşaltılması bu teknelerin etkinliğine bağlı olmaktadır. Bazı modern yıkama makineleri, boşaltımın katı dedektörleriyle kontrol edildiği durulama teknelerine sahiptirler. Ancak genelde durulama tekneleri, alt kısmındaki suları, durumları ne olursa olsun, sadece zamana bağlı olarak otomatik boşaltan sistemlere sahiptirler [208, ENco, 2001].

Yukarıda tanımlanan kir uzaklaştırma ve yağ geri kazanım devreleri çeşitli amaçlara hizmet etmektedirler. Bunlar atık suyun yıkama makinesine geri dönüşümünü gerçekleştirerek su tasarrufu sağlamakta ve işleme-entegre kısmi atık su arıtma görevi de görmektedirler. Geri kazanılan yün yağı, her ne kadar bu yan ürün için pazar durumu son birkaç yıldır çok değişken olsa da, satılabilmektedir. Son olarak, devrelerden yalnızca yoğun olarak kirlenmiş yıkama suları boşaltımı yapıldığından, bu noktalara yerleştirilen valfler ve sayaçlar yıkama ünitesinde kullanılan su miktarının kontrolü için de kullanılabilmektedirler.

Kir uzaklaştırma ve yağ geri kazanım devrelerinin performansı hakkında daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 3.2.1, 4.4.1 ve 4.4.2.

2.3.1.2 Yapak yıkama (suyla) ile ilişkili çevresel sorunlar

Bu bölümde atık su arıtma işlemleri de dahil, yapak yıkama prosesi ile ilgili tüm çevresel sorunlar incelenmektedir.

Yapak yıkama işlemi ile ilişkili temel çevresel sorunlar, sudaki emisyonlardan ileri gelmektedir. Ancak katı atıkların ve hava emisyonlarının da hesaba katılması gerekmektedir.

Su kirliliği potansiyeli

Ham yapaktaki yabancı maddelerin uzaklaştırılması sonucu oluşan atık sularda bulunan temel kirlilik oluşturan maddeler:

- süspansiyon halindeki kirler dahil, çözelti ve süspansiyon halindeki yüksek konsantrasyonlu organik maddeler
- koyunu dış parazitlerden korumak için kullanılan veteriner ilaçlarının neden olduğu mikro-kirleticiler.

Ayrıca boşaltılan atık sularda, sudaki kimyasal oksijen ihtiyacının artışına katkıda bulunan deterjanlar da bulunmaktadır. Kir uzaklaştırma/yağ geri kazanım devresinde deterjanın geri dönüşümü sağlanmaktadır. Bu nedenle de, atık sularda yüksek miktarlarda deterjan bulunmasıyla, bu geri kazanım sistemlerindeki verimin düşük olması arasında bir ilişki bulunmaktadır. Mum, kir, vs.'den ileri gelen kimyasal oksijen ihtiyacı ile karşılaştırıldığında, deterjanların suyun kirlenmesindeki katkısının daha önemsiz olduğu düşünülebilmektedir. Ancak, alkilfenoletoksilatlar gibi zararlı yüzeyaktif maddelerin deterjan olarak kullanıldığı durumlar için bu geçerli değildir (deterjanlarla ilgili çevresel sorunlar hakkında daha detaylı bilgi için bkz. Bölüm 8.1).

"Stewart, 1998"e göre, mum ve kirlerden gelen organik maddeler için atık suyun ve yağıltılı yapağının KOİ değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir:
KOİ(mg/kg) = (8267 x yün teri (%)) + (30980 x oksitlenmiş yağ (%)) + (29326 x üst tabaka yağı (%)) + (6454 x kir (%)) + 1536.

Bu eşitlikteki üst tabaka yağı ve oksitlenmiş yağ[2] için katsayıların benzer olmasından ve bir çok yünde üst tabaka yağı ile oksitlenmiş yağ miktarlarının hemen hemen eşit olmasından dolayı, yukarıdaki eşitlikteki bu iki yağ terimini aşağıdaki gibi kombine etmek mümkündür:

KOİ(mg/kg) = (8267 x yün teri (%)) + (30153 x toplam yağ (%)) + (6454 x kir (%)) + 1536

Böylece, tipik merinos ve melez (crossbred) yünlerin KOİ içeriklerini hesaplamak mümkündür:

- Merinos yünü: yün teri = % 8; yağ = % 13; kir = %15

KOİ = (8,267 x 8) + (30,153 x 13) + (6,454 x 15) + 1,536 = 556 g/kg yağıltılı yapak

- Melez yün: yün teri = % 8; yağ = % 5; kir = % 15

KOİ = (8,267 x 8)+ (30,153 x 5) + (6,454 x 15) + 1,536 = 315 g/kg yağıltılı yapak

[2] Üst tabaka yağı, yıkama flottesinden santrifüj ile kolaylıkla ayrılan okside olmamış yağdır. Oksitlenmiş yağ ise daha az hidrofobiktir ve daha zor ayrılmaktadır.

Atık suların çevre için herhangi bir zararlı etki gösterme potansiyeli olmadan çevreye deşarjı için, suda bulunan bu yüksek seviyedeki oksijen tüketici maddelerin uzaklaştırılmaları gerekmektedir.

IPPC Direktiflerine göre emisyon kontrolü için öncelikli maddeler, organik halojen ve organik fosfor bileşikleri ile biyositlerdir.

Dünyada, koyun bakımında mavi pislik sineği kontrolünde en yaygın olarak kullanılan ektoparazitisitler, diazinon (OP), propetamfos (OP), sipermetrin (SP) ve kromazindir (sinek-spesifik IGR). Diçiklanil, diflubenzuron ve triflumuron gibi haşere gelişim regülatörleri yalnızca Avustralya ve Yeni Zelanda'da kullanılmaktadırlar. Sovyetler Birliği, Orta Doğu ve bazı Güney Amerika ülkelerinden gelen yapaklarda halâ organik klor pestisitleri (özellikle hegzaklorsiklohegzan) bulunmaktadır [187, INTERLAINE, 1999] (ayrıca bkz. Bölüm 2.1.1.9).

Ektoparazitisitlerle ilgili olarak, yıkama işlemine girdiklerinde, kromazin gibi hidrofilik ve lipofilik bileşikler arasında bir ayrım yapılması gerekmektedir. Lipofilik bileşikler-OC'lar, OP'lar ve SP'ler – yün yağı ile güçlü bir şekilde birleşmekte ve yıkama sırasında bununla birlikte uzaklaştırılmaktadırlar (ancak % 4'e kadar varan bir kısmı lifler tarafından tutulmakta ve daha sonraki yaş terbiye işlemleri sırasında serbest bırakılmaktadırlar). Diflubenzuron da (IGR) bu şekilde hareket etmektedir. Yakın zamandaki çalışmalar, triflumuron'un (IGR) kısmen kirlerle, kısmen de yağlarla birleştiğini göstermektedir. Sonuç olarak diğer lipofilik bileşiklere nazaran bu pestisitlerin daha büyük kısmı işletme içinde alıkonulmakta (yün lifleri üzerinde ve geri kazanılmış yün yağı ve kir üzerinde) ve atık sulara boşaltılmamaktadırlar [103, G. Savage, 1998]. Bunların aksine, kromazin ve disiklanil gibi, IGR'ler suda önemli ölçüde çözünebilmektedirler (kromazin için 20 ^{o}C'da 11g/l) ve bu da bunların yün yağı geri kazanım sistemlerinde uzaklaştırılmadıkları anlamına gelmektedir.

Pestisit artıklarının bir kısmı da, atık su arıtma sistemlerinde uzaklaştırılmaktadırlar. Fizikokimyasal ayırma tekniklerinin biyosit artıklarını uzaklaştırma oranı, bunların birleştikleri yağ ve kirlerin uzaklaştırılma oranları ile hemen hemen aynıdır. Diğer taraftan, buharlaştırma sistemleri OC ve OP'ları önemli miktarlarda uzaklaştırmaktadırlar, ancak buharla uçucu olduklarından, OP'ların % 30'a kadar varabilen kısmı kondenzata geçebilmektedir. IGR kromazin gibi suda çözülebilen bileşikler muhtemelen, buharlaştırma işlemleri dışında, atık sulardan uzaklaştırılamamaktadırlar [187, INTERLAINE, 1999].

Bu işlemlere rağmen, genellikle pestisitlerin tamamen uzaklaştırılmaları sağlanamamaktadır ve pestisitlerin, atık suların boşaltımı ile sulu ortamlara girme potansiyelleri bulunmaktadır. Giriş sularındaki ektoparazitisitlerin çevresel konsantrasyonları büyük ölçüde yerel koşullara bağlı olup, özellikle bir su havzasındaki yapak yıkama işletmelerinin yoğunluğu ve yıkama atık suyu deşarjı ile bu atık suların gönderildiği nehir arasındaki yolda meydana gelen seyreltilme durumlarına bağlıdır.

Avrupa'nın yüksek konsantrasyonda yıkama aktivitesine sahip bölgelerinde, arıtılmış atık suların deşarj edildiği sularda yüksek konsantrasyonda pestisit bulunma riski söz konusudur. Bu durumda deşarj limitlerinin, risk tahmin modelleri baz alınarak tanımlanmaları tercih edilmektedir. Örneğin, Birleşik Krallık'ta OC'lar için zorunlu çevresel kalite standartları (EQS) ve OP'lar ile sipermetrin için zorunlu olmayan standartlar tanımlanmıştır. İşletmeler için deşarj limitlerinin ayarlanması, muamele edilen yünün tonajı ve tipik atık su sistemleri baz alınarak oluşturulan EQS hedeflerinin, önceden belirlenmiş çevresel konsantrasyonlarla karşılaştırılmasıyla sağlanmaktadır.

Yıkama işletmelerindeki deşarj limitlerinin kontrolü, farklı pestisitler için yukarıda bahsedilen su-yağ ayrışma faktörleri ile birlikte ENco Yün&Kıl Pestisitleri veritabanından

(gelen yapaktaki artıkların başlangıç miktarlarını tanımlamak için) alınan verilerin kullanımı ile sağlanmaktadır. Daha detaylı bilgi için ayrıca bkz. Bölüm 2.1.1.9 ve 3.2.1 ("Ektoparazitisitler").

Toprak kirliliği potansiyeli

Yıkama işlemleri (ve bununla ilgili atık su arıtma işlemleri) sonucunda yağ ve çamur gibi iki temel "atık" ortaya çıkmaktadır.

Oksidasyon derecesine bağlı olarak, başlangıçta ham yapakta bulunan yağların % 20 ile % 40 arasında değişen bir kısmını geri kazanmak mümkün olmaktadır. Bu yağlar, atıktan ziyade bir yan ürün olarak değerlendirilmelidirler. Zira bunlar kozmetik sanayiinde yüksek değerli ürünlerin üretimi için, lanolin üreticilerine satılabilmektedirler. Bununla beraber, yağda bulunan yüksek seviyedeki pestisit artıkları, lanolin üreticileri için de problem yaratabilmektedir. Özellikle lanolin esaslı ecza maddelerinin ve kozmetiklerin üretiminde, pestisitleri kabul edilebilir seviyelere düşürmek için daha pahalı ve daha sofistike tekniklerin kullanılması gerekmektedir. Asitle parçalanmış yağların pazar değeri yoktur ve toprağa gömerek uzaklaştırılmaları gerekmektedir.

Atık suların fizikokimyasal arıtma işlemleri sonucunda oluşan çamurlar, kir, yağ ve bu kir veya yağlara güçlü bir şekilde bağlanmış pestisit parçaları içermektedirler. Buharlaşma veya membran filtrasyonundan gelen konsantrat ve çamurlar, çoğunlukla yağ asitlerinin potasyum tuzları ve potasyumklorürden oluşan yün terini de içermektedirler. Yün teri tarımda da kullanılabilen bir yan üründür.

Çamur ve konsantratın uzaklaştırılması için çeşitli yollar izlenebilmektedir:
- yakma (ısı geri kazanımı ile)
- piroliz/gaz haline çevirme
- tuğla üretimi
- tek başına veya diğer organik materyallerle birlikte gübre oluşturma
- toprağa gömme.

İlk üç çamur uzalaştırma yönteminde, yağ ve pestisitler de dahil, çamur içindeki organik maddeler yok edilmektedirler. Yakma sonucu oluşan kül, yün terinden gelen potasyum tuzlarını ve koyunun üzerinde otlatıldığı toprakta bulunan ağır metalleri içerebilmektedir. Kül normal olarak toprağa gömerek uzaklaştırılmaktadır. Piroliz/gaz haline çevirme sonucu oluşan kömürümsü kalıntının karakteristikleri bilinmemekte ve tipik olarak bu da toprağa gömerek uzaklaştırılmaktadır. Yapak yıkanması sırasında oluşan çamurların tuğla üretiminde kullanımı sonucunda artık oluşmamaktadır. Bu üç çamur uzaklaştırma yöntemi, muhtemelen toprağı kirletme potansiyeli en düşük olan yöntemlerdir.

Yün yıkama işlemleri sonucunda oluşan çamurlar tek başlarına gübre oluşturmamakta, karbonca zengin organik materyallerin eklenmesi gerekmektedir. Bu amaçla tarımdan veya bahçıvanlıktan gelen yeşil atıklar kullanılmaktadır. Gübre oluşturma, henüz tam olarak geliştirilmiş güvenli bir teknik değildir ve bu teknikte çamur içindeki pestisitler sadece kısmen parçalanmaktadırlar. Bununla beraber, çamur içindeki pestisitler burada lipofillik yapıları ve katılar üzerine güçlü absorblanma eğilimlerinden dolayı, toprak içerisinde hareket etmemektedirler ve yapak yıkama işlemleri sonucunda oluşan çamurlardan elde edilen gübrelerin tarımsal alanlara yayılmasının önemli bir çevresel risk oluşturma olasılığı düşüktür.

Toprağa gömme, çamurların yok edilmesindeki en basit ve en ucuz metottur. Ancak toprağa gömmenin uzun vadede, ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebileceğine inanılmamaktadır. Toprağa gömülen, yapak yıkama çamurlarının akıbetinin ne olduğu bilinmemektedir, ancak süzülme sonucu oluşan çözeltiler içerisinde düşük miktarda ektoparazitisit bulunma potansiyeli söz konusudur. Çamur içindeki organik maddelerin

anaerobik parçalanması, metan emisyonlarının oluşumuna yol açmaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

Hava kirliliği potansiyeli

Hava kirliliği yün yıkama işlemleri için temel bir sorun değildir. Bununla birlikte iki sorundan bahsedilebilmektedir.

Yıkama atık sularının sülfürik asitle ısıtılmasını gerektiren sıcak asitle parçalama işlemi, yerleşim bölgelerinin yakınında uygulandığında, koku şikayetlerine neden olmaktadır.

Yakarak küle dönüştürme işlemi, fırındaki fazla ısının buharlaştırma işleminde kullanılabilmesi nedeniyle, atık suların buharlaştırılması işlemi ile bir arada gerçekleştirilmektedir. Yapak yıkama atık sularından oluşan çamurların yakılmasının havayı kirletme potansiyeli vardır. Çamurların oldukça yüksek seviyelerde klorür ve ektoparazitisitler vs.'den gelen organik bağlı klor (yün terinden gelen) içermelerinden dolayı, bunlar yakıldıkları zaman poliklordibenzodioksinler ve furanların oluşması olasılığı vardır (bu emisyonların önlenmesi için günümüzde katalitik ve yüksek sıcaklık fırınları bulunmaktadır). Çamurlar ayrıca oldukça yüksek seviyede kükürt ve azot içerdiklerinden, yanma prosesinde SO_x ve NO_x üretilmektedir. Ayrıca toz ve kokunun da hesaba katılması gerekmektedir.

2.3.1.3 Çözgenlerle yıkama ve temizleme

Yapak yıkaması için su içermeyen bir çözgenin kullanıldığı çeşitli işlemler bulunmaktadır.

Wooltech yapak temizleme sisteminde trikloretilen kullanılmakta olup, hiç su kullanılmamaktadır. Sistem Şekil 2.5'te şematik olarak gösterilmektedir.

Aşağıdaki bilgi [201, Wooltech, 2001]'den alınmıştır.

Yıkama tekneleri

Yapak balyalar halinde alınmakta, açılmakta ve daha sonra mal kabul bölgesine iletilmektedir. Hafifçe açılmış bu yapak bir dizi çözgen yıkama teknesinden (genelde 3 veya 4 tane) geçirilerek çözgen ile ters akım prensibine göre yıkanmaktadır. İşletme yönetimi ve bakımı ile doğru işletme tanziminin ve işlenen yün kalitesinin bir fonksiyonu olarak, 500 kg temiz yün elde etmek için 10 kg'a kadar çıkan miktarda çözgen eklenmektedir.

Çözgence doymuş temiz yün, son yıkama teknesinden santrifüje alınmakta ve burada çözgen konsantrasyonunun ağırlıkça % 4 civarına düşürülmektedir. Trikloretilenin yüksek yoğunluğu ve düşük yüzey gerilimi nedeniyle, bu işlemin gerçekleştirilmesinde santrifüj kullanımının oldukça etkili olduğu görülmüştür. Üzerinde düşük miktarda çözgen bulunan yün, kalan son çözgen miktarının da sıcak havayla buharlaştırıldığı kurutuculara alınmaktadır. Yıkama teknelerinden santrifüje ve kurutucuya kadar olan tüm sistem tamamen kapalı yapıdadır ve sistem havasının buhar geri kazanım sistemine boşaltılması sayesinde hafif bir negatif bir basınç (vakum) altında tutulmaktadır.

İlk yıkama teknesinden alınan çözgen, katı partiküllerin uzaklaştırılması için yüksek hızlı bir santrifüj donanımından geçirilmekte ve tekne 1'e geri gönderilmektedir. Sıvının bir kısmı, yağın uzaklaştırılması ve geri dönüşüm için daha iyi hale getirilmek üzere ayrılmaktadır.

Kirlerin ayrılması

Kir Ayırma bölümünden gelen sulu çamur, çözgenin buharlaştırıldığı (ve geri kazanıldığı) ve geride sıcak, kuru ve çözgen içermeyen bir kir akıntısının kaldığı indirekt ısıtmalı Kir Kurutucusu'na gönderilmektedir.

Kirdeki pestisit analizi sonucunda organik klor (OC) bulunmaması, 1ppm'den daha az organik fosfat (OP) ve 0,1 ppm'den daha az sentetik piretroid (SP) bulunması beklenmektedir. Bu miktarları daha da azaltmak için, sulu kir çamurunun kir kurutucusuna giderken yeni çözgenle durulamasının yapıldığı küçük bir Katı Tekne Santrifüjü'nün oldukça basit bir modifikasyonunun kullanılması gerekmektedir. Böylece yağlara bağlı pestisitler kirden uzaklaştırılacak ve buharlaştırıcıya geri gönderilerek yağ akımıyla birlikte ayrılmaları sağlanacaktır.

Çözgen buharlaştırma sistemi

Çözgenin geri dönüşümü Çözgen Buharlaştırma Sistemi'ndeki çeşitli buharlaştırma aşamaları ile sağlanmaktadır. Buharlaştırmanın ilk aşaması, çözgen geri dönüşümünün en büyük kısmını gerçekleştiren çok yönlü etkiye sahip bir buharlaştırıcıdır. Burada çözgen, tipik olarak ağırlıkça % 2 olan yağ içeriği % 20 oluncaya kadar kaynatılmaktadır (örneğin, çözgenin % 90'nı geri kazanılmaktadır). Yağda bulunabilecek tüm çözgenin geri kazanabilmesi için, her biri daha düşük basınç ve daha yüksek sıcaklıkta olmak üzere, üç aşamalı bir buharlaştırma yapılmasının uygun olduğu saptanmıştır. Buharlaştırma aşamasında çözgenin yağda ağırlıkça % 1'den daha az çözgen kalana kadar buharlaştırılması pratik olmakta ve bu da bu aşamada çözgenin % 99,98'inin geri kazanımına karşılık gelmektedir.

Buhar geri kazanım ünitesi

Çözgenin geri kazanıldığı diğer bölgeler: buharın kir kurutucusundan çıktığı, çözgence yüklü havanın yün kurutucusundan çıktığı ve yıkama tekneleri bölgesindeki/yün santrifüjündeki/yün kurutma bölgesindeki çözgenle doymuş havanın ekstrakte edildiği yerlerdir. Bu bölgelerden gelen birleştirilmiş akım, Buhar Geri Kazanım Ünitesi'ne gönderilmektedir. Bu ünite, arkasında aktif karbon adsorbsiyon geri kazanım sistemi bulunan, soğutulmuş ana toplama sistemini içermektedir.

Çözgenin yok edilmesi

Daha önce de belirtildiği gibi, Wooltech yapak temizleme sistemi yıkama prosesinde hiç su kullanmamaktadır. Ancak çözgen sistemi içine küçük bir su akışı bulunmaktadır. Bu su, yündeki ve havadaki nemden ve vakum yükseltme teçhizatındaki bazı girdilerden (buhar kovucular) kaynaklanmaktadır. Yapağı ve buhar nemi olarak bilinen bu su, çözgen geri kazanım bölümünde, yerçekimi ile temiz çözgenden ayrılmaktadır. Çözgenin bu sudaki çözünürlüğünün düşük olmasına rağmen, çözgence doymuş olması nedeniyle, sudaki çözgen iki adımlı bir proses ile uzaklaştırılmaktadır.

İlk adımda, yapağı ve buhar neminde bulunan küçük miktardaki çözgen, suyu ısıtıp hava ile Çözgen Hava Sıyırma Ünitesi'ne taşınmaktadır. Bu yoğuşturularak ve daha sonra buhar geri kazanım ünitesinden geçirilerek küçük bir çözgen akıntısı geri kazanılmaktadır.

İkinci adımda da, yapağı ve buhar neminin sıyrılmasından sonra kalan çözgen kalıntıları, Fenton reaksiyonuna (demir ve hidrojenperoksit arasındaki redoks reaksiyonu) dayanan bir serbest radikal işlemi uygulanarak uzaklaştırılmaktadır. Çözgen Kalıntılarını Bozuşturma Ünitesi'nde uygulanan Fenton efekti sayesinde, sudaki tüm çözgen kalıntılarının oksidasyon/de-halojenasyon yoluyla bozuşturularak eleminasyonu etkili bir şekilde

sağlanmaktadır. Çözgen, hidrojenperoksitle muamele sonucu, klorür iyonları, karbondioksit ve suya ayrışmaktadır. Deşarjdan önce suyun nötralizasyonu için önlemler alınmalıdır. Yok etme prosesindeki ince detaylar gizlidir, ancak gelişmiş Fenton Efekti'ni kullanan proseslerin kullanımı artık iyice oturmuştur.

Wooltech tesisinde başka bir atık kaynağı ise, bakım faaliyetlerinden veya geri kazanılan döküntülerden gelen kirlenmiş sıvıdır. Bu sıvılar işlem suyuna çok benzeyen bir yöntemle muamele edilmektedirler. Bakım/Dökülenlerin Geri Kazanımı ve Geri Dönüşümü'nün ilk adımı, sudaki çözgenin büyük kısmının kaynatılarak geri kazanılmasıdır. Son olarak, az miktarda çözgen içeren su, Çözgen Kalıntılarını Bozuşturma Ünitesinde işleme sokulmaktadır.

Geliştirilmiş Fenton Prosesi Çözgen Kalıntılarını Bozuşturma Ünitesi'nin sudaki zararlı maddeleri (çözgenleri, parçalanma ürünlerini ve suda çözülebilen pestisitleri içeren) sıfıra yakın derecede azaltması beklenmektedir. Bu durum, Avrupa Su Çerçeve Direktifi ile (yüzey suları için) ve OSPAR tarafından saptanan uzun vadeli (2020) hedeflerle de (deniz çevresinin korunması) uyum göstermektedir.

Hava emisyonları

Havadaki trikloretilenin (TCE) baca emisyonları, sulu aktif karbon bulamacı içeren sıyırma sıvısı kullanılarak yeni UOB (VOC) yönetmeliklerine uygun bir şekilde 2 ppm'in altına düşürülmektedir. Bu sıvı daha sonra yukarıda özetlendiği gibi Çözgen Kalıntılarını Bozuşturma Ünitesi'nde muamele edilecektir. Ancak bilinmesi gereken bir nokta da, TCE'nin oldukça kararsız bir bileşik olduğu ve havadaki ultraviyole radyasyonunun etkisiyle foto-indüklenen serbest radikaller tarafından hızlı bir şekilde parçalandığıdır. Parçalanmada etkili olan hidroksil radikalleri, yukarıda tanımlanan sıvı muamelesinde kullanılanlarla aynıdır.

Yardımcı su

Yaklaşık 11 kg/h'lik kaynatma debisine sahip küçük bir kaynatma ünitesinde kullanılmaktadır. Kaynatıcıdaki suyun kalitesi, yerel su kaynaklarının özelliklerine bağlıdır.

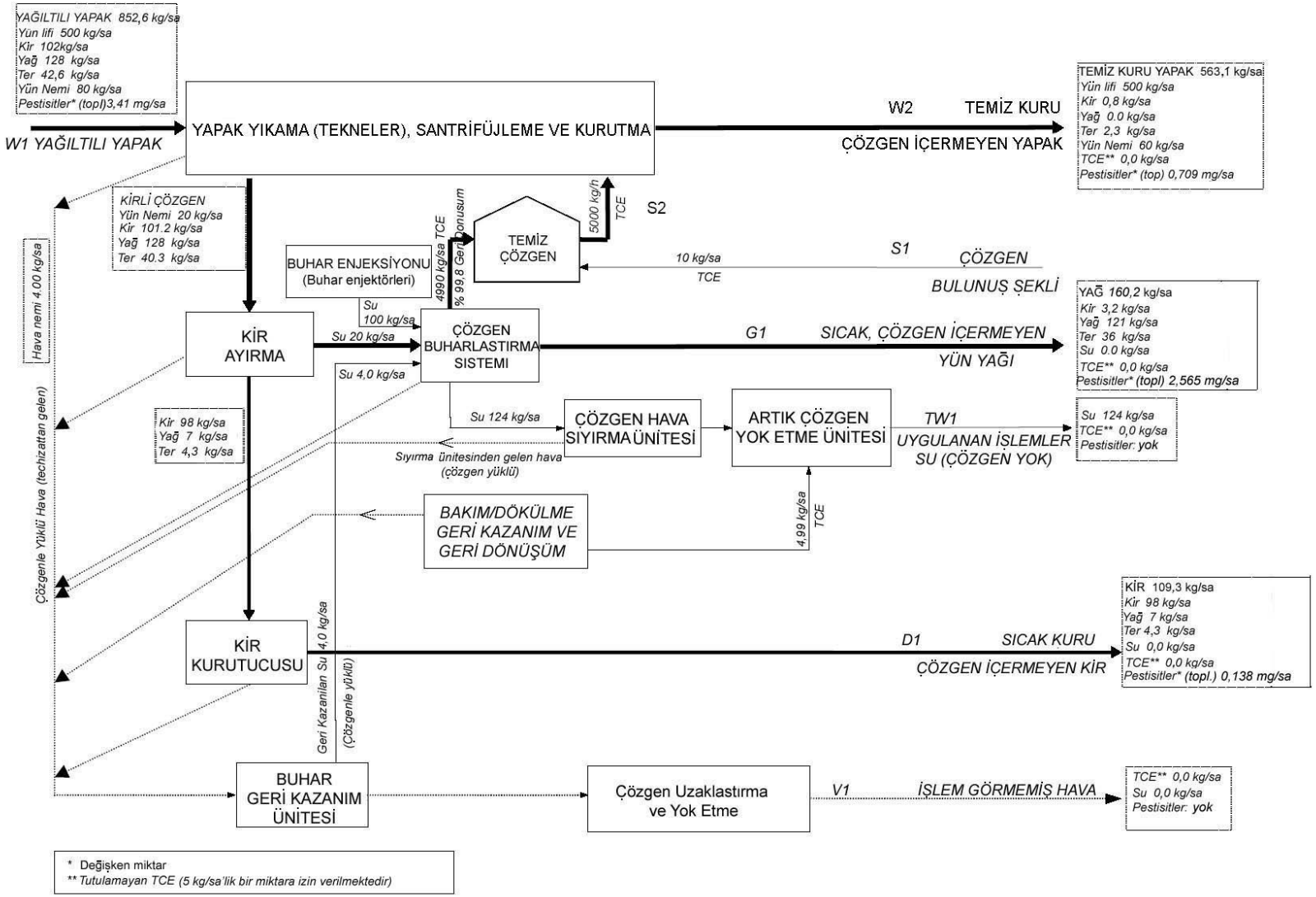
Enerji tüketimi

Yıkama prosesindeki elektrik tüketimi (emisyonlara uygulanan işlemler hariç) kg yağıltılı yapak başına 0,243 kWh dır. Doğal gaz tüketimi de, kg yağıltılı yapak başına 0,79 MJ'dur.

2.3.1.4 Yapak yıkama (organik çözgenle) ile ilgili çevresel sorunlar

Yukarıda tanımlanan Wooltech sistemi çözgen olarak trikloretilen kullanmaktadır. Trikloretilen biyolojik olarak elemine edilemeyen ve dayanıklı bir maddedir (trikloretilen EPER listesinde yer almaktadır). Bu çözgenin, dökülüp saçılma, lif üzerindeki kalıntılar, vs. gibi hesaba katılmayan kayıpları eğer çözgen uygun bir şekilde yok edilmezse, toprakta ve yeraltı suları kirliliğinde bir seri probleme yol açan yayılma emisyonlarına neden olmaktadırlar.

Su ve enerji tüketimleri ile ilgili olarak, Wooltech sistemi, su kullanan tipik yapak yıkama işlemlerine nazaran daha düşük tüketim seviyeleri göstermektedir. Bu işlemin girdileri ve çıktıları arasındaki denge daha ayrıntılı bir şekilde, Bölüm 3.2.2'de açıklanmaktadır.



Şekil 2.5: Wooltech prosesinin basitleştirilmiş şeması

2.3.2 Pamuk ve keten

Ham pamuk, yünden çok daha temiz bir ham liftir ve başlangıç işlemleri genelde kuru yapılmaktadır. Lifler iplik işletmesine preslenmiş balyalar halinde alınmaktadır. Lifler derecelerine göre ayrılmakta, kir partiküllerini uzaklaştırmak için temizlenmekte ve farklı balyalardan gelen lifler, lif karışımının homojenliğini geliştirmek amacıyla harmanlanmaktadır. Ayırma ve temizleme işlemleri, harman hallaç olarak bilinen makinelerde yapılmaktadır.

Ketende, liflerin keten saplarından ayrılması farklı basamaklarda yapılmaktadır. Mahsulün toplanmasından (koparma) sonra keten havuzlanmaktadır (çiy havuzlaması, su havuzlaması, enzimatik, mikrobiyotik, buharlı veya kimyasal havuzlama). Havuzlama, atık suyunda yüksek seviyede KOİ ve BOİ'na sebep olan yaş bir işlemdir: bu aşamada pektinik ve hemiselülozik maddeler parçalanmaktadırlar. Eğirmeden önce yapılan mekanik işlemlerle fitiller oluşturulmaktadırlar.

2.3.3 İpek

İpek üretimi için ipek böceği buhar ile öldürülmekte ve filament kozadan direkt olarak sağılmaktadır. İpek zamkının ve diğer organik safsızlıkların uzaklaştırılması için, filamentlere ön terbiye işlemleri uygulanmaktadır (bkz. Bölüm 2.6.3).

2.4 İplik imalatı

Tekstil esaslı konfeksiyon ürünlerinin tamamına yakını, % 100 doğal lifler, % 100 kimyasal kesikli lifler veya bunların karışımlarından üretilmektedirler. Yalnızca birkaç konfeksiyon ürünü, örneğin kaygan yüzeyli spor giysiler tamamen filament ipliklerden yapılmaktadırlar (bununla beraber genellikle tekstüre edilmiş multifilament iplikler ile bir veya daha fazla eğrilmiş iplikten yapılan kumaşların kullanımı da gittikçe artmaktadır).

İplik üretimi, kesikli liflerin tekstil sanayii için uygun iplikler haline dönüştürüldüğü işlemdir. İki temel eğirme yöntemi bulunmaktadır:

- yün eğirme yöntemi
- pamuk eğirme yöntemi.

2.4.1 Yün (uzun elyaf) iplikçiliği

Yün iplikçiliği, temel olarak yün ve yün karışımı ipliklerin üretiminde kullanılmaktadır. Yün iplikçiliğinde kamgarn ve ştrayhgarn işlemleri olarak bir ayrım yapılabilmektedir. Kamgarn eğirme işleminde, daha kaliteli ve daha uzun lifler kullanılmakta ve sonuçta kamgarn kumaş üretiminde kullanılan ince iplikler elde edilmektedir. Ştrayhgarn eğirme işleminde ise daha kısa lifler kullanılmaktadır.

Kamgarn işleminde lifler tarama makinasında paralelleştirilmekte, daha sonra çekilmekte ve eğrilmektedirler. Ştrayhgarn sisteminde ise lifler sadece taraklanmakta ve daha sonra eğrilmektedirler. Daha sonra elde edilen ipliğe katlı büküm verilmekte (eğer gerekiyorsa) ve son olarak da iplikler bobinleme adı verilen işlem ile takip eden işlemlere (boyama, dokuma, tafting, vs.) hazırlanmaktadırlar.

Kamgarn ve ştrayhgarn sistemlerinin her ikisinde de çeşitli lifler (örneğin, farklı kaynaklardan gelen yün lifleri, farklı tip sentetik lifler) harmanlama işlemiyle bir araya getirilmektedirler. Daha sonraki işlemlerde mekaniksel proseslerin etkili bir şekilde yapılmasını sağlamak için bu aşamada (veya daha sonra, uygulanan sisteme de bağlı olarak taraklamadan önce veya sonra), liflere harman yağları uygulanmaktadır.

2.4.2 Pamuk (kısa elyaf) iplikçiliği

Pamuk iplikçiliği genellikle pamuk lifleri ve kimyasal lifler için kullanılmaktadır. Bölüm 2.3.2'de de belirtildiği gibi, pamuk lifleri ilk olarak açma ve temizleme (harman hallaç) işlemlerinden geçirilmektedir. Pamuk ve sentetik lifler için aynı olan daha sonraki işlem adımları ise şöyledir:

- taraklama
- tarama
- çekim
- fitil oluşturma
- eğirme
- katlı büküm (eğer gerekiyorsa)
- bobinleme.

2.4.3 Çevresel sorunlar

Eğrilmiş iplik üretimi sırasında liflere uygulanan preparasyon maddeleri (kondisyonlama maddeleri ve harman yağları), tekstil zincirinin daha sonraki terbiye adımlarında önemli çevresel sorunlara neden olmaktadırlar. Lif çekimi sırasında (kesikli kimyasal liflerde) ilave edilen preparasyon maddeleri ile beraber bu yardımcı maddelerin de genellikle boyama öncesinde tamamen uzaklaştırılmaları gerekmektedir ve bunlar yüksek sıcaklık işlemleri sonucu oluşan atık havada veya yaş işlemlerde kullanılan sularda bulunabilmektedirler. Birinci durumda hava kirliliğinde artışa yol açarlarken, ikinci durumda nihai atık sulardaki organik yüke katkıda bulunmaktadırlar.

Harman yağları sadece madeni yağlar gibi, biyolojik olarak parçalanması zor organik maddelerin emisyonlarından sorumlu olmayıp, ayrıca poliaromatik hidrokarbonlar, APEO ve biyositler gibi zararlı birleşiklerin emisyonlarından da sorumlu olabilmektedirler.

Oluşan kirlilik, life uygulanan yağın cinsine ve miktarına bağlıdır. Örneğin yün iplikçiliğinde taraklanmış iplikten (ştrayhgarn yöntemi) üretilen kumaşlarla, taranmış iplik (kamgarn yöntemi) kullanılarak imal edilen kumaşlar arasında bir ayrım yapılmalıdır. Burada yalnızca mekaniksel açıdan değil, kullanılan lubrikantların miktarı açısından da önemli bir farklılık bulunmaktadır. Bu miktar, ştrayhgarn prosesinde yaklaşık % 5 ve kamgarn yönteminde de daima % 2'den azdır (halı ipliği için ştrayhgarn prosesinde kullanılan lubrikant miktarı % 1 ile % 1,5 arasında değiştiğinden, bu durum sadece tekstiller için geçerlidir).

Sentetik liflerde (kesikli lifler) ise, iplik imalatı aşamasında aplike edilen preparasyon maddelerinin miktarı, özellikle nihai preparasyon maddeleri (daha ziyade silikon yağları) içeriğinin lif ağırlığının % 7'si kadar olduğu elastomer liflerinde önemlidir.

Harman yağlarının bileşimi hakkında ek bilgi Bölüm 8.2'de verilmektedir. Ancak ticari ürünlerin çeşitliliğinden dolayı, bu maddelerin kullanımı ile ilgili çevresel durumları ayrıntılı bir şekilde analiz etmek zordur. İplikhaneler lubrikantları genellikle, kimyasal ürünleri büyük petrokimyasal madde üreticilerinden alıp iplik işletmelerinin özel ihtiyaçlarına göre karıştıran satıcılardan almaktadırlar. Bu da iplik üzerindeki kimyasal maddelerin, terbiye işletmesine girdiğinde tanımlanmasını daha da zor bir hale getirmektedir.

2.5 Kumaş üretimi

Kumaş üretimi için ham maddeler, kesikli iplikler ve filament ipliklerdir. Bu ham maddeler daha sonra şu formlara dönüştürülebilmektedir:

- dokuma tekstiller
- örme tekstiller
- zemin örtüleri ve non-woven kumaşlar.

Bunlardan sonuncusu, çoğu halı sanayiine özgü bulunan birçok farklı nihai ürünü kapsamaktadır.

2.5.1 Dokuma tekstiller

2.5.1.1 Çözgü çekme

Dokuma işleminden önce çözgü iplikleri, çözgü çekme olarak isimlendirilen bir işlemde leventlere sarılmaktadırlar. Bu işlem sırasında, daha sonra yapılacak terbiye işlemlerindeki emisyonlar üzerinde olumsuz etkisi olabilecek hiçbir yardımcı madde kullanılmamaktadır.

Bazı durumlarda (yünlü işletmelerinde) çözgü iplikleri haşıllanmamakta, fakat sıvı parafin ile işleme sokulmaktadırlar.

2.5.1.2 Haşıllama

Dokuma işlemi sırasında çözgü ipliklerini kayganlaştırmak ve korumak için, çözgü çekme işleminden sonra bunlara haşıl maddeleri (sulu çözelti veya sulu dispersiyon halinde) aplike edilmektedir. Temel haşıl maddeleri iki sınıfta gruplandırılabilmektedirler:

Doğal polisakkarit esaslı haşıl maddeleri:

- nişasta
- karboksimetilnişasta veya hidroksietilnişasta eteri gibi nişasta türevleri
- selüloz türevleri, özellikle karboksimetilselüloz (CMC)
- galaktomannanlar
- protein türevleri.

Tam sentetik polimerler

- polivinil alkoller (PVA)
- poliakrilatlar
- polivinilasetat
- poliester.

Sentetik haşıl maddelerinin doğal haşıl maddelerine olan oranı farklılıklar göstermektedir (örneğin, Almanya'da yaklaşık 1:3 [179, UBA, 2001], İspanya'da 1:4-1:5 [293, Spain, 2002]).

Aşağıdakilerin akılda tutulması önemlidir:
- kullanılan haşıl maddesinin cinsi, işleme sokulan liflere, kullanılan dokuma tekniğine ve varsa haşıl maddelerinin geri dönüşümü için kullanılan sistemin gereksinimlerine göre farklılık göstermektedir
- haşıl maddesi formülasyonları genellikle yukarıda belirtilen maddelerin bir karışımı şeklindedir.

Pamuklularda haşıl flottesinde ilave yardımcı maddeler de bulunmaktadır. Bunların başlıcaları [186, Ulmann's, 2000]:
- viskozite düzenleyicileri: nişastanın hidroksil grupları ile boraks arasındaki kompleks oluşumu patın viskozitesini artırırken, üre azaltmaktadır. Önemli viskozite

düzenleyicileri arasında peroksidisülfatlar, peroksisülfatlar gibi, makromolekülleri oksidatif olarak parçalayıcı rol üstlenen nişasta parçalayıcıları yer almaktadırlar
- haşıl yağları: çözgü ipliğinin dokuma sırasındaki davranışını geliştirmek için kullanılmaktadırlar. Uygun materyaller, sülfatlanmış katı ve sıvı yağlar ve yağ asidi esterleri ile non-iyonik ve anyonik emülgatörlerin karışımlarını içermektedirler
- antistatik maddeler (genelde poliglikol eterleri esaslı)
- ıslatıcılar: düşük etoksilasyon derecesindeki yağ alkolleri poli (glikol eterler)
- köpük kesici maddeler: eğer haşıl maddeleri köpük oluşturma eğiliminde ise (örneğin PVA ile) veya ıslatıcı ilave edildiğinde, çoğunlukla bu maddelerin ilavesi de gerekmektedir. Uygun ürünler, parafin yağları, fosforik esterler, yağ asidi esterleri veya silikon yağları esaslıdırlar
- koruyucular: nişasta ve nişasta türevleri gibi parçalanabilen bileşikler içeren ve uzun süre depolanacak olan haşıl flottelerine fungusitler ve/veya bakterisitler eklenmektedir. Tipik koruyucular, formaldehit, fenol türevleri ve izotiazolin tipi heteroçiklik bileşikler içermektedirler.

Sentetik lifler için kullanılan haşıl maddeleri (örneğin poliakrilatlar, poliesterler), sulu sistemler kullanıldığında söz konusu olan bakteri zararını önleyici koruyucular dışında kalan yardımcı maddeleri içermemektedirler.

Haşıl maddeleri, dokuma firmaları tarafından eklenmekte, ancak terbiyeciler tarafından uzaklaştırılmaları gerekmektedir (haşıl sökme olarak isimlendirilen işlem ile). Haşıl sökme işlemi sonucunda yüksek miktarda atık su yükü oluşmaktadır. Dokuma kumaşlarda haşıl maddeleri, atık sudaki toplam KOİ yükünün % 30-70'ini oluşturabilmektedir. Bu oran, daha ziyade düz filament ipliklerden dokunmuş kumaşların terbiye işlemlerinde düşükken, özellikle pamuk gibi kesikli liflerde ve doğal haşıl maddelerinin kullanıldığı durumlarda daha yüksek olmaktadır. Bu nedenle, bu maddelerin KOİ değerlerinin ve biyolojik olarak parçalanabilirlik ve elemine edilebilirlik özelliklerinin bilinmesi önem taşımaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta da, formülasyonlarda bulunan katkı maddelerinin (örneğin koruyucuların) oluşan emisyonların su toksisitesini ve biyolojik olarak parçalanabilirliklerini etkilemesidir (toksisite ve biyolojik olarak parçalanabilirlik, sadece KOİ ölçümleri kullanılarak ayırt edilememektedir).

Bölüm 8.3'te:
- haşıl maddeleri olarak yaygın bir şekilde kullanılan kimyasal maddelerin özellikleri ve özgül KOİ ve $BOİ_5$ değerleri
- çeşitli liflerde kullanılan tipik miktarları

hakkında daha detaylı bilgi verilmektedir.

2.5.1.3 Dokuma

Dokuma, ipliklerin bir tezgah üzerinde bir araya getirildiği ve dokunmuş kumaşların elde edildiği işlemdir. İşlemde sadece elektriğe ihtiyaç duyulmaktadır. Lubrikantlar ve yağlar tezgahı yağlamak için kullanılmakta, ancak bazı özel durumlarda kumaşı da kirletebilmektedirler.

2.5.2 Örme tekstiller

2.5.2.1 Parafinleme

Örmeciliğe uygun olarak üretilen iplikler, örmenin yüksek hızlarda yapılmasını sağlamak ve ipliği mekaniksel etkilerden korumak için kayganlaştırılmakta veya mumlanmaktadırlar (genellikle parafin mumu ile). Parafinleme ipliğin bobinlere aktarıldığı "örme hazırlık" işlemleri sırasında yapılabilmektedir.

2.5.2.2 Örme

Bir seri iğne ile ipliklerin birbirlerine bağlanmasını sağlayan örme işlemi, dokuma gibi mekaniksel bir işlemdir. İğnelerin ve örme makinesinin diğer parçalarının yağlanması için, yaygın olarak madeni yağlar kullanılmaktadır. Kullanılan yağ miktarı, örme makinesinin teknolojisine ve iğnelerin hızına bağlıdır. Bu miktar, kumaş ağırlığının % 4'ü ile % 8'i arasında değişmektedir (madeni yağlar kullanıldığında, bu miktar % 10'a kadar çıkabilmektedir).

Örülmüş kumaş üzerinde kalan yağ ve mum, terbiye işlemleri sırasında yıkanarak uzaklaştırılmaktadır. Bunların terbiye işletmelerinden gelen toplam kirlilik yüküne olan katkısı önemli olabilmektedir.

Örme yağları hakkında ek bilgi Bölüm 8.2.5'te verilmektedir.

2.5.3 Tekstilden zemin döşemelikleri

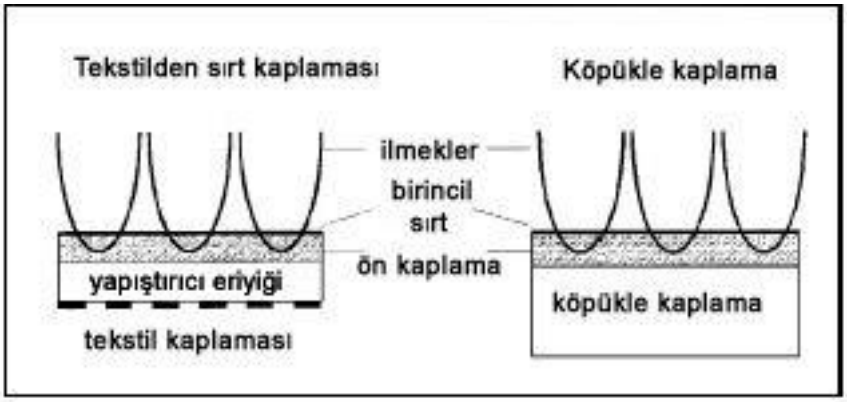
Tekstilden zemin döşemelikleri, kullanılabilir bir tekstil materyali yüzeyine sahip ürünlere verilen ortak isimdir. Kumaşların bu özel sınıfı, şematik olarak aşağıda belirtilen tabakalardan oluşan kompozit ürünler şeklinde tanımlanabilmektedirler:

- *taşıyıcı tabaka,* daha ziyade polipropilen şeritlerinden üretilen kumaşlardan (% 75), PP veya PES dokulardan (sırayla % 16 ve % 8) ve daha az yaygın olarak jüt kumaşlardan (% 1) yapılmaktadır [18, VITO, 1998]
- *hav ipliği (veya daha özel olarak yüzey elyafı),* eşit miktarlarda filament veya kesikli lif ipliklerinden (daha ziyade polipropilen, poliamid, poliester, yün, akrilik liflerinden) yapılabilmektedir.
- *ön-kaplama tabakası* tipik olarak tafting halılarda bulunan ve havları taşıyıcı tabakaya bağlayan tabakadır. Bu kaplama tabakası, sentetik kauçuktan veya karboksillenmiş stiren-bütadien kauçuğu lateksi esaslı yapay dispersiyondan yapılmaktadır.
- *laminasyon tabakası,* halının alt yüzüne uygulanan ek bir tabakadır. Köpükle laminasyon, tekstilden sırt laminasyonu ve ağır kaplama metodları arasında bir ayrım yapmak mümkündür. Bu son tabakanın uygulanış amaçları çeşitlidir. Ağırlıklı olarak amacı hav ipliklerinin tutunma sağlamlıklarını arttırmak, halının boyut stabilitesini geliştirmek ve halıya kaymazlık, ısı yalıtımı, yaylanma elastisitesi ve hatta güç tutuşurluk gibi özelliklerin kazandırılmasıdır (halı kaplama teknikleri, Bölüm 2.11'de terbiye işlemleri anlatılırken daha detaylı olarak açıklanmaktadır).

Yukarıdaki bilgiler çok genel bir tanımlamadır. Gerçekte, nihai ürünün özellikleri ve uygulanan imalat teknikleri büyük ölçüde farklılıklar gösterebilmektedirler. Temel halı/zemin döşemeliği imalatı yöntemleri: tafting, dokuma ve iğnelemedir (diğer yöntemler ise düğümleme, yapıştırma, örme vs.'dir). Bu teknikleri tanımlamanın belki de en iyi yolu, farklı tip halıların tanımlanmasıdır.

2.5.3.1 Tafting halılar

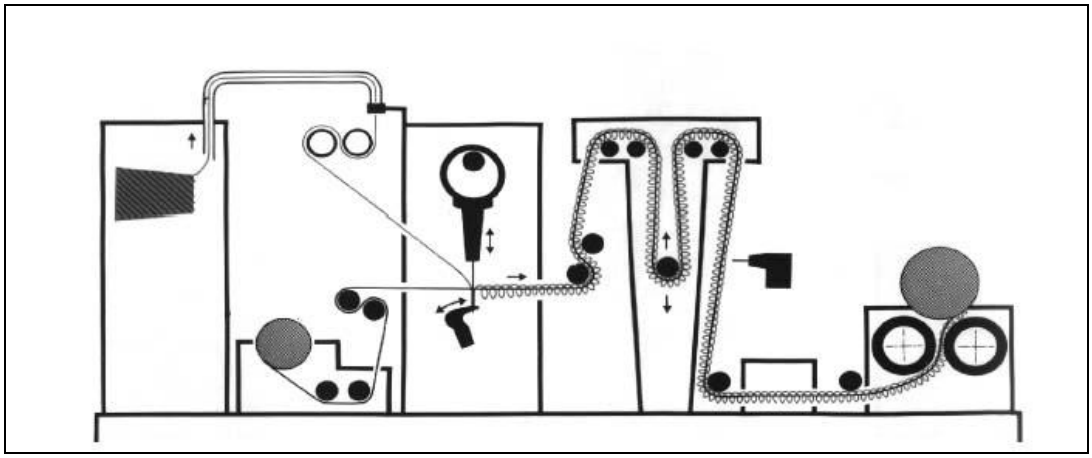
Şekil 2.6'da da gösterildiği gibi, tafting halılar şu farklı elemanlardan oluşmaktadırlar:
- yüzey iplikleri (hav), kesikli liflerden (PA, PP, PES, PAC, yün ve pamuk) veya sentetik filamentlerden oluşabilmektedirler
- birincil sırt (taşıyıcı tabaka)
- ön kaplama tabakası
- sırt kaplama tabakası (tekstilden sırt kaplamasını veya köpük kaplama tabakasını içerebilmektedir).



Şekil 2.6: Tafting halının enine kesiti
[63, GuT/ECA, 2000]

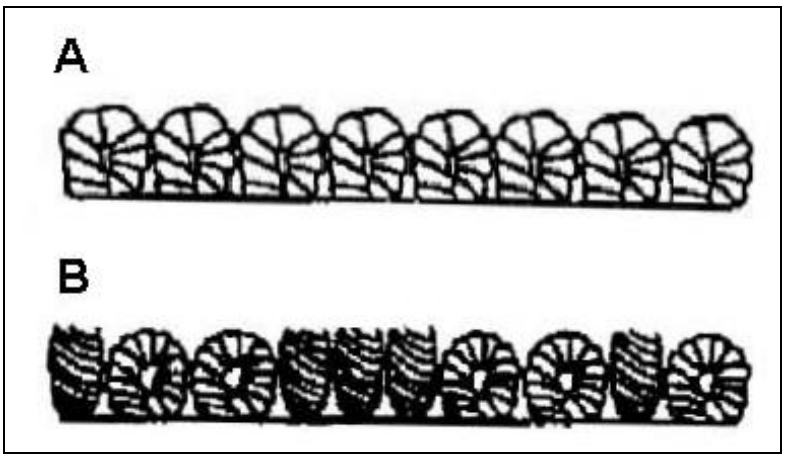
Tafting yönteminde hav iplikleri (üst yüzey), polipropilen, poliester veya jütten yapılan dokuma veya non-woven taşıyıcı materyalin (birincil sırtın) içine tüm eni (5 m'ye kadar) boyunca iğnelerle sokulmaktadırlar. Daha sonraki imalat işlemleri sırasında uygulanan kaplama sayesinde, hav ipliğinin alt kısmı halının arka yüzüne bağlanmaktadır.

Şekil 2.7 bir tafting tesisinin basitleştirilmiş gösterimidir.



Şekil 2.7: Bir tafting tesisinin basitleştirilmiş gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

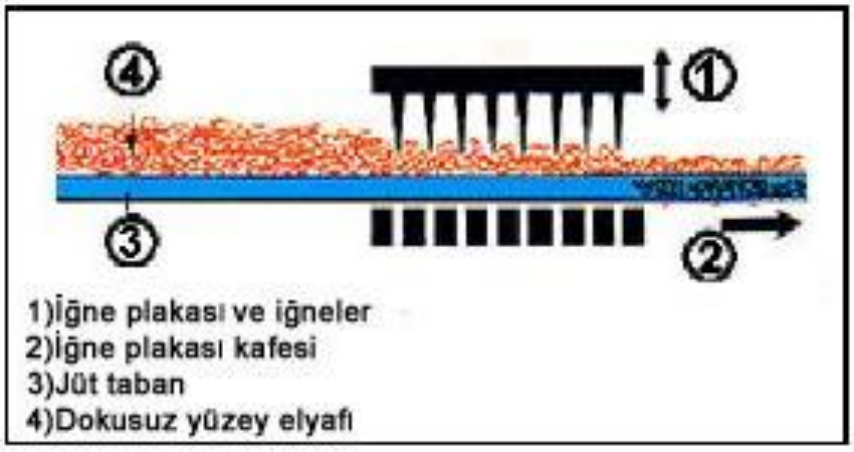
Tafting tekniğindeki değişimlerle, çeşitli üç boyutlu hav yapıları ve hatta desenli halılar bile oluşturulabilmektedir (örneğin, düzgün ilmekli havlar, çok seviyeli havlar, velur ve bukle, kadife ve velur, sakson).



Şekil 2.8: A: Düzgün ilmekli havlar; B: Velur ve bukle ilmek
[63, GuT/ECA, 2000]

2.5.3.2 İğneleme yöntemiyle elde edilen halılar

Şekil 2.9, iğneleme yöntemiyle halı imalatı yöntemini göstermektedir. Lifler birbirlerine çapraz konumda yerleştirilmekte ve iğnelerle sıkıştırılmaktadır. Bu sıkıştırma, bağlayıcı maddelerle fikse edilmektedir [18, VITO, 1998]. İğneleme yöntemiyle elde edilen halılar, taşıyıcı tabaka ile veya taşıyıcı tabaka olmaksızın bir veya birkaç tabakadan oluşabilmektedirler. Bu halılar çeşitli sırt kaplama tipleri ile donatılabilmektedirler (tekstilden sırt laminasyonu, köpük, ağır kaplama). Liflerin kalıcı bir şekilde bağlanması için, iğnelenmiş materyale daha sonra ısıl veya kimyasal işlem (kimyasal sabitleştirme) uygulanmaktadır.

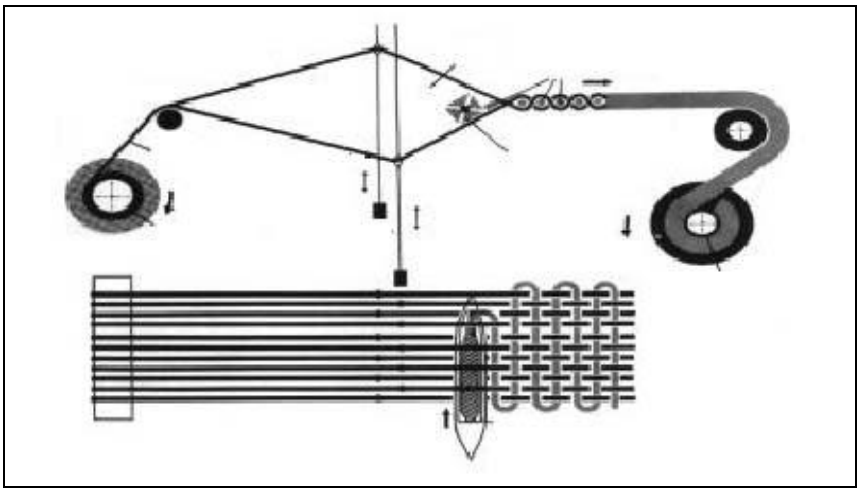


Şekil 2.9: İğneleme yöntemiyle halı imalatı
[63, GuT/ECA, 2000]

Hemen hemen bütün lifler iğneleme yöntemiyle halı üretiminde kullanılabilmekteyse de, çoğunlukla kimyasal lifler kullanılmaktadır (PP, PA, PES, PAC, yün, jüt/sisal, viskon).

2.5.3.3 Dokuma halılar

Dokuma halıların imalat işlemi, diğer dokuma ürünlerinin imalatına benzemektedir. Dokuma halılarda kalın iplikler kullanıldığından, çözgü iplikleri normal olarak haşıllanmamaktadırlar. Dokuma halılar için üretim prosesinin şeması, Şekil 2.10'da gösterilmektedir.



Şekil 2.10: Dokuma halılar için üretim prosesinin gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

Kural olarak dokuma halılara stabilizasyon sağlayıcı bir sırt kaplaması uygulanmaktadır. Sadece nadir durumlarda ek olarak bir ağır kaplama uygulanmaktadır (örneğin PVC veya katran).

2.5.4 Non-woven tekstil ürünleri

İplik üretimi ara basamağı olmaksızın imal edilen tekstil yüzeyleri non-wovenlar olarak isimlendirilmektedir. Bu tekstil yüzeylerinin kullanımı, kaplamalar için zeminlerden, filtrelere, jeotekstillere ve bulaşık bezleri, vs. gibi diğer teknik tekstillere kadar çok geniş bir alanı kapsamaktadır.

Dokusuz yüzeylerin fabrikasyonunda tek önemli çevresel etki, termal ve kimyasal yapıştırma adımlarında yayılan atık gazlardır. Uçucu bileşikler daha ziyade, lif monomerleri (özellikle kaprolaktam), bağlayıcı polimerlerin içindeki monomerler, vs.'den kaynaklanmaktadırlar.

2.6 Ön terbiye

Ön terbiye işlemleri:

- liflerin üniformitesini, hidrofil karakterini ve boyarmadde ve terbiye maddelerine karşı afinitelerini arttırmak amacıyla yabancı maddelerin liflerden uzaklaştırılmasını
- boyarmaddeleri düzgün bir şekilde absorblayabilme yeteneğinin iyileştirilmesini (merserizasyonda olduğu gibi)
- sentetik liflerde iç gerilimlerin relaksasyonu (gerilimlerin bu relaksasyonların sağlanmadığı durumlarda düzgünsüzlük ve boyut stabilitesizlikleri oluşabilmektedir)

sağlamalıdır.

Ön terbiyenin üretim akışındaki yeri, boyama işleminin üretim akışındaki yeri ile yakın bir ilişki içerisindedir ve boyamadan (baskıdan) hemen önce gelmektedir.

Ön terbiye işlemleri ve yöntemleri şu hususlara bağlıdır:
- terbiye görecek lifin cinsine: Pamuk, yün, keten ve ipek gibi doğal liflerden yapılmış materyallere uygulanacak teknik işlemler, sentetik ve suni liflerden yapılmış materyallere uygulanacak olanlardan daha zordur. Doğal lifler aslında daha sonraki işlemler ile müdahale edilebilecek yüksek miktarda madde içermektedirler. Sentetik lifler genellikle sırası ile sadece preparasyon maddeleri, suda çözülebilen sentetik haşıllar ve toprak içermektedirler.
- liflerin bulunuş şekline (açık elyaf, iplik, dokuma ya da örme kumaş)
- işlem görecek materyalin miktarına (örneğin kontinü yöntemler daha verimli olmakla beraber ekonomik açıdan sadece büyük miktardaki üretimler için uygundurlar).

Ön terbiye işlemleri genellikle boyamada kullanılan ile aynı tip makinelerde gerçekleştirilmektedirler (özellikle çektirme yöntemine göre uygulanan kesintili yöntemlerde, materyalin ön terbiye işlemi, çoğunlukla daha sonra boyamanın da yapılacağı makinede gerçekleştirilmektedir). Dokümanın bu kısmının kolaylıkla okunabilmesi amacıyla, incelenen işleme ait spesifik bir özelliği bulunmayan makineler, ayrı bir ekte açıklanmaktadırlar (bkz. Bölüm 10).

2.6.1 Pamuk ve selüloz liflerinin ön terbiyesi

2.6.1.1 Temel üretim işlemleri

Pamuk ön terbiyesi özellikle aşağıdaki yaş işlemleri içermektedir:
- yakma
- haşıl sökme
- hidrofilleştirme (bazik işlem)
- merserizasyon (ve kostikleme)
- ağartma.

Bu işlemlerin bazıları sadece belirli materyaller için zorunlu adımlardır (örneğin haşıl sökme sadece dokuma kumaşlara uygulanmaktadır).

Ayrıca üretim süresinin ve üretim alanının mümkün olduğunca azaltılmasıyla ilgili ihtiyaçları karşılayabilmek amacıyla, bu işlemlerden bazıları bir çok durumda birlikte tek bir adımda uygulanmaktadırlar. Yine de pratik olması nedeniyle, özel materyallere ait mümkün olan işlem sıralarıyla ilgili tartışmalar daha sonraki bölümlere bırakılarak, bu bölümde ön terbiye işlemleri ayrı ayrı açıklanacaklardır.

Yakma

Yakma hem iplik, hem de dokuma kumaşlara uygulanabilmekteyse de, kumaşlara özellikle de pamuk, pamuk/PES ve pamuk/PA karışımlarına uygulanması daha yaygındır.

Kumaş yüzeyinden çıkan lif uçları yüzey görünümünü bozmakta ve boyandıklarında ortaya çıkan ve "buzlanma" olarak bilinen efekte neden olmaktadırlar. Bu nedenle yüzeydeki lif uçlarının kumaşı gaz alevi içerisinden geçirerek uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Kumaş önce bir sıra gaz alevi üzerinden ve hemen ardından da kıvılcımların söndürülmesi ve kumaşın soğutulması amacıyla bir söndürme banyosundan geçirilmektedir.

Söndürme banyosu genellikle haşıl sökme çözeltisi de içermektedir ve bu durumda yakma işlemi, kombine bir yakma/haşıl sökme işlemi haline gelmektedir.

Yakmadan önce kumaş, üzerindeki kalan toz ve lif uçuntularını elimine etmek amacıyla, emme uygulanarak fırçalanmaktadır.

Yakmanın atık su üzerine bir etkisi yoktur çünkü sadece soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Yakma sırasında toz ve organik bileşiklere ait oldukça kuvvetli koku ve emisyonlar gözlemlenmektedir [209, Germany, 2001]. Koku veren maddeler katalitik oksidasyon yöntemleri kullanılarak yok edilebilmektedirler (bkz. Bölüm 4.10.9).

Haşıl sökme

Haşıl sökme işlemi, daha önce çözgü ipliklerine uygulanmış olan (bkz. Bölüm 2.5.1.2) haşıl maddelerinin dokuma kumaşlardan uzaklaştırılması için yapılmaktadır ve dokuma kumaşlara uygulanan ilk yaş terbiye işlemidir.

Haşıl sökme yöntemleri, uzaklaştırılacak olan haşıl maddesinin cinsine bağlı olarak farklılık göstermektedirler.

Günümüzde uygulanan yöntemler şu şekilde sınıflandırılabilmektedirler:
1. nişasta esaslı haşıl maddelerinin (suda çözülemeyen haşıl maddelerinin) sökülmesi için yöntemler
2. suda çözülebilen haşıl maddelerinin sökülmesi için yöntemler
3. suda çözülebilen ve çözülemeyen haşıl maddelerinin sökülmesi için yöntemler.

1. Nişasta esaslı haşıl maddelerinin uzaklaştırılması için yöntemler

Nişasta esaslı haşıl maddelerinin sökülmesi zordur ve yıkama ile uzaklaşabilecek hale dönüştürülebilmeleri amacıyla, ya bir enzimin katalitik etkisine (katalitik parçalanma) ya da başka kimyasal işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kimyasal parçalanma, genellikle ya enzimatik, ya da oksidatif haşıl sökme ile sağlanmaktadır.

Enzimatik haşıl sökme, nişastanın uzaklaştırılması için en çok kullanılan yöntemdir ve amilazlar bu iş için özellikle uygundurlar. Enzimlerin kullanılmasının avantajı, nişastanın, selüloz liflerine zarar verilmeden parçalanmasının sağlanabilmesidir.

Ön terbiye işlemlerindeki adım sayısını azaltmak amacıyla, haşıl sökme ile soğuk ağartma işlemini tek bir adımda kombine etmek pratikte oldukça yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu şekildeki işlem aynı zamanda "*oksidatif haşıl sökme*" olarak da adlandırılmaktadır. Kumaş hidrojenperoksit ve sud kostik ile birlikte hidrojenperoksit için stabilizatör ve kompleks oluşturucu maddeleri de içeren flotte ile emdirilmektedir. Çözeltiye çoğunlukla persülfat da ilave edilmektedir.

Bu işlem, haşıl sökme/ağartma etkisinin yanında, NaOH'in etkisinden dolayı aynı zamanda bir ön bazik işlem olarak da görev yapmaktadır. Ayrıca oksidatif haşıl sökme, tekstil materyalinin enzim zehirleri (fungusitler) içerdiği ya da materyalde parçalanması zor haşıl maddelerinin bulunduğu durumlarda da, özellikle yararlı olmaktadır. Ancak nişasta makromoleküllerinde glikoz halkalarını birbirine bağlayan bağların selülozdakilerden çok farklı olmaması nedeniyle, iyi kontrol edilmediğinde kimyasal oksidasyon liflere de zarar verebilmektedir.

Haşıl sökme işlemi genellikle emdirme-soğukta bekletme (pad-batch) şeklinde gerçekleştirilmektedir. Ancak kesintili (örneğin jigger) ya da kesintisiz (emdirme–buharlama=pad-steam) yöntemler de uygulanabilmektedir. Enzimatik haşıl sökmenin uygulandığı durumlarda, pad-steam yöntemi sadece büyük partilere ve buharlama koşullarına dayanıklı enzimler kullanılarak uygulanmaktadır. Reaksiyonun tamamlanmasının ardından kumaş sıcak suyla (95 ^{0}C) yıkanmaktadır.

2. Suda çözülebilen haşıl maddelerinin sökülmesi için yöntemler

PVA, CMC ve poliakrilatlar gibi suda çözülebilen haşıl maddelerinin uzaklaştırılması için teorik olarak, sodyumkarbonatlı sıcak suyla bir yıkama yeterlidir. Ancak yıkamanın etkinliği şu şekilde arttırılabilmektedir:

- haşıl sökme flottesine, uygun yardımcı maddeler (ıslatma maddeleri) ilave edilerek (haşıl geri kazanımıyla ilgili olarak bazı sınırlamalar mevcuttur)
- kumaşın haşıl sökme flottesi içerisinde yeterli süre kalmasını sağlayarak (böylece haşıl maddesinin şişmesi için gerekli maksimum flotte alımı (A_F) ve yeterli süre sağlanmaktadır)
- çözülebilir haldeki haşıl maddelerini uzaklaştırmak için sıcak su ile iyi bir şekilde yıkayarak.

Bu durumda işlem normal yıkama makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Çoğunlukla kontinü yıkama makineleri kullanılmaktaysa da, bazı durumlarda haşıl sökmenin tamamlanabilmesi için işlem süresi çok kısa kalabilmektedir. Bu nedenle, yeterli işlem süresinin sağlanabilmesi amacıyla pad-steam, pad-batch yöntemleri ya da kesikli yöntemler de kullanılmaktadır.

3. Suda çözülebilen ve çözülemeyen haşıl maddelerinin sökülmesi için yöntemler

Yukarıda bahsedilen "oksidatif haşıl sökme" yöntemi, sadece suda çözülemeyen haşıl maddeleri için değil, aynı zamanda suda çözülebilen haşıl maddeleri için de uygundur. Bu yöntem, özellikle çok çeşitli tiplerde kumaşlarla ve dolayısıyla da haşıl maddeleriyle çalışan tekstil terbiyecileri için kullanışlı bir yöntemdir (ayrıca bkz. Bölüm 4.5.2).

Merserizasyon

Merserizasyon, pamuğun kopma mukavemetini, boyut stabilitesini ve parlaklığını arttırmak amacıyla yapılmaktadır. Ayrıca boyarmadde alımında da bir artış sağlamaktadır (lif tarafından boya banyosundan çekilen boyarmadde miktarındaki artıştan dolayı boyarmadde tüketiminde % 30-50'lik bir azalma sağlanabilmektedir).

Merserizasyon, çile halindeki ipliklere, dokuma ve örme kumaşlara aşağıdaki farklı işlemlerden birisi kullanılarak uygulanabilmektedir:

- gerdirmeli merserizasyon
- kostikleme (gerdirmesiz)
- amonyak merserizasyonu.

Gerdirmeli merserizasyon

Sud kostik merserizasyonu en çok uygulanan merserizasyon yöntemidir (ketene uygulanmaz). Pamuk gerilim altındayken yaklaşık 40-50 saniye süreyle konsantre sud kostik çözeltisiyle (270-300 g NaOH/l, bu da 170-350 g NaOH/kg'a karşılık gelmektedir) işleme tabi tutulmaktadır.

Merserizasyon sırasındaki sıcaklık öncelikli olarak parlaklık amaçlanıyor ise düşük değerlere (15-18 ^{0}C), diğer özelliklerin iyileştirilmesi hedeflendiğinde de bir miktar daha yüksek seviyelere ayarlanmaktadır ve sud kostik ile selüloz arasındaki reaksiyon ekzotermik olduğundan flottenin sıcaklığını düşük tutmak amacıyla soğutma sistemleri kullanılmaktadır.

Konvansiyonel soğuk merserizasyonun yanında sıcak merserizasyon işlemi de artan bir şekilde uygulama alanı bulmaktadır (çileler ve kumaşlar için). Kumaş kaynama noktasına

yakın sıcaklıktaki sud kostik çözeltisine sokulmakta, sıcak germe işleminin ardından da oda sıcaklığına soğutulmakta ve germe devam ederken yıkanmaktadır.

Özellikle oda sıcaklığında çalışırken, flottenin homojen bir şekilde penetrasyonunu sağlamak amacıyla, ıslatma maddeleri kullanılmaktadır. Non-iyonik yüzeyaktif maddeler ve fosforik esterlerle karışım halindeki sülfonatlar en çok kullanılan ıslatma maddeleridir.

Kostikleme

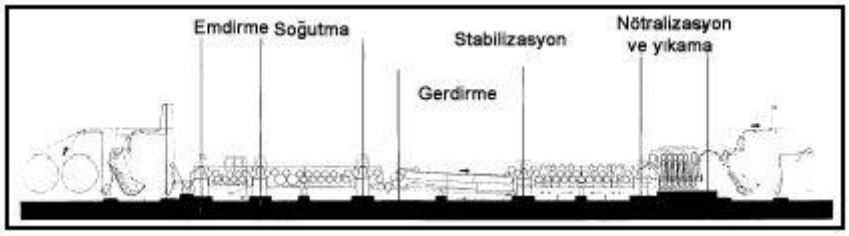
Kostikleme işleminde materyal, 20-30 ^{0}C'da gerilimsiz olarak ve daha düşük konsantrasyonlardaki (145-190 g/l) sud kostik çözeltileri ile işleme tabi tutulmaktadır. Materyalin çekmesine izin verilmekte ve dolayısıyla da boya absorpsiyonu artmaktadır.

Amonyak merserizasyonu

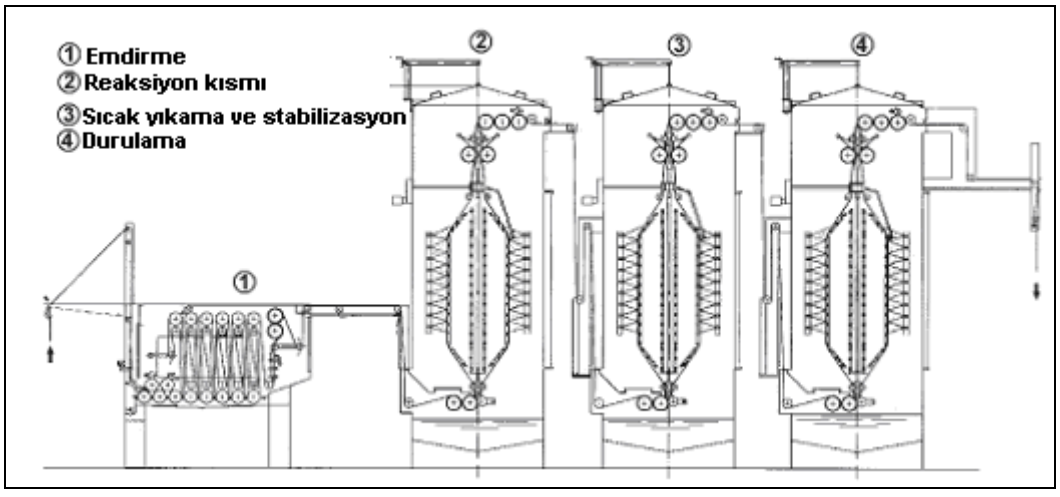
Pamuk iplikleri ve pamuklu kumaşlar, sud kostiğe alternatif olarak susuz sıvı amonyak ile de işleme tabi tutulabilmektedirler. Bu şekilde, merserizasyona benzer etkiler elde edilmekte ancak parlaklık düzeyi sud kostik ile merserizasyondakine nazaran daha düşük kalmaktadır. Amonyak artıkları, tercihen kuru sıcak işlem ve ardından yapılan buharlama ile uzaklaştırılmalıdır.

Bu yöntem geniş bir kullanım alanına sahip değildir. Avrupa'da amonyak merserizasyonu uygulayan sadece birkaç işletme bulunmaktadır.

Dokuma ve tüp haldeki örme kumaşlar için geliştirilmiş merserizasyon makinelerine ait iki örnek aşağıda sırasıyla verilmektedir (Şekil 2.11 ve Şekil 2.12).



Şekil 2.11: Dokuma kumaşlar için merserizasyon ekipman örneği
[69, Corbani, 1994]



Şekil 2.12: Tüp haldeki örme kumaşlar için merserizasyon ekipman örneği
[318, Sperotto Rimar, 2002]

Hidrofilleştirme

Hidrofilleştirme işlemi (kaynatma ve pişirme olarak da bilinmektedir) ile, ham liflerin yapısında bulunan veya daha sonraki bir adımda bunlara katılmış olan yabancı maddelerin ekstraksiyonu amaçlanmaktadır. Bazik işlem ile ekstrakte edilecek olan bu maddelere ait örnekler şu şekildedir:

- pektinler
- yağ ve mumlar
- proteinler
- alkali metal tuzları, kalsiyum ve mağnezyumfosfatlar, alüminyum ve demiroksitler… gibi inorganik maddeler
- haşıl maddeleri (dokuma kumaşlarda hidrofilleştirme haşıl sökme öncesinde yapıldığında)
- haşıl ve haşıla ait parçalanma ürünü artıkları (dokuma kumaşlarda hidrofilleştirme haşıl sökme sonrasında yapıldığında).

Hidrofilleştirme, dokuma kumaş, örme kumaş ve iplik gibi bütün materyal çeşitlerinde ayrı bir işlem adımı olarak, ya da diğer işlemlerle (genellikle ağartma veya haşıl sökme ile) kombine edilerek uygulanabilmektedir.

İplik ve örme kumaşlara uygulanacak olan bazik işlem, çoğunlukla daha sonra boyamanın yapılacağı makineyle aynı makinede (iplikler için otoklavlarda veya çile boyama makinelerinde, örme kumaşlar için ise jetler, overflowlar vs.'de) pad-steam yöntemiyle kesintili olarak yapılmaktadır. Dokuma kumaşların hidrofilleştirme işlemleri ise kesintisiz olarak yapılmaktadır.

Hidrofilleştirme etkisi, alkali (sodyumhidroksit ya da sodyumkarbonat) ve bununla birlikte kullanılan su yardımcı maddelerce sağlanmaktadır:

- non-iyonik (alkoletoksilatlar, fenoletoksilatlar) ve anyonik (alkilsülfonatlar, fosfatlar, karboksilatlar) yüzeyaktif maddeler
- NTA, EDTA, DTPA, glikonik asit ve fosfonik asitler, vs. gibi, metal iyonlarını (ve özellikle de hidrojenperoksit ile ağartma sırasında selülozun parçalanma reaksiyonunu katalizleyen demiroksitleri) uzaklaştırmak için kullanılan kompleks oluşturucular
- yüzeyaktif madde içermeyen özel dispergatörler olarak, poliakrilatlar ve fosfonatlar
- indirgen madde olarak, sülfit ve hidrosülfit (hidrojenperoksit ile ağartma sırasında, oksiselüloz oluşumu riskini ortadan kaldırmak için).

Ağartma

Bazik işlem sonrası pamuk daha hidrofil hale gelmektedir. Ancak yıkama ve alkali ekstraksiyon ile tamamen uzaklaştırılamayan renkli maddeler nedeniyle, orijinal renk değişmeden kalmaktadır.

Materyalin koyu renklere boyanması gerekiyorsa, ağartmaya gereksinim duyulmadan doğrudan boyanabilmektedir. Diğer taraftan, lifin pastel renklerde boyanması gerekiyorsa ya da sonradan bir baskı işlemi yapılacaksa, ağartma zorunlu bir adımdır. Bazı durumlarda, koyu renklerde bile bir ön ağartma gerekli olabilmektedir. Ancak bu tam bir ağartma işlemi değildir.

Ağartma tüm materyal formlarında (iplik, dokuma ve örme kumaş) gerçekleştirilebilmektedir.

Selüloz lifleri için en sık kullanılan ağartma maddeleri, aşağıdaki oksidatif ağartma maddeleridir:

- hidrojenperoksit (H_2O_2)
- sodyumhipoklorit (NaClO)
- sodyumklorit ($NaClO_2$).

Bunlardan ayrı olarak, perasetik asit de kullanılabilmektedir [7, UBA, 1994]. Ayrıca beyazlatma efekti elde etmek amacıyla, optik beyazlatıcı maddeler de yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Hidrojenperoksit ile ağartma

Ağartma tek başına bir işlem olarak ya da diğer işlemlerle kombine edilerek (örneğin, ağartma/hidrofilleştirme veya ağartma/hidrofilleştirme/haşıl sökme kombine edilerek) gerçekleştirilebilmektedir.

Tekstil materyali, pH 10,5–12'de (Bölüm 4.5.6'da da açıklandığı gibi OH* radikalinin etkin şekilde oluşumu için optimum pH 11,2'dir) hidrojenperoksit, sud kostik ve hidrojenperoksit stabilizatörleri içeren çözelti içerisinde işleme sokulmaktadır. Son araştırmalar ([210, L. Bettens, 1995]) peroksitte ağartmayı sağlayan maddenin HOO^- anyonu olmadığını, aynı zamanda süperoksit olarak da bilinen OO^{*-} dioksit radikali olduğunu göstermiştir. Ağartmayı sağlayan radikallerin oluşumuyla rekabet halinde, selüloz liflerine etki eden ve liflerin depolimerizasyonundan sorumlu olan OH* radikalleri de oluşmaktadır. OH* radikallerinin oluşumunda, demir, mangan, bakır, vs. gibi metaller katalitik etki göstermektedirler. OH*'in kontrolsüz bir şekilde oluşumu sonucu meydana gelen katalitik zararın önlenmesi, çoğunlukla katalizörleri etkisiz hale getiren kompleks oluşturucuların (stabilizatörlerin) kullanımıyla sağlanmaktadır. Mg tuzlarıyla ($MgCl_2$ veya $MgSO_4$) birlikte sodyum silikat ve iyon tutucu/kompleks oluşturucu maddeler (EDTA, DTPA, NTA, glukonatlar, fosfonatlar ve poliakrilatlar), stabilizatör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (stabilizörlerle ilgili daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 8.5'e ve alternatif yöntemler için ayrıca bkz. Bölüm 4.3.4 ve 4.5.6).

Hidrojenperoksit ağartmasında kullanılan diğer yardımcı maddeler, emülsifiye etme, dispersiyon oluşturma ve ıslatma özelliklerine sahip yüzeyaktif maddelerdir. Kullanılan yüzeyaktif maddeler, çoğunlukla alkilfenoletoksilatlar veya biyolojik olarak parçalanabilen yağ alkolü etoksilatları gibi non-iyonik bileşikler ile anyonik bileşiklerin (alkilsülfonatlar ve alkilarilsülfonatlar) kombinasyonlarıdır [186, Ullmann's, 2000].

Çalışma sıcaklıkları, oda sıcaklığından yüksek sıcaklılara kadar geniş bir aralıkta değişebilmektedir. Ama iyi bir ağartma etkisi, işlem yaklaşık 60–90 ^{0}C arasındaki sıcaklıklarda gerçekleştiğinde meydana gelmektedir.

Bazı durumlarda (örneğin, yün gibi alkaliye karşı hassas lifler ile karışım halindeki pamuk ağartılacağı zaman), hidrojenperoksit ile nötr ortamda (pH 6,5 – 8 aralığında) ağartma yapmak da mümkün olabilmektedir. Bu pH koşullarında ağartma etkisini sağlamak için, aktivatörlere ihtiyaç duyulmaktadır. pH 6,5'un altında, HOO^{*-} / O_2^* oranının bozulduğu ve H_2O_2'nin H_2O ve O_2'ne parçalandığı unutulmamalıdır. Bu koşullarda hidrojenperoksit boşa harcanmaktadır (aktif olmayan O_2 gazının üretimi).

Ağartma işlemleri, soğuk pad-batch ağartması, buharlama koşullarında ağartma ve uzun flottede ağartma işlemlerini de içerecek şekilde, çok çeşitli şekillerde uygulanabilmektir.

Peroksit ağartmasının aktif maddesinin anyonik yapıda olmasından dolayı (hidrofil karakterde), bu ağartma yöntemiyle, lif polimerleini etkilemeden sadece doğal liflerde bulanan renkli hidrofob maddeleri parçalamak mümkün değildir.

Sodyumhipoklorit ile ağartma

Bu ağartma maddesinin yüksek reaktifliğe sahip olması, hidrojenperokside nazaran daha ılıman işlem koşullarının (pH 9–11 ve 30 ^{0}C'un üzerinde olmayan sıcaklıklar) uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Aksi taktirde selüloz liflerinin zarar görme tehlikesi söz konusu olmaktadır.

Hipokloriti tamamen elimine etmek ve ağartma sırasında meydana gelen kloraminleri parçalamak amacıyla, ağartma adımının ardından bir anti-klorlama işlemi yapılmaktadır.

Sodyumhipoklorit ile ağartma, kesintili (örneğin overflow, jet, jigger, haspel), yarı-kesintili (pad-batch) ya da kesintisiz şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca hipoklorit ve hidrojenperoksidin kullanıldığı iki adımlı bir yöntem de uygulanmaktadır.

Ekolojik nedenlerle hipokloritin ağartma maddesi olarak kullanımı azalmaktadır. İplik ve örme kumaşlar için yüksek bir beyazlık derecesinin gerekli olduğu durumlarda, beyaz kalacak (örneğin, çarşaflar) ya da beyaz zemin gerektiren materyaller için veya zemin boyarmaddesinin ağartma işlemiyle aşındırıldığı işlemler için (alternatif yöntemler için ayrıca bkz. Bölüm 4.5.5) ise halâ kullanılmaktadır.

Sodyumklorit/klorat ile ağartma

Klorit/klorat ağartması, azalmasına rağmen, sentetik lifler, pamuk, keten ve diğer selülozik lifler için, birçok durumda da hidrojenperoksit ile kombine edilerek, halâ uygulanmaktadır.

Ağartma maddesi, hidrojenperoksit ile karşılaştırıldığında tamamen farklı bir çalışma mekanizmasına sahip olan, klordioksit gazıdır (ClO_2). Hidrojenperoksitteki süperoksit radikal iyonunun hidrofil olmasına ve bu nedenle de lifin öncelikle hidrofil kısımlarında etki göstermesine (lif polimerine etki etmesine) karşılık, ClO_2 öncelikle materyalin, sak liflerindeki odunsu kısımlar gibi, hidrofob kısımlarına absorbe olmaktadır. Bu nedenle, özellikle sentetik lifler ve pamuğa nazaran daha yüksek hidrofob yabancı madde yüzdesine sahip olan keten gibi sak lifleri için, mükemmel (yüksek bir beyazlık derecesi sağlayan ve liflere zarar verme tehlikesi olmayan) bir ağartma maddesidir.

Klordioksit bir gaz olarak, dayanıklı olmadığı ve ancak yaklaşık % 1'lik sulu çözelti halinde saklanabildiği için, sulu bir çözelti olarak kullanılacağı yerde oluşturulmalıdır. Günümüzde ClO_2 oluşturmak için endüstriyel kullanıma sahip iki temel kimyasal mevcuttur ve bunlar sodyumklorit ve sodyumklorattır. Sodyumklorat, sodyumklorite nazaran oldukça daha ucuz olmasına rağmen, sodyumkloratın ClO_2'e dönüştürülmesi daha zor ve pahalı olmaktadır ve bu da sodyumkloratın neden daha az kullanıldığını açıklamaktadır.

Hem sodyumklorat, hem de sodyumklorit kuvvetli asidik koşullarda (formik asit ya da asetik asit ile pH'ın 3,5–4 olduğu koşullarda) uygulanmaktadırlar. Klordioksit çözeltileri, paslanmaz çelik dahil metalik malzemeler üzerinde büyük bir korozif etkiye sahiptir. Ekipmanın paslanmaz çelik kısımlarını korumak amacıyla, korozyon önleyici olarak sodyumnitrat kullanılmaktadır. Aynı zamanda asidik koşullara dayanıklı deterjan/ıslatma maddelerinin seçilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan, asidik ortam için kullanılan okzalik asit, metal iyonlarının tutulmasını da sağladığı için, iyon tutucuların kullanılması şart değildir. Farklı yardımcı maddelerin ilave edilme sırası, konsantre sodyumklorit/klorat ile asitlerin ile direkt olarak temasını önlemek amacıyla kontrol edilmektedir.

Tekstil materyali, emdirme ya da uzun flottede çektirme yöntemine göre ağartılmaktadır. Sıcaklık normalde 95 ^{0}C'da tutulmalıdır, ancak zehirli madde ve korozyon problemlerini azaltmak amacıyla, sodyumklorit için aktivatör olarak formaldehitin kullanıldığı soğuk yöntemler de geliştirilmiştir.

Klordioksit ağartmasının avantajları, elde edilen yüksek beyazlık dereceleri ve liflerde zarar meydana gelme riskinin bulunmamasıdır. Başlıca dezavantajları ise makinelerin maruz kaldığı yüksek zorlanmalar ve kloritin (veya kloratın) üretim ve aktivasyon yöntemine bağlı olarak lifler üzerinde bulunabilecek klor kalıntılarıdır. Günümüzde sodyumklorat için indirgen madde olarak hidrojenperoksidin kullanıldığı ve AOX oluşturmadan ClO_2 meydana getiren teknolojiler de bulunmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 4.5.5).

Perasetik asit ile ağartma

Perasetik asit, hidrojenperoksit ve asetik asitten üretilmektedir. Hazır olarak satın alınabilmekte ya da işlem sırasında oluşturulabilmektedir. Optimum ağartma etkisi, pH 7–8 gibi çok dar bir aralıkta sağlanmaktadır. pH 7'nin altında beyazlık derecesi keskin bir şekilde düşmekte ve pH 9'un üzerinde ise liflerin polimerizasyon derecesinin düşmesine bağlı olarak liflerde zarar meydana gelmektedir.

Perasetik asit hidrojenperoksidin kullanılamadığı bazı durumlarda sentetik lifler için (örneğin poliamid) kullanılabilmektedir.

2.6.1.2 Çevresel sorunlar

Pamuk ön terbiyesiyle ilgili başlıca çevresel sorunlar, suya emisyonlardan kaynaklanmaktadır.

Emisyonların karakteristikleri: materyalin bulunuş formu, uygulanan işlem sırası, bazı işlemlerin tek adımda başka işlemlerle kombine edilerek uygulanması, vs. gibi faktörlere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

Aşağıda, ön terbiyede yer alan çeşitli işlemlerde en fazla rastlanan sorunlar hakkında kısa bilgi verilmektedir.

Haşıl sökme ve hidrofilleştirme

Pamuklu ve pamuklu karışımı kumaşların işlendiği tipik bir işletmedeki tüm işlemler arasında, haşıl sökme en büyük emisyon kaynağını oluşturmaktadır. Daha önce Bölüm 2.5.1.2'de de belirtildiği gibi, özellikle doğal haşıl maddelerinin söküldüğü durumlarda, haşıl sökmeden gelen yıkama suları, nihai atık sulardaki toplam KOİ'nın % 70'ini oluşturabilmektedirler. Ne enzimatik, ne de oksidatif haşıl sökmenin, haşıl geri kazanımına izin vermemesine karşılık, bazı sentetik haşıl maddelerinin kullanıldığı durumlarda haşılın geri kazanılması teknik olarak mümkündür, ancak fason çalışan işletmeler için uygulanması zor olmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 4.5.1).

Pamuklu dokuma kumaşlarla karşılaştırıldığında, iplik ve örme kumaşlardaki yabancı maddelerin uzaklaştırılması, kirlilik yükü açısından daha önemsizdir. Yine de örgü yağları (örme kumaşlar için), harman yağları ve preparasyon maddelerinin (pamuk, sentetik lifler ile karışım halinde bulunduğunda) uzaklaştırılmasının meydana getirdiği KOİ yüklerine ve bu maddelerin biyolojik olarak parçalanabilirliklerine dikkat edilmelidir. Sentetik ester yağları gibi maddeler, suda kolaylıkla emülsifiye olabilmekte veya çözülebilmekte ve biyolojik olarak da kolaylıkla parçalanabilmektedirler. Asıl problemler, pamuk ya da poliamidin elastan ile karışımlarında bulunan silikon yağları gibi, zor emülsifiye olan ve biyolojik olarak da az parçalanan maddelerin var olması durumunda ortaya çıkmaktadır.

Merserizasyon

Merserizasyon, atık suya geçen ve nötralize edilmesi gereken büyük miktardaki kuvvetli alkaliden sorumludur. Nötralizasyon sonucu uygun bir sodyum tuzu oluşmaktadır. Bu bağlamda soğuk merserizasyon sıcak merserizasyona nazaran daha yüksek emisyon yüküne sebep olmaktadır. Kesintisiz çalışma şeklinde, gerekli sürenin sağlanabilmesi ve banyonun soğutulmasının mümkün olabilmesi için, işlem sırasında banyonun bir kısmının sürekli olarak dışarı alınıp ve soğutulması gerekmektedir. Bu da, soğuk merserizasyonda daha yüksek hacimde banyonun gerekli olması anlamına gelmekte ve eğer sud kostik geri kazanılmıyorsa daha yüksek emisyonların oluşmasına sebep olmaktadır. Merserizasyon banyoları genellikle geri kazanılmakta ve tekrar kullanılmaktadırlar. Bu mümkün olmadığında da, diğer ön terbiye işlemlerinde alkali olarak kullanılmaktadırlar (sud kostiğin geri kazanımı Bölüm 4.5.7'de incelenmektedir).

Hidrojenperoksit ile ağartma

Hidrojenperoksit ağartması sırasında meydana gelen parçalanma reaksiyonu sonucu, yalnızca su ve oksijen oluşmaktadır. Ancak çevresel açıdan, stabilizatörlerin kullanımı ile ilgili sorunlar dikkate alınmalıdır (bkz. Bölüm 8.5). Bu ürünler, EDTA ve DTPA gibi biyolojik olarak elimine edilebilirliği düşük olan ve atık su arıtma sistemlerinden parçalanmadan geçebilen kompleks oluşturucular içerebilmektedirler. Bunların metaller ile oldukça dayanıklı kompleksler oluşturma yetenekleri daha da önemlidir. Çünkü atık su içerisinde bulunan ağır metalleri mobilize edebilmekte ve daha sonra karışımları su içerisinde serbest bırakabilmektedirler (alternatif teknikler için ayrıca bkz. Bölüm 4.3.4 ve 4.5.6).

İnorganik klor bileşikler (örneğin, boyama ve baskıdan gelen NaCl ve bitim işlemlerinden gelen $MgCl_2$) içeren atık sular, hidrojenperoksit ağartmasından gelen atık sularla karıştırıldıklarında, konsantrasyon, pH, süre ve sıcaklığa da bağlı olarak, bunların kloritlere/hipokloritlere okside olabildikleri bildirilmiştir ([77, EURATEX, 2000]). Bu nedenle, ağartma klor esaslı ağartma maddeleri kullanılmadan yapılsa bile, atık suda AOX bulunabilmektedir. Ancak deneysel ölçümler, gerçekleşse bile bunun önemli bir rol oynamadığını göstermiştir [7, UBA, 1994].

Sodyumhipoklorit ile ağartma

Günümüzde Avrupa'da hipokloritin kullanımı, ekolojik nedenlerden dolayı sadece örme kumaşlarla ilgili birkaç özel durum ve iplik ağartmasında yüksek beyazlık derecesinin istendiği bazı durumlar ile sınırlı kalmaktadır. Sodyumhipoklorit ile ağartma, gerçekten de AOX olarak bilinen organik halojen bileşiklerini oluşturan ikincil reaksiyonların meydana gelmesine yol açabilmektedir.

Ağartma hipoklorit ile yapıldığında, aynı zamanda havaya klor emisyonu da oluşabilmektedir (sadece kuvvetli asidik koşullarda çalışıldığında [281, Belgium, 2002]).

Uygulamalı Çevresel Araştırma Enstitüsü'ne (Stockholm Üniversitesi) göre, 1991–1992 yıllarında, sodyumhipoklorit ile ağartma yapan bir tekstil fabrikasına ait atık çamurunda dioksinlere rastlanmıştır. Daha sonraki incelemeler, hipoklorit içerisinde pentaklorfenol bulunduğunu göstermiştir [316, Sweden, 2001].

Sodyumklorit ile ağartma

Sodyumklorit ağartması da atık suda AOX oluşumundan sorumlu olabilmektedir. Fakat klorit ağartması sırasında oluşan AOX miktarı, sodyumhipoklorite nazaran çok daha düşüktür (hipokloritten kaynaklanan AOX miktarının ortalama % 10'u, maksimum % 20'si kadar) ve sodyumkloritin konsantrasyonu ya da işlem sıcaklığıyla ilişkili değildir [7, UBA,

1994]. Son araştırmalar, AOX oluşumunun sodyumkloritin kendisinden kaynaklanmadığını, safsızlık olarak bulunan ya da aktivasyon maddesi olarak kullanılan klor veya hipokloritten kaynaklandığını göstermiştir. ClO_2'in AOX oluşumuna sebebiyet vermeden üretilebildiği (sodyumklorat için indirgen madde olarak hidrojenperoksidin kullanıldığı) yeni teknolojiler de bulunmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 4.5.5).

Daha önce de belirtildiği gibi, zehirli olması ve korozyon riski yaratmasından dolayı, sodyumkloritin kullanılması ve depolanması özel bir dikkat gerektirmektedir. Sodyumkloritin yanıcı ve indirgen maddelerle karışımları, özellikle ısıya, sürtünmeye ya da çarpmaya tabi tutulduklarında patlama tehlikesine yol açabilmektedir. Sodyumklorit, asitlerle temas ettiğinde klordioksit oluşturmaktadır. Bunlara ilaveten, sodyumkloritin parçalanması sonucu yanmayı destekleyen oksijen de açığa çıkmaktadır.

2.6.2 Renklendirme öncesi yün ön terbiyesi

Yün liflerine boyama öncesi uygulanan klasik yaş ön terbiye işlemleri:

- karbonizasyon
- yıkama (temizleme)
- dinkleme
- ağartmadır.

Mümkün olan diğer işlemler ise, keçeleşmezlik ve stabilizasyon işlemleri olarak tanımlanmaktadırlar. Bunlar da çoğunlukla boyama öncesinde uygulanmalarına rağmen, zorunlu ön terbiye adımları değildirler. Bu nedenle bunlar bitim işlemleri bölümünde açıklanmaktadırlar (Bölüm 2.9.8.2).

2.6.2.1 Temel üretim işlemleri

Karbonizasyon

Yıkanmış yapak, bazı durumlarda mekanik işlemlerle tam olarak uzaklaştırılamayan bitkisel yabancı maddeler içermektedir. Bu gibi bitkisel parçacıkları parçalamak amacıyla kullanılan kimyasal madde sülfirik asittir ve yapılan bu işleme karbonizasyon denilmektedir.

Karbonizasyon flok/açık elyaf veya kumaşlara uygulanabilmektedir (bu işlem halı sektöründe uygulanmamaktadır).

Yapak karbonizasyonu, sadece daha sonra giysilik ince kumaşların (kamgarn kumaşların) üretiminde kullanılacak olan liflere ve çoğunlukla yapak yıkama işletmelerinde uygulanmaktadır.

Yapak karbonizasyonunda kullanılan tipik bir makinede, halâ nemli olan yıkanmış yapak, % 6–9 inorganik asit (genellikle sülfirik asit) içeren çözelti içerisine sokulmaktadır. Asit ve su fazlası, liflerde kalan ortalama sülfirik asit miktarı % 5-7,5 ve su miktarı da % 50–65 olana kadar sıkılarak ya da santrifüjlenerek uzaklaştırılmaktadır. Ardından lifler, asit miktarını derişikleştirmek için 65–90 ^{0}C'da kurutulmakta ve 105–130 ^{0}C'da fırınlanmaktadırlar (karbonizasyon).

Yün kurur kurumaz, ters yönde dönen iki merdane içeren bir makineye beslenmektedir. Bu merdaneler, karbonize olmuş partikülleri, uzaklaştırılması oldukça kolay olan çok küçük parçacıklara ufalamaktadırlar. Sülfirik asit içerisine az miktarda deterjan ilave edilmesi, verimi arttırmakta ve yün liflerinin zarar görmesini de azaltmaktadır. Liflerin zamanla zarar görmesini önlemek amacıyla, en son olarak pH, sodyumasetat ya da amonyak ile nötralizasyon yapılarak 6'ya ayarlanmaktadır.

Sülfirik asit yerine gaz halindeki HCl ya da alüminyumklorür de kullanılabilmektedir. Alüminyumklorür ısıtıldığında HCl oluşturmaktadır ve bu yöntem, sülfirik aside karşı çok hassas olan yün/PES gibi yün/sentetik lif karışımlarının karbonizasyonu için kullanışlı bir yöntemdir.

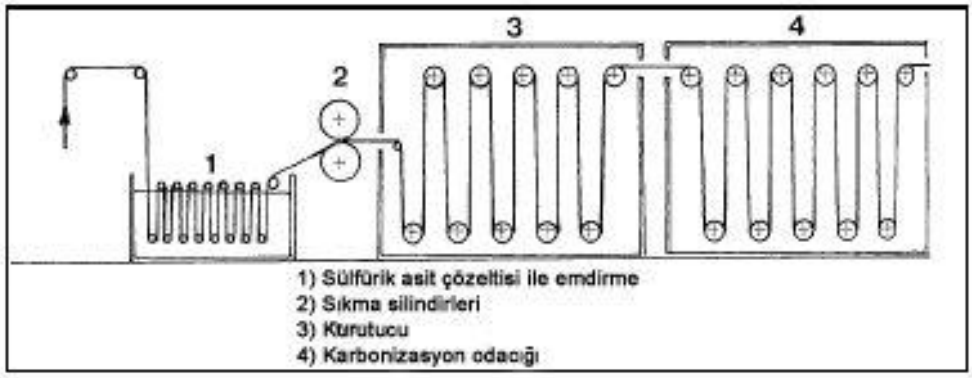
Karbonizasyonun ardından lifler boyanmadan önce taranmakta ve iplik haline getirilmekte ya da doğrudan yapak halinde boyanabilmektedirler.

Kumaş halinde karbonizasyon, ştrayhgarn kumaşlara özgü bir işlemdir. İşlem, ya klasik yöntemle ya da daha modern "Carbosol" sistemiyle gerçekleştirilebilmektedir.

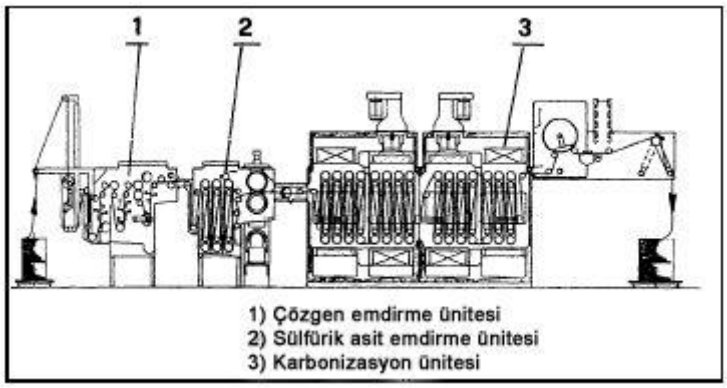
Klasik yöntem, yapak haldeki liflerde kullanılan yöntem ile büyük oranda aynıdır. Kumaş, önce bir su veya çözgen banyosuna daldırılıp sıkılabilir, ancak bu adım isteğe bağlıdır. Konsantre sülfirik asit çözeltisiyle emdirilen (asitleme) ve sıkılan (suyun uzaklaştırılması) kumaş ardından karbonizasyon kamarasından geçirilir. Daha sonra karbonize olmuş parçacıklar, mekanik etki ve yıkama ile uzaklaştırılırlar. Modern karbonizasyon ünitelerinde tüm bu adımlar kesintisiz olarak gerçekleştirilmektedirler.

Lisansı SPEROTTO RIMAR tarafından alınan "Carbosol" sisteminde, su yerine organik bir çözgen kullanılmaktadır. Makine üç kısımdan meydana gelmektedir. İlk kısımda kumaş perkloretilen ile emdirilmekte ve yıkanmakta, ikinci kısımda sülfirik asit çözeltisine daldırılmakta ve üçüncü kısımda da karbonizasyon ve çözgenin buharlaştırılması sağlanmaktadır. Bu adımda perkloretilen, kapalı bir bölmede destilasyon ile geri kazanılmaktadır.

"Carbosol" sisteminin klasik yönteme nazaran teknik açıdan bazı avantajlara sahip olduğu bildirilmektedir. Kumaşın karbonizasyon sonrasındaki asitlik değeri çok daha düşük olmakta ve yün liflerinin zarar görme riski azalmaktadır. Organik çözgenin tamamının geri kazanılması nedeniyle, bu işlem çevreci yaklaşım açısından da daha etkili olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.13: Klasik bir karbonizasyon tesisi
[71, Bozetto, 1997]



Şekil 2.14: "Carbosol" sistemi
[71, Bozetto, 1997]

Yıkama

Hem *iplik* hem de *kumaşlar,* tesadüfen bulunan kirliliklerin yanında, belirli miktarlarda harman yağları ve bazı durumlarda da CMC ve PVA gibi haşıl maddeleri içermektedirler. Bu maddelerin tümü, lifleri daha hidrofil yapmak ve boyarmaddelerin lifin içerisine nüfuz etmesini sağlamak amacıyla, genellikle boyama öncesinde uzaklaştırılmaktadırlar. Ancak bu işlem her zaman gerekli bir işlem değildir. Bazı durumlarda, az miktarda preparasyon maddesi uygulanmışsa ve boyama işlemini de engellenmiyorlarsa, ayrı bir yıkama/temizleme adımı yapılmayabilir.

Bölüm 2.4.1'de de vurgulandığı gibi, kamgarn ipliklerde harman yağlarının yüzdesi hiçbir zaman % 2'ye ulaşmazken, ştrayhgarn ipliklerde harman yağı büyük önem taşımaktadır ve miktarı daima % 5'in üzerindedir.

Yıkama ile uzaklaştırılması gereken tipik maddeler şu şekilde sınıflandırılabilmektedirler:

- suda çözünebilen
- suda çözünmeyen, ancak yüzeyaktif maddelerin etkisiyle emülsifiye olabilen
- suda çözünmeyen ve yüzeyaktif maddelerle de emülsifiye olmayan (ya da zor emülsifiye olabilen). Bu maddeler, sadece organik çözgenler (genellikle perkloretilen gibi halojenlenmiş çözgenler) kullanılarak uzaklaştırılabilmektedirler.

Buna göre materyal şu şekilde yıkanabilmektedirler:

- su ile veya
- çözgen ile (kuru temizleme)

Su ile yıkama nötr koşullarda ya da zayıf bazik koşullarda (sodyumkarbonat veya bikarbonat ile) deterjan kullanarak yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan deterjanlar, alkil sülfatlar, yağ alkolleri ve alkilfenoletoksilatlar gibi anyonik ve non-iyonik yüzeyaktif maddelerlerin karışımlarıdırlar. Yün halı ipliği üretiminde yıkama işlemi, iplik bükümünü fikse eden indirgen maddeler (sodyummetabisülfit) ve/veya materyali haşerelere karşı koruyan kimyasallarla muamele etmeyi de içerebilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 2.14.5.1).

Su ile yıkama işlemi, çoğunlukla tekstil materyalinin daha sonra boyanacağı makinede gerçekleştirilen kesintili bir işlemdir. Yani, iplikler için kullanılan en yaygın makine otoklavlar, kumaşlar için kullanılan tipik makineler de jetler ve overflowlardır. Bu hususta, halı sektörü bir istisna oluşturmaktadır. Halı için yün iplikleri, kesintisiz veya yarı-kesintili olarak bantlı yıkama makinelerinde (çileler için) ya da ipliklerin birbirlerine bağlı bir sıra tekneden geçtiği bobinden-bobine yıkama makinelerinde (bobin halindeki iplikler için) yıkanmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.14.5.1.2).

Kuru temizleme daha az yaygındır ve kumaş, dokuma veya örme işleminden aşırı derecede kirli ya da yağ lekeli geldiği zaman uygulanmaktadır. En çok kullanılan çözgen perkloretilendir. Bazı durumlarda yumuşatma etkisi sağlamak amacıyla çözgen içerisine su ve yüzeyaktif maddeler de eklenmektedir.

Çözgen ile yıkama ya kesintili olarak tumbler içerisinde (genellikle örme kumaşlar için) ya da kesintisiz olarak açık en halinde (dokuma ve örme kumaşlar için) gerçekleştirilmektedir. Yabancı maddeler, kapalı bir sistem içerisinde devamlı olarak saflaştırılan ve tekrar kullanılan çözgen ile uzaklaştırılmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.12.2).

Dinkleme

Bu işlem, sıcak ve nemli koşullarda friksiyona tabi tutulan yün liflerine özgü keçeleşme eğiliminden yararlanmaktadır ve ştrayhgarn kumaşlara uygulanan tipik bir ön terbiye işlemidir.

Çoğunlukla karbonizasyonun ardından uygulanmakta olup, bazı durumlarda (örneğin ağır ştrayhgarn kumaşlarda) doğrudan ham kumaşa da uygulanabilmektedir. Kumaş dinkleme yardımcı maddeleri içeren bir flotte içerisinde sirküle edilmektedir. Hem asitler (pH < 4,5), hem de alkaliler (pH>8) keçeleşme işlemini hızlandırmaktadırlar. Ancak dinkleme için piyasada bulunan yardımcı maddeler, nötr koşularda da mükemmel sonuçlar vermektedirler. Sonuç olarak, asidik ya da alkali koşullar altında dinkleme daha az yaygın hale gelmektedir. Kumaş, dinklemenin ardından yıkanmaktadır.

Bu işlem için özel olarak tasarlanmış makineler halen kullanılmaktadır. Ancak günümüzde bunların yerini büyük oranda, ekipmanın kurulumunu basitçe ayarlayarak hem dinklemenin, hem de yıkamanın gerçekleştirilebildiği çok fonksiyonlu makineler almıştır.

Ağartma

Yün hidrojenperoksit ile ağartılmaktadır (sodyumhipoklorit, renk değişimine ve yünün zarar görmesine neden olabilmektedir). Ancak yüksek beyazlık derecelerine ulaşabilmek için (tam beyaz), ilave bir indirgen ağartma da kaçınılmazdır. Klasik bir indirgen ağartma maddesi, etkisini arttırmak için çoğunlukla optik beyazlatıcılarla birlikte kullanılan, sodyumditiyonit (hidrosülfit) tir.

Oksidatif ağartma adımında hidrojenperoksit, alkali ve hidrojenperoksidin parçalanmasını yavaşlatan stabilizatörlerin varlığında uygulanmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 8.5).

Yün daha önceden bir keçeleşmezlik işlemine tabi tutulmuş ise, hidrojenperoksidin zayıf asidik koşullarda uygulanması tercih edilmektedir.

2.6.2.2 Çevresel sorunlar

Yün ön terbiyesi, esas olarak su emisyonlarına neden olmaktadır, ancak halojenlenmiş çözgenlerin (özellikle perkloretilenin) kullanıldığı özel işlemler de (örneğin "Carbosol" sistemi ile karbonizasyon ve kuru temizleme) de söz konusu olabilmektedir. Halojenlenmiş organik çözgenlerin kullanılması, sadece havaya emisyonları oluşturmakla kalmamakta, aynı zamanda bu maddelerin kullanımının ve depolanmasının gerekli önlemler alınarak yapılmaması durumunda, yeraltı sularının ve toprağın da kirlenmesine neden olabilmektedirler. Önleyici tedbirler ve çıkış önlemleri, kapalı devre ekipmanları ve kirlilik yaratan maddelerin gelişmiş oksidasyon işlemleri (örneğin, Fenton reaksiyonu) sayesinde yok edildiği devre içi sistemleri içermektedirler. Daha detaylı bilgi için, bkz. Bölüm 4.4.4, 4.9.3. ve 4.10.7. İşlem ayrıca, çözgen geri kazanım sisteminde etkisiz hale gelmiş aktif karbon oluşumuna da neden olmaktadır. Bu katı atık, diğer atık maddelerden ayrı olarak

işlenmeli veya zehirli atık olarak yok edilmeli, ya da geri kazanımı için özel işletmelere gönderilmelidir.

Yün ön terbiye işlemlerinin, tüm materyal bulunuş formları için, ağırlıklı olarak çektirme yöntemine göre uygulanan kesintili işlemler olmaları nedeniyle, sonuçta oluşan emisyonlar da kesintilidirler ve çoğunlukla konsantrasyon düzeyleri uygulanan flotte oranından etkilenmektedir. İstisnai bir durum, bantlı yıkama makinelerinde ya da bobinden-bobine yıkama makinelerinde yıkanarak/ağartılarak ve güve yemez hale getirilerek (bkz. Bölüm 2.14.5.1.2) kesintisiz bir üretim akışına neden olabilen halı ipliği imalatında görülmektedir.

Atık suda bulunabilecek zararlı maddelerin, bir kısmı herhangi bir işleme girmeden önce liflerde daha önceden bulunan yabancı maddelerden, bir kısmı da işlemde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddelerden kaynaklanmaktadır.

İşlem görmemiş materyalde bulunan yabancı maddelerden kaynaklanan kirlilik

Koyunların dış çevrede bulunan parazitler tarafından enfekte olmalarını önlemek amacıyla kullanılan pestisitlerin artıkları, yıkanmış yapakta dahi, yıkama işleminin etkinliğine bağlı olarak değişen miktarlarda bulunabilmektedirler. Bunlar esas olarak, organik fosfatlar (OP'lar) ve sentetik piretroid (SP'ler) haşere ilaçları ile haşere gelişim regülatörleridir (IGR'ler), ancak organik klor pestisitlerinin (OC'lar) tayin edilebilir miktardaki kalıntıları da gözlenebilmektedir. Bunlar kuvvetli ya da düşük lipofilik karakterlerine göre, lifler ve su arasında dağılmakta ve sonuçta atık sularda bu bileşiklerin izine rastlanmaktadır. Ektoparazitisirtler ile ilgili daha fazla bilgi, Bölüm 2.1.1.9 ve 2.3.1.2'de bulunabilir. Pestisitlerin farklı sınıflarına ait dağılım faktörleri, Bölüm 3.4.1.1 ve 3.4.1.2'de halı sanayii için daha detaylı olarak tartışılmaktadır.

Buhar uçuculuklarından dolayı, bazı pestisitlerin (OP'lar) açık makinelerden hava emisyonlarına karıştıkları unutulmamalıdır. Bu durum, girdi/çıktı dengelerinde dikkate alınmalıdır.

Yün ön terbiyesinde önemli sorun kaynakları arasında, harman yağları (bkz. Bölüm 8.3.2), örgü yağları (bkz. Bölüm 8.2.5) ve diğer preparasyon maddeleri de yer almaktadırlar. Bu maddeler, yıkama sırasında uzaklaştırılmakta ve dolayısıyla da nihai atık suların KOİ yüklerine ve su zehirliliklerine etkisine katkıda bulunmaktadırlar. Bununla ilgili en önemli sorun kaynakları şunlardır:

- iyi rafine edilmemiş madeni yağlar (aromatik karbon içeren)
- APEO (biyolojik olarak parçalanamayan ve zehirli metabolitlere sebep olan)
- silikonlar (biyolojik olarak parçalanamayan ve özel yıkama yardımcı meddeleri olmadan uzaklaştırılması zor olan)
- biyositler (sulardaki canlılar için zehir etkisi gösteren).

Bölüm 2.14.5.1'de açıklanan halı sektörü için kuru iplik üretim hatları istisnai bir durum oluşturmaktadırlar, çünkü bu şekildeki bir üretimde harman yağları atık suya karışmamaktadırlar.

İşlemde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddelerden kaynaklanan kirlilik

Ön terbiyede, deterjan, ıslatma maddesi, vs. olarak önemli miktarlarda yüzeyaktif madde kullanılmaktadır. Günümüzde, biyolojik olarak iyi bir şekilde parçalanabilen ve kabul edilebilir performansa sahip yüzeyaktif maddeler mevcuttur (bkz. Bölüm 4.3.3). Buna rağmen bazı işletmelerde, düşük maliyetleri nedeniyle alkilfenoletoksilatların kullanımı halâ yaygındır. Alkilfenoletoksilatlar (APEO'lar) ve özellikle de nonilfenoletoksilatlar (NEP'lar), metabolitlerinin, sudaki canlı türlerinin üreme sistemleri üzerine negatif

etkilerininin saptanmasından dolayı, baskı altındadırlar. Kullanımı yaygın olan yüzeyaktif maddelerden kaynaklanan çevresel sorunlar Bölüm 8.1'de tartışılmaktadır.

Ön terbiye işlemlerinden gelip de atık sularda bulunabilen diğer zararlı etki gösterebilecek maddeler kaynakları şunlardır:

- ağartma işlemlerinden ve yün halı ipliğinin kimyasal fiksaj işlemlerinden kaynaklanan indirgen maddeler (sodyummetabisülfit): bunlar atık sudaki oksijen ihtiyacına katkıda bulunmaktadırlar
- hidrojenperoksit stabilizatörleri gibi maddelerden kaynaklanan ve biyolojik olarak elimine edilebilirlikleri zayıf olan kompleks oluşturucular (örneğin, EDTA, DTPA, fosfonatlar)
- sodyumhipoklorit ağartmasından kaynaklanan AOX
- halı ipliklerini haşerelere karşı dayanıklı yapmak için kullanılan maddeler.

Yukarıda bahsedilen maddelerle ilgili çevresel sorunlar hakkında daha ayrıntılı bilgi bu dokümanın başka bölümlerinde, özellikle de Bölüm 2.6.1.2 ve Bölüm 8.5'te verilmektedir.

2.6.3 İpek ön terbiyesi

Aşağıdaki bilgiler İtalya tarafından gönderilmiştir [206, Italy, 2001].

Yıkama (Serisin giderme)

İpek ipliklerini boyaya ve ipekli kumaşları da boya ve baskıya hazırlamak için, serisini, doğal yağları ve organik bileşikleri kısmen ya da tamamen uzaklaştırmak gerekmektedir. Yıkama sırasında uzaklaştırılan serisin yüzdesine bağlı olarak (işlem görmemiş ipekte % 20-25 arasındaki bir oranda serisin bulunmaktadır) son ürün, "ham ipek" (sadece gömlekler ve takım elbiseler için kullanılır), "souple ipeği" ve "cuite ipeği" olarak tanımlanmaktadır.

Serisin uzaklaştırma işlemleri, iplik ya da kumaş halinde gerçekleştirilebilmektedir. İşlem iplik halindeyken gerçekleştirildiğinde serisini düzgün bir şekilde uzaklaştırmak daha kolaydır. Buna rağmen bu işlem, bu "doğal haşıl" maddesinin dokuma sırasında meydana gelebilecek hasarlara karşı koruyucu etkisinden yararlanabilmek amacıyla, genelde kumaş halindeyken gerçekleştirilmektedir.

Arzu edilen sonuçlara bağlı olarak yıkama işlemi, nötr, asidik ya da bazik koşullarda gerçekleştirilebilmektedir. Endüstriyel düzeyde en yaygın olanı, bazik ortamda gerçekleştirilen işlemlerdir. Sıcaklığın kontrolü son derece önemlidir.

Yıkama banyoları yüksek bir toplam organik yüke neden olup, özellikle azotlu organik bileşiklerin konsantrasyonu yüksektir.

"Ham" ipek

"Ham" ipek üretmek üzere yapılacak işlemlerde, ham ipeğin daha önce gördüğü işlemlerden ileri gelen tüm kalıntılar uzaklaştırılırlarken, kumaşların karakteristik sert tutumlarını korumak amacıyla, serisin minimum düzeyde (% 1-% 2) giderilmektir.

"Souple" ipek

İşlem asidik koşullarda atkı ipliklerine uygulanmaktadır. Ağırlık kaybı yaklaşık % 10'dur.

"Cuite" ipek

İşlem, hem iplik hem de kumaşlarda gerçekleştirilmekte ve fibroinde her hangi bir değişikliğe yol açmadan, daha önceki işlemlerde ilave edilen kimyasallar ile serisinin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

Serisini uzaklaştıran protein makromoleküllerinin hidrolitik olarak parçalanmaları, yalnızca sabun kullanarak, sentetik yüzeyaktif maddeler ya da sabun ve sentetik yüzeyaktif madde karışımları kullanarak, enzimatik işlem ile veya ipeği yüksek sıcaklıkta ve basınç altında su ile işleme tabi tutarak sağlanabilmektedir.

*Sabun ile serisin giderme işlemi*nde, iplik ya da kumaş, iki flotte içerisine (serisin giderme flotteleri) daldırılmaktadır. Her flotte farklı konsantrasyonlarda yeşil sabun içermektedir. İşlem, amonyak ile yıkamadan sonra durulayarak bitirilmektedir. İşlem sıcaklığı 95 ^{0}C - 98 ^{0}C arasında değişmektedir. Serisin giderme flottesindeki sabun konsantrasyonu 10 g/l - 15 g/l arasında değişmektedir. İşlem ortalama 2 saat sürmektedir. Uygun miktarda sabun ilave edildikten sonra kullanılmış sabun flottelerinin tekrar kullanımı mümkündür.

Sentetik deterjanlar ile serisin giderme işleminde sabun yerine kısmen ya da tamamen non-iyonik yüzeyaktif maddeler (örneğin, etoksilat yağ alkolü) kullanılmaktadır. Serisin giderme işlemini oksidatif ya da redüktif ağartma ile ve hatta bazı durumlarda boyama ile bile kombine etmek ve böylece su ve enerji tasarrufu sağlamak da mümkün olmaktadır. Genellikle 95 ^{0}C-98 ^{0}C civarındaki sıcaklıklarda alkali ve deterjan karışımları kullanılmaktadır. Böyle bir işlem, kesintisiz çalışma şekline uygundur.

Yüksek sıcaklıkta ve basınç altında serisin giderme işlemi, özellikle ipliklere uygulanan özel bir işlemdir. Yüzeyaktif madde içermeyen sulu bir banyonun hazırlanması gerekmektedir ve sıcaklık 110 ^{0}C-140 ^{0}C arasında olmalıdır. Daha önceki adımlarda kullanılan maddeleri uzaklaştırmak amacıyla, bir ard-yıkama işlemi yapılması gerekmektedir.

Ağırlaştırma (Şarj)

Şarj işlemi, serisinin uzaklaştırılmasının ardından ortaya çıkan ağırlık kaybını telafi etmek amacıyla daha çok ipliklere uygulanmaktadır. İşlem kalay tuzlarının aplikasyonu ya da fibroin protein zincirindeki fonksiyonel gruplara polimer zincirlerin aşılanması şeklinde yapılmaktadır.

İşlem sonunda elde edilen materyal ağırlığı, serisin uzaklaştırma işlemi öncesindeki ağırlık ile aynı ise, ağırlaştırma "pari" olarak, son materyalin ağırlığı daha yüksek ise "pari üstü" olarak tanımlanır. Şarj uygulanmış ipeğin tutum ve dökümlülüğü daha farklıdır. En çok uygulanan yöntem "karma şarj" işlemidir.

Mineraller ile ağırlaştırma (İnorganik şarj)

İpek ipliği, asidik koşullarda farklı konsantrasyonlardaki kalaytetraklorür flotteleriyle (kuvvetli ve zayıf flottelerle) işleme tabi tutulmaktadır. Kuvvetli flottelerde ipliklerin ağırlığı, yalnızca tuzun absorblanması sonucu % 10 artabilmektedir. Bu işlemin ardından fikse olmamış tuzu uzaklaştırmak ve lifte bulunan tuzu hidrolize etmek amacıyla, bir dizi yıkama işlemi yapılmaktadır. Bu işlemler, ipeğin ağırlığını daha da arttırmak amacıyla tekrarlanabilmektedir. Kalay tuzlarının fiksajını sağlamak amacıyla ağırlaştırma, önce disodyumfosfat çözeltisi ile, ardından da sodyumsilikat ile yapılan işlemler ile tamamlanmaktadır.

Bu yöntemin sakıncaları, uzun işlem süresi ile yüksek su ve enerji tüketimidir. Atık sudaki yüksek kalay miktarı da, işlemin çevresel açıdan istenmeyen bir etkisidir.

Vinil monomerleri ile ağırlaştırma (şarj)

Vinil monomerlerinin ipek üzerine aşılanması mineraller ile yapılan klasik ağırlaştırma işlemine alternatif bir yöntem oluşturmaktadır. Böyle bir yöntem sadece istenen ağırlık artışlarının elde edilmesini sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda ipeğin özelliklerini ve performansını da iyileştirmektedir. Vinil monomerleri ile kopolimerizasyon, radikal aktivasyon yöntemleri (redoks sistemleri, UV, γ ışınları ve benzerleri) kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Endüstriyel düzeyde en sık uygulanan monomerlerden bir tanesi metakrilamid (MAA)'dir. MAA ile ağırlaştırma basit bir uygulamadır. Radikal aktivasyonu, amonyak veya potasyum-persülfat ile sağlanmaktadır. Literatürde açıklanan ve redoks sistemlerinden oluşan diğer radikal aktivatörler, günümüzde endüstriyel düzeyde uygulanmamaktadırlar.

İpeğin boyanma davranışları, ağırlaştırma işlemiyle değişebilmektedir. Çalışmalar, MAA ile ağırlaştırılmış ipeğin en sık kullanılan boyarmaddelere karşı afinitesinin, sağlanan ağırlık yüzdesine göre nasıl değiştiğini göstermektedir. Çalışmalar aynı zamanda ağırlaştırmadan sonra yapılan boyamalarda, yaş haslıkların düştüğünü de göstermektedir.

Kravatlarda kullanılacak ipeğin şarjı için, endüstride kullanılan tek yöntem metakrilamiddir ve şu anda piyasada MAA yerine geçebilecek bir ürün yoktur.

Karma ağırlaştırma (şarj)

Mineral ya da MAA ile ağırlaştırma işlemine tabi tutulmuş bileşiklere ait nihai özelliklerin bir kombinasyonunu elde etmek amacıyla, endüstriyel düzeyde oldukça sık uygulanan bir ağırlaştırma işlemi, kalay/MAA ile karma ağırlaştırmadır.

2.6.4 Sentetik materyallerin ön terbiyesi

2.6.4.1 Temel üretim işlemleri

Renklendirme öncesi gerçekleştirilen tipik işlemler, yıkama ve termofiksaj (ısıl-fiksaj)'dır. Yıkama işlemi, daha önceki işlemler sırasında iplik yüzeyine uygulanan preparasyon maddelerini (lif ağırlığının genellikle % 2–3'ü kadardır, fakat % 4'ü kadar da olabilmektedir) ipliklerden uzaklaştırmak için gerekmektedir. Preparasyon maddelerinin büyük bir kısmı (yaklaşık % 95'i) bu adımda uzaklaştırılmaktadır (emülgatör olarak genellikle etoksillenmiş yağ alkolleri kullanılmaktadır). Elastomer (elastan) lifleri bir istisnadırlar, çünkü bunlar çoğunlukla % 6–7 oranlarında silikon esaslı preparasyon maddeleri içermektedirler. Silikonların uzaklaştırılması daha zordur ve yıkamadan sonra da bir kısmı (başlangıçtakinin % 40'ı) liflerde kalmaktadır. Bunların uzaklaştırılmasını arttırmak için, pratikte etoksillenmiş nonilfenollerin kullanımı oldukça yaygındır.

Dokuma kumaşların ön terbiyesinde, haşıl maddelerinin uzaklaştırılması hayati öneme haiz bir adımdır. Bu maddelerin uzaklaştırılması, aşağıdaki maddelerin sinerjitik etkisi sayesinde sağlanmaktadır:

- yüzeyaktif maddeler (non-iyonik ya da non-iyonik ve anyonik karışımları): bunlar ıslatıcı ve emülgatör olarak etki göstermekte ve haşılın solubilizasyonu arttırmaktadırlar
- kompleks oluşturucular (örneğin, fosfonatlar): haşıl maddelerine ait bileşiklerin tekrar çökme risklerinin bulunduğu durumlarda kullanılırlar. Özellikle sentetik liflerin selüloz lifleriyle (bunlarda doğal safsızlıklar olarak, Ca, Fe ve Mg tuzlarının varlığı

karakteristiktir) karışımlarının kesintisiz yöntemlerle terbiyesinde sertlik derecesinde artış meydana gelebilmektedir

- alkali (sud kostik ya da sodyumkarbonat): alkali, uygulanmış olan haşıl maddesine göre seçilmektedir (örneğin, amonyumpoliakrilat tuzları esaslı haşıl maddelerinin uzaklaştırılması için sud kostiğin kullanımı zorunlu iken, poliester esaslı bir haşıl maddesi aynı pH koşullarında çökecektir).

Sentetik liflerin ön terbiyesindeki diğer önemli bir işlem de termofiksajdır. Materyalin bulunuş formuna ve life göre, işlem sırasındaki yeri farklı olabilmektedir. Sonuç olarak, mümkün olan işlem sıralamaları şu şekildedir:

- termofiksaj – yıkama – boyama
- yıkama – termofiksaj – boyama
- yıkama – boyama – termofiksaj.

Eğer beyaz kumaşlar üretilecekse, termofiksajın ardından kumaşların ağartılması da gerekli olabilmektedir.

2.6.4.2 Çevresel sorunlar

Potansiyel olarak zararlı safsızlıklar ve ilave maddeler, sentetik lifler terbiye işletmesinde işlem görmeden önce de lifler üzerinde bulunmaktadırlar ve ön terbiyeden kaynaklanan kirlilik yükünün büyük bir kısmını bunlar oluşturmaktadırlar.

Bu safsızlıkların bir kısmı lif üretimi sırasında meydana gelmektedirler. Bunlar, reaksiyona girmemiş monomerler (örneğin, PA 6 sentezinde kaprolaktam), düşük molekül ağırlığına sahip oligomerler ve katalizör kalıntıları gibi polimer sentezi yan ürünleridirler ve ısıl işlemler sırasında havaya geçmektedirler.

Diğer maddeler, daha sonraki işlemleri iyileştirmek amacıyla liflere bilerek ilave edilmektedirler. Bunlar, lif ve iplik üretiminde kullanılan preparasyon maddeleri ile haşıl maddeleridirler.

Sentetik liflere uygulanan ortalama preparasyon maddesi miktarı (bu miktarın çok daha fazla olduğu elastomer lifleri hariç), lif ağırlığının % 2'si ile % 4'ü arasında değişmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 8.2).

Kumaşlar yıkandığında, bu maddelerin yaklaşık % 80'i atık suya geçmekte ve geri kalan % 20'si de, izleyen yüksek sıcaklık işlemleri (kurutma ve termofiksaj) esnasında atık havaya karışabilmektedir. Tersine, ham materyal yıkamadan önce termofiksaja tabi tutulduğunda (ince dokuma ve örme kumaşların işlem gördüğü durumlarda), zararlı madde yükünün büyük çoğunluğu atık havada bulunmaktadır.

Yüksek sıcaklık işlemleri esnasında, preparasyon maddelerinin daha düşük moleküler ağırlıklı bileşenleri (daha ziyade lubrikantlar ve yüzeyaktif maddeler) ya parçalanmakta – daha küçük, daha uçucu moleküllere dönüşerek - ya da birbirleri ile reaksiyona girerek katran oluşturmaktadırlar. Uçuculuk ve katran oluşumu arzu edilmeyen etkilerdir, çünkü hava emisyonlarına neden olmakta ve ipliklere zarar vermektedir.

Bununla birlikte, sentetik lifler alanında sağlanan önemli teknolojik gelişmeler sayesinde, lif çekiminden (üretiminden) çıkan sentetik lifler/filamentler artık buhar salmamaktadırlar. Bugün mevcut problemler, lif/filament üretiminden sonra ipliklere ağırlıklarının % 2'sinden fazla ve hatta % 3'ü oranında bobinleme yağları gibi lubrikantların aplike edilmesiyle ilgilidirler [48, VITO, 2001].

Atık sular göz önünde alındığında temel sorunlar, madeni yağlar, EO/PO katılım ürünleri, silikon yağları, güçlü yüzeyaktif maddeler, vs. gibi biyolojik olarak az parçalanan veya parçalanamayan maddelerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca sulu formülasyonlarda normal olarak bulunan biositler de, atık suların su zehirliliklerine katkıda bulunmaktadırlar.

Hava emisyonlarında olduğu gibi su emisyonları için de, atık sulardaki ana yük, liflere/filamentlere lif çekme adımından sonra aplike edilen preparasyon maddelerinden (bobinleme yağları, overspray, vs.) kaynaklanmaktadır. Bu maddeler (iplik preparasyon maddeleri) lif çekiminde kullanılan maddelerden daha yüksek oranlarda aplike edilmektedirler. Üstelik, bunların suya karşı afiniteleri genelde oldukça düşüktür ve bu nedenle uzaklaştırılmaları da zordur.

Dokuma kumaşlarda haşıl maddelerinin de göz önünde tutulmaları gerekmektedir. Haşıl maddeleri, HT işlemleri esnasında hava emisyonlarına neden olmamaktadırlar, fakat biyolojik olarak az parçalanabilen maddelerden ve su toksisitesinden sorumlu olabilmektedirler.

Yapay lifler için alternatif preparasyon maddeleri hakkında bilgi Bölüm 4.2.1'de verilmektedir.

2.7 Boyama

Aşağıdaki bölümlerde, boyamanın prensipleri ve farklı lifler için en yaygın kullanılan boyama teknikleri tanımlanmaktadır. Pratik nedenlerle, boyama yardımcı maddeleri, boyarmaddeler ve boyama cihazları hakkında detaylı bilgi özel eklerde verilmektedir (bkz. Bölüm 8.6, 9 ve 10).

2.7.1 Boyamanın genel prensipleri

Boyama, tekstil materyallerinde düzgün bir görünüm ile istenilen performansa ve nihai kullanıma uygun haslıklar sağlamak için, boyanın materyale uniform biçimde aplike edildiği bir renklendirme metodudur. Boyarmadde, ışıkla karşılıklı etkileşim yeteneğine sahip kromofor grup (konjuge sistem) içeren ve böylece renk etkisi sağlayan bir moleküldür.

Tekstil boyamacılığı, boyama prosesini destekleyen çok sayıdaki farklı kimyasal maddelerin ve yardımcı maddelerin kullanımını gerektirmektedir. Bunların bazıları işleme özel iken, diğerleri değişik işlemlerde de kullanılabilmektedirler. Bazı yardımcı maddeler (örneğin, dispergatörler), zaten boyarmadde formülasyonunda bulunurken, pek çok yardımcı madde de sonraki aşamalarda boya banyosuna eklenmektedir. Genelde yardımcı maddeler, boyama sonrasında materyal üzerinde kalmadıklarından, sonuç olarak emisyonlarda bulunmaktadırlar.

Farklı boyama teknikleri bulunmaktadır:

- kütle boyama/jel boyama: boyanın sentetik lif eldesi sırasında life ilavesi (bu teknik, PP lifler için en yaygın aplikasyon metodudur ve ayrıca PAC liflerinde de uygulanmaktadır, ancak bu dokümanda anlatılmayacaktır)
- pigment boyama: suda çözünmeyen ve liflere afinitesi olmayan pigmentin lif yüzeyinde bir tabaka oluşturup binderle fikse olması
- çözünen veya kısmen çözünen boyanın liflerin içine difüzyonu şeklindeki boyama işlemleri.

Aşağıdaki bölümlerde bu son grup işlemler detaylarıyla tartışılacaktır. Bu işlemler moleküler açıdan, dört farklı adım içermektedirler:

1. ilk olarak boya banyosundaki çözünmüş veya dispers haldeki boyanın, banyodan materyale geçişi gerçekleşmektedir
2. ikinci adım boyanın tekstil materyali yüzeyinde birikimini içermektedir. Bu adım, renklendiricinin liflere afinitesi (substantifliği) tarafından belirlenmektedir
3. lifler düzgün bir şekilde boyanana dek, boya, liflerin içerisine difünde olmakta/göç etmektedir. Bu adım, çözünmüş boyanın, boyama banyosu içinde taşınmasından daha yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir. Boyanın lifin içine penetrasyonu, lifin yapısının buna uygunluğu ile ilgilidir. Hidrofil liflerde, boya, uygun mikro gözeneklerden penetre olur iken, molekül yapıları kesintisiz bir su fazına izin vermeyen hidrofob liflere penetrasyonu sağlayabilmek için, boşlukların oluşması gerekmektedir. Genelde liflere nüfuz etme özelliği, sıcaklıkla artmaktadır. Boyanın hidrofob liflerin içerisine nüfuzu (penetrasyonu) yalnızca camlaşma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir ve bazı liflerin camlaşma noktası sıcaklığı 100 °C'un üzerindedir. Mikro gözeneklere difüzyon sırasında, liflerin yüzeyinde oluşan elektrostatik bariyerlerin giderilmesi de gerekmektedir. Bazı durumlarda liflerin yüzeyindeki elektrostatik kuvvetleri azaltmak ve boyanın düzgün bir şekilde penetrasyonunu sağlamak için, boya banyosuna yüksek miktarlarda tuz eklenmesi gerekmektedir
4. boyanın, liflerin içerisinde uygun yerlere bağlanması (fikse olması) gerekmektedir. Boya ile lifler arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan kovalent bağlardan (reaktif boyalar), boya ile lifler arasındaki Van der Waals ve diğer ikincil çekim kuvvetlerine (direkt boyalar) kadar değişen farklı fiksaj mekanizmaları bilinmektedir. Lif ile boyarmadde, boyarmadde ile boyarmadde, su ile lif ve su ile çözünmüş maddeler (yüzeyaktif maddelerde olduğu gibi) arasındaki uzun-, orta-, kısa- mesafe etkileşimlerden sorumlu hidrojen bağları da önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu konu Bölüm 9'da ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

2.7.2 Boyama prosesleri

Tekstil materyallerini üretim prosesinin çeşitli aşamalarından birinde, aşağıdaki yöntemlerle renklendirmek mümkündür:

- açık elyaf ve stok boyama
- tops boyama: lifler boyama öncesinde hafif bükülmüş tarama bandları şeklindedir
- tow (kablo) boyama: sentetik liflerin üretimi sırasında tow (kablo) adı verilen filament materyalin boyanması
- iplik boyama
- kumaş boyama (örneğin, dokuma, örgü ve tafting kumaşlar)
- hazır mamuller-parça boyama (bitmiş giysiler, halılar, banyo setleri, vs.).

Boyama, çektirme veya kesintisiz/yarı kesintili şekilde yapılabilmektedir. Bu iki metot arasındaki seçim, mamulün bulunuş şekline, renklendirme yöntemine, boya seçimine, makine donanımının uygunluğuna ve maliyet durumuna bağlıdır. Kesintisiz ve kesintili boyamaların her ikisi de aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- boya flottesinin hazırlanması
- boyama
- fiksaj
- yıkama ve kurutma.

Çektirme yöntemine göre kesintili boyamalar

Çektirme yönteminde (parti boyama da denilmektedir), belirli miktarda tekstil materyali boyama makinesine yüklenmekte ve boya ve yardımcı maddeler içeren bir çözelti ile dakikalardan saatlere kadar varan bir süre içersinde dengeye getirilmektedir.

Boyama prosesi, boyanın liflerin dış yüzeyine absorbsiyonu ile başlamakta ve daha sonra da boyanın liflerin içine difüzyonu ve migrasyonu gerçekleşmektedir. Kimyasalların kullanımı ve sıcaklığın kontrolü, boya çekimini ve fiksajını (hız/miktar) hızlandırmakta ve optimize etmektedir. Boyama sırasında renk tutturulduğunda, kullanılmış boyama flottesi boşaltılmakta ve tekstil materyali fikse olmayan boyanın ve kimyasal maddelerin uzaklaştırılması için yıkanmaktadır. Yıkama işlemi genellikle aynı makinede yapılmakta, ancak kumaşlarda gerekirse ayrı yıkama makineleri de kullanılabilmektedir.

Tüm bu işlemler farklı otomasyon derecelerinde gerçekleştirilebilmektedirler. Tam otomatik boyahanelerde, reçetelerin hazırlanması ve boyarmaddelerin laboratuvar denemelerinden, kimyasalların ve boyarmaddelerin beslenmesi, materyallerin taşınması, makinelerin yüklenmesi ve boşaltılması ve boyama parametrelerinin (örneğin, miktar, ısıtma ve enjeksiyonun istenen hızda yapılması, pH, sıcaklık, vs.) uygulanmasına kadar tüm adımlar bilgisayar kontrolüyle sağlanmaktadır.

Manuel çalışmada, boyarmadde ve kimyasalların dozajı ve beslemesi elle yapılmaktadır. Yünlüler için uygulanan bir manuel çalışmada, boyanacak materyal ile laboratuvarda renk tutturma çalışmaları yapıldıktan sonra, işletmedeki tam ölçekli boyamalar için laboratuvardakinden % 5–10 daha az boya kullanılmaktadır. Nihai renk tonunun tutturulması, küçük porsiyonlar halinde boya ilaveleriyle sağlanmaktadır. Kullanılan boyarmaddelere bağlı olarak, ilave boyanın düzgün migrasyonunu sağlamak için, her ilaveden önce boya banyosunun soğutulmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. Renk kontrolü gözle yapılmakta ve bunun için boyacı, boyadığı materyalle referansı standart ışık altında karşılaştırmaktadır.

"Gerekenden daha koyu boyamalar", aşırı miktarda egaliz maddesi kullanarak veya indirgen koşullarda boyayı liften uzaklaştırdıktan sonra, doğru renk tonu için boya ilave ederek düzeltilmektedir. Bu çok pahalı ve kirliliğe yol açan bir metot olup, çoğu boyahanede son seçenek olarak kullanılmaktadır.

Diskontinü boyamalarda önemli bir parametre, cihazın *flotte oranıdır.* Bu, toplam kuru materyal ve toplam flotte miktarı arasındaki ağırlık oranıdır. Örneğin, flotte oranının 1:10 olması, 1 kg materyal için 10 litre su kullanıldığını ifade etmektedir.

Bu parametre, sadece boyama prosesinin enerji ve su tüketimi miktarı ile ilgili olmayıp, ayrıca boyanın çekim düzeyi, kimyasalların ve yardımcı maddelerin tüketimi üzerinde de önemli rol oynamaktadır.

Flotte oranı, eşitlikte görüldüğü üzere banyonun çekim (alınma) düzeyi ile bağlantılıdır: Bu eşitlikte: $E = K/(K+L)$

K (afinite) = farklı boya/lif kombinasyonları için 50'den 1000'e kadar
L (flotte oranı) = farklı makine tipleri için 5'ten 50'ye kadar
E (çekim) = 0,5'ten 1'e kadar (% 50'den % 100'e kadar çekim)

Bu denklemden, denge durumun için, L arttığında E'nin düştüğü ve daha az boyanın life absorbe olduğu sonucu çıkarılabilmektedir. Bu etki düşük afiniteli boyalarda daha belirgin olmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi, flotte oranı ayrıca kimyasal ve yardımcı madde tüketim düzeyi üzerinde de etkiye sahiptir. Pek çok dozajlama, lif ağırlığından ziyade, flotte miktarını esas alarak yapılmaktadır. Örneğin, 1:5 flotte oranında 50 g/l tuz, lif miktarı üzerinden 250 g/kg'a tekabül ederken; 1:40 flotte oranında aynı 50 g/l tuz, yine lif miktarı üzerinden 2 kg/kg'a tekabül etmektedir.

Boyama makinelerinin flotte oranları, materyalin cinsine ve hidrofilitesine de bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Makine üreticileri her tip makine için nominal flotte oranı sınırlarını bildirmektedirler. Bildirilen bu değerler, makinelerin optimum/ maksimum kapasitelerinde yüklenerek çalıştırılabilecekleri flotte oranı aralıkları olarak tanımlanmaktadır. Her aralıkta, en yüksek oranlar pamuklu çalışıldığındaki, en düşük değerler de genellikle sentetik liflerle (çoğunlukla PES referans alınmaktadır) çalışıldığındaki flotte oranlarını göstermektedir. Bu durum sentetik liflerin, pamuklulara nazaran daha az miktarlarda flotte almasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 2.2, her makine tipi için nominal flotte oranı aralıklarını göstermektedir. Ayrıca, her tip makinenin kendine has uygulanabilirlik alanı ve sınırlamaları olduğu da unutulmamalıdır.

Çok sayıdaki makine tipinin özellikleri detaylarıyla Bölüm 10.1'den Bölüm 10.4.1.2'ye kadar olan bölümlerde açıklanmakta olup, özel makine tiplerindeki son gelişmeler, Bölüm 4.6.19 ile Bölüm 4.6.21.3'te açıklanmaktadır.

Materyalin formu		**İşlem**	**Ekipman**	**Flotte oranı**
Açık elyaf (tarama bandı ve kablo da dahil)		Açık elyaf boyama	Otoklav (açık elyaf boyama)	1:4 - 1:12 [(1)]
İplik	Bobin/ konik bobin	İplik boyama	Otoklav (bobin boyama)	1:8 - 1:15 [(2)]
	Çile	Çile boyama	Çile boyama makineleri	1:12 - 1:25 [(3)]
Dokuma ve örme kumaş, tafting halı	Halat	Halat formunda kumaş boyama	Haspel	1:15 - 1:40 [(4)]
			Overflow	1:12 - 1:20 [(2)]
			Jet -kumaş için -halı için	1:4 - 1:10 [(4)] 1:6 – 1:20 [(4)]
			Airflow	1:2 - 1:5 [(5)]
	Açık en	Açık en kumaş boyama	Haspel (sadece halı için)	1:15 - 1:30 [(4)]
			Levent boyama Levent boyama + yıkama makinesi	1:8 - 1:10 [(6)] 1:10 - 1:15 [(7)]
			Jiggerde boyama Jigger + yıkama makinesi	1:3 - 1:6 [(6)] 1:10 [(7)]
Hazır mamuller (örneğin, giysiler, halılar, banyo setleri, vs.)		Parça boyama	Padel	1:60 (genellikle)
			Tambur	Çok çeşitli

Kaynak:
[(1)] [32, ENco, 2001]
[(2)] [294, ETAD, 2001]
[(3)] BCMA açıklamalarında [208, ENco, 2001] tipik aralık 1:15 – 1:25 olarak belirtilmektedir. Çile halinde halı yünü (yarı kamgarn) için flotte oranı 1:12 olarak bildirilmiştir
[(4)] [171, GuT, 2001]
[(5)] Büyük bir tedarikçi firma (THEN) ve tekstil terbiye firmalarına göre [209, Germany, 2001]
[(6)] [3, RIZA, 1998]
[(7)] [293, Spain, 2002]

Tablo 2.2: Kesintili boyama ekipman ve flotte oranları

Kesintisiz ve yarı kesintili boyamalar

Kesintisiz ve yarı kesintili boyama işlemlerinde, boyama flotteleri materyale ya emdirme ile (fulard vasıtasıyla), ya da diğer aplikasyon sistemleriyle aktarılmaktadırlar. En yaygın olan çalışma şeklinde, açık en formundaki materyal kesintisiz olarak boyama flottesiyle dolu banyo teknesi içerisinden geçirilmektedir. Materyal fulard teknesinde bir miktar flotteyi absorbe ettikten sonra, boya alımını ayarlayan merdaneler arasından geçmektedir. Sıkma ile kumaştan uzaklaştırılan flotte emdirme banyosuna geri dönmektedir. Halı sanayiinde (ve yüksek hacimde flotte alması ve tutması gereken açık yapılı mamullerde), boyarmadde migrasyonunu önlemek için emdirme flottesine kıvamlaştırıcı maddeler eklenmektedir. Bunun dışında, boyarmaddenin mamule, akıtma, jet püskürtme, enjeksiyon veya köpükle aplikasyon gibi, özel aplikasyon teknikleriyle uygulandığı yöntemler de bilinmektedir (bkz. Bölüm 10.4.2).

Boya fiksajı, çoğunlukla takip eden aşamada kimyasal veya ısı (buhar, ya da kuru ısı) kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Son operasyon, genellikle aynı hattın sonundaki yıkama makinesinde yapılan yıkama işlemidir.

Kesintisiz ve yarı kesintili işlemler arasındaki tek fark, yarı kesintili boyamalarda boya aplikasyonunun emdirme yöntemine göre kesintisiz şekilde yapılmasının ardından, fiksaj ve yıkamanın kesintili olarak yapılmasıdır.

Genelde, kesintisiz boyamalarda baş-son farkını (empregnasyon banyosunun istenmeyen çekimi sonucu oluşabilen) önlemek ve fikse olmamış boyanın yıkanmasını kolaylaştırmak için, düşük afiniteli boyalar tercih edilmektedirler.

Kesintisiz ve yarı kesintili işlemlerde flotte oranı pratik önem taşımamakta ve bir parametre olarak kullanılmamaktadır. Bu proseslerde göz önünde tutulan faktör, *alınan flotte %'si* (100 gram materyalin aldığı flottenin gram cinsinden miktarı) ve boyanın konsantrasyonudur.

Kesintisiz ve yarı kesintili işlemlerde yararlanılan en yaygın tekniklere ve makinelere genel bir bakış, Tablo 2.3'te verilmektedir.

Materyalin formu		**İşlem**		**Ekipman**
Dokuma ve örgü kumaş, tafting halı	Halat	Kesintisiz		Halat halindeki materyal için emdirme ünitesi + J-box veya konveyör + yıkama makinesi
	Açık en	Yarı kesintili	Soğuk bekletme (veya halılar için Carp-O-Roll)	Fulard + yıkama makinesi
			Pad-roll (veya halılar için Carp-O-roll)	Fulard + yıkama makinesi
			Emdirme-jigger (pad-jig)	Fulard + jigger + yıkama makinesi
		Kesintisiz	Pad-steam	Fulard (1) + buharlayıcı + yıkama makinesi
			Emdirme-kurutma	Fulard (1) + ramöz + yıkama makinesi
			Termosol	
Notlar: (1) halıların kesintisiz yöntemlerle boyanmasında farklı ekipman kullanılmaktadır (bkz. Bölüm 10.4.2)				

Tablo 2.3: Yarı kesintili ve kesintisiz boyama işlemleri ve ekipmanları

2.7.3 Selüloz liflerinin boyanması

Selüloz lifleri çok çeşitli boyarmaddelerle boyanabilmektedirler. Bunların en önemlileri:
- reaktif
- direkt
- küp
- kükürt
- azoik (naftol) boyarmaddeleridir.

Reaktif boyalar

Günümüzde selüloz için kullanılan boyaların üçte biri reaktif boyalardır. Bu boyalarla boyamalarda örgü kumaşlar, açık elyaf ve iplikler için genelde çektirme yöntemleri, dokuma kumaşlar için de çoğunlukla pad-batch ve kesintisiz yöntemler uygulanmaktadır.

Çektirme yöntemine göre boyamalarda, boya, alkali (sodyumhidroksit, sodyumkarbonat veya bikarbonat) ve tuz boyama banyosuna prosesin başlangıcında bir seferde veya porsiyonlar halinde eklenmektedirler. Porsiyonlama yönteminde alkali, boya life absorbe olduktan sonra eklenmektedir. Alkalinin miktarı, sistemin reaktivitesi ve istenen renk tonun derinliği (koyuluğu) tarafından tayin edilmektedir (soğukta boyayanlar, ılık ve sıcakta boyayanlarla karşılaştırıldığında, daha düşük pH'da aplike edilmektedirler). Tuz, flotte alımını arttırmak amacıyla eklenmektedir: kullanılan tuz konsantrasyonu, boyanın substantivitesine ve rengin koyuluğuna bağlıdır. Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi, koyu renkler ve düşük afiniteli boyalar için yüksek konsantrasyonlar gerekmektedir.

Renk tonu	Yüksek afiniteli boyalar	Düşük afiniteli boyalar
< % 0,5 > % 4	10-30 g/l NaCl ~50 g/l NaCl	60 g/l'ye kadar NaCl 80-100 g/l'ye kadar NaCl
Kaynak: [186, Ullmann's, 2000], [11, US EPA, 1995]		

Tablo 2.4: Reaktif boyalar için gerekli tuz konsantrasyonları

Boyamadan sonra, flotte boşaltılmakta, materyal durulanmakta ve yardımcı maddelerin ilavesiyle yıkanmaktadır.

Emdirme yöntemine göre boyama proseslerinde, boya ve alkali flotteye birlikte veya iki ayrı fularda (ya da diğer aplikasyon sistemlerine) iki ayrı adımda eklenebilmektedir. Tüm kimyasal maddeler tek adımda aktarıldığında, emdirme flottesinin stabilitesi önem taşımaktadır. Aslında boyanın reaktivitesi ne kadar yüksek olursa, emdirme teknesinde uzunca süre kalan boyanın, liflerle reaksiyona girmeden önce alkali ile hidrolize olma riski de o kadar artmaktadır. Bu yüzden, boya ve alkali genellikle fulardın içine ayrı ayrı dozajlanmaktadır. Ayrıca, günümüzde emdirme tekneleri, flotte hacimleri mümkün derecede düşük olacak şekilde tasarlandıklarından, teknedeki flotte ortalama 5 dakika içinde yenilenmektedir [186, Ullmann's, 2000].

Yarı kesintili prosesler arasında, reaktif boyalar için en önemli olanı, büyük farkla soğuk bekletme (pad-batch) yöntemidir. Materyal boya ve alkali ile emdirildikten sonra, doklara sarılmaktadır. Fiksaj, bekletme sırasında gerçekleşmektedir.

Kesintisiz tesislerde, emdirme, fiksaj, yıkama ve kurutma işlemleri aynı işlem hattında gerçekleştirilmektedir. Fiksaj genelde, kuru ısı veya buhar ile sağlanmaktadır. Yaygın olarak aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- emdirme-buharlama (pad-steam) yöntemleri (yaygın bir yöntem: emdirme-kurutma-emdirme-buharlama şeklinde olup, emdirme ile boya aplikasyonu – ara kurutma – emdirme ile alkali aplikasyonu – doymuş buharla boya fiksajı – yıkama – kurutma adımlarını içermektedir)
- emdirme-kuru termofikse yöntemleri (boya ve alkali aynı anda emdirilmekte; materyal tek adımda kurutulup fikse edilebileceği gibi, ara kurutma aşamasından sonra termofikse de edilebilmektedir).

Tüm bu yöntemlerde, fiksajdan sonra materyal titizlikle, açık en ya da halat yıkama makinelerinde, hidrolize olmuş boyayı tamamen uzaklaştıracak şekilde yıkanıp kurutulmaktadır.

Emdirme-kuru termofikse yöntemlerinde, fiksaj sırasında boya için çözgen etkisi sağlamak üzere emdirme flottesine çoğunlukla üre eklenmektedir. Üre 115 °C'da erimekte ve 100 °C'un üzerinde suyu bağlamaktadır. Bu nedenle de, kuru ısıyla boyamada boya çözgeni olarak kullanılabilmektedir. Son zamanlarda üre ilavesine gerek duyulmayan bir boyama yöntemi de geliştirilmiştir (bkz. Bölüm 4.6.13).

Üre bazen soğuk bekletme işlemlerinde, boya çözünürlüğünü arttırıcı boyama çözgeni olarak da kullanılmaktadır. Ancak ürenin boyama çözgeni olarak kullanımı, 1992 yılından beri azalma eğilimindedir [61, L.Bettens, 1999]. Yüksek konsantrasyonlu boya flotteleriyle koyu boyamalar için bile üre gerektirmeyen, yüksek çözünürlüğe sahip yeni reaktif boyalar piyasaya çıkarılmıştır.

Direkt boyalar

Selüloz liflerinin boyanmasında direkt boyalar da büyük önem taşımaktadırlar: bu boyaların toplam tüketiminin % 75'i pamuk ve viskoz liflerinin boyanmasında kullanılmaktadır [186, Ullmann's, 2000].

Direkt boyalar, iyi ıslatma ve disperge etkisi sağlayan yardımcı maddeler ve tuz (sodyumklorür veya sodyumsülfat) ile birlikte flotteden direkt olarak mamule aplike edilmektedirler. Yardımcı madde olarak, non-iyonik ve anyonik yüzeyaktif maddelerin karışımı kullanılmaktadır.

Çektirme yönteminde boya pasta haline getirilmekte, sıcak suyla çözülmekte ve boyama flottesine eklenmektedir. Tuz, flotteye daha sonra ilave edilmektedir. Flottenin boşaltılmasından sonra kumaş soğuk suyla yıkanmakta ve genelde ard-işleme tabi tutulmaktadır.

Emdirme işlemleri, aşağıdaki yöntemleri kapsamaktadır:

- emdirme-buharlama (pad-steam)
- emdirme-sıcak bekletme (pad-roll)
- soğuk bekletme (pad-batch)
- emdirme-jigger (pad-jig) aplikasyonu (materyal boyayla emdirilmekte ve jiggerde tuz flottesinden geçirilmektedir).

Tüm bu işlemlerin sonunda materyal soğuk suyla durulanmaktadır.

Renk koyuluğunun artmasıyla yaş haslıklar o kadar düşmektedir ki, genelde bir ard-işlem yapılması zorunlu hale gelmektedir [186, Ullmann's, 2000]. Bunun için iki yöntem mevcuttur:

1- kompleks oluşturucu maddeler veya disperge etme özelliğine sahip yüzeyaktif maddelerle yıkayarak, fikse olmamış boyanın uzaklaştırılması
2- hidrofilik grupların bloke edilmesiyle, boya çözünürlüğünün azaltılması ("moleküllerin büyütülmesi").

Moleküllerin büyütülmesi için, çeşitli yöntemler uygulanabilmektedir. Bunun için boyanmış materyal aşağıdaki maddelerle işleme tabi tutulmaktadır:

- katyonik fiksaj maddeleri: bunlar anyonik boya ile orijinal boyaya göre daha az çözünen, tuza benzeyen bir bileşik oluşturan kompleks maddelerdir. Bu amaçla, uzun hidrokarbon zincirli kuaterner amonyum bileşikleri, poliaminler ve polietilenimin türevleri kullanılabilmektedirler
- metal tuzları: bakırsülfat ve potasyumdikromat, bazı azo boyalarıyla daha yüksek haslıklara sahip metal kompleksleri oluşturabilmektedirler
- aminler, polinükleer aromatik fenoller, siyanamid veya disiyandiamidlerin formaldehit ile oluşturdukları kondenzasyon ürünleri (bu kondenzasyon ürünlerinin kullanımı, boya molekülleriyle düşük çözünürlükte bileşiklerin oluşumunu sağlamaktadır)
- diazolanmış bazeler: boyamadan sonra materyal diazolama işlemine tabi tutulmakta ve suda çözünürlük sağlayan grup içermeyen aromatik aminler veya fenollerle kenetlenmektedir [186, Ullmann's, 2000].

Formaldehit kondenzasyon ürünleri veya metal tuzlarıyla ard-işlem yapıldığında, çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle genelde katyonik fiksaj maddelerinin kullanıldığı yöntemler tercih edilmektedir. Oysa, kuaterner amonyum bileşikleri de, çoğunlukla biyolojik olarak parçalanamayan, balık toksitesi gösteren ve azot içeren bileşiklerdir.

Küp boyaları

Küp boyaları uygun olarak seçildiklerinde, mükemmel haslık özelliklerine sahiptirler ve genelde sert, yıkama ve ağartma işlemlerine tabi tutulan materyallere uygulanmaktadırlar (havluluk kumaş, endüstriyel ve askeri üniformalar, vs.).

Küp boyaları normalde suda çözünmemekte, ancak bazik ortamda indirgeme (küpleme) sonrası suda çözünür ve liflere karşı substantif hale gelmektedirler. Ardından oksidasyon ile tekrar suda çözünmez hale dönmekte ve liflerin içerisinde bu şekilde fikse olmaktadırlar.

Küp boyaları materyale çektirme yöntemleriyle aplike edildiklerinde, boyanın yüksek afinitesi nedeniyle, tekstil materyali hızlı ve düzgünsüz bir şekilde boyanmaktadır. Bununla beraber, aşağıdaki önlemler alınarak düzgün boyama yapılabilmektedir:

- egaliz maddeleri ilavesi
- kontrollü sıcaklık yükseltme yöntemi ("Yüksek Sıcaklık" yöntemi ve "Yarı pigmentleme" yöntemi)
- materyalin suda çözünmeyen boya dispersiyonu ile empregnasyonu ve daha sonraki adımda indirgen madde ilavesi (ön pigmentleme yöntemi).

Tüm bu yöntemler, oksidasyon ve ard-işlem ile devam etmektedir. Ard-işlem, materyalin yıkama maddesi içeren hafif bazik flotteyle kaynama sıcaklığında yıkanması şeklinde yapılmaktadır.

Kesintisiz yöntemler, dokuma kumaşların neredeyse tamamının, örgü kumaşların ise küçük bir bölümünün boyanmasında kullanılmaktadırlar. En yaygın şekilde uygulanan kesintisiz yöntem pad-steam yöntemidir. Materyal antimigrasyon maddesi (poliakrilatlar, aljinatlar, vs.) içeren sulu boya dispersiyonuyla, gerekirse dispersiyon/ıslatma maddeleri de eklenerek emdirilmektedir. Kurutma sonrası kumaş, gerekli miktarda alkali ve indirgen madde içeren fularddan geçirilmekte ve hemen buharlayıcıya girmektedir. Materyal son olarak durulanmakta, okside edilmekte ve açık en yıkama makinesinde sabunlanmaktadır.

Daha hızlı bir yöntem olarak, sadece pastel ve açık tonlar için, tek adım yöntemi de uygulanabilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.4).

Hacimli açık en kumaşlar, yaş buharlama yöntemiyle de boyanabilmektedirler. Pad-steam yönteminden farklı olarak, bu yöntem buharlamadan önce bir ara kurutma gerektirmemektedir.

Küp boyalarıyla yapılan boyamalarda aşağıdaki kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler kullanılmaktadırlar:

- indirgen maddeler: özellikle sodyumditiyonit (hidrosulfit) ve sülfoksilik asit türevleri (Zn-sülfoksilat). Bunlardan ikincisi, özellikle pad-steam yönteminde kullanılmaktadır. Günümüzde bazı aplikasyonlarda, hidroksiaseton gibi kükürt içermeyen organik indirgen maddeler de kullanılmaktadır
- hidrojenperoksit, perborat veya 3-nitrobenzensülfonik asit gibi oksidasyon maddeleri
- alkali (sud kostik)
- tuz
- dispergatörler: bunlar zaten boya formülasyonunda mevcutturlar ve ayrıca boyama prosesinin sonraki adımlarında da eklenmektedirler
- egaliz maddeleri: boyayla etkileşim kurarak, boyanın life absorbsiyonunu geciktirmektedirler.

Kükürt boyaları

Kükürt boyaları, kumaş boyamada (selüloz ve selüloz-poliester karışımları), iplik boyamada (dikiş ipliği, denim kumaş için çözgü ipliği, dokuma kumaşlar için boyalı iplik), flok ve tarama bandı (yün/rejenere ve sentetik lif karışımları) boyamada kullanılmaktadırlar [186, Ullmann's, 2000].

Kükürt boyaları da, küp boyaları gibi suda çözünmemekte, bazik ortamda suda çözünen ve liflere karşı yüksek afiniteye sahip olan leyko formuna dönüşmektedirler. Lifler tarafından alındıktan sonra, boya oksidasyona uğratılmakta ve orjinal suda çözünmeyen haline geri döndürülmektedir. Son olarak, indirgen madde, tuzlar, alkali ve fikse olmamış boya durulama ve yıkama işlemleriyle liflerden uzaklaştırılmaktadır.

Çektirme yöntemine göre boyama (jiggerde, jet boyama makinesinde ve haspelde) yapmak da mümkün olmakla beraber, çoğunlukla kesintisiz boyama yöntemleri uygulanmaktadır.

Kesintisiz boyama yöntemlerinde materyal boya, indirgen madde ve ıslatıcı ile tek banyolu veya iki banyolu işlemlerle emdirilmektedir. Tek banyolu yöntemlerde (pad-steam yöntemi) indirgen madde ve boya aynı anda eklenmektedir. İki banyolu yöntemlerde (pad-dry/pad-steam) materyal önce, boya ve ıslatıcı içeren flotte ile emdirilmekte ve gerekiyorsa bir ara kurutmadan sonra ikinci adımda indirgen madde aplike edilmektedir. Ardından materyal tam doymuş buhara maruz bırakılmaktadır. Daha sonra da durulama, oksidasyon ve tekrar durulama işlemleri uygulanmaktadır.

Kesintisiz yöntemlerde flotteden boyarmaddenin çekilip alınmasının çok yüksek olmaması nedeniyle, boyama banyosunun tekrar kullanılması mümkün olabilmektedir.

Boyama işlemi sırasında materyale aktarılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler şunlardır:

- indirgen maddeler: en yaygın olarak sodyumsülfür, sodyumhidrojensülfür ve tiyoüredioksit kullanılmaktadır (kullanımlarının son on yılda azalmış olmasına rağmen [281, Belgium, 2002]). Alternatif indirgen maddeler olarak, glikoz ve sodyumditiyonit,

hidroksiaseton ve glikoz, ya da formamidin sülfinik asit ve glikozdan oluşan ikili karışımlar da kullanılmaktadırlar (bkz. Bölüm 4.6.6)
- alkali (sodyumhidroksit)
- tuz
- dispergatörler (boyanın henüz indirgenmemiş olduğu, ya da oksidasyonla yeniden oluşturulduğu işlem adımlarında gerekmektedirler)
- kompleks oluşturucu maddeler: bazı durumlarda, özellikle flotte sirkülasyonlu boyamalarda, toprak alkali metallerin olumsuz etkilerinden korunmak için EDTA ve polifosfatlar kullanılmaktadır
- oksidasyon maddeleri: özellikle hidrojenperoksit ve bromat, iyodat ve klorit gibi halojen içeren bileşikler.

İnkişaf boyaları (naftol boyaları)

Naftol AS boyaları ile çok iyi haslıklara sahip boyamalar elde edilebilmektedir, ancak aplikasyon maliyetleri ve boyanın hazırlanmasındaki işlem güçlükleri nedeniyle, bu boyaların kullanımları azalma eğilimindedir **[**77, EURATEX, 2000**].**

Naftol boyaları ile yapılan boyamalar, bazı hassas adımları içeren karmaşık işlemlerdir:
- naftolat çözeltisinin, sıcak çözme işlemi ile (naftol sodyumhidroksitle kaynatmak suretiyle çözünmektedir), ya da soğuk çözme işlemi ile (naftol alkol ya da cellosolve, sodyumhidroksit ve soğuk suyla çözünmektedir) hazırlanması. Bazı naftoller için, serbest naftol oluşumunu önlemek amacıyla, formaldehit ilavesi de gerekmektedir
- naftolatın liflere, çektirme ya da emdirme yöntemiyle aplikasyonu
- hidroklorik asit ve sodyumnitritle muamele ederek diazolanmış bazenin hazırlanması (bu adım eğer hazır diazonyum tuzu kullanılıyorsa söz konusu değildir)
- naftolat çözeltisiyle emdirilmiş olan materyalin, diazolanmış baze ya da hazır diazonyum tuzu içeren banyodan geçirilmesiyle boyanın liflerin içinde oluşturulması (bağlama kapasitesini arttırmak için gerekli pH'ın sağlanması amacıyla tampon maddelerin ilavesi)
- naftol fazlasının durulayarak liflerden uzaklaştırılması ard-işlemi.

Boyarmadde	Kimyasal ve yardımcı maddeler/karakteristik aplikasyon koşulları	Yöntem
Reaktif	- Sodyumkarbonat ve/veya sodyumhidroksit ilavesi ile pH'ın 9,5 – 11,5'a ayarlanması - Flotte alımını arttırmak amacıyla tuz kullanılmaktadır: düşük afiniteli boyalar ve koyu tonlar için daha yüksek konsantrasyonlar kullanılmaktadır - Aplikasyon sıcaklıkları, boyarmadde sınıfına bağlı olarak 40 °C ile 80 °C arasında değişmektedir - Emdirme proseslerinde, emdirme flottesine genellikle üre ya da siyanoguanidin eklenmektedir (Bölüm 4.6.13'te anlatılan Ekontrol® yöntemi, üre gerektirmemektedir) - Boyama sonrası, materyal sabunlanmakta ve daha sonra fikse olmamış boyanın uzaklaştırılması amacıyla yüzeyaktif maddelerin ilavesiyle yıkama işlemi yapılmaktadır	Kesintili Pad-batch Pad-steam Pad-dry
Direkt	- Flotte alımını arttırmak amacıyla tuz kullanılmaktadır - Islatıcı/dispergatör olarak non-iyonik ve anyonik yüzeyaktif maddelerin karışımları kullanılmaktadır - Yaş haslıkların geliştirilmesi için genellikle ard-işlem gerekmektedir (katyonik fiksatörlerin, formaldehit kondenzasyon ürünlerinin kullanımı mümkündür)	Kesintili Pad-batch Pad-jig Pad-stem
Küp	- Boyanın sodyum leyko formuna dönüştürülmesi için, alkali ve indirgen maddeler (sodyumditiyonit, sülfoksilik asit türevleri, tiyoüredioksit ve diğer organik indirgen maddeler) kullanılmaktadır - Boya formülasyonunda parçalanabilirliği zayıf dispergatörler bulunmaktadır ve ayrıca işlemin diğer adımlarında da eklenmektedirler - Bazı durumlarda egaliz maddeleri gerekebilmektedir - Sıcaklık, alkali ve tuz gereksinmeleri boyanın yapısına (IK, IW, IN) bağlı olarak değişmektedir - Boya liflere genellikle hidrojenperoksit kullanarak oksidasyon yoluyla fikse olmaktadır, ayrıca halojen içeren oksidasyon maddeleri de kullanılabilmektedir - Ard-işlem, zayıf alkali özellikteki yıkama banyosunda kaynama sıcaklığında gerçekleştirilmektedir - Kesintisiz işlemlerde, anti-migrasyon ve ıslatma maddeleri kullanılmaktadır	Kesintili Pad-steam
Kükürt	- Hazır suda çözünür yapıdaki boyalar kullanılmadığı taktirde, boyanın suda çözünür hale gelmesi için indirgen maddeler (Na_2S, NaHS, indirgen maddelerin glikoz esaslı maddelerle kombinasyonları) ve alkali kullanılmaktadır - Kesintili yönteme göre yapılan boyamalarda, dispergatörler ve kompleks oluşturucu maddeler kullanılmaktadır - Kesintili yönteme göre yapılan boyamalarda, boya genellikle 60–110 °C civarında absorbe edilmekte, pad-steam yönteminde ise materyal 20–30 °C'da emdirilmekte ve daha sonra 102-105°C'da buharlama işlemine tabi tutulmaktadır - Oksidasyon daha ziyade hidrojenperoksit, bromat ve iyodat ile gerçekleştirilmektedir	Kesintili Pad-steam Pad-dry/ pad-steam
İnkişaf	- Naftolatın hazırlanması (sodyumhidroksit ve bazı durumlarda materyal üzerindeki naftolun stabilizasyonu için formaldehit ilavesi gerekmektedir) - Naftolatın çektirme ya da emdirme yöntemlerine göre aplikasyonu - Diazolanmış bazenin hazırlanması ($NaNO_2$ ve HCI ile) - İnkişaf adımı (materyal soğuk inkişaf flottesinden geçirilmekte ya da inkişaf flottesi boyama makinesi içinde hareketsiz duran materyal içinden sirküle edilmektedir)	Kesintili Emdirme yöntemleri

Tablo 2.5: Selüloz lifleri için en fazla kullanılan boyarmaddelerin ve yöntemlerin özeti

2.7.4 Yün liflerinin boyanması

Yün aşağıda belirtilen boyarmaddelerle boyanabilmektedir:

- asit (metal içermeyen)
- krom
- 1:1 ve 1:2 metal kompleks
- reaktif.

Asit boyaları

Asit boyaları yapıları gereği asidik ortamda aplike edilmektedirler, ancak uygulanan pH aralığı, asit boyasının yapısına göre farklılık göstermektedir. Boyarmaddenin liflere karşı afinitesi ne kadar yüksek olursa o kadar artan hidrofobik etkileşimin, boyanın daha yüksek pH'larda aplike edilmesi ile engellenmesi gerekmektedir.

Bu yüzden *egalizasyon tipi asit boyaları,* migrasyon yeteneğini ve düzgün boyamayı desteklemek için ve sülfat iyonları (% 5-10 sodyumsülfat) ilavesiyle kuvvetli asidik ortamda (% 1-3 formik asit) aplike edilmektedirler. HCOOH ve $HSO4^{-}$ iyonları egaliz maddesi görevi görerek sülfonlanmış boyalarla rekabet etmektedirler. Sonuçta, ayrıca egaliz maddesi ilavesi gerekmemekte ve boyanın alınma hızı başlangıçta flotte sıcaklığının yavaş bir şekilde (1 °C/dk) yükseltilmesi yoluyla kontrol altında tutulmakta, daha sonra da kaynama sıcaklığındaki boyama süresi uzatılarak, boyanın başlangıçtaki yüksek alım bölgelerinden migrasyonuna imkan tanınmaktadır.

Orta kuvvetteki asidik ortamda boyamaya uygun asit boyaları (yarı dinkleme tipi boyalar veya ter haslığı yüksek boyalar olarak da bilinen), egalizasyon tipi asit boyalarına göre daha iyi haslık özellikleri göstermektedirler ve düzgün boyama özelliklerini de kısmen korumaktadırlar. Aplikasyon, migrasyonu arttırmak için egaliz maddesi ve sodyumsülfat (% 5 -10) ilave edilen hafif asidik flottede (% 1-3 asetik asit) yapılmaktadır.

Dinkleme tipi asit boyaları (ileride bahsedilecek olan 1:2 metal kompleks boyaları da dahil) liflere karşı yüksek afiniteye sahiptirler ve kaynama sıcaklığındaki migrasyon yetenekleri düşüktür. Bu yüzden bu boyalar daha nötr bir pH'da (asetik asit ile pH 5-7,5), sodyumasetat (2 g/l) ya da amonyumsülfat (% 4) ve egaliz maddesi ilavesiyle aplike edilmektedirler. Migrasyon üzerinde düşük bir etkiye sahip olduğu ve düzgünsüz boya adsorbsiyonunu arttırabileceği için, genellikle sodyumsülfat kullanımından kaçınılmaktadır.

Egaliz maddeleri, asit boyaları ile boyamada önemli bir rol oynamaktadırlar. Çok sayıdaki non-iyonik, katyonik, anyonik ve amfoterik yüzeyaktif madde bu sınıfta yer almaktadır.

Krom boyaları

Krom boyalarının aplikasyonu için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. *Krom mordan* yöntemi lifin kromlanabilen bir boya ile boyanmasından önce kromlanması (mordanlanması) prensibine dayanmakta; *Metakrom* yönteminde ise hem boya, hem de krom tuzu aynı anda aplike edilmektedir. Her iki yöntemin de yerini büyük oranda, önce boyanın aplike edildiği ve daha sonra liflerin ayrı bir adımda kromlandığı, kalan flotteden yararlanılarak su tasarrufunun sağlandığı *Sonradan kromlama* yöntemi almaktadır.

Boyarmaddenin aplikasyonu, hafif asidik flottede (% 1 asetik asit) gerçekleştirilmekte ve çoğunlukla kaynatma adımının sonuna doğru formik asit ilavesi ile boya alımının arttırılması sağlanmaktadır. Daha sonra boyama flottesi kaynama sıcaklığından 80 °C civarına soğutulmakta, formik asit ilavesiyle pH 3,5 civarına ayarlanmakta ve önceden çözülmüş krom tuzu eklenmektedir. Daha sonra boyama flottesi tekrar kaynama sıcaklığına ısıtılmakta ve kaynatma işlemine 20-30 dakika devam edilmektedir. Krom tuzu olarak boyama banyosuna ya sodyumdikromat ya da potasyumdikromat ilave edilmektedir. pH 3–7 arasında $Cr_2O_7^{-2}$ dikromat anyonları ağırlıkta olmak üzere, çözeltide bulunan kromlama öğeleri pH'a bağlı olarak değişmektedir. Her ne kadar, başlangıçta yün lifleri tarafından adsorbe edilen krom (VI) anyonları olsa da, boya kompleksleri liflerin yapısındaki indirgen grupların etkisiyle meydana gelen krom (III) iyonları ile oluşturulmaktadırlar. Kuvvetli asitler bu prosesi aktive edici bir etkiye sahiptirler; Cr(VI) iyonlarının dönüşüm derecesini arttırmak için organik asitler (tartarik, laktik, formik asitler) veya tiyosülfat da kullanılabilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 4.6.15).

Metal kompleks boyaları

1:1 metal kompleks boyalarının aplikasyonu, flotteyi sülfirik asitle pH 1,8-2,5'e ayarlayarak, ya da formik asitle pH 3-4'e ayarlayarak ve sodyumsülfat (% 5-10) ile başka organik egaliz maddeleri ilave ederek gerçekleştirilmektedir. Bu boyarmadde sınıfı, bu özel uygulama şartları nedeniyle, özellikle karbonize edilmiş yünden yapılmış kumaşlar için uygundur.

1:2 metal kompleks boyaları bu sınıfın en önemli grubunu oluşturmaktadırlar ve zayıf polar ve güçlü polar 1:2 metal kompleks boyaları olarak iki alt gruba ayrılabilmektedirler. Aplikasyon genelde hafif asidik ortamda gerçekleştirilmektedir:

- zayıf polar kompleks boyalar için, amonyumasetat da ilave edilerek pH 4-7 arasında (asetik asit)
- güçlü polar kompleks boyalar için, amonyumsülfat da ilave edilerek pH 5-6 arasında (asetik asit).

Metal kompleks boyaları ile yapılan boyamalarda, egaliz maddelerinin kullanımı çok yaygındır. Asit boyalarında kullanılan egaliz maddeleri, bu boyalar için de kullanılabilmektedirler.

Reaktif boyalar

Reaktif boyalar, genellikle rengin koyuluğuna da bağlı olarak, flotte pH'ı 5-6 arasına ayarlanarak, amonyumsülfat ve özel egaliz maddeleri (düşük boyama sıcaklığında boya ile kompleks oluşturan ve daha sonra boyama sıcaklığı yükseltildiğinde bozunan amfoterik maddeler) ilave edilerek uygulanmaktadırlar.

Boyama yöntemi boyanın liflerle reaksiyona girmeden önce migrasyonuna izin vermek için sıcaklığın, 30 dakika 65-70 °C'da tutulduğu bir bekletme adımı da içerebilmektedir. Çok yüksek haslıkların istendiği boyamalarda, hidroliz olmuş boyarmaddenin uzaklaştırılması için lifler alkali ortamda (amonyak ile pH 8-9) durulanmaktadırlar.

Boyarmadde	Kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler/ karakteristik uygulama şartları	Yöntem
Asit boyaları (metal içermeyen)	- Egalizasyon tipi boyalar için kuvvetli asidik ortam (formik asitle) - Yarı dinkleme tipi boyalar için hafif asidik ortam (asetik asit ile) - Dinkleme tipi boyalar için daha nötr bir ortam (asetik asit ve sodyumasetat, ya da amonyumsülfat ile) - Tuz: sodyumsülfat ya da amonyumsülfat - Egalizasyon tipi boyalarda tuz ve formik asidin dışında başka bir egaliz maddesi eklemeye gerek yoktur	Kesintili boyama
Krom boyaları (mordan)	- pH 3 ile 4,5 arası - sodyumsülfat - organik asitler: asetik asit ve formik asit (tartarik asit ve laktik asit de kullanılabilmektedir) - indirgen madde: sodyumtiyosülfat - sodyumdikromat ya da potasyumdikromat ile sonradan kromlama	Kesintili boyama (Sonradan kromlama yöntemi)
1:1 metal kompleks boyaları	- pH 1,8-2,5 arası (alkanoletoksilatlar gibi yardımcı maddelerin ilavesiyle pH 2,5) - sülfirik asit ya da formik asit - tuz: sodyumsülfat - son durulama banyosuna amonyumasetat ya da sodyumasetat eklenebilir	Kesintili boyama
1:2 metal kompleks boyaları	- pH 4,5-7 arası - amonyumasetat ya da amonyumsülfat - egaliz maddeleri (non-iyonik, iyonik ve amfoterik yüzeyaktif maddeler)	Kesintili boyama
Reaktif boyalar	- pH 4,5-7 arası - formik asit ya da asetik asit - egaliz maddesi - yüksek haslıklar için amonyak ile ard-işlem	Kesintili boyama

Tablo 2.6: Yün lifi için en yaygın kullanılan boyarmaddelerin ve yöntemlerin özeti

2.7.5 İpek liflerinin boyanması

İpek lifleri, 1:1 metal kompleks boyaları hariç, yünün boyanmasında kullanılan boyalarla boyanabilmektedirler. Buna ilaveten, direkt boyalar da kullanılabilmektedir. Boyama pH'ı, yün boyamacılığına göre biraz daha yüksektir. Reaktif boyamalarda fiksajın sağlanması için 20-60 g/1 tuz ve 2-5 g/1 soda ilavesi gerekmektedir [294, ETAD, 2001].

Daha ayrıntılı bilgi "Yün liflerinin boyanması" bölümünde verilmektedir.

2.7.6 Sentetik liflerin boyanması

2.7.6.1 Poliamid lifleri

Poliamid lifleri (PA 6 ve PA 6,6) çeşitli yapıdaki boyalarla rahatlıkla boyanabilmektedirler. Hidrofobik yapıları nedeniyle, dispers boyalarla (non-iyonik) boyanabildikleri gibi, polimer zincirlerindeki NH-CO- ve NH_2- grupları sayesinde, asit, bazik, reaktif ve 1:2 metal kompleks (iyonik) boyalarla da boyanabilmektedirler. Bununla birlikte, uygulamada artan bir şekilde egalizasyon tipi asit boyaları kullanılmaktadır.

Boyama öncesinde materyalden gelen afinite farklılıklarının giderilmesi ve kırık oluşma hassasiyetinin azaltılması için, kumaşlara genellikle bir ön fiksaj işlemi yapmak gerekmektedir. Ön fiksaj işlemi ramözde yapılabilmektedir.

Dispers boyalar

Poliamid liflerini boyamada, daha ziyade azo bileşiği ve antrakinon esaslı dispers boyalar kullanılmaktadırlar. Bunlar genellikle açık renkler için kullanılmaktadırlar.

Materyal asetik asitle sağlanan asidik ortamda (pH 5) boyanmaktadır. Flotteye daima bir egaliz maddesi ilave edilmektedir.

Asit boyaları

Yünün asit boyalarıyla boyanmasında olduğu gibi, boya afinitesi arttıkça, düzgün absorbsiyonu sağlamak için, başlangıç adımındaki hidrofobik etkileşimin bastırılması gerekmektedir. Bu nedenle yüksek afiniteli boyalarla boyama yapılırken, flottenin başlangıçta yeterince alkali olması gerekmekte ve daha sonra boya alımını arttırmak için pH yavaş bir şekilde düşürülmektedir. Flottenin asitlik seviyesi, ya boyama sırasında asit dozajlanması yapılarak, ya da boyamanın başlangıcında flotteye asit açığa çıkaran maddeler (örneğin, amonyumsülfat, sodyumpirofosfat, ya da organik asitlerin esterleri) ilave edilerek ayarlanmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 4.6.14).

Optimal boya alımı ve düzgün boyama, sıcaklık profilinin kontrolü ile de sağlanabilmektedir.

Egalizasyon etkisini arttırmak için normal olarak yardımcı maddeler (anyonik, katyonik, non-iyonik yüzeyaktif maddeler) kullanılmaktadır.

Poliamid liflerinin asit boyalarıyla boyanmasında yaş haslıklar genellikle yetersizdir. Çoğunlukla sintanlar (sentetik tanenleme maddeleri) ile ard-işlem gerekmektedir. Sintanlar, çektirme işleminin bitiminde boyama banyosuna, ya da yeni hazırlanan bir flotteye formik asit veya asetik asit ilavesi ile pH'ı 4,5'e ayarlamak suretiyle eklenmektedir. Materyal 70–80 ^{o}C'da işlem görmekte ve daha sonra durulanmaktadır.

Metal kompleks boyaları

1:2 metal kompleks boyaları içinde, poliamid liflerinin boyanmasına en uygun olanları, yapılarında sülfo grupları içeren boyalardır.

pH düştükçe boya absorbsiyonu artmaktadır. Boyama koşulları, amonyumsülfat ve asetik asit ilavesi ile sağlanan zayıf asidik ortamdan, yüksek afiniteli boyalar için nötr veya hafif alkali ortama kadar değişmektedir. Yüksek afiniteli boyalar için flotteye genellikle amfoterik ya da non-iyonik egaliz maddeleri eklenmektedir.

Reaktif boyalar

Prensip olarak yün için kullanılan reaktif boyalar poliamid için de uygundurlar. Boyama prosesi, zayıf asidik ortamda (pH 4,5–5) gerçekleştirilmektedir. Boyama işlemi, 20 – 45 ^{o}C'da başlamakta ve daha sonra sıcaklık kaynama noktası civarına yükseltilmektedir. Ard-işlem adımında, non-iyonik yüzeyaktif maddeler ve sodyumbikarbonat veya amonyak kullanılmaktadır.

Boyarmadde	Kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler/karakteristik aplikasyon koşulları	Yöntem
Dispers boyalar	- asetik asit ilavesiyle pH 5 - dispergatörler (sülfoaromatik kondenzasyon ürünleri, ya da non-iyonik yüzeyaktif maddeler) - boyama işlemi kaynama noktası civarında gerçekleştirilmektedir	Kesintili
Asit boyaları	- pH koşulları, boyanın afinitesine bağlı olarak, asidik ortamdan nötr ortama kadar değişmektedir - optimal boya alımı ve düzgün boyama, ya pH kontrolü ya da sıcaklık kontrolü yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir (egaliz maddeleri de kullanılmaktadır) - asidik ortamda, elektrolitler boya alımını geciktirmektedirler - egalizasyon tipi boyalar kullanıldığında yaş haslıklar genelde yetersizdir ve sintanlarla ard-işlem gerekebilmektedir	Kesintili
1:2 metal kompleks boyaları	- sülfo grupları içeren boyalar tercih edilmektedirler, çünkü bu boyalar suda daha fazla çözünür bir yapıya sahiptirler ve daha iyi yaş haslıklar sağlamaktadırlar - düşük afiniteli boyaların (özellikle disülfonat tipi için) absorbsiyonunu arttırmak için, boyama işlemi asetik asit kullanılarak zayıf asidik ortamda yapılmaktadır - yüksek afiniteli boyalar, nötr ya da hafif alkali ortamda, amfoterik ya da non-iyonik egaliz maddeleri kullanılarak aplike edilmektedirler	Kesintili
Reaktif boyalar	- prensipte yün için kullanılan reaktif boyalar PA için de uygundurlar - boyama işlemi, kaynama noktası civarında zayıf asidik ortamda gerçekleştirilmektedir - ard-işlem 95 °C'da, non-iyonik yüzeyaktif madde ve sodyumbikarbonat veya amonyak kullanılarak yapılmaktadır	Kesintili

Tablo 2.7: Poliamid lifleri için en çok kullanılan boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti

2.7.6.2. Poliester lifleri

Saf PES'den imal edilen materyaller neredeyse sadece kesintili boyama yöntemleri kullanılarak boyanmakta ve bu yöntemler arasında da en çok yüksek sıcaklık (HT) şartları altında boyama yöntemi uygulanmaktadır.

PES liflerinin atmosferik şartlar altında (100 ^{o}C'un altında) carrier yardımıyla boyanması da, geçmişte sıkça uygulanan bir yöntem idi. Bu maddelerin ekolojik zararları nedeniyle (bkz. Bölüm 2.7.8.1 ve 8.6.7), *carriersız boyanabilen* lifler kullanılmadığı taktirde, saf PES liflerinin 100 ^{o}C'un altında boyanması artık günümüzde tercih edilmemektedir (bkz. Bölüm 4.6.2).

HT boyamacılığında işlem, genelde asetik asit ilavesiyle sağlanan asidik ortamda (pH 4-5), 125–135 ^{o}C'daki sıcaklıklarda basınç altında yürütülmektedir. Bu şartlar altında aşırı hızlı absorbsiyonu önlemek için egaliz maddeleri kullanımı gerekmektedir.

Alkaliye dayanıklı boyalar kullanıldığı taktirde, alkali ortamda (pH 9–9,5) boyama yapmak da mümkündür. Bu işlem, migrasyonu ve PES liflerinde tipik olan oligomer çökmelerini önlemek için geliştirilmiştir (bkz. Bölüm 2.1.1.1). Aslında oligomer yapısındaki bileşikler (özellikle etilen tereftalatın çiklik trimerleri zararlıdırlar), boyama sırasında liflerden dışarı doğru migrasyon eğilimindedirler ve boya ile bileşerek, materyalin üzerine, ya da makinenin cidarlarına çöken aglomeratlar oluşturabilmektedirler. Düzgün boyama sağlamak için egaliz maddesi olarak, etoksillenmiş ürünler kullanılmaktadırlar.

Bir başka aplikasyon yöntemi ise, daha ziyade PES/pamuk karışımları için kullanılan termosol yöntemidir. Boya, materyale bir anti-migrasyon maddesiyle birlikte emdirilmektedir. Kurutma adımı 100–140 ^{o}C'da gerçekleştirilmektedir. Daha sonra da boya fikse edilmektedir (200–225 ^{o}C'da, 12-25 saniye).

Açık tonlarda, boyama sonrası materyali sadece durulamak veya sabunlamak yeterli olmaktadır. Koyu tonlarda ise, yüksek ışık haslıkları sağlamak için normal olarak bir ard-temizleme adımı gerekmektedir. Bu adım, genellikle bazik indirgen bir işlem ve bunu takiben zayıf asidik ortamda yapılan bir durulamadan oluşmaktadır. Alternatif işlemler hakkında bilgi, Bölüm 4.6.5'te yer almaktadır.

PES lifleri, lif üretimi esnasında asidik komponentlerin (örneğin, sülfatlanmış aromatik polikarboksilik asitlerin) komonomer olarak kullanılması halinde (anyonik grupların oluşumu), katyonik boyarmaddelerle de boyanabilmektedirler.

Boyarmadde	Kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler/ karakteristik aplikasyon koşulları	Yöntem
Dispers boyalar	- asetik asit ilavesiyle pH 4-5 - egaliz maddeleri (alifatik karboksilli esterler, etoksillenmiş ürünler, alkollerin, esterlerin ya da ketonların emülgatörlerle kombinasyonları) - ağır metallere karşı hassas olan boyalar için kompleks oluşturucu maddelerin (EDTA) olası ilavesi	125-135°C'da basınç altında kesintili boyama (HT)
	- bu yöntem, modifiye edilmiş poliester lifleri kullanılmadığı taktirde, carrier kullanımı gerektirmektedir	100°C'ın altında kesintili boyama
	- asetik asit ilavesiyle pH 4-5 - kurutma sırasında oluşabilecek migrasyonu engellemek için emdirme flottesine poliakrilatlar ve aljinatlar gibi kıvamlaştırıcılar ilave edilmektedir - sodyumhidrosülfit ve sodyumhidroksit içeren çözeltiyle ard-işlem (son yıkama banyosuna dispergatörler maddeler ilave edilmektedir)	Termosol işlemi

Tablo 2.8: Poliester lifleri için en çok kullanılan boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti

2.7.6.3 Akrilik lifler

PAC lifleri olarak bilinen bu lifler hidrofob karakterde olup, molekül yapılarında anyonik gruplar içermektedirler. Dolayısıyla, dispers ve katyonik boyalarla boyanabilmektedirler. Polimere katyonik komonomerlerin katılması durumunda, özel PAC lifleri asit boyalarıyla da boyanabilmektedirler.

Kesintili boyama metodu, kablo ya da açık elyafın, çile ya da bobin halinde ipliklerin ve kumaşların boyanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kumaş boyama işlemi, levent boyama, overflow, padel (örgü kumaş, hazır banyo setleri için), ya da tamburlu (çoraplar) makinelerde yapılabilmektedir.

Açık elyaf, kablo ve topslar özel makinelerde, pad-steam yöntemine göre ve fiksaj süresinin kısa tutulmasını sağlamak amacıyla tercihen basınçlı buhar kullanarak da boyanabilmektedirler. Parça halinde kumaşlar, özellikle döşemelik kumaşlar da (velur) pad-steam yöntemine göre boyanabilmektedirler, fakat bu durumda fiksaj işlemi doymuş buhar ile gerçekleştirilmektedir. Fiksaj süreleri uzun olacağı için de, yüksek difüzyon yeteneğine sahip katyonik boyaların ve boya çözgenlerinin kullanılması gerekmektedir.

Dispers boyalar

Dispers boyalar, açıktan orta koyuluğa kadar olan tonlardaki boyamalar için kullanılmaktadırlar. Boyama yöntemleri bu boyaların poliester liflerindeki uygulamalarına benzemektedir, bununla beraber boyamalar, 100 ^{o}C'un altındaki sıcaklıklarda carrier kullanmadan da gerçekleştirilebilmektedirler. Bunun ötesinde, dispers boyaların yüksek migrasyon özellikleri nedeniyle, egaliz maddelerine de gerek kalmamaktadır.

Katyonik boyalar

Kesintili boyama yönteminde kullanılan karakteristik reçeteler bir elektrolit (sodyumasetat ya da sodyumsülfat), asetik asit, non-iyonik dispergatör ve retarder içermektedirler. Boyama işlemi, işlem gören lifin tipine özgü optimum bölgede, sıcaklığın kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Son olarak, flotte soğutulmakta, materyal durulanmakta ve ard-işlem uygulanmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan *kesintisiz yöntemler*:

- pad-steam yöntemi (100 ^{o}C'un üzerindeki basınçlı buhar ile fiksaj) - bu yöntem fiksaj süresini kısaltma avantajına sahiptir. Emdirme flottesi, buhara dayanıklı katyonik boya, asetik asit ve boya çözgeni içermektedir
- pad-steam yöntemi (100-102 ^{o}C'daki doymuş buhar ile fiksaj) - bu yöntem daha uzun fiksaj süresine ihtiyaç duymaktadır. Yüksek difüzyon yeteneğine sahip katyonik boyalar ve carrier etkisi gösteren boya çözgenlerinin kullanılması gerekmektedir.

Bazik boyalarla çalışılırken, boyaların liflere absorbe olma hızını kontrol altında tutmak amacıyla özel egaliz maddeleri (retarder olarak da bilinmektedirler) yaygın olarak kullanılmakta ve böylece düzgün boyamalar sağlanabilmektedir.

Boyarmadde	Kimyasallar maddeler ve yardımcı maddeler/ karakteristik aplikasyon koşulları	Yöntem
Dispers boyalar	- boyama koşulları poliestere uygulanan koşullara benzemektedir - carrier kullanmaya gerek yoktur	
Katyonik boyalar	- Asetik asit (pH 3,6-4,5) - Tuz (sodyumsülfat ya da sodyumasetat) - Retarderler (genellikle katyonik maddeler) - Non-iyonik dispergatörler	Kesintili
	- Asetik asit (pH 4,5) - Boya çözgeni - Buhara dayanıklı, kolay çözünebilen boyaların (genellikle sıvı) kullanılması gerekmektedir	Basınçlı buhar ile pad-steam işlemi
	- Boya çözgeni - Yüksek difüzyon yeteneğine sahip boyaların kullanılması gerekmektedir	Doymuş buhar ile pad-steam işlemi

Tablo 2.9: Poliakrilnitril lifleri için en çok kullanılan boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti

2.7.6.4 Selüloz asetat (CA) ve selüloz triasetat (CT)

Diğer rejenere selüloz liflerinin tersine, CA ve CT lifleri hidrofob karakterdedirler ve bu yüzden dispers boyalarla, bu boyaların PES liflerine uygulanmasına çok benzer şartlar altında boyanabilmektedirler.

Selülozasetat, dispers boyalarla çektirme yöntemi kullanılarak, zayıf asidik ortamda (pH 5-6), non-iyonik ya da anyonik dispergir maddeler ilave edilerek boyanabilmektedir. Boyama normalde 80-85 ^{o}C'da yapılmaktadır. Düşük yaş haslıklara sahip boyalar, lif üzerine 50-60 ^{o}C'da absorbe olurlarken, daha yüksek yaş haslıklara sahip boyalarda ise sıcaklığın 90 ^{o}C'a kadar çıkarılması gerekmektedir.

CT'ın boyama ve bitim işlemi karakteristikleri, CA'a nazaran, saf sentetik liflerin özelliklerine daha çok benzemektedir. CT da CA gibi, dispers boyalarla, egaliz maddeleri ilavesiyle hafif asidik ortamda boyanmaktadır. CT için uygulanan boyama yöntemleri:

- genellikle 120 ^{o}C'da kesintili boyama yöntemi, ancak bu koşullar sağlanamıyorsa bir boyama hızlandırıcısı (bütilbenzoat ya da bütilsalisilat esaslı) ilavesi gerekmektedir
- termosol yöntemidir.

2.7.7 Lif karışımlarının boyanması

Doğal/sentetik lif karışımları, doğal liflerin hoş tutumu ile sentetik liflerin üstün teknolojik özelliklerinin birleştirilmesine olanak sağlamaları nedeniyle, tekstil sanayiinde giderek artan bir önem kazanmaktadırlar.

PES liflerinin dünya genelindeki tüketiminin % 55–60 kadarı, bunların selüloz lifleri ile ya da yün ile yapılan karışımlarında kullanılmaktadır. Poliakril liflerinin % 50'si, özellikle örme giyim eşyalarında yün ile karışım olarak kullanılırken, poliamid liflerinin de yaklaşık % 40'ı karışım olarak kullanılmaktadır [186, Ullmann's, 2000].

Lif karışımları üç farklı yönteme göre elde edilebilmektedirler:

- kesikli elyaf formundaki farklı liflerin, iplik üretiminin eğirme aşamasında karıştırılmaları
- farklı liflerin ayrı ayrı eğrilmeleri ve oluşan ipliklerin beraber bükülerek karışım ipliğin elde edilmesi
- farklı liflerin ayrı ayrı eğrilmeleri ve çözgü ve atkı iplikleri olarak bir ya da daha fazla liften oluşan birbirinden farklı ipliklerin kullanılması suretiyle dokuma aşamasında kombine edilmeleri.

Lif karışımlarının boyanması, aynı cins liflerin tek bir lifin boyanması ile kıyaslandığında, her zaman daha uzun ve daha zor bir işlemdir. Bu dezavantajlarına rağmen, boyama adımının mümkün olabildiğince terbiye işlemlerinin sonuna doğru yapılması eğilimi yaygınlaşmaktadır. Aslında bu durum boyacıya pazar taleplerini, mevcut tüm renk tonlarında önceden boyanmış büyük miktarlarda elyaf ya da iplik stoklamaya gerek kalmadan karşılama olanağı sağlamaktadır.

Lif karışımlarının boyanmasında aşağıdaki yöntemler kullanılabilmektedir:

- iki lifin de aynı renk tonunda boyanması ya da aynı boya kullanılarak iki farklı koyulukta boyanmaları
- sadece bir lifin boyanması (boya diğer lifler tarafından absorbe edilmemektedir)
- farklı liflerin farklı renk tonlarında boyanması.

Karışımların aynı renk tonunda boyanmasında, bazen farklı lifler için aynı boyanın kullanılması mümkün olmaktadır. Farklı sınıflarda boyaların kullanılması gerektiğinde, sadece bir life karşı afiniteye sahip olup, diğer life karşı afinite göstermeyen boyalar seçilip kullanıldığı taktirde, boyama işlemini kontrol etmek daha kolay olmaktadır. Aslında bu, istisnai bir durum olup, lif karışımlarının boyanması karışık bir işlem olmayı sürdürmektedir.

Lif karışımlarının boyanması kesintili, yarı kesintili ve kesintisiz yöntemlere göre yapılabilmektedir. Kesintili işlemler aşağıdaki yöntemleri içermektedir:

- tek banyoda ve tek adımda boyama (tüm boyalar aynı banyoya tek adımda ilave edilmektedirler)
- tek banyoda ve iki adımda boyama (boyalar aynı banyoya birbirini izleyen adımlarda ilave edilmektedirler)
- iki banyoda boyama (boyalar iki adımda iki farklı banyoda aplike edilmektedirler).

En yaygın lif karışımları hakkında bilgi takip eden bölümlerde sunulacaktır.

Poliester-selüloz karışımları

Toplam PES üretiminin büyük bir kısmı (yaklaşık % 45'i) bu tip karışımların üretiminde kullanılmaktadır. Poliester-selüloz karışımları her çeşit giyim eşyasında ve yatak takımlarında kullanılmaktadır. Selüloz kısmı genellikle pamuk olmakla birlikte viskon lifleri ve bazen keten de kullanılmaktadır. Tercih edilen karışım oranı 67:33 PES:selüloz (cilde temas eden giysiler için), 50:50 ve 20:80 şeklindedir [186, Ullmann's, 2000].

PES-selüloz karışımların boyanmasında selüloz kısmı genellikle reaktif, küp ve direkt boyalarla boyanmakta iken, poliester kısmı için dispers boyalar kullanılmaktadır. Daha ziyade açık tondaki boyamalar için pigment boyalar da kullanılmaktadır.

Dispers boyalar selüloz liflerini hafifçe kirletmektedirler ve bunlar sonraki yıkama işlemi ya da gerekiyorsa indirgen ard-işlem sayesinde kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedirler. Selüloz için kullanılan boyaların çoğu, PES'i hafifçe kirletmekte ya da hiç kirletmemektedirler.

PES-selüloz karışımları çoğunlukla kesintisiz yöntemlere göre boyanmaktadırlar. Bununla beraber, iplik ve örme kumaşların boyanmasında kesintili yöntemler de büyük önem taşımaktadırlar.

Kesintili boyama yöntemlerinde, boyaların aplikasyonu tek banyoda, bir veya iki adımda, ya da birbirini izleyecek şekilde iki ayrı banyoda yapılabilmektedir. Dispers boyalar genellikle yüksek sıcaklık (HT) koşullarında, carrier kullanmadan uygulanmaktadırlar.

Tek banyo/tek adım yönteminde, asit açığa çıkaran maddeler (asit donorları) olarak adlandırılan, sıcaklık arttırıldığında pH'ı düşüren özel yardımcı maddeler kullanılmaktadır. Bu şekilde, reaktif boyaları alkali ortamda fikse etmek ve daha sonra sıcaklığı arttırmak suretiyle dispers boyalar için optimum boyama şartlarına (pH 5-6) ulaşmak mümkün olmaktadır. Alternatif olarak, pH 8–10'da alkaliye dayanıklı dispers boyarmaddeler kullanarak çalışmak da mümkündür. Bu taktirde oligomer problemleri de önlenebilmektedir.

Tek banyo/tek adım yöntemleri daha ekonomik oldukları için tercih edilmektedirler, ancak bu yönteme göre çalışırken daha fazla sorunla karşılaşılmaktadır. Örneğin, tuzun varlığı, dispers boyaların karışımdaki pamuk liflerini kirletme eğilimini arttırmaktadır. Son zamanlarda geliştirilen düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyaların, bu yöntemde yüksek tekrarlanabilirlik ve iyi performans gösterdikleri iddia edilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.11).

Kesintisiz yöntemlerde boyalar genellikle tek banyoda aplike edilmektedirler. Materyal daha sonra kurutulmakta ve dispers boya kısmı termosol yöntemiyle PES kısmına fikse edilmektedir. Bunun ardından ikinci boya, kullanılan boya sınıfının karakteristik işlemine göre, genellikle pad-steam, pad-jig ya da pad-batch yöntemlerinden biri uygulanılarak selüloz liflerine fikse edilmektedir.

En çok kullanılan yöntemlerin özeti Tablo 2.10'da gösterilmektedir. Boyalar, sınıflarının karakteristik aplikasyon şartlarına göre aplike edilmektedirler. Tabloda verilen boya sınıfları hakkında daha detaylı bilgi için, ilgili bölüme bakılmalıdır.

Yöntem			**Dispers /küp**	**Dispers/ reaktif**	**Dispers /direkt**	**Pigment**
Kesintili	Tek banyo yöntemi				**İ Ö**	**D** [(1)]
	İki banyo yöntemi			**İ Ö**		
	Tek banyo iki adım yöntemi		**İ Ö**	**İ Ö**	**İ Ö**	
Kesintisiz	1.adım	2.adım				
	Tüm boyaların tek banyoda emdirme yöntemiyle aplikasyonu+ kurutulması	Termosol + pad-jig	**D**			
		Termosol + pad-batch		**D**		
		Termosol + pad-steam	**D**	**D**	**D**	

İ = iplik
D = dokuma kumaş
Ö = örme kumaş
(1) Pigment boyama; pigment, binder ve yardımcı maddeleri içeren flotteyle emdirme, kurutma ve 140 °C'da 5 dk polimerizasyon adımlarından oluşmaktadır

Tablo 2.10: Poliester-selüloz karışımları için boyarmaddelerin ve boyama yöntemlerinin özeti

Poliester-yün karışımları

Poliester-yün karışımları özellikle dokuma kumaşlar ve örme giysilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. En fazla rastlanan karışım oranı, 55:45 PES:yün şeklindedir.

Yün, PES liflerinin ve PES-selüloz karışımlarının boyanmasında uygulanan HT boyama yönteminin karakteristik özelliği olan yüksek sıcaklıklarda boyanamamaktadır. Boyama süresinin de, yün liflerinin zarar görmemesi için mümkün olabildiğince kısa tutulması gerekmektedir. Büyük üretimler için bu yüzden, yün ve PES'in tarama bandı (tops) halinde ayrı ayrı boyanmaları tercih edilmekte ve bu iki lifin karıştırılması iplik üretimi aşamasında gerçekleştirilmektedir. Ancak modadaki hızlı değişimler ve kısa termin süreleri, çoğunlukla ayrı ayrı boyamaya izin vermemektedir.

Poliester-yün karışımları boyanırken, poliester için dispers boyalar, yün için de anyonik boyalar (asit ve metal kompleks boyaları) kullanılmaktadır.

Yün-poliester karışımlarının boyanmasında sadece, yünü olabildiğince az kirleten, ya da yıkamayla kolaylıkla uzaklaştırılan dispers boyalar kullanılmaktadır. Dispers boyalar aslında yünü kirletme eğilimindedirler ve indirgen ard-işlem yapılması her zaman mümkün olmamaktadır (uygun stabilitede boyalar gerekmektedir).

PES-yün karışımları genellikle aşağıdaki kesintili yöntemlere göre boyanmaktadırlar:
- carrier ile kaynama sıcaklığında
- az miktarda carrier ile 103–106 °C'da
- yünü koruyucu madde olarak formaldehit ilavesi ve düşük miktarda ya da hiç carrier ilave edilmeden 110–120 °C'da (HT koşulları).

Carrier kullanımıyla ilgili çevresel sorunlar nedeniyle (bkz. Bölüm 8.6.7 ve 2.7.8.1), ilk boyama yönteminden mümkün olduğunca kaçınılmaktadır. Bu yüzden piyasada kaynama sıcaklığında carrier kullanmadan boyanabilen özel PES lifleri de bulunmaktadır (carrier kullanmadan boyanabilen lifler hakkında daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 4.6.2 ve çevresel etkileri bakımından optimize edilmiş carrierlar için bkz. Bölüm 4.6.1)

Uygulamada tek banyo yöntemi tercih edilmekte; koyu renkler ve yüksek haslıklar gerektiğinde ise iki banyolu yöntem kullanılmaktadır. Materyal önce dispers boyalarla boyanmaktadır. Yün kısmı boyanmadan önce bir indirgen ara işlem gerekebilmektedir. Her iki boyama yönteminde de yünün boyanmasında bu işleme dayanabilecek boyaların kullanılmış olması halinde, boyama işleminden sonra, yüne bağlanan dispers boyanın uzaklaştırılması için bir ard-işlem yapılmaktadır. Materyal etoksillenmiş yağ aminleri ile 60 °C sıcaklıktaki zayıf asidik flottede işlem görmektedir.

Poliamid-selüloz karışımları

PA lifleri, selüloz liflerinin boyanmasında kullanılan boyaların neredeyse hepsine karşı afiniteye sahip olduğu için, bu karışımların boyanmasında farklı olasılıklar söz konusudur:

- direkt ve dispers boyalar (pH 8)
- asit ve 1:2 metal kompleks boyaları (pH 5–8)
- küp boyaları (çektirme ve pad-steam yöntemleri kullanılmaktadır)
- reaktif boyalar.

Aplikasyon koşulları, her boya sınıfının kendine özgü koşullarıyla aynıdır. Bu koşullar ilgili bölümlerde daha önce anlatılmıştır.

Poliamid-yün karışımları

Poliamid/yün karışımlarında 20/80 ile 60/40 arasında değişen karışım oranları kullanılmaktadır. Bu karışım türü özellikle halı sektöründe önem taşımaktadır. Bu yüzden ayrıntılı açıklama bu sektöre ait özel bölümde sunulmaktadır (bkz. Bölüm 2.14.5).

Bu tip karışımlar için uygulanan boyama yöntemleri hakkında genel bilgiye gelince, her iki lif de, asit ve 1:2 metal kompleks boyalarına karşı afiniteye sahiptirler. PA, yüne göre boyanın daha kolay nüfuz edebileceği bir yapıya sahip olduğundan, özellikle açık tonlardaki boyamalar söz konusu olduğunda, PA lifleri daha koyu boyanmaktadırlar. Bu etkiyi önlemek için, özel egaliz maddeleri (PA rezerve edici/bloke edici maddeler olarak da adlandırılan) kullanılmaktadırlar (daha ziyade aromatik sülfonatlar). Bu yardımcı maddeler PA liflerine karşı nispeten yüksek bir afinite göstermekte ve boyanın, karışımın bu kısmına absorbsiyonunu geciktirmektedirler.

Boyama işlemi, asetik asit ve sodyumsülfat ilavesi ile yapılmaktadır. Asit boyalarının sınırlı haslık özellikleri nedeniyle, koyu tonlardaki boyamalar için 1:2 metal kompleks boyaların kullanılması gerekmektedir [186, Ullmann's, 2000].

Akrilik–selüloz karışımları

PAC-selüloz karışımları ev tekstillerinde (perdelik kumaş ve masa örtüleri) ve yapay kürkte ("peluş", hav kısmı PAC liflerinden oluşan ve zemini pamuktan üretilen) kullanılmaktadırlar. PAC lifinin karışım içindeki yüzdesi, % 30 ile % 80 arasında değişmektedir.

Karışımın selüloz kısmı için direkt, küp veya reaktif boyalar kullanılabilirken, PAC kısmı katyonik boyalar ya da dispers boyalarla boyanabilmektedir.

Bu tür karışımların boyanmasında en fazla kullanılan yöntemler:

- katyonik ve direkt boyalarla ile pad-steam yöntemine göre *kesintisiz boyama* (emdirme flottesinde nispeten yüksek konsantrasyonlar da bulunan katyonik ve anyonik boyaların çökmesini önlemek için, flotteye anyonik ve non-iyonik yüzeyaktif maddelerin kombinasyonu eklenmektedir)

- katyonik ve küp boyalarla ya da katyonik ve reaktif boyalarla *kesintili boyama* (genellikle tek banyo, iki adım yöntemine göre).

Akrilik-yün karışımları

Sentetik lifler içinde, yüne benzeyen yapıda yünlü karışımların elde edilmesi için en uygun lifler PAC lifleridir. Bu yüzden bu tip karışımlar, özellikle örme giyim eşyalarında ve ev tekstillerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. PAC lifinin yün ile karışım oranı 20/80' den 80/20'ye kadar değişmektedir.

Bu karışımların PAC kısmı katyonik boyalarla boyanırken, yün kısmının boyanması için en çok kullanılan boyalar, metal kompleks, asit ve reaktif boyalardır.

Katyonik boyalar yün liflerini kirletmektedirler. Aslında katyonik boyalar önce yün liflerine tutunmakta, ardından daha yüksek sıcaklıklarda PAC liflerine göç etmektedirler. Yün liflerinin kirlenmemesini sağlamak için, rezerve etme özelliği yüksek olan boyalar seçilse bile, boyama işlemi süresinin uzun (60 dakikadan 90 dakikaya kadar) tutulması gerekmektedir [186, Ullmann's, 2000].

PAC-yün karışımları, aşağıda belirtilen çektirme yöntemleri kullanılarak boyanabilmektedirler:
- tek banyo tek adım
- tek banyo iki adım
- iki banyo.

Bu yöntemlerden ilki daha kısa boyama sürelerine ve daha az su tüketimine yol açmaktadır. Bununla beraber bu yöntemin uygulanması her zaman mümkün olmamaktadır, çünkü anyonik ve katyonik bileşiklerin banyoda aynı anda bulunmaları, oluşan katılım ürünlerinin lifler üzerine çökmelerine neden olabilmektedir. Çökme, dispergatörler ve seçilmiş uygun boyalar kullanılarak önlenebilmektedir.

Tek banyo iki adım yöntemiyle boyamalarda, rezerve maddelerinin kullanımına gerek kalmamaktadır. Aslında yün katyonik boyayı absorbe edip, sonra yavaşça serbest bırakarak, retarder rolü (PAC üzerinde geciktirici etki göstermek suretiyle) oynamaktadır.

2.7.8 Çevresel sorunlar

Boyama işlemlerinde oluşan emisyonların türleri ve olası kaynakları aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

İşlemler	Emisyon kaynakları	Emisyon türleri
Boya mutfağı işlemleri	Boya hazırlama	Her parti sonunda, kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu (temizleme adımı)
	Yardımcı kimyasal maddelerin hazırlanması	Her parti sonunda, kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu (temizleme adımı)
	Boya ve yardımcı kimyasal maddelerin dozajlanması (manuel)	Hatalı kimyasal madde hazırlama ve dozajından kaynaklanan dolaylı kirlilik (dökülme, zor repete renkler, vs.)
	Boya ve yardımcı kimyasal maddelerin dozajlanması (otomatik)	Düzenli kalibrasyonu yapılan ve doğruluğu kanıtlanmış sistemlerde emisyon oluşmaz
Kesintili (parti) boyamalar	Boyama	Her devir sonunda, kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu
	Boyama sonrası yıkama ve durulama işlemleri	Her devir sonunda, kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu
	Makine temizliği	Kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu
Yarı kesintisiz ve kesintisiz boyamalar	Boya aplikasyonu	Boya banyosu boşaltılmadığı sürece, işlemde emisyon oluşmaz
	Kuru ısı veya buharla fiksaj	Havaya kesintisiz emisyon (örneğin, termosolleme yöntemi, carrier ile boyanmış kumaşların kurutulması vs. gibi özel durumlar dışında genellikle önemli değildir)
	Boyama sonrası yıkama ve durulama işlemleri	Kesintisiz, düşük konsantrasyonlu su emsiyonu
	Tekneler ve besleme konteynırlarındaki flotte artıklarının boşaltılması	Her parti sonunda, kesintili, konsantre su emisyonu
	Makine temizliği	Kesintili, düşük konsantrasyonlu su emisyonu (indirgen maddeler ve hipoklorit kullanıldığında zararlı maddeler içerebilir)

Tablo 2.11: Boyama işlemlerinde oluşan tipik emisyonlara toplu bakış

Tabloda da gösterildiği gibi, emisyonların çoğunluğunu suya emisyonlar oluşturmaktadırlar. Boya banyosundaki maddelerin buhar basınçlarının düşük olmasından dolayı, havaya emisyonların oluşumu önemli değildir ve daha ziyade çalışma alanı atmosferiyle ilgili sorunlar olarak mütalâa edilmektedirler (açık makinelerdeki boyama işlemleri ve kimyasal madde dağıtımında/dozajlanmasında oluşan kaçak emisyonlar). Termosolleme işlemleri, pigment boyamalar ve carrier kullanılan boyama yöntemleri az sayıdaki istisnai durumları oluşturmaktadırlar. Pigment boyamada, mamul pigment aplikasyonundan sonra yıkanmamaktadır ve bu nedenle, kirlilik oluşturan maddeler kurutma sonunda havaya salınmaktadırlar. Carrierların emisyonları hem havaya, hem de suyadır.

Aşağıdaki açıklamaların ilk bölümünde, boyama proseslerinde kullanılan maddelerin ekolojik etkileri tanımlanacak, ikinci bölümünde de boyama işlemlerinin ekolojik etkilerine değinilecektir.

2.7.8.1 Kullanılan maddelerle ilgili çevresel sorunlar

Yukarıda belirtilen emisyonlarda bulunan su kirletici maddeler:

- boyaların kendilerinden (örneğin, toksiklik, metaller, renk)
- boya formülasyonunda bulunan yardımcı kimyasal maddelerden
- boyama işleminde kullanılan temel (örneğin, alkali, tuz, indirgen ve yükseltgen maddeler) ve yardımcı kimyasal maddelerden
- işlem görmeye gelen lifler üzerinde bulunan kirliliklerden (açık elyaf ve iplik boyamada yün lifleri üzerinde pestisit kalıntılarına ve aynı şekilde sentetik liflerde de preparasyon maddelerine rastlanmaktadır)

kaynaklanabilmektedirler.

Boyalar

Kullanılmış boya flotteleri (kesintili boyama yönteminde), boya flottesi atıkları ve yıkama işlemlerinden gelen sular, her zaman belli bir yüzdede fikse olmamış boya içermektedirler. Fiksaj oranları, değişik boya sınıflarında farklılık göstermekte olup, özellikle reaktif boyalar (pamuklularda) ve kükürt boyaları için düşük olmaktadır. Dahası, belirli bir boya grubundaki boyaların fiksaj oranları kendi aralarında da farklılık göstermektedirler. Bu durum özellikle reaktif boyalarda belirgin bir şekilde görülmektedir. Örneğin, turkuaz-yeşil ve bazı lacivert renklerde kullanılan bakır (bazen nikel) ftalosiyanin reaktif boyalarında % 60'ın üzerinde fiksaj oranları sağlanamamaktadır. Diğer taraftan ise, çift bağlı reaktif boyalarda çok yüksek fiksaj oranları sağlanabilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.10 ve 4.6.11).

Belirli bir boyanın fiksaj oranı, lif cinsi, renk tonu ve boyama parametrelerine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle fiksaj oranı değerleri, sadece yaklaşık olarak verilebilmektedirler. Bununla birlikte, bu değerler atık suda bulunabilecek fikse olmamış boya miktarları ile ilgili bir fikir verme açısından yararlı olmaktadırlar. Farklı yazarlara ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Boyarmaddeler	EPA	OECD	ATV	Bayer[(1)]	Euratex	Spain
Asit boyaları - yün için - poliamid için	 10 20	] 7 – 20	] 7 - 20	-	] 5 - 15	5 – 15
Bazik boyalar	1	2 – 3	2 - 3	2	-	0 – 2
Direkt boyalar	30	5 - 20	5 – 30	10	5 - 35	5 – 20
Dispers boyalar - asetat için - poliester için (1bar) - poliester için (HT)	 25 15 5	8 - 20	8 – 20	5	1 - 15	0 – 10
Azoik boyalar	25	5 - 10	5 - 10	-	10 - 25	10 – 25
Reaktif boyalar [(2)] - pamuk için - yün için	 50 - 60	20 - 50	5 - 50	5 - 50	 20 – 45 3 - 10	 10 – 35
Metal kompleks	10	2 – 5	2 - 5	5	2 - 15	5 – 15
Krom boyaları	-	-	1 - 2	-	-	5 – 10
Küp boyaları	25	5 - 20	5 - 20	-	5 - 30	5 – 30
Kükürt boyaları	25	30 - 40	30 - 40	-	10 - 40	15 – 40

Kaynak: [11,US EPA, 1995],[77,EUROTEX,2000] ve [293,Spain,2002]
EPA: ABD Çevre Koruma Örgütü
OECD: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Organizasyonu
ATV: Atık Su Teknik Derneği (Abwasser Technische Vereinigung)
Not: [(1)] Halen Dystar (BASF'i içermektedir) [(2)] Halen piyasada yüksek fiksaj oranlı yeni reaktif boyarmaddeler bulunmaktadır (bkz. Bölüm 4.6.10 ve 4.6.11)

Tablo 2.12: Önemli boya sınıfları için atık suya boşaltılabilen fikse olmamış boya yüzdeleri

Daha önce belirtildiği gibi, tamamının fikse olmaması nedeniyle, boyama işlemlerinde kullanılan boyarmaddelerin belli bir yüzdesi atık sulara karışmaktadır.

Her ne kadar bazıları başka koşullar altında parçalanabilseler de (örneğin, azo boyarmaddeleri anoksik ve anaerobik koşullarda parçalanabilmektedirler), boyarmaddeler oksidatif koşullarda biyolojik olarak parçalanamamaktadırlar. Suda çözünürlüğü düşük boyarmadde molekülleri (özellikle dispers, küp, kükürt, bazı direkt boyarmaddeler ve pigmentler), atık sulardan büyük ölçüde koagülasyon/çökeltme veya aktif çamurda absorpsiyon/adsorpsiyon yoluyla biyolojik olarak elimine edilebilmektedirler. Atık su artıma tesisindeki aktif çamur miktarı ile elimine edilmesi gereken boyarmadde miktarı, bir boyarmaddenin atık sulardan ayrılması etkinliğinin belirlenmesindeki önemli faktörlerdir.

Değerlendirilmesi gereken bir diğer faktör de, boyarmaddenin renk kuvvetidir. Örneğin, istenen koyulukta bir boyama elde etmek için reaktif boyarmaddelerde, diğer boyarmadde sınıflarına (örneğin, direkt, küp, kükürt boyarmaddeleri) nazaran daha az miktarlarda boyarmadde kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun bir sonucu olarak da, atık sudan daha az miktarda boyarmadde uzaklaştırılması gerekmektedir.

Biyolojik olarak elimine edilebilirliği zayıf olan boyarmaddeler (parçalanma işlemine tabi tutulmadıklarında) biyolojik atık su arıtma tesisinden geçerek tahliye edilen atık suda kalacaklardır. Bu sularda ilk göze çarpan etki renktir. Yüksek dozdaki renk, sadece görsel etkiye neden olmakla kalmamakta, aynı zamanda fotosentez oluşumunu da engelleyerek, sudaki yaşamı etkilemektedir. Diğer etkiler, boyarmaddenin organik içeriği (normal olarak KOİ ve BOİ olarak ifade edilmektedir, fakat ÇOK, TOK gibi parametrelerle organik karbon olarak daha iyi tanımlanabilecektir), su toksisitesi ve moleküllerdeki metaller veya AOX emisyonlarının oluşumunu arttırabilecek olan halojenlerle ilgilidirler.

Bu konular, Bölüm 9'da her bir boyarmadde sınıfı için daha ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Bu bölümde sadece bazı genel temel sorunlar değerlendirilmektedir.

AOX emisyonları

Küp, dispers ve reaktif boyaların moleküllerinde halojen içermeleri daha muhtemel bir durumdur.

Bazı *küp boyalarındaki* organik bağlı halojen içeriği, ağırlığının % 12'sinden fazla olabilmektedir. Bununla birlikte, küp boyaları, çok yüksek fiksaj oranlarına sahiptirler. Ayrıca, suda çözünmezler ve atık suya karışan kısmı, atık su arıtma tesislerinde aktif çamurda absorpsiyon sayesinde yüksek verimlilikle elimine edilebilmektedir.

Bunun aksine, *reaktif boyalar*, düşük fiksaj derecesine sahiptirler (en düşük fiksaj derecesi ftalosiyaninlerle kesintili yönteme göre boyamalarda görülmektedir) ve biyolojik olarak parçalanabilirliklerinin ve/veya işlem sırasında aktif çamurda absorpsiyon seviyelerinin düşük olması nedeniyle atık sulardan uzaklaştırılmaları zor olmaktadır. MCT (monoklortriazin) reaktif gruplarındaki halojen, boyama işlemi sırasında zararsız klorüre dönüştürülmektedir. Atık su yükünün hesaplanmasında, MCT reaktif gruplarının tamamen fiksaj veya hidroliz yoluyla reaksiyona girdikleri ve nedenle, AOX emisyonlarına katkıda bulunmadıkları varsayılmaktadır. Bununla birlikte, DCT (diklortriazin), DFCP (diflorklorprimidin) ve TCP (triklorprimidin) gibi çok kullanılan polihalojenli reaktif boyarmaddeler, fiksaj ve hidroliz sonrasında da organik bağlı halojen içermektedirler. Boşaltılan boya konsantrelerinde (fulard veya boya mutfağı) ve halâ reaksiyona girmemiş boyarmadde molekülleri içerebilen lifler tarafından çekilmemiş boya flottelerinde de, bağlı halojen bulunabilmektedir.

Diğer boyarmadde sınıfları için AOX sorunu söz konusu değildir, çünkü birkaç istisna dışında halojen içerikleri genellikle % 0,1'in altındadır.

PARCOM 97/1, AOX için sıkı sınırlandırmalar tavsiye etmektedir. Hatta, Alman yasaları ve EU-Ecolabel tarafından daha sert sınırlamalar düzenlenmiştir. Tekstil atık sularındaki AOX konusunda geniş çapta araştırmalar yapılmıştır, fakat bir gösterge olarak AOX, tartışma konusu olarak kalmaya devam etmektedir.

Organik olarak bağlı halojen (flor hariç) içeren boyarmaddeler, AOX olarak ölçülmektedirler. Boyamada oluşacak AOX miktarını sınırlandırmanın tek yolu, boya seçimi, boyaların daha verimli kullanımı veya son atık suyun renk giderme işlemine tabi tutulmasıdır. Atık sularda renk giderme işlemi, serbest radikal okidasyonu gibi parçalayıcı tekniklerle veya parçalayıcı olmayan tekniklerle (örneğin, koagülasyon, adsorpsiyon) sağlanabilmektedir.

Bu arada, boyalardan kaynaklanan AOX ile, ağartma, yünün çekmezlik işlemi vb. gibi tekstil işlemlerinde oluşan klor reaksiyonlarından (özellikle, haloform reaksiyonu) türeyen AOX'un aynı etkiye sahip olmadıkları dikkate alınmalıdır.

Boyarmaddeler, biyolojik olarak parçalanabilen bileşikler değillerdir ve moleküllerindeki halojenlerin, haloform (zararlı AOX'un temel sebebi) reaksiyonuna neden olmamaları gerekmektedir.

Bu açıdan, PARCOM 97/1'in AOX için genel bir boşaltım sınır değeri oluşturmaması, fakat zararlı ve zararsız AOX arasında ayırım yapılmasını kabul etmesi, dikkate alınması gereken ilginç bir durumdur [50, OSPAR, 1997].

Ağır metal emisyonları

Boyalarda metaller iki nedenle bulunabilmektedirler. İlk olarak, metaller bazı boyaların üretiminde katalizör olarak kullanılmaktadırlar ve safsızlık olarak bulunabilmektedirler.

İkincisi ise, bazı boyalarda metal, boya molekülü ile şelat kompleksi oluşturarak molekül yapısının ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

Günümüzde boya üreticileri, safsızlık olarak bulunan metal miktarını düşürmek için daha fazla çaba harcamaktadırlar. Bu, başlangıç ürünlerinin seçimi, ağır metallerin uzaklaştırılması ve reaksiyonun gerçekleştiği çözgenin değiştirilmesi ile sağlanabilmektedir.

ETAD, boyarmaddelerdeki ağır metal içerikleri ile ilgili sınırlandırmaları tespit etmiştir. Değerler, % 2'lik bir boyamada ve boya toplam olarak 1:2500 seyreltildiğinde oluşan emisyon seviyelerinin, bilinen atık su spesifikasyonlarını tutturabilmesini sağlayacak şekilde saptanmaktadırlar [64, BASF, 1994].

Boyalarda bulunan, bağlı metallere örnekler, ftalosiyanin gruplarındaki bakır ve nikel, mavi bakır - azo kompleks reaktif boyarmaddelerindeki bakır ve yün, ipek ve poliamid için kullanılan, metal kompleks boyalarındaki krom iyonlarıdır. Kullanılan toplam metalize boya miktarı azalmaktadır, fakat belirli alanlarda (yeşil gibi belli renklerde, belli seviyelerdeki ışık haslıklarında) örneğin ftalosiyanin boyalarının ikamesi kolay olmamaktadır.

Safsızlık olarak serbest metal bulunmasıyla kıyaslandığında, metalize boyalarda metal bulunmasının daha az sorun oluşturduğu söylenebilmektedir. Yüksek çekim ve fiksaj seviyelerinin sağlanması ve hazırlama, tartım ve kapların yıkanması vs. kayıplarının en aza indirilmesi için önlemler alınması durumunda, atık sulara sadece çok az miktarda boya boşaltılacaktır. Dahası, metal iyonlarının biyolojik olarak parçalanamayan boya moleküllerinin ayrılmaz bir parçası olmalarından dolayı, bunların suda biyolojik olarak ulaşılabilir hale gelmeleri olasılığı çok zayıftır.

Filtrasyon ve aktif çamurda adsorpsiyon gibi boyayı atık sudan ayıran ve dolayısıyla nihai atık sudaki boya moleküllerine bağlı metal miktarını da aynı oranda azaltan arıtma yöntemlerinin de dikkate alınmaları gerekmektedir. Bunun aksine, gelişmiş oksidasyon gibi diğer yöntemler metal iyonlarını serbest bırakabilmektedirler.

Toksisite

Sulu ortam toksisite ve/veya alerjik etki gösteren boyarmaddeler Bölüm 9'da özetlenmişlerdir. Burada, günümüzde kullanılan boyaların yaklaşık % 60-% 70 kadarının azo boyaları olduğunun belirtilmesi de önem taşımaktadır [77, EURATEX, 2000]. Bu boyalar, indirgen koşullar altında, amin oluşturabilmektedirler ve bunlardan bazıları kanserojen etki gösterebilmektedir. Belirli azo boyalarının parçalanmasıyla oluşabilen kanserojen aminlerin bir listesi Tablo 2.13'te gösterilmektedir.

Parçalandığında yukarıda listelenen 22 adet kanserojen aromatik aminlerden birini oluşturabilme olasılığı bulunan azo boyalarının kullanımı, tehlikeli maddeler ile ilgili 76/769/EWG Talimatı'nın 19. değişikliğine göre yasaklanmıştır.

Yine de halen piyasada, kanserojen amin oluşturması muhtemel 100'den fazla boya bulunmaktadır [77, EURATEX, 2000].

1	4-aminodifenil
2	Benzidin
3	4-klor-o-toluidin
4	2-naftilamin
5	o-aminoazotoluen
6	2-amino-4-nitrotoluen
7	p-kloranilin
8	2,4-diaminoanisol
9	4,4´-diaminodifenilmetan
10	3,3´-diklorbenzidin
11	3,3´-dimetoksibenzidin
12	3,3´-dimetilbenizdin
13	3,3´-dimetil-4,4'-diaminodifenilmetan
14	p-kresidin
15	4,4´-metilen-bi-(2-kloranilin)
16	4,4´-oksidianilin
17	4,4´-tiyodianilin
18	o-toluidin
19	2,4-diaminotoluen
20	2,4,5-trimetilanilin
21	4-aminoazobenzen
22	o-anisidin

Tablo 2.13: Kanserojen aminlerin listesi

Boya formülasyonlarında bulunan yardımcı kimyasal maddeler

Boya sınıfına ve uygulanan aplikasyon yöntemine (örneğin, kesintili veya kesintisiz boyama, baskı) bağlı olarak, boya formülasyonlarında farklı katkı maddeleri bulunmaktadır. Bu maddeler, lifler tarafından emilip/fikse edilmedikleri için, bunların tamamı atık suya boşaltılmaktadır. Tipik katkı maddeleri aşağıdaki tabloda listelenmektedir.

Katkı maddesi	Kimyasal bileşim	KOİ mg O_2/kg	$BOİ_5$ mg O_2/kg	TOK Eliminasyon (1)
Dispergatörler	- Linyinsülfonatlar - Naftalinsülfonatların formaldehitle kondenzasyon ürünleri - Etilenoksit/propilenoksit kopolimerleri	1200 650	50 50	% 15 % 15
Tuzlar	Sodyumsülfat, sodyumklorür			
Toz bağlayıcı maddeler	Madeni veya parafin yağları (+katkı maddeleri)			
Köpük önleyici maddeler	Asetilglikoller			
Donmayı önleyici maddeler	- Gliserin - Glikoller	1200 1600	780 10	% 90 % 95
Kıvamlaştırıcı maddeler	- Karboksimetilselüloz - Poliakrilatlar	1000	0	% 30
Tamponlama sistemleri	Fosfatlar, Asetatlar			
Kaynak [18, VITO, 1998] Not: (1) İstatistiksel eliminasyon testi (Zahn-Wellens Testi) Boş olan bölmeler, veri bulunamadığı anlamını taşımaktadır				

Tablo 2.14: Boya formülasyonları katkı maddelerinin ekolojik özellikleri

Bu katkı maddeleri, sulu ortam yaşamı için toksik olmamalarına rağmen, genel olarak biyolojik parçalanabilirlikleri zayıftır ve kolaylıkla biyolojik olarak elimine edilememektedirler. Bu durum, özellikle küp, dispers, ve kükürt boya formülasyonlarında bulunan dispergatörler için geçerlidir. Bu boyalar suda çözünmezler ve kumaşa sulu dispersiyon şeklinde uygulanabilmeleri için, bu özel yardımcı maddelere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu dispergatörler temel olarak, naftalinsülfonat ve formaldehit kondenzasyon ürünleri ile linyinsülfonatlardan oluşmaktadırlar, fakat fenollerin formaldehit ve sodyumsülfit ile kondenzasyonu yoluyla türetilen sülfometilleme ürünleri de kullanılabilmektedirler. Kolayca elimine edilemeyen diğer katkı maddeleri, akrilat ve CMC bazlı kıvamlaştırıcılar ile köpük önleyici maddelerdir.

Sıvı ve toz formülasyonlar arasındaki farkın da belirtilmesi gerekmektedir. Sıvı boyalar, toz boyaların normalde içerdiğinin 1/3'ü kadar dispergatör içermektedirler (bkz. Tablo 2.15). Bu farkın nedeni toz boyaların üretim yöntemlerinden ileri gelmektedir: öğütme sırasında meydana gelen çok küçük partiküllerin daha sonraki kurutma işlemleri sırasında korunması gerekmektedir ve bu da sadece yüksek oranda dispergatör ilavesiyle mümkün olmaktadır.

Formülasyon bileşenleri	Toz formülasyon	Sıvı formülasyon
Boyarmadde	% 30-50	% 20-40
Dispergatör	% 40-60	% 10-30
Tuzlar	% 0-20	-
Toz bağlayıcı maddeler	% 0-5	-
Köpük önleyici maddeler	% 0-5	% 0-5
Donmayı önleyici madde	-	% 10-15
Kıvamlaştırıcı maddeler	-	% 0-5
Su	% 5-10	% 40-60
Kaynak [18, VITO, 1998]		

Tablo 2.15: Toz ve sıvı boyalardaki katkı maddelerinin ve boyarmaddelerin oranları

Sıvı formülasyonların sıvı dispersiyonlar ve gerçek çözeltiler (çözünmeyi kolaylaştırıcı maddeler içermeyen çözeltiler) şeklinde, toz boyaların da tozuyan, serbest akıcı, tozumayan tozlar ve granüller şeklinde bulunabildiklerine dikkat edilmelidir.

Boyama işlemlerinde kullanılan temel ve yardımcı kimyasal maddeler

Boyama işlemlerinde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddelerle ilgili çevresel mülâhazalar bakımından aşağıdaki temel sorunlara değinmekte fayda vardır.

Kükürt içeren indirgen maddeler

Kükürt boyama atık suları, işlem sırasında indirgen madde olarak kullanılan sülfür iyonları içermektedirler. Bazı durumlarda sülfürler boya formülasyonunda bulunmakta ve bazen de boyama öncesinde boyama banyosuna ilave edilmektedirler. Fakat sonuçta, her halükarda sülfür fazlalığı atık suya boşaltılmaktadır. Sülfürler sulu ortamda yaşayan organizmalar için zehirlidirler ve KOİ yükünü arttırmaktadırlar. Ayrıca sülfür anyonları, asidik koşullar altında hidrojensülfüre dönüşmekte ve bu da hem korozyon, hem de koku problemlerine neden olmaktadır.

Kükürt içeren bir indirgen madde de, sadece kükürt ve küp boyama işlemlerinde değil, aynı zamanda poliester boyamada indirgen ard işlem maddesi olarak da kullanılan sodyumhidrosulfittir (sodyumditiyonit olarak da adlandırılır). Sodyumhidrosulfit, sodyumsülfürden daha az zararlıdır. Bununla birlikte boyama işlemi sırasında sodyumditiyonit sülfite dönüşmekte (balık ve bakteriler için zehirlidir) ve bazı durumlarda daha da ileri giderek sülfat anyonlarına kadar oksitlenmektedir.

Atık su arıtma tesislerinde sülfit anyonları normalde sülfat anyonlarına oksitlenmekte, fakat bunlar da halâ problemlere neden olabilmektedir. Sülfat anyonları beton borularda aşınmaya neden olabilmekte veya anaerobik koşullarda hidrojensülfüre indirgenebilmektedirler.

KOİ yükünde artışa neden olmasına rağmen, atık sulardaki kükürt içeriğini azaltmak için hidroksiaseton kullanımı tavsiye edilmektedir, fakat bunun da tüm uygulamalarda hidrosülfit yerine kullanılması mümkün olmamaktadır. İyileştirilmiş indirgeme etkilerine sahip yeni organik indirgen maddeler geliştirilmiştir (daha ayrıntılı bilgi için bkz. Bölüm 4.6.5 ve Bölüm 4.6.6).

Makine (yarı dolu boyama makineleri) içerisinde bulunan oksijenin tükettiği indirgen madde miktarının da hesaba katılması gerekmektedir. Sadece boyarmaddenin indirgenmesi için gerekli olan indirgen madde miktarının kullanılması yerine, makine içerisinde bulunan oksijen tarafından tüketilen miktarı da karşılamak için, genellikle bir miktar fazladan

indirgen madde ilavesi gerekmektedir. Bu da, atık suların oksijen ihtiyacını belirgin şekilde arttırmaktadır.

Oksidasyon maddeleri

Dikromat, küp ve kükürt boyaları ile boyama sırasında oksidasyon maddesi olarak bundan böyle Avrupa'da kullanılmayacaktır, fakat yün boyamacılığında krom boyalarının fiksajı için halen geniş çapta kullanılmaktadır. Cr(VI)'nın çok zehirli olmasına ve hayvanlar için kanserojen etki göstermesine karşın, Cr(III) düşük oranda zehirlilik göstermektedir. Krom boyaları ile boyama işlemi sırasında, eğer işlem kontrol altında ise, Cr(VI) iyonları Cr(III)'e indirgenmektedirler. Yine de boya hazırlanması sırasında (dikromatın kanserojen olması ve kullanan işçilerde sağlık sorunlarına neden olabilmesinden dolayı çok dikkat edilmelidir), dikromatın yanlış kullanımı nedeniyle Cr(VI) emisyonları oluşabilmektedir. Alternatif boyarmaddeler kullanılmadığı takdirde (bkz. Bölüm 4.6.16), atık sulardaki üç değerlikli krom iyonları emisyonu en aza indirilebilmekte (bkz. Bölüm 4.6.15), ancak tamamen engellenememektedir.

Küp ve kükürt boyama işlemlerinde yükseltgen madde olarak bromat, iyodat ve klorit kullanımı ve hatalı mamullerin renk sökümü veya boyama makinelerinin temizliği için (örneğin, daha sonra yapılacak açık ton boyama öncesinde) renk sökücü olarak hipoklorit kullanımı, AOX emisyonları oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, muhtemelen sadece hipoklorit ve klor elementi içeren bileşikler (örneğin, Cl_2 içeren bazı klorit ürünleri veya klordioksit gazı oluşumunda klorun aktivatör olarak kullanılması) zararlı AOX oluşumuna neden olmaktadırlar.

Tuz

Tuzların farklı türleri, boyama işlemlerinde farklı amaçlar için (örneğin, düzgün boyama sağlamak veya boyarmaddenin lifler tarafından alımını arttırmak için) kullanılmaktadırlar. Özellikle, pamukluların kesintili yönteme göre reaktif boyarmaddelerle boyama işleminde büyük miktarlarda tuz kullanılmaktadır. Kullanılan tuz miktarları, diğer boyarmadde gruplarında, örneğin direkt boyarmaddelerde kullanılan miktarlara göre çok daha fazladır (bkz. Tablo 2.16) ve boya üreticileri bu sorunu çözmek için çaba sarf etmişlerdir (bkz. Bölüm 4.6.11).

Boyama koyuluğu	Boya(ağırlıkça)	Direkt boyalarla kullanılan tuz miktarı	Reaktif boyalarla kullanılan tuz miktarı
Pastel/açık	< % 1,5	2,5 – 7,5 g/l	30 – 60 g/l
Orta	% 1-2,5	7,5 – 12,5 g/l	70 – 80 g/l
Koyu	>% 2,5	12,5 – 20 g/l	80 – 100 g/l
Kaynak [11, US EPA, 1995]			

Tablo 2.16: Pamuğun reaktif ve direkt boyalarla bekletme yöntemine göre boyanmasında kullanılan tuz miktarları

Temel kimyasal madde olarak kullanımı dışında, kullanılan anorganik asitlerle alkalilerin nötralizasyonu sonucunda yan ürün olarak da tuz oluşmaktadır.

Tuzlar, klasik atık su arıtma sistemlerinde uzaklaştırılamamaktadırlar ve bu nedenle sonuçta boşaltılan suda kalmaktadırlar. Genelde kullanılan tuzların memeli hayvanlara karşı ve sulu ortamdaki toksisitelerinin çok düşük olmasına rağmen, kurak veya yarı kurak bölgelerde

büyük ölçekli kullanımları, zehirlilik sınır değerlerinin üzerindeki konsantrasyonlara neden olabilmekte ve yer altı sularının tuzluluğunu arttırabilmektedir.

Ülkeler, emisyon sınır değerlerini 2000 ppm ve altı olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, akarsu kalite standartları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Carrierlar

Geçmişte geniş çapta kullanılan bu yardımcı kimyasalların kullanımı, çevre ve sağlık sorunları nedeniyle günümüzde azalmıştır. Ancak bunlar, poliester yün karışımlarının boyanmasında halen gündemde olan bir sorundur.

Carrierlar, üreticiler tarafından da boyalara ilave edilebilmektedirler. Bu durumda tekstil terbiyecilerinin, atık su yüklenmesi ile ilgili fazla bilgisi olmamaktadır ([4, Tebodin, 1991] ve [61, L.Bettens, 1999]).

Carrierlar (bkz. Bölüm 8.6.7), birçoğu buharla uçucu, biyolojik olarak parçalanabilirliği zayıf ve sulu ortamdaki yaşama ve insanlara karşı zehirli olan çok farklı organik bileşikler içermektedirler. Bununla birlikte, aktif maddelerinin genellikle liflere karşı yüksek afiniteye sahip olmaları nedeniyle bunların % 75-90'ı lifler tarafından emilmekte ve atık sularda sadece emülgatörler ile fenoller ve benzoat türevleri gibi hidrofilik yapıdaki carrierlar bulunmaktadır. Boyama ve yıkama sonrası liflerde kalan carrierlar, kurutma ve fiksaj işlemleri sırasında kısmen uçucu hale gelmekte ve havaya emisyon oluşumuna yol açmaktadırlar. Bitmiş mamul üzerinde kalabilen carrier artıkları ise, tüketiciler için sorun oluşturabilmektedirler.

Alternatif seçenekler, Bölüm 4.6.1 ve 4.6.2'de anlatılmaktadır.

Çevresel öneme sahip diğer yardımcı kimyasal maddeler

Boyama yardımcı kimyasalları içinde bulunabilen ve su kirliliğine neden olabilen diğer maddeler:

- yağ-aminetoksilatlar (egalize maddeleri)
- alkilfenoletoksilatlar (egalize maddeleri)
- kuaterner amonyum bileşikleri (katyonik boyalar için retarderler)
- polivinilpirolidon (küp, kükürt ve direkt boyalar için egalize maddeleri)
- siyanamid-amonyak tuzu kondenzasyon ürünleri (haslık geliştirici yardımcı maddeler)
- akrilik asit-maleik asit kopolimerleri (dispergatörler)
- etilendiamintetraasetat (EDTA)
- dietilentriaminpentaasetat (DTPA)
- etilendiamintetra(metilenfosfonik asit) (EDTMP)
- dietilentriaminpenta(metilenfosfonik asit) (DTPMP)

(kompleks oluşturucu maddeler)

Bunlar, suda çözünebilen, biyolojik olarak zor parçalanabilen bileşiklerdir ve bu nedenle, atık su arıtma sisteminden değişikliğe uğramadan veya sadece kısmen parçalanarak geçebilmektedirler.

Ayrıca, bunlardan bazıları zehirlidirler (örneğin, kuaterner aminler) veya sulu ortam koşullarındaki üremeyi etkileyebilmektedirler (APEO).

2.7.8.2 İşlemler ile ilgili çevresel sorunlar

Boyama işlemlerindeki su ve enerji tüketimi, uygulanan boyama tekniği ve çalışma şekli ile kullanılan makinelerin bir fonksiyonudur.

Kesintili yönteme göre boyama işlemleri, genellikle kesintisiz yöntemlere göre daha yüksek düzeyde su ve enerji tüketimi gerektirmektedirler. Bu durum birkaç farklı faktörden kaynaklanmaktadır.

Kesintili yönteme göre boyamalarda söz konusu olan daha yüksek *flotte oranları* bu faktörlerden birini oluşturmaktadır. Bölüm 2.7.2'de daha önce de belirtildiği gibi, yüksek flotte oranı sadece daha yüksek miktarda su ve enerji tüketimi değil, aynı zamanda, flotte hacmine göre dozajlanan kimyasal madde ve yardımcı maddelerin de daha fazla miktarda tüketimi anlamına gelmektedir.

Halen tüm makine üreticileri, farklı liflerden yapılmış kumaş kalitelerine uygun şekilleri düşük flotte oranlı makineler üretmektedirler. Günümüzde modern makinelerin performans ve özelliklerini tanımlamada genellikle "düşük flotte oranı", "ultra düşük flotte oranı" gibi terimler, kullanılmaktadır.

Kumaşların halat halinde boyanmasında, "*düşük flotte oranlı makineler*" için varsayılan referans değerler, pamuk için 1:5 ile 1:8 aralığındadır ve bu da poliester için 1:3-1:4 aralığına tekabul etmektedir. Farklı ürün ve lif tipleri için flotte oranları daha yüksek olabilmektedir.

"*Ultra düşük flotte oranı*" ifadesi, tekstil mamulünün tamamen ıslanmasını sağlamak ve pompaların kavitasyonunu önlemek için gerekli en az miktardaki su ile çalışabilen makinelerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Bu terim yalnızca halat halinde boyama yapılan makineler için kullanılmaktadır.

Nominal ve gerçek flotte oranları arasındaki farkın gösterilmesi de önem taşımaktadır. Bölüm 2.7.2'de belirtildiği gibi, nominal flotte oranı, makine optimum/maksimum kapasitede doldurulduğunda çalışılan flotte oranını ifade etmektedir. Ama makinelerin optimum kapasitelerinin altında yüklenmesi, genelde rastlanan bir durumdur. Bu durum, genellikle müşteri taleplerine bağlı olarak, çok farklı parti büyüklükleriyle çalışabilmek için yüksek üretim esnekliğine ihtiyaç duyan fason işletmelerde söz konusu olmaktadır. Modern makineler, nominal kapasitelerinin % 60'ı (veya iplik boyama makinelerinde % 30'u – bkz. Bölüm 4.6.19) gibi düşük seviyelerde yüklendiklerinde bile, yaklaşık olarak sabit bir flotte oranında çalışabilmektedirler. Bu şekilde düşük flotte oranlarında sağlananla eşit düzeyde faydalar, düşük yükleme durumlarında da sağlanmaktadır. Bununla birlikte, makine optimum kapasitesinin çok altında (örneğin, kumaş boyamalarda nominal kapasite değerinin % 60 altında) yüklendiğinde gerçekleşen flotte oranı değerinin, *nominal flotte oranından* çok farklı olabileceği de açıktır. Bu da, sadece çevre ile ilgili performansın düşmesine (daha yüksek su, enerji ve kimyasal madde tüketimi) değil, aynı zamanda işlem maliyetlerinin artmasına da yol açacaktır.

Sonuç olarak, düşük flotte oranlı makinelerin kullanımı veya işleme alınacak parti büyüklüğüne en uygun makinenin seçimi, işlemin çevresel performansı bakımından çok önemlidir.

Kesintili yönteme göre (parti) boyamalardaki yüksek enerji ve su tüketimi, sadece yüksek flotte oranı ile çalışmaktan kaynaklanmamaktadır.

Değerlendirilmeye alınması gereken bir diğer faktör de, kesintili yönteme göre (parti) boyamalardaki çalışma şeklinin, özellikle *soğutma, ısıtma, yıkama ve durulama* gibi işlemlerin *kesintili karakteridir*.

Bunun dışında, özellikle laboratuvar çalışmalarından yararlanmaksızın gerçekleştirilen boyamalardaki *istenen rengi tutturma* çalışmaları da yüksek su ve enerji tüketimine neden olmaktadırlar. Manuel olarak kumanda edilen sistemlerde, nihai üründe istenen renge yakın

nüansı elde etmek için, boyarmaddenin büyük kısmı ilk aşamada verilmektedir. Bunu, nihai renk nüansını yakalamak için küçük miktarlarda boyarmadde ilavelerinin yapıldığı birkaç nüanslama işlemi takip etmektedir. Tutturulması zor olan renkler, her ilavede soğutma ve yeniden ısıtma da yapılaraktan ard arda tekrarlanan nüanslama ilaveleri gerektirebilmektedirler [32, ENco, 2001].

Uygun olmayan *hazırlama işlemlerinin* kullanılması ve/veya *proses kontrol sisteminin* yetersiz olması da enerji ve su tüketiminin artmasına neden olabilmektedirler. Örneğin, bazı durumlarda, yer değiştirirken, tekstil mamulünün makineye alınması sırasında bir miktar flotte taşarak dışarıya akabilmekte ve sadece manuel olarak kontrol edilen vanaların bulunduğu makinelerde flotte seviyesi ve sıcaklık doğru olarak kontrol edilememekte ve makinede flotte taşma ve sıçrama olasılığı bulunmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 4.1.4).

Kesintisiz ve yarı kesinsiz boyama yöntemlerinde daha az su tüketilmektedir, fakat bu aynı zamanda boya flottesindeki boyarmadde konsantrasyonun daha yüksek olması anlamına gelmektedir. Kesintili boyamalarda, boya konsantrasyonu 0,1 g/l'den 1 g/l'ye kadar değişmektedir, kesintisiz yöntemlerde ise bu değer, 10 g/l ile 100 g/l aralığında olmaktadır. Yeni bir renk çalışılmaya başlanmadan önce, fulard teknesinde ve pompa ve borularda kalan flottenin mutlaka temizlenmesi gerekmektedir. Özellikle küçük partilerin boyandığı durumlarda bu konsantre atıkların temizlenmesi, kesintili boyamalara nazaran daha yüksek miktarlarda kirlilik yüküne neden olabilmektedirler. Bununla birlikte, son yıllarda modern kesintisiz boyama makineleri sürekli olarak gelişmektedirler. Küçük boru, pompa ve emdirme teknelerinin kullanımı, temizlenmesi gereken konsantre flotte miktarlarının azalmasına yardımcı olmaktadırlar. Ayrıca, boya çözeltisi bileşenlerini ölçebilen ve tam olarak gereken miktarda çözeltiyi gönderebilen (son gelişmelerle ilgili daha ayrıntılı bilgi için bkz. Bölüm 4.1.3) otomatik dozajlama sistemlerinin kullanımı ile de, oluşacak atık miktarlarının en aza indirilmesi mümkün olmaktadır.

Hem kesintisiz, hem de kesintili yöntemlere göre boyama işlemlerinde yapılan son yıkama ve durulama işlemleri de göz önüne alınması gereken, yoğun su tüketici adımlardır. Gerçekten de yıkama ve durulama işlemlerinde, asıl boyama işlemlerinden daha fazla miktarda su tüketilmektedir (kesintili ve kesintisiz yöntemlere göre işlemlerde su ve enerji tasarrufu için bkz. Bölüm 4.9.1 ve 4.9.2 ve kesintili yöntemlere göre işlemlerde ekipman optimizasyonu için bkz. Bölüm 4.1.4 ve 4.6.19).

2.8 Baskı

2.8.1 Baskı işlemleri

Boyama gibi, baskı da materyale renk aplikasyonu işlemidir. Boyamada olduğu gibi tüm materyali (giysi, halı veya iplik) renklendirmek yerine; baskıda renk, arzu edilen desenin elde edilmesi için sadece belirlenmiş alanlara uygulanmaktadır. Bu durum, boyamaya göre farklı teknikler ve farklı makineler gerektirmektedir, ancak boyarlar ile lif arasında gerçekleşen fiziksel ve kimyasal işlemler boyamadakilere benzemektedir.

Tipik bir baskı işlemi aşağıdaki adımlardan meydana gelmektedir:

- boya patı hazırlanması: tekstil mamullerinin basılmasında boya veya pigment, sulu bir sıvı içerisinde değil, bunun yerine baskı patı içerisinde yüksek konsantrasyonda ve genellikle ince dispersiyon halinde dağılmış olarak bulunmaktadır
- baskı: boya veya pigment patı materyale aşağıda değinilen farklı teknikler kullanılarak aplike edilmektedir
- fiksaj: baskı işleminin hemen ardından, kumaş kurutulmakta ve sonra da baskı buhar veya sıcak hava (pigment boyalar için) ile fikse edilmektedir. Halıların basılmasında ara kurutma yapılmadığına dikkat edilmelidir (yüksek viskoz sıvıların uzaklaştırılması için aşırı enerji gereksinimi olduğundan)

- ard işlemler: bu son işlemler kumaşın yıkanması ve kurutulmasından oluşmaktadır (pigmentlerle veya transfer baskı gibi diğer özel tekniklerle yapılan baskılarda bu adım gerekli değildir).

Farklı baskı teknikleri tanımlanırken, liflere hiçbir afinitesi olmayan pigmentlerle baskı ve boyalarla (reaktif, küp, dispersiyon, vs.) baskı arasında bir ayrım yapılmalıdır.

2.8.1.1 Pigmentlerle baskı

Pigment baskı bugün büyük önem kazanmış olup, bazı lifler (örneğin selülozik lifler) için büyük farkla en fazla uygulanan bir tekniktir. Pigment boyalar hemen hemen her cins liften yapılmış tekstil materyalinin basılmasında kullanılabilmektedir ve modern yardımcı maddelerin performanslarındaki artış sayesinde günümüzde bu tekniği kullanarak yüksek kaliteli baskılar elde etmek mümkün olmaktadır.

Pigment baskı patları, kıvamlaştırıcı, binder ve eğer gerekliyse, fiksaj maddesi, yumuşatıcı, köpük kesici, vs. gibi diğer yardımcı maddeleri içermektedirler.

Eskiden kıvamlaştırıcı sistem olarak kullanılan white-spirit (gazyağı) bazlı emülsiyonlar, bugün nadiren (özellikle yarı emülsiyon kıvamlaştırıcıları olarak) kullanılmaktadırlar. Kullanılan yardımcı maddelerin karakteristikleri hakkında daha fazla bilgi, Bölüm 8.7.2'de bulunmaktadır.

Baskı patının aplikasyonundan sonra, kumaş kurutulmakta ve sonra pigment boyası normalde sıcak hava ile fikse edilmektedir (formülasyondaki binder tipine bağlı olarak fiksaj 20 ºC'da, birkaç gün bekleterek de yapılabilmektedir). Pigment baskının avantajı, prosesin yıkama adımı olmaksızın yapılabilmesidir (diğer baskı tekniklerinin çoğunda ise, yıkama adımına ihtiyaç duyulmaktadır).

2.8.1.2 Boyarlarla baskı

Baskı patının hazırlanması

Proses geleneksel olarak pat hazırlanması ile başlar. Pat bileşimi pigment baskı ile karşılaştırıldığında, kullanılan boyadan ziyade, baskı tekniğine, materyale, uygulanan aplikasyon ve fiksaj yöntemlerine bağlı olarak daha kompleks ve değişkendir.

Boya dışında baskı patları, kıvamlaştırıcı (bkz. Bölüm 8.7.1) ve fonksiyonlarına göre sınıflandırılabilen aşağıdaki gibi çeşitli yardımcı maddeler içermektedirler:

- oksidasyon maddeleri (örneğin, m-nitrobenzensülfonat, sodyumklorat, hidrojenperoksit)
- indirgen maddeler (örneğin, sodyumditiyonit, formaldehit sülfoksilatlar, tiyoüredioksit, kalay(II)klorür)
- aşındırma baskı için aşındırma maddeleri (örneğin, antrakinon)
- üre gibi hidrotropik etkili maddeler
- boyarmaddelerin çözünmesine yardımcı olan gliserin, etilenglikol, bütilglikol, tiyodiglikol, vs. gibi polar organik çözgenler
- reaktif rezerve baskı için rezerve maddeleri (örneğin, sülfonlanmış alkanlar)
- köpük kesiciler (örneğin, silikon bileşikleri, organik ve inorganik esterler, alifatik esterler, vs.).

Gerekli tüm maddeler bir karıştırma istasyonunda, ölçülüp (dozajlanıp) karıştırılmaktadırlar. Tek bir deseni basmak için 5 ila 10 arasında farklı baskı patı gerekli olduğundan (bazı durumlarda bu rakam 20'ye çıkabilmektedir), yanlış ölçümlerden kaynaklanan kayıpların azaltılması için pat hazırlığı otomatik istasyonlarda yapılmaktadır.

Modern işletmelerde, özel cihazların yardımıyla baskı patı gereksinim miktarı tam olarak belirlenip, her baskı pozisyonu için kesintisiz olarak hazırlanmaktadır. Böylelikle çalışma sonunda kalan baskı patı artıkları miktarı azalmaktadır.

Birçok baskı işletmesinde baskı patının, aplikasyondan önce, örneğin bir filtre kumaşı kullanarak filtre edilmesi yaygın bir uygulamadır. Bu işlem özellikle kıvamlaştırıcılarda serbest partiküllerin şablon deliklerini tıkamasını önlemek için önemlidir.

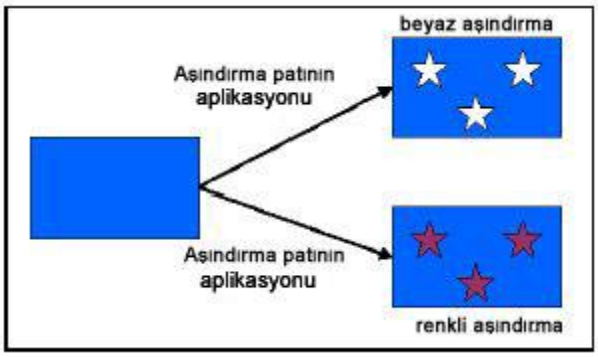
Baskı (patın aplikasyonu)

Hazırlandıktan sonra pat, aşağıdaki tekniklerden biri kullanılarak kumaş üzerinde belirli bölgelere aplike edilmektedir:

- direkt baskı (dijital ve transfer baskı dahil)
- aşındırma baskı
- reserve baskı.

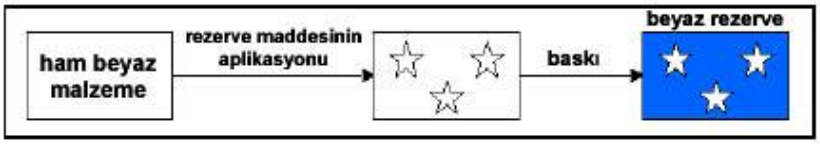
Direkt baskılarda baskı boyası ön işlem görmüş, beyaz veya boyalı (açık tonlarda) tekstil materyalinin belirli bölgelerine aplike edilir.

Eğer baskı patının aplikasyonunu takiben yapılan fiksaj işleminde, önceden aplike edilmiş boyanın bölgesel olarak bozuşturulması söz konusuysa buna a*şındırma baskı* denilmektedir. Eğer aşındırıldığında, önceden boyalı alan beyaz olarak kalıyorsa, işlem *beyaz aşındırma* olarak adlandırılmaktadır. Eğer bunun aksine, önceden uygulanmış boyanın bozuşturulmasından sonra aşındırılan alanda renkli bir desen elde ediliyorsa, işlem *renkli aşındırma* olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda baskı patı, önceki boyayı bozuşturmak için gerekli kimyasalların yanı sıra, indirgenmeye karşı dayanıklı bir boya da içermek zorundadır. Sonuç olarak, boyalı zemindeki boya desene göre bozuşturulmakta ve onun yerini indirgenmeye dayanıklı boyarmadde almaktadır.



Şekil 2.15: Aşındırma baskının şematik gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

Rezerve baskılarda, boya fiksajının önlenmesi için kumaşın belirli bölgelerine rezerve denilen özel baskı patı basılmaktadır. *Fiziksel rezerve* uygulanması durumunda, materyal, ikinci aşamada aplike edilecek boyanın penetrasyonunu engelleyen, ıslanması güç bir reçine ile basılmaktadır. Diğer taraftan *kimyasal rezerve'*de boyarmadde fiksajı kimyasal bir reaksiyon tarafından engellenmektedir. Yöntemin uygulanış şekline bağlı olarak alt, ara ve üst rezerve baskılar söz konusu olabilmektedir. Yaygın bir yöntem de, başlangıçta rezerve patı basıldıktan sonra kumaşın tüm yüzeyinin tamamen açık bir şablon ile yeniden basıldığı ve son olarak da fikse edilip yıkandığı, yaştan yaşa baskı işlemidir. Üst rezerve baskı yalnızca, önceden boyanıp kurutulan kumaşta bulunan boya, inkişaf boyalarında olduğu gibi, eğer halâ fikse olmamış formda bulunuyorsa uygulanabilmektedir.



Şekil 2.16: Rezerve baskının şematik gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

Transfer baskı ile daha önce açıklanan teknikler arasındaki fark, bu teknikte kumaş yüzeyinin direkt olarak basılmamasıdır. Bu teknikte desen önce, seçilmiş dispers boyalar kullanılarak bir ara taşıyıcı (örneğin, kağıt) üzerinde oluşturulmakta ve sonra buradan kumaşa transfer edilmektedir. Boya genellikle, kumaş ile temas halindeki baskılı kağıdın, termal bir basınç sistemi içine yerleştirilmesi yoluyla fikse edilmektedir. Boya ısının etkisiyle süblimleşmekte ve taşıyıcıdan tekstil lifleri içerisine difunde olmaktadır. Buharlama, yıkama, vs. gibi başka bir işleme gereksinim yoktur. Bu teknik lif tiplerinin özelliklerine göre seçilmiş dispers boyarmaddeler kullanılarak, poliester, poliamid ve bazı akrilik liflere uygulanabilmektedir.

Fiksaj

Baskıdan sonra kumaş kurutulmaktadır. Suyun buharlaşması boya konsantrasyonunda artışa neden olmakta ve aynı zamanda kumaş sevk rolikleri üzerinden taşınırken boyanın etrafı kirletmesini de engellemektedir. Bu aşamada boya henüz fikse olmamış durumda bulunmaktadır.

Sonraki fiksaj adımının amacı, kıvamlaştırıcı tarafından tutulan boyarmaddenin mümkün derece büyük bir kısmını liflerin içine taşımaktır. Bu durum, özellikle suda çözünmeyen formda basılıp, fiksaj işlemi esnasında indirgen maddeler ile reaksiyondan sonra suda çözülebilen duruma dönüştürülen küp boyaları gibi boyalarda önemlidir.

Fiksaj genellikle buharla yapılmaktadır. Su buharı basılı kumaş üzerinde kondense olup kıvamlaştırıcıyı şişirmekte, baskıyı ısıtmakta ve boya difüzyonu için gerekli taşıma ortamını sağlamaktadır. Kıvamlaştırıcıların "tutma gücü" olarak adlandırılan, boyanın lif ile kıvamlaştırıcı arasındaki dağılımı, boyaların fiksaj derecelerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Uygulamada kıvamlaştırıcılar, çoğunlukla polisakkarit esaslıdırlar ve bu yüzden boyarmaddenin tutulmasında selülozla yarışmaktadırlar. Bu durum, belirli bir boyanın baskıdaki fiksaj derecesinin boyamadakine nazaran % 10 daha düşük olmasının başlıca sebebidir.

Ard-işlemler

Baskı işleminin son adımını kumaşın yıkanması ve kurutulması oluşturmaktadır. Küp boyaları gibi suda çözünmeyen boyalarla baskı yapılırken bu işlem, boyarmaddenin okside olmuş ilk durumuna tekrar dönmesini de sağlamaktadır. Bu durumda, soğuk suyla yapılan ilk durulamadan sonra baskılı materyal hidrojenperoksitle muamele edilmektedir. Proses sodyumkarbonatlı bir kaynar sabunlama işlemiyle tamamlanmaktadır.

Daha önce de açıklandığı gibi, pigment baskı ve transfer baskı için yıkama gerekli değildir. Bu durum, kıvamlaştırıcılara gerek duyulmayan ve boyarmaddenin (neredeyse) tamamının fikse olduğu her boyama/baskı sistemi için geçerlidir (örneğin, halı karolarının dijital jet baskı tekniği ile basılması, bkz. Bölüm 4.7.8)

Tali işlemler

Her parti sonunda ve her renk değişiminde, çeşitli temizleme işlemleri gerçekleştirilmektedir:

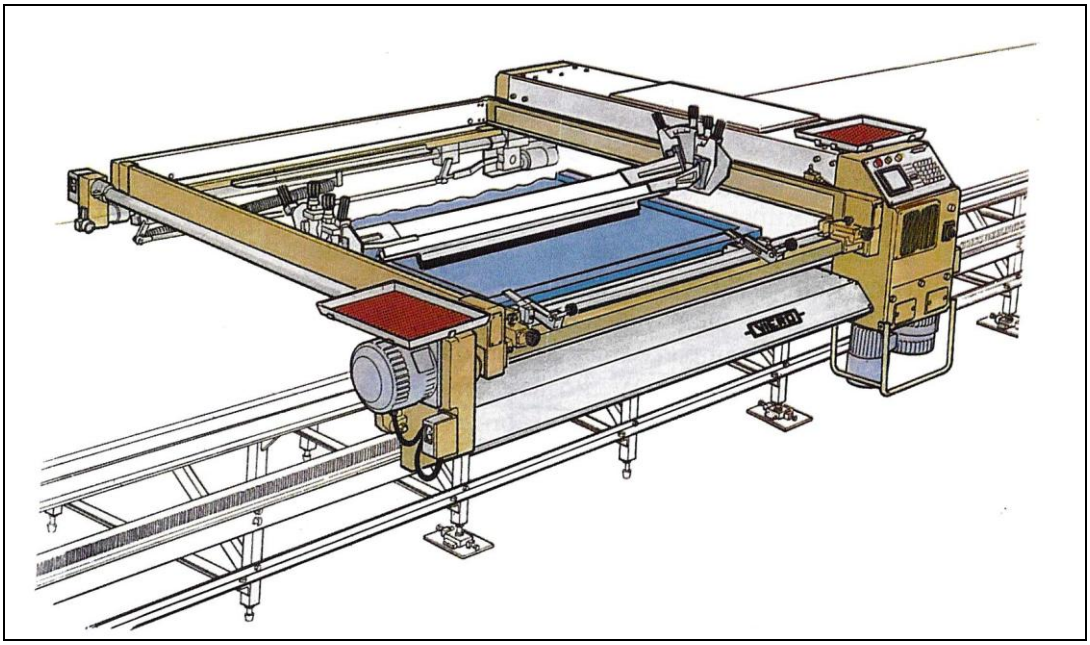
- kumaşın baskı işlemi sırasında yapıştırıldığı lastik blanket (bkz. Şekil 2.17), yapıştırıcı ve baskı patı kalıntılarının uzaklaştırılması için su ile kesintisiz biçimde temizlenmektedir. Bazı makineler su re-sirkülasyonu sistemleriyle donatılmıştır
- baskı donanımları (besleme ve materyale pat aplikasyonundan sorumlu olan tüm sistemler), önce pat artıklarının mümkün olduğu kadar büyük bir kısmının uzaklaştırılması ve sonra da su ile durulanmasıyla temizlenmektedirler. Bazı firmalarda pat artıkları, tekrar kullanım için ilgili baskı patı tanklarına geri sevk edilmektedir
- patın hazırlandığı tanklarda (fıçılarda) kalan pat, genellikle su ile yıkanmadan önce vakum sistemleri vasıtasıyla temizlenmektedir. Bu şekilde toplanan artık baskı patı sonra uzaklaştırılmaktadır.

2.8.2 Baskı teknolojisi

Kumaşların baskısı için, farklı tipteki makineler kullanılabilmektedir. En yaygın olarak kullanılanlar aşağıda anlatılmaktadır.

Filmdruck baskı

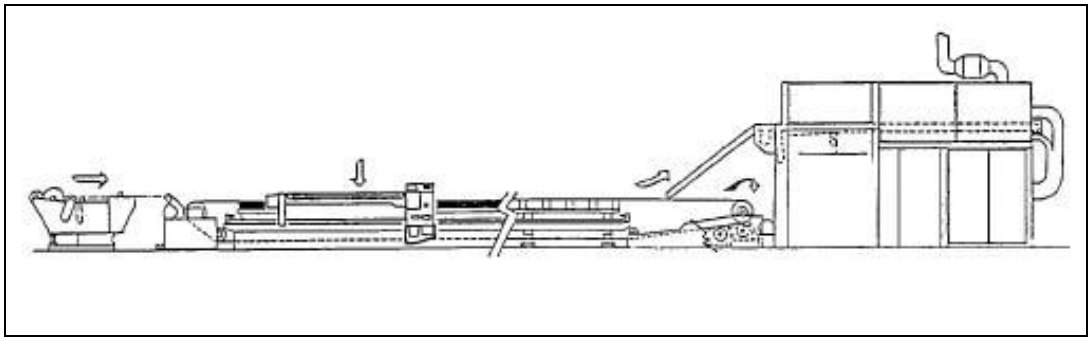
Düz filmdruck ve rotasyon baskının her ikisi de, baskı patının özel desenli şablonlardaki delikler içerisinden kumaşa geçmesi prensibine göre çalışmaktadırlar. Her şablon üzerindeki açık kısımlar bir desene karşılık gelmekte ve baskı patının bir rakle vasıtasıyla itilerek bu açık kısımlardan geçirilmesi sonucu, istenen desen kumaş üzerine aktarılmaktadır. Desendeki her renk için ayrı bir şablon hazırlanmaktadır.



Şekil 2.17: Otomatik rakle sistemli filmdruck baskı makinesi
[69, Corbani, 1994]

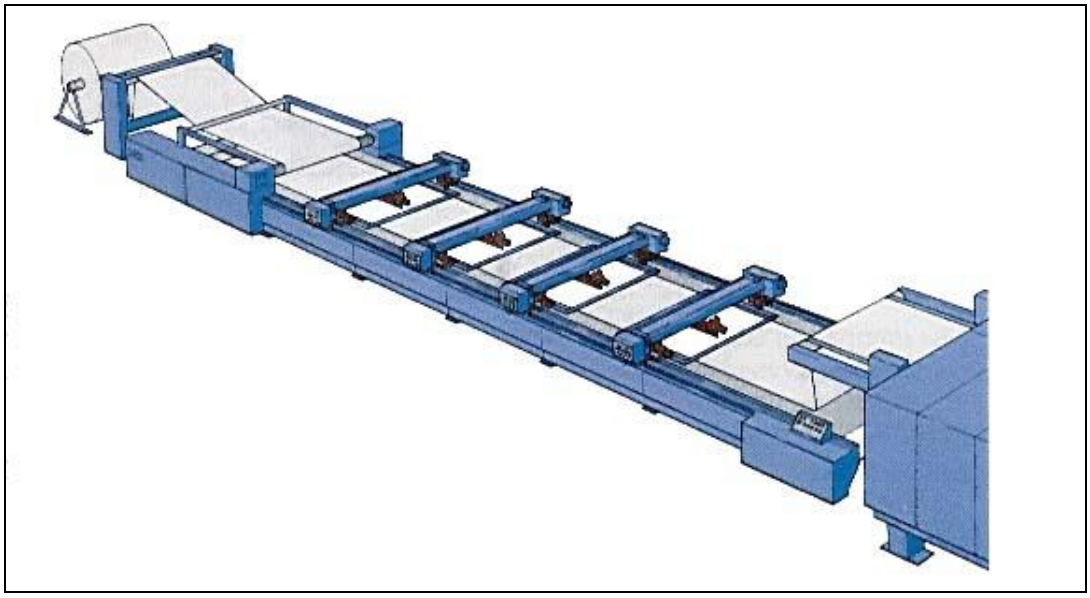
Filmdruck baskı makineleri, manuel, yarı otomatik veya tam otomatik olabilmektedirler. Baskı işletmelerinde halâ yaygın olarak kullanılan bir makine tipi şu şekilde özetlenebilmektedir: Kumaş önce hareketli, sonsuz bir blanket üzerine yapıştırılmaktadır. Makinenin önündeki hareketsiz bir şablon, basılacak alana indirilmekte ve baskı patı bir rakle ile sıyrılmaktadır. Sonra blanket üzerine yapıştırılmış olan kumaş ile birlikte, desen

tekrar noktasına (raporta) kadar ilerletilip, şablon tekrar indirilmektedir. Bu şekilde basılan kumaş adım adım ileriye hareket etmekte ve kurutucu içerisinden geçmektedir. Makine bir kerede yalnız bir renk basmaktadır. İlk renk tüm kumaş boyunca basıldıktan sonra kurutulan kumaş ikinci rengin aynı şekilde basımı için hazırdır ve bu işleme desendeki tüm renkler basılıncaya kadar devam edilmektedir.



Şekil 2.18: Filmdruck baskı makinesinin gösterimi

Tam mekanize diğer makinelerde tüm renkler aynı anda basılmaktadırlar. Belirli sayıda hareketsiz şablon (8-12 tane, ancak bu sayı bazı makinelerde 24'e kadar çıkabilmektedir) baskı makinesi boyunca yerleştirilmiştir. Hareketli, sonsuz kauçuk bir blankete yapıştırılan tekstil yüzeyinin desen tekrar noktasına kadar (bir raport boyu) ilerletilmesi sırasında, şablonların hepsi birlikte yukarı kaldırılmaktadırlar. Sonra şablonların hepsi aynı anda tekrar indirilmekte ve pat rakle yardımıyla şablonların açık kısımlarından kumaş üzerine aktarılmaktadır. Baskılı kumaş, her aplikasyonda bir çerçeve boyu ileri hareket etmekte ve son çerçeveden ayrıldıktan sonra kurutulup fiksaj için hazır hale gelmektedir.



Şekil 2.19: "Çerçeve üzerine monte edilmiş hareketsiz şablonlu mekanize bir filmdruck baskı makinesi" nin gösterimi
[69, Corbani, 1994]

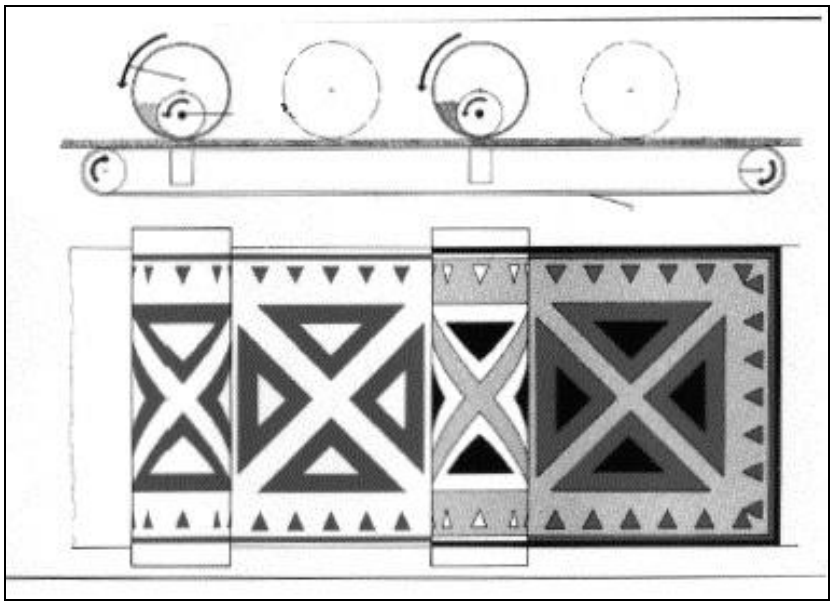
Her iki makinede de sonsuz kauçuk blanket, üzerindeki kumaş çekilip ayrıldıktan sonra aşağıya doğru bir kılavuz silindir üzerinden kesintisiz olarak hareket etmekte ve eğer gerekliyse baskı patı artıklarını ve yapıştırıcıyı uzaklaştırmak için döner fırçalar ve suyla yıkanmaktadır. Bundan sonra blanket zamklama düzeneğine geri gönderilmektedir. Bazı durumlarda sıvı formdaki zamk bir rakle tarafından sıyrılarak blankete aktarılırken, bazı

makinelerde de blanketler önceden termoplastik zamk ile kaplanmaktadır. Bu durumda tekstil mamulü, zamkın yumuşayıp hemen yapışması için ısıtılıp bir silindir tarafından sıkıştırılmakta veya kauçuk kaplı blankete hafifçe bastırılmaktadır.

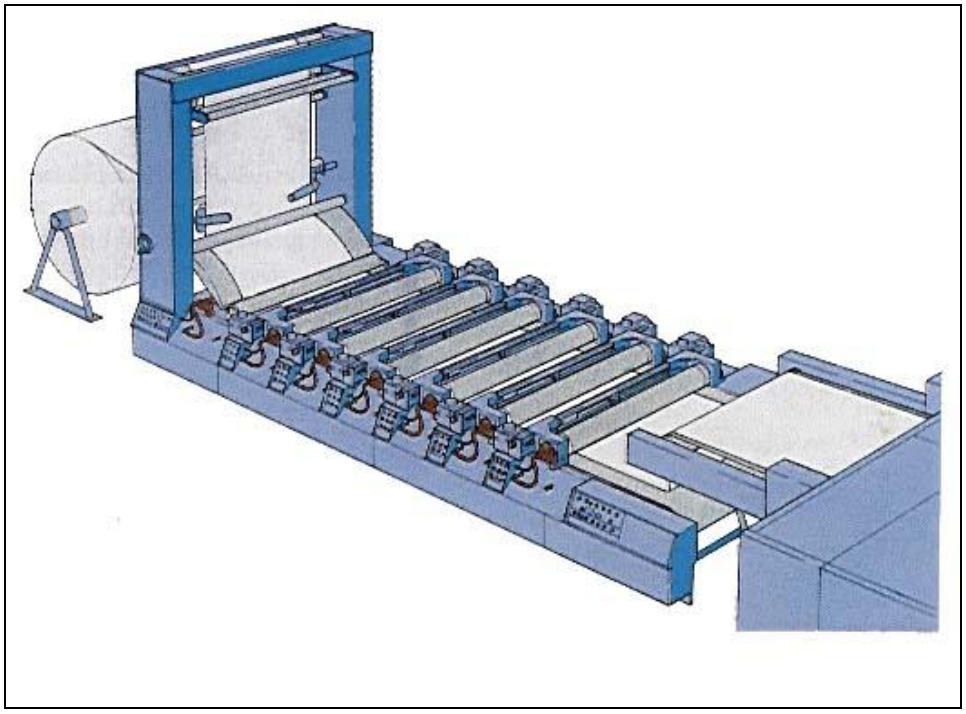
Baskıdan sonra şablonlar ve aplikasyon sistemi yıkanmaktadır. Yıkanmalarından önce şablonlardaki boya patlarının sıyrılarak baskı patı karıştırma tanklarına geri boşaltılması yaygın olarak uygulanmaktadır.

Rotasyon baskı

Rotasyon baskı makineleri de, daha önce anlatılan prensiplerin aynısını kullanmaktadır, ancak burada baskı patı kumaşa düz şablonlar yerine, silindirik formdaki, hafif metalik folyo şablonlardan geçirilerek aktarılmaktadır. Kumaş bir dizi silindirik şablonun altında kesintisiz olarak hareket ederken, her pozisyonda ayrı bir tanktan alınan boya patı şablon içerisine otomatik olarak beslenip kumaşa basılmaktadır. Desendeki her renk için ayrı bir silindirik şablona ihtiyaç duyulmaktadır.

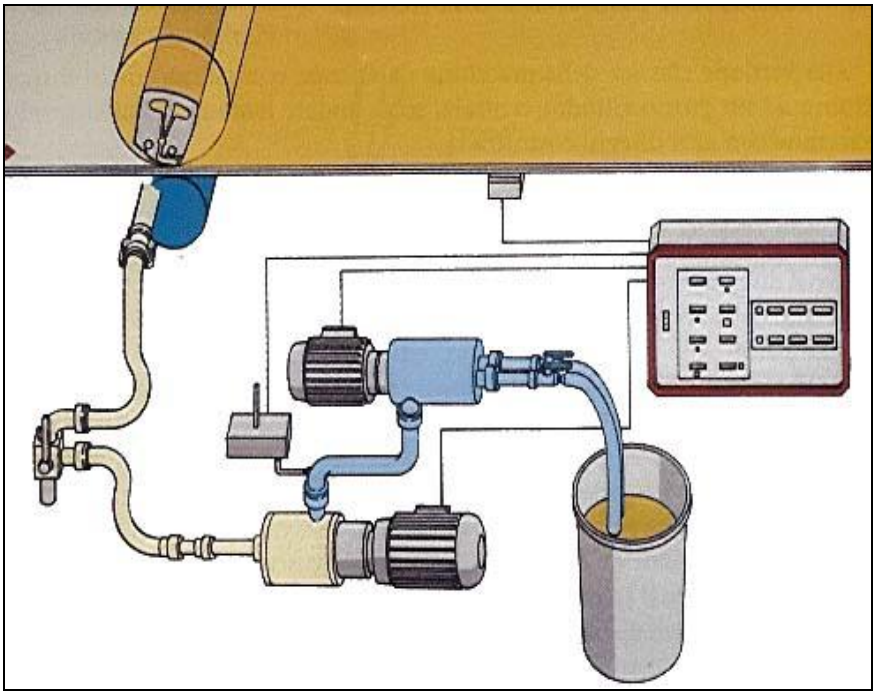


Şekil 2.20: Rotasyon baskı prosesinin gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]



Şekil 2.21: Rotasyon baskı makinesinin gösterimi
[69, Corbani, 1994]

Rotasyon baskı makineleri için konvansiyonel bir pat besleme sistemi Şekil 2.22'de gösterilmektedir. Vakum borusu pat fıçısı ile pompa arasında yer almakta, boya besleme hortumu ise pompadan rakleye (ucunda rakle bulunan boya besleme borusuna) kadar uzanmaktadır. Pat, pompadan baskı silindiri içine gönderilmektedir. Baskı patı besleme sistemi denilen bu sistemin dolma hacmi oldukça yüksektir ve sonuç olarak her renk değişiminde uzaklaştırılması gereken pat artığı miktarı da oldukça fazladır. Bu ekipmanın hacmini küçültülmek ve dolayısıyla boya patı atıklarının miktarını azaltmak için çeşitli sistemler geliştirilmiştir (bkz. Bölüm 4.7.4). Bazı firmalarda uygulanan bir başka olanak da, bu artıkların geri kazanılarak yeni reçetelerin oluşturulmasında tekrar kullanılmasıdır (bkz. Bölüm 4.7.5 ve 4.7.6).

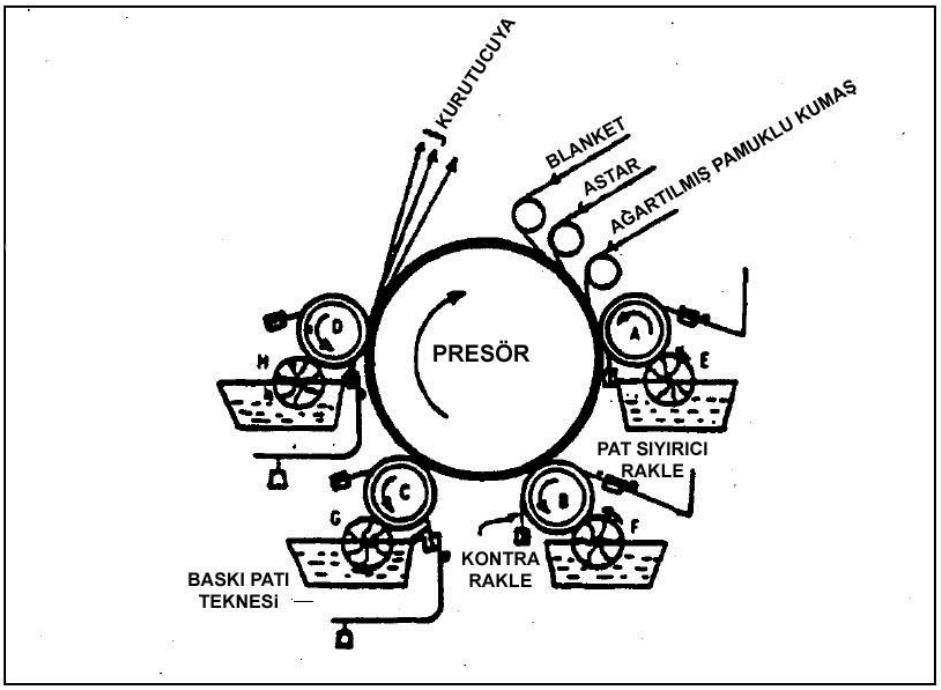


Şekil 2.22: Rotasyon baskı makinesi için baskı patı besleme sistemi
[69, Corbani, 1994]

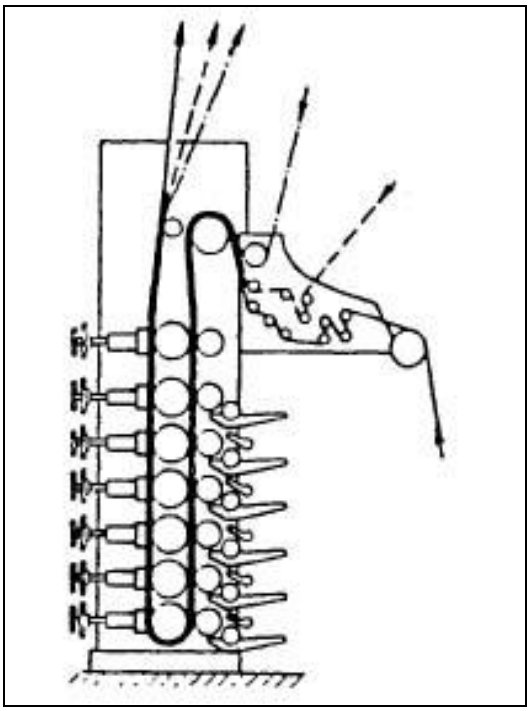
Rotasyon baskı makineleri, daha önce anlatılan filmdruck baskı makinelerindekine benzeyen zamklama ve yıkama cihazlarıyla donatılmışlardır. Blanketler, pat artıklarının ve yapıştırıcının uzaklaştırılması amacıyla yıkanmaktadırlar. Sadece blanket değil, aynı zamanda şablonlar ve pat besleme sistemleri de (hortumlar, borular, pompalar, rakleler, vs.) her renk değişiminde temizlenmelidirler.

Rulo baskı

Rulo baskıda boya teknelerindeki baskı patları, buradan arzu edilen desene göre grave edilmiş döner bakır silindirlere beslenmektedirler. Bu silindirler kumaşı taşıyan bir ana silindire (presöre) temas etmektedirler. Silindirlerin kumaş teması sırasında desen kumaş üzerine aktarılmaktadır. Bir baskı makinesinde 16'ya kadar çıkabilen sayıda silindir bulunmaktadır ve her silindir desenin bir raportunu basmaktadır. Silindir dönerken, bir rakle sürekli olarak pat fazlasını boya teknesine geri sıyırmaktadır. Her parti sonunda boya tekneleri ait oldukları baskı patı tanklarına manuel olarak boşaltılmaktadırlar. Blanket ve baskı donanımı (döner fırçalar veya rakleler, sıyırıcılar ve kepçeler) su ile yıkanmaktadırlar.



Şekil 2.23: Rulo baskı makinesi
[4, Tebodin, 1991]



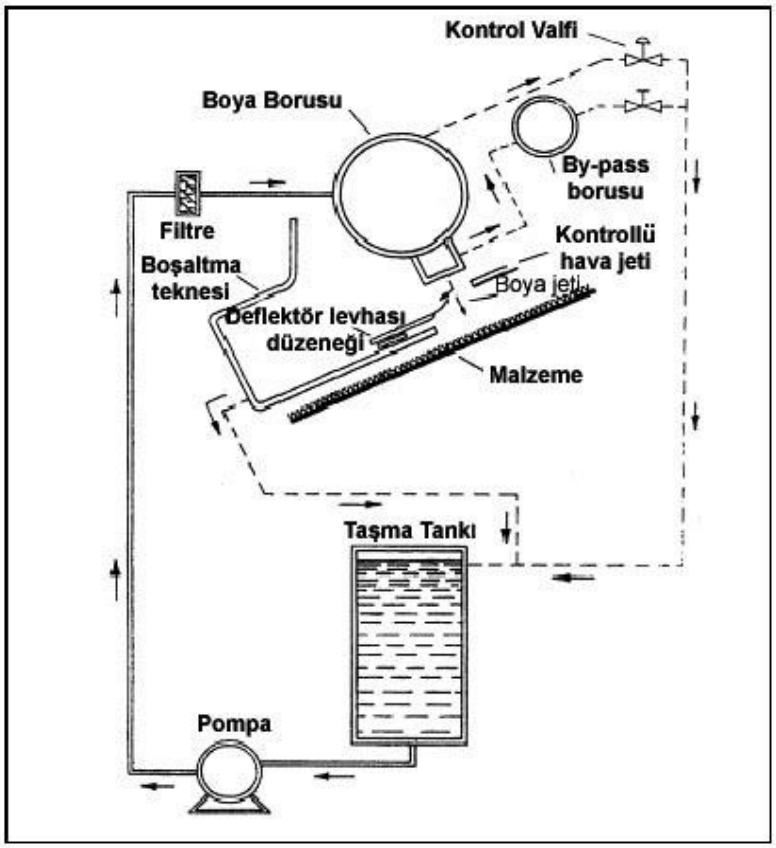
Şekil 2.24: Rulo baskı makinesinin daha güncel bir örneği
[7, UBA, 1994]

Jet baskı

Jet baskı aslında halıların basılması için geliştirilmiş temassız bir aplikasyon sistemidir, ancak günümüzde tekstil sektöründeki kullanımı da giderek artmaktadır.

Halılar için ticari ilk jet baskı makinesi Elektrocolor'dur ve bunu ilk Millitron makinesi takip etmiştir. Millitron baskı sisteminde, materyale boyarmadde enjeksiyonu, boyarmadde

jetinin kontrollü bir hava akımı aracılığıyla açılıp kapanması sayesinde gerçekleştirilmektedir. Halı ileri doğru hareket ederken, makinenin hiçbir parçası materyal yüzeyine temas etmemektedir. Hava akımı, boya jetlerinden sürekli olarak akan boyanın yönünü yakalayıcı veya drenaj tablasına doğru çevirmek için kullanılmaktadır. Toplama tankına boşaltılan bu boya, filtre edilip tekrar sirküle edilmektedir. Boya jeti çalıştırılmak istendiğinde, hava jeti tekstil materyaline enjekte edilecek uygun boya miktarına izin verecek kadar bir süre için kapatılmaktadır. Tüketilen boya miktarının karşılanması için ana depolama tankına sürekli olarak boya beslenmektedir.



Şekil 2.25: Millitron sisteminin şematik gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

Sprey baskı sistemleri ve jet baskı yöntemlerinin ilk jenerasyonu, önceden belirlenmiş bir desenin üretilmesi için kullanılamamaktadırlar. Bu yüzden makineyle önce çok değişik efektlerde numuneler üretilmekte, ancak ondan sonra desinatör veya pazarlama personelince bunlar arasından seçim yapılabilmektedir.

Bu alandaki öncü geliştirme çalışmaları ilk dijital halı baskıcıları tarafından yapılmıştır (özellikle Zimmer ve Tybar Engineering tarafından geliştirilen Chromotronic ve Titan). Bu makineler "isteğe bağlı akış" denilen bir prensibi temel almışlardır. Bunlarda, boya flottesi besleme kanallarına açılıp kapanabilir elektromanyetik valfler yerleştirilerek, istenilen desene uygun olarak önceden belirlenmiş zamanda ve şekilde boya flottesi damlalarının oluşumu ve püskürtülmesi sağlanmaktadır.

Bu makinelerde aplike edilen boya miktarı malzemenin her noktasında dijital olarak kontrol edilebilse de, boyanın liflerin içine penetrasyonu halâ liflerin kapilaritesine ve yüzey ıslanma gücüne bağlı olmaktadır. Bu durum, tekrar edilebilirlikte problemlere yol açabilmekte (örneğin, materyal aşırı yaş olduğunda) ve boya flottesi reolojisinin kontrol edilmesi için kıvamlaştırıcı kullanımının halâ gerekli olduğu anlamına gelmektedir.

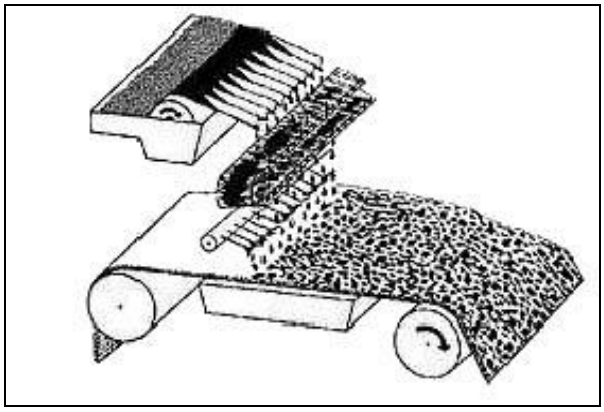
Günümüzde halı ve hacimli kumaşların jet baskısında sunulan en son gelişme boyanın, hiçbir makine parçası liflere temas etmeden, kumaş yüzeyinin derinliklerine kadar cerrahi hassasiyette enjekte edilmesini sağlayan makinelerdir. Burada, materyale (örneğin hafif ağırlıktaki kumaşlardan ağır kaliteli kumaşlara kadar değişebilen) aktarılan flotte miktarının kontrolü, sadece boya püskürtme süresi ayarlanarak değil, aynı zamanda pompalama basıncını ayarlayarak da sağlanabilmektedir.

Bu sistem, bir "enjeksiyon boyama" yöntemine benzetilebilmektedir. "Enjeksiyon boyama" adı, Milliken'in yeni Millitron makinesinde uygulanan teknolojiyi tanımlayan ticari bir isim olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak varolan diğer bir dijital jet baskı makinesi de, Zimmer'in Chromojet'idir. Chromojet sisteminde, baskı kafası 512 düze ile donatılmıştır. Bunlar manyetik olarak kontrol edilmekte ve saniyede 400 kereye kadar açılıp kapanabilmektedirler (bkz. Bölüm 4.7.8).

Halı bir J-Box içerisine yığılmakta ve sonra buharlanıp fırçalanmaktadır. Baskı masasına ulaştığında durdurulmaktadır. Jetler, kızaklı bir çerçeve üzerine monte edilmişlerdir ve baskı işlemi sırasında halı hareketsiz kalırken, bunlar çözgü yönünde hareket etmektedirler.

İnk-jet baskı, kağıt baskısı orijinli diğer bir baskı tekniğidir ve şu anda tekstil endüstrisindeki kullanımı giderek artmaktadır. İnk-jet baskıda boya malzeme yüzeyine, püskürtme süresinde, basıncında veya hızında değişim olmaksızın aplike edilmektedir. Bu nedenle özellikle ipek gibi ince hafif kumaşlara uygulanabilmektedir (bkz. Bölüm 4.7.9).

TAK baskı sistemi, halı endüstrisinde halâ kullanılmaktadır. Bu teknikle düzensiz desenler üretilebilmektedir. Önceden zemin renginde boyanmış olan halı, damlatma yoluyla renkli noktalarla donatılmaktadır. Renkli noktaların büyüklüğü ve sıklığı, halı eni boyunca yerleştirilmiş olan taşma oluklarının ayarlanması ile değiştirilebilmektedir.



Şekil 2.26: TAK sisteminin şematize gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

2.8.3 Çevresel sorunlar

Baskı işlemlerinin tipik emisyon kaynakları:
- baskı patı artıkları
- yıkama ve temizleme işlemlerinden kaynaklanan atık su
- kurutma ve fiksajdan kaynaklanan uçucu organik bileşiklerdir.

Baskı patı artıkları

Baskı patı artıkları baskı işlemi boyunca çeşitli sebeplerden oluşmaktadır ve miktarı duruma bağlı olarak önemli seviyelere ulaşabilmektedir (Bölüm 3.3.3.5.5'te, tüketim ve

emisyon seviyeleri hakkında bilgi verilmektedir). Örnek olarak iki ana sebep, yanlış ölçümler ve yetersiz miktarda pat hazırlanması nedeniyle sorun yaşamamak için gereğinden fazla pat hazırlanmasıdır.

Ayrıca her renk değişiminde, baskı ekipmanı ve kaplarının (boya kapları, mikserler, homojenize ediciler, silindirler, şablonlar, karıştırıcılar, rakleler, vs.) temizlenmesi gerekmektedir. Baskı patları yüksek viskoziteleri yüzünden bütün donanıma yapışmaktadır ve yaygın uygulama, bunların su ile durulanmadan önce kuru vakum sistemleri ile uzaklaştırılmalarıdır. Böylece artıklar hiç olmazsa ayrı bir şekilde uzaklaştırılmakta ve böylelikle suların kirlenmesi en aza indirilmiş olmaktadır.

Önemli, ama sıkça unutulan diğer bir baskı patı artığı kaynağı da, desen numunelerinin hazırlanmasıdır. Bazı zamanlarda numune baskıları seri üretim makinelerinde yapılmakta ve bu takdirde yüksek miktarlarda artık oluşmaktadır.

Pat artıklarının azaltılmasına yardımcı olan (bkz. Bölüm 4.7.4) ve artan patların geri kazanımını/tekrar kullanımını sağlayan teknikler mevcuttur (bkz. Bölüm 4.7.5 ve 4.7.6). Ancak bunların başarısı, analog baskı teknolojisinin doğasından gelen bazı teknolojik eksiklikler nedeniyle sınırlıdır. Bu eksikliklerin çoğu, desenin analog aktarımıyla, malzeme yüzeyi ile aplikatör (şablon) arasındaki zorunlu temasla ve patın tekrar kullanımı için potansiyeli sınırlayan, formülasyondaki kıvamlaştırıcı gereksinimi (pat reolojisi) ile ilgilidir. Dijital baskı, bu problemlere çözüm sunmaktadır (bkz. Bölüm 4.7.8 ve 4.7.9).

Yıkama ve temizleme işlemlerinden kaynaklanan atık sular

Baskı işlemlerinde atık su öncelikle, kumaşın fiksajdan sonra yapılan yıkanmasından, baskı makinesinin aplikasyon sistemlerinin temizlenmesinden, baskı mutfağı ekipmanlarının temizlenmesinden ve blanketlerin temizlenmesinden ortaya çıkmaktadır.

Temizleme işlemlerinden kaynaklanan atık su, yıkama işlemlerinden kaynaklanandan bile daha fazladır ve toplam kirlilik yüklemesinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Suya emisyonlar çoğunlukla boyarmaddelerle yapılan baskı işlemlerinde söz konusu olmaktadırlar. Zira pigment baskılarda her ne kadar temizleme işlemleri nedeniyle ihmal edilemeyecek miktarlarda atık su oluşmaktaysa da, pigmentlerin tamamı bir yıkamaya gerek kalmayacak şekilde liflere fikse olmaktadırlar.

Atık suda karşılaşılması olası kirletici maddeler Tablo 2.17'de belirtilmektedirler.

Kirletici madde	Kaynak	Açıklamalar
Organik boyarmaddeler	Fikse olmamış boyarmadde	Söz konusu çevresel sorunlar kullanılan boyarmadde tipine bağlıdır (bunlar Bölüm 9'da tartışılmaktadır)
Üre	Hidrotropik madde	Yüksek azot seviyeleri ötrofikasyona katkıda bulunmaktadır
Amonyak	Pigment baskı patlarında	Yüksek azot seviyeleri ötrofikasyona katkıda bulunmaktadır
Sülfatlar ve sülfitler	İndirgen madde yan ürünleri	Sülfitler su yaşamı için toksiktir ve sülfatlar, konsantrasyonları 500 mg/l'nin üzerinde olduğunda korozyon problemlerine sebep olabilmektedirler
Polisakkaritler	Kıvamlaştırıcılar	Yüksek KOİ, ancak biyolojik olarak kolaylıkla parçalanabilir
CMC türevleri	Kıvamlaştırıcılar	Biyolojik olarak zor parçalanabilir ve elimine edilebilir
Poliakrilatlar	Kıvamlaştırıcılar ve Pigment baskıda binderler	Biyolojik olarak zor parçalanabilir, ancak % 70'inden fazlası biyolojik olarak elimine edilebilir (OECD 302B test yöntemi)
Gliserin ve polioller	Boyarmadde formülasyonunda antifriz katkıları Baskı patında çözülmeyi destekleyen maddeler	
m-nitrobenzensülfonat ve bunun amino türevleri	Küp boyarmaddeleriyle aşındırma baskıda oksidasyon maddesi olarak Reaktif boyarmaddelerle direkt baskıda boyarmaddenin kimyasal indirgenmesini engellemek için	Biyolojik olarak zor parçalanabilir ve suda çözünür
Polivinilalkol	Blanket zamkı	Biyolojik olarak zor parçalanır, ancak % 90'ından fazlası biyolojik olarak elimine edilebilir (OECD 302B test yöntemi)
Çok kere substitüe edilmiş aromatik ürünler	Aşındırma baskıda azo boyarmaddelerinin redüktif parçalanması	Biyolojik olarak zor parçalanır ve elimine edilebilir
Madeni yağlar / alifatik hidrokarbonlar	Baskı patı kıvamlaştırıcıları (Yarı emülsiyon pigment baskı patları nadiren de olsa halâ kullanılmaktadırlar)	Alifatik alkoller ve hidrokarbonlar biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedirler Aromatik hidrokarbonlar biyolojik olarak zor parçalanabilmekte ve elimine edilebilmektedirler

Tablo 2.17: Baskı proseslerinden gelen atık sularda bulunma olasılığı yüksek olan maddeler

Kurutma ve fiksajdan kaynaklanan uçucu organik bileşikler

Baskı işlemlerindeki diğer önemli bir emisyon kaynağı da kurutma ve fiksajlardır. Atık havada aşağıdaki kirleticilere rastlanabilmektedir [179, UBA, 2001]:

- binderlerden gelen alifatik hidrokarbonlar (C_{10} - C_{20})
- akrilatlar, vinilasetatlar, stiren, akrilnitril, akrilamid, bütadien gibi monomerler
- fiksaj maddelerinden gelen metanol
- emülgatörlerden gelen diğer alkoller, esterler, poliglikoller
- fiksaj maddelerinden gelen formaldehit

- amonyak (ürenin parçalanmasından ve örneğin, pigment baskı patlarında bulunan amonyaktan)
- emülgatörlerden gelen N-metilpirolidon
- fosforik asit esterleri
- kıvamlaştırıcılardan ve binderlerden gelen fenilsiklohegzen.

Baskıdan sonraki ısıl işlemin atık havasında bulunabilen kirletici maddelerin daha kapsamlı bir listesi, olası kaynakları da belirtilerek Bölüm 12'de verilmektedir.

2.9 Bitim İşlemleri (fonksiyonel bitim işlemleri)

2.9.1 Bitim işlemleri

"Bitim işlemi" terimi, tekstil materyallerine arzu edilen nihai kullanım özelliklerini kazandırmak amacıyla yapılan tüm işlemleri kapsamaktadır. Bu işlemlerle kazandırılacak özellikler, görünüm efekti ve tutum (tuşe) özellikleri ile su geçirmezlik ve güç tutuşurluk gibi özel birtakım kullanılma özelliklerini içerebilmektedirler.

Bitim işlemleri, mekaniksel/fiziksel ve kimyasal işlemlerden oluşabilmektedirler. Ayrıca kimyasal işlemler de, kendi içerisinde bitim işlemi maddesi ile lifin kimyasal olarak reaksiyona girdiği işlemler ve kimyasal reaksiyonun zorunlu olmadığı işlemler (örneğin, yumuşatma işlemleri) olarak sınıflandırılabilmektedirler.

Bazı bitim işlemleri belirli bir life özgüdürler (örneğin, pamuklular için buruşmazlık işlemleri, sentetikler için antistatik işlemleri ve yünlüler için güve yemezlik ve keçeleşmezlik işlemleri). Diğer bazı bitim işlemleri de daha genel uygulamalardır (örneğin, yumuşatma işlemleri).

Bu dokümanda esas olarak üzerinde durulan konu, kimyasal bitim işlemleridir. Çünkü en belirgin şekilde kirletme potansiyeli oluşturan işlemler bunlardır.

Kumaşlara uygulanan (parça şeklindeki halıları da kapsayan) bitim işlemleri, genelde boyamadan sonra ayrı bir işlem olarak yapılmaktadırlar. Ama bu bir kural değildir. Örneğin, halıların güve yemezlik işlemi, boyama sırasında yapılabilmektedir. Pigment boyamalarda da boya banyosunda pigment ve film oluşturucu polimer birlikte aplike edilerek, buruşmazlık bitim işlemi ile pigment boyama aynı adımda yapılabilmektedir.

% 80'den daha fazla uygulanan yöntemde, sulu çözelti veya dispersiyon şeklindeki apre flottesi tekstil materyaline emdirme tekniğiyle uygulanmaktadır. Kuru kumaş, tüm gerekli maddeleri içeren apre banyosundan geçirildikten sonra merdaneler arasından geçirilerek sıkma işlemiyle flottenin mümkün derece büyük bir kısmı uzaklaştırılmakta, kurutulmakta ve sonra da kondanse edilmektedir. Son adım olarak yıkama işleminden ise, kesinlikle zorunlu olmadıkça, kaçınmak gerekmektedir.

Alınan flotte miktarını azaltmak için, en az aplikasyon teknikleri olarak adlandırılan teknikler de önem kazanmaktadırlar. Bu aplikasyon metotları, başlıklar halinde aşağıda görülmektedir :

- aktarma aplikasyonu (tekstil materyali bir merdane vasıtasıyla ıslatılmakta ve tekstil materyalinin sadece bir yüzüne kontrollü miktarda flotte aplike edilmektedir).
- püskürtme aplikasyonu
- köpükle aplikasyon.

Fulard aplikasyonunda alınan flotte miktarı yaklaşık % 70 iken, bu miktar en az aplikasyon sistemlerinde % 30 civarında olmaktadır. Ancak, aplike edilen aktif madde miktarının aynı

kalmasını sağlamak için, minimum aplikasyon tekniklerinde flotteler iki-üç kat daha derişik olmaktadırlar.

Yün halı sektöründe, fonksiyonel bitim işlemi maddeleri ipliklere veya açık elyafa, ya boyama prosesi sırasında, ya da sonraki durulama veya bitim işlemi banyosunda uygulanmaktadır.

Kullanılacak yardımcı maddeler arasında uyuşmazlık problemlerinin olması gibi özel durumlar dışında, hem emdirme, hem de uzun flottede aplikasyon tekniklerinde (kesintili işlemlerde), tekstil materyaline istenen özellikleri kazandırmak için gerekli tüm bitim işlemi maddeleri, farklı adımlar yerine tek bir banyoda aplike edilmektedirler.

2.9.2 Kimyasal bitim işlemleri

2.9.2.1 Kolay bakım (buruşmazlık) işlemleri

Kolay bakım işlemleri, selüloz içeren liflere, kolay yıkanma, yıkama ve kullanma sırasında buruşmaya karşı dayanıklılık, hiç ütü istememe veya en az seyivede ütülenme ihtiyacı, vs. gibi özellikleri kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu özellikler, selüloz liflerinin poliamid ve poliester gibi sentetik liflerle rekabet etmesini sağlayabilmek için gerekmektedir.

Kolay bakım işlemi reçeteleri, aşağıda belirtilen çeşitli maddelerden oluşmaktadırlar :
- çapraz bağlayıcı (köprü bağı oluşturucu) madde
- katalizör
- katkı maddeleri (çoğunlukla yumuşatıcılar ve tutum (tuşe) geliştirme maddeleri, ayrıca su-iticiler, hidrofillik kazandıran maddeler, vs.)
- ıslatıcı madde olarak yüzeyaktif maddeler.

Kullanılan tipik maddeler hakkında bilgi, Bölüm 8.8.1'de bulunabilmektedir. Buruşmazlık işleminde kumaş, emdirmeden sonra enine açık şekilde bir ramözde kurutulmakta ve son olarak kondanse edilmektedir. En yaygın kondenzasyon metodu, kumaşın kuru bir vaziyette bir kondenzasyon makinesinde veya kurutmadan hemen sonra ramözde kondanse edildiği kuru buruşmazlık işlemidir.

2.9.2.2 Su-iticilik işlemleri (hidrofob özellik kazandıran işlemler)

Su-iticilik işlemleri, su geçirmez özellikte, fakat hava ve su-buharı geçirgenliğine sahip olması istenilen kumaşlara uygulanmaktadır.

Bu özellik, aşağıda belirtilen yöntemlerle elde edilebilmektedir :
- parafin emülsiyonları gibi hidrofob maddelerin alüminyum tuzlarıyla birlikte çöktürülmesi (örneğin, parafin esaslı su-itici maddeler)
- lif yüzeyinin, çapraz bağlı su itici bir film oluşturan polimerlerin ilavesiyle kimyasal değişime uğratılması (örneğin, silikon esaslı su-itici maddeler, reçine esaslı su-itici maddeler, perfloralkil esaslı su-itici maddeler).

Su itici olarak kullanılan maddelerin özellikleri, Bölüm 8.8.5'te anlatılmaktadır.

2.9.2.3 Yumuşatma işlemleri

Yumuşatıcılar, sadece bitim işlemlerinde kullanılmayıp, aynı zamanda kesintili boyama işlemlerinde de kullanılmakta olup, boyama banyosunda veya daha sonraki yıkama banyosunda aplike edilmektedirler.

Yumuşatıcı maddelerin aplikasyonu, kondenzasyon proseslerini kapsamaz. Kontinü veya yarı-kontinü proseslerde emdirilen kumaş, ramözlerde kurutulmaktadır.

Yumuşatıcı madde olarak kullanılan ürünler, Bölüm 8.8.6'da anlatılmaktadırlar.

2.9.2.4 Güç tutuşurluk işlemleri

Önemi, gün geçtikçe artan güç tutuşurluk bitim işlemleri, bazı ürünler için zorunludurlar. Güç tutuşurluk işlemlerinin, kumaşın tutumunu, rengini veya görünümünü değiştirmeden, lifleri yanmaktan korumaları gerekmektedir.

Bu işlemler, genellikle pamuklulara ve sentetik liflere uygulanmaktadır (örneğin bunlar, mobilya sektöründe kullanılan döşemelik kumaşlar için önemlidirler). Bazı özel durumlarda, özellikle halı sektöründe (örneğin, özel sözleşmeli pazarda, havacılıkta), yün liflerinin yanmaya karşı kendine özgü dayanıklılığına rağmen, yine de güç tutuşurluk işlemi uygulanması da talep edilebilmektedir.

Güç tutuşurluk özellikleri, ya tekstil materyaliyle reaksiyona giren, ya da katkı maddeleri olarak kullanılan farklı kimyasal maddelerin aplikasyonu ile sağlanmaktadır. Güç tutuşurluk bitim işlemlerinde en çok kullanılan maddeler, Bölüm 8.8.4'te anlatılmaktadırlar.

Güç tutuşurluk özelliğine sahip tekstil ürünleri üretmek için başka yaklaşımlar da vardır. Bunlar :

- lif üretimi esnasında lif çekme çözeltisine özel kimyasal maddelerin ilavesi
- yapısal olarak güç tutuşur özellikteki modifiye liflerin geliştirilmesi
- tekstil mamülünün arka yüzeyine güç tutuşur bir tabaka yapıştırılmak suretiyle, zemini kaplanmış tekstil ürünleri elde edilmesi (örneğin, döşemelikler, yataklar).

2.9.2.5 Antistatik işlemler

İşlem, kumaşların liflerin elektrik iletkenliğini artırarak liflerde elektrik yükünün birikmesini önleyen higroskobik maddelerle (antistatik maddelerle) muamele edilmesinden oluşmaktadır.

Bu bitim işlemleri, sentetik liflerde çok yaygındır. Fakat bu işlemler, statik elektriğe duyarlı alanların zemin kaplamalarında kullanılacak yünlü halılara da uygulanmaktadır.

Antistatik madde olarak yaygın bir şekilde kullanılan ürünler, Bölüm 8.8.3'de anlatılmaktadırlar.

2.9.2.6 Güve yemezlik işlemleri

Yün ve yünlü karışımların güve yemezlik işlemleri, genel olarak tekstil esaslı zemin kaplamalarının üretiminde uygulanmakta olup, bazı yüksek risk taşıyan giysilere de (örneğin askeri üniformalara) uygulanmaktadır. Giysilik kumaşlara aplikasyonda, güve yemezlik işlemi genelde boyama sırasında yapılmaktadır. Yer kaplamalarında ise güve yemezlik işlemi, yapak yıkama, eğirme, iplik ön terbiyesi, boyama, bitim işlemleri veya sırt kaplama gibi çeşitli üretim aşamalarında yapılabilmektedir.

Güve yemezlik işlemlerinde kullanılan biyositler, Bölüm 8.8.2'de anlatılmaktadırlar.

2.9.2.7 Bakteriler ve mantarlara karşı koruma işlemleri

Bu işlemler, kimyasal maddelere (yardımcı ve boyarmadde formülasyonlarını korumak için) ve giysilere uygulanabilmektedir. Örneğin, çoraplarda koku giderici olarak, sağlık sektöründe kullanılan zemin kaplama işlemlerinde ve anti-bakteriyel bitim işleminin sağlanmasında kullanılmaktadır. Son yapılan analizler, anti-mikrobik maddelerle işlem gören tekstil ürünlerinin (giysiler ve iç giyim) miktarının artmakta olduğunu göstermektedir.

Kullanılan ürünler, biyositlerdir ve bunlar hakkında bilgi Bölüm 8.8.2'de verilmektedir.

2.9.2.8 Keçeleşmezlik işlemleri

Keçeleşmezlik işlemi, tekstil materyaline keçeleşmezlik özellikleri kazandırmak amacıyla yapılmaktadır. Bu işlem, mamullerin çamaşır makinesinde birçok kereler yıkanması durumunda bile çekmelerini önlemektedir.

Birbirlerini tamamlayıcı olarak da uygulanabilen iki işlem şunlardır :
- oksitleme işlemleri (çıkarma işlemleri)
- reçinelerle yapılan işlemler (katma işlemleri).

Bu işlemler, üretim işlemlerinin herhangi bir aşamasında ve tüm materyal formlarına uygulanabilmektedirler. En yaygın olarak, özel mamullerin (örneğin iç giysilerin) üretiminde kullanılan taranmış topslara uygulanmaktadırlar.

Oksitleme işlemleri

Oksitleme işleminde kullanılan özel kimyasal maddeler, kütikula pul tabakasına etki etmekte ve lifin dış yapısını kimyasal olarak değiştirmektedirler.

Bu işlem, geleneksel olarak aşağıda görülen klor açığa çıkaran maddelerden biriyle yapılmaktaydı :
- sodyumhipoklorit
- diklorizosiyanüratın sodyum tuzu
- aktif klor (artık kullanılmıyor).

En eski işlem, sodyumhipokloritin kullanıldığı işlemdir. Ancak bu yöntemde aktif klor oluşumunun kontrol edilmesi zordur, yün lifinin özellikleri ciddi bir şekilde değişmektedir ve düzgün olmayan sonuçlar elde edilmektedir. Diklorizosiyanürat daha avantajlıdır. Çünkü, peyder pey klor açığa çıkarma yeteneğine sahiptir ve böylece liflerin zarar görme riski azalmaktadır.

Diklorizosiyanürat ile yapılan işlem (BASF lisanslı Basolan işlemi), tekstil materyalinin, oksidan, sodyumsülfat ve yardımcı madde (yüzeyaktif madde) içeren 35 ºC'daki flotteyle emdirilmesini kapsamaktadır. 20'-30' sonra tekstil materyali durulanmakta, sonra % 2-3'lük sodyumbisülfit çözeltisiyle antiklorlama işlemi yapılmakta ve tekrar durulama yapılmaktadır.

Tüm bu klor esaslı maddeler, günümüzde kısıtlamalarla karşı karşıya kalmışlardır. Çünkü bunlar, yündeki bileşenler ve yabancı maddelerle (suda çözünebilen veya suda çözünür hale dönüştürülebilen maddelerle) reaksiyona girerek, absorbe olabilen organik klor bileşikleri (AOX) oluşturmaktadırlar.

Bu sebeple alternatif oksitleme yöntemleri geliştirilmiştir. Özellikle peroksisülfat, permanganat, enzimler ve corona boşalımları dikkati çekmektedirler. Fakat bugün için klor esaslı maddelere alternatif olarak rahatlıkla uygulanabilen tek madde peroksisülfattır.

Peroksisülfat bileşikleriyle yapılan işlem, klor işlemine oldukça benzemektedir. Fakat burada klor kullanımı söz konusu olmadığından kloraminler meydana gelmemektedir. Mal, oda sıcaklığındaki asidik banyoda oksidasyon maddesiyle aktif oksijen büyük oranda tüketilinceye kadar muamele edilmektedir.

Hem klor esaslı maddeler, hem de peroksisülfat ile yapılan işlemlerin sonunda, bazik pH'daki aynı banyoya anti-oksidan olarak sodyumsülfit eklenmektedir. Bu, bazik pH ortamında yün liflerinin sararmasını ve zarar görmesini önlemek için yapılan bir redüktif ard-işlemdir.

Mal müteakiben durulanmakta ve eğer gerekiyorsa bir polimer işlemi uygulanmaktadır (aşağıdaki reçinelerle işlemler kısmına bakınız).

Reçinelerle işlemler (katma işlemleri)

Katma işlemlerinde, liflerin yüzeyindeki pul tabakalarını bir filmle kaplamak amacıyla polimerler aplike edilmektedir. Fakat bu işlemlerin bir psoydo keçeleşmezlik işlemi olarak görülmesi gerekmektedir, zira bu işlemlerle azaltılan, malın keçeleşme eğilimi değil, sadece bunun etkisidir.

Polimerin yüne karşı yüksek bir substantiviteye sahip olması gerekmektedir. Bu işlem için en uygun maddeler, katyonik polimerlerdir. Zira, daha önce yapılan oksidatif ve redüktif ön terbiye işlemlerinden sonra yün liflerinin yüzeyi anyonik bir karakter kazanmaktadır.

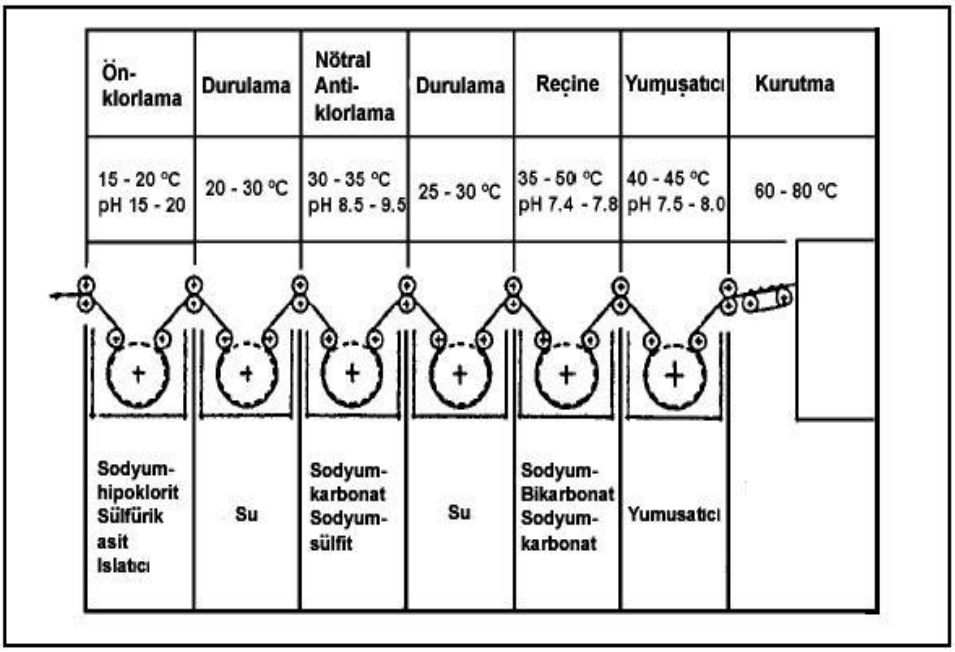
Bazı durumlarda polimer tek başına yeterince etkili olabilmekte ve bir ön işleme gerek kalmayabilmektedir. Fakat buna rağmen, en iyi teknik efektler, katma ve çıkarma işlemlerinin kombinasyonlarıyla sağlanmaktadırlar.

Kombine işlemler: Hercosett işlemi

En eski kombinasyon prosesi olan Hercosett prosesi (C.S.I.R.O tarafından geliştirilen), klor ön işleminin ardından poliamid-epiklorhidrin reçinesi aplikasyonu şeklinde yapılmaktadır.

Her ne kadar Hercosett işlemi hem kesintili, hem de kesintisiz şekilde uygulanabilirse de, günümüzde ikinci uygulama şekli daha ağır basmaktadır.

Kesintisiz işlem, aşağıda belirtilen adımları içermektedir (bkz. Şekil 2.27) :
1. asidik ortamda klor işlemi (klor gazı veya sodyumhipoklorit kullanarak)
2. aynı banyoda sülfit kullanarak klorun indirgenmesi
3. durulama
4. sodyumkarbonatla nötralizasyon
5. durulama
6. reçine aplikasyonu
7. yumuşatıcı aplikasyonu
8. kurutma ve polimerizasyon.



Şekil 2.27: Hercosett işleminin şematik gösterimi
[7, UBA, 1994]

Hercosett işlemi, düşük maliyeti ve yüksek kalite efektleri sebebiyle, farklı formlardaki (açık elyaf, taranmış tops, iplik, örgü ve dokuma kumaş) yünlülerin keçeleşmezlik işlemleri için yıllardır yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Buna karşın, bunların atık suları yüksek KOİ ve AOX konsantrasyonları göstermektedir. AOX oluşumu, sadece oksidandan değil, aynı zamanda reçineden de kaynaklanmaktadır. Aslında Hercosett işleminde aplike edilen klasik reçine, katyonik bir poliamiddir. Bunun elde edilmesi için kullanılan epiklorhidrin ise, atık sulardaki klorlanmış hidrokarbonların oluşumuna neden olan kaynaklardan biridir.

Polieterler, katyonik aminopolisiloksanlar, poliüretanlar ve polidimetilsiloksanların sinerjetik karışımları gibi alternatif reçineler de geliştirilmişlerdir. Fakat bunların hepsinin uygulanabilirliklerinde bazı sınırlamalar söz konusudur.

Yeni işlemler de geliştirilmiştir. Fakat herhangi bir alternatif işlemle, Hercosett işlemiyle elde edilen sonuçlara eşdeğer sonuçlar elde edilememektedir. Bu yüzden de bu işlem, özellikle taranmış topsların keçeleşmezlik bitim işlemi gibi işlemlerde, halâ tercih edilen işlemdir.

2.9.3 Çevresel sorunlar

Tekstil bitim işlemleri arasında oluşturulan emisyonlar açısından daha önemli olanlar kimyasal işlemlerdir. Boyamalarda olduğu gibi, emisyonlar, kesintisiz ve kesintili işlemlerde oldukça önemli farklılıklar göstermektedirler. Bu sebeple bitim işlemleriyle ilgili temel çevresel sorunların tartışılmasında, bu farklılık göz önünde bulundurulacaktır. Keçeleşmezlik işlemleri, hem uygulanan teknikler, hem de emisyonlar açısından, kendine özgü bir bitim işlemi türüdür. Bu yüzden bu işlem ile ilgili çevresel sorunlar, Bölüm 2.9.2.8'de işlemin anlatımıyla birlikte tartışılmaktadır.

Kesintisiz bitim işlemleriyle ilgili çevresel sorunlar

Bazı istisnalar (örneğin, organik-fosfor esaslı güç tutuşurluk maddelerinin aplikasyonu) haricinde, kesintisiz bitim işlemleri, fiksajdan sonra yıkama işlemi gerektirmemektedirler. Bu da, olası su kirliliği emisyonlarının, sistem kayıplarından ve ekipmanın temizlenmesi

için kullanılan sudan ibaret olduğu anlamına gelmektedir. Konvensiyonel bir fulardda, her partinin sonundaki potansiyel sistem kayıpları şunlardır :

- şasideki artık flotte
- borulardaki artık flotte
- bitim işlemi formülasyonundaki kimyasal maddelerin şasiye beslendiği tanktaki artıklar.

Normalde bu kayıplar, tüketilen toplam flotte miktarının % 1-5'i kadardır ve bu pahalı yardımcı maddelerin dökülmesi terbiyecilerin de işine gelmemektedir. Ancak, bazı durumlarda küçük fason terbiyecilerde kayıpların % 35 veya 50'nin bile üzerine çıktığı da görülebilmektedir. Bu kayıpların miktarı, aplikasyon sistemine (örneğin fulardın şasisinin büyüklüğüne) ve parti büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Bu açıdan püskürtme, köpükle aplikasyon ve aktarma gibi aplikasyon tekniklerindeki (sistemdeki daha derişik artıklar nedeniyle, daha düşük ölçüde) sistem kayıpları, hacimce (her ne kadar aktif madde açısından daha derişik olsalar da) daha düşüktür.

Aplike edilen yardımcı maddeler yeterli stabiliteye sahipseler, konsantre flotte artıkları tekrar kullanılmaktadırlar. Aksi taktirde atık yakma ünitelerine gönderilecek atık olarak ayrılmaktadırlar. Ancak birçok durumda bu flotteler kanala akıtılarak diğer atıklarla karıştırılmaktadırlar.

Bir tekstil işletmesinde açığa çıkan atık su miktarıyla karşılaştırıldıklarında, bunların hacim olarak miktarları, oldukça düşük olmakla beraber, bu suların, 10-200 g/l KOİ ve % 5-25 oranında aktif madde içerikleriyle, konsantrasyon seviyeleri çok yüksektir. Daha ziyade küçük partilerle üretim yapan fason terbiye işletmelerinde sistem kayıpları, toplam organik yükün önemli bir kısmını oluşturabilmektedir. Buna ilaveten, söz konusu maddelerin birçoğu biyolojik olarak zor parçalanmakta veya bazen de hiç parçalanmamaktadırlar ve bir kısmı da zehirlidirler (örneğin, biyositlerin KOİ'leri düşüktür, fakat yüksek derecede toksiktirler).

Atık suda bulunabilen zararlı maddelerin miktarı, uygulanan bitim işleminin cinsine bağlı olarak değişmektedir. En yaygın bitim işlemi maddelerinin kullanımına ilişkin tipik zararlı maddeler ve çevresel sorunlar, Bölüm 8.8'de tartışılmaktadır. Özellikle aşağıdaki maddelerin açığa çıkması, çevre açısından önemli sorunlara sebebiyet vermektedir :

- çapraz bağ oluşturmamış haldeki etilen-üre ve melamin türevleri (buruşmazlık işleminde kullanılan çapraz bağlayıcılar)
- organik-fosfor ve polibrom organik bileşikleri (güç tutuşurluk maddeleri)
- polisiloksanlar ve türevleri (yumuşatıcılar)
- alkilfosfatlar ve alkileterfosfatlar (antistatik madddeler)
- florlu kimyasal maddeler (su ve yağ-itici maddeler)

Kurutma ve fiksaj işlemleri sırasında, aktif maddelerin kendilerinin olduğu kadar bileşenlerinin de (örneğin, monomerler, oligomerler, safsızlıklar ve parçalanma yan ürünlerinin) uçuculukları nedeniyle hava emisyonları oluşmaktadır. Bundan başka hava emisyonları (bazen koku da çıkararaktan), daha önceki işlemler dolayısıyla kumaşta kalan artıklardan da kaynaklanmaktadırlar (örneğin, klorlanmış carrierlar veya perkloretilenle işleme tabi tutulmuş tekstillerin termal işlemleri sırasında poliklorlanmış dioksinler/furanlar oluşabilmektedir).

Emisyon yükleri, kurutma veya fiksaj sıcaklığına, apre banyosundaki uçucu maddelerin miktarına, liflerin cinsine ve formülasyondaki potansiyel reaktiflere bağlıdır. Zararlı maddelerin yelpazesi geniş bir alana yayılmakta olup, formülasyondaki mevcut aktif maddelere ve yine fiksaj ve kurutma parametrelerine göre değişmektedir. Ancak birçok durumda, bitim işlemi reçetelerindeki tek tek bileşenlerden kaynaklanan emisyonlar, birbirleriyle toplanabilmektedirler. Sonuç olarak, atık havadaki organik emisyonların

toplam miktarı (toplam organik karbon ile kanserojen ve toksik maddeler gibi özellikle problemli bileşikler), üreticiler tarafından verilen bitim işlemi reçetelerindeki emisyon faktörleri sayesinde kolayca hesaplanabilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 4.3.2). Ancak tedarik edilen ürünler hakkında bilgilerin terbiyecilere üreticiler tarafından sağlandığı tam gelişmiş bir sistemin bulunduğu tek üye ülke Almanya'dır.

Hava emisyonlarıyla ilgili olarak göz önünde bulundurulması gereken bir başka önemli faktör de, direkt ısıtmalı (metan, propan, bütan ile) ramözlerin kendilerinin birtakım emisyonlara (yanmayan organik bileşikler, CO, NO_x, formaldehit, vs. gibi) neden olabilmeleridir. Örneğin, bazı durumlarda ramözdeki yetersiz gaz yanmasından dolayı 300 g/sa'e (2-60 mg/m^3'e) kadar çıkabilen miktarlarda formaldehit içeren emisyonlar gözlenmiştir [179, UBA, 2001]. Bu nedenle, ramözlerdeki bekler çok iyi ayarlanmadığı ve yüksek miktarda formaldehit emisyonlarına neden olduğu takdirde, formaldehit içermeyen reçetelerin kullanımıyla hava emisyonları bakımından elde edilen çevresel yararın, tamamen kaybolacağı açıktır.

Yaygın olarak kullanılan bitim işlemleri maddelerindeki aktif maddeler ve bunlarla ilgili hava emisyonları, Bölüm 8.8'de tartışılmaktadır. Ayrıca, genel olarak ısıl işlemlerden kaynaklanan atık havada bulunabilen zararlı maddelerin daha kapsamlı bir listesi, Bölüm 12'de verilmektedir.

Kesintili işlemlerle ilgili çevresel sorunlar

Fonksiyonel maddelerin bitim işlemi maddelerinin kesintili proseslerle uzun flotte oranlarında aplikasyonu, daha ziyade ipliklerin bitim işlemlerinde ve özellikle yün halı iplik sanayiinde uygulanmaktadır. Genel olarak fonksiyonel maddelerin, boya banyolarında veya boyama sonrası durulama banyolarında uygulanmasından dolayı bu işlemler boyamalarda kullanılanlara ek bir su tüketimi gerektirmemektedirler. Kesintili boyama işlemlerinde de olduğu gibi flotteden liflere gerçekleşen aktif madde transferinin etkinliği, sulu emisyonlardaki emisyon seviyelerini etkileyen anahtar faktördür. Etki, flotte oranına ve pH, sıcaklık ve emülsiyonun cinsi (mikro veya makro emülsiyon) gibi birçok parametreye bağlıdır. Etkinliğin maksimizasyonu, özellikle güve-yemezlik işlemlerinde biyositler aplike edildiğinde önemlidir. Güve-yemezlik işleminde kullanılan maddeler suda çözünmediklerinden, bunlar emülsiyon şeklinde aplike edilmektedirler. Emülsifiye olabilme derecesi ve pH, güve-yemezlik işlem maddelerinin aplikasyonunda çok önemlidir (örneğin, aktif madde, mikro-emülsiyon şeklinde ve asidik pH'ta aplike edildiğinde, işlem verimi daha yüksek olmaktadır). Buradan bitim işlemi maddelerinin, banyo hacmine (g/l) göre değil, lifin ağırlığı esas alınarak dozajlandığına dikkat edilmelidir.

Atık sularda karşılaşılabilinen zararlı maddeler, aplike edilen bitim işlemi maddelerine göre değişim göstermektedirler. Bölüm 8.8'de daha detaylı bilgi verilmektedir. Temel olarak belirtilmeye değer konular, güve-yemezlik maddelerinin aplikasyonu (biyositlerin emisyonları) ile yumuşatıcıların (biyolojik olarak parçalanabilirlikeri zayıf olan maddelerin emisyonları) lifler tarafından düşük oranda çekilip alınma özellikleridir.

2.10 Kaplama ve laminasyon

2.10.1 Kaplama ve laminasyon işlemleri

Genellikle kaplanmış ve lamine edilmiş tekstiller, tipik olarak bir dokuma, örme veya non-woven kumaş olan bir tekstil materyali ile doğal veya sentetik polimer maddelerin ince ve esnek bir filminin kombinasyonundan oluşmaktadırlar.

Kaplama bir kumaş çoğunlukla, üstüne polimerin viskoz bir sıvı olarak doğrudan aplike edildiği bir tekstil materyalinden oluşmaktadır. Aplikasyon sırasında filmin kalınlığı rakle bıçağı veya benzer bir aletle kontrol edilmektedir.

Lamine edilmiş bir kumaş, genellikle bir veya daha fazla tekstil materyalinin yapışkanlar veya ısı ve basınç etkisiyle hazır polimer bir filmle veya membranla birleştirilmesi şeklinde oluşmaktadır.

Kumaşların kaplama/laminasyon işlemlerinde kullanılan temel teknikler, aşağıda belirtilen koşulları gerektirmektedir :

- kaplama veya laminasyon işlemi yapılacak kumaş enine açık vaziyette sargı halinde bulunmalıdır
- kumaş, kaplama veya laminasyon işleminin ısıl bölgesine kontrollü gerilim altında beslenmelidir
- kaplama maddelerinin aplikasyonundan sonra kumaş, soğutma ve silindire sarma işleminden önce kaplama ve laminasyonu fikse etmek ve uçucu çözgenleri uzaklaştırmak için bir fırından geçirilmektedir.

Tekstil sanayiinde süngerlerin alevle laminasyonu yaygın olarak uygulanan bir tekniktir: önceden hazırlanmış ince termoplastik bir süner tabakası, laminasyon silindirlerinden önce geniş bir alev bekinin önünden geçer. Bu işlemde kurutma veya fiksaj fırınına gerek yoktur. Bu işlem sırasında açığa çıkan hava emisyonları, yüksek oranda tahriş edicidir ve hassas insanlarda alerjik reaksiyonları tetikleyebilmektedir.

Kullanılan tipik kaplama bileşikleri ve yardımcı maddeleri, Bölüm 8.9'da anlatılmaktadır.

2.10.2 Çevresel sorunlar

Kaplama/laminasyon işlemlerindeki temel çevre sorunları, kaplama bileşiklerinin formülasyonlarındaki çözgenler, katkı maddeleri ve yan ürünlerden kaynaklanan hava emisyonlarıyla ilgilidirler. Bu nedenle, piyasada bulunan çeşitli klasik ürünler arasında bir fark gözetmelidir (aşağıdaki bilgi [179, UBA, 2001] yayınından alınmıştır).

Kaplama tozları

Poliamid 6 ve kopolimerleri dışında (epsilon-kaprolaktam monomeri kalıntıları standart işlem sıcaklıklarında açığa çıkmaktadır) kalan, kaplama tozlarının emisyon potansiyeli, bir çok durumda önemsizdir. Bazı durumlarda emisyonlarda yumuşatıcılar (çoğunlukla ftalatlar) bulunabilmektedir.

Kaplama pastaları

Kaplama pastalarından gelen emisyonlar, genellikle katkı maddelerinden kaynaklanmaktadır (yukarıda belirtilen PA 6 dışında). Bunlar genel olarak:

- yüzeyaktif maddelerden gelen yağ aminleri, yağ alkolleri, yağ asitleri
- emülgatörlerden gelen glikoller
- dispergatörlerden gelen alkilfenoller
- hidrotrop maddelerinden gelen glikol, alifatik hidrokarbonlar, N-metilpirolidon
- köpük oluşturucu maddelerden gelen alifatik hidrokarbonlar, yağ asitleri/tuzları, amonyak
- ftalatlar, sülfonamidler/esterler örneğin yumuşatıcılar/plastikleştiriciler
- kıvamlaştırıcılardan gelen akril asit, akrilatlar, amonyak, alifatik hidrokarbonlar

Polimer dispersiyonları (sulu formülasyonlar)

Polimer dispersiyonlarının emisyon potansiyelleri, kaplama pastalarının emisyonlarıyla karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Hava emisyonlarına sebep olan bileşenler, dispergatörler, polimerizasyondan gelen bileşik artıkları (özellikle radikal mekanizmasına göre polimerizasyon reaksiyonlarında katalizör olarak kullanılan t-bütanol) ve polimerizasyonlar sırasında tam olarak oluşmayan reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan monomerlerdir. Bunların sonuncusu, özellikle çalışma ortamı atmosferi ve rahatsız edici kokularla ilgilidir. Bunlar aşağıdaki bileşikleri kapsamaktadır :

- akrilik asit, bütilakrilat, etilakrilat, metilakrilat, etilhekzilakrilat, vs. gibi akrilatlar ve vinilasetat
- akrilonitril, vinilklorür, akrilamid, 1,3-bütadien ve vinilçiklohekzen, vs. gibi kanserojen monomerler.

Her ne kadar 1,3-butadien kullanıldığında her zaman vinilçiklohekzen (2+2 çiklo adisyon ürünü) oluşmaktaysa da, genelde atık havada çok sıkça bulunmamaktadır.

Atık havadaki akrilamidin, genelde formaldehit emisyonlarıyla (metilolakrilamidin reaksiyon ürünleri) bağlantısı bulunmamaktadır.

Melamin reçineleri

Melamin reçineleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Melamin reçineleri, melamin ve formaldehidin reaksiyonu ve daha sonra genellikle sulu ortamda metanol ile oluşan eterleşme reaksiyonuyla elde edilmektedirler. Ürünler, önemli derecede serbest formaldehit ve metanol içerebilmektedirler. Bu ürünlerin aplikasyonu sırasında, reçinenin kendi arasındaki veya kumaşla (örneğin, pamukla) olan çapraz bağ reaksiyonları, asidik katalizörün ve/veya sıcaklığın etkisiyle başlamakta ve stokiyometrik miktarlarda metanol ve formaldehit açığa çıkmaktadır.

Polimer dispersiyonları (organik çözgen esaslı formülasyonlar)

Çözgenli kaplama metodu, tekstil terbiye sanayiinde çok yaygın değildir. Bu teknik uygulandığında, normal olarak termal yakma veya aktif karbon adsorbsiyonu esasına dayanan atık hava temizleme ekipmanları kurulmaktadır.

2.11 Halıların sırt kaplanması

Sırt kaplama işlemi, tekstil esaslı zemin döşemelerinin stabilitesini geliştirmek için uygulanan önemli bir üretim adımıdır. Ayrıca sırt kaplamaları, ses-geçirmezlik, yürüme sırasında elastisite ve ısı yalıtımı, vs. gibi özelliklerde de olumlu bir etkiye sahip olabilmektedirler.

Kaplama türleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilmektedirler:

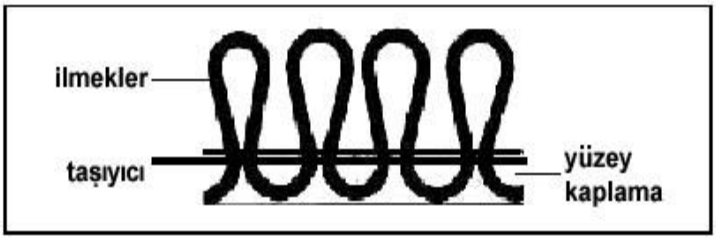
- ön-kaplama
- köpük kaplama
- sırt laminasyonu
- ağır kaplama
- sabitleştirme
- bitim işlemi.

Ön-kaplama

Tafting halılarda yaygın bir uygulama, iğnelenen hav ipliklerinin taşıyıcı tabakaya iyi bir şekilde tespit edilmesi için, tafting yapıldıktan sonra bir ön-kaplama işleminin

uygulanmasıdır (Şekil 2.28). Kullanılan ön-kaplama materyali, aşağıdaki maddelerden oluşmaktadır :

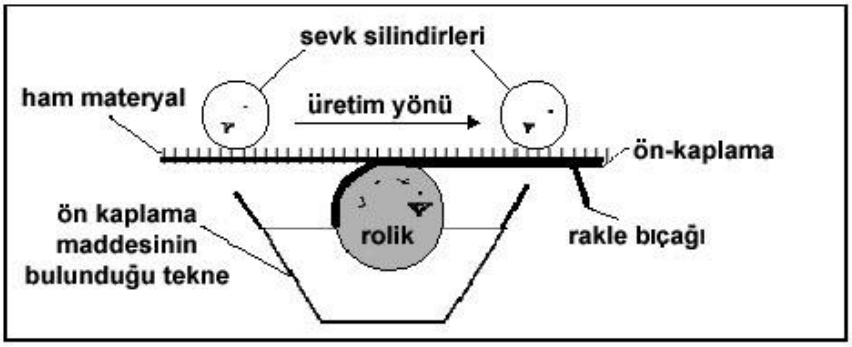
- stiren, bütadien ve karbonik asitten üretilen bir kopolimer olan x-SBR lateks dispersiyonu
- dolgu maddeleri
- su
- katkı maddeleri (örneğin, kıvamlaştırıcılar, köpük kesici, köpük stabilizatörleri, vs.)



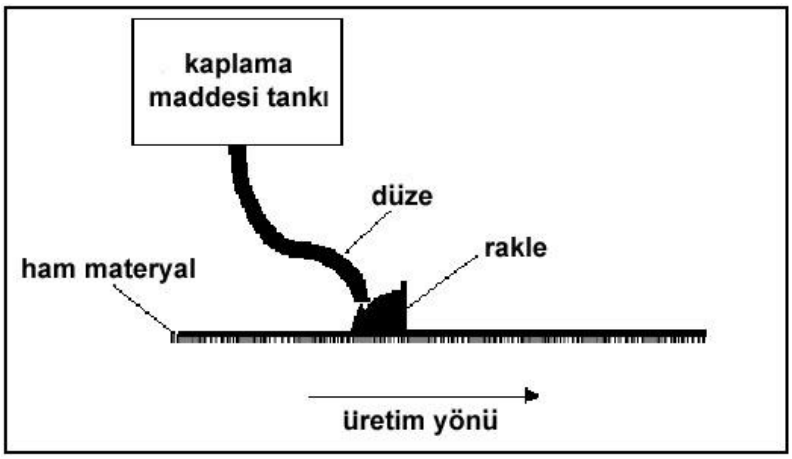
Şekil 2.28 : Ön-kaplama yapılmış tafting halı
[63, GuT/ECA, 2000]

Yüzey kaplama şu yöntemlerle uygulanabilmektedir :

- aktarma yöntemiyle yapılan köpüksüz aplikasyon (Şekil 2.29)
- rakle bıçağı tekniği kullanılarak yapılan köpüklü aplikasyon (Şekil 2.30)



Şekil 2.29 : Aktarma yöntemiyle ön-kaplama aplikasyonu
[63, GuT/ECA, 2000]

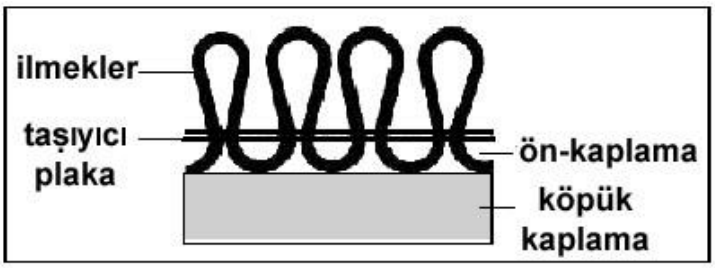


Şekil 2.30 : Rakle bıçağı yardımıyla ön-kaplama aplikasyonu
[63, GuT/ECA, 2000]

Sonraki kurutma adımı sırasında, hidrojen köprülerinin oluşumu sayesinde, polimer zincirleri üç boyutlu bir ağ şeklinde yerleşim göstermekte ve elastiki bir plastik tabaka oluşmaktadır.

SBR köpük kaplama işlemi

Köpük kaplama metodları, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, ön-kaplama yapılmış halıya bir köpük tabakasının aplikasyonundan oluşmaktadır.



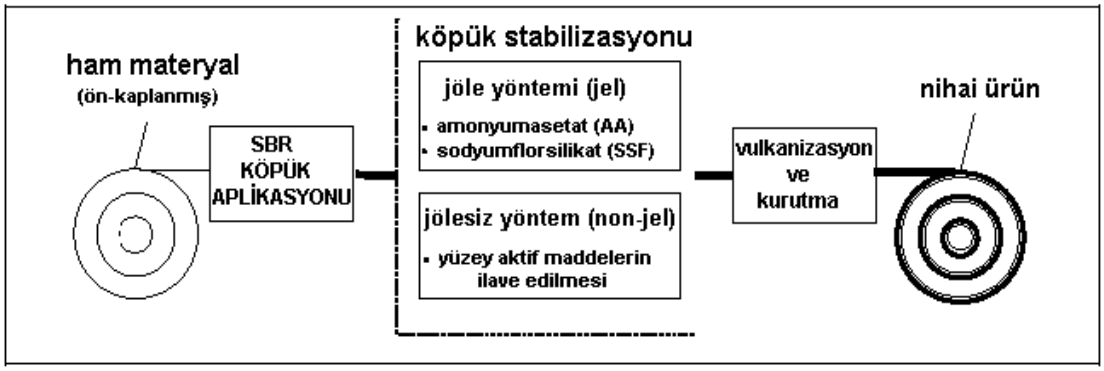
Şekil 2.31: Köpük kaplama işlemi yapılan tafting halı

Köpük kaplama işlemi iki adımda uygulanmaktadır: köpüğün aplikasyonu ve köpüğün kurutma işlemiyle katılaştırılması. Havayla köpük hazırlanmakta ve ardından ön-kaplama yapılmış halının üzerine rakle yardımıyla aplike edilmektedir.

SBR köpüğü, vulkanizasyon fırınında katılaşıncaya kadar stabilize edilmelidir. Stabilizasyon için iki metot kullanılmaktadır :

- yüzeyaktif maddelerin köpük stabilizatörü olarak kullanıldığı jölesiz yöntem
- jöleleştirme maddeleri olarak, amonyumasetat (AA jöle sistemi) veya silisyumflorürün (SF jöle sistemi) kullanıldığı jöle yöntemi.

İşlemin kapsamı Şekil 2.32'de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.32 : SBR köpük kaplama işleminin gösterimi
[63, GuT/ECA, 2000]

Köpük aşağıdaki maddelerden oluşmaktadır :

- SBR'in kolloid dispersiyonu
- bir takım aktif katkı maddeleri içeren pasta
- aktif olmayan dolgu maddeleri (çoğunlukla hazır pastaya eklenen kireç taşı)
- su
- kıvamlaştırıcılar (örneğin, polivinilalkol, metilselüloz, poliakrilatlar)
- renklendiriciler ve pigmentler
- anti-oksidanlar ve ozon stabilizatörleri.

Bu kaplama metodunun çevresel etkilerinden, pastada bulunan bazı aktif bileşenler sorumludurlar. Emisyon kaynaklarını daha iyi teşhis etmek için, bu maddeler, aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadırlar :

Polimerizasyon katkı maddeleri :

	Açıklamalar
- Köpük stabilizatörleri	
- Çapraz bağlayıcılar	Çoğunlukla kükürt, fakat peroksitler de kullanılmaktadır
- Vulkanizasyon hızlandırıcılar	- Merkaptobenzotiazoller (örneğin, çinko-merkaptobenzotiazol) - Çinko-dietilditiyokarbamat, çinko-dibenzilditiokarbamat veya çinko-dibütilditiyokarbamat (en çok kullanılanı budur) gibi ditiyokarbamatlar
- Aktivatörler	Çoğunlukla ZnO ve stearik asit kombinasyonu (bir kaynak, jölesiz ve bazı SF aplikasyonlarında ZnO'in gerekli olmadığını belirtmektedir [281, Belgium, 2002])

İşlemde kullanılan katkı maddeleri :

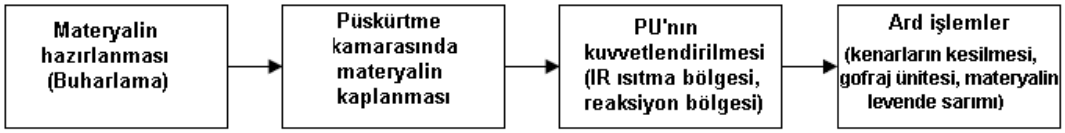
	Açıklamalar
- Köpük maddeleri ve stabilizatörler	Yüzeyaktif maddeler
- Jöleleştirme maddeleri	Örneğin, amonyumasetat (AA jöle sistemi) veya silisyumflorür (SF jöle sistemi)
- Köpük yüzeyini ve su-iticilik özelliklerini geliştirmek için kullanılan hidrofob maddeler	Parafin dispersiyonları ve silikon emülsiyonları
- Metal iyonlarını tutmak için kompleks oluşturucu maddeler (bunlar köpük tabakasının yaşlanmasında katalizör olarak hareket ederler)	Örneğin, EDTA, DTPA, polifosfatlar
- Anti-oksidanlar	
- Kıvamlaştırıcılar	Poliakrilat ve selüloz (örneğin, CMC) esaslı organik polimerler

Fonksiyonel katkı maddeleri :

- UV stabilizatörleri
- antistatik maddeler
- güç tutuşurluk maddeleri (örneğin, Al_2O_3)

PU köpüğü ile kaplama

Poliüretan, köpük kaplamada kullanılan başka bir yöntemdir. Bunun için en yaygın olarak kullanılan yöntem ise, ICI poliüretan kaplama yöntemidir. Halı buharlama işlemiyle hazırlanmakta ve ardından poliüretan bileşenlerinin (diizosiyanat ve alkol) püskürtüldüğü kamaraya girmektedir. Kimyasal reaksiyon sırasında oluşan CO_2, köpüğün içinde kalmaktadır. Kaplama, IR (kızıl ötesi) ısıtma bölgesinde ve sonraki bir reaksiyon kısmında kuvvetlendirilmektedir. Aşağıdaki şekilde, bu yöntem şematik olarak gösterilmektedir.

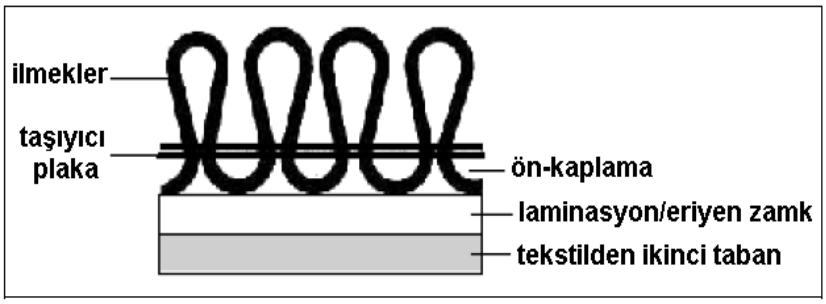


Şekil 2.33 : PU köpüğü ile kaplama [63, GuT/ECA, 2000]

Sırt laminasyonu

Sırt laminasyonu işlemi, ön-kaplanmış halıya bir tekstil kumaşının aplikasyonu şeklinde yapılmaktadır. Halı ve tekstil kumaşı arasındaki bağlantı, şu tabakalardan birinin aplikasyonuyla elde edilmektedir :

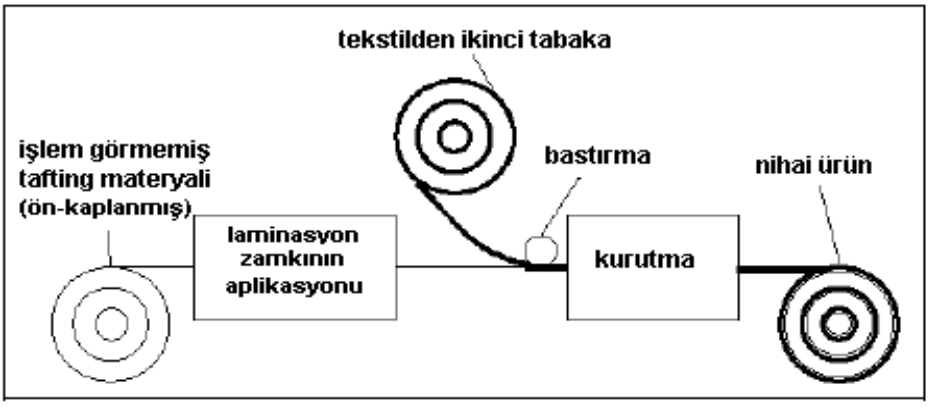
- laminasyon zamkı
- eriyen zamk.



Şekil 2.34 : Sırt laminasyonu
[63, GuT/ECA, 2000]

Laminasyon zamkı

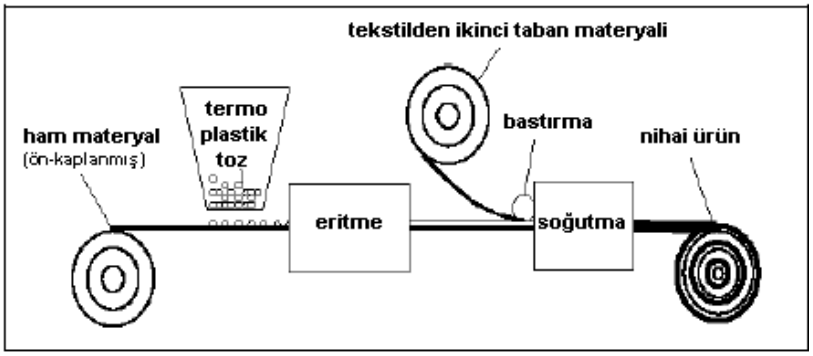
Bu işlemde x-SBR lateksi, halıya aktarma yoluyla aplike edilmektedir. Tekstil kumaşının aplikasyonundan sonra, lateksin son kuvvetlendirilme işlemi, ısıl işlem yoluyla yapılmaktadır (Şekil 2.35). Lateksin kompozisyonu, ön-kaplamada kullanılanınkine benzemektedir. Ancak, bu işlemde daha yüksek adhezyon kuvveti elde etmek için, daha yüksek oranda polimer dispersiyonu kullanılmaktadır.



Şekil 2.35 : Laminasyon zamkı ile sırt laminasyonu işlemi
[63, GuT/ECA, 2000]

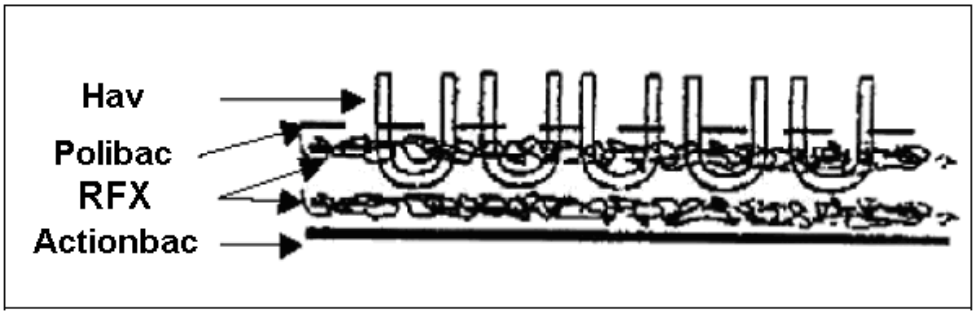
Eriyen zamk

Bu sistemde, ısıtılınca eriyebilen termoplastik polimerler (çoğunlukla polietilen) kullanılmaktadır. Toz laminasyonunda (ve özellikle toz serpme laminasyonunda) polietilen tozu, halının arka yüzüne eşit bir şekilde serpilmektedir. Daha sonra polimer, bir IR (kızıl ötesi) bölgesinde eritilmektedir. Sonraki işlem adımında da erimiş zamka kumaş (ikinci taban) bastırılmaktadır. Son olarak uygulanan soğutma sırasında katılaşan zamk, böylece tekstil kumaşı ikinci taban ile halının alt yüzeyinin birbirlerine kalıcı bir şekilde bağlanmasını sağlamış olmaktadır. İşlem, Şekil 2.36'da gösterilmektedir.



Şekil 2.36 : İkinci tabanın toz laminasyon (eriyen zamk) yöntemi kaplanması işlemi
[63, GuT/ECA, 2000]

Eriyen zamk ile yapılan başka bir zemin kaplama işlemi de, AdBac yöntemi olarak adlandırılan işlemdir. Bu işlemde, halı düşük erime noktasına sahip katkı maddeleri içeren bir kumaşa (taşıyıcı tabaka) sahip olacak şekilde konstrükte edilmektedir. Sonraki adımda ikincil kumaş (bu da düşük erime noktasına sahiptir), ısıl bölgeye girmeden önce halının arka yüzüyle temas haline getirilmektedir. Yüksek sıcaklık, ısıl bölgenin çıkışındaki silindirlerin birbirine bastırdığı bu kumaşları eritmektedir. Halı daha sonra soğutulmaktadır. AdBac yöntemiyle üretilmiş bir halının tasarımı Şekil 2.37'de görülmektedir.



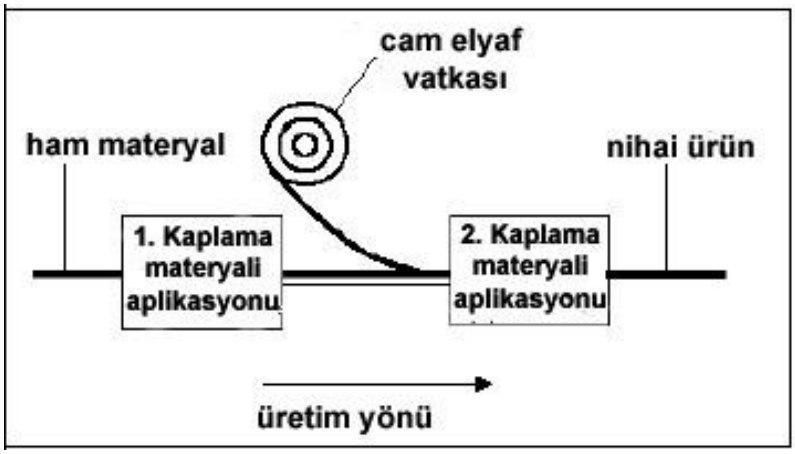
Şekil 2.37 : AdBac yöntemiyle üretilmiş halı
[63, GuT/ECA, 2000]

Ağır kaplama işlemi

Ağır kaplama işlemi, genel olarak zemine yapıştırma gerekmeden döşenebilen (SL) karoların kaplanmasında kullanılmaktadır. Kaplama işlemi, kaplama maddesinin aktarma veya rakle vasıtasıyla aplikasyonu ve ardından kuvvetlendirilmesi adımlarını kapsamaktadır. Birçok durumda kaplama maddesi, tabakalar arasına uygulanmaktadır (çift katlı kaplama tekniği). Ön kaplama tabakası olarak da görev yapan ilk tabakadan sonra, bir cam elyaf vatkası eklenebilmektedir. Sonra da ikinci kaplamanın aplikasyonu yapılmaktadır. İkinci kaplama işleminde aşağıdaki maddeler kullanılmaktadırlar:

- APO (ataktik poliolefinin kısaltılmış ifadesi)
- bitumen (inorganik ve organik katkı maddeleriyle zenginleştirilmiş)
- PVC (polivinilklorür)
- EVA (etilenvinilasetat).

İşlemin prensibi Şekil 2.38'de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.38: Ağır kaplama işleminin gösterimi

2.12 Yıkama

2.12.1 Suyla yıkama

Yıkamada önemli faktörler:
- suyun özellikleri
- sabunların ve deterjanların seçimi
- hidromekaniksel hareket
- sıcaklık ve pH
- durulama adımıdır.

Yıkama normalde, ıslatıcı maddeler ve deterjan eşliğinde sıcak suda (40-100 ºC) yapılmaktadır. Deterjan, madeni yağları emülsifiye, çözünmemiş pigmentleri de disperse etmektedir. Yüzeyaktif maddelerin seçimi lif tipine bağlı olarak değişebilmektedir. Genelde anyonik ve non-iyonik yüzeyaktif madde karışımları kullanılmaktadır. Yüzeyaktif maddelerin seçiminde önemli bir faktör bunların kuvvetli alkali ortamdaki etkinlikleridir.

Emülsifiye olmuş artıkların uzaklaştırılması için yıkama daima son bir durulama adımı gerektirmektedir.

Kumaş yıkama, halat veya enine açık şekilde ve her iki durumda da kesintili veya kesintisiz olarak yapılmaktadır. En çok kullanılan teknik, kontinü açık en yıkamalardır.

2.12.2 Kuru temizleme

Özellikle hassas kumaşlar için bazen endüstriyel ölçekli çözgenle yıkama gerekmektedir. Bu durumda, yabancı maddeler çözgenle (genellikle perkloretilen ile) uzaklaştırılmaktadır. Aynı adımda yumuşatma işlemi de uygulanabilmektedir. Bu durumda çözgene, su ve yüzeyaktif madde esaslı kimyasallar ilave edilmektedir.

Çözgenle yıkama, açık ende kesintisiz olarak (dokuma ve örme kumaşlar için) veya kesintili olarak ipliklerde veya kumaşlarda halat halinde (genelde örgü mallar için) uygulanabilmektedir.

Çözgenle yıkama tesisleri entegre bir çözgen işleme ve bir sonraki yıkama prosesinde tekrar kullanmak için çözgenlerin destilasyonla saflaştırıldığı geri kazanım sistemlerine sahiptirler. Destilasyondan arta kalan çamur, yüksek konsantrasyonda çözgen içermesi durumunda, tehlikeli atık olarak uzaklaştırılmalıdır.

Destilasyondan sonra çözgen tekrar kullanılmadan önce mutlaka soğutulmalıdır ve buda yüksek miktarda soğutma suyu gerektirmektedir. Bu su hiçbir şekilde çözgenle kirlenmemektedir ve dolayısıyla tekrar kullanılabilmektedir. Hem çözgen, hem de suyla yıkama tesislerine sahip işletmelerde, soğutma donatımından gelen ılık su yıkama işlemlerinde kullanılabilmektedir, bu da su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Buna rağmen, çoğu durumda bu su tekrar kullanılmamakta ve diğer atık sularla birlikte boşaltılmaktadır.

Çözgenin kumaştan uzaklaştırılması için hem kapalı, hem de açık hava akımı devreleri kullanılabilmektedir.

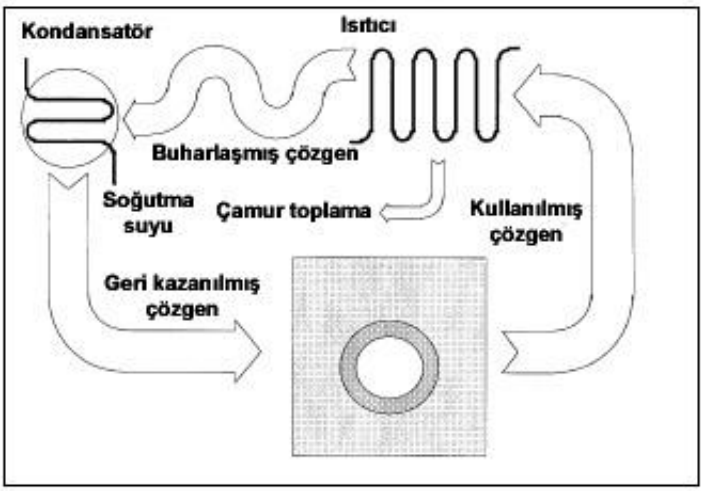
Açık devreli makinelerde, yıkama işlemi bittiğinde, dış ortamdan büyük miktarlarda hava alınarak buhar ısı eşanjörleriyle ısıtıldıktan sonra makineye verilmekte ve böylece organik çözgenin buharlaşması sağlanmaktadır. Bu işleme, çözgenin temiz kumaştan tamamen uzaklaştırılmasına kadar devam edilmektedir. Çözgence zengin hava daha sonra merkezi aktif kömür filtre sistemine gönderilmektedir. Filtrelerin optimal temizleme performansı sağlamaları için, düzenli olarak rejenere edilmeleri gerekmektedir. En modern filtreler, atmosfere 3-4 mg/m³'ün altında deşarjlar yapılabilmesini sağlamaktadır.

Kapalı devre makinelerde, kurutma işleminin gerçekleştirilmesi için kullanılan hava, filtreleme ve atmosfere deşarj yerine, dahilen işlenmektedir. Bu işlem, çözgenin bir soğutucu yardımıyla yoğuşturularak geri kazanılmasından oluşmaktadır. Çözgen havadan uzaklaştırılıp geri kazanıldıktan sonra, çözgence fakirleşmiş hava ısı eşanjörleriyle ısıtılmakta ve sonra yeniden makinenin içine gönderilmektedir. Geri kazanılan çözgen merkezi bir sisteme gönderilmekte ve burada destile edilip saflaştırılmaktadır. Kapalı devre makinelerde aktif karbon filtresine gerek yoktur.

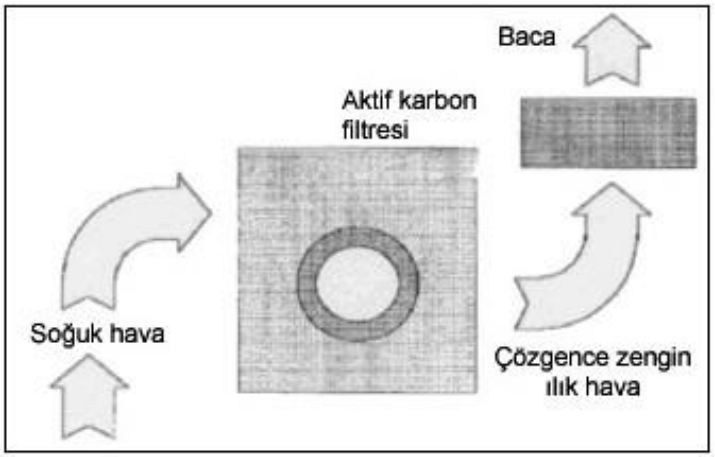
Açık devreli makinelerde yıkama işlemleri sırasında yukarıda bahsedilen hava emisyonlarından başka mümkün olan diğer, emisyonlar makine kayıplarından (hava ve su sızdırmaz makineler kullanarak azaltılabilmekte veya elimine edilebilmektedir) ve kuru kumaşta kalan ve son anda da atmosfere bırakılan çözgenden kaynaklanabilmektedir. En modern makineler, çözgen konsantrasyonu ulusal yönetmeliklerde belirtilen değerden daha büyük olduğunda makine kapağının açılmasının mümkün olmadığı entegre kontrol sistemlerine sahiptirler.

Diğer potansiyel emisyon kaynakları, çözgen içeren atık çamurlar ve aktif karbon filtreleriyle açıklanmaktadır.

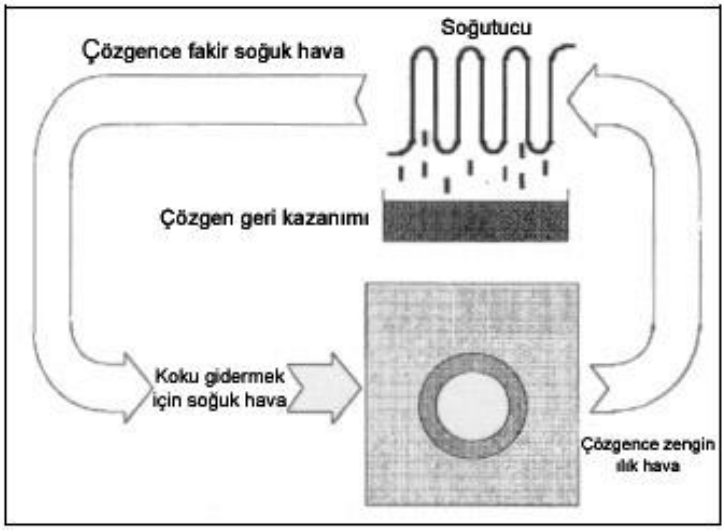
Şekil 2.39, Şekil 2.40 ve Şekil 2.41 kapalı devre ve açık devre çözgen yıkama makinelerinde ki çözgen ve hava çevrimlerini göstermektedirler (çözgen çevrimi daima kapalıdır).



Şekil 2.39: Çözgenle yıkama: çözgen devresinin gösterimi [66, CRIT, 1999]



Şekil 2.40: Çözgen yıkama: açık devreli bir yıkama makinesinde hava devresinin gösterimi, [318, Sperotto Rimar, 2002] tarafından revize edilmiş [66, CRIT, 1999]



Şekil 2.41: Çözgen yıkama: kapalı devre bir yıkama makinesinde hava devresinin gösterimi [318, Sperotto Rimar, 2002] tarafından revize edilmiş [66, CRIT, 1999]

2.13 Kurutma

Kurutma yaş işlemlerden sonra liflerdeki, ipliklerdeki ve kumaşlardaki su içeriğini elimine etmek veya azaltmak için gerekmektedir. Kurutma, özellikle suyun buharlaştırılmasında, yüksek bir enerji tüketim adımıdır (buna rağmen eğer tekrar kullanım/geri dönüşüm seçenekleri uyarlanabilirse genel tüketim azaltılabilmektedir).

Kurutma teknikleri mekaniksel veya ısısal olarak sınıflandırılabilmektedir. Mekaniksel işlemler genelde life mekaniki olarak bağlı olan suyun uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Bu takip eden adımın verimliliğinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Isısal işlemler suyun ısıtılmasını ve buhara çevrilmesini içermektedir. Isı şunlar vasıtasıyla transfer edilebilmektedir:

- konveksiyon
- infrared radyasyon
- doğrudan temas
- radyo-frekansıyla.

Genellikle, kurutma asla tek bir makinede uygulanmayıp, normal olarak kurutma en az iki farklı teknikle gerçekleştirilmektedir.

2.13.1 Açık elyaf kurutması

Elyaftaki su içeriği, buharlaştırma yoluyla kurutmadan önce, santrifujal uzaklaştırma veya merdaneler arasında sıkma yollarından biriyle azaltılmaktadır.

2.13.1.1 Santrifüjal uzaklaştırma

Tekstilde kullanılan santrifüjler (hidroekstraktörler) aslında bilinen ev tipi santrifüjlerin daha büyük versiyonlarıdır ve büyük tesislerde kesintisiz olarak çalışabilen makineler kullanılabilmekle birlikte, normalde kesintili olarak işlem yapmaktadırlar.

Konvansiyonel kesintili santrifüjler kullanıldığında, elyaf boyama makinesinden çıkan lifler, bunların santrifüje ceraskalla direkt yüklenmesini sağlayan özel dizayn edilmiş kumaş torbalara boşaltılmaktadırlar. 3-5 dakikalık bir santrifüjleme, bir kg kuru lifte kalan nem miktarını yaklaşık 1 litreye düşürmektedir (yün söz konusu olduğunda).

2.13.1.2 Sıkma

Boyanmış açık elyafın su içeriğini azaltmak için pnömatik basınçlı su kalandırları kullanılabilmektedir. Bu ekipman çoğu zaman, boyanmış elyaf paketini dağıtmak ve lifleri kesintisiz kurutucuya eşit bir şekilde beslemek için dizayn edilmiş bir elyaf açma ve besleme ünitesiyle birlikte bulunmaktadır. Sıkmanın etkinliği santrifüjlemeye nazaran istisnasız daha düşüktür.

2.13.1.3 Buharlaştırarak kurutma

Tüm sıcak havalı buhar kurutucuları temelde benzer bir yapıya sahip olup, içerisinden fanla sirküle edilmekte olan sıcak havanın geçtiği birkaç bölmeden oluşmaktadır. Ardarda gelen bölmeler farklı sıcaklıklarda ayarlanmaktadırlar ve lifler en sıcaktan başlayıp, giderek soğuyan bölmelere doğru hareket etmektedirler. Lifler bir hasır veya taşıma bandının üzerinde veya makine içindeki bir "seri emme tamburu"nun üzerinde taşınabilmektedirler. Elyaf tabakası içinden geçen hava basıncını eşit şekilde yayan perfore çelik taşıma bantlı yüksek verimli kurutuculardа geliştirilmişlerdir. Bunlar hem daha düzgün kurutma yapılmasını, hem de daha az ısı enerjisi tüketilmesini sağlamaktadırlar.

Kurutucuların çoğu buhar ısıtmalıyken, bir grup üreticide radyo frekans kurutucuları üretmektedirler. Elyaf, radyo frekansı alanı içinden perfore polipropilen bir band üzerinde taşınmakta ve hava akımı fan ile desteklenmektedir. Bu makinelerde, lifler öyle çok yüksek sıcaklıklara maruz kalmamakta ve kurutulmuş materyalin nem içeriği hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir.

Radyo frekansı kurutucularının, buhar ısıtmalı kurutuculara nazaran önemli derecede daha yüksek enerji etkinliği sağladıkları belirtilmektedir. Buna rağmen, daha genel bir analiz yapılarak, ısı enerjisi için tüketilen metan gazıyla, elektrik gücünün üretimi için gerekli olan birincil enerji karşılaştırıldıklarında, her zaman daha yüksek bir enerji etkinliği ortaya çıkmamaktadır. Radyo frekanslı kurutucular daha ziyade elektrik maliyetlerinin düşük olduğu yerlerde kullanılmaktadırlar.

2.13.2 Çile kurutma

2.13.2.1 Santrifüjal uzaklaştırma

Boyama makinesinden çıkıp süzülen çileler, (yün söz konusu olduğunda) 0,75 kg su/kg kuru lif' e kadar (veya lifin hidrofilitesine bağlı olarak daha yüksek) su içerebilmektedirler. Normal olarak buhar kurutmasından önce nem içeriği, yukarda açık elyaf için tanımlananla aynı ekipman kullanılarak, santrifüjal uzaklaştırmayla azaltılabilmektedir. Normalde çilelerin boyama makinesinden santrifüje doğrudan ceraskalla yüklenmesini kolaylaştırmak için çileler, yuvarlak el arabalarına yerleştirilmiş kumaş torbalara boşaltılmaktadırlar. Santrifüjleme nem içeriğini yaklaşık olarak 0,4 litre/kg kuru ağırlığa kadar düşürmektedir.

2.13.2.2 Buharlaştırarak kurutma

Buharlaştırma kurutucuları, fan destekli hava sirkülasyonuyla ısıtılan birkaç bölmeden oluşmakta ve çileler bu bölmelerin içinden askılara veya çubuklara asılı olarak veya taşıma bandı üzerinde taşınarak geçirilmektedirler.

Halı ipliği işleminde sözkonusu olan çile boyutları, düzgün bir nihai nem içeriğini temin etmek için, bunların, kurutucu içerisinden yavaş bir şekilde geçirilmelerini gerektirmektedir ve 4 saate kadar çıkan kurutma süreleri pek de nadir değildir. Sararmayı önlemek için, hava sıcaklığı 120 ºC'un altında tutulmaktadır (yün kaynama noktasının üzerindeki sıcaklıklarda sararmaktadır).

Tüm konstrüksiyonlar kesintisiz çalışmaya uygundurlar. Isıtma normalde buharlı ısı eşanjörleriyle sağlanmaktadır ve bir çok konstrüksiyonda ısı geri kazanımı için kurutucunun atık hava bacası üzerinde hava-hava ısı eşanjörleri bulunmaktadır.

Daha nadir olarak çileler bir nem giderme dolabı kullanılarak da kurutulabilmektedirler. Nem, klasik nem giderme ekipmanları yardımıyla yoğuşturularak geri kazanılmaktadır. Buharlaştırma kurutucularıyla karşılaştırıldıklarında, bunların kurutma süreleri daha uzundur, fakat enerji tüketimleri daha düşüktür.

2.13.3 Bobin kurutma

Boyanmış bobinlerin nem içeriği, önce satrifüjal uzaklaştırmayla azaltılmaktadır. Bunun için boyama teknelerinin ve bobin taşıyıcıların yapısıyla uyumlu bir şekilde özel olarak tasarlanmış santrifüjler kullanılmaktadırlar.

Eskiden bobinler fırında kurutulmaktaydı ve bobinlerin iç kısmında kalan ipliklerin yeterli derecede kurumasını sağlamak için, çok uzun kurutma süreleri gerekli olmaktaydı. Bugünlerde ise en çok kullanılan iki yöntem, basınçlı hava kurutması ve radyo frekans

kurutmasıdır. Bunlardan ikincisi bazen önüne yerleştirilen bir vakum emmesiyle kombine edilmektedir. Basınçlı hava kurutucuları genellikle 100 ºC sıcaklıktaki havayı bobinlerin içinden dışına doğru sirküle ederek çalıştırılmaktadırlar. Takip eden kondisyonlama adımında ise, bobinlerin dışından içine doğru geçen bir hava akımı ile bobinlerde kalan nemin düzgün bir şekilde dağılımı sağlanmaktadır. Radyo frekans kurutucuları taşıma bantlı olup, bunlar belki de yukarıda bahsedilen tiplerden daha esnektirler. Daha düşük sıcaklıklar kullanılabilmektedir ve enerji etkinliklerinin yüksek olduğu söylenmektedir (açık elyafın kurutulması için yapılan yorumlar aynen bu durumda da geçerlidir).

2.13.4 Kumaş kurutma

Kumaşların kurutulması işlemi genellikle iki adımdan oluşmaktadır; birinci adımda liflere mekaniksel olarak bağlanmış olan su uzaklaştırılırken ikincisi adımda da kumaşın tamamen kurutulması sağlanmaktadır.

2.13.4.1 Sıkma

Kumaş bir fulardın kauçukla kaplı iki veya üç merdanesi arasında sıkılmaktadır. Bu işlem hassas kumaşlara uygulanamamaktadır.

2.13.4.2 Emme

Kumaş bir pompayla bağlantılı bir "emme silindiri" üzerinden enine açık bir şekilde geçirilmektedir. Dıştaki hava hızla kumaş içerisinden emilip geçerken, kumaştaki su fazlasını da uzaklaştırmaktadır. Sonuçta kumaşta % 90 civarında nem kalmaktadır.

2.13.4.3 Santrifüjal uzaklaştırma

Bu makinenin dizaynı, daha önceden açık elyaf ve çile için tanımlanana benzemektedir. Ağır kumaşlarda, yatay eksenli bir makine kullanılabilmektedir. Mekaniksel suyun uzaklaştırılması için en etkili yöntem budur. Fakat kırık oluşma tehlikesi bulunan hassas kumaşlarda uygulanamamaktadır.

2.13.4.4 Ramözler

Bu makine kumaşın tamamen kurutulması için kullanılmaktadır. Kumaş makine içinde enine açık şekilde geçirilmektedir. Sıcak hava akımı kumaşa alttan ve üstten dik olarak üflenmekte böylece suyun buharlaşması sağlanmaktadır.

Kumaş paralel iki sonsuz zincir tarafından tutulmakta ve hareket ettirilmektedir. Kurutma sırasında çekmesine izin vermek için kumaş iğnelere avanslı ve gevşek bir şekilde takılmaktadır.

En yaygın ramöz konstrüksiyonları, düz ve çok katlı olanlardır, ancak birçok yeni konstrüksiyonlarda bulunmaktadır. Düz (tek katlı) ramözlerde, kumaş bir taraftan yaş olarak girmekte ve diğer taraftan kuru olarak çıkmaktadır. Çok katlı tiplerde ise, kumaş aynı taraftan girmekte ve çıkmaktadır. Birincisinde kumaş yön değiştirmeden yatay olarak hareket etmekte iken, ikincisinde bir çok kez yön değiştirmesi, bu ekipmanın hassas kumaşlar için uygun olmamasına neden olmaktadır. Diğer taraftan yatay ramözler daha fazla yer kaplamaktadırlar ve daha az etkindirler (enerji tüketimi açısından).

2.13.4.5 Hot-flue'lar

Bu makine, içinde kumaşı (enine açık şekilde) aşağıya ve yukarıya doğru sevk eden bir çok silindirin bulunduğu büyük bir metalik kutudan oluşmaktadır ve böylece makine içine

büyük bir miktarda (yaklaşık 250 m) kumaş alınabilmektedir. Isı eşanjörleriyle ısıtılan hava fanlar yardımıyla makine içerisine püskürtülmektedir.

2.13.4.6 Kontakt kurutucular (silidirli kurutucular)

Bu makine tipinde kumaş, sıcak bir yüzeyle doğrudan temas ederek kurutulmaktadır. Kumaş bir dizi metal silindirin yüzeyinden boyuna gergin şekilde geçirilmektedir. Silindirler içten buharla veya doğrudan alevle ısıtılmaktadırlar.

2.13.4.7 Taşıma bantlı kurutucular

Kumaş, kurutma bölmelerinin içinden iki blanket arasında taşınmaktadır. Her bir bölme içinde kumaş bir sıcak hava akımıyla kurutulmaktadır.

Bu ekipman normalde, dokuma ve örme kumaşlarda, kumaşa yumuşak bir tutum ve iyi boyut stabilitesi vermek için kurutmayla birlikte çekme efektinin de sağlandığı kombine terbiye işlemleri için kullanılmaktadır.

2.13.4.8 Airo kurutucu

Bu makine halat halindeki dokuma ve örme kumaşların yıkama, yumuşatma ve kurutma işlemlerinde kullanılabilmektedir.

Kurutma esnasında halat halindeki kumaş, makine içerisinde yüksek türbülanslı hava akımı sayesinde hareket ettirilmektedir. Böylece su kısmen mekaniksel olarak uzaklaştırılmakta, kısmen de buharlaştırılmaktadır.

Bu makinenin özel tasarımı sayesinde, aynı makine ile yıkama gibi yaş işlemlerin yapılabilmesi de mümkün olmaktadır. Bu durumda makinenin alt kısmı su ve gerekli kimyasallarla doldurulmakta ve kumaş kesintisiz olarak suya girip çıkmakta ve sıkılmaktadır.

Bu makinelerin kapasitesi, bölme sayısına (2'den 4'e kadar) göre değişmektedir.

2.14 Tekstil sanayinin kategorileri

Bu ana kadar bu bölümde, tekstil sanayiinde bu dokümanın faaliyet alanı içinde yer alan temel işlemler açıklanmıştır. Verilen bilgiler lif cinsine göre sınıflandırılarak sunulmuş ve böylece liflerin fizikokimyasal davranışları tarafından belirlenen hususların açıklanması mümkün olmuştur. Ancak pratik bakış açısından, tekstil sanayiinin faaliyetlerinin lif cinslerine göre alt sektörlere ayrılması, uygulamaya yönelik olarak fazla bir yarar sağlamamaktadır.

Pratikte, terbiye işlemlerinin belirli materyal formları ya da nihai ürünler (örneğin, iplik, dokuma kumaş, halı, vs.) üzerinde yoğunlaştığı faaliyet modelleri bulunmaktadır ve bu durum kullanılan makinelerin yalnızca belirli materyal formları için uygun olmasının bir sonucudur. Makinelerin yalnız belirli lif cinsleri için uygun olması durumu ise, o derece belirgin ve kesin değildir. Her ne kadar eskiden doğal liflerin üstünlüğü nedeniyle, alt sektörlerin ayrımı lif (başlıca pamuk ve yün) bazında yapılabiliyorduysa da, günümüzde sentetik liflerin yükselişi sonucu, belirli bir işletmede bir lifin (örneğin, yün, pamuk, vs.) üstün olması durumunda dahi, terbiyeciler artık genellikle çok çeşitli lifleri işleme durumunda kalmaktadırlar.

Bu BREF uygulamasına yardımcı olarak, bu bölümün geri kalan kısmında, işletmelerin tekstil sektöründe gerçekten bulunan ana kategorileri hakkında pratik bilgiler verilmektedir (entegre işletmeler ana kategorilerin kombinasyonu şeklinde mütalâa edilmektedirler).

Aşağıda sıralanmış olan tipik işletme kategorileri, 3. Bölümde emisyon ve tüketim seviyelerinin sunulması için de bir temel oluşturmaktadırlar:

- Yapak yıkama işletmeleri
- İplik veya elyaf terbiye işletmeleri
  - daha ziyade CV, PES, PAC ve/veya CO elyaf materyali
  - daha ziyade WO elyaf/tops/iplik
  - daha ziyade CO iplik
  - daha ziyade PES iplik
  - daha ziyade WO, PAC ve/veya CV iplik
- Örme kumaş terbiye işletmeleri
  - daha ziyade CO
  - daha ziyade CO (önemli oranda basma da üreten)
  - daha ziyade sentetik lifler
  - daha ziyade WO
- Dokuma kumaş terbiye işletmeleri
  - daha ziyade CO ve/veya CV
  - daha ziyade CO ve /veya CV (önemli oranda basma da üreten)
  - daha ziyade WO
  - daha ziyade PA
- Halı sanayii
  - yün ve yün karışımı halı ipliği/elyafı boyahaneleri
  - parça halı boyama ve baskı işletmeleri
  - entegre halı imalatı firmaları

Halı sanayii diğer terbiye işletmelerinden ayrı bir grupta tutulmaktadır. Bu durum, benimsenmiş kategorizasyon sistemi ile (işlem operasyonları üzerine kurulan) tam uyuşmamaktadır, zira ağırlıklı olarak yün işleyen iplik işletmeleri zaten "iplik terbiye işletmeleri" başlığı altında ayrı bir kategori olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bununla birlikte bir nihai ürün olarak halının farklı durumu, firmaları sadece halı sektörü için uygun ürünlerin işlenmesinde uzmanlaşmaya yönlendirecek kadar spesifik taleplerle karşı karşıya bırakmaktadır.

2.14.1 Yapak yakama işletmeleri

Avrupa'da işlenen yapağının büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Avrupa'da üretilen yapağının büyük çoğunluğu aslında halı üretimi için uygun olan, ancak hazır giyimde kullanım için uygun olmayan kaba yünlerdir. Bu yüzden merinos yünü (ince yün), çoğunlukla Avustralya, Yeni Zellanda, Güney Afrika, Arjantin, Uruguay ve Brezilya'dan ithal edilmektedir.

Yapak yıkama sektörünün organizasyonu, yünün işlenmesinde kullanılan iki ana sistemi, yani ştrayhgarn ve kamgarn sistemlerini, yansıtmaktadır. Yapak yıkamacıları, bunların birinde uzmanlaşmaya yönelmektedirler. Ştrayhgarn sistemi yapak yıkamacıları normalde sadece yıkamaktadırlar (bazen müşteriye sevketmeden önce harmanlama da yapabilmektedirler). Kamgarn sistemi yapak yıkamacıları genellikle, yapağıyı yıkamakta, taraklamakta ve tarama işleminden geçirmekte, böylelikle birbirine paralel liflerden

meydana gelmiş tops denilen bir bant üretmektedirler. Bu fark nedeniyle, kamgarn yapak yıkamacıları, genellikle tops üreticileri olarak nitelendirilmektedirler.

Avrupa'da üretilen yapağının önemli bir miktarı da, yünün kesilmiş hayvanların derilerinden kolaylıkla ayrılabilmesi için, yün köklerinin gevşetilmesi amacıyla derilerin kimyasal ve biyokimyasal olarak muameleye tabi tutulduğu 'deri tabaklama' denilen bir işlemle kazanılmaktadır.

Yıkama işlemi genellikle, yapak yıkama işletmelerinde yapılan tek yaş işlemdir ve Bölüm 2.3.1.1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Yapak yıkamacılarının büyük bir kısmı, kendi işletmeleri bünyesinde bir atık su işleme tesisine sahiptirler. Çoğunluğu arıtılmış atık sularını kanalizasyona dökmektedirler, ancak direkt olarak yüzey sularına boşaltan bir takım yıkamacılar da bulunmaktadır. Bunlardan ikinci kategoride yer alan işletmeler, atık sularını daha yüksek standartlarda arıtmak zorundadırlar. Kanalizasyona boşaltan yıkamacıların bazıları, sadece yıkama bölümünden gelen aşırı derecede kirlenmiş atık suyu arıtmakta ve durulamalardan gelen atık suyu arıtmadan boşaltmakta; diğerleri ise arıtmadan önce iki atık suyu karıştırmaktadırlar.

Genel olarak konuşmak gerekirse, yıkamacılar tarafından kullanılan dört ana tip atık su arıtma yöntemi vardır:

- koagülasyon/flokülasyon;
- buharlaştırma (bazen yakma ile birleştirerek tam kapalı su devresi şeklinde);
- membran filtrasyonu;
- anaerobik/aerobik biyolojik arıtma
- toprağa yayma veya lagünleme (yağın ayrılmasından sonra, geniş yün üretim alanlarında).

Bazı yıkamacılar yukarıdaki işlemlerin kombinasyonlarını kullanmaktadırlar. Ne yıkama bölümünden gelen aşırı kirlenmiş atık su, ne de birbirine karışmış yıkama ve durulama atık suları, aerobik parçalanma yoluyla arıtılabilmektedirler, çünkü bunların KOİ değerleri çok yüksektir. Normal olarak bu atık sular anaerobik biyolojik arıtma veya aerobik biyolojik arıtmadan önce koagülasyon/flokülasyon işlemine (aerobik biyolojik arıtmadan önce koagülasyon/flokülasyon uygulanması çok büyük miktarda çamura neden olmaktadır) tabi tutulmaktadırlar.

Yıkamacılar tarafından kullanılan tüm atık su arıtma işlemleri, güvenli bir şekilde zararsız hale getirilmeleri zorunlu olan çamur veya konsantrat üretmektedirler. Çamur imha yolları: toprak altında depolama, gübreleştirme, yakma, piroliz/gaz haline dönüştürme ve tuğla üretimini kapsamaktadır.

2.14.2 İplik ve/veya elyaf terbiye işletmeleri

Elyaf ve iplik terbiyesinin genel bir özelliği, normal olarak tüm işlem adımlarının aynı ekipmanda gerçekleştirilmesidir. Temel işlem sırası şöyledir:

- ön terbiye işlemleri (hidrofilleştirme/ağartma)
- boyama
- bitim işlemleri (çoğunlukla son durulama banyosuna yumuşatıcı maddeleri ilave ederek yumuşatma, ayrıca halılarda kullanılacak yün lifleri için güç tutuşurluk veya güve-yemezlik işlemleri).

Ön terbiye işlemleri, özellikle doğal lif olması durumunda, ayrı bir adım olarak, veya boyama banyosuna özel yardımcı maddeler ilavesiyle boyama ile birlikte gerçekleştirilebilmektedir. Lifteki kirlilik miktarının önemli olmadığı ve uzaklaştırılması kolay olduğu, veya yardımcı maddelerin (örneğin, preparasyon maddeleri, harman yağları)

boyamayı engellemeyecek şekilde özel olarak seçildiği durumlarda, ikinci seçeneğin uygulanması daha yaygındır.

Normal olarak sentetik liflere ağartma uygulanmamaktadır. Doğal liflerde, ağartma koyu tonlar için çoğunlukla ihmal edilirken, açık tonlar için de çoğunlukla hidrofilleştirme ile kombine edilmektedir. Yıkamanın ardından, materyal aynı makinede boyanmakta ve sonra da son yıkama ve durulamaya geçilmektedir.

Elyaf ve tops boyamacılığında yaygın bir uygulama, arzu edilen nihai rengi, ayrı boyamaların karıştırılması yoluyla elde etmektir. Diğer taraftan iplikte, istenen renk sadece bir boyama ile elde edilmek zorundadır. Çünkü elyaf ve topstan farklı olarak burada renk, ayrı boyamaları karıştırarak ayarlanamamaktadır. Bu sebeple, laboratuvarda boyama reçetelerinin hazırlanmasında, daha yüksek bir doğruluk derecesi istenmektedir.

Bu dokümanın diğer bölümlerinde açıklandığı gibi, aplike edilen boya ve yardımcı maddeler işlenen liflere göre değişmektedir.

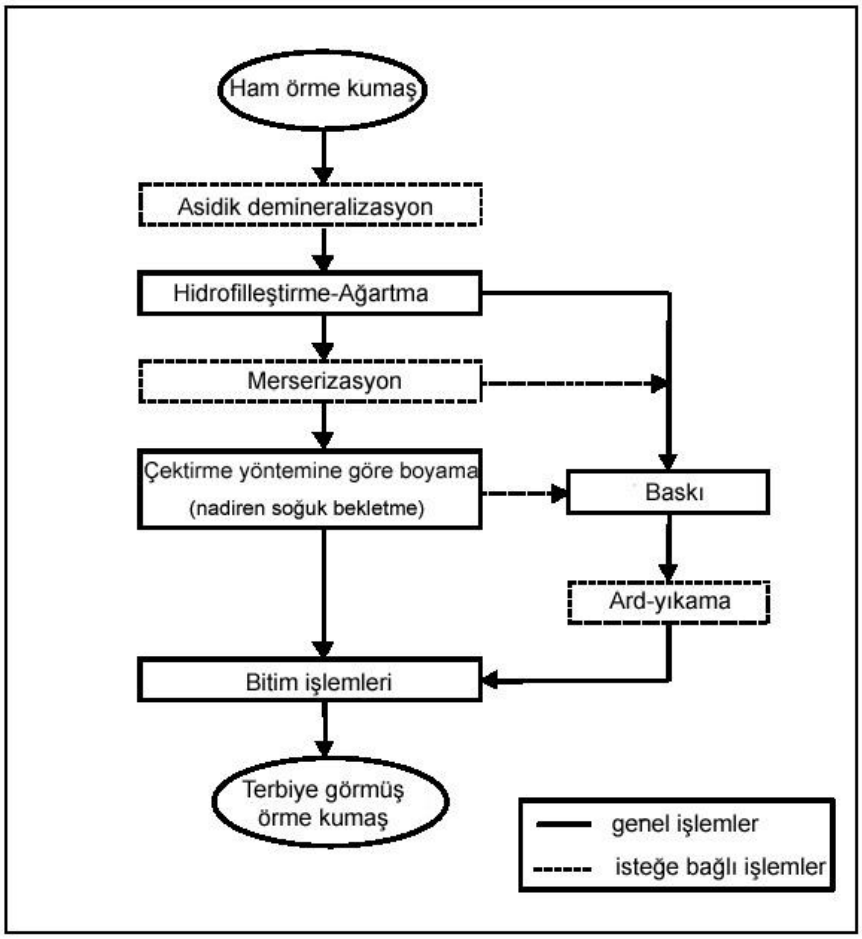
Pamuk iplikleri için merserize işlemi talep edilebilmektedir. Bu durumda materyal çile halinde işlem görmektedir. Merserizasyon işlemi ayrı bir makinede gerçekleştirilmekte olup, normalde uygulanan ilk işlemdir.

Keçeleşmezlik işlemi de isteğe bağlı olarak yapılan diğer bir işlemdir ve sadece yüne ve çoğunlukla tops halindeyken uygulanmaktadır.

2.14.3 Örme kumaş terbiye işletmeleri

Daha ziyade CO içeren örme kumaşların terbiyesini yapan işletmeler

Daha ziyade pamuktan oluşan örme kumaş terbiyesindeki klasik işlem sırası, Şekil 2.42'de gösterilmektedir (sadece yaş işlemler belirtilmektedir). Kesikli çizgiler, zorunlu olmayan veya yaygın olarak uygulanmayan işlemleri göstermektedirler. Örneğin, asidik demineralizasyon, sadece birkaç işletmede uygulanmaktadır. Merserizasyon da kesikli çizgilerle gösterilmiştir, çünkü bu ilave işlem de sadece belli ürünlerde talep edilmektedir.



Şekil 2.42: Daha ziyade pamuk içeren örme kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası [179, UBA, 2001]

Hidrofilleştirme genellikle çektirme yöntemine göre yapılan kesintili bir işlemdir, ancak büyük tesisler bunu ekseriyetle kesintisiz olarak yapmaktadırlar. Günümüzde pamuklu terbiye işletmelerinde en çok kullanılan ağartma maddesi hidrojenperoksittir.

Pamuklu örme kumaşlar, reaktif, direkt, kükürt ve küp boyarmaddeleri gibi farklı boyarmadde sınıflarıyla boyanabilmektedirler. En yaygın olarak kullanılanlar reaktif boyarmaddelerdir. Direkt boyarmaddeler açık tonlardaki, kükürt boyarmaddeleri de koyu tonlardaki boyamalar için kullanılabilmektedirler. Küp boyarmaddeleri ise, çok yüksek ışık haslıkları istendiğinde kullanılabilmektedirler.

Baskı işlemleri için, iki alt sınıf daha tanımlanabilmektedir:
- baskı dairesi olmayan pamuklu örme kumaş terbiye işletmeleri ve
- baskı dairesi olan pamuklu örme kumaş terbiye işletmeleri

Pigment baskı, örme kumaşlarda yaygın olarak kullanılmaktadır ve reaktif, dispers ve küp boyarmaddelerinde (bu sektörde oldukça yaygın tekniklerdir) gerekli olan ard-yıkama adımına ihtiyaç duymamaktadır.

Daha ziyade sentetik liflerden oluşan örme kumaşların terbiyesini yapan işletmeler

Daha ziyade sentetik liflerden oluşan örme kumaş terbiyesindeki klasik işlem sırası Şekil 2.43'te gösterilmektedir (sadece yaş işlemler belirtilmektedir). İsteğe bağlı olarak yapılan işlemler kesikli çizgilerle gösterilmektedir.

Şekil 2.43: Daha ziyade sentetik liflerden oluşan örme kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası [179, UBA, 2001]

Kumaş, normal olarak boyamadan önce preparasyon maddelerini ve kirlilikleri uzaklaştırmak amacıyla yıkanmaktadır. Termofiksaja her zaman gerek duyulmamaktadır; ancak yapılıyorsa, bu işlem yıkamadan önce (ham kumaşa) veya yıkama adımından sonra uygulanabilmektedir.

İstenen beyazlık derecesine bağlı olarak, ağartmaya gerek duyulabilmektedir.

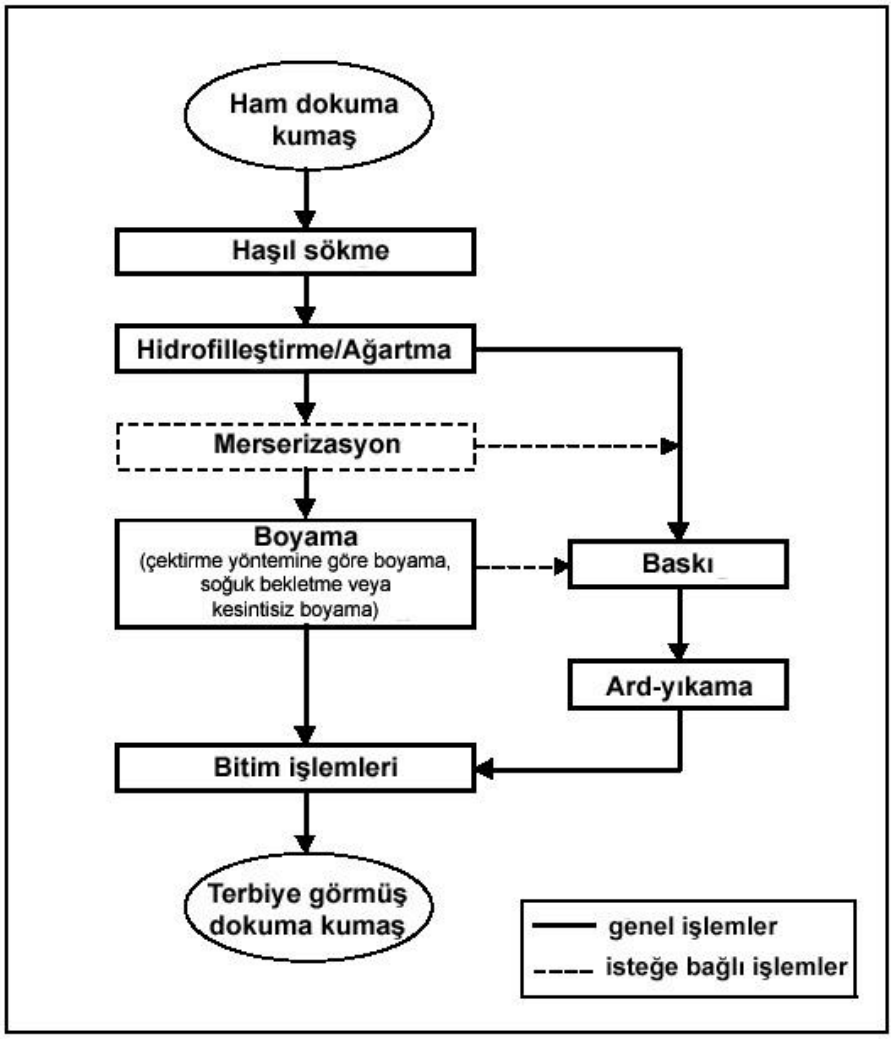
Daha ziyade WO içeren örme kumaşların terbiyesini yapan işletmeler

Şekil 2.45'te belirtilen işlem sırası, bu kategorideki terbiye işletmelerine de uygulanabilmektedir.

2.14.4 Dokuma kumaş terbiye işletmeleri

Daha ziyade CO ve/veya CV içeren dokuma kumaşların terbiyesini yapan işletmeler

Daha ziyade pamuk içeren dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası, Şekil 2.44'te gösterilmektedir. İsteğe bağlı olarak yapılan işlemler kesikli çizgilerle gösterilmektedir.



Şekil 2.44: Daha ziyade pamuk içeren dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası [179, UBA, 2001]

Daha ziyade pamuk ve pamuk karışımlarından oluşan dokuma kumaşlar, daha çok parti büyüklüğüne bağlı olarak, yarı-kontinü/kontinü hatlarda veya kesintili olarak terbiye işlemlerine tabi tutulmaktadırlar.

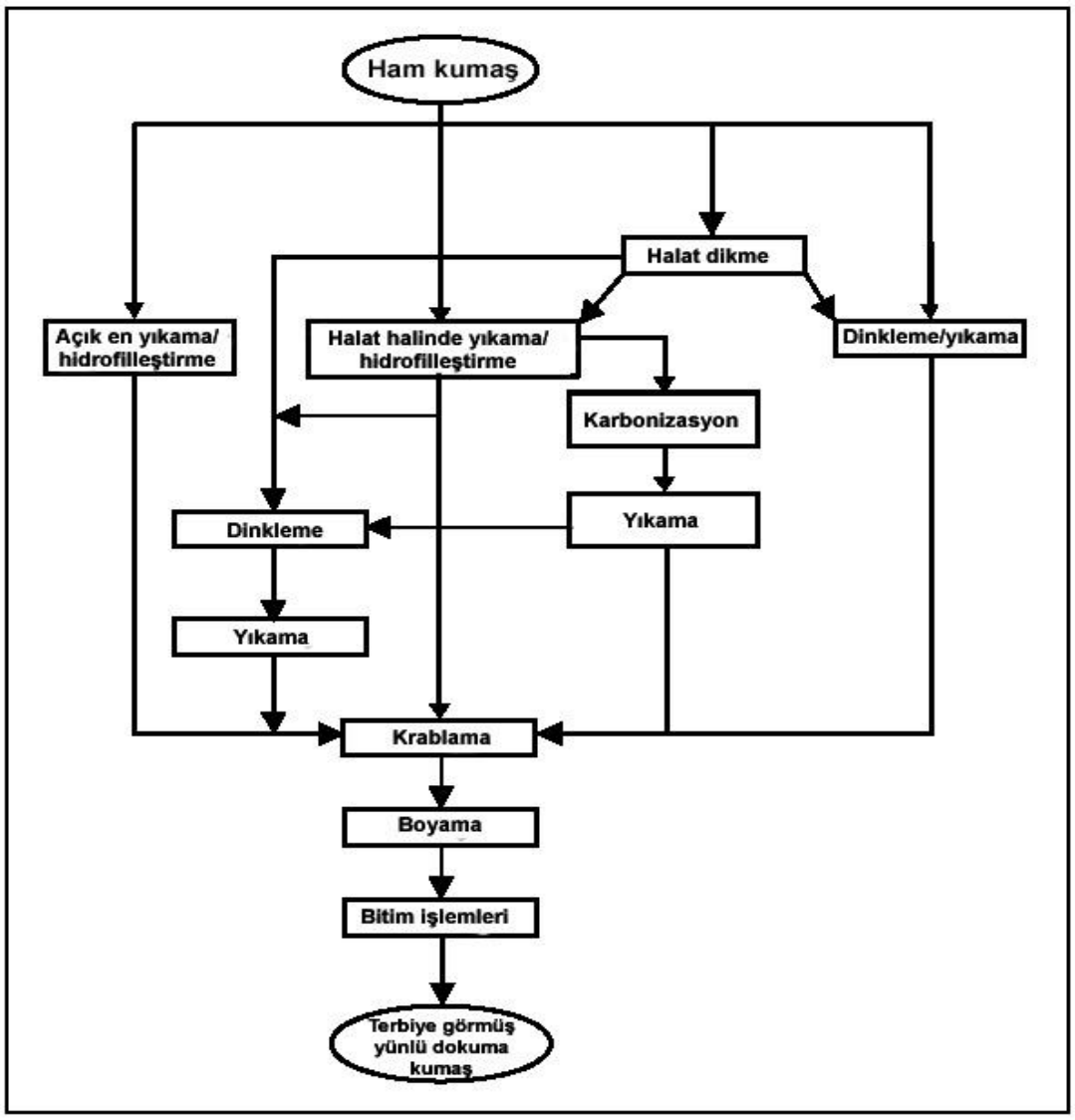
Haşıl sökme, hidrofilleştirme ve ağartma gibi ön terbiye işlemleri, kontinü hatlarda genellikle tek bir adımda kombine edilmektedirler. Viskon ön terbiyesi, eğer suda çözünebilen haşıl maddeleri kullanılmış ise ki, normal olarak böyledir, genellikle sadece alkali işlem ve yıkamadan ibarettir.

Şekil 2.44'te bahsedilen proseslere ilaveten istisnai olarak, sıvı amonyak ile ön terbiye (sadece Avrupa'da çok az sayıdaki işletmede uygulanmaktadır) gibi işlemler de uygulanabilmektedirler.

Baskı işlemleri için, iki alt sınıf daha tanımlanabilmektedir:
- baskı dairesi olmayan pamuklu dokuma kumaş terbiye işletmeleri ve
- baskı dairesi olan pamuklu dokuma kumaş terbiye işletmeleri.

Daha ziyade WO içeren dokuma kumaşların terbiyesini yapan işletmeler

Daha ziyade yün liflerinden (ştrayhgarn ve kamgarn iplikler) oluşan dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası, Şekil 2.45'te gösterilmektedir.



Şekil 2.45: Daha ziyade yün liflerinden oluşan dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası [31, Italy, 2000]

Yünlü sektöründe, su ile yıkama ve çözgenle yıkama (kuru temizleme) işlemlerinin her ikisi de yaygındır. Sulu ortamda yıkama, ya halat halinde (kesintili yönteme göre), ya da açık en halinde (çoğunlukla kesintisiz yönteme göre, ancak kesintili yönteme göre de olabilmektedir) gerçekleştirilebilmektedir. Ağır kumaşlar (ştrayhgarn yünlüler), tercihen halat halinde işleme alınırken, ince kamgarn kumaşlarda açık en yıkamalar tercih edilmektedir.

Karbonizasyon ve dinkleme, temel işlem sırasında isteğe bağlı olarak uygulanan işlemlerdir. Karbonizasyon sadece, dinkleme işlemleri de en yaygın olarak, ştrayhgarn yünlü kumaşlara uygulanmaktadırlar.

Krablama arzu edilen efekte bağlı olarak, boyamadan önce veya sonra uygulanabilmektedir. Ham kumaşa krablama, kumaş boyutlarını, kumaşın kullanımı ve müteakip terbiye işlemleri sırasında değişmeyecek şekilde ayarlamak için yapılamaktadır.

Daha ziyade sentetik lifler içeren dokuma kumaşların terbiyesini yapan işletmeler

Daha ziyade sentetik liflerden oluşan dokuma kumaşların terbiyesi için klasik işlem sırası, Şekil 2.43'te örme kumaşlar için gösterilene benzemektedir. Bununla birlikte, burada yıkama/haşıl sökme adımı daha önemlidir, çünkü haşıl maddelerinin tamamının uzaklaştırılması gerekmektedir. Genellikle, kesintisiz yıkama makinelerinde su ile uzaklaştırılmaları kolay olan sentetik haşıl maddeleri kullanılmaktadırlar.

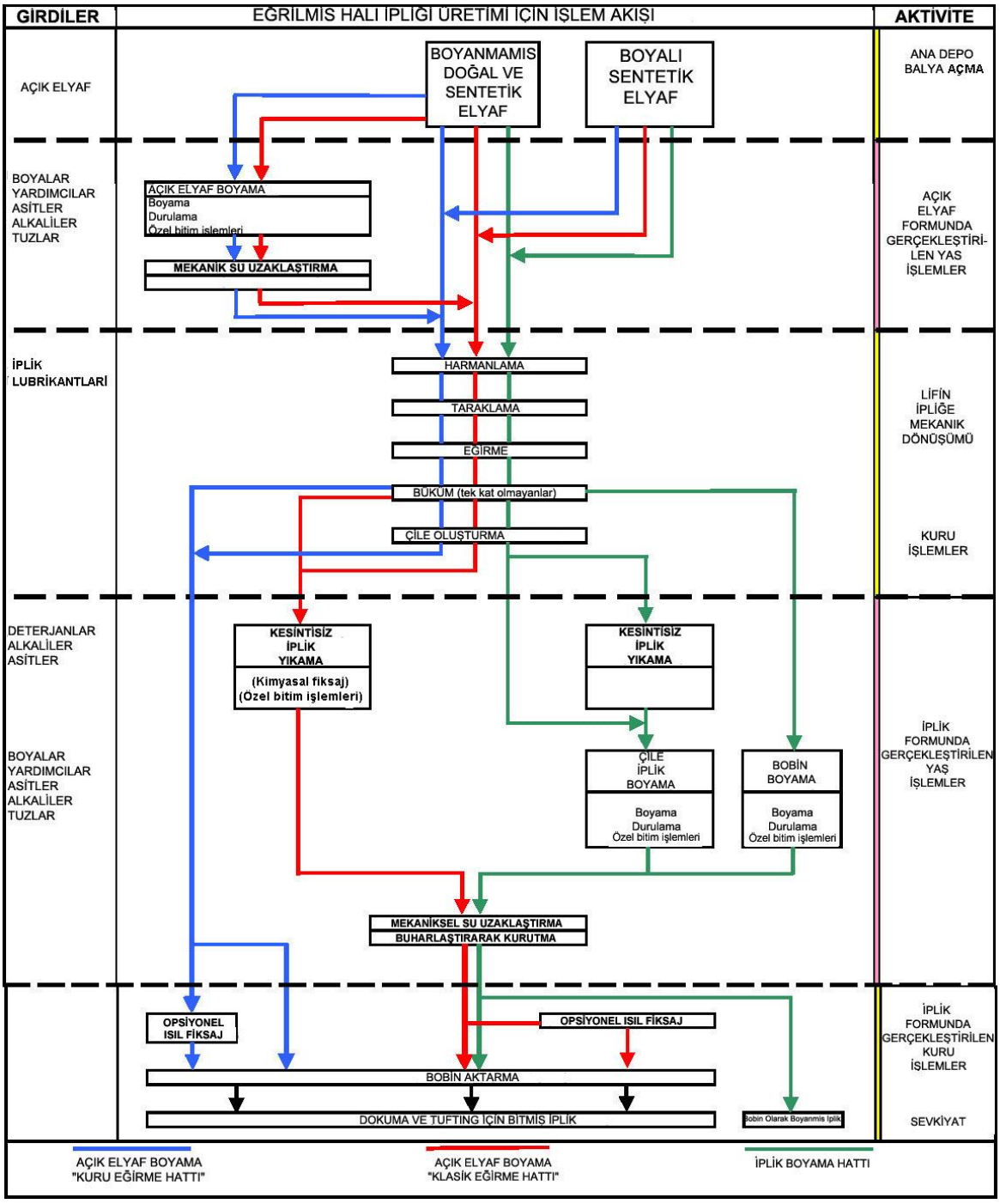
Belli oranda elastan içeren kumaşlarda, silikonlar da bulunmaktadır. Bu bileşiklerin tamamen uzaklaştırılması, çok zor olabilmektedir. Bazı durumlarda, tetrakloretilen aplike edilebilmektedir; bugün bu amaçla daha ziyade çözgen kayıplarını ciddi şekilde sınırlayan tamamen kapalı sistemler kullanılmaktadır.

Boyama, kesintisiz veya kesintili boyama makinelerinde yapılmaktadır. Ağırlıklı olarak dispers boyalar kullanılmaktadır.

2.14.5 Halı sanayii

2.14.5.1 Yün ve yün karışımlı halı ipliği boyahaneleri

Eğrilmiş boyalı iplik üretimi, halı sanayiinde özel bir sektör olarak kabul edilmektedir. İşletmeler, çoğunlukla yün ve yün karışımlarının işleme alındığı boyahaneler olarak tanımlanabilmektedirler. Beyaz, açık elyafi boyanmış halı ipliğine dönüştürmek amacıyla, farklı işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Yaş işlemler esas olarak, ya açık elyaf ya da iplik formunda gerçekleştirilen boyama ve diğer yardımcı işlemleri içermektedirler. Kuru işlemler ise, sırasıyla harman hallaç, tarama, eğirme, vs. işlemlerinden oluşmaktadırlar. Önceki bölümlerde açıklandıklarından, burada bu işlemler üzerinde durulmayacaktır. Renklendirmenin hangi aşamada yapıldığına bağlı olarak, ham lifler bu işlemlerin bazılarından ya da tamamından geçmektedirler. Şekil 2.46'da görüldüğü üzere, üç ana işlem akışı mümkündür.



Şekil 2.46: Yün ve yün karışımlı halı ipliklerinin üretimi için genel işlem akışı diyagramı [32, ENco, 2001]

Kuru iplik üretim hattı, iplik oluşumundan sonra hiç yaş işlem uygulanmadığı için bu şekilde adlandırılmaktadır ve açık elyaf basamağında renklendirme ile başlamaktadır. Bunu iplik oluşumu ve sonunda büküm fiksajı işlemleri takip etmektedir. Bu işlem sırası oldukça yeni kökenlidir ve düşük lanolin içeren uygun yün kullanımı ile iplik üzerinde kaldığında halının sonradan lekelenmesine sebep olmayan, özel harman yağlarının kullanımına gerek duymaktadır. Bu işlem özellikle, büyük miktarlarda düz renkli halıların ve lif halindeyken farklı renklerde boyanmış elyaf karışımlarından oluşan efekt ipliklerinin üretimi için yararlı olmaktadır. Bu işlem akışı, kaynak tüketimi açısından en ekonomik çalışma şekli olmasına karşın, temiz ham maddelerin seçimini ve işletmenin temiz tutulması için sürekli bakımını gerektirmektedir.

Klasik açık elyaf boyama hattı esas olarak, düz halılar için büyük iplik partilerini aynı renkte üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Açık elyaf önce boyandıktan sonra, halen bazen "yağlı eğirme" işlemi olarak bahsedilen yöntem kullanılarak ipliğe dönüştürülmektedir; "yağlı eğirme" terminolojisi, madeni yağ emülsiyonları esaslı harman yağları kullanımından ortaya çıkmıştır. Madeni yağın küçük kalıntıları bile, kullanım sırasında halının lekelenmesine neden olmaktadır ve bu nedenle bu yöntemle hazırlanan ipliklerin çile halinde yıkama ile çok dikkatli bir şekilde temizlenmeleri gerekmektedir (bkz. aşağıya). Suda çözülebilen sentetik ürünlerin, madeni yağ bazlı lubrikantların yerini büyük ölçüde almasına rağmen, iplik yıkama işleminin uygulanması halâ birçok terbiyeci tarafından, lekelenme nedeniyle gelebilecek olası şikayetlerden sakınmak amacıyla gerekli görülmektedir. Kuru eğirme işleminden farklı olarak bu yöntem, ham madde seçiminde daha fazla esnekliğe sahiptir ve bu sayede daha yüksek miktarlarda lanolin içeren yün elyafı da kullanılabilmektedir.

İplik Boyama Hattında, ilk olarak temiz elyaf boyamadan önce iplik haline dönüştürülmektedir. Bu işlem özellikle, desenli halı dokumak için veya beyaz ipliğin stokta tutulup sipariş geldiğinde boyandığı, siparişe dayalı çalışan işletmelerde küçük renkli partilerin üretimi için uygundur. Bununla birlikte bu yöntem küçük partilerle sınırlı kalmamaktadır, zira düz renkli tafting ve dokuma halı üretiminde kullanılacak ipliklerin üretimi için dört tonun üzerindeki kapasiteye sahip boyama makineleri de kullanılabilmektedir.

Entegre iplik üreticisi firmalarda bu işlem akışlarının iki veya daha fazlasının yan yana çalıştırıldığı ve yaş işlem ekipmanlarının ortaklaşa kullanıldığı durumlara yaygın olarak rastlanılmaktadır. Kullanılan boyama ve apre teknikleri her üç üretim akışında da eşit olarak uygulandığı için bunlara, bahsedilen farklı hatlar daha fazla göz önüne alınmaksızın ileriki bölümlerde değinilmektedir. Uygulama farklılıkları yeri geldikçe açıklanmakta ve çevresel performans veya emisyona önemli bir etkide bulunmalarına bağlı olarak kuru işlem bölümlerinin uygunluğuna değinilmektedir.

2.14.5.1.1 Halı elyafı boyahanesi

Lifler genellikle büyük miktardaki ipliklerin tamamen aynı renkte olması istendiğinde, örneğin, kullanım sırasında nüans farklılıklarının kolaylıkla fark edilebileceği büyük ebattaki düz renkli halılarda elyaf halindeyken boyanmaktadırlar. Aynı renkteki büyük bir parti, boya ustası tarafından istenen nihai rengi tutturabilmek için her birine boya ilavelerinin de yapıldığı ayrı ayrı şarjlardaki boyamaların bir araya getirilmesi ile oluşturulabilmektedir. Tek renk bir parti için ayrı ayrı boyamaların tam olarak karışımı, özel bir mekanik karıştırma işleminde ve tarama sırasında sağlanmaktadır. Bu nedenle, açık elyaf boyamacılığında renk düzgünlüğüne, örneğin sonraki mekanik işlemler tarafından rengin düzeltilmesinin mümkün olmadığı iplik boyamacılığındaki kadar gereksinim duyulmamaktadır.

Boyanmış açık elyaf, bazı ipliklerde çok renkli efektlerin elde edilmesinde de kullanılmaktadır. Bu işlemde, farklı renklere boyanmış lifler, günümüzde moda olan "funda" stilleri gibi bir çok desenin üretimi için birbirleriyle karıştırılmaktadırlar. Bazı karışımlar, boyanmış ve boyanmamış doğal lifleri ve boyanmamış ve pigment boyalı sentetik lifleri içerebilmektedir.

Nihai ipliğin, yün ve sentetik liflerin karışımından oluştuğu durumlarda (tipik olarak % 80 yün ve % 20 poliamid), aplikasyon koşullarını ve her lif tipi için boyarmadde seçimini optimize etmek amacıyla, gerekli olan miktarlardaki her iki bileşen de ayrı ayrı boyanmaktadır.

Açık elyaf boyama işlemleri

Yıkanmış yün ve yeni sentetik lifler, boyahanelere "temiz" durumda sunulmaktadırlar ve genellikle kirliliklerin uzaklaştırılması için boyamadan önce ayrıca bir işlem yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Eğer dışarıdan temin ediliyorlarsa, elyaf halindeki ham maddeler normalde işletmeye, ham liflerin taşınması için tekstil sanayinde üniversal olarak kullanılan preslenmiş balyalar halinde gelmektedirler.

Entegre üretim yapan bir işletmede, örneğin, kendi yapak yıkama tesisleri olan bir entegre işletmede, açık elyaf yıkama bölümü ile harman-hallaç bölümü veya açık elyaf boyahanesi arasında pnömatik konveyörlerde ara depodan düşük yoğunluktaki balyalar halinde taşınabilmektedir.

Önceden yıkanmış yün ve yeni sentetik lifler söz konusu olduğunda, genellikle özel açma makinelerine gereksinim olmamaktadır. Bu nedenle balyalar, çoğu kez basitçe tartılmakta ve sonra boyahaneye getirilip, boyama makinesinin yanında açılmakta ve istenen miktardaki (kuru) elyaf manuel olarak boyama teknesine doldurulmaktadır. Alternatif olarak, makineye yüklemeyi daha da kolaylaştırmak amacıyla lifler yaş olarak da doldurulmaktadırlar.

Yün ve sentetik liflerin açık elyaf halinde boyanması için çeşitli tipte makineler kullanılmaktadır. Bunlar, konik şekilli, armut tipinde ve radyal akımlı makineleri (bkz. Bölüm 10) içermektedirler. Açık elyaf genelde bu makinelere manuel olarak doldurulmaktadır.

Boyarmaddeler, sirkülasyon banyosuna ilave edilmeden önce sıcak suda çözülmektedirler. Yün ve yün karışımları için tipik boyarmaddeler ve kimyasallar kullanılmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.7.4 ve 2.7.6).

Çoğunlukla tüm kimyasal ve boyarmadde ilaveleri, açık boyama makinelerine manuel olarak yapılmaktadır. Nadiren, veya eğer "basınçlı" boyama makineleri kullanılıyorsa (sentetik lifler için, çünkü yün normalde atmosferik basınçta boyanmaktadır), önceden çözülmüş boya ve kimyasallar sirkülasyon halindeki boyama flottesine özel ilave tanklar vasıtasıyla ilave edilmektedirler.

Flottenin liflere nüfuzunu sağlamak için, boyama flottesi sıcaklığının 1-2 °C/dk hızla 98 °C'a yükseltildiği ısıtma adımı başlamadan önce, flotte genellikle 10-15 dakika ısıtılmadan sirküle edilmektedir. Boyama sıcaklığına ulaşıldıktan sonra, boyama banyosu pH'ı kontrol edilip asit ilavesiyle ayarlanmaktadır. Bu arada maksimum boyarmadde alımının gerçekleşmesi için boyamaya 60 dakika kadar devam edilmektedir. Boyamanın gelişimi normalde gözle kontrol edilmekte ve sonra elyaf numuneleri alınarak bir standart numune ile karşılaştırılmaktadırlar.

Rengin tuttuğuna karar verilen boyama sonlandırılarak, makine boşaltılmaktadır. İstenen rengin tutturulamadığı boyamalarda bir veya daha fazla boyarmadde ilave edilerek boyamaya devam edilmekte ve boyama banyosu sıcaklığı her ilaveden sonra kaynama sıcaklığına yükseltilmektedir. Açık elyaf boyamasını takip eden harman-hallaç işlemi sebebiyle, makinede boyanan renk tek bir partiden ibaret değilse, nadiren birden fazla kere nüanslama yapılmaktadır.

Elyaf yüzeyine bağlanmış boyarmaddelerin uzaklaştırılması ve lifler makineden manuel olarak boşaltılmadan önce soğutulmaları için, boyama işlemini takiben soğuk su ile durulama işlemi uygulanmaktadır. Makine soğuk su ile doldurulup, 10-15 dakika çalıştırıldıktan sonra boşaltılmaktadır. Boyama teknesinin tekrar doldurulup suyun durulama işlemi süresince, sürekli olarak kanala boşaltıldığı "taşmalı durulama" yöntemi,

su tüketiminin ve atık su uzaklaştırma maliyetlerinin artmasına neden olduğundan artık daha nadir kullanılmaktadır.

Boyama ve durulama işlemlerinden gelen flotteler daha sonra kullanılmak üzere geri kazanılabilmektedirler. Bu durumda makineye, bir bekletme tankı ilavesi gerekmektedir. Büyük bir partinin boyanması, küçük şarjlar halinde yapılıyorsa boyama flottesi tekrar kullanılabilmektedir. Bu durumda boyama flottesi rezerve tankına pompalanmakta ve sonraki boyama için gerek duyulduğunda boyama teknesine geri gönderilmektedir. Bununla birlikte, bu yöntemin uygulanması için ciddi sınırlamalar bulunmaktadır, çünkü boyarmadde alımı sıcaklığa bağımlıdır ve boyamaya çok yüksek sıcaklıkta başlanması kabul edilemez bir hızla boyarmadde alımına ve dolayısıyla düzgünsüz boyamaya neden olabilmektedir. Bu işlemin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, maksimum boyarmadde alımını destekleyen boyarmaddelerin ve boyama koşullarının seçilmesi gerekmektedir.

Böyle durumlarda durulama suyunun tekrar kullanımı daha yaygındır, zira bunların sıcaklığı daha düşük ve boyamaya başlama sıcaklığına daha uygundur. Bu işlemin gerçekleşmesi için makine dizaynına da bağlı olarak rezerve tankına ihtiyaç duyulmayabilmektedir de, zira lif taşıyıcısı, boyama kazanı doluyken de kazandan çıkarılabilmektedir. Her iki alternatifte de su ve daha düşük oranda olsa da, ısı enerjisi tasarrufu sağlanmaktadır (bkz. Bölüm 4.6.22).

Fonksiyonel bitim işlemlerinin uygulanması

Açık elyafa, ya boyama işlemi sırasında ya da boyama ve durulama işlemlerinden sonra ayrı bir flotteden aplikasyon ile bir dizi bitim işlemi uygulanabilmektedir. Bu durum özellikle, iplik oluşumundan sonra herhangi bir yaş işlemin uygulanmadığı "kuru iplik üretim" hattında söz konusu olmaktadır. Açık elyafa uygulanan bitim işlemleri, anti-bakteriyel işlemler, antistatik işlemler, kir iticilik işlemleri ve kullanım sırasında ışığa maruz kalmadan dolayı iplik/halı renginin değişmesini engelleyici işlemleri kapsamaktadır (bkz. Bölüm 8.8).

Bu apre işlemlerinin mümkün olduğunca boyama ile kombine edilmeleri ve sadece iki işlemin kimyasal olarak uyumsuz olmaları veya çok farklı sıcaklık ve pH koşullarına gerek duyulması durumlarında ayrı ard-işlemler olarak uygulanmaları uygun olmaktadır. Boyalarla birlikte aplikasyon basit olarak, apre maddesinin boyama flottesine genellikle boyama yardımcı maddeleriyle birlikte ilave edilmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Ard-işlemler için temiz suyla hazırlanmış yeni banyolara gereksinim duyulmakta veya alternatif olarak durulama banyosu tekrar kullanım için yeterince temiz olabilmektedir.

Açık elyaf boyamada kullanılan flottelerde bulunan güve yemezlik maddelerinin en aza indirilmesi için özel yöntemler tasarlanmıştır. Formüle edilmiş ticari ürün flotteye, boyama aşamasının başlangıcında ilave edilmekte ve normal boyama işlemi gerçekleştirilmektedir. Boyamanın sonunda boyama banyosunun pH'ı formik asit ilavesiyle düşürülüp, kaynama sıcaklığında çalışmaya 20-30 dakika daha devam edilmektedir. Bu kuvvetli asidik koşullar, yün lifleri tarafından normal boyama koşulları altında adsorbe edilmeyen tüm aktif bileşenlerin alımını desteklemekte ve artık kimyasal madde konsantrasyonunun % 98'den daha fazla azaltılmasını sağlamaktadır.

Liflerin, ılıman sıcaklıklarda durulanmasının, güve yemezlik işlemi için aplike edilen kimyasal maddenin desorpsiyonuna veya yün lifi yüzeyinde toplanmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, kullanılmış durulama flottelerindeki aktif madde konsantrasyonları boyama flotterine göre daha yüksek olmaktadır. Durulama işlemleri sırasındaki desorpsiyon etkisini en aza indirmek için, durulama flottesinin geri kazanıldığı

ve sonraki boyama flottelerinde kullanıldığı ve böylelikle durulama flottesinden gelen tüm artıkların elimine edildiği ve toplam su tüketiminin % 50'ye kadar düşürüldüğü teknikler geliştirilmiştir (ayrıntılı bilgi için bkz. Bölüm 4.8.4).

Flotte boşaltıldıktan sonra taşıyıcıdaki elyaf 2 l/kg'dan daha fazla miktarda (kuru lif ağırlığı) su içerecektir. Bu miktar, sıcak hava kurutucusunda yapılan buharlaştırarak kurutmadan önce, ya santrifüjleyerek ya da sıkma ile azaltılmaktadır.

2.14.5.1.2 Halı ipliği boyahanesi

Entegre tesislerde eğrilmiş boyanmamış iplikler, depolarda, ya büyük çileler halinde veya bobin boyama ekipmanlarına benzer özel taşıyıcılara veyahutta konik bobinlere sarılmış halde bekletilmektedirler. Gelen siparişlere göre uygun miktarlarda partiler buradan alınarak hazırlanmaktadırlar. Fason iplik üreten işletmelere, genellikle klasik yün balyaları halinde balyalanmış çileler gelmektedir.

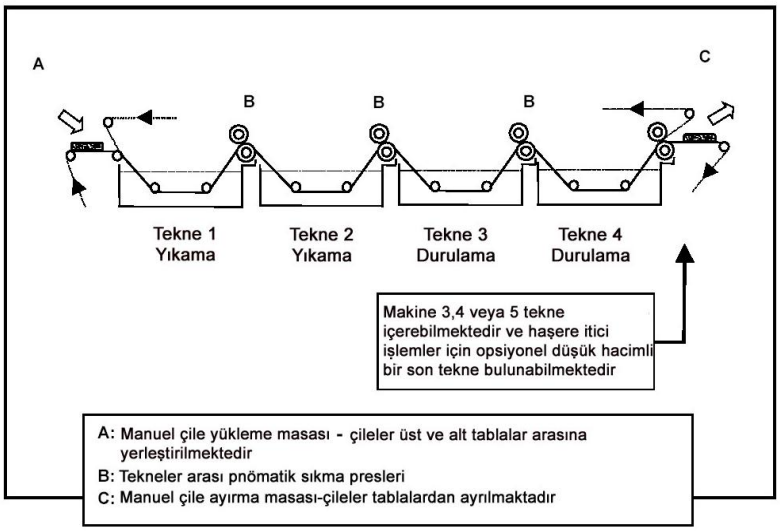
Çile halindeki işlemlerde, balyalar normal olarak boyahaneye getirilmekte ve manuel dolum için hazır olan yıkama veya boyama makinesi yanında açılmaktadırlar.

İplik yıkama

Yıkama genellikle, iplik partilerinin deterjan ve alkali veya durulama suyu içeren bir dizi sulu flotteden geçirildiği yarı kesintisiz işlem olarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.46'da gösterildiği gibi, yıkama, boyanmış ve boyanmamış ipliklere uygulanabilmektedir. İpliklerin yıkama makinelerinde kalabilecek boya kalıntılarıyla kirlenmesini önlenmek amacıyla entegre iplik üreticileri, biri boyamadan önce beyaz ipliklerin yıkanması için ve diğeri ise boyanmış ipliklerin yıkanması için olmak üzere iki ayrı yıkama makinesi ile çalışmaktadırlar.

İplikler, ya çile yıkama makinelerinde ya da bobinden bobine (bazen tek uç olarak bahsedilir) yıkayan makineler kullanılarak yıkanabilmektedirler.

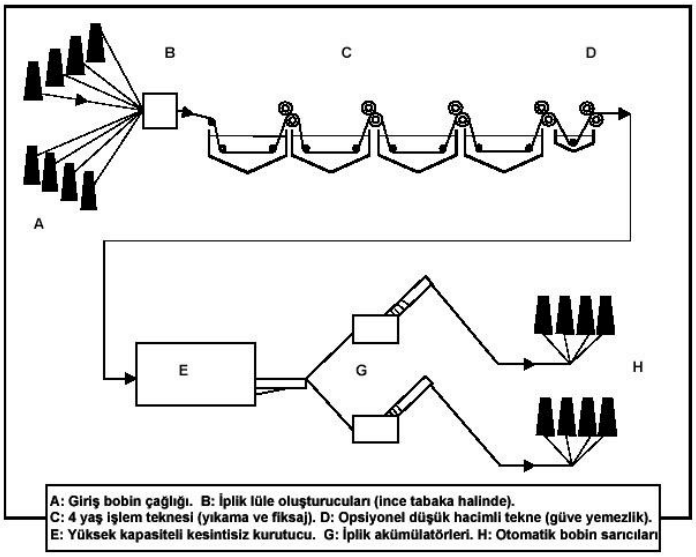
Bant yıkama makinelerinde (Şekil 2.47), sonsuz bir kayış üzerinde her tekne ve sıkma düzeneğinden geçen ve teknelerin alt kısımlarındaki sevk silindirleri tarafından yönlendirilen, üst ve alt naylon bantlar arasına sıkıştırılmış çileler makine boyunca taşınmaktadırlar. Tekne çalışma hacmi genel olarak 1200 ile 1800 litre arasında olmaktadır. Yıkama kapasitesi de genellikle 500 ile 1500 kg/sa arasında değişmektedir. Bir teknedeki kalış süresi ise 20 ile 45 saniye arasında değişmektedir. Isıtma makine tabanındaki kapalı serpantinlerle veya direkt buhar enjeksiyonu ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.47: Çile yıkama makinesinin şematik gösterimi
[32, ENco, 2001]

Başlangıçta tüm tekneler gerekli kimyasallarla doldurulmakta ve sonraki ilaveler işlem boyunca ya manuel olarak ya da otomatik besleme tertibatı ile yapılmaktadır. Sadece yıkama için kullanılan makinelerde, işlem flottesi dördüncü tekneden birinci tekneye doğru gönderilebilmekte ve böylece basit bir ters akım ekstraksiyonu sağlanabilmektedir. Özgül su tüketimi, temizleme için flottenin boşaltılmasından önce, makinede işlem gören iplik miktarına ve yıkama teknelerinden kanala akan flotte miktarına göre değişmektedir. Genellikle değerler, kg iplik başına 2 ile 7 litre arasında değişmektedir.

"Bobinden bobine" yıkama makineleri (Şekil 2.48) daha az yaygın ve daha yeni tasarlanmış makinelerdir. Bu makinelerde, kurutma dahil olmak üzere tüm işlemler otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Lüle oluşturma tertibatları, ayrı ayrı bobinlerden alınan iplikleri lüleler oluşturarak sonsuz bir tabaka halinde hareket eden taşıyıcı bant üzerine sermektedirler. Taşıyıcı bant, tüm yıkama ve durulama teknelerinin içinden geçmektedir. İplikler daha sonra kurutucuya giden ikinci bir taşıyıcı banda aktarılmaktadırlar. İplik tabakası daha sonra ayrılmakta ve son olarak iplikler tekrar bobinlere sarılmaktadırlar.



Şekil 2.48: Bobinden bobine iplik yıkama tesisinin şematik diyagramı
[32, ENco, 2001]

Yıkama tekneleri bant yıkama makinelerine nazaran daha büyük hacimdedirler (3500 l) ve ısıtma direkt gaz ateşlemesiyle yapılabilmektedir. Birçok makine 500 kg/sa'e varan kapasite sağlayan, dual iplik bobinleyicileri ile donatılmışlardır.

Hem çile hem de tek uç makinelerinden sadece yıkama için yararlanılabileceği gibi, makineler, iplik büküm kimyasal fiksaj işlemlerinin ve haşerelere karşı koruyucu (IR) maddelerin aplikasyonunun aynı zamanda yapılabileceği şekilde modifiye edilebilmektedirler.

Lubrikantların uzaklaştırılması için yıkama

Makineler sadece *lubrikantları uzaklaştırmak* için kullanılıyorlarsa, son tekneler 20-30 °C'daki temiz su ile ipliğin durulanmasını sağlamakta iken, ilk iki tekneye deterjan ve alkali konulmakta ve 50-60 °C'da çalıştırılmaktadırlar. Flotteye, başlangıçta, önceden belirlenmiş miktarda kimyasal madde konulmakta ve yıkama sırasında flotte konsantrasyonunu sabit tutmak için gerekli ilaveler yapılmaktadır.

Yıkama ve haşerelere karşı koruyucu işlemler

Yıkama ve haşerelere karşı koruyucu işlemlerin birlikte yapılacağı durumlarda normal olarak dört tekneli makineler kullanılmaktadır. Birinci ve ikinci tekneler yukarıda da belirtildiği gibi yıkama için doldurulmaktadırlar, üçüncü tekne durulama için temiz su içermekte ve dördüncü tekne ise haşerelere karşı koruyucu apre işlemine uygun şekilde hazırlanmaktadır. İşlem flottesi hacminin ve dolayısıyla oluşan emisyonun en aza indirilmesi amacıyla ipliklerin haşerelere karşı koruyucu maddeler ile işlem görmesi için özel olarak dizayn edilen dördüncü teknenin hacmi düşük (100-200 litre) tutulmaktadır.

Bu şekildeki donanımlarda haşere koruyucu madde, fiziksel emdirmeden ziyade bir "kesintisiz çektirme" işlemiyle aplike edilmektedir ve aktif madde iplikler tarafından banyodan çekilmektedir, banyo konsantrasyonu dengesi, iplik miktarı ile orantılı bir şekilde kesintisiz olarak kimyasal madde besleyerek sağlamaktadır.

Aplikasyon, ipliğin flotte içerisinden kısa süredeki geçişi sırasında aktif maddenin lifler tarafından hızlı bir şekilde alımının desteklenmesi için 50-60 °C'da asidik koşullarda (formik asit veya asetik asit ile yaklaşık pH 4,5) gerçekleştirilmektedir.

Flottedeki insektisit konsantrasyonu bunun kanala boşaltılmasına izin verilemeyecek kadar yüksektir, bu nedenle işlem döngüleri arasında flottenin muhafaza edilmesi amacıyla depolama tankları kullanılmaktadır. İplikten flotteye geçen boyarmaddelerin oluşturduğu kirlilik, sonraki iplik lotlarının renk tonlarında değişmelere neden olabileceğinden depolama öncesinde boyarmaddelerin uzaklaştırılması için, basit bir emici filtre sistemi kullanılabilmektedir. Bu sistem, filtrenin içerisine paketlenmiş ve içerisinden flotte sirkülasyonunun sağlanabildiği yün elyafından oluşmaktadır. Flotte, efektif boyarmadde uzaklaştırmasına yardımcı olmak için en azıyla 70 °C'a kadar ısıtılmaktadır. Bu flotte yenileme sistemi ile çalışmak, kanala boşaltmaya gerek kalmaksızın flottenin tekrar kullanımına izin vermektedir.

Bu azaltıcı sistemlerin bulunmadığı durumlarda kullanılmış işlem flotteleri yıkama makinesinden, koyu ton boyama yapılan kazanlara pompalanmakta ve burada yüksek boyama sıcaklıklarındaki alınım sayesinde, aktif madde emisyonlarının en aza düşürülmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem, hem açık elyaf hem de iplik boyama işlemlerinde uygulanabilmektedir.

Üçüncü bir azaltma seçeneği ise, flottedeki artık haşere ilacının yok edilmesi için aktif maddenin kimyasal hidrolizinden faydalanmaktadır. Kullanılan flotte, makineden ayrı bir tanka pompalanarak, 98 °C'da sodyumhidroksitle (4 gr/lt) 60 dakika süreyle işlem

görmektedir. Permetrin ve siflutrin'deki ester ve siyanoester bağları bu koşullar altında hızla hidrolize uğramaktadırlar ve % 98'in üzerinde bir azaltma sağlanmaktadır. İlk parçalanma ürünleri, ana moleküle karşılaştırıldığında, sulu ortamdaki omurgasızlara karşı en azıyla 10 kere daha az zehirlidirler. Bu yöntemle işlem gören flotteler kanallara boşaltılmakta ve yüksek alkali içerikleri burada boyama işlemlerinden gelen asitlerle nötralize olmaktadırlar.

Bu teknikler hakkında daha fazla bilgi Bölüm 4.8.4'te verilmektedir.

Kimyasal büküm fiksajı

Yıkama ve kimyasal büküm fiksaj işlemlerinin birlikte uygulanması durumlarında normal olarak beş tekneli makineler kullanılmaktadırlar. Bu durumda birinci ve ikinci tekneler detarjan ve alkaliye ilaveten sodyumbisülfit (10-20 gr/l) içermektedirler ve dördüncü tekneye artık bisülfiti nötralize etmek için hidrojenperoksit (5-10 gr/l) ilave edilmektedir. Diğer bütün hususlar ise yukarıda anlatıldığı şekilde yapılmaktadırlar.

Çileler, yıkama hattının son sıkma silindirlerinden yaklaşık 0,8 l/kg (kuru ağırlık) nem içeriği ile çıkmaktadırlar. Eğer materyal başka bir yaş işleme girmeyecekse, kalan su, bir sıcak hava kurutucusunda buharlaştırılmadan önce, santrifüjlenerek uzaklaştırılmaktadır.

Her ne kadar günümüzde pek yaygın olarak uygulanmasa da, çilelerin yıkanması kesintili *çözgenle işlem ekipmanı* kullanarak da yapılabilmektedir. Bu işlem için tercih edilen çözgen perkloretilendir. Bu makinelerde tam kapalı sistem esasına göre çalışılmakta ve yatay bir tambur içerisinde, sırasıyla yıkama, durulama ve kurutma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tüm makineler, kullanılmış çözgeni damıtmak ve kurutmada açığa çıkan çözgen buharını geri kazanmak için çözgen geri kazanım sistemleriyle donatılmaktadırlar.

Çile ve bobin boyama işlemleri

Geleneksel olarak halı iplikleri çile halinde boyanmakta ve makinedeki flotte sirkülasyonu sayesinde hacimli veya dolgun olarak tanımlanan fiziksel özelliklere sahip iplikler elde edilmektedirler. Çile boyama makineleri çoğunlukla Hussong tipi makinelerdir.

Tekstil sanayiinin diğer sektörlerinde, daha yaygın olarak iplikler, delikli bir patrona sarılmış ve içerisinden boyama flottesinin basınç altında sirküle edilebildiği, bobin formunda boyanmaktadırlar. Bu işlem, çile boyamaya nazaran önemli maliyet avantajlarına sahiptir, çünkü ipliklerin boyama öncesinde çile haline getirilmesine ve işlem sonrasında da dokuma ve tafting işlemlerine hazırlık amacıyla tekrar bobinlere sarılmasına gerek kalmamaktadır. Yün ve yün karışımlı ipliklerde, bobin sarımı sırasında uygulanan gerilim, "ipliklerin uygun olmayan koşullarda fiksajına" ve sonuçta halı üretimi için gerekli fiziksel özelliklere sahip olmayan ipliklerin oluşumuna neden olmaktadır. Bununla birlikte, bu problemlerin üstesinden gelmenin bazı yöntemleri bulunmaktadır ve bobin boyama yöntemi halı ipliği boyama sanayiinde yavaş yavaş güven kazanmaktadır. Yün ipliklerinin bobin halinde boyanmaları için üç temel makine tipi kullanılabilmektedir: yatay sütunlu makineler, dikey sütunlu makineler veya tüp tipi makineler.

Çile ve bobin boyamada kullanılan makinelerin farklı olmalarına karşılık, boyama yöntem ve teknikleri aynı olduğu için, birlikte anlatılacaklardır.

Açık elyaf boyamacılığında olduğu gibi mekaniksel harmanlama ile rengin sonradan düzgünleştirilmesi olasılığı bulunmadığından iplik boyamacılığında düzgün boyama elde etmek için daha fazla özen gösterilmesi gerekmektedir. Rengin tutturulması için boyama flottesindeki fazla boyanın uzaklaştırılması veya gerekli görülen miktarda boyanın flotteye

ilave edilmesi yoluyla boyamaların düzeltilmesi gerekmektedir. Bu işlemler, iplik boyamacılıktaki kaynak tüketimini arttırmaktadırlar.

Liflerin fiziksel ve kimyasal lif bileşimlerindeki doğal varyasyonların bu önemli parametreler üzerindeki etkileri nedeniyle, yün boyamacılığında boyaların lifler tarafından alınma hızını ve miktarını önceden tam olarak belirlemek, sentetik liflerdekine nazaran daha zordur.

Yün ve PA karışımlı liflerden oluşan halı ipliklerinin boyanması boya ustalarının işlerini daha da zorlaştırmaktadır, zira iki lif belirgin şekilde farklı boyanma özelliklerine sahiptirler ve ticari olarak kabul edilebilir ürünler elde etmek için, özel boyama yardımcı maddelerinin kullanılması gerekmektedir. Düzgün boyama ile ilişkili problemler, çok az rengin tek bir boyarmadde ile elde edilebilmekte olduğu gerçeğiyle daha da yoğunlaşmaktadır. Zira çoğu renkler, lifler tarafından alım hızları farklı olabilen birden fazla boyarmaddenin çeşitli oranlarda birlikte kullanımını gerektirmektedir.

Genel yaklaşım, özel lif karışımlı numunelerle laboratuvar boyama (renk tutturma) denemelerinin yapılması ve ardından esas üretim partisinin boyanması sırasında laboratuvar değerlerinden % 5-10 kadar daha az miktarda boyanın aplike edilmesi ve istenen rengi tutturmak için küçük porsiyonlar halinde boya ilavelerinin yapılması esasına dayanmaktadır. Kullanılan boyarmaddelere bağlı olarak, flotteye ilave edilen boyaların düzgün bir şekilde migrasyonu desteklemek amacıyla, boyama flottesinin her ilave için soğutulması gerekebilmektedir.

"İstenen renge göre daha koyu tondaki" hatalı boyamalar, yüksek miktarlarda egaliz maddesi ilave edilmesi veya indirgen koşullarda boyarmaddenin liflerden sökülmesi ve daha sonra istenen rengi tutturmak için gerekli boyaların ilave edilmesiyle düzeltilebilmektedirler. Bu yöntem çoğu boyahanelerde son çare olarak uygulanmaktadır.

Bu renk tutturma işlemleri boyama proseslerinin temel adımlarından birini oluşturmaktadırlar, zira hem entegre bir tesisin kendi içerisindeki, hem de müşteriler için sipariş üzerine yapılan boyamaların çoğunda boyama, önceden belirlenmiş bir standart numuneye göre yapılmaktadır. Renk kontrolleri genellikle boyama ile standart numuneyi standart ışık altında gözle karşılaştırarak yapılmaktadır.

Tekstil sanayiinin diğer sektörlerinde sayısal bir değerlendirme yapmak amacıyla, boyanmış materyalden yansıyan ışınların belirlenmesi için, renk karşılaştırma spektralfotometrelerinin kullanılması daha yaygın bir durumdur. Bazı durumlarda standart numuneden hareket ederek yapılan bu ölçümler reçetelerin hazırlanmasında da kullanılabilmektedirler. Kesilmiş halı havlarını temsilen hazırlanan iplik numunelerinde sonucun mantıklı olabilmesi için, renk kontrolünde iplik uçlarının kullanılması gerektiğinden, bu teknikler halı ipliklerinde daha az başarılı olmaktadırlar. Bu zorluklarına rağmen, bazı üreticiler, partiler arası renk uyumunda sağladıkları önemli gelişmeler sayesinde materyal tüketimini de düşürdüklerini iddia ederek, bu teknolojiyi kullanmaktadırlar.

Çile boyama makineleri, hem kuru, hem de yaş ipliklerle yüklenebilmektedirler. İkinci durumda iplikler yıkama işleminden dolayı nem taşıyabilmekte veya yüklemenin düzgün olarak gerçekleşmesini desteklemek amacıyla özel olarak ıslatılmış olabilmektedirler. Bu teknik daha ziyade, yüksek büküm faktörlü büyük iplik çileleri yüklenirken uygulanmaktadır. Bobin boyama makineleri kuru yüklenmektedirler.

Yün ve PA liflerinin boyanmasında normal olarak kullanılan boyarmadde ve kimyasallar kullanılmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.7.4 ve 2.7.6.1). Boyamaya hazırlık normalde, 15-30 ˚C sıcaklıktaki suyun makineye doldurulması ve reçeteye göre gerekli asit, tuz ve boyama yardımcı maddelerinin ilave edilmesi işlemlerinden oluşmaktadır. Çile boyama

makinelerinde önceden çözülmüş boyarmaddelerin boyama flottesine ilavesinden önce, normal olarak kapak ve iplikler yukarıya doğru kaldırılmaktadırlar. Kapalı bobin boyama makinelerinde boyarmaddeler, makinelere bağlantılı olan ilave kaplarına konulmaktadırlar.

Isıtma programı başlatılmadan önce boyama flottesi 10-15 dakika makine içerisinde sirküle edilmekte ve ardından flotte sıcaklığı boyanın lifler tarafından alımını arttırmak amacıyla, boyama programına göre yükseltilmektedir.

Bu aşamada boyama ustası, çile boyama makinelerinde çileleri çıkararak ve bobin boyama makinelerinde ise makinenin numune bölümünden boyanmış iplik numunesini alarak hazırladığı boyama renk numunesini standart renk numunesiyle karşılaştırmaktadır. İstenen rengin tutturulduğuna karar verilmesi durumunda boyama işlemi sonlandırılarak boyama flottesi boşaltılmaktadır. Kontrol sonucunda boyarmadde ilavelerinin gerekli görüldüğü durumlarda ise, çile boyama makineleri ile çalışılıyorsa makine kısmen boşaltılıp yeniden soğuk suyla doldurularak veya bobin boyama makineleri ile çalışılıyorsa, eşanjörlerin içinden soğuk su sirküle edilerek boyama flottesi soğutulmaktadır.

Boyarmadde ilavesini takiben flotte sıcaklığı tekrar kaynama noktasına yükseltilmekte ve renk kontrolü için tekrar bir iplik numunesi alınmadan önce 30–60 dakika kaynatılmaktadır. Bu işlem, boya ustasının üretim partisinde istenen rengin tutturulduğundan emin olmasına kadar birkaç kere tekrarlanabilmektedir. Daha sonra kullanılmış boyama flottesi boşaltılmakta ve iplikler temiz su içerisinde 15–30 °C'da 15-20 dakika durulandıktan sonra, malı makineden çıkartmaya hazır hale getirmek için flotte makineden boşaltılmaktadır.

Bazı durumlarda kullanılmış durulama flottesi, çok az miktarda veya hiç artık boya içermemektedir. Bu suyun sıcaklığı boyamaya başlama sıcaklığına yakın olduğundan, su daha sonraki boyama işleminde kullanılmak üzere boyama makinesi içerisinde bırakılabilmektedir. Bu işlem su tüketimini % 50'ye kadar varan oranlarda azaltmaktadır.

Fonksiyonel bitim işlemlerinin uygulanması

Hem boyarmaddelerle birlikte, hem de boyama işlemlerinden sonra ayrı temiz su içeren flottelerde çeşitli fonksiyonel bitim işlemleri uygulanabilmektedir. Bunlar, haşerelere karşı koruyucu işlemler, güç tutuşurluk bitim işlemleri ve antistatik bitim işlemlerini kapsamaktadırlar.

Haşerelere karşı koruyucu işlemler

Sentetik piretroidler veya Sulcofron esaslı klasik olarak formüle edilmiş haşere ilaçları, banyoya boyarmaddeler ile birlikte ilave edilmekteydiler. Flottede kalan artık miktarını en aza indirmek ve kaçak emisyonları kontrol altına almak amacıyla, yöntemde bazı değişiklikler yapılmıştır. İpliklerin flotteye daldırılmaları ve boyanmaları sırasında oluşan dökülmeleri engellemek amacıyla formüle edilmiş ürünler günümüzde boyama banyosuna daha sonraki bir aşamada ilave edilmektedirler ve bunların lifler tarafından çekimini engellemeyen yardımcı kimyasal maddeler kullanılmaktadırlar. Asidik koşullar altında yapılan boyamaların emisyonları normalde izin verilen sınır değerler içerisinde kalmaktadırlar, fakat geçmiş tecrübeler daha nötr koşullar altında yapılan boyamalarda bu standartların tutturulamayacağını göstermiştir. Bu durumda haşerelere karşı koruyucu madde, formik asit içeren 70-80 ˚C'daki ayrı bir ard-işlem banyosunda uygulanabilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 4.8.4).

Antistatik bitim işlemleri

Hav ipliklerine uygulanan antistatik bitim işlemlerinin esasını liflere ılıman alkali ortamda uygulanan bir katyonik yüzey aktif madde sistemi oluşturmaktadır. Katyonik bileşikler,

anyonik boyarmaddelerle uyumlu değillerdir ve bu nedenle boya banyosuna ilave edilememekte ve bunun yerine boyama sonrasında yapılan bir ard-işlem ile aplike edilebilmektedirler. Proses, temiz su ile yeni banyonun hazırlanması, flotte pH'ının ayarlanması ve gerekli miktarda özel kimyasal maddenin flotteye ilave edilmesi adımlarından oluşmaktadır. Flotte sıcaklığı 60 °C'a yükseltilmekte ve bu sıcaklıkta 20–30 dakika çalışıldıktan sonra temiz su ile durulama işlemi yapılmaktadır.

Güç tutuşurluk bitim işlemleri

Yün ve yün karışımı lifler için en fazla zirkonyumflor komplekslerinin potasyum tuzları (potasyum hegzaflorozirkonat) kullanılmaktadır. Yün halı iplikleri için tipik uygulama koşulları aşağıdaki gibidir:

- eğer bulunuyorlarsa, etkileşim gösterebilecek olan sülfat ve fosfat iyonlarını uzaklaştırmak amacıyla durulama gerekmektedir
- banyo sıcaklığı 20-30 °C'a , pH hidroklorik asit (% 10 ağırlıkça) veya formik asit (% 15 ağırlıkça) ve sitrik asit (% 4 ağırlıkça) ile 3 olacak şekilde ayarlanmaktadır
- ağırlığının 10 katı sıcak suda çözünmüş potasyumhegzazirkonat (elde edilmesi istenen son özelliğe ve elyafa bağlı olarak ağırlıkça % 3'den % 8'e kadar bir oranda) ilave edilmektedir
- sıcaklık 1-2 °C/dk hızla 60 °C'a kadar yükseltilmekte ve bu sıcaklıkta 30 dakika bekletilmektedir
- soğuk suyla 10-20 dakika durulama yapılmaktadır.

Diğer işlemler

Yukarıda anlatılan, boyama ile bağlantılı olarak her zaman yürütülen bu fonksiyonel bitim işlemlerinin uygulamasına ek olarak, iplik boyama ekipmanları özellikle ağartma ve büküm fiksajı olmak üzere diğer spesifik iplik hazırlama veya bitim işlemleri için de kullanılabilmektedirler. Bunlar aşağıda ayrı ayrı açıklanmaktadırlar:

Ağartma

Sanayiide, bir oksidasyon ağartması ve takiben yapılan bir redüktif ağartmayla elde edilen nötr beyaz renk tercih edilmektedir. Tipik işlem koşulları şu şekilde olmaktadır:

1. iplikler, 40 °C'da % 3 (ağırlıkça) özel stabilizatör, % 1,5 (ağırlıkça) sodyumtripolifosfat, % 20 (ağırlıkça) hidrojenperoksit (% 35'lik) içeren flottede işleme tabi tutulmaktadırlar. Flotte sıcaklığı 70 °C'a yükseltilmekte ve 40 dakika bu sıcaklıkta sirküle edildikten sonra boşaltılmaktadır.
2. iplikler, % 0,2 (ağırlıkça) formik asit (% 85'lik) ve % 0,7 (ağırlıkça) sodyumhidrosülfit içeren yeni bir banyoya sokulmaktadırlar. Flotte sıcaklığı 50 °C'a yükseltilmekte ve 20 dakika bu sıcaklıkta sirküle edildikten sonra flotte boşaltılmakta ve soğuk suyla durulama yapılmaktadır.

İplik (boyama banyosunda) büküm fiksajı

Bu proses her zaman ayrı bir işlem olarak yürütülmemektedir. Aslında, iplik eğrilmesi sırasında verilen bükümler, yün ipliklerinin çile halinde boyanması sırasında kaynar boyama flottelerinde erişilen sıcaklıklarda liflerin içerisinde meydana gelen kimyasal değişimlerle stabilize olmaktadırlar.

Bununla birlikte, çile halindeki iplikler klasik çile boyama ekipmanlarında büküm fiksesine tabi de tutulabilmektedirler. Tipik işlem koşulları şu şekilde olmaktadır:

1. boyama flottesi sıcaklığı 80 °C'a yükseltildikten sonra, iplik ağırlığının % 5'i kadar sodyummetasülfit ilave edilmekte ve iplikler flotteye daldırılmakta ve flotte 15 dakika sirküle edildikten sonra makine boşaltılmaktadır
2. ardından da % 0,8 (ağırlıkça) hidrojenperoksit (% 35) içeren flotteyle 15 dakika soğuk durulama yapılmaktadır.

2.14.5.2 Entegre halı üretim işletmeleri

Tam entegre halı üreticileri, doğal ve sentetik liflerin bitmiş mamul halıya dönüştürülmesi için gerekli tüm mekaniksel ve yaş işlemleri (kasar, boyama, baskı ve bitim işlemleri) gerçekleştirmektedirler. Bu tür firmalar aynı zamanda, ham polimer besleme stoklarından kendi sentetik liflerini de üretebilmektedirler. Doğal liflere gelince, bazı durumlarda doğal lifleri seçip satın alabilmekte ve yapak yıkamadan boyamaya, iplik eğirmeye ve halı dokumaya/taftinge kadar tüm işlem zincirini gerçekleştirebilmektedirler. Ancak bu işlemlerin hepsi genellikle aynı birimde uygulanmamaktadırlar.

Liflerin nihai ürün olarak halıya dönüşmesi, üretilecek olan halının çeşidine göre farklı yollar izleyebilmektedir.

Tafting halı

İplikler :
- hem sentetik (PA, PP, PES, PAC), hem de doğal ştapel (kesikli) liflerden (yün ve pamuk)
- sonsuz filamentlerden, özellikle sentetik liflerden (PA, PP ve PES)

üretilebilmektedirler.

Zemin tabakaları (temel yüzeyler) genellikle :
- PP dokunmuş kumaşlar ve ağlardan
- PES dokunmuş kumaşlar ve ağlardan
- jüt kumaşlardan

oluşmaktadırlar.

Tafting halıların bitim işlemleri şunlardan oluşmaktadır:
- boyama ve/veya baskı
- kaplama
- mekaniksel bitim işlemleri
- kimyasal bitim işlemleri.

Diğer işlemler bitmiş haldeki halılara uygulanmaktayken, boyamalar ve kimyasal bitim işlemleri açık elyafa, ipliklere veya parça mamullere üzerine uygulanabilmektedirler.

İğneleme yöntemine göre üretilmiş nonwoven halılar

İğneleme yöntemine göre üretilen keçe tipi halıların üretiminde hemen hemen tüm lifler kullanılabilmektedirler (PA, PP, PES, PAC, yün, pamuk, jüt/sisal, hindistan cevizi lifi ve viskoz). Ancak çoğunlukla yapay lifler kullanılmaktadırlar.

İğneleme yöntemiyle üretilen nonwoven halıların bitim işlemleri:
- boyama (nadiren yapılmaktadır)
- kaplama
- mekaniksel bitim işlemleri (nadiren)
- kimyasal bitim işlemleri.

Dokuma halılar

Dokuma halı üretiminde hem doğal, hem de sentetik lifler kullanılmaktadırlar.

Halılar boyanmış ipliklerle dokunmaktadırlar (yani dokuma halı üretiminde parça boyama uygulanmamaktadır). Daha sonra dokunmuş halı, mekaniksel ve kimyasal bitim işlemlerine tabi tutulmaktadır.

3 EMİSYON VE TÜKETİM SEVİYELERİ

Tercüme edenler: Teks.Müh. Mustafa Bahar (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Arş.Gör. Çiğdem Karadağ (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü) Arş.Gör. İbrahim Bahtiyari (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

3.1 Giriş

Tekstil sanayii ile ilgili temel çevresel sorunlar, Bölüm 2'de her bir işlem için ayrı olarak ve ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Tekstil sanayii daima su-yoğun bir sektör olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle esas çevresel endişe, boşaltılan su miktarı ve bunun taşıdığı kimyasal yükle ilgili olmaktadır. Diğer önemli sorunlar, enerji tüketimi, hava emisyonları, katı atıklar ve belirli işlemlerde büyük bir sorun olabilen kokulardır.

Havaya emisyonlar genellikle kaynaklandıkları noktada toplanmaktadırlar. Çeşitli ülkelerde uzun süreden beri kontrol edildiklerinden, belirli işlemlerin havaya emisyonları hakkında yeterli tarihsel veri bulunmaktadır.

Suya emisyonlarda ise, böyle bir durum söz konusu değildir. Farklı işlemlerden gelen çeşitli atık su akımları, nihai bir atık su oluşturmak üzere birbirleriyle karıştırılmaktalar ve bu nihai atık suyun karakteristik yapısı şu faktörlerin birleşiminden oluşmaktadır:

- terbiye edilen liflerin cinsleri
- işlem gören malların cinsleri
- uygulanan teknikler
- işlemlerde kullanılan kimyasalların ve yardımcı maddelerin türleri.

Ayrıca, üretimin sadece yıl içerisinde değil (sezon değişimi ve moda nedeniyle) fakat gün içerisinde de (üretim programına bağlı olarak) büyük değişiklikler göstermesi, oluşan emisyonların standartlaştırılmasını ve karşılaştırılmasını iyice zorlaştırmaktadır.

Belirli işlemlerin sistematik bir analizinin yapılması ideal bir yaklaşım olacaktır, fakat yasal taleplerin belirli proseslerden ziyade nihai atık sulara önem vermeleri gibi birçok nedenlerden dolayı, veri elde edilebilirliği çok yetersizdir.

Atık su emisyonlarının tanımlanmasındaki bu sınırlandırmalar göz önünde tutularaktan, dar kapsamlı kategorilerin tanımlanmasının ve sonra aynı kategoriye ait işletmelere ait kütle akımlarının birbirleriyle karşılaştırılmasının uygun bir yol olacağı kanıtlanmıştır. Bu yaklaşım, aynı kategorideki işletmelerin tüketim ve emisyon faktörlerinin karşılaştırılmasıyla kaba bir ön değerlendirme yapılmasını sağlayarak, benzer aktiviteler arasındaki belirgin farklılıkların ve temel sorunların tanımlanmasını ve verilen verilerin doğrulanmasını mümkün kılmaktadır.

Bu nedenle girdi/çıktı çalışmaları, kütle akımlarına toplu bir bakışla başlayıp, göz önüne alınması gereken tekil prosesler ve/veya ürünlerin daha detaylı analizleriyle sonuçlanacak şekilde adım adım ele alınmalıdır.

Bu, Bölüm 2'de (Bölüm 2.14) belirtilen tüm sanayi kategorileri için, bu bölümde takip edilecek yaklaşımdır. Bunun tek istisnası, bu bölümün sonunda Bölüm 3.5 ve Bölüm 3.6'da ele alınacak olan katı atık ve koku sorunlarıdır. Bu bölümde yer alan tablolardaki verilerin, sadece örnek olarak verilen değerler olduğu dikkate alınmalıdır.

3.2 Yapak yıkama işletmeleri

3.2.1 Su ile temizleme ve yıkama

Bu bölüm, Bölüm 2.14.1'de kısaca tanımlanan genel özelliklere sahip olan şirketlerin iyi tanımlanmış bir kategorisinden söz etmekte olup, yapak yıkama işleminin kendisi Bölüm 2.3.1.1'de anlatılmaktadır. Bu bölümde verilen bilgiler, 1997/98 yıllarında Avrupa Birliği'ndeki yapak yıkamacılığı ve atık su arıtılması uygulamaları hakkında ENco tarafından INTERLAINE adına hazırlanan bir sanayi raporunun içeriğini yansıtmaktadır.

Yapak yıkama işlemleri yapılan Üye Ülkeler'in her birinden alınan yanıtların sayısı aşağıda belirtilmektedir:

Belçika	0
Fransa	2
Almanya	1
İtalya	1
Portekiz	2
İspanya	1
Birleşik Krallık	5
Toplam	*12*

Bunlara ek olarak bir Avrupa şirketinin Avustralya'daki tedarikçisi tarafından doldurulan bir anket formu ile ikinci bir aşamada bazı İtalyan işletmeleri tarafından hazırlanan bir veri grubu sunulmuştur ([193, CRAB, 2001]).

Yıllık üretim miktarları, 3000 ile 65000 ton yağıltılı yapak arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Çalışma saatleri de, haftada 7 gün günde 24 saat çalışmadan, haftada 5 gün günde 15-16 saat çalışmaya kadar değişmektedir.

Bölüm 2.3.11'de de anlatıldığı gibi, yapak yıkama ve durulama flottelerinin sirkülasyon düzenlemeleri çok farklı şekillerde olabilmektedir. Yıkanan yapağının cinsine (ince veya kaba) ve içerdiği yabancı maddelere bağlı olarak, işlem koşullarında da önemli farklılıklar bulunmaktadır. Tüm bu faktörler, uygulanan atık su arıtma yöntemiyle birlikte, yapak yıkama işletmesinden çıkan atık suyun kalitesini etkilemektedirler. Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te farklı yapak yıkama işletmelerinden toplanan veriler özetlenmektedirler. Uygulanan flotte işleme sistemiyle, bunun sonucu olarak ortaya çıkan tüketim ve emisyon seviyeleri arasında bir ilişki kurabilmek amacıyla, bazı işletmeler kendi aralarında gruplandırılmışlardır. İşletmelere ait orijinal tanımlama harfleri korunmuştur. Daha kolay karşılaştırılma yapılmasını sağlayabilmek için, ince, çok ince ve kaba yapak yıkayıcıları ayrı gruplar halinde değerlendirilmektedirler.

İNCE YAPAK	**İşletme F**	**İşletme E**	**İşletme G**	**İşletme J**	**İşletme N**
Devre	Yok	Var		Var	
Geri dönüşüm	Yok	Var		Var (a.s. arıtma tesisinden)	
Su tüketimi (l/kg y.y.)					
Brüt:	6,67	saptanmadı	6,3	saptanmadı	5,00
Geri dönüştürülen:					
- yağ geri kazanım devresinden:	0	saptanmadı	3,33	saptanmadı	1,31
- durulama atık sularından:	0	0	0	0	0
- a.s. arıtımından	0	0	0	2,37	2,38
Net:	6,67	10,00	2,97	0,36	1,31
Deterjan (g/kg y.y.)	7,78	15,83	5,96	4,50	6,15
Builder (g/kg y.y.)	4,20	0,00	saptanmadı	5,55	3,84
Geri kazanılan yağ (g/kg y.y.)	34,5	71[(a)]	27	19,10	34,6
Toplamın %'si	25-30		20	20	25-30
a.s. arıtımından önce KOİ (g/kg y.y.)					
- durulama suyu akıntısından		13,40	saptanmadı	saptanmadı	7,35
- yapak yıkama akıntısından		saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı	143

Kaynak : [193, CRAB, 2001]
Notlar:
y.y. = yağıltılı yapak
Devre = yapak yıkama suyuna geri dönüştürülme imkanına sahip, kir uzaklaştırma ve/veya yağ geri kazanım devresinin kullanımı
Geri dönüşüm = atık su arıtma tesisinden ve/veya durulama teknelerinden gelip UF (Ultrafiltrasyon)'dan geçirilerek geri dönüştürülen suyun kullanımı
Brüt = toplam yıkama akıntısı, örn. temiz ve geri dönüştürülen su beslemelerinin toplamı;
Net = net tüketim
a.s. = atık su
[(a)] santrifüjal yağ+asitle parçalanmış yağ

Tablo 3.1 : Yapak yıkama işlemlerinde kütle akımlarına genel bakış (ince yapak)

KABA YAPAK	İşletme C	İşletme H	İşletme L
Devre	Yok	Var	Var
Geri dönüşüm	Yok	Yok	Var (UF ile durulama haznesinden)
Su tüketimi (l/kg y.y.)			
Brüt:	13,20	10,28	saptanmadı
geri dönüştürülen:			
- yağ geri kazanım çevriminden:	0	5,71 [a]	saptanmadı
- durulama atık sularından:	0	0	saptanmadı
- a.s. arıtımından	0	0	saptanmadı
Net:	13,20	4,57	1,80
Deterjan (g/kg y.y.)	9,09	8,00	7,00
Builder (g/kg y.y.)	7,09	1,00	7,00
Geri kazanılan yağ (g/kg y.y.)	0	13	7,5
% toplam	0	25	15
a.s. arıtımından önce KOİ (g/kg y.y.)			
- durulama suyu akıntısından	saptanmadı	4,46	1,6
- yapak yıkama akıntısından	saptanmadı	218,5	105,2 [b]

Kaynak : [193, CRAB, 2001]
Notlar:
y.y. = yağıltılı yapak;
Devre= yapak yıkama suyuna geri dönüştürülme imkanına sahip kir uzaklaştırma ve/veya yağ geri kazanım devresinin kullanımı
Geri dönüşüm= atık su arıtma tesisinden ve/veya durulama teknelerinden gelip UF (Ultrafiltrasyon)'dan geçirilerek geri dönüştürülen suyun kullanımı
Brüt = toplam yıkama akıntısı, örn. temiz ve recycle edilen su beslemelerinin toplamı;
Net = net tüketim
a.s. = atık su
[a] iki ayrı geri kazanım devresine sahip işletme (biri kir uzaklaştırma, diğeri yağ geri kazanımı için)
[b] UF sisteminden gelen konsantre + yağ geri kazanım devresinden gelen atık akıntısı

Tablo 3.2 : Yapak yıkama işlemlerinde kütle akımlarına genel bakış (kaba yapak)

ÇOK İNCE YAPAK [(a)] (15-22 µm)	**Tesis 1**	**Tesis 2**	**Tesis 3**	**Tesis 4**
Devre	Var	Var	Var	Var
Geri dönüşüm	Yok	Yok	Yok	Yok
Su tüketimi (l/kg y.y.)				
Brüt:	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı
geri dönüştürülen:				
- yağ geri kazanım çevriminden:	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı
- durulama tık sularından:	0	0	0	0
- a.s. arıtımından	0	0	0	0
Net:	13,3	14	7,1	8,1
Deterjan (g/kg y.y.)	6,8	4,62	7,7	13,8
Builder (g/kg y.y.)	12,3	15,2	12	20,3
Geri kazanılan yağ (g/kg y.y.)	30,9	42	31,7	32,5
% toplam	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı
a.s. arıtımından önce KOİ (g/kg y.y.)				
- durulama suyu akıntısından	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı
- yapak yıkama akıntısından	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı	saptanmadı
a.s. arıtma tesisinden gelen çamur (g/kg y.y.)	510	432	353	325

Kaynak : [193, CRAB, 2001]
Notlar:
y.y. = yağıltılı yapak
Devre = yapak yıkama suyuna geri dönüştürülme imkanına sahip kir uzaklaştırma ve/veya yağ geri kazanım devresinin kullanımı
Geri dönüşüm = atık su arıtma tesisinden ve/veya durulama teknelerinden gelip UF (Ultrafiltrasyon)'dan geçirilerek geri dönüştürülen suyun kullanımı
Brüt = toplam yıkama akıntısı, örn. temiz ve geri dönüştürülen su beslemelerinin toplamı;
Net = net tüketim
a.s. = atık su
(a) Bu rapordaki tüm diğer üretim özgül değerleri gibi yağıltılı yapak tüketimine ilişkin rakamlar. Orijinal referans kaynağında, üretime özgü değerler temiz yüne (yağıltılı yapağın yaklaşık % 60-70'i) aittir.

Tablo 3.3: Yapak yıkama işlemlerinde kütle akımlarına genel bakış (ekstra ince yapak)

Su kullanımı

Yapak yıkama sanayii yüksek su tüketimiyle meşhurdur. Araştırılan şirketlerde daha düşük değerler gözlendiği halde, [18, VITO, 1998] klasik tesislerde su tüketim miktarını 1 kg yağıltılı yapak için 10-15 l olarak bildirmektedir.

Net özgül tüketim, suyun yapak yıkama teknelerine geri dönüşümünün sağlandığı bir yağ ve kir geri kazanım devresinin kurulmasıyla azaltılabilmektedir. Benzer geri dönüşüm teknolojisinin durulama atık sularına uygulanması da mümkündür. İşletme L, böyle bir donanıma sahip olup, durulama suyunu ultrafiltrasyon kullanımıyla arıtmaktadır.

Yukarıda değinilen sisteme entegre edilmiş geri dönüşüm düzenlemelerine ek olarak, buharlaştırıcılı atık su arıtma tesisleri bulunan işletmelerde buharlaştırıcı kondensatını, yapak yıkama ve/veya durulama teknelerinin beslenmesinde tekrar kullanmak da mümkündür. Araştırılan işletmelerden beş tanesi atık sularını buharlaştırmayla muamele etmektedirler, fakat bunlardan sadece üç tanesi kondensatı geri dönüştürmektedir. Kondensatı geri dönüştürmeyenlerden biri, bunun sebebi olarak, işletmede amonyak ve kokuların oluşumu ile ilgili problemleri göstermektedir.

İnce yapak yıkanmasında, yapak yıkamadaki brüt su kullanımı, İşletme N'de olduğu gibi 5 l/kg'dan, İşletme E'deki gibi 10 l/kg'ın üzerindeki değerlere kadar geniş bir yelpazede

değişmektedir. Bunlardan ikincisi, esasında İşletme G ile benzer koşullarda işlem yapmaktadır, fakat bu işletme atık suların toplanması, filtrasyonu ve tasfiyesi için eski ve karmaşık bir sisteme sahiptir ki, büyük bir olasılıkla daha düşük performansının sebebi de budur. İşletme G yapak yıkama flottelerini İşletme N'den 3 kat daha fazla oranda geri dönüştürmektedir.

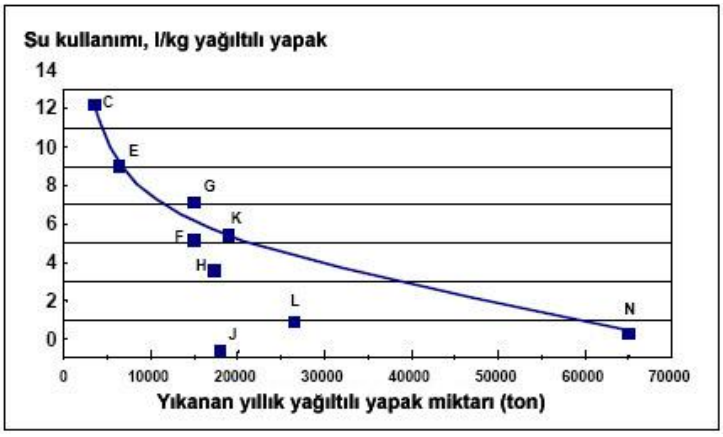
Hatta net su tüketimleri, brüt flotte sirkülasyonlarına göre daha büyük bir farklılık göstermektedirler (İşletme E'de olduğu gibi 10 l/kg'dan, İşletme J için 0,36 l/kg'a kadar). Bunlardan ikincisindeki düşük net özgül su tüketimi, atık su arıtma tesisinden (anaerobik havuzda stabilizasyon/buharlaştırma) gelen kondensatın tamamının geri dönüşümü ve buna ek olarak yağ/kir uzaklaştırma devresi gibi işleme entegre edilmiş bir geri dönüşüm sistemiyle, tam belirtilmemiş bir miktarda suyun geri dönüşümü sayesinde sağlanmaktadır.

Kaba yapak yıkayıcılardan ikisi, ilk yıkama teknesine geri dönüşüm sağlayan bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanım devresine sahiptirler; bunlardan birisi durulama suyu geri dönüşüm devresine de sahiptir (İşletme L). Bu yapak yıkayıcılarının üçü de, yıkama makinesinin son teknesinde hidrojenperoksit kullanarak ve bu ağartma teknelerini ters akımdan ayırarak, ağartma yapmaktadırlar.

İşletmelerin ikisinde yapak yıkama makinesindeki brüt sirkülasyonu hesaplamak mümkün olmaktadır. Bunların ikisi için bulunan değerler de, ince yapak yıkayıcılarından biri hariç diğerlerinde rastlanan değerlerden önemli derecede daha yüksektir. Bu durumun nedeni, kaba yapakların ince yapaklardan daha fazla kir içermesi olabilir [187, INTERLAINE, 1999].

Bu üç işletmedeki net su tüketimleri büyük ölçüde farklılıklar göstermektedir. İşletme C, incelenen ince ve kaba yapak işleyen işletmelerin hepsinin arasında en yüksek net su tüketimine sahip olandır. Bu işletme hiç flotte geri dönüşümü gerçekleştirmemektedir. İşletme H, bu araştırmada rastlanan en yüksek kapasitedeki kir uzaklaştırma/yağ geri kazanım devresinin kullanımı sayesinde, orta seviyede bir net su tüketimine sahiptir. İşletme L, düşük net tüketimi sağlamak için, durulama suyunun geri dönüşümünü gerçekleştirmektedir ve tahminen başka geri dönüşüm düzenlemelerine de sahiptir.

Net su tüketiminde olası bir rol oynayan diğer bir faktör de, üretim miktarıdır. Şekil 3.1, net tüketimin üretim miktarına bağlı olarak değişiminin işaretlendiği grafikte, üretim miktarı arttıkça net özgül su tüketiminin bir düşme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Grafikte çizilmiş olan normal tüketim eğrisinin belirgin şekilde altında kalan net su tüketimine sahip işletmeler de bulunmaktadır.



Şekil 3.1: Üretim hacmine karşın net özgül su tüketimi
[187, INTERLAINE, 1999]

Su tüketimi ile üretim miktarı arasındaki bu ilişkinin birçok sebebi bulunabilmektedir. Büyük şirketlerin ölçek ekonomikliğinin yanında, belki de en önemli sebep, işletmelerin, su tüketimini azaltmanın ekonomik yönlerini algılamadaki farklılıktır. Bazı orta büyüklükte işletmeler gerekli yatırımı yapmak için kendilerini yetersiz hissedebilmekte veya bu işe tahsis etmek için yeterli personel kaynaklarına sahip olamayabilmektedirler [187, INTERLAINE, 1999].

Tablo 3.3'te yer alan işletmelerde uygulanan yağ geri kazanım devrelerinin özellikleri hakkında detaylı bilgi sunulmamıştır. Bu nedenle, tabloda bildirilen su tüketim seviyeleri hakkında yorum yapmak mümkün olmamaktadır.

Yağ geri kazanımı

Yağ geri kazanım tesisine sahip olmayan bir yapak yıkayıcısı (İşletme C) bulunmaktadır, diğer işletmeler ise bir ton işlenmiş yağıltılı yapaktan 8 ile 71 kg arasında yağ geri kazanımı sağlamaktadır. Bu aralığın alt değerlerinde yağ geri kazanımı sağlayan yapak yıkayıcıları (İşletme H, 13 kg/ton ve İşletme L, 8 kg/ton) tamamen veya çoğunlukla daha düşük yüzdelerde ve santrifüjal olarak ayrılması daha zor olan daha fazla oksidize olmuş haldeki (daha az hidrofob) yağ içeren kaba yapak yıkayıcılarıdır. En yüksek yağ geri kazanımı sağlayabilen İşletme E, bir ton işlenmiş yünden 71 kg yağ geri kazanmaktadır. Bu işletme bir santrifüjal yağ geri kazanımı ile asit parçalaması tesisi bulunan bir ince yapak yıkayıcısıdır. Asit parçalaması tesisi düşük kalitede bir yağ üretmektedir ve bu da genellikle satılamadığından ve toprağa doldurulması gerektiğinden, bir yan ürün olmaktan ziyade, bir atık olarak değerlendirilmelidir. Bir ton ham yapaktan 22 ile 42 kg arasında değişen miktarlarda (ortalama 30 kg/ton) yağ geri kazanımı sağlayan diğer işletmeler, tamamen veya ağırlıklı olarak ince yapak yıkayıcılarıdır.

Kimyasal madde kullanımı

Yapak yıkayıcıları tarafından kullanılan en önemli kimyasal maddeler, deterjanlar ve builder'lardır. Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilen verilere göre, yapak yıkayıcılarının yedisi alkoletoksilat esaslı ve beşi de alkilfenoletoksilat esaslı deterjan kullanmaktadırlar (veriler sadece iki işletme için verilmektedir). İki Birleşik Krallık (BK) yapak yıkayıcısının, koyun yünündeki işaretleme boyalarını uzaklaştırmak için "çözgen destekli deterjan" kullandığı da bildirilmektedir. Sekiz yapak yıkayıcısı builder olarak sodyumkarbonat, ikisi sodyumhidroksit kullanmaktadır ve iki tanesi de builder kullanmamaktadır.

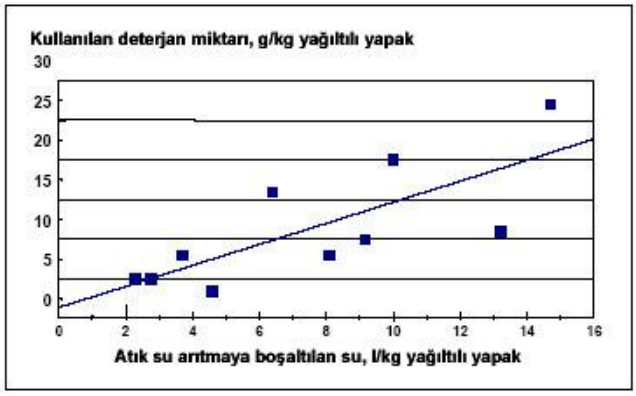
Tablo 3.3'te bahsedilen çok ince yapak yıkama işletmelerinde kullanılan deterjanların tipleri hakkında bilgi sunulmamıştır.

Kaba (halı) yapak yıkayıcılarından müşterileri çoğu zaman elyafın son durulama teknesine asit ve hidrojenperoksit ilave edilerek ağartılmasını istemektedirler. Yapak yıkayıcılarının beşi bunu rutin olarak veya arasıra yapmaktadırlar.

Beş adet alkilfenoletoksilat kullanıcısı, bir kg yağıltılı yapak için ortalama 8,0 g (5-16 g/kg arasında değişmektedir) deterjan kullanırken, yedi adet alkoletoksilat kullanıcısı, bir kg yağıltılı yapak için ortalama 9,1 g (3,5-16 g/kg arasında değişmektedir) deterjan tüketmektedirler. Bu nedenle, ne ekonomik oluş, ne de çoğu zaman iddia edilen alkilfenoletoksilatların, alkoletoksilatlardan daha etkin olduklarına dair bir kanıt bulunmamaktadır.

İnce yapakların yıkanması için kaba yapaklara nazaran daha fazla deterjanın kullanılması gerektiği de, sıkça rastlanan bir iddiadır. Araştırmalar, kaba yapak yıkayıcılarının bir kg yağıltılı yapak için ortalama 8,5 g (3,5-16 g/kg arasında değişmektedir) deterjan, ince yapak yıkayıcılarının da 7,5 g (5-10 g/kg arasında değişmektedir) deterjan kullandıklarını göstermektedir, yani bu iddianın da temelsiz olduğu görülmektedir.

Şekil 3.2, kullanılan deterjan miktarı ile işletmelerin arıtma tesislerine boşalttıkları atık sulardaki deterjan miktarı arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Yapak yıkama makinesinden boşaltılan deterjanın kaybolmasına karşılık, yağ geri kazanım/kir uzaklaştırma devresi yoluyla deterjanın geri dönüştürülmesi, bunun büyük bir kısmının yapak yıkama makinesinde kalmasını sağlamaktadır. Bu listelerin oluşturulmasında kullanılan değerlerin, yıllık kullanım miktarlarının toplam işlem görmüş yapak miktarlarına bölünmesiyle hesaplandığı ve dolayısıyla daha önce gösterilen tablolardaki (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2) yıkama teknelerine koyulan deterjan miktarlarından farklı olabilecekleri göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.2 : Kullanılan ve arıtma akıntısına boşaltılan deterjan oranı arasındaki ilişki [187, INTERLAINE, 1999]

Diğer taraftan builder'lar için, yün tipine, deterjan tüketimine veya tipine veya işlem büyüklüğüne ait belli bir ilişki bulunmamaktadır.

Birçok yapak yıkayıcısının temizleme amacıyla, çeşitli miktarlarda asit ve alkali kullandıkları da bildirilmektedir. Bunlar, hidroklorik, nitrik, fosforik ve sülfürük asitler, organik ve inorganik asitlerin bir karışımı ile sud kostiktir. Su yumuşatma tesisinin rejenerasyonu için sodyumklorür kullanımından da bahsedilmiştir. Bazı yapak yıkayıcıları tarafından atık su arıtma işlemlerinde de önemli miktarlarda kimyasal madde kullanılmaktadır, fakat bu hususta oldukça az veriye ulaşılabilmektedir [187, INTERLAINE, 1999].

Enerji tüketimi

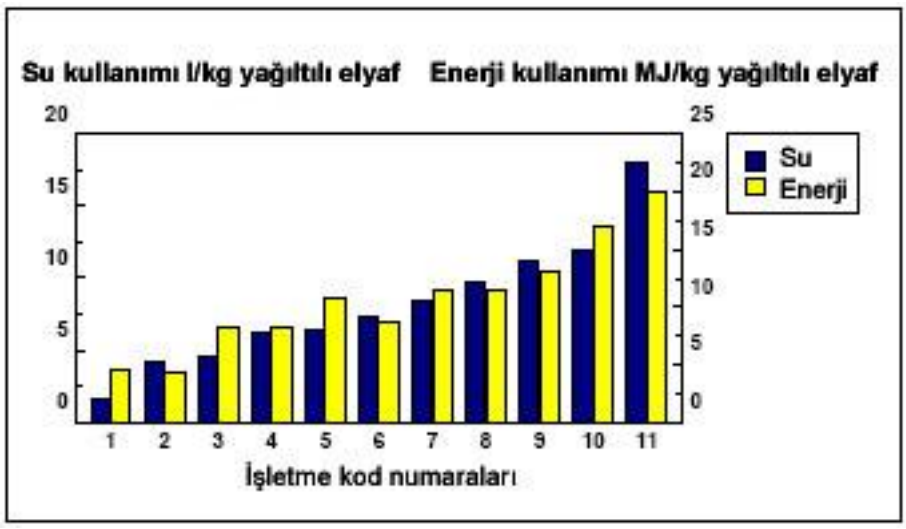
Bu araştırmada yer alan işletmelerden enerji tüketim değerlerini vermeleri istenmemiştir. Burada verilen değerler, 1998'de Birleşik Krallık'ta gerçekleştirilen bir araştırmadan[3] elde edilmişlerdir.

Şekil 3.3, verilerin alındığı 11 işletmenin özgül net su tüketimleri (l/kg yağıltılı yapak) ile özgül net enerji tüketimlerini (MJ/kg yağıltılı yapak) göstermektedir (bildirilen veriler, sadece yapak yıkama işlemine ait olup, atık su arıtma tesisinin enerji tüketimini içermemektedirler).

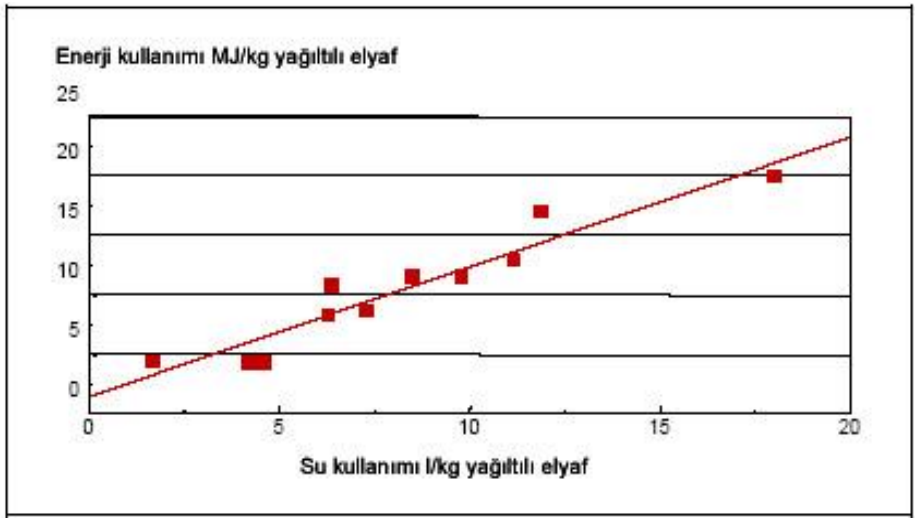
Enerji ve su tüketimi arasındaki ilişki açık bir şekilde görülmekte olup, enerji tüketiminin su tüketimine karşı değişiminin gösterildiği Şekil 3.4'te vurgulanmaktadır. Kullanılan tüketim değerleri, mümkün olduğunca sadece yapak yıkama ve atık su arıtma gibi bununla ilgili işlemlere ait değerlerdir.

[3] M Madden, ENco, kişisel iletişim, 1999.

Enerji ve su tüketimlerinin her ikisi de büyük oranda farklılıklar göstermektedirler. Enerji tüketimi, 4,28 ile 19,98 MJ/kg (ortalama 9,29 MJ/kg) ve su tüketimi de 1,69 ile 18,0 l/kg (ortalama 8,16 l/kg) arasında değişmektedir. Korelasyon için R^2 değeri 0,906'dır.

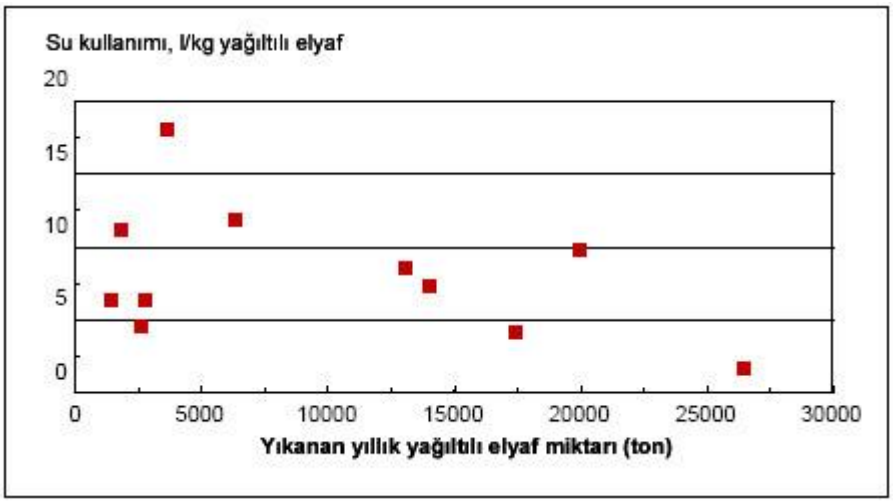


Şekil 3.3: 11 BK yapak yıkama işletmesinde enerji ve su tüketimi
[187, INTERLAINE, 1999]



Şekil 3.4: 11 BK yapak yıkama işletmesinde su tüketimine karşın enerji tüketiminin değişimi
[187, INTERLAINE, 1999]

Birleşik Krallık'ta yapılan çalışmada, su tüketimindeki farklılıkları ile üretim miktarları arasında (Avrupa çapındaki araştırmada olduğu gibi) bir ilişki bulunamamıştır. Şekil 3.5'e bakınız.



Şekil 3.5: 11 BK yapak yıkama işletmesinde üretime karşın su tüketimi [187, INTERLAINE, 1999]

Enerji ve su tüketimi arasındaki ilişkinin muhtemelen iki nedeni bulunmaktadır. Bunlardan daha belirgin olanı, yapak yıkanmasında tüketilen ısı enerjisinin büyük kısmının suların ısıtılmasında kullanılmasıdır. Daha az belirgin olanı ise, su tüketiminin azaltılmasında zaman ve çaba (belki de sermaye) harcayan işletmelerin, enerji tüketiminin azaltılmasına da dikkat edecek olmalarının beklenmesidir. Bu varsayım, bir litre suyun yapak yıkama teknesinde kaynama sıcaklığına kadar ısıtılması için 0,21 MJ tüketilmesine karşılık, yukarıda verilen Şekil 3.4'teki regresyon çizgisi eğiminin 1,09 MJ/l olması tarafından da desteklenmektedir [187, INTERLAINE, 1999].

Kimyasal Oksijen İhtiyacı

INTERLAINE dokümanında atık su arıtımından önceki özgül KOİ yükleri, sadece birkaç işletme için belirtilmektedir (bkz. Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3). Bununla birlikte, son özet kısmında, ham yapağının KOİ değerinin genel olarak 150-500 g/kg aralığında olabileceği tahmin edilmiştir (bkz. Şekil 3.6).

İşlemin hemen sonrasındaki atık suların KOİ değerleri, ham maddede bulunan kirliliklerin miktarından ayrı olarak, yağ ve kir geri kazanım sisteminin etkinliğinden de etkilenmektedir. KOİ yükünün oluşumunda deterjan en küçük etken olarak görülebilirken, gerçekte temel etkenler: yün yağı, kiri ve teridir. Bu açıdan mevcut veriler kullanılarak ve şunlar dikkate alınarak, özgül KOİ yükleri kabaca tahmin edilebilmektedir:

- ham yapağının içerdiği KOİ miktarı (bir ton ince ham yapakta 556 kg KOİ ve bir ton kaba ham yapakta 315 kg KOİ, ayrıca bkz. Bölüm 2.3.1.2)
- atık sudan uzaklaştırılan/geri kazanılan yağ miktarı (KOİ'na temel katkının yağdan kaynaklandığı varsayımıyla).

Araştırılan işletmelerin atık su arıtma işleminden sonraki KOİ seviyelerine ilişkin mevcut veriler Tablo 3.4'te özetlenmektedir. İşletmeler kendi aralarında doğrudan boşaltanlar (yüzey suyuna doğrudan boşaltan işletmeler) ve dolaylı boşaltanlar (bir ön arıtma işleminden sonra kanalizasyona boşaltanlar) olarak ikiye ayrılmışlardır. Bir işletme, buharlaştırma işlemi ile atık suyu tamamen geri kazanabilmektedir ve böylece bu işletmenin hiç atık su boşaltımı yoktur.

Tablo 3.4'teki değerlerin bir kısmı, elde edilen diğer verilerden hesaplanmakta veya tahmin edilmektedirler. İşletmelerden doğrudan alınan değerlerin, hesaplanan veya tahmin edilen verilerden ayrılması için, bunlar kalın harflerle yazılmaktadırlar.

Ön işleme alınmış atık suyu kanalizasyona boşaltan yapak yıkama işletmelerindeki işlemlerin bir sonucu olarak çevreye verilen KOİ yükünün hesaplanmasında, atık su arıtma işlemlerindeki KOİ uzaklaştırma oranının % 80 olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımı destekleyen çok kuvvetli bir kanıt olmamasına rağmen, bunun uygun bir uzaklaştırma oranı olduğuna inanılmaktadır.

Anketi yanıtlayan işletmeler tarafından uygulanan işlemler, tüm işlem tiplerini (koagülasyon/flokülasyon, buharlaştırma, membran filtrasyonu ve aerobik/anaerobik biyolojik arıtma) içermektedirler.

Ancak ne yazık ki bunlar arasında atık su arıtma işlemlerinin tüm alt tipleri yer almamaktadırlar. Örneğin, ankete cevap veren işletmelerden hiçbiri, atık su akımına koagülasyon/flokülasyon maddelerinin eklenmesinden sonra, ayırma yöntemi olarak çözünmüş hava flotasyonu (DAF) yöntemini uygulamamaktadırlar (hepsi, ya dekantasyon santrifüjleri veya hidrosiklon kullanmaktadırlar).

Sadece bir işletme membran filtrasyonu kullanmaktadır (burada sadece durulama atık suyuna ultrafiltrasyon (UF) uygulanması söz konusudur) diğer membran filtrasyonu çeşitleri yer almamaktadırlar. Yapak yıkama atık suyunu arıtmak için yalnızca anaerobik sindirim kullanan işletmeler de, İtalya'da böyle bir işletmenin varlığı bilinmesine rağmen, temsil edilmemektedirler.

İtalya'da klasik aerobik biyolojik arıtma (belediyelerin pis su arıtımı için kullandıklarına benzeyen tesisler) ve aerobik ve anaerobik biyolojik arıtma kombinasyonlarını kullanan işletmeler de bulunmaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

İşletmelerden dört tanesi atık sularını yüzey sularına doğrudan boşaltmaktadırlar. Bunların ikisi (C ve N işletmeleri) boşaltmadan önce atık sularını yüksek düzeyde arıtmaktadırlar. Şaşırtıcı bir şekilde, diğer ikisi de atık sularını hiç arıtmadan boşaltmaktadırlar.

İşletmelerden bir tanesinin ankete cevap verdikten sonra bir flokülasyon/koagülasyon atık su arıtma tesisi kurduğu bilinmektedir.

İşletme J, atık suları buharlaştırarak arıtma işleminden sonra tamamen geri dönüştürmektedir. İşletme N, yapak yıkama atık sularını buharlaştırma ve biyolojik filtrasyon ile arıtma işlemlerinden sonra geri dönüştürmekte, fakat durulama atık sularını uzun süreli havalandırma ile arıtma işlemini takiben, yüzey sularına boşaltmaktadır.

Geri kalan tüm işletmeler (sayı olarak 6 tane) atık sularını kanalizasyona boşaltmaktadırlar ve bunların hepsinde de boşaltılan atık sular, bir belediye pis su arıtma tesisinde aerobik biyolojik arıtma işlemine tabi tutulmaktadır. İşletmelerin çoğunluğu (dördü) atık suların işletme içi ön arıtması için, fizikokimyasal koagülasyon/flokülasyon yöntemlerini kullanmalarına rağmen, sadece İşletme K, hem durulama atık sularını, hem de yıkama atık sularını arıtmaktadır.

	İşletmede yapılan arıtma		İşletmede yapılan arıtma sonrası KOİ		Çamur	Merkezi arıtmadan sonra KOİ	İşletme
	Yapak yıkama flottesi	**Durulama flotteleri**	**(mg O_2/l)**	**(g/kg)**	**(g/kg)**	**(g/kg)**	
Boşaltma yok	Yapak yıkama (yağ geri kazanımından sonra) ve durulama flotteleri anaerobik havuzda stabilizasyon ve buharlaştırma işlemlerinden sonra geri dönüştürülmektedir		0	0	55	0	J
Direkt boşaltma	Yok		19950 c)	299 c)		299 c)	B
	Yok		19950 c)	299 c)		299 c)	D
	Buharlaştırıcı (yağ geri kazanım tesisi olmayan işletme)		**260**	**3,4**	315 b)	**3,4**	C
	Buharlaştırıcı + biyoreaktör (su, durulama teknesine geri dönüştürülmektedir)	Uzun süreli havalandırma (4-5 gün)	**120**	**0,2**	75 d)	**0,2**	N
İndirekt boşatma	Al/polimerik flokülasyon Hidrosiklon	Hiçbiri	9000 e)	73 e)	233 b)	14,6 f)	G
	Asit/polimerik flokülasyon Dekantasyon santrifüjü	Hiçbiri	**15000**	**60**	145 a)	12,0 f)	H
	Fe/kireç/polimerik flokülasyon Dekantasyon santrifüjü		**3900**	**33**	135 a)	6,6 f)	K
	Asidik parçalama Filterpres	Hiçbiri	**4000**	**42**	154 a)	8,4 f)	E
	Havalandırma (4-5 gün)		**2800**	**25**	113 a)	5,0 f)	F
	Buharlaştırıcı	UF ile geri dönüşüm (konsantre buharlaştırıcıya gönderilmektedir)	**500**	**1,3**	185 a)	0,3 f)	L

Kaynak [187, INTERLAINE, 1999]

Notlar :

Koyu yazılmışlar rakamlar doğrudan işletmelerden alınan rakamlardır; diğer değerler hesaplanmış veya tahmin edilmişlerdir

a) kuru ağırlık
b) kuru veya yaş olabilir
c) şöyle hesaplanmıştır: Kaba yapağının KOİ içeriği: 315 kg/ton, bunun % 95'i atık suya geçmektedir; su kullanımının 15 l/kg yağıltılı yapak olduğu varsayılmaktadır
d) tahminlenen kuru ağırlık: Bu, yağ geri kazanım devresi ve aerobik biyolojik arıtmadan gelen çamurdur (buharlaştırıcıdan gelen konsantre yakılmakta ve çamur yerine kül oluşmaktadır)
e) şöyle hesaplanmıştır: İnce yapağın KOİ içeriği: 556 kg/ton, bunun % 95'i atık suya geçmektedir; su kullanımının 15 l/kg yağıltılı yapak olduğu varsayılmaktadır
f) belediyenin aerobik atık su arıtma tesisinin, KOİ'nın % 80'ini uzaklaştırdığı varsayılarak hesaplanan

Tablo 3.4: Atık su arıtma işlemine genel bakış ve bununla ilgili KOİ ve çamur çıktıları

İşletme içinde uygulanan arıtma işlemlerine bağlı olarak, işletmelerden boşaltılan atık suların KOİ değerleri büyük farklılıklar göstermektedirler ve bu değer, işlem görmüş bir ton yağıltılı yapak için 0 ile 73 kg aralığında değişmektedir. Bununla birlikte atık sularını kanalizasyona boşaltan ve ton başına 3,4 kg'dan daha fazla KOİ'na sahip işletmelerin hepside daha fazla arıtma için kanalizasyon idaresine para ödemektedirler. Bu durum, çevreye bırakılan KOİ miktarını 0-15 kg/ton'a düşürmektedir. Arıtılmış atık suları (buharlaştırarak arıtmadan) tamamen geri kazanmayan işletmeler için en iyi performans işletme N'ye ait 0,2 KOİ/ton değeridir, fakat atık sularını kanalizasyon yoluyla boşaltan İşletme L'den çevreye verilen tahmini KOİ emisyonları da 0,3 kg/ton ile yaklaşık aynı seviyelerdedir.

Çamur

Bir çok yapak yıkayıcısı atık su arıtma işleminde oluşan çamurlarla ilgili olarak, verilen ağırlıkların, kuru mu, yoksa yaş ağırlık mı olduğunu belirtmemişlerdir. Böyle durumlar Tablo 3.4'te belirtilmektedirler. Çamur üretimi (kuru bazda) iki durum haricinde, bir ton yağıltılı yapak için yaklaşık 100 kg ile 300 kg arasında değişmektedir. İşletme J, atık sularını anaerobik atık stabilizasyonu havuzundan geçirdikten sonra buharlaştırarak arıtmaktadır ve yine de çamur üretiminin sadece 55 kg/ton olduğunu belirtmektedir. Bu rakam muhtemelen buharlaştırma işleminde oluşan çamur ya da konsantreyi ifade etmektedir ve anaerobik atık stabilizasyonu havuzundan gelen çamuru içermemektedir. Her ne olursa olsun, bunun İşletme J'deki toplam çamur üretimini temsil etmesi pek olası değildir. İşletme N, yapak yıkama atık sularını buharlaştırma ve yakarak külleştirme işlemleriyle arıtmaktadır. Bu, yöntem çamur oluşturmaksızın 20 kg/ton kül üretmektedir. Bu işletmede çamurlar, yağ geri kazanımı/kir uzaklaştırma döngüsü içindeki yer çekimi ile çöktürme ve dekantasyon santrifüjlemesi işlemlerinde ve durulama atık sularının aerobik koşullarda biyolojik olarak arıtılması işlemlerinde oluşmaktadırlar. 75 kg/ton olarak verilen bu rakamların, doğru olduğuna inanılmaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

Çamur, ön arıtma işlemi yapılmadan toprağa doldurulmaya gönderilmektedir, ya da tuğla yapımında veya gübreleştirme işleminden sonra tarımsal arazide toprak kondisyonlayıcısı gibi alanlarda kullanım yeri bulmaktadır. Bir işletme de çamur yakılarak kül haline getirilmektedir.

Ektoparazitisitler

Yapak yıkama atık sularındaki veteriner ilaçlarının artıkları çevreye zarar verebilme potansiyeline sahiptirler. En sık rastlanan ektoparazitisitler ve bunların atık sulara salınmasına ilişkin çevresel sorunlar, daha önce Bölüm 2.1.1.9 ve 2.3.1.2'de tanımlanmıştır.

Araştırma kapsamındaki yapak yıkayıcılarına gönderilen anket formlarında onlardan yıkadıkları yapakların geldiği kaynak ülkeler hakkında sayısal bilgiler vermeleri istenmiştir. Bu bilgilerle ENco Yün ve Kıl Pestisitleri veri tabanının (bkz. Bölüm 2.1.1.9) kombinasyonu sayesinde, gelen ham maddenin ortalama biyosit içeriğini tahmin etmek mümkün olmuştur. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen ve bir kg ham yapak için 2-15 mg ektoparazitisit konsantrasyonu aralığında değişen veriler Tablo 3.5'te bildirilmektedirler.

İşletme	Toplam organik klor [(a)] g/ton yağıltılı yapak	Toplam organik fosfat [(b)] g/ton yağıltılı yapak	Toplam piretroidler [(c)] g/ton yağıltılı yapak
B	2,73	1,13	0,29
C	5,05	4,14	0,31
D	2,31	1,09	0,05
E	0,12	4,61	1,41
F	0,10	3,93	1,18
G	0,60	4,86	6,25
H	0,22	18,7	4,55
J	3,03	4,02	4,30
K	0,32	16,3	4,36
L	0,53	19,0	3,79
M	0,57	4,65	5,73
N	0,30	4,98	2,76

Kaynak [187, INTERLAINE, 1999]
Notlar:
(a) alfa, beta, gama ve delta-hekzaklorçiklohegzan, hekzaklorbenzen, heptaklor, heptaklor-epoksit, aldrin, dieldrin, endrin, endosülfan, DDD ve DPT toplamı.
(b) Klorfenvinfos, diklorfention, diazinon ve propetamfos toplamı.
(c) sihalotrin, sipermetrin, deltametrin ve fenvaletar toplamı.

Tablo 3.5: 12 yapak yıkayıcıda işlem gören yapakların ortalama organik klor, organik fosfat ve sentetik piretroid biyosit içerikleri

Araştırma yapılan şirketlerden atık sulara boşaltılan pestisitlerin emisyon yükleri bilgilerine ulaşılamamaktadır. Bununla birlikte, emisyon yükleri, bu bileşiklerin su-yağ dağılım faktörlerine dayanarak tahminlenebilmektedir.

Biyositler aslında yıkama makinesine entegre edilmiş olan kir uzaklaştırma/yağ geri kazanım devresi ile de, hattın sonundaki atık su arıtma tesisi ile de uzaklaştırılabilmektedirler. Örneğin, gelen yündeki yağın % 25'ini yağ geri kazanım devresinde ve muhtemelen bir % 5'ini de kir uzaklaştırma devresinde uzaklaştıran ve kalan % 70'in % 80'ini de (tamamının % 56'sını) atık su arıtma tesisinde uzaklaştıran bir işletme, toplam olarak % 86'lık bir yağ uzaklaştırma oranına sahip olmaktadır. Lipofilik biyositlerin uzaklaştırılmasın da, yağ uzaklaştırmaya benzer bir şekilde olması beklenmektedir. Kullanılması durumunda, durulama suları geri kazanım döngüleri de bir miktar biyosit uzaklaştırabilmektedirler.

Ektoparazitisitlerin yapak yıkama işlemi sırasında nasıl davrandıkları üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve bu sorunlar Bölüm 2.3.1.2'de ele alınmıştır. Muhtemel varsayımlar aşağıda listelendiği gibidir [103, G.Savage, 1998]:

- pestisitlerin % 96'sı yünden uzaklaştırılmaktadır (yapak yıkamadan sonra elyaf üzerinde % 4'ü kalmaktadır)
- bu % 96'lık kısmın belli bir yüzdesi (genellikle % 30'udur, fakat bazı araştırmalarda daha düşük olduğu gösterilmiştir) işletmede geri kazanılan yağda bulunmaktadır
- geri kalan kısım (yün, yağ ve kirle ilişkide bulunmayan) atık sulara boşaltılmaktadır ve atık su arıtma işlemlerine tabi tutulmaktadır.

Bu durumun istisnaları şunlardır:

- suda çözünebilen pestisitler (örneğin, kromazin ve disiklanil); bu durumda başlangıçtaki miktarın % 4'ünün elyaf üzerinde kaldığı kabul edilmektedir, fakat yün yağı geri kazanımı ya da işletme içinde yapılan işlemler sırasında daha fazla pestisit

uzaklaştırılmamaktadır; böylece başlangıçtaki miktarın % 96'sı atık suda bulunmaktadır

- triflumuron: son çalışmalar ([103, G.Savage, 1998]) triflumuronun kısmen yağa ve kısmen de kire tutunduğunu ve bu nedenle bu pestisit kalıntılarının daha yüksek bir oranının işletme içinde tutulmasının olası olduğunu göstermektedir. Bir rakam verilecek olursa, kalıntıların % 90'ının işletme içinde (yün elyafı üzerinde ve geri kazanılan yün yağı içerisinde tutulan miktarlar dahil) tutulduğu tahmin edilebilmektedir.

Atık su arıtımının etkinliğiyle ilgili olarak, Tablo 3.6'da, ENco tarafından 1997/98'de[4] gerçekleştirilen yapak yıkama işletmeleri atık su arıtma tesislerinin izlenmesine ait sonuçlar özetlenmektedir. Tablodaki sonuçlar, atık suların arıtmadan önceki ve sonraki durumlarını karşılaştırmaktadır ve 10 farklı günde 24 saatte biriken atık suların dengelenmesiyle oluşan numunelerin analizleriyle elde edilmişlerdir. Tablo, buharla uçuculukları nedeniyle, OP'ların uzaklaştırılmasında buharlayıcı sistemlerin etkinliğinin düşük oluşunu da göstermektedir (ayrıca bkz. Bölüm 2.3.1.2).

İşletme	**Tesis Tipi**	**Atık su arıtma tesisindeki uzaklaştırılma oranları (%)**						
		Yağ	**KOİ**	**SS**	**OC**	**OP**	**SP**	**Toplam biyosit**
1	CF/Fe	86	84	89	83	88	94	88
2	CF/Asit	89	73	89	69	78	40	77
3	HAC	82	70	75	72	75	75	75
4	CF	93	75	83	96	56	71	59
5	BF/Fe	73	70	75	76	91	94	91
6	CF/Fe	80	80	77	81	76	74	76
7	HBF/Fe	96	83	94	90	92	89	92
8	Evap	100	99	100	97	72	100	78

Kaynak [187, INTERLAINE, 1999]
Notlar:
KOİ = kimyasal oksijen ihtiyacı; SS = asılı partiküller; OC = organik klorlar
OP = organik fosfatlar; SP = sentetik piretroidler; CF = kesintisiz flokülasyon
HAC = sıcak asit parçalaması; BF = kesintili flokülasyon; HBF = sıcak kesintili flokülasyon
Evap = buharlaştırma

Tablo 3.6: Atık su arıtma tesislerinin yapak yıkama atık sularından yün yağını, KOİ'nı, asılı partikülleri ve ektoparazitisitleri uzaklaştırma etkinliği

Yedi adet yapak yıkama işletmesinde, koyunlar için veteriner ilaçlarının en çok kullanılan üç tanesinin-diazinon (OP), propetamfos (OP) ve sipermetrin (SP)-kanalizasyona boşaltılan kütle yüklerinin hesaplandığı ve gelen yağıltılı yapaktaki mevcut yüklerle karşılaştırıldığı başka bir ENco çalışmasından[5] gelen veriler de vardır. Yağıltılı yapaktaki mevcut yüklere ait değerler, her bir işletmede yıkanan yapağıların kaynaklarına göre karışımları için ENco veri tabanından alınan ortalama kalıntı konsantrasyonları kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.7'de gösterilmektedir.

[4] ENco, yayınlanmamış sonuçlar, 1997 ve 1998.

[5] ENco, yayınlanmamış sonuçlar, 1998.

İşletme	Diazinon			Propetamfos			Sipermetrin		
	Yapakta g/ton	Atıkta g/ton	Uzaklaş-tırma %	Yapakta g/ton	Atıkta g/ton	Uzaklaş-tırma %	Yapakta g/ton	Atıkta g/ton	Uzaklaş-tırma %
T	8,63	1,63	81	9,99	0,57	94	5,58	0,05	99
U	8,16	0,66	92	8,63	0,37	96	5,30	0,04	99
V	5,30	0,59	89	2,72	0,17	94	3,45	0,15	96
W	6,14	1,14	82	7,80	0,61	92	4,12	0,21	95
X	4,59	0,10	98	0,19	0,02	91	3,60	0,52	86
Y	8,16	1,48	82	10,60	0,78	93	5,41	0,20	96
Z	10,76	0,17	99	12,10	0,36	97	7,06	0,02	100
Kaynak [187, INTERLAINE, 1999]									

Tablo 3.7: Altı işletmeden gelen yağıltılı yapaktaki ve kanalizasyona boşaltılan yapak yıkama atık suyunda bulunan ve koyunlar için veteriner ilaçları artıkları

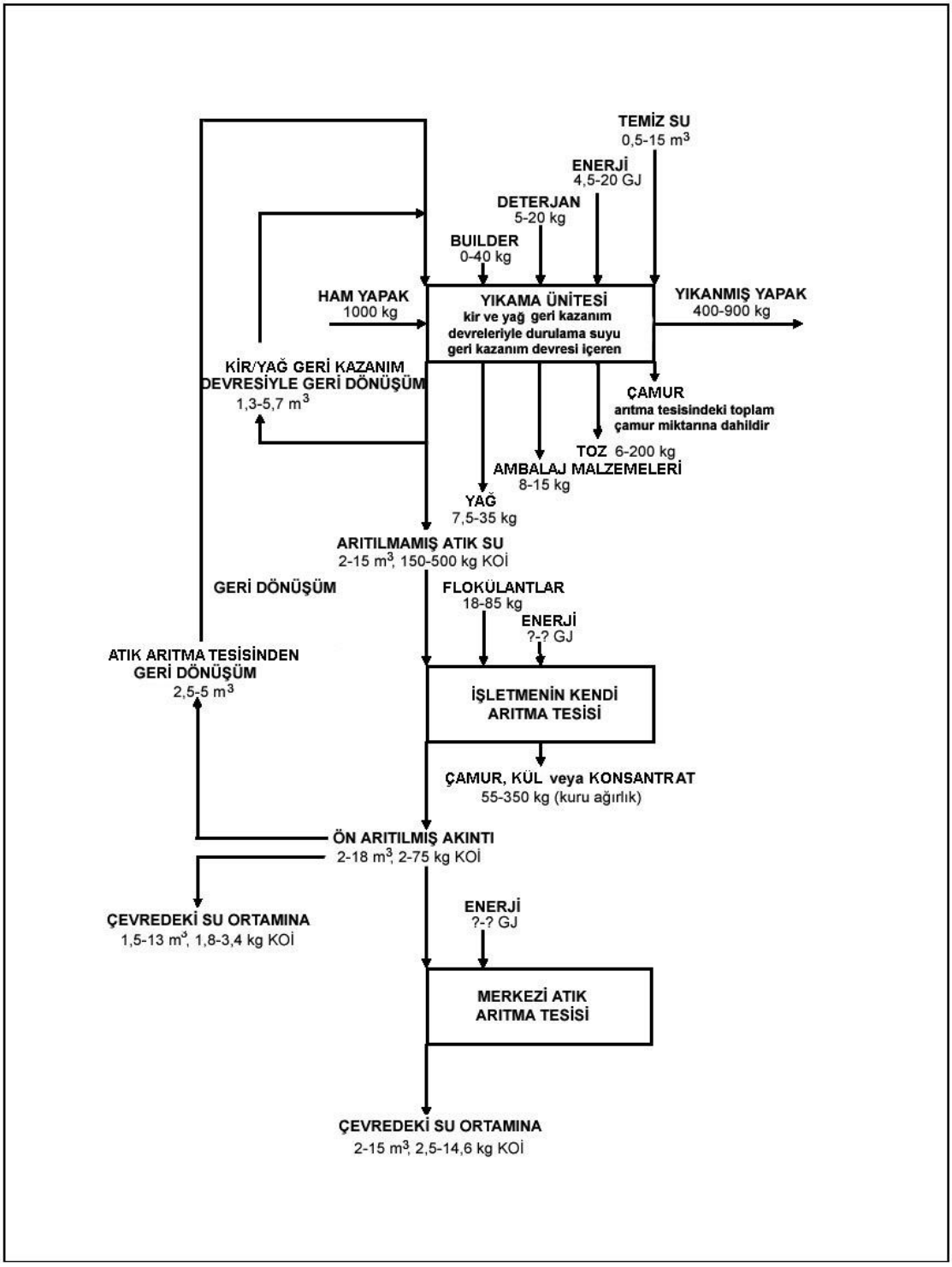
Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'deki sonuçlar karşılaştırıldığında, koyunlar için veteriner ilaçlarının yapak yıkama atık sularından toplam uzaklaştırılma oranlarının, atık su arıtma tesislerindeki uzaklaştırma oranlarından önemli derecede daha yüksek olduğu görülebilmektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi, denge, muhtemelen kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinde kaymaktadır.

Yukarıda koyunlar için veteriner ilaçlarının atık su arıtma tesislerindeki fiziksel ve fizikokimyasal uzaklaştırılmaları ele alınmaktadır. Uzatılmış biyolojik arıtma işlemlerinin de en azıyla bazı kimyasalların parçalanmasını sağlamaları mümkündür. Burada tanıtılan Avrupa araştırmasındaki işletmelerden bir tanesi, durulama atık sularını uzatılmış (4-5 gün) havalandırma işlemi ile arıtmaktadır ve bunun, diklofention[6,7] hariç, tüm SP'leri ve tüm OP'ları uzaklaştırdığı bilinmektedir. OC'lar sadece kısmen uzaklaştırılmaktadırlar. Kısa süreli biyolojik arıtmaların kimyasalları bozuşturması beklenmemektedir, fakat bunlar biyokütlenin lipid bileşenleri içerisinde absorbe ederek uzaklaştırabilmektedirler.

Şekil 3.6 bir ton ham yapak için atık su arıtma ve yapak yıkama işlemlerindeki tüketim ve emisyon miktarlarını belirlemeye çalışmaktadır. Miktarlar, ENco tarafından 1996 ve 1998 yıllarında yapak yıkama işletmeleriyle ilgili olarak yapılmış olan daha önceki araştırmalardan elde edilen sonuçlarla birleştirilmiş araştırma sonuçlarına göre belirlenmektedirler. Verilen miktarların bazılarının genellikle uygulanabilir olmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Örneğin, işletme içi arıtmada kullanılan flokülantlarla ilgili olarak verilen değerler, sadece bir koagülasyon/flokülasyon atık su arıtma tesisine sahip olan işletmeler için geçerlidir.

[6] Diklofention, Yeni Zelanda'da daha önceleri koyun bakımı için ruhsat verilmiş bir OP'tır. Bu madde biyolojik olarak parçalanmaya karşı çok dayanıklıdır ve ruhsatı geri alınmıştır.

[7] G Timmer, Bremer Wollkämmerei, kişisel iletişim, 1998.



Şekil 3.6: Şekil araştırılan işletmelerde yapak yıkama işlemlerine ve atık arıtma tesislerine gelen ve çıkan oranları göstermektedir
[187, INTERLAINE, 1999]

3.2.2 Çözgenle yıkama ve temizleme

İşlemin girdileri ve çıktıları Tablo 3.8'de belirtilmektedirler. Girdiler ve çıktılar, saatte 500 kg temiz yün elyafı üreten bir Wooltech tesisine dayanmaktadır. Normal olarak 852,6 kg/sa yağıltılı yapak beslendiğinde, 500 kg/sa yün elyafı, 128 kg/sa yağ, 102 kg/sa kir, 42,6 kg/sa ter ve 80 kg/sa nem oluşmaktadır. Kirlilik (pestisitler, kir ve yağ) değerleri büyük

oynamalar gösterebilmektedirler. Bu yüzden, tipikte olsalar bu rakamlar yalnızca nominal değerleri belirtmektedirler.

		Aşağıda belirtilen üretim miktarı için		Aşağıda belirtilen üretimler için		
		500 kg/sa temiz yapak	**Birimi**	**1 kg yağıltılı yapak**	**1 kg temiz yapak**	**Birimi**
GİRDİ						
Su	**Toplam**	124	kg/sa	0,145	0,219	kg
	yapak nemi	20	kg/sa	0,023	0,035	kg
	hava nemi	4	kg/sa	0,005	0,007	kg
	buhar çıkışı	100	kg/sa	0,117	0,177	kg
Çözgen	TCE	10	kg/sa	11,7	17,7	g
Enerji	elektrik	207	kW/sa	0,243	0,368	kW/sa
	doğal gaz	674	MJ/sa	0,79	1,19	MJ
ÇIKTI						
Temiz kuru yapak	**Toplam**	563,1	kg/sa	660	1000	g
	yün elyafı	500	kg/sa	586	888	g
	yapak nemi	60	kg/sa	70	106	g
	yün yağı	0	kg/sa	0	0	g
	kir	0,8	kg/sa	0,9	1,4	g
	yün teri	2,3	kg/sa	2,7	4,1	g
	pestisit (toplam)	Nil	kg/sa	Nil	Nil	g
	TCE	0	kg/sa	0	0	g
Kir	**Toplam**	109,3	kg/sa	128	194	g
	kir	98	kg/sa	114,9	174	g
	yün yağı	7	kg/sa	8,21	12,4	g
	yün teri	4,3	kg/sa	5,04	7,64	g
	pestisit (toplam)	0,000138	kg/sa	0,00016	0,00024	g
	TCE	0	kg/sa	0	0	g
Yün yağı	**Toplam**	160,2	kg/sa	188	285	g
	yün yağı	121	kg/sa	141,9	215	g
	kir	3,2	kg/sa	3,75	5,68	g
	yün teri	3,6	kg/sa	42,2	64	g
	pestisit (toplam)	0,00256	kg/sa	0,003	0,00454	g
	TCE	0	kg/sa	0	0	g
Su emisyonları	**Toplam**	124	kg/sa	0,145	0,22	kg
	su	124	kg/sa	0,145	0,22	kg
	TCE	0	kg/sa	0	0	g
Hava emisyonları	**Toplam**	643,01	kg/sa	0,765	1,157	kg
	hava	643	kg/sa	0,754	1,14	kg
	TCE	0,01	kg/sa	0,011	0,017	g
Yakalanamayan[(1)]	TCE	5	kg/sa	5,86	8,88	g

Kaynak: [201, Wooltech, 2001]
(1) 5 kg/sa'lık bir nominal miktara izin verilmektedir

Tablo 3.8: Wooltech yıkama sisteminin tahmini proses girdi ve çıktıları

Aşağıdaki değerlendirmeler (ayrıca bkz. Şekil 2.5), [201, Wooltech, 2001]'de bildirilen verilere dayanılarak başvurularak yapılmaktadır:

- temiz yapak: yapakta bulunabilecek pestisitler çözgene geçmeyi tercih ettiği ve yün yağı ile birlikte uzaklaştırıldığı için, bu yapağının pestisit içermediği dikkate alınmalıdır (bu durumu desteklemek için sayısal veriler sunulmuştur). Bu yapak, tekstil terbiye işletmelerinde pestisitler için limit emisyon değerlerinin tutturulmasında terbiyecilerin işini kolaylaştırması açısından ilave bir avantaja sahiptir
- çözgen kullanımı: 10 kg/sa'lik sayısal bir tüketim belirtilmekte, bununla birlikte genellikle daha düşük tüketimler sağlanabilmektedir; bu tüketim miktarında bakım sıklığı belirleyici olmaktadır
- yün yağı: bu, sıcak sıvı akışkan olarak ayrılmaktadır. Biraz kir ve ter içermesine rağmen, eğer daha yüksek kalitede yün yağı gerekiyorsa, bunu ayırmak için işlemler

belirtilmiştir (asidik parçalama veya diğer işlemler uygulanabilmektedir). Nihai yağ, prosesi desteklemek amacıyla yakma için de kullanılabilmektedir

- tulum ve nem: su emisyonları yapakla birlikte gelen nemden, işlemlerde kullanılan sudan (vakum enjektöründe kullanılan buhar) ve cihazların içine çekilen havadan geri kazanılan nemden gelebilmektedir. Bu su iki adımda arıtılmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 2.3.1.3). Birinci adımda, çözgenin büyük bir kısmı, suyun ısıtılmasıyla ve *Çözgen Hava Sıyırma Ünitesi'*nde havayla yıkanmasıyla geri kazanılmaktadır. Böylece mevcut çözgenin % 99,98'i geri kazanılmaktadır. Geri kazanılan çözgen tesise geri dönüştürülmektedir. İkinci adımda, suda önemsiz miktarda kalan çözgen de (ppm seviyelerinde) *Artık Çözgen Yok Etme Ünitesi'*nde Fenton reaksiyonuna dayanan bir serbest radikal işlemiyle yok edilmektedir. Örneğin bakım işlemlerinde geri kazanılan çözgen de aynı şekilde işleme tabi tutulmaktadır
- kir: katı parçaların durulanması ve kurutma öncesi tekrar santrifüjleme yapılması, yağ içeriğini elimine etmektedir. Katı parçalar toprağa gömmek veya toprak olarak kullanmak için uygundurlar. Kirdeki tohumların çözgenle temas sonucu steril hale geldikleri görülmüştür
- atık hava: işlem cihazını hafif bir vakum altında tutmak için tesisten hava çekilmektedir. Bu hava, çözgen buharlarını geri kazanmak için bir absorpsiyon sisteminden geçirilmektedir. Kalan çözgenin yok edilmesi, yıkama işleminin ardından, işlem suyu için yapılana benzer şekilde bir yükseltgen parçalama gerektirmektedir.

3.3 Tekstil terbiye sanayii

Aşağıdaki kısımlarda, Bölüm 2'de örneklenen kategorilere ait farklı işletmelere ait emisyon ve tüketim değerleri verilmektedir (bkz. Bölüm 2.14).

Bilgiler bir çok değişik kaynaktan gelmektedir ([179, UBA, 2001], [198, TOWEFO, 2001], [200, Sweden, 2001], [199, Italy, 2001] [193, CRAB, 2001], [31, Italy, 2000]) ve Avrupa'daki birçok tekstil terbiye işletmesinde beş yıllık bir sürede (1995-2001) yapılan incelenmeler sonucu ortaya çıkmışlardır.

Kimyasal madde tüketimlerine ait hesaplamalar, aksi belirtilmediği sürece, "tel-quel" olarak isimlendirilen prensiplere göre yapılmışlardır. Bu durum, kullanıma hazır ürünlerin miktarlarının, hatta sıvı formdaki ürünlerde suyun da göz önünde bulundurulduğu anlamına gelmektedir. Farklı firmaların tüketim seviyeleri karşılaştırılırken, bunun akılda tutulması gerekmektedir. Örneğin, daha ziyade sıvı boyarmadde formülasyonlarını kullanan firmaların (bunlar genellikle büyük işletmelerdir) özgül boyarmadde tüketimleri, toz veya granül kullanan firmalardan daha yüksek çıkmaktadır.

3.3.1 İplik ve/veya elyaf terbiye işletmeleri

3.3.1.1 Elyaf terbiye işletmeleri: ağırlıklı olarak CV, PES, PAC ve/veya CO

Bu kategori için mevcut bilgi, sadece su yüklemelerine aittir. Değerler Tablo 3.9'da verilmektedir. Düşük flotte oranları ve işlem flottesi sayısının az olması nedeniyle, bunlardaki özgül atık su akışları düşüktür. Tablo 3.9'daki değerler, üç farklı firma için özgül akışların 14-18 l/kg arasında olduğunu bildiren "FhG-ISI, 1997" tarafından da doğrulanmaktadır.

	TFI 1	TFI 2
Özgül Q_{ww} (l/kg)	34	10
KOİ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	1945 67	1300 13
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	850 29	370 4
AOX Kons. (mg Cl/l) E-Fak (g/kg)		
HC Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	12,4 0,4	
pH		
L(mS/cm)	14,9	
T(ºC)	40	
NH_4 Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)		
org.N Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)		
Top.N.Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)		
Cu Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	1,2 41	0,05
Cr Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	0,13 5	0,2 2
Ni Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)		<0,02
Zn Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	0,71 25	0,3 3
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir		

Tablo 3.9: Daha ziyade CV, PES, PAC veya CO elyafı terbiyesi yapan iki işletmenin atık sularının konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

3.3.1.2 Tops/elyaf ve iplik terbiye işletmeleri: ağırlıklı olarak WO

Tablo 3.10, giysilik kumaş sektöründeki üç adet tipik yünlü fason boyahane ve bir tane entegre iplik ve boyama işletmesi (TFI 4) için emisyon ve tüketim seviyelerini göstermektedir. Bu kategorideki firmalar üretimlerini farklılaştırma ve birden fazla materyal formunu işleme eğilimindedirler, dolayısıyla bunlarda birebir karşılaştırma yapılamamaktadır. Tabloda yer alan dört işletmenin hepsi de, daha ziyade tops işlemekte, ancak TFI 1, TFI 3 ve TFI 4 değişen oranlarda iplik de boyarlarken (bobin ve çile halinde), TFI 2 sadece tops ve yapak işlemektedir.

İşletmelerde hangi materyal formunun ağırlıklı olduğu özgül su tüketimine yansımaktadır. TFI 4, çok yüksek su tüketim değerleri göstermektedir. Bu yüksek değerleri, birçok faktör akla yatkın bir şekilde açıklayabilmektedir. Öncelikle, diğer işletmelerle kıyaslandığında, bu işletme neredeyse materyalin yarısına yakın bir kısmını çile halinde işleme almaktadır (bu da daha yüksek flotte oranlarının kullanımı demektir). İkinci olarak bu işletmede de (TFI 3 gibi), üretimde ek bir işlem adımı gerektiren çekmezlik işlemi fazlaca uygulanmaktadır. Bu işletmenin kendi yüksek kaliteli ipliğini üreten ve birinci sınıf ürününü birinci sınıf fiyatla satabilen entegre bir işletme olması durumu da, bu firmanın su

tüketimindeki azalmadan kaynaklanan maliyet tasarrufuna, neden gereken önemi vermediğini açıklamakta yardımcı olabilecek bir husustur.

Daha önce de belirtildiği gibi, TFI 3 ve TFI 4 işletmelerinin her ikisi de, yüksek oranda çekmezlik işlemi uygulanmaktadırlar. Diğer iki işletmeye nazaran bunların daha yüksek çıkan özgül KOİ değerleri, bu farklılığı göstermektedir. Halbuki boşaltılan atık sulardaki AOX değerleri bu durumu daha da belirgin bir şekilde gösterebilirlerdi. Zira yünlülerin çekmezlik işlemlerinden gelen atık sularda yüksek AOX değerleri gözlenmektedir, fakat bu parametreler için veri mevcut değildir.

Krom için yüksek emisyon faktöründen de (124 g/kg) anlaşıldığı gibi, TFI 2 işletmesi çok yüksek miktarlarda krom boyamacılığı yapmaktadır.

	TFI 1	**TFI 2**	**TFI 3**	**TFI 4**
Üretim	Tops % 64 Çile % 16 Bobin % 20	Tops % 80 Elyaf % 20	Tops % 92 Çile % 4 Bobin % 4	Tops % 52 Çile % 41 Bobin % 7
Proses girdileri				
Özgül su tüketimi (l/kg)	39,9	43,6	35,6	180
Elektrik enerjisi (kWh/kg)	0,6	0,7	0,5	1,1
Isı enerjisi (MJ/kg)	12,3	11,4	28	26,5
Boyalar (g/kg)	15	36,2	12,2	26,6
Yardımcı maddeler (g/kg)	9,4	23,9	111,2	142
Temel kimyasallar (g/kg)	48,5	86,9	285,6	147
Suya emisyon [(1)]				
KOİ E-Fak (g/kg)	29	22	46	65
$BOİ_5$ E-Fak (g/kg)				
Cu E-Fak (mg/kg)	<2	<2	<2	<2
Cr E-Fak (mg/kg)	70	124	64	36
Ni E-Fak (mg/kg)	<2	<2	<2	<2
Zn E-Fak (mg/kg)	12	52	36	54
Atıklar				
Katı atıklar (g/kg)	11	21	15	
Çamur (g/kg) [(2)]	8	9	24	172
Lubrikant yağları (g/kg)	0,04	0,09		

Kaynak: [193, CRAB, 2001]
Notlar:
Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir
(1) Veriler işletmede yapılan arıtmadan önceki veriler homojenleştirme tankında ölçülmüşlerdir
(2) İşletmede yapılan atık su işleminden sonra

Tablo 3.10: WO topsu/ipliği terbiyesi yapan dört işletmenin tüketim ve emisyon seviyeleri

3.3.1.3 İplik terbiye işletmeleri: ağırlıklı olarak CO

Tablo 3.11 daha ziyade pamuk ipliği terbiyesi yapan dört işletmenin konsantrasyon değerleri ve emisyon faktörlerini içermektedir. Özgül su tüketimi, 100 ila 215 l/kg arasında değişmektedir. Bu değerler, daha düşük ve daha yüksek değerlerin (68, 73, 78, 83, 120, 128, 149, 181, 271, l/kg) bildirildiği "FhG-ISI,1997" tarafından da doğrulanmaktadır. Bu açıdan, en yüksek değer olan 271 l/kg'ın (0,5 ton/gün'den az işlem yapan küçük bir işletmeye aittir) daha yakından sorgulanması gerekmektedir. TFI 4'de bildirilen yüksek özgül su tüketimi, yüksek oranda çile boyaması yapan bir firmaya aittir. Bu işletmede soğutma suyunun tamamının tekrar kullanılmadığı da bildirilmektedir (işlem suyundan sızıntı oluştuğu zaman, soğutma suyunun atık su işleme birimine gönderilmesi gerekmektedir). Tabloda bildirilen yüksek değerin nedeni büyük olasılıkla budur.

	TFI 1 (1)	**TFI 2** (1)	**TFI 3** (1)	**TFI 4** (2)
Özgül Q_{ww} (l/kg)	105	108	120	215
KOİ Kons. (mg O_2 /kg)	690	632	805	365
E-Fak (g/kg)	73	69	97	78
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg)	260	160	200	98(3)
E-Fak (g/kg)	27	17	24	21
AOX Kons. (mg Cl/l)			0,36	
E-Fak (g/kg)			0,04	
HC Kons. (mg/l)	<0,5	1,2		
E-Fak (g/kg)	<0,05	0,1		
pH			9,8	
L(mS/cm)	7	6,2		
T(ºC)	27,3	33,5		
NH_4 Kons. (mg/l)			0,6	
E-Fak (g/kg)			0,07	
org.N Kons. (mg/l)			11,1	
E-Fak (g/kg)			1,3	
Top.N Kons. (mg/l)				10,1
E-Fak (g/kg)				2,2
Top.P Kons. (mg/l)				2,1
E-Fak (g/kg)				0,45
Cu Kons. (mg/l)	0,19	0,12	0,13	0,1
E-Fak (mg/kg)	20	13	16	21,5
Cr Kons. (mg/l)		<0,05		0,02
E-Fak (mg/kg)		<6		4,3
Ni Kons. (mg/l)	0,32	<0,1		
E-Fak (mg/kg)	34	<11		
Zn Kons. (mg/l)				0,2
E-Fak (mg/kg)				43

Kaynak: [179, UBA, 2001]; (2) [200, İsveç, 2001]
Notlar:
Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir
(3) bildirilen veri BOD_7 değeridir

Tablo 3.11: Daha ziyade CO ipliği terbiyesi yapan dört işletmenin konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

İlginç bir nokta da, KOİ emisyon faktörlerinin kullanılan boyarmadde sınıfına bağlı olarak farklılıklar göstermesidir. TF1 ve TF2 gibi daha çok reaktif boyama yapan işletmelerin KOİ değerleri (70 g/kg civarında), TF3 gibi ağırlıklı olarak küp boyalarını kullanan bir işletmeye

(yaklaşık 100 g/kg) göre, fark edilir derecede düşüktür. Küp boyaları ile boyamalardaki yüksek KOİ değerleri kısmen, ek olarak kullanılan dispergatörler gibi yardımcı maddeler ile açıklanabilmektedir. Ayrıca, reaktif boyarmadde-kromoforlarının her bir molekülünün küp boyarmaddelerine kıyasla 2-3 kat daha fazla ışık absorbe etmeleri nedeniyle, aynı renk koyuluğunu elde etmek için küp boyarmaddelerinden daha yüksek miktarlarda kullanılması gerekmektedir ve bu nedenle de KOİ değeri daha yüksek çıkmaktadır.

Aplike edilen kimyasal maddeler: boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedirler:

- boyarmaddeler : ~25 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri : ~70 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: ~400 (g/kg tekstil materyali)

Ağırlıklı olarak reaktif boyama yapan işletmeler için, doğal tuz kullanımından dolayı temel kimyasallar tüketiminin daha yüksek olabileceğine dikkat edilmelidir.

Toplam özgül enerji tüketimi, yaklaşık 2 kWh/kg'ı elektrik enerjisi tüketimi olmak üzere, 11 kWh/kg civarındadır.

3.3.1.4 İplik terbiye işletmeleri: ağırlıklı olarak PES

Tablo 3.12 ağırlıklı olarak PES ipliği terbiyesi yapan sekiz işletmenin atık sularının konsantrasyon değerlerini ve emisyon faktörlerini içermektedir.

TFI 8 hariç, bildirilen özgül su tüketim miktarları yaklaşık 65 ile 148 l/kg arasında değişmektedir. Bu değerler, benzer üç işletme için "FhG-ISI, 1997"de bildirilen 63, 86, 122 l/kg değerleri ile de doğrulanmaktadır. Değerler, pamuk ipliği terbiyesi yapan işletmelerle benzer seviyelerdedir.

Bildirilen en yüksek değer (148 l/kg) çile halinde iplik terbiyesi de yapan bir işletmeye aittir (bu durum normalde, flotte oranının yüksek olmasına bağlı olarak, su tüketiminin de yüksek olması demektir). Bu işletmede ayrıca, bir miktar merserize edilmiş ve azo (inkişaf) boyarmaddeleri ile boyanmış pamuk ipliği de işlenmekte olup, her iki işlem de yüksek miktarda suya gereksinim duyan işlemler olarak, su tüketiminin yüksek olmasına katkıda bulunmaktadır.

PES ipliği terbiye işletmelerinin KOİ emisyon faktörleri genellikle, pamuk ipliği terbiye işletmelerine nazaran daha yüksektir (97-125 g/kg). Bu durum, daha ziyade iki farklı faktörden kaynaklanmaktadır:

- dispers boyaların kullanılması
- gelen lifler üzerinde bulunan preparasyon maddelerinin uzaklaştırılması.

İlk faktör göz önünde bulundurulduğunda, dispers boyaların kullanımı, otomatik olarak dispergatör emisyonunu da beraberinde getirmektedir (bkz. Bölüm 2.7.6.2 ve 8.6.3). Bu yardımcı maddeler (genellikle naftalinsülfonat-formaldehit kondenzatları ve linyinsülfonatlar) nihai atık suyun KOİ değerini arttırmanın yanında, suda çözünen ve biyolojik olarak zor parçalanabilen maddelerdir.

	TFI 1 (1)	TFI 2 (1)	TFI 3 (1)	TFI 4 (1)	TFI 5 (2)	TFI 6 (3)	TFI 7 (5)	TFI 8 (6)
Özgül Qww(l/kg)	125	65	66	148	75	64	102	171
KOİ Kons.(mg O_2/l)	870	1917	1520	655		1320	1140	2280
E-Fak (g/kg)	109	125	100	97	83	85	116	390
$BOİ_5$ Kons.(mg O_2/l)	139		380	169		562	588	910
E-Fak (g/kg)	17		25	25		36	60	156
AOX Kons.(mg Cl/l)	0,7	1,26	0,45	0,65				
E-Fak (g/kg)	0,09	0,08	0,03	0,10				
HC Kons.(mg/l)		19			15			
E-Fak (g/kg)		1,24						
pH	8,2		7,7	8,6		7,7	7,7	7,5
L (mS/cm)	1,9		5	3				
T (°C)	24	26	44	35				
NH_4 Kons.(mg/l)	31,2		8,2	7,6		43	16	
E-Fak (g/kg)	3,9		0,54	1,12		2,77	1,63	
Org. N Kons.(mg/l)	13		17,3	9,5				
E-Fak (g/kg)	1,63		1,14	1,41				
Toplam N Kons.(mg/l)						101	44	
E-Fak (g/kg)						6,5	4,5	
Toplam fosfor (mg/l)								
E-Fak (g/kg)								
Cu Kons.(mg/l)				0,05	2			
E-Fak (mg/kg)				7,4				
Cr Kons.(mg/l)					7			
E-Fak (mg/kg)								
Ni Kons.(mg/l)					2			
E-Fak (mg/kg)								
Zn Kons.(mg/l)					22			
E-Fak (mg/kg)								

Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1'den TFI 4'e kadar yani 1'den 4'e kadar işletmeler hakkında); (2) [193, CRAB, 2001] (4. İşletme hakkında); (3) [198, TOWEFO, 2001] (I 19. İşletme hakkında); (4) [198, TOWEFO, 2001] (I 08. İşletme hakkında); (5) [199, Italy, 2001] (1. İşletme hakkında)
Notlar:
Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir

Tablo 3.12: Daha ziyade PES ipliği terbiyesi yapan sekiz işletmenin atık sularının konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

Preparasyon maddelerine gelince, Bölüm 2.6.4'te daha önceden de anlatıldığı gibi, bunlar elyaf ve iplik üretimi sırasında aplike edilen ve boyamadan önce uzaklaştırılmaları gereken maddelerdir. Aplike edilen formülasyonlarda halâ önemli miktarda rafine edilmiş madeni yağ bulunabilmektedir. Hidrokarbon (HC) parametresi ile tanımlanan madeni yağların miktarı, sadece iki işletmede ölçülmüştür. TFI 2 için bildirilen HC emisyon faktörü incelendiğinde (1,2 g/kg, KOİ olarak da 3 g/kg'a karşılık gelmektedir), madeni yağların toplam KOİ yüküne katkısı çok önemli gözükmemektedir. Ancak bildirilen bu değerin yakından sorgulanması gerekmektedir. 20 g/kg'lık preparasyon maddesi aplikasyonu göz önünde bulundurulduğunda, her ürün için 3000 mg/g ortalama KOİ içeriği söz konusu olup, preparasyon maddelerinin % 90'ının liflerden uzaklaştırıldığı varsayılırsa, atık sudaki preparasyon maddelerinden gelen KOİ değerinin, yaklaşık 50 g/kg veya daha fazla olması gerekmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 8.2).

Aplike edilen kimyasal maddeler: boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedir:

- boyarmaddeler: ~18-36 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: ~80-130(g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: ~95-125(g/kg tekstil materyali).

Yüksek miktarlarda yumuşatıcı aplike edildiğinde, tekstil yardımcı maddeleri tüketimi 175 g/kg'a kadar çıkabilmektedir.

Toplam özgül enerji tüketimi 11-18 kWh/kg seviyelerindedir. Daha yüksek değerler, eğirme, katlı büküm ve bobinleme bölümleri de bulunan işletmelere aittir. Elektrik tüketimi yaklaşık 1-2 kWh/kg'dır.

3.3.1.5 İplik terbiye işletmeleri: ağırlıklı olarak WO, PAC ve/veya CV

Tablo 3.13, daha ziyade yün ve PAC karışımları ve bununla birlikte akrilik ve yün ile viskon karışım ipliklerin terbiyesini yapan yedi işletmenin suya emisyon verilerini içermektedir.

	TFI 1 (1)	**TFI 2** (1)	**TFI 3** (1)	**TFI 4** (1)	**TFI 5** (1)	**TFI 6** (2)	**TFI 7** (3)
Özgül Qww(l/kg)	120	212	167	66	74	43	95
KOİ Kons.(mg O_2/l)	590	480	584	782	1023		
E-Fak (g/kg)	70,8	102	97,5	51,6	75,7	35	47
$BOİ_5$ Kons.(mg O_2/l)	190	170	265	355	220		
E-Fak (g/kg)	22,8	36	44,2	23,4	16,3		
AOX Kons.(mg Cl/l)		0,4	0,76		0,17		
E-Fak (g/kg)		0,08	0,13		0,01		
HC Kons.(mg /l)							
E-Fak (g/kg)							
pH		7,7	6,9	7,3	6,8		
L (mS/cm)			4,4				
T (°C)			41				
NH_4 Kons.(mg/l)		4,6					
E-Fak (g/kg)							
org. N Kons.(mg/l)		0,98					
E-Fak (g/kg)							
Toplam N Kons.(mg/l)		11,2	16,6		22,8		
E-Fak (g/kg)		2,37	2,77		1,69		
Cu Kons.(mg/l)							
E-Fak (mg/kg)							
Cr Kons.(mg/l)		0,02	<0,01			<2	<2
E-Fak (mg/kg)		4,2	1,7				
Ni Kons.(mg/l)		0,03	<0,1	0,38	1,2		
E-Fak (mg/kg)		6,4	16,7	25,1	88,8	34	28
Zn Kons.(mg/l)			0,63		0,47		
E-Fak (mg/kg)			105,2		34,8	39	10

Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1'den TFI 5'e kadar, yani 1'den 5'e kadar işletmeler hakkında); (2) [193, CRAB, 2001] (TFI 6'dan TFI 7'ye kadar, yani İşletme 1 ve İşletme 3 hakkında)
Notlar:
Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir

Tablo 3.13: WO/PAC/CV içeren ipliklerin terbiyesini yapan yedi işletmenin atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

Özgül su tüketim değerleri büyük farklılıklar gösterebilmektedir. (43 ile 212 l/kg aralığında değişen değerler gözlemlenmiştir). İşletmelerin su tüketimini ve dolayısıyla atık su miktarını birçok faktör etkilemektedir. Ekipmanın yaşı faktörlerden biridir, ancak ipliklerin bulunuş şekli de formu da hesaba katılmalıdır (çile iplik terbiyesinde bobin terbiyesine nazaran belirgin bir şekilde daha fazla su tüketilmektedir). Örneğin, % 100 bobin terbiyesi yapan TFI 6'nın özgül atık su miktarı, üretiminin % 10'unu çile halinde terbiye eden TFI 7 ile karşılaştırıldığında, daha düşük çıkmaktadır.

KOİ emisyon faktörleri, pamuk ipliği terbiye işletmelerinin değerlerine benzemektedir. Atık sulardaki, fark edilir derecede yüksek değerlere neden olan krom dışında kalan kategorilere ait tüm parametreler, oldukça benzerdir. Bu durum, boyama sonrası potasyum veya sodyumdikromatın kullanılmasını gerektiren krom boyalarının ve hazır metal-kompleks boyalarının kullanılmasının bir sonucudur. Krom emisyonu, işlenen yünün miktarına ve uygulanan boyama yöntemine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Diğer lifler arasında yüksek oranda yün kullanan işletmelerde, emisyon faktörlerinin 100 mg/kg'a kadar (TFI 5'de 89 mg/kg) çıktığı gözlenmektedir.

Aplike edilen kimyasal maddeler: boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedir:

- boyarmaddeler: 13-18 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: 36-90 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: 85-325 (g/kg tekstil materyali).

Toplam özgül enerji tüketimi 4-17 kWh/kg seviyelerindedir. Yüksek değerler, eğirme, katlı büküm ve bobinleme bölümleri de bulunan işletmelere aittir. Tüm enerji tüketiminin yaklaşık 0,9-6,5 kWh/kg'ını elektrik enerjisi tüketimi oluşturmakta olup, yüksek değerler yukarda bahsedilen ek proseslerin de yapıldığı işletmelere aittir.

3.3.1.6 İplik ve/veya elyaf terbiye işletmelerine özgü bazı proseslerin analizi

İplik terbiye işletmelerinde hava emisyonları önemli olmayıp, çevre ile ilgili asıl kaygılar, suya emisyonlardan kaynaklanmaktadır.

Tipik bir boyama prosesi için kullanılan farklı flottelerin karakteristiklerinin büyük farklılıklar (özellikle konsantrasyonda) göstermesi ilginçtir. Bu durum, farklı tiplerdeki üç boyama prosesindeki beş farklı parametrenin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (435, 500 ve 620 nm dalga boylarında absorpsiyon katsayılarının tanımlanması) davranışlarınca kanıtlanmaktadır:

- CV ipliklerinin bobin halinde reaktif boyarmaddelerle (F.O. 1:8-1:12) çektirme yöntemine göre boyanması (Tablo 3.14)
- PES ipliklerinin bobin halinde dispers boyarmaddelerle (F.O. 1:8-1:12) çektirme yöntemine göre boyanması (Tablo 3.15)
- CO ipliklerinin bobin halinde küp boyarmaddeleriyle (F.O. 1:8-1:12) çektirme yöntemine göre boyanması (Tablo 3.16)

Flotte no	Flotte adı	KOİ (mgO_2/l)	pH	İletkenlik (mS/cm)	Sıcaklık (°C)	SAC 435 nm (l/m)	SAC 500 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Kullanılmış boya flottesi	3170	10,2	35,1	48	27	13	2
2	Durulama flottesi	550	10,1	11,7	42	14	10	3
3	Nötralizasyon flottesi	1220	4,4	3,8	44	4	4	1
4	Sabunlama flottesi							
5	Durulama flottesi	4410	6,2	2,4	57	16	11	4
6	Durulama flottesi	1040	7,1	0,9	59	7	5	3
7	Durulama flottesi	320	7,3	0,5	60	10	8	5
8	Kondisyonlama	190	7,4	0,3	49	7	6	4
	flottesi (yumuşatma)	790	4,4	0,6	35	0	0	0
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 3.14: CV ipliklerinin reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanması boyunca boşaltılan ardışık flottelerin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (spektral absorpsiyon katsayısı, SAC) değerleri

Flotte no	Flotte adı	KOİ (mgO_2/l)	pH	İletkenlik (mS/cm)	Sıcaklık (°C)	SAC 435 nm (l/m)	SAC 500 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Ön terbiye flottesi	610	7,4	20	134	3,9	2,7	1,4
2	Kullanılmış boya flottesi	10320	5,0	3,4	130	290	375	125
3	Durulama flottesi	1310	7,2	0,6	85	51	78	8,6
4	İndirgen ard-işlem	3610	9,5	6,1	89	18	11	6,3
5	Durulama flottesi	615	9,2	1,4	84	6,3	4,2	2,7
6	Durulama flottesi	140	8,6	0,5	66	0,9	0,7	0,3
7	Kondisyonlama flottesi (yumuşatma)	2100	7,2	0,5	55	23,6	17,9	11,8
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 3.15: PES ipliklerinin dispers boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanması boyunca boşaltılan ardışık flottelerin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (spektral absorpsiyon katsayıları, SAC) değerleri

Flotte no	Flotte adı	KOİ (mgO_2/l)	pH	İletkenlik (mS/cm)	Sıcaklık (°C)	SAC 435 nm (l/m)	SAC 500 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Kullanılmış boya flottesi	14340	12,9	46	70	254	191	190
2	Overflow durulama	6120	12,6	24	46	95	59	59
3	Durulama	1900	12,2	12,7	34	9	8	7
4	Oksidasyon flottesi	4780	11,7	5,6	51	4	3	2
5	Durulama flottesi	580	10,6	2	32	1	1	1
6	Sabunlama flottesi	1510	10	2,3	55	4	4	5
7	Durulama flottesi	230	9,3	1,5	36	2	2	2
8	Sabunlama flottesi	860	10,1	3,4	74	4	3	2
9	Durulama flottesi	47	8,9	1,2	37	1	1	1
10	Durulama flottesi	27	8,5	1	31	0,5	0,5	0,4
11	Kondisyonlama flottesi (yumuşatma)	1740	4,7	1,2	45	17	11	6
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 3.16: CO ipliklerinin küp boyarmaddeleriyle çektirme yöntemine göre boyanması boyunca boşaltılan ardışık flottelerin: KOİ, pH, iletkenlik, sıcaklık ve renk (spektral absorpsiyon katsayıları, SAC) değerleri

Örnekler, reaktif, dispers ve küp boyarmaddeleri ile çektirme yöntemine göre boyamalarda uygulanan tipik işlem sıralarını yansıtmaktadırlar. Bununla birlikte, bu işlemleri her zaman bu sıraya göre yapılır olarak değerlendirmemek gerekir, yerine göre burada belirtilen bir işlem herhangi bir iplik terbiyecisi tarafından hiç uygulanmayabilmektedir de. Örneğin terbiyeci, ek durulama flotteleri ve ipliğin merserizasyonu gibi işlemleri uygulamaya ihtiyaç duyabileceği gibi, son flottedeki yumuşatıcı aplikasyonu gibi işlemlere de gerek görmeyebilmektedir.

Bununla birlikte, bu örnekler bazı anahtar yaklaşımları göstermektedir:

- ilk olarak, nihai atık su karışımındaki konsantrasyon değerlerinin, yukarıdaki tablolarda bildirilen tek tek işlem flottelerine ait değerlerden ne kadar farklı olabileceği belirgin bir şekilde (ki esasında bu normaldir) görülmektedir. Seyreltme etkisi sayesinde, birbiriyle karışan atık suların toplam KOİ seviyeleri, atık boya flottelerinin değerlerinden çok daha düşük çıkmaktadır
- her üç örnekte de en yüksek konsantrasyon seviyelerini, atık boyama flotteleri göstermektedir. Ancak, reaktif boyamalara ait atık flottelerin KOİ değerleri, dispers ve küp boyaları ile yapılan boyamalardakinden belirgin şekilde daha düşüktür. Bu bölümde daha önce de anlatıldığı gibi, bunun asıl nedeni, suda çözünmeyen dispers ve küp boyarmaddelerinin aplikasyonu için gerekli olan dispergatörlerdir
- fikse olmamış boyarmaddeleri uzaklaştırmak amacıyla gerçekleştirilen sabunlama ve redüktif ard-işlemler gibi işlemler de, hem rengin, hem de KOİ değerlerinin yüksek olmasına katkıda bulunmaktadırlar. Özellikle yumuşatma işlemlerinde KOİ değerlerinin yüksek çıkması, yumuşatıcıların lifler tarafından çekilip alınma düzeylerinin düşük olmasının bir sonucudur
- durulama flotteleri kullanılmış boyama flottelerine göre 10-100 kere daha düşük konsantrasyonlarda olabilmektedirler. Bu da durulama prosesinin optimizasyonunun, örneğin, düşük konsantrasyondaki durulama sularının geri dönüşümünün önemini göstermektedir.

Tablo 3.17 ve Tablo 3.18, açık elyaf ve iplik (bobin) boyama proseslerinde saptanan su ve enerji tüketimi değerlerini göstermektedirler.

AÇIK ELYAF BOYAMA	**Elektrik**	**Isı enerjisi**	**Boyama için su**	**Durulama için su**
Birim	kWh/kg	MJ/kg	l/kg	l/kg
WO (asit, krom veya metal-kompleks boyaları)	0,1-0,4	4-14	8-15 (1)	8-16
PAC (katyonik boyalar)	0,1-0,4	4-14	4-12 (1)	4-16
PES (dispers boyalar)	0,1-0,4	4-14	6-15 (1)	12-20 (1)
CO (direkt, reaktif boyalar)	0,1-0,4	4-14	8-15 (1)	8-32
PA (direkt, asit boyaları)	0,1-0,4	4-14	6-15 (1)	6-12
Kaynak: [77, EURATEX, 2000] (1) haricinde, [280, Germany, 2002]				

Tablo 3.17: Açık elyaf boyama işlemlerinde su ve enerji tüketim seviyeleri

İPLİK BOYAMA (bobin)	Elektrik	Isı enerjisi	Boyama için su	Durulama için su
Birim	kWh/kg	MJ/kg	l/kg	l/kg
WO/PA (boya belirtilmemiş)	0,8-1,1	13-16	15-30 (1)	30-50 (1)
PAC (boya belirtilmemiş)	0,8-1,1	13-16	15-30 (1)	30-50 (1)
CO (direkt boyalar)	0,8-1,1	13-16	15-30 (1)	45-60 (1)
CO (reaktif boyalar)	0,8-1,1	13-16	15-30 (1)	60 (2)
CO (kükürt boyaları)	0,8-1,1	13-16	100 (3)-150 (1)	
Kaynak: [77, EURATEX, 2000] (1) haricinde, [280, Germany, 2002] Notlar: (2) Yıkama+durulama için su tüketimi (3) Toplam su tüketimi				

Tablo 3.18: İplik boyama işlemlerinde su ve enerji tüketimi seviyeleri

3.3.2 Örme kumaş terbiyesi yapan işletmeler

3.3.2.1 Örme kumaş terbiyesi yapan işletmeler: ağırlıklı olarak CO

Tablo 3.19, daha ziyade pamuklu örgü kumaş terbiyesi yapan onyedi işletmenin atık su emisyon verilerini göstermektedir. Bu işletmelerin baskı daireleri yoktur.

Özgül su tüketim seviyeleri birbirlerine nispeten yakındır (60-136 l/kg), ancak en üst ve en alt seviyede iki tane aşırılık gösteren istisna vardır (bkz. TFI 9 ve TFI 17). 21 l/kg su kullanan TFI 9, sadece hidrofilleştirme ve ağartma yapmaktadır. Ayrıca bu işlemlerin kontinü olması nedeniyle, bu işletmenin özgül atık su miktarı çok düşük, nihai atık sudaki KOİ konsantrasyonu ise en yüksek çıkmaktadır. TFI 17'nin çok yüksek olan özgül su tüketiminin (216 l/kg) nedenleri ise, yüksek kalite istenmesi (daha fazla durulama adımı) ve yüksek tamir oranları olarak bildirilmektedir.

KOİ değerleri de şaşırtıcı bir şekilde birbirlerine yakın bir bölgede bulunmaktadır (70-85 g/kg). Sadece hidrofilleştirme ve ağartma işlemleri yapılan TFI 9'un KOİ değerleri (48 g/kg) daha düşük çıkmaktadır. TFI 10, 11 ve 16 için de, daha yüksek değerler bildirilmiştir (107, 108 ve 97 g/kg). Aslında bu işletmelerde aynı zamanda bir miktar dokuma kumaş terbiyesinin de yapılması, bu yüksek değerleri açıklayabilmektedir. Buna ek olarak, TFI 10 yüksek KOİ emisyon faktörlerine neden olan PES örme kumaş terbiyesi de yapmaktadır. PES liflerinin işlem görmesi, atık sudaki yüksek hidrokarbon emisyonunun da sebebidir (konsantrasyon>20 mg/l). Bu emisyon daha ziyade, madeni yağ içeren preparasyon maddelerinin uzaklaştırılmasından ileri gelmektedir. 10-20 mg/l arasındaki konsantrasyon değerleri, pamuk terbiyesi yapan işletmelerde de gözlenebilmektedir (örneğin madeni yağ esaslı köpük önleyici maddelerden dolayı), ama genel olarak bunlardaki değerler 10 mg/l'nin altında kalmaktadır. Analiz edilen on yedi işletmenin tümünde de, ağır metal emisyonları önemli değerlerde değildir.

Aplike edilen kimyasal maddeler, boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedir:

- boyarmaddeler: 18 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: 100 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: 570 (g/kg tekstil materyali).

Temel kimyasal tüketiminin çok yüksek çıkmasının nedeni, çektirme yöntemine göre reaktif boyamalardaki, 400 g/kg civarında olan yüksek doğal tuz (NaCl veya Na_2SO_4) kullanımından kaynaklanmaktadır.

Toplam özgül enerji tüketimi 4-17 kWh/kg seviyelerindedir. Yüksek değer, eğirme ve bobinleme bölümleri de bulunan bir işletmeye aittir. Elektrik tüketimi 1-3 kWh/kg'dır (9 tane TFI'den alınan veriler).

	TFI 1	TFI 2	TFI 3	TFI 4	TFI 5	TFI 6	TFI 7	TFI 8	TFI 9	TFI 10	TFI 11	TFI 12	TFI 13	TFI 14	TFI 15	TFI 16	TFI 17
Özgül Q_{ww} (l/kg)	67	60	101	67	78	79	120	77	21	71	133	75	88	136	87	96	216
KOİ Kons. (mg O_2 /kg)	1210	1340	748		931	954	673	1010	2281	1502	814	804	911	439	658	1004	390
E-Fak (g/kg)	81	80	80		73	75	81	78	48	107	108	60	80	60	57	96	84
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg)	409	622	174	444	289	408	175	453	788	671	218		390	127	259	166	112
E-Fak (g/kg)	27,4	37,3	17,6	29,7	22,5	32,2	21	34,9	16,5	47,6	29,0		34,3	17,3	22,5	15,6	24,2
AOX Kons. (mg Cl/l)																0,3	0,21
E-Fak (g/kg)																0,03	0,05
HC Kons. (mg/l)	9,3	18,9	8,3	5	23,7	21,9	6,8	19,2	11,2	32	6,1	0,9	14,3	6,2	18,5		6,1
E-Fak (g/kg)	0,6	1,1	0,8	0,3	1,8	1,7	0,8	1,5	0,2	2,3	0,8	0,1	1,3				
pH																	
L (mS/cm)	3,5	4,4	6,5	4,6	10,1	4,7	8,1	2,9	2,7	3,8	2,26	6,3	6,1	5,1	11,1		
T (ºC)	34	30	38	36	33,8	33	35	28,6	39	29,3	21	20	24	31	30		
NH_4 Kons. (mg/l)																9	1
E-Fak (g/kg)																0,9	0,2
org.N Kons. (mg/l)															25	14,3	22
E-Fak (g/kg)															2,2	1,4	4,8
Cu Kons. (mg/l)	0,1	0,11	0,23	0,05	0,12	0,1	0,19	0,1		0,22	0,25		0,1	0,11	0,1		0,3
E-Fak (mg/kg)	7	7	23	3	9	8	23	8		16	33		9	15	9		65
Cr Kons. (mg/l)	0,1	0,1	0,05	0,05	0,1	0,1	0,05	0,1		0,2	0,05	0,1	0,1	0,1			
E-Fak (mg/kg)	7	6	5	3	8	8	6	8		14	7	8	9	14			
Ni Kons. (mg/l)																	
E-Fak (mg/kg)																	
Zn Kons. (mg/l)	0,2	0,33	0,37	0,1	0,2	0,14	0,1	0,2	0,37	0,26		0,1	0,12	0,12	0,2		0,3
E-Fak (mg/kg)	13	20	37	7	16	11	12	15	8	18		8	11	16	17		65

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar:
Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir

Tablo 3.19: Daha ziyade pamuklu örme kumaş terbiyesi yapan onyedi işletmedeki atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

3.3.2.2 Örme kumaş terbiyesi yapan işletmeler: daha ziyade baskı dairesinin önemli olduğu CO'lu işletmeler

Daha ziyade baskı dairelerinin önemli olduğu pamuklu örme kumaş terbiye işletmeleri için veriler, Tablo 3.20'de verilmektedir. Bu kategorideki işletmelerin çoğunluğunda pigment baskı yapılmaktadır.

Pigment baskıcılıkta atık su, sadece temizleme işlemleri (şablonlar, tamburlar, vs.) sırasında açığa çıkmaktadır. Bu da, bu işletmeler için tipik olan, çok düşük özgül atık su miktarlarını (genelde 10 l/kg'ın altında) açıklamaktadır. Sadece bir istisna, reaktif baskı da (ard-yıkamanın gerekli olduğu) yapan TFI 6 işletmesinde görülmektedir.

Analiz edilen işletmelerden, TFI 3 dışındaki hiçbir işletme ön terbiye yapmamakta, sadece daha önceden ön terbiyesi yapılmış örgü kumaşlara baskı yapmaktadırlar. TFI 3'ün bu farklılığı, bu işletmenin nihai atık su miktarının ve atık sudaki organik yükün yüksek oluşuyla da doğrulanmaktadır.

Kimyasal madde kullanımı ve enerji tüketimi hakkında bilgi temin edilememiştir.

	TFI 1	TFI 2	TFI 3	TFI 4	TFI 5	TFI 6	TFI 7	TFI 8	TFI 9	TFI 10	TFI 11	TFI 12
Özgül Q_{ww} (l/kg)	6	15	42	1,1	0,4	35	0,4	2	0,9	2	2	3
KOİ Kons. (mg O_2/kg)	233	391	170	296	376	17	1027	639	713	666	351	1196
E-Fak (g/kg)	1,4	6	7	0,3	0,2	0,6	0,4	1,3	0,6	1,3	0,7	3,3
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2/kg)			105									
E-Fak (g/kg)			4,4									
AOX Kons. (mg Cl/l)												
E-Fak (g/kg)												
HC Kons. (mg/l)	0,9	0,3	1,2	0,7	1	0,2	10,3	14,4		1,7	0,9	11,2
E-Fak (g/kg)	0,01	0,005	0,05	0,001	0,0004	0,01	0,004	0,03		0,003	0,002	0,03
pH												
L (mS/cm)	1,3	1	2,6	0,7	3	2,6	1,3	1,4	0,9	3,3	1,3	1,1
T (ºC)	11,9	18,9	16,2	17,2	10,6	17,2	14,5	15,9	13,2	19	17,6	17
NH_4 Kons. (mg/l)												
E-Fak (g/kg)												
org.N Kons. (mg/l)												
E-Fak (g/kg)												
Toplam N Kons (mg/l)												
E-Fak (g/kg)												
Cu Kons. (mg/l)	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1	0,1	0,6	0,07	<0,1	<0,1	<0,1
E-Fak (mg/kg)	0,30	1,50	4,20	0,11	0,02	3,50	0,04	1,20	0,06	0,20	0,20	0,30
Cr Kons. (mg/l)	<0,05	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
E-Fak (mg/kg)	0,3	1,5	4,2	0,1	0,02	3,5	0,04		0,1	0,2	0,2	0,3
Ni Kons. (mg/l)												
E-Fak (mg/kg)												
Zn Kons. (mg/l)	0,19	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	0,3	0,2
E-Fak (mg/kg)	1	1,5	13	0,11	0,04	4	0,04		0,09	0,2	0,6	0,6

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar:
Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir

Tablo 3.20: Baskı dairesinin önemli olduğu ve ağırlıklı olarak CO'lu örme kumaş terbiyesi yapan 12 işletmedeki atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

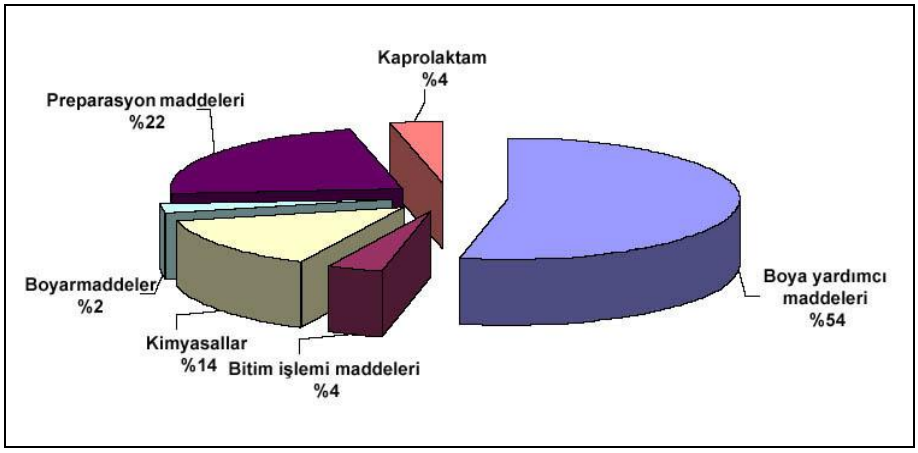
3.3.2.3 Örme kumaş terbiyesi yapan işletmeler: ağırlıklı olarak sentetik lifler

Bu kategorideki onüç işletme için Tablo 3.21'de yer alan verilere göre, bu işletmelerin özgül atık su tüketimlerinde önemli farklılıklar mevcuttur (35-229 l/kg). Daha düşük değerler, daha gelişmiş ekipmanlar (kısa flotte oranlarında çalışan otomatik makineler) kullanılarak kurulan işletmelerde ve az sayıda banyoya gerek duyulduğunda gözlenmektedir. Buna karşın daha yüksek değerler, küçük partilerin optimal olmayan flotte oranlarında işlem gördüğü eski makinelere sahip olan işletmeler için geçerlidir.

Preparasyon maddelerinden kaynaklanan yüke bağlı olarak, bu işletmelerdeki hidrokarbon emisyonları, ağırlıklı olarak CO işleyen işletmelere kıyasla, önemli ölçüde daha yüksektir (bkz Tablo 3.19).

Ağır metal iyonları, ağırlıklı olarak pamuk terbiyesi yapan işletmelerde olduğu gibi, ağır metal iyonları bu işletmeler için de kayda değer değildir.

KOİ emisyon faktörleri 65 ile 150 g/kg arasında değişmektedir. Daha düşük olan KOİ değerleri genel olarak PA terbiyesi yapan işletmeler için tipiktir. Poliamid ve poliamid/elastan karışımı örme kumaş terbiyesi yapan bir işletmedeki KOİ yükünün bileşimi, özet olarak şekil 3.7'de gösterilmiştir. Veriler, güvenlik veri yapraklarında bildirilen bilgiler ve bildirilen/varsayılan tutma faktörleri (atık suya geçmek yerine, lif üzerinde kalan kimyasal madde miktarları) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan rakamlar, atık sudaki KOİ konsantrasyonları ve yükleri ölçülerek, karşılaştırmalı olarak kontrol edilmiştir.



Şekil 3.7: Daha ziyade poliamid içeren örme kumaş terbiyesi yapan bir işletmedeki KOİ yükünün bileşim örneği
[179, UBA, 2001]

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi, boyama yardımcı maddeleri ve özellikle egaliz ve yıkama maddeleri, toplam KOİ yükünün yarısından fazlasını oluşturmaktadırlar. Preparasyon maddelerinin katkısının büyüklüğünü de belirtmek gerekmektedir. Verilen örnekte, toplam KOİ yükünün % 20'sinden fazlasını preparasyon maddeleri oluşturmaktadırlar. Daha ziyade ham kumaş termofiksajı yapılmasına rağmen (madeni yağ esaslı preparasyon maddeleri, termofiksaj sırasında buharlaşmakta ve bu nedenle atık suda bulunmamaktadır) böyle yüksek yüklerin bulunması ilginçtir. Poliamid 6 terbiyesinde, atık suda kaprolaktam da bulunmakta ve verilen örnekte tüm KOİ yükünün % 4'ünü oluşturmaktadır.

Aplike edilen kimyasal maddeler: boyarmaddeler, tekstil yardımcı madde miktarları ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedirler:

- boyarmaddeler: 15-50 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: 45-150 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: 50-280 (g/kg tekstil materyali)

Proseslerin ve proses adımlarının çeşitliliği, kullanılan kimyasal maddeler aralığının oldukça geniş olmasına yol açmaktadır. Toplam özgül enerji tüketimi 3,5-17 kWh/kg seviyelerindedir. Elektrik tüketimi 1,5-6 kWh/kg'dır. Yüksek değerler, iplik eğirme ve örme bölümleri de bulunan işletmelere aittir (üç işletmenin verileri).

	TFI 1 (1)	TFI 2 (1)	TFI 3 (1)	TFI 4 (1)	TFI 5 (1)	TFI 6 (1)	TFI 7 (1)	TFI 8 (1)	TFI 9 (1)	TFI 10 (1)	TFI 11 (1)	TFI 12 (2)	TFI 13 (2)
Özgül Q_{ww} (l/kg)	117	173	81	77	127	89	35	229	83	43	61	144	225
KOİ Kons. (mg O_2/kg)	1003	379	1045	3590	911	890	2170	384	581	3480	1870	883	262
E-Fak (g/kg)	117	66	85	176	116	79	76	88	48	150	114	127	67
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2/kg)	271	184	384	855	242	246	252	95	132	590		326(3)	88(3)
E-Fak (g/kg)	31,7	31,8	31,1	65,8	30,7	21,9	8,8	21,8	11,0	25,4		47	22
AOX Kons. (mg Cl/l)				4,3	0,3	0,34				0,65	0,3		
E-Fak (g/kg)				0,3	0,04	0,03				0,03	0,02		
HC Kons. (mg/l)	60	4,9	57,1		26,9								
E-Fak (g/kg)	7	0,8	4,6		3,4								
pH						7,3		9,2		6	7,4		
L (mS/cm)	3,2	4,1	1	2,2		1,7		1,5	3,6	2,6	0,9		
T (ºC)	29,3	29	39,8					36,8					
NH_4 Kons. (mg/l)				2		6		18					
E-Fak (g/kg)				0,2		0,5		4,1					
org.N Kons. (mg/l)				15	16,5	18,2		12		15			
E-Fak (g/kg)				1,2	2,1	1,6		2,7		0,6			
org.N Kons. (mg/l)													4,7
E-Fak (g/kg)													1,2
Toplam N Kons (mg/l)												1,9	2,3
E-Fak (g/kg)												0,27	0,59
Cu Kons. (mg/l)	<0,05	0,06	0,09	0,09	<0,09			<0,1		<0,01	0,04	0,1	0,03
E-Fak (mg/kg)	6	10	7	7	11			23		0,43	2	14,4	8
Cr Kons. (mg/l)		<0,1	0,15	<0,05	0,14							0,03	0,03
E-Fak (mg/kg)		17	12	4	18							4,3	8
Ni Kons. (mg/l)								<0,1		<0,01	<0,02		
E-Fak (mg/kg)								23		0,4	1,2		
Zn Kons. (mg/l)	0,16	0,05	0,07							0,03	0,08	0,07	0,03
E-Fak (mg/kg)	19	9	6							1	5	10	8

Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1'den TFI 11'e kadar, yani 1'den 11'e kadar işletmeler hakkında); (2)[200, Sweden, 2001] (TFI 12'den TFI 13'e kadar, yani B ve G işletmeleri hakkında)
Notlar: Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir; (3) bildirilen veri $BOİ_7$ değeridir

Tablo 3.21: Daha ziyade sentetik lif içeren örme kumaş terbiyesi yapan işletmelerin atık suları için konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

3.3.2.4. Örme kumaş terbiyesi yapan işletmeler: ağırlıklı olarak yün

Sadece bir işletme için atık su emisyonu ve enerji tüketimi verileri elde edilebilmiştir. Aynı durum enerji tüketimi için de geçerlidir. Kesin işletme adımları bilinmemektedir.

Tablo 3.22, atık su emisyon değerlerini içermektedir. Özgül atık su miktarı ve diğer parametreler pamuklu veya sentetik elyaf terbiyesi yapan işletmeler ile kıyaslandıklarında, önemli bir farklılık göstermemektedirler.

Kullanılan kimyasallara ait bilgiler elde edilememiştir.

Analiz edilen işletmedeki özgül enerji tüketimi çok yüksek (67 kWh/kg) olup, bunun 9 kWh/kg'ı, elektrik tüketimine aittir. Enerji tüketimi değerlerinin yüksek olmasının nedeni, bu değerlere eğirme, katlı büküm, bobinleme ve örme işlemlerinin de dahil olmasıdır.

	TFI 1
Özgül Q_{ww} (l/kg)	63
KOİ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	1470 93
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	367 23,1
AOX Kons. (mg Cl/l) E-Fak (g/kg)	0,3 0,02
HC Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	
pH	6,8
L(mS/cm)	0,6
T(ºC)	31,5
NH_4 Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	9,5
org.N Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	23,3 1,5
Cu Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	0,03 2
Cr Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	0,09 6
Ni Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	
Zn Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	0,5 32
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Boş bölmeler bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir	

Tablo 3.22: Daha ziyade yünlü örme kumaş terbiyesi yapan bir işletmeye ait atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyaline özgü emisyon faktörleri

3.3.2.5 Örme kumaş terbiyesi yapan işletmelere özgü bazı proseslerin analizleri

Prosese özgü bilgiler şunlara dayandırılmaktadır:

- termofiksaj (Bölüm 3.3.3.5.2)
- pamuklu örme kumaşların ön terbiyesi (kesintisiz ve kesintili işlemler) (Bölüm 3.3.2.5.1)
- sentetik elyaf içeren örme kumaşların ön terbiyesi (çok kısıtlı bilgi elde edilebilmektedir) (Bölüm 3.3.2.5.2)

- pamuk ve sentetik lif içeren örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyanması (Bölüm 3.3.2.5.3)
- baskı (Bölüm 3.3.3.5.5)
- bitim işlemleri (Bölüm 3.3.3.5.6)
- kaplama (Bölüm 3.3.3.5.7).

3.3.2.5.1 Pamuklu örme kumaş ön terbiyesi

Pamuklu örme kumaşların ön terbiyesi ağartma ve yıkamayı içermektedir. Ağartmanın yoğunluğu, daha ziyade pamuğun kalitesine ve istenilen beyazlık derecesine bağlıdır. Daha sonra çektirme yöntemine göre koyu renkli bir boyama yapılacaksa, daha az yoğunluktaki bir ağartma yeterli olurken (şeker kasar), uçuk renkteki veya boyanmayan (beyaz) ürünler için daha yüksek beyazlık dereceleri ve dolayısıyla daha yoğun ağartma işlemleri gerekli olmaktadır.

Pamuklu örme kumaşların kesintisiz ön terbiyesi

Kesintisiz ön terbiye, daha ziyade büyük işletmeler için tipiktir. Aşağıda hidrojenperoksitle yapılan kesintisiz bir ağartma/yıkama prosesi anlatılmaktadır. İşlem şu adımlardan oluşmaktadır:

- ağartma flottesinin A_F % 130 olacak şekilde emdirilmesi
- buharlayıcıda 95-98 ºC'daki doymuş buharla ağartma reaksiyonu (30 dk)
- ters akım uygulayarak durulama
- kompleks oluşturucu ve yıkama maddeleri içeren flotteyle emdirme ve buharlama (doymuş buharla 3-5 dk)
- durulama ve kurutma (beyaz ürünler söz konusu ise, kurutmadan önce yumuşatıcı aplikasyonu yapılmaktadır)

Tipik bir reçete örneği Tablo 3.23'te verilmektedir:

Reçete	(g/kg tekstil)	ürüne ait KOİ (g O_2/kg ürün)	özgül KOİ-girdisi (g O_2/kg tekstil)	tahmin. özgül KOİ- çıktısı[(1)] (g O_2/kg tekstil)
Ağartma için emdirme flottesi				
NaOH (%100)	8,2			
Islatıcı	6,0	1210	7,3	7,3
Kompleks oluşturucu	4,4	270	1,2	1,2
Organik stabilizatörler	22,0	185	4,1	4,1
$MgSO_4$	2,2			
H_2O_2 (%50)	66,0			
Optik bayazlatıcı	5,0	760	3,8	1,14
Yıkama maddesi	1,5	2060	3,1	3,1
İkinci emdirme flottesi				
Polifosfat	1,1			
Yıkama maddesi	1,1	1780	2,0	2,0
			toplam:21,4	**toplam:18,84**
Yumuşatma yapılması durumunda				
Yumuşatıcılar	14,5	684	9,9	0,99
Asetik asit (% 60)	1,1	645	0,7	0,7

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar:
(1) KOİ çıktı değerleri: ıslatıcıların, kompleks oluşturucuların ve organik stabilizatörlerin tamamının atık suya geçtiği, optik beyazlatıcılar ve yumuşatıcıların ise sırasıyla % 70 ve % 90 oranlarında liflerde kaldığı kabulüne dayalı olarak tahmin edilmektedirler

Tablo 3.23: Pamuklu örgü kumaşların kesintisiz ağartma/yıkama işlemleri için tipik bir reçete örneği

Özgül KOİ girdisi 20 ile 30 g/kg tekstil arasında değişmektedir. Bu örnek, 11. ünitede verilen standart reçete ile doğrulanmaktadır.

Tüm prosesin özgül su tüketimi ve atık su tüketimi yaklaşık 30 l/kg'dır (±7 l/kg).

İlk durulama suyunun tipik değerleri:
- KOİ: 4000-8500 mg/l
- İletkenlik: 2,5-4,5 mS/cm
- pH: 10 civarı.

İkinci durulama suyunun tipik değerleri:
- KOİ: 1000-3000 mg/l
- İletkenlik: 0,5-1,2 mS/cm
- pH: 8-10 civarı

Tablo 3.23'te de belirtildiği gibi, uygulanan kimyasallardan kaynaklandığı söylenebilen KOİ-çıktı-faktörlerinin 20 g/kg tekstil materyali civarında olduğu tahmin edilmektedir (atık sudaki nihai KOİ değerini en fazla etkileyen yardımcı maddeler ıslatıcılardır).

Toplam atık sudaki ölçümler, KOİ çıktı faktörlerinin 80 ile 100 g/kg tekstil materyali arasında olduğunu göstermektedir. Bunun 60-80 g/kg tekstil materyali kadarlık bir kısmının, ham örgü pamuklu kumaşta bulunan katkı maddelerinden (örneğin, örgü yağları) ve benzerlerinden ileri geldiği söylenebilmektedir. Ancak, hesaplamalara hidrojenperoksidin dahil edilmediği unutulmamalıdır (KOİcr yöntemi ile 0,45 KOİ/g H_2O_2 ölçülmektedir).

Aşağıdaki adımları içeren ikinci bir proses için veriler mevcuttur:

- demineralizasyon flotesinin (inorganik ve organik asitler) A_F % 130 olacak şekilde emdirilmesi, takiben 40 °C'da reaksiyona sokulması ve durulama
- ağartma flotesiyle emdirme (ağartma maddesi olarak H_2O_2)
- buharlayıcıda 97 °C civarındaki doymuş buharla ağartma reaksiyonu
- ters akım uygulayarak durulama
- yumuşatıcı eklenmesi (istenirse).

Özgül kimyasal madde tüketimleri ve bunlara ait KOİ değerleri Tablo 3.24'te verilmektedir. Bu prosesin daha düşük miktarlarda suya gereksinim duyduğu açık bir şekilde görülmektedir.

Özgül girdi/çıktı	Birim	Tipik aralık
İnorganik kimyasalların tüketimi	(g/kg tekstil)	37-41
Organik kimyasalların tüketimi, KOİ olarak	(g O_2/kg tekstil)	29-35
Su tüketimi	(l/kg tekstil)	14-19
Buhar tüketimi	(kg/kg tekstil)	1,1-1,6
Elektrik tüketimi	(kWh/kg tekstil)	62-79
Aplike edilen kimyasallardan kaynaklanan atık sudaki KOİ-çıktısı (1)	(g O_2/kg tekstil)	16-20
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: (1) KOİ çıktı değerleri: ıslatıcıların, kompleks oluşturucuların ve organik stabilizatörlerin tamamının atık suya geçtiği, optik beyazlatıcılar ve yumuşatıcıların ise sırasıyla % 70 ve % 90 oranlarında liflerde kaldığı kabulüne dayalı olarak tahmin edilmektedir		

Tablo 3.24: Pamuklu örgü kumaşların kesintisiz ön terbiye prosesi (ağartma /yıkama) için kimyasal madde tüketimi ve buna ait KOİ değerleri

Pamuklu örme kumaşların kesintili ön terbiyesi

Pamuklu örme kumaşların kesintili ağartması/yıkaması için hidrojenperoksit (H_2O_2) ağartması standart reçeteleri Bölüm 11'de bulunmaktadır. H_2O_2 ile ön (şeker kasar) ve tam ağartmalar için atık ağartma flottelerinin ve durulama sularının KOİ, pH ve iletkenlik verileri Tablo 3.25'te yer almaktadır (çektirme yöntemine göre kesintili proses). Boşaltılan her bir banyoya ait atık su tüketimi mevcut olmadığından, emisyon faktörleri hesaplanamamaktadır. Sadece toplam özgül atık su tüketimleri bilinmektedir (durulama dahil, 30-50 l/kg).

Parametre	Ön-ağartma (şeker kasar)			Tam-ağartma		
	Atık ağartma flottesi	Sıcak durulama (15 dakika)	Soğuk durulama (25 dakika)	Atık ağartma flottesi	Sıcak durulama (15 dakika)	Soğuk durulama (25 dakika)
PH	11,4-11,7	11,1-11,3	11,1-11,2	12,1-12,5	12,1-12,3	11,3-11,5
KOİ (mg O_2/l)	5200-6500	4200-5400	800-1700	7800-8500	5700-6500	800-1200
İletkenlik (mS/cm)	6,4-9,5	5-8	1,5-3,5	16-16,8	12-12,6	2,1-1,5
Kaynak: [179, UBA, 2001]						

Tablo 3.25: Pamuklu örme kumaşların H_2O_2 ile ön (şeker kasar) ve tam ağartma atık flottelerinin ve durulama sularının KOİ, pH ve L verileri; durulama dahil tüm proses için özgül atık su tüketimi 30-50 l/kg'dır

Eskiden pamuklu örgü kumaşlar için önceleri sodyumhipoklorit ile hidrojenperoksidin bir kombinasyonu da yaygın olarak uygulanmaktaydı. Hipokloritin yerini hidrojenperoksidin almasından beri, günümüzde bu proses daha az uygulanmaktadır. 1992'ye ait bilgiler, kombine hipoklorit ve hidrojenperoksit uygulamasının değerlerini ve atık sudaki AOX miktarındaki büyük farklılığı göstermektedir (Tablo 3.26). Hipoklorit ağartmasından sonra durulama yapılmamasından dolayı, örgü kumaşla birlikte yan ürünler bir önceki banyodan, peroksit ağartma flotesine taşınmakta ve bu nedenle atık H_2O_2 banyosunda da belirgin bir AOX değeri (6 mg/l'ye kadar) bulunmaktadır.

Parametre	NaOCl-ağartması Atık ağartma flottesi	H_2O_2-ağartması Atık ağartma flottesi	Durulama
pH	9,3-10,2	10,5-11	8,2-8,3
KOİ (mg O_2/l)	1500-1800	1500-1600	70-80
AOX (mg Cl/l)	90-100	3,5-6	0,2-0,3
İletkenlik (mS/cm)	10,2-10,5	7,2-8	0,8-0,85
Kaynak: [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "ITV, 1992"			

Tablo 3.26: Pamuklu örme kumaşların NaOCl/H_2O_2 (F.O.=1:15) kombine ağartma atık flottelerinin ve durulama sularının KOİ, AOX, pH ve iletkenlik verileri-"ITV,1992"; toplam özgül atık su tüketimi (durulama dahil tüm proses için 30-50 l/kg)

3.3.2.5.2 Sentetik lif içeren örme kumaşların ön terbiyesi

Sentetik lif içeren örme kumaşların ön terbiye proseslerine özgü mevcut girdi/çıktı verileri sınırlıdır. Liflerden uzaklaştırılan bileşikler, miktarlarıyla birlikte Bölüm 8.2'de görülebilmektedir. Özgül su tüketimi ve atık su miktarı bilgileri kullanılarak, KOİ ve hidrokarbon konsantrasyonları güvenilir şekilde tahminlenebilmektedir. Büyük firmalarda, özgül su tüketimlerinin düşük ve dolayısıyla KOİ ve hidrokarbon konsantrasyonlarının yüksek olduğu kesintisiz ön terbiye işlemleri (genellikle yıkama prosesleri) uygulanmaktadır. Bu işlemlerde, özellikle hidrokarbonlar için g/l seviyelerindeki konsantrasyonlar tipiktir.

3.3.2.5.3 Örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyanması

Örme kumaşlar genellikle kesintili olarak boyanmaktadır (çektirme yöntemine göre boyamalar). Nadiren kumaş yarı-kesintili olarak boyanmaktadırlar (genellikle soğuk bekletme yöntemi ile).

Pamuklu örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyanması

Tablo 3.27, açık, orta ve koyu tonda boyamalar için (öncelikle özgül boyarmadde ve tuz girdilerini etkilemektedir) tipik girdi faktörlerini göstermektedir. Tabloda belirtilen geniş flotte oranı aralığı, farklı makinelerin kullanımından ileri gelmemektedir (tüm veriler 1:8 flotte oranına sahip makinelere aittir). Küçük partilerin boyanmasının istenmesine bağlı olarak, makine tam doldurulmadığında, optimal olmayan flotte oranlarında çalışmak gerekmektedir ki, flotte oranlarındaki büyük farklılıkların nedeni, bu sıkça rastlanılan bu durumdur. Modern makinelerin yaygın bir özelliği, bunlarda küçük partilerin de maksimum yüklenme durumundakiyle yaklaşık aynı flotte oranında boyanmasının mümkün olmasıdır. (bkz. Bölüm 4.6.19).

	Birim	açık ton	orta ton	koyu ton
Flotte oranı	1:8-1:25			
Boyarmadde girdisi	(g/kg tekstil)	0,5-4	5-30	30-80
Org. yardımcı madde girdisi	(g/kg tekstil)	0-30	0-30	0-35
Tuz girdisi	(g/kg tekstil)	90-400	600-700	800-2000
İnorganik yardımcı maddeler	(g/kg tekstil)	50-250	30-150	30-150
Kaynak: [179, UBA, 2001]				

Tablo 3.27: Pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanmasındaki tipik girdi faktörleri

Aşağıdaki tablolar, bazı tipik boyama proseslerinde boşaltılan atık suların karakteristiklerini göstermektedir. Tablo 3.28'de açık tondaki reaktif boyamalarda boşaltılan her bir banyoya ait veriler ayrı ayrı görülmektedir.

Açık tonlar için, normal olarak daha az durulama istenmekte ve sabunlamaya gerek duyulmamaktadır. KOİ değerleri özellikle durulama suları için çok düşüktür. Bunun tersine, Tablo 3.29'daki koyu tonlar için boyama adımlarının verileri, belirgin şekilde daha yüksek KOİ, iletkenlik ve renk değerleri göstermektedir. Reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre orta tondaki boyamaların değerlerinin, bu iki uç durumun arasında yer alması normaldir.

Flotte No	Flotte adı	KOİ ($mg\ O_2/l$)	pH	İletkenlik (mS/cm)	SAC 436 nm (l/m)	SAC 525 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Boyama atık flottesi	920	11	72	43	18	6
2	Durulama flottesi	180	10,6	10	9	4	2
4	Durulama flottesi	33	10	2,8	4	2	1
5	Durulama flottesi	23	9	1	2	1	1
6	Durulama flottesi	5	8,3	0,8	1	0,5	0,2
Kaynak: [179, UBA, 2001]							

Tablo 3.28: Pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre (açık tonda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri; F.O.=1:25; tüm proses için özgül su tüketimi: 142 l/kg (malın yüklenmesi sırasındaki ve boyama sonrası uygulanan direkt soğutmadaki su tüketimleri dahil)

Flotte No	Flotte adı	KOİ ($mg\ O_2/l$)	pH	İletkenlik (mS/cm)	SAC 435 nm (l/m)	SAC 500 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Boyama atık flottesi	3400	12,1	140	328	315	320
2	Durulama flottesi	2980	11,8	55	325	298	308
3	Nötralizasyon flottesi	2530	4,5	25	309	220	246
4	Durulama flottesi	1060	4,7	8,3	316	185	196
5	Durulama flottesi	560	5,3	2,1	316	164	154
6	Durulama flottesi	450	6,7	0,8	321	177	132
7	Durulama flottesi	150	7,0	0,5	205	94	61
8	Durulama flottesi	76	7,6	0,4	63	27	17
9	Durulama flottesi	50	7,6	0,4	29	13	7
Kaynak: [179, UBA, 2001]							

Tablo 3.29: Pamuklu örme kumaşların reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre (koyu tonlarda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri; F.O.=1:8,2; tüm proses için özgül su tüketimi 71 l/kg

Ek olarak aşağıda, bir tanesi direkt boyarmaddelerle açık tonda, diğeri de kükürt boyarmaddeleriyle koyu tondaki boyamalara ait olmak üzere iki örnek daha sunulmaktadır.

Flotte No	Flotte adı	KOİ (mgO_2/l)	AOX (mgCl/l)	pH	İletkenlik (mS/cm)	SAC 435 nm (l/m)	SAC 500 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Boyama atık flottesi	3000	1,5	10	9,1	50	28	19
2	Durulama flottesi	160	0,18	8,2	1,2	8	3	2,8
3	Durulama flottesi	50	0,07	7,4	0,6	0,3	0,02	0,02
4	Kondisyonlama flottesi (yumuşatma)	900	0,2	4,8	0,8	13	9	7
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 3.30: Pamuklu örme kumaşların direkt boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre (açık tonda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri

Flotte No	Flotte adı	KOİ (mgO_2/l)	AOX (mgCl/l)	pH	İletkenlik (mS/cm)	SAC 435 nm (l/m)	SAC 500 nm (l/m)	SAC 620 nm (l/m)
1	Boyama atık flottesi	4800	3,3	11,5	63	1100	1080	1130
2	Sıcak durulama flottesi	600	0,4	10	3,2	8	8	9
3	Durulama flottesi	36	0,03	8,2	0,62	0,5	0,3	0,3
4	Durulama flottesi	25	0,04	8	0,34	0,3	0,1	0,2
5	Sıcak durulama flottesi	580	0,3	8,3	1,3	3,5	3,2	3,3
6	Durulama flottesi	30	0,04	7,4	0,52	0,1		0,1
7	Durulama flottesi	25	0,04	7,4	0,5	0,1	0,02	0,03
8	Sıcak durulama flottesi	390	0,25	8,2	1,5	2,8	2,6	3
9	Durulama flottesi	24	0,03	7,6	0,52	0,1		0,08
10	Durulama flottesi	12	0,04	7,7	0,5	0,2		0,08
11	Kondisyonlama flottesi (yumuşatma)	2200	1,6	7,7	1,1	15	8	5
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 3.31: Pamuklu örme kumaşların kükürt boyarmaddeleriyle çektirme yöntemine göre (koyu tonda) boyanması sırasında ardışık olarak boşaltılan flottelerin KOİ, pH, iletkenlik ve renk (Spektral Absorpsiyon Katsayıları, SAC) değerleri

Yukarıdaki tablolardan, çektirme yöntemine göre boyamalarda boşaltılan banyoların yüksek, orta ve düşük yüklü sular olduğu açıkça görülmektedir. Bu da, farklı flotte akışlarını ayırarak, düşük yüklü flottelerin geri dönüşümüne izin vermenin ve konsantre flottelerin de daha etkin şekilde işlem görmesinin önemini göstermektedir (daha fazla bilgi için bkz. Bölüm 4.6.22 ve 4.10.7).

Sentetik lif içeren örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyanması

Tablo 3.32, PES örme kumaşlarda yüksek ışık haslığı için bir UV stabilizatörü aplikasyonunu da içeren çektirme yöntemine göre tipik boyama reçetesini göstermektedir. Bunun veya diğer sentetik liflerin çektirme yöntemine göre boyanması için analitik veriler mevcut değildir.

	Girdi faktörü (g KOİ/kg tekstil)	**Atık suya ait çıktı faktörü (g KOİ/kg tekstil)**
Flotte oranı	1:10	
Çektirme yöntemine göre boyama		
Boyarmadde girdisi	1-100	0,5-50
Dispergatör	6	5
Organik asit	saptanmadı	saptanmadı
Carrier karışımları (1)	23	11
UV absorblayıcıları	19	4
Köpük kesiciler	17	16
Ard-işlem		
NaOH (%50)		
İndirgen madde	7	5
İyon tutucu	3	3
		Toplam 45-95
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: (1) özellikle ftalik asit esterleri		

Tablo 3.32: PES örme kumaşların dispers boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanması için tipik girdi ve hesaplanmış çıktı faktörleri

Bildirilen verilerden çıkan sonuç, dispergatörler (ürün ağırlığının % 40 - 60'ı gibi yüksek oranlarda boya formülasyonunun kendisinde bulunmaktadırlar) ve carrierlar nedeniyle, KOİ emisyon faktörlerinin, dispers boyamalarda, örneğin reaktif boyamalara göre belirgin şekilde daha yüksek olduğudur.

3.3.3 Dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmeler

3.3.3.1 Dokuma terbiyesi yapan işletmeler: ağırlıklı olarak CO ve CV

Tablo 3.33'te, ağırlıklı olarak pamuklu dokuma kumaş terbiyesi yapan 17 işletmenin atık su emisyon verileri gösterilmektedir. Bu işletmelerin çoğu, ön terbiye işlemlerini kesintisiz veya yarı-kesintili şekilde gerçekleştirmektedirler. Aynı durum boyama için de geçerli olmakla beraber, bazı işletmeler kesintisiz boyamalar ile kombine ederek veya tek başına çektirme yöntemine göre boyamalar yapmaktadırlar (TFI 16 örnek bir durumdur).

Özgül atık su çıkışları, 45-50 l/kg ile 200 l/kg arasında değişmekte, hatta 2 durumda 600 l/kg'ın üstüne bile çıkmaktadır. Bu değerler, başka 25 işletme için "FhG-ISI,1997" da bildirilen benzer sonuçlar tarafından da doğrulanmaktadır. Burada da 240 ve 265 l/kg'a kadar çıkan ve hatta bir tane de çok daha yüksek bir değer (415 l/kg) bildirilmektedir.

Özgül atık su çıkışları 50 l/kg civarında olan işletmelerin (örneğin, TFI 6 ve TFI 9), 200 l/kg veya daha yüksek seviyeler gösteren firmalara göre daha modern ve daha verimli yıkama makinelerine sahip oldukları bilinmektedir. Bu incelemedeki iki işletme (TFI 12 ve TFI 16) aşırı yüksek atık su çıkışları göstermektedir (618 l/kg ve 646 l/kg). TFI 12'nin durumunun sebebi, bu işletmede çok düşük verimle çalışan çok eski yıkama makinelerinin kullanılmasından kaynaklanıyor olabilir. TFI 16'nın yüksek su tüketimi durumu ise, bu işletmenin yarı-kesintili ve kesintisiz boyama tekniklerine göre su tüketimi normal olarak daha yüksek olan kesintili boyama yöntemlerini uyguluyor olmasıyla açıklanabilmektedir.

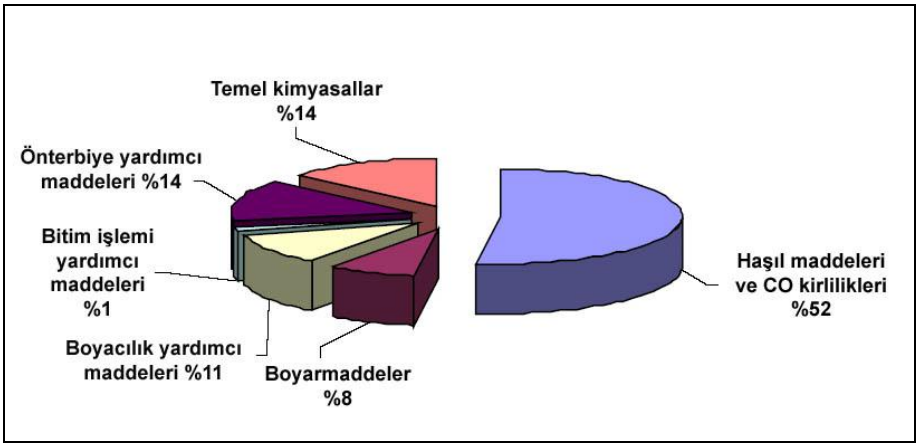
Dokuma kumaş terbiyecilerinin KOİ emisyon faktörleri, iplik ya da örgü kumaş terbiyecilerine nazaran oldukça daha yüksektir (2-3 kat daha yüksek). Bu daha ziyade, dokuma kumaşlar üzerinde ağırlıklarının % 15'ine kadar çıkan miktarlarda bulunan haşıl maddelerinin uzaklaştırılmasından ileri gelmektedir. Kumaştaki haşıl maddesi miktarı ve dolayısıyla KOİ emisyon faktörü, kumaşın cinsine ve uygulanan haşıl maddesinin kalitesine bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Örneğin, TFI 5 düşük haşıl yüküne sahip hafif ve açık kumaşları işlemektedir. Buna ek olarak, bu işletme sadece ön terbiye yapmakta, boyama yapmamaktadır, bu da bu işletmenin düşük emisyon faktörünü açıklamaktadır (ve aynı durum TFI 15 için de geçerlidir). Diğer taraftan, TFI 2, yüksek miktarlarda haşıl içeren dokuma kumaş terbiyesi yapmaktadır ve bu nedenle özgül KOİ yükü daha yüksektir (300 g/kg). Pamuklu havlu kumaşların veya viskon ağırlıklı kumaşların terbiyesini yapan işletmelerin emisyon faktörleri de düşüktür.

Aplike edilen haşıl maddelerinin biyolojik olarak parçalanabilirliğinin göstergesi olarak düşünülebilen, KOİ/$BOİ_5$ oranının değişkenliğini izlemek de ilginçtir. Karboksimetilselüloz (CMC), poliakrilatlar (PA) ve polivinilalkol (PVA) gibi sentetik haşıl maddelerinin biyolojik olarak parçalanmaları yetersizdir ve özellikle CMC ve PA, biyolojik olarak ya hiç parçalanmamakta veya çok az parçalanmaktadırlar. Bu durum göz önüne alındığında, KOİ/ $BOİ_5$ oranı 3:1 civarında olan TFI 1 ve TFI 2 gibi işletmelerde, daha ziyade biyolojik olarak parçalanabilen haşıl maddelerinin söküldüğü söylenebilmektedir. Diğer taraftan TFI 3 ve TFI 4'ün 5:1 olan oranı, bu işletmelerin ağırlıklı olarak biyolojik olarak parçalanmayan veya çok zor parçalanan haşıl maddelerini söktüklerini göstermektedir.

TFI 4'ün baskı bölümünden kaynaklanan yüksek amonyak konsantrasyonuna da değinmek gerekmektedir (bu işletme, baskılı tekstil materyali yüzdesi % 30'dan daha düşük olduğu için baskı dairesinin önemli olduğu işletmeler arasında kategorize edilmemiştir). Bundan başka TFI 2 için de yüksek bir AOX konsantrasyonu ve emisyon faktörü gözlenmektedir, ancak bunun için gerçekçi bir açıklama bulunamamıştır.

Şekil 3.8, ağırlıklı olarak pamuklu dokuma kumaş terbiyesi yapan bir işletmede atık suya geçen KOİ yükünün örnek bir bileşimini göstermektedir. Veriler, güvenlik veri yapraklarında yer alan bilgiler ve bilinen/varsayılan tutma faktörleri (atık suya geçmek yerine lif üzerinde kalan kimyasal madde miktarları) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan rakamlar, atık suda ölçülen KOİ konsantrasyonları ve yükleri ile karşılaştırılarak kontrol edilmiştir.

Toplam KOİ yükünde, haşıl maddelerinin ve pamuktaki yabancı maddelerin katkısının en fazla olduğu açıktır. Örnekte, işletme ağırlıklı olarak kükürt ve küp boyaları kullanmaktadır. Aplike edilen formülasyonlarda bulunan dispergatörlerden dolayı, bu boyaların toplam KOİ değerine etkisi, reaktif boyaların kullanılması durumuna nazaran daha yüksek olmaktadır.



Şekil 3.8: Ağırlıklı olarak pamuklu dokuma kumaş terbiyesi yapan bir işletmenin KOİ yükünün bileşimi: kükürt, küp ve reaktif boyalarıyla yarı kesintisiz ve kesintisiz boyamalar yapılmaktadır [179, UBA, 2001]

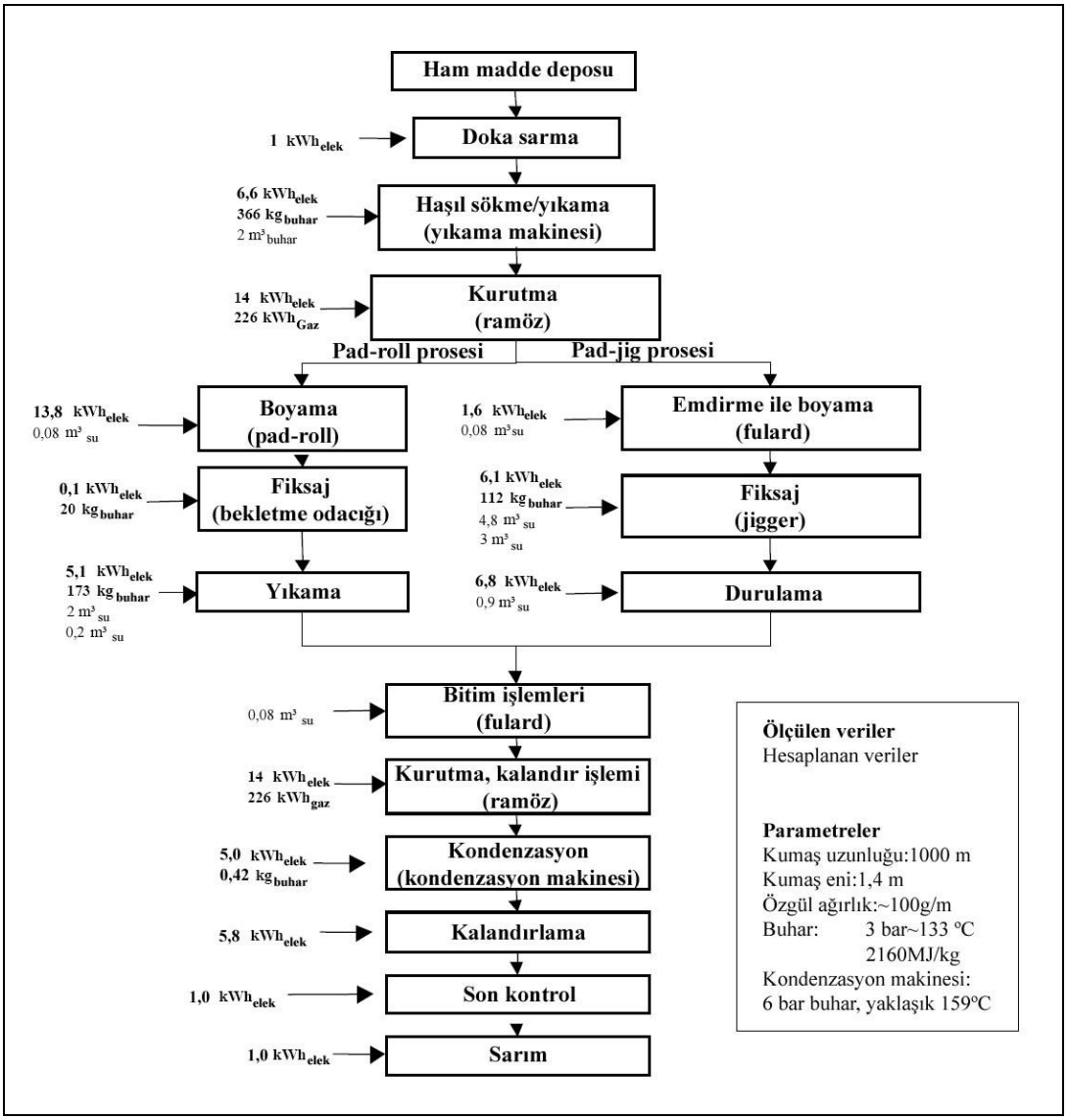
Aplike edilen kimyasal maddeler: boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedir:

- boyarmaddeler: 10-20 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: 180-200 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: 200-250 (g/kg tekstil materyali)

Toplam özgül enerji tüketimi 8-20 kWh/kg seviyelerindedir. Yüksek değerler, eğirme, katlı büküm ve bobinleme bölümleri de bulunan işletmelere aittir. Elektrik tüketimi 0,5-1,5 kWh/kg civarındadır (8 işletmenin verileri).

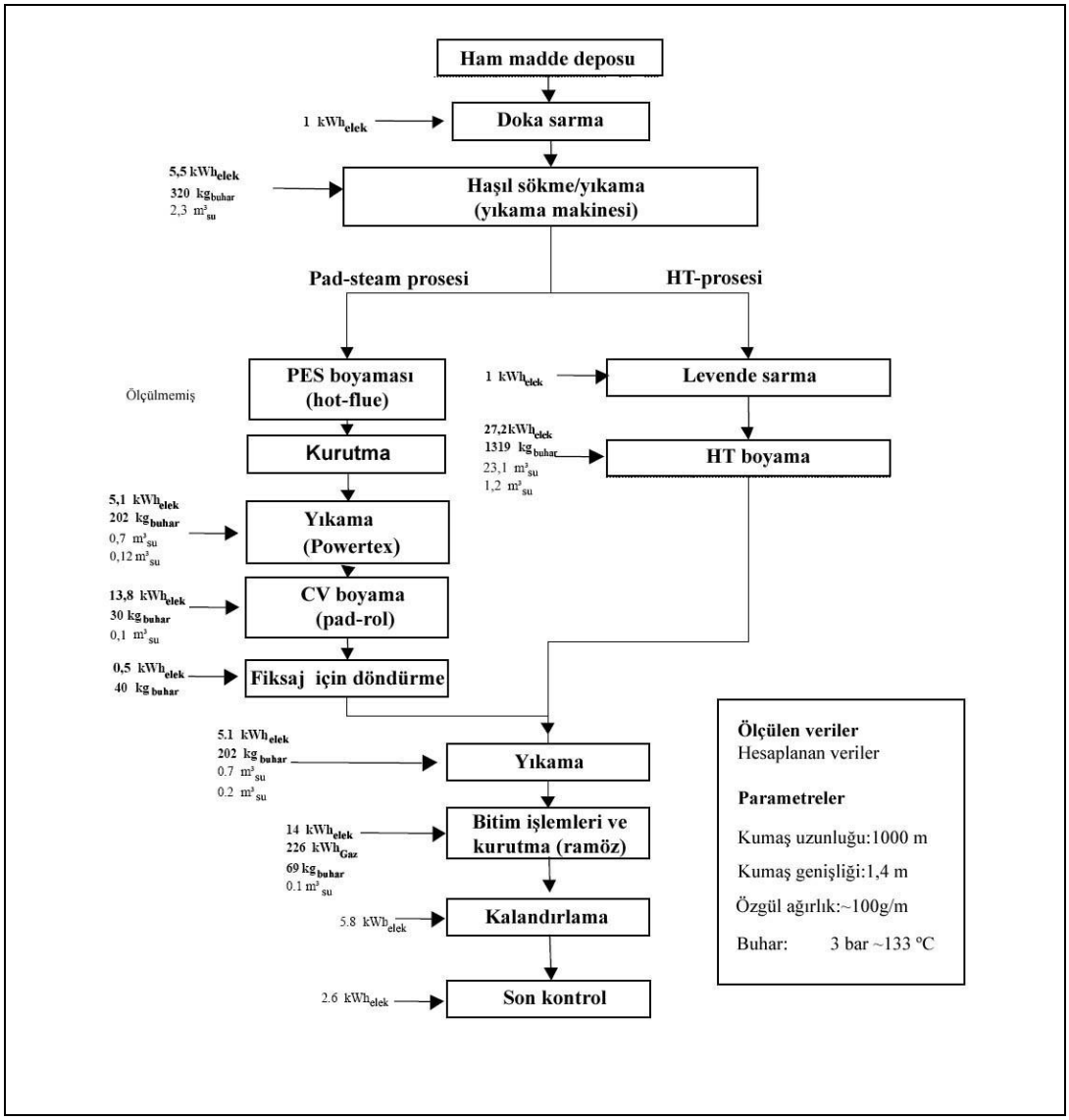
Prosesin farklı adımlarının toplam enerji tüketimine katkıları hakkındaki bilgiler sınırlıdır. Enerji tüketim seviyelerinin daha detaylı olarak analiz edildiği iki örnek mevcuttur. Bunlar, viskon (Şekil 3.9) ve viskon/poliester karışımı (Şekil 3.10) dokuma kumaşların terbiyesine aittir.

İlk örnek, toplam enerji tüketimine en yüksek katkıyı, ramözlerdeki ısıl işlemler gibi yüksek sıcaklık prosesleri ile kurutma işlemlerinin sağladığını açıkça göstermektedir. Elektrik enerjisine tüm adımlarda ihtiyaç duyulmaktadır ve diğerlerinden belirgin bir şekilde daha fazla elektrik tüketen bir proses yoktur.



Şekil 3.9: Viskon kumaşlar için terbiye işlemlerinin ısıl ve elektrik enerjisi tüketimlerinin analizi [179,UBA,2001] ve bunda atıfta bulunulan "Eutech/ITA/LTT, 2000"

İkinci örnek, PES lifleri için söz konusu olan bir HT boyama yapıldığında, bu prosesin önemli miktarlarda ısıl enerjiye gerek duyduğunu ve toplam enerji tüketiminde hatırı sayılır bir paya sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.10: Viskon/PES kumaşların terbiye işlemlerinin ısıl ve elektrik enerjisi tüketimlerinin analizleri
[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Eutech/ITA/LTT, 2000"

Bu iki örnekten çıkarılabilecek sonuçlar, belki tekstil sektörünün tümüne aktarılabilir. Tekstil sanayiinde bu tip değerlendirmelerin, ne yazık ki çok nadir örnekleri vardır. Halbuki enerji tüketimini minimuma indirmek için en önemli proseslerin tanımlanması, sadece bu detaylı analizler sayesinde sağlanabilmektedir.

	TFI 1 (1)	**TFI 2** (1)	**TFI 3** (1)	**TFI 4** (1)	**TFI 5** (1)	**TFI 6** (1)	**TFI 7** (1)	**TFI 8** (1)	**TFI 9** (1)	**TFI 10** (1)	**TFI 11** (1)	**TFI 12** (1)	**TFI 13** (2)	**TFI 14** (2)	**TFI 15** (2)	**TFI 16** (2)	**TFI 17** (3)
Özgül Q_{ww} (l/kg)	182	83	211	99	52	56	132	93	45	150	93	618	71	99	21	645	107
KOİ Kons. (mg O_2 /kg)	822	3640	597	1210	824	2280	996	949	4600	672	1616	334	2000	1046	2782	467	1926
E-Fak (g/kg)	150	303	126	120	43	128	132	89	208	101	150	206	143	104	60	302	206
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg)	249	1350	128	256	356	610	384		1760	307	367	66	900	197	1026	141	262[(4)]
E-Fak (g/kg)	45	113	27	25	19	34	51		79	46	34	41	64	20	22	91	28
AOX Kons. (mg Cl/l)	0,3	2,5	0,38	0,9		0,17			1,1	0,3	0,3	0,27					
E-Fak (g/kg)	0,05	0,21		0,09		0,01			0,05	0,04	0,028	0,17					
HC Kons. (mg/l)		7,5					3	3									
E-Fak (g/kg)		0,6					0,4	0,3									
pH	8,4		8,6	10,1		9,6				10,1		8,6	12	8,5	9	7,2	
L (mS/cm)	1,4	3,3	1,9			2,4	0,2	4,5		2,2		1,2					
T (ºC)	25,8	44,5					20,4	34,1	33,7	41,9		30,9	40		35		
NH_4 Kons. (mg/l)	4,6	3,1	7,9	48,3		14,3										2	
E-Fak (g/kg)	0,8	0,3	1,7	4,8		0,8										1,29	
org.N Kons. (mg/l)	16,7		15,6	158		56				25		16,5					
E-Fak (g/kg)	3		3,3	16		3,1				3,7		10,2					
Top. N Kons. (mg/l)													40	12,32	75	11	19,7
E-Fak (g/kg)													2,86	1,22	1,61	7,11	2,11
Top. fosfor (mg/l)													5	2,2	6		2,4
E-Fak (g/kg)													0,36	0,22	0,13		0,26
Cu Kons. (mg/l)	0,23	0,6	0,09	0,36		0,08	0,07	0,08	0,25	<0,01	0,13	0,12	0,10	0,12	0,05		0,22
E-Fak (mg/kg)	42	50	19	36		5	9	7,5	11	<1,5	12	74	7,1	11,9	1,0		23,5
Cr Kons. (mg/l)	0,09	0,05	0,02				0,1	0,07	0,006	<0,01	0,05	0,022	0,10	0,04	0,02		
E-Fak (mg/kg)	16	4	4				13	7	0,3	<1,5	5	14	7,1	4,0	0,5		
Ni Kons. (mg/l)									0,03		0,03		0,10	saptan	saptan		
E-Fak (mg/kg)									1		3		7,1	madı	madı		
Zn Kons. (mg/l)	0,24	0,18					0,16	0,3	0,18	<0,01		1,05	0,20	0,36	0,24		0,06
E-Fak (mg/kg)	44	15					21	28	8	<1,5		649	14,3	35,8	5,1		6,4
Sb Kons. (mg/l)																	0,11
E-Fak (mg/kg)																	22,7

Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1'den TFI 12'ye kadar, yani 1'den 12'ye kadar işletmeler hakkında); (2)[198, TOWEFO, 2001] (TFI 13'den TFI 16'ya kadar, yani B01, B02, BO6, I 12 hakkında) (3)[200, Sweden, 2001](TFI 17, yani İşletme C hakkında)
Notlar: Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir. [(4)] bildirilen veri $BOİ_7$ değeridir.

Tablo 3.33: Daha ziyade pamuklu dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmelerdeki atık su konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

3.3.3.2 Dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmeler: daha ziyade önemli büyüklükte baskı dairesine sahip CO ve CV

Tablo 3.34'te her biri önemli büyüklükte baskı dairesine sahip olan (kumaşların % 30'undan fazlası basılan) on iki pamuklu terbiye işletmesinin değerleri görülmektedir. Bu on iki işletme incelendiğinde, onunda (TFI 1'den TFI 10'a kadar olanlarda) pigment boyalar dışında kalan boyalarla baskı (özellikle reaktif baskı ve aşındırma baskı) yaygındır. Diğer ikisinde (TFI 11 ve TFI 12) ise, işlerin önemli kısmını pigment baskılar oluşturmaktadır. Bu, su tüketim seviyelerini etkilemektedir, çünkü pigment baskı diğer boyalarla yapılan baskılarla karşılaştırıldığında, diğer boyalarla yapılan baskılarda daha yüksek miktarda suya gerek duyulmaktadır ve bu durum bu işletmelerin diğer kategorilerdeki tüm işletmelere nazaran daha yüksek olan özgül atık su tüketimlerinin nedenini açıklamaktadır.

Doğrudan karşılaştırılamayan TFI 4 dışındaki (çünkü bu işletme ön terbiye yapmamakta, sadece önceden ön terbiyesi yapılmış kumaşların baskı ve bitim işlemlerini gerçekleştirmektedir), ağırlıklı olarak pigment dışındaki boyalarla baskı yapan on işletmenin özgül atık su tüketimleri, 155 ile 283 l/kg arasında değişmektedir. Bu değerler, başka yedi işletme için "FhG-ISI, 1997"de bildirilen yüksek özgül atık su değerleri, 282, 288, 327, 450, 261, 189 ve 302 l/kg, tarafından da doğrulanmaktadır.

KOİ emisyon faktörleri de yüksektir, çünkü haşıl maddelerine ek olarak, baskı dairesinden kaynaklanan (baskı ekipmanlarının temizlenmesi ve ard-yıkama işlemleri) yüksek organik yük de göz önüne alınmaktadır.

Yüksek amonyak konsantrasyonları ve emisyon faktörleri de diğer boyalarla yapılan baskılar için tipiktir. Bu durum, özellikle baskı patlarına konulan (150 g üre/kg baskı patına kadar) üre ve amonyaktan kaynaklanmaktadır. Üre, atık suda amonyağa hidrolize olmaktadır. Bundan başka, diğer tip işletmelerle kıyaslandıklarında bakır-ftalosiyanin-kompleks reaktif boyarmaddelerinin düşük fiksaj derecelerinden dolayı, bunlardaki bakır konsantrasyonu ve emisyon değerleri de belirgin şekilde daha yüksek çıkmaktadır. Daha yüksek AOX değerleri ise, daha ziyade halojen içeren küp ve ftalosiyanin boyalarından kaynaklanmaktadır (yeşil tonlar).

Aplike edilen kimyasal maddeler, boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda verilmektedir:

- boyarmaddeler: 80-100 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: 180-200 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: 800-850 (g/kg tekstil materyali)

Yüksek özgül boyarmadde tüketimlerinin iki önemli nedeni vardır. Birincisi, renklendirme iki kerede gerçekleştirilmektedir: kumaşın boyanması ve basılması. İkincisi, çok sayıda sıvı boyarmadde formülasyonu kullanılmaktadır ve daha önce girişte de anlatıldığı gibi, tüketim faktörleri hesaplanırken hesaplamalarda bunların su içeriği de dahil edilmektedir.

Temel kimyasalların yüksek özgül tüketimleri ise, ön terbiye ve baskı gibi işlemlerin yüksek kimyasal madde ihtiyacından ileri gelmektedir.

Enerji tüketim verileri, sadece bir işletme için elde edilebilmiştir. Bu işletme için toplam enerji tüketimi, 18,8 kWh/kg'dır (elektrik için 2,3 kWh/kg, ısı enerjisi olarak da 16,5 kWh/kg'dır).

	TFI 1 (1)	**TFI 2** (1)	**TFI 3** (1)	**TFI 4** (1)	**TFI 5** (1)	**TFI 6** (1)	**TFI 7** (2)	**TFI 8** (2)	**TFI 9** (2)	**TFI 10** (2)	**TFI 11** (3)	**TFI 12** (3)
Özgül Q_{ww} (l/kg)	264	155	229	139	255	283	207	284	295	283	175	143
KOİ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	1167 308	1265 196	859 197	819 114	570 145	760 215	640 132	961 273	513 151	607 172	1701 298	766 110
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	272 72	605 94	267 61	215 30	169 43	215 61	240 50	286 81	169 50	187 53	652 114	191(4) 27
AOX Kons. (mg Cl/l) E-Fak (g/kg)		0,4 0,06	1,3 0,30	2,4 0,33		1,7 0,48						
HC Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)	18,1 4,78											
pH		9	9,1		9,3	9,6	7,8	7,9	8	8		
L (mS/cm)	1,4	2,8	2,8	2,5		1,3						
T (ºC)	26	19	33,7									
NH_4 Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)			98 22,44	146 20,29	13,5 3,44	170 48,11	72 14,91	102 29,02	40 11,81	9 2,55		
org.N Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)			24 5,49		156 39,78		19,5 4,04					
Top. N Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)							92 19,05	108 30,72	46 13,58	28 7,93	39,5 6,91	29,9 4,28
Top. fosfor (mg/l) E-Fak (g/kg)											6,4 1,12	3,4 0,49
Cu Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	0,61 161	0,06 9	0,4 92			0,1 28					0,32 56,0	0,24 34,3
Cr Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	0,1 26	0,02 3	0,08 18								0,02 3,5	0,01 1,4
Ni Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)		0,03 5				0,01 3						
Zn Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)	0,22 58	0,15 23				0,15 42					0,24 42,0	0,06 8,6
Sb Kons. (mg/l) E-Fak (mg/kg)												0,03 3,3
Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1'den TFI 6'ya kadar, yani 1'den 6'ya kadar işletmeler hakkında); (2) [198, TOWEFO, 2001] (TFI 7'den TFI 10'a kadar, yani I 10, I 14, I 15, I 16 hakkında).(3) [200, Sweden, 2001](TFI 11'den 12'ye kadar yani İşletme D ve E hakkında) Notlar: Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir. (4) bildirilen veri $BOİ_7$ değeridir.												

Tablo 3.34: Daha ziyade CO dokuma kumaş terbiyesi yapan ve önemli büyüklükte baskı dairesine sahip işletmelerin atık suları için konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

3.3.3.3 Dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmeler: daha ziyade WO

Daha ziyade yünlü kumaş terbiyesi yapan altı işletmenin atık su emisyon değerleri Tablo 3.35'te yer almaktadır. Özgül atık su tüketimleri, genel olarak selülozik elyaf terbiyesi yapan işletmelerden daha yüksektir. Verilen değerler, "FhG-ISI, 1997"de bildirilen beş değerce de doğrulanmaktadır (133, 156, 253, 142 ve 243 l/kg). Diğer tip işletmelerle karşılaştırıldıklarında, krom emisyon faktörleri, sonradan kromlama ve metal-kompleks boyarmaddelerinin kullanılmasına bağlı olarak fark edilir derecede (örneğin, TFI 1 ve TFI 2 için 54 ve 71 mg/kg) olabilmektedir. TFI 5'teki yüksek bakır emisyon faktörüne de (603 mg/kg) dikkat edilmelidir. Bu durum, verilerin toplandığı tarihte, işletmenin ısı geri kazanım sistemlerinde bakır boruların kullanılıyor olmasından ileri gelmektedir. Bu işletme bunları, yeni paslanmaz çelik borularla değiştirmiştir.

	TFI 1 (1)	**TFI 2** (1)	**TFI 3** (2)	**TFI 4** (2)	**TFI 5** (3)	**TFI 6** (4)
Özgül Q_{ww} (l/kg)	141	296	314	170	114	70
KOİ Kons. (mg O_2 /kg)	659	814			280	728
E-Fak (g/kg)	93	241	144	66	32	51
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg)	227	308			60[(5)]	140
E-Fak (g/kg)	32	91			6,8	9,8
AOX Kons. (mg Cl/l)		0,31				
E-Fak (g/kg)		0,09				
HC Kons. (mg/l)	8,5					
E-Fak (g/kg)						
pH		7,1				
L(mS/cm)	1	1,9				
T(ºC)	27	30				
NH_4 Kons. (mg/l)						34
E-Fak (g/kg)						2,4
Org.N Kons. (mg/l)		22,7				
E-Fak (g/kg)		6,7				
Toplam N.Kons. (mg/l)					55,2	
E-Fak (g/kg)					6,3	
Topl. fosfor (mg/l)					1,9	
E-Fak (g/kg)					0,22	
Cu Kons. (mg/l)	0,08	0,05			5,29	
E-Fak (g/kg)	11	15	<8	<7	0,6	
Cr Kons. (mg/l)	0,38	0,24			0,04	0,25
E-Fak (g/kg)	54	71	<8	16	5	17,5
Ni Kons. (mg/l)		0,055				
E-Fak (g/kg)		15	<8	<7	0	
Zn Kons. (mg/l)	1,3	0,61			1,58	
E-Fak (g/kg)	183	181	32	50	180	

Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1'den TFI 2'ye kadar, yani 1'den 2'ye kadar işletmeler hakkında); (2) [193, CRAB, 2001] (TFI 3'ten TFI 4'e kadar, yani 3'ten 4'e kadar işletmeler hakkında).(3) [200, Sweden, 2001](TFI 5, yani İşletme 1 hakkında) (4) [31, Italy, 2000](TFI 6, yani İşletme 2 hakkında)
Notlar: Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir
[(5)] bildirilen veri $BOİ_7$ değeridir

Tablo 3.35: Daha ziyade yünlü dokuma kumaş terbiyesi yapan altı işletme için atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

Aplike edilen kimyasal maddeler, boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar olarak gruplandırılmaktadırlar. Karakteristik değerler (her ne kadar sınırlı sayıda veriye dayalı olsalar da) aşağıda (iki işletmeden gelen veriler) verilmektedir:

- boyarmaddeler: 10-30 (g/kg tekstil materyali)
- tekstil yardımcı maddeleri: 140-160 (g/kg tekstil materyali)
- temel kimyasallar: 85-95 (g/kg tekstil materyali)

Sadece iki işletme için, enerji tüketim verileri de mevcuttur. Toplam tüketim seviyesi 11'den 21 kWh/kg'a kadardır (elektrik için 0,5-0,8 kWh/kg'dır, doğal gaz için 10-20 kWh/kg'dır).

3.3.3.4 Dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmeler: daha ziyade sentetik lifler

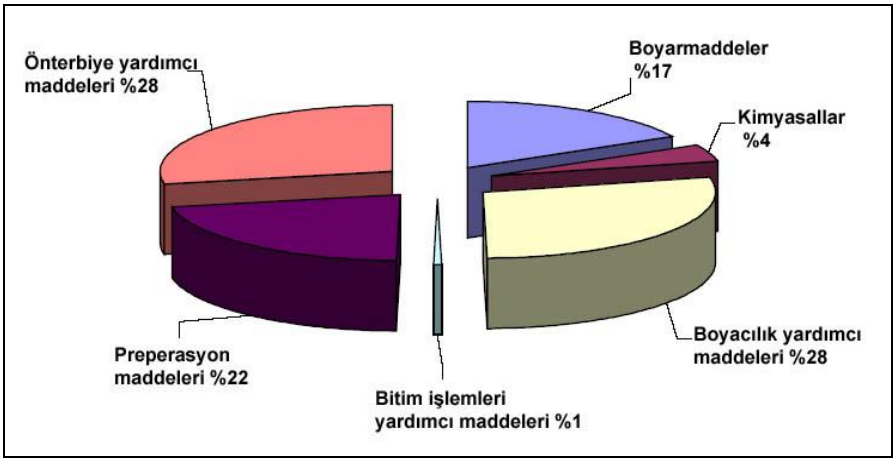
Sentetik lif içeren dokuma kumaş terbiyesi yapan altı işletmenin verileri Tablo 3.36'da yer almaktadır. Değerler, karışımın çeşidine ve karışımda genellikle bulunan doğal lifin (daha ziyade pamuk, keten ve ipek) oranına göre değişmektedir.

Özgül atık su tüketimi, sadece 7 l/kg olan TFI 1 dışındaki işletmelerin hepsinde 100 l/kg'ın üzerindedir. Ancak bu işletme, bu bölümde yer alan diğer işletmelerle kıyaslanamayan özel bir durum göstermektedir. TFI 1'de % 100 PA lifleri işlenmekte ve kesintisiz modern yıkama makinelerinde, preparasyon ve haşıl maddelerinin uzaklaştırılması için yapılan ön terbiye dışında başka işlem uygulanmamaktadır.

Diğer işletmelerde olduğu gibi, özgül atık su tüketimi için daha yüksek değerler, kısmen kullanılan ekipman tarafından ve kısmen de bazı işletmelerin sentetik liflerle beraber önemli miktarda selülozik elyaf terbiyesi de yapmalarına bağlı olarak açıklanabilmektedir (örneğin, TFI 3 ve TFI 5)

KOİ emisyon faktörleri, 110 ile 200 g/kg (sadece TFI 2'de, daha yüksek bir değer, 286 g/kg) arasında değişmektedir. TFI 1'de daha düşük bir değer (14 g/kg) bildirilmektedir. Bunun nedeni bu işletmede boyama yapılmıyor olmasıdır.

Şekil 3.11, daha ziyade poliamid içeren dokuma kumaş terbiyesi yapan bir işletmenin atık suyunun KOİ bileşiminin bir örneğini göstermektedir. KOİ yükünün önemli bir kısmının preparasyon maddelerinden kaynaklandığı açık bir şekilde görülmeketdir. Bunların uzaklaştırılması için, ön terbiye yardımcı maddelerinin KOİ yüküne olan yüksek katkıları ile de doğrulanan, nispeten yüksek miktarlarda yıkama ve iyon tutucu maddelere gerek duyulmaktadır. Boyarmaddelerden kaynaklandığı düşünülen nispeten yüksek KOİ yükleri, boyarmaddelerin kendilerinden değil, fakat boya formülasyonlarındaki (özellikle sentetikler için en sık kullanılan dispers boyalarının kullanılması durumunda) egaliz maddeleri ve dispergatörlerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.11: Ağırlıklı olarak poliamid içeren dokuma kumaş terbiyesi yapan bir işletmenin KOİ yükünün bileşimi

	TFI 1 (1)	**TFI 2** (2)	**TFI 3** (2)	**TFI 4** (2)	**TFI 5** (2)	**TFI 6** (3)
Özgül Q_{ww} (l/kg)	7	114	165	248	178	100
KOİ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	1950 14	2500 286	965 160	665 165	726 129	1254 125
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /kg) E-Fak (g/kg)	317 2		227 38	245 61	165 29	373 37
AOX Kons. (mg Cl/l) E-Fak (g/kg)	0,13 0,001					
pH	11		7	7,4	7,6	
L(mS/cm)	0,6					
T(ºC)	32					
NH_4 Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)			1 0,17	9 2,23	12	
org.N Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)						
Top. N.Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)			14 2,3	23 5,7	23	9 0,9
Top. fosfor (mg/l) E-Fak (g/kg)						4,9 0,5
Cu Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)						0,14 14
Cr Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)						0,06 6
Ni Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)						
Zn Kons. (mg/l) E-Fak (g/kg)						0,06 6
Kaynak: (1) [179, UBA, 2001] (TFI 1, İşletme 1 hakkında); (2) [198, TOWEFO, 2001] (TFI 2'den TFI 5'e kadar, yani I 03, I 06, I 13, I 17 işletmeleri hakkında).(3) [200, Sweden, 2001] (TFI 6, İşletme F hakkında) Notlar: Boş bölmeler ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir.						

Tablo 3.36: Daha ziyade sentetik lif içeren dokuma kumaşların terbiyesini yapan altı işletme için atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil materyallerine özgü emisyon faktörleri

3.3.3.5 Dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmelerle ilgili bazı özel işlemlerin analizleri

Aşağıda belirtilen özel işlemler hakkında bilgi verilecektir:
- yakma
- termofiksaj
- dokuma kumaşların kesintisiz ön terbiyesi
- kesintisiz ve yarı-kesintisiz boyama
- baskı
- bitim işlemleri
- kaplama.

3.3.3.5.1 Yakma

Yakmada hava emisyonlarının kalitesi ve miktarı daha ziyade şunlara bağlıdır:
- işlenen elyafın cinsi
- beklerin pozisyonu (açısı ve tekstile uzaklığı; tek-yüzlü ya da çift-yüzlü yakma)
- mevcut emisyon azaltma donanımının cinsi.

Temel hava emisyonları :
- yanmış liflerden gelen toz
- materyal üzerindeki uçucu maddelerden gelen organik-C ve/veya parçalanma ürünleri ve tam yanmamış bek gazlarından gelen metan
- bek gazlarından gelen formaldehittir.

Beş terbiye işletmesinde gerçekleştirilen ölçümlerin emisyon seviyeleri Tablo 3.37'de özetlenmiştir [179, UBA, 2001].

Tekstil işletmesi	Örnekleme noktası	Mevcut emisyon azaltıcı sistemler	Elyaf	Organik-C konsantrasyonu (mg C/Nm^3)	Organik-C konsantrasyonu (metan hariç) (mg C/Nm^3)	Formaldehit konsantrasyonu (mg HCHO/Nm^3)	Toz (mg/Nm^3)	Hava akımı (Nm^3/sa)	Atık gaz sıcaklığı (ºC)	İşlem hızı
A	Ön-fırçalama+yakma Bölmesi	Ön-fırçalama + yakma; sulu yıkayıcı; ard-fırçalama; hava sirkülasyonu, kumaş filtresi	CO	99	22	-	1,8-3,7	5900	28	60-100 m/dk
B	Ön-fırçalama+yakma Bölmesi	Ön-fırçalama + yakma; sulu yıkayıcı; ard-fırçalama; sulu fırçalama	PES/CO	82	<1	-	0,3-0,4	3800	34	120 m/dk
B	Ard fırçalama Bölmesi	Ön-fırçalama + yakma; sulu yıkayıcı; ard-fırçalama; sulu fırçalayıcı	PES/CO	-	-	-	0,1	5670	24	120 m/dk
C	Ön-fırçalama+yakma Bölmesi	Ön-fırçalama + yakma; sulu yıkayıcı; ard-fırçalama; hava sirkülasyonu, kumaş filtresi	CO	74	-	-	6,2	8200	32	2160 kg tekstil/sa
D (proses 1)	Yakma Bölmesi	Ard-fırçalama; sulu yıkayıcı	CO	-	-	0,9	<0,1	4410	83	2160 kg tekstil/sa
D (proses 2)	Yakma Bölmesi	Ard-fırçalama; sulu yıkayıcı	PES/CO	-	-	1,9	<0,1		83	1620 kg tekstil/sa
D (proses 2)	Ard fırçalama Bölmesi	Ard-fırçalama; sulu yıkayıcı	PES/CO	-	-	-	<0,1		27	1620 kg tekstil/sa
E	Yakma Bölmesi	Ard-fırçalama; sulu yıkayıcı	PES/EL	42,4	26,3	3,2	-	3190	118	1746 kg tekstil/sa
E	Ard fırçalama Bölmesi	Ard-fırçalama; sulu yıkayıcı	PES/EL	-	-	-	6,6	2760	27	1746 kg tekstil/sa
Kaynak: [179, UBA, 2001]										

Tablo 3.37: Beş tekstil terbiye işletmesinde yakma makinelerinin havaya emisyon verileri

Aşağıdaki genel düşünceler bildirilen verilere dayanmaktadır [179, UBA, 2001]:

- eğer ard fırçalama donanımında emisyonu azaltmak için sulu yıkayıcı kullanılırsa, toz emisyonu 0,1 mg/Nm^3'ün altına düşürülebilmektedir, ama 6 mg/Nm^3'ün üzerindeki konsantrasyonlar da ölçülmüştür
- prosesin kendisinin (metan emisyonu hariç) meydana getirdiği organik-C konsantrasyonu büyük farklılıklar göstermektedir (1'den 26 mg C/Nm^3'e kadar). Bekten kaynaklanan formaldehit emisyonu, 1 ile 3 mg madde/Nm^3 seviyelerindedir
- atık-gaz sıcaklığı örnekleme noktasına (bekte veya ard-fırçalamada) ve sulu yıkayıcı donanımının bulunup bulunmamasına bağlıdır.

Yakma çok koku yoğun bir işlem olabilmektedir. Emisyon azaltıcı bir sistemi olmayan bir pamuklu yakma makinesinde 60000 OU/kg tekstil koku değeri ölçülebilmektedir [179, UBA, 2001]. Kokulu maddelerin yok edilmesi ve tozun azaltılması için gelişmiş hava işlemleri gerekli olabilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 4.10.9). Koku emisyonları hakkında Bölüm 3.5'te daha detaylı bilgi verilmektedir.

3.3.3.5.2 Termofiksaj

Tablo 3.38'de:

- ham kumaşların ısıl işlemlerinin
- etkili şekilde ön yıkaması yapılmış kumaşların ısıl işlemlerinin

sebep olduğu hava emisyonlarının muhtemel kaynakları gösterilmektedir:

Lif	Artıklar/kumaştaki yan ürünler	Hava emisyonlarındaki zararlı maddeler
Genel anlamda kimyasal lifler	Preparasyon maddeleri	Madeni yağlar, yağ asidi esterleri ve bunların yan ürünleri ve/veya ısıl parçalanma ürünleri
Genel anlamda doğal lifler	Preparasyon maddeleri	Yukarıya bkz.
PU (elastan)	Lif çözgeni Preparasyon maddeleri	Dimetilasetamid Silikonlar
Aromatik poliamidler	Lif çözgeni	Dimetilasetamid
PAC	Lif çözgeni	Dimetilformamid Dimetilasetamid
PA 6	Monomer	Epsilon-Kaprolaktam
Kaynak: [179, UBA, 2001]		

Tablo 3.38: Ham veya iyi yıkanmamış kumaşların termofiksajları sırasındaki hava emisyonlarının muhtemel kaynakları

Bir terbiye işletmesi örneği için termofiksajdan kaynaklanan tipik hava emisyon seviyeleri (konsantrasyonlar, emisyon faktörleri ve kütle akışları) Tablo 3.39'da gösterilmektedir. Emisyon azaltıcı sistemlerin varlığında, tabloda görülen değerlerin, temiz gaz sonuçlarıyla uyumlu olacağına dikkat edilmelidir. Direkt ısıtılan ramözler söz konusu olduğunda, yakıttan (metan, propan, bütan) kaynaklanabilecek Organik-C emisyonu miktarı ayrı olarak ele alınmakta ve ilgili Organik-C emisyon verilerine (konsantrasyonlar, emisyon faktörleri ve kütle akışları) dahil edilmemektedir.

Aşağıdaki genel mülâhazalar bildirilen verilere dayanmaktadır:

- ham tekstillerin termofiksajı önemli atık gaz yüklemesine sebep olmaktadır. Eğer PA 6'nın termofiksajı yapılıyorsa, önemli miktarda kaprolaktam emisyonu oluşmaktadır (bkz. proses 1.1 ve 13.3)

- düşük emisyonlu preparasyon maddelerinin kullanılması durumunda, daha düşük emisyon seviyeleri gözlenmektedir (bkz. proses 15.1 ve 15.2)
- yanmamış yakıtın sebep olduğu Organik-C emisyonları, 0,1 g/kg tekstil seviyelerinden bakımı iyi yapılmamış beklerin kullanılması durumunda, >5 g/kg tekstil seviyelerine kadar çıkabilmektedir
- formaldehit emisyonu, sadece kullanılan yardımcı maddelerden değil, ayrıca gazların (metan, propan, bütan) tam yanmamasına bağlı olarak, direkt-ısıtmalı ramözlerin kendilerinden de kaynaklanabilmektedir. Ramözlerdeki konsantrasyon seviyeleri 0,1'den 60 mg/Nm^3'e kadar değişebilmektedir.

Tekstil işletmesi	Kurutma teknolojisi Emisyon azaltma	Proses	Materyal	Proses sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörü (g C/kg tekstil)	Konsantrasyon (mg C/Nm^3)	Kütle-akışı (g C/sa)	Makine bazlı emisyon (g C/kg tekstil)	Açıklamalar
1.1	Direkt ısıtmalı	Termofiksaj (ham kumaş)	PA 6	185	12	82	359	5,4	4,3 g/kg kaprolaktam
3.3	Direkt ısıtmalı, ısı geri kazanımı, elektofiltrasyon	Termofiksaj (ham kumaş)	PES/PAC	180	0,7	92	1260	0,1	
3.4	Direkt ısıtmalı, ısı geri kazanımı, elektrofiltrasyon	Termofiksaj(ön yıkanmış kumaş)	PES/PAC	180	0,9	77	1055	0,2	
4.3	Direkt ısıtmalı	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PES/PAC	165	0,2	14	130	1,6	0,08 g/kg formaldehit
4.4	Direkt ısıtmalı	Termofiksaj (carrier kullanılarak boyanmış kumaş)	PES/WO/EL	165	6,5	460	4269	1,4	0,08 g/kg formaldehit
10.2	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PES/WO/EL	190	1,5	38	427	0,1	
10.3	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Termofiksaj (ön yıkanmış kumaş)	PA 6.6/EL	190	2,2	84	945	0,2	
10.4	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PA 6 /EL	190	2,6	71	1052	1,4	
11.1	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı, elektrofiltrasyon	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PA /EL	150	1,2	24	507	0,5	
11.2	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı, elektrofiltrasyon	Termofiksaj (ön yıkanmış kumaş)	PES	150	0,8	19	394	0,4	
13.1	Direkt ısıtmalı Kondenzasyon, elektrofiltrasyon	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PES	205	3,2	36	820	1,2	
13.2	Direkt ısıtmalı Kondenzasyon, elektrofiltrasyon	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PES/PAC	180	2,2	59	1350	0,5	
13.3	Direkt ısıtmalı Kondenzasyon, elektrofiltrasyon	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PA 6	185	1,9	185	410	0,5	0,7 g/kg kaprolaktam

İşletme	Kurutma teknolojisi Emisyon azaltma	Proses	Materyal	Proses Sıcaklığı (°C)	Emisyon Faktörü (g C/kg tekstil)	Konsantrasyon (mg C/Nm^3)	Kütle-akışı (g C/sa)	Emisyon makine bazlı (g C/kg tekstil)	Açıklamalar
14.1	Direkt ısıtmalı	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	CO/PES	200	1,1	200	697	0,1	
15.1	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PES	190	0,8	190	689	0,2	Ham gaz verileri de göz önüne alınmıştır
15.2	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Termofiksaj (ham olmayan kumaş)	PES/CO	90	0,6	90	421	0,2	Ham gaz verileri de göz önüne alınmıştır
Kaynak: [179, UBA, 2001]									

Tablo 3.39: Termofiksaj: prosese özgü emisyon faktörleri (ölçülmüş değerler)

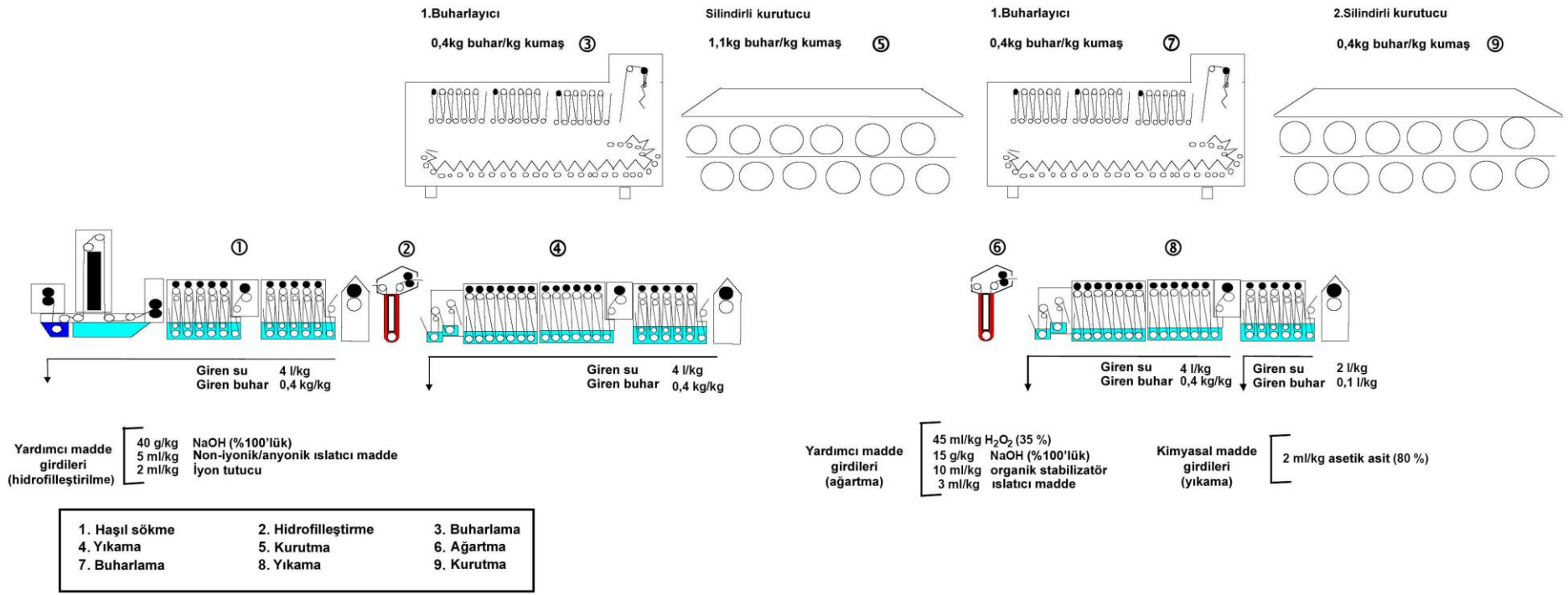
Bazı çok sık kullanılan preparasyon maddeleri için madde-bazlı emisyon faktörleri Tablo 2'de görülmektedir (bkz. Bölüm 11.4). Bölüm 3.3.3.5.6'da daha iyi açıklandığı gibi, madde bazlı-emisyon faktörleri, belirlenmiş proses koşullarında (fiksaj süresi, fiksaj sıcaklığı ve elyaf cinsi) bir kilogram yardımcı maddeden açığa çıkan organik ve inorganik maddelerin gram birimindeki miktarı olarak tanımlanmaktadır.

3.3.3.5.3 Dokuma kumaşların kesintisiz ön terbiyesi

Selülozik dokuma kumaşların ön terbiyesi

Pamuklu kumaşlar için yaygın olarak uygulanan işlemler, haşıl sökme, hidrofilleştirme ve ağartmadır. Günümüzde, genel olarak bu işlemler kombine edilmektedirler.

Şekil 3.12'de, suda çözülebilen ve tek başına suyla kolayca uzaklaştırılabilen haşıl maddelerinin kullanılması durumu için, tipik bir ön terbiye prosesini (haşıl sökme, hidrofilleştirme ve ağartma) göstermektedir. Modern bir kesintisiz ön terbiye hattındaki su, buhar ve kimyasallara özgü girdiler Tablo 3.40'ta yer almaktadır.



Şekil 3.12: Selüloz lifleri için, haşıl sökme (ilk iki ünite), hidrofilleştirme (hidrofilleştirme flottesiyle emdirme, buharlama, yıkama, kurutma) ve ağartma (ağartma flottesiyle emdirme, buharlama ve kurutma) adımlarından oluşan tipik bir kesintisiz ön terbiye hattı
[179, UBA, 2001]

İşlem	Yardımcı madde girdisi/kg kumaş		Sıcak su (l/kg kumaş)	Buhar (kg/kg kumaş)	
				ısı eşanjörsüz	ısı eşanjörlü
Haşıl sökme			3-4	0,6-0,8	0,3-0,4
Hidrofilleştirme	NaOH (%100'lük)	40 g/kg			
	Islatıcılar	5 ml/kg			
	İyon tut. maddeler	2 ml/kg			
Buharlama					0,4
Yıkama			4-5	0,8-1	0,4-0,5
Kurutma					1,1
Ağartma	H_2O_2 (%35)	45 ml/kg			
	NaOH (%100)	15 g/kg			
	Org. sabilizatör	10 ml/kg			
	Islatıcılar	3 ml/kg			
Yıkama	Asetik asit (% 80)	2 ml/kg	4-5 (1)	0,8-1 (1)	0,4-0,5 (1)
Buharlama					0,4
Kurutma					1,1

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar: (1) soğuk ağartmadan sonraki yıkama için referans değerleri: su 4-6; buhar (ısı deşanjörsüz) 0,8-1,2; buhar (ısı eşanjörlü) 0,4-0,6

Tablo 3.40: Haşıl sökme, hidrofilleştirme (bazik işlem flottesinin emdirilmesi, buharlama, yıkama, kurutma) ve ağartma (ağartma flottesinin emdirilmesi, buharlama, yıkama ve kurutma) adımlarından oluşan modern bir kesintisiz ön terbiye hattındaki özgül su, buhar ve kimyasal madde girdileri

Tablo 3.40'ta ön terbiye işlemlerinin her adımında kullanılan su, buhar ve kimyasal madde miktarına ait değerler verilmektedir. Ancak, bu değerlerde muhtemel tekrar kullanım ve geri dönüşüm opsiyonları dikkate alınmamıştır ve bunlar prosesteki gerçek tüketim seviyelerine tam olarak uymayabilmektedir. Modern ön terbiye hatlarında toplam su tüketimi (kumaşın su ve buhar/kg tüketimi) için 6 litre veya (ısı değiştiriciler ve filtrelerin temizlenmesi dahil) 9 l/kg seviyelerinin gözlendiği bildirilmektedir ([281, Belgium, 2002]). Boşaltılan organik yükün büyük bir kısmı haşıl sökme flottesinden gelmektedir. KOİ konsantrasyonu ve yükü, kumaş üzerine aplike edilen haşıl maddelerinin miktarları ve Bölüm 8.3'te verilen özgül KOİ değerleri göz önüne alınarak hesaplanabilmektedir. Haşıl sökme flottesi için Tablo 3.40'ta bildirilen özgül su girdisi (4 l/kg) ve kumaş üzerinde 1600 g/kg'lık (örneğin polivinilalkol) özgül KOİ değerine sahip haşıl maddesinden ağırlıkça % 6 bulunduğu kabulüyle yapılan hesaplamada, 24000 mg/l civarında KOİ konsantrasyonu ve buna karşılık gelen 96 g O_2/kg kumaşlık KOİ emisyon faktörü bulunmaktadır.

Nişasta ve modifiye nişasta haşıl maddelerinin kullanılması durumunda, normal olarak yıkamanın takip ettiği enzimatik veya oksidatif haşıl sökme uygulanmaktadır. Enzimatik haşıl sökme, soğuk oksidatif haşıl sökme ve suda çözülebilen haşıl maddelerinin uzaklaştırılması için tipik reçeteler Ek IV'te verilmektedir.

Sentetik dokuma kumaşların ön terbiyesi

Sentetik dokuma kumaşların ön terbiyesi, hem kesintili, hem de kesintisiz olarak yapılabilmektedir. Asıl amaç preparasyon maddelerinin uzaklaştırılmasıdır. Tipik reçeteler Ek IV'te verilmektedir.

Kesintisiz ön terbiyede, çok yüksek hidrokarbon konsantrasyonları ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, ağırlıkça % 1,5 hidrokarbon yükü ve 5 l/kg özgül su tüketimi için yüksek konsantrasyonlu bir akım (3000 mg/l) oluşmaktadır. Ön terbiye yardımcı maddelerinden de ek organik yük gelmektedir.

Yünlü dokuma kumaş ön terbiyesi

Yünlü dokuma kumaşların ön terbiyesine ait mevcut detaylı bilgi sınırlıdır. Bu nedenle, referans olarak Ek IV'teki ön terbiye standart reçeteleri alınmıştır.

3.3.3.5.4 Kesintisiz ve yarı-kesintisiz boyamalar

Bu bölümde dokuma kumaşların çektirme yöntemine göre boyanmasındaki emisyon ve tüketim seviyeleri değerlendirilmemektedir, zira bunların ardışık flotteleri ve işlem koşulları örme kumaşların çektirme yöntemine göre boyanmasına çok benzemektedir.

Yarı kesintisiz ve kesintisiz boyamalarda, boyarmaddelerin aplikasyonunda en çok uygulanan teknik emdirmedir. Bu nedenle aşağıdaki noktaların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Çoğunlukla emdirme flottesinin tamamı önceden hazırlanmaktadır. İşlem sırasında flottenin yetmemesi durumuyla karşılaşmamak için, normalde gerekenden biraz daha fazla flotte hazırlanmaktadır. Birçok işletmede, fulard teknesinde ve hazırlama tankında kalan flottelerin atık suya boşaltılması halâ uygulanmaktadır. Toplam atık su akışları ile karşılaştırıldığında, bu konsantre boyarmadde flottelerinin miktarı çok düşüktür. Ancak, bunlar atık sulardaki toplam boyarmadde yüküne oldukça yüksek oranda katkıda bulunmaktadırlar (ayrıca bkz. Bölüm 4.6.7).

Fulardda kalan flotte miktarı daha ziyade kumaşın genişliğine ve ağırlığına ve fulardın dizaynına bağlıdır. Bu miktar, modern fulard tasarımları için 10-15 l civarındayken, eski ve ağır dokuma kumaşlar (>200 g/m^2) için 100 l'dir.

Hazırlama tankında kalan flotte fazlası miktarı ise, uygulanan dozajlama ve kontrol teknolojisine bağlıdır ve optimize edilmiş koşullar altında bir kaç litreden, 150-200 l'ye kadar değişmektedir. Yüksek rakamlar çok da istisnai rakamlar değildir.

Arta kalan fulard flottesinin miktarı günlük parti sayısı bazında kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Örneğin, günde 40000 m malın terbiyesini yapan bir işletmede partilerin ortalama uzunluğunun 800 m olduğu kabul edildiğinde, günde 50 parti prosese alınmaktadır. Bu sayı parti başına atılan ortalama fulard flottesi hacmi ile çarpıldığında da uzaklaştırılması gerekli günlük fulard flottesi fazlasının hacmi bulunmaktadır.

Piyasada uygulanan % 100'lük flotte alımı ve % 0,2-10'luk tipik boyama yüzdesi kabulüne göre, fulard flottelerindeki boyarmadde konsantrasyonları 2 ile 100 g/l arasında değişmektedir. Boyarmaddelerin özgül KOİ değerleri 1-2 g/g seviyesinde bulunmaktadır. Boya formülasyonlarında bulunan yardımcı maddeler hesaba katılmadan, sadece boyarmaddenin kendisi göz önünde bulundurulduğunda, fulard flottelerindeki boyarmaddelerden kaynaklandığı söylenebilen KOİ, 2 ile 200 g/l arasında değişebilmektedir.

Kesintisiz ve yarı-kesintisiz boyamalar için tipik reçeteler Ek IV'te yer almaktadır.

3.3.3.5.5 Baskı

Rotasyon baskıdan gelen baskı patı artıkları ve su emisyonları

Baskı patı teleflerinin özellikle rotasyon baskılarda ve genel olarak da analog baskılarda dijital baskılara nazaran oldukça daha fazla (muhtemelen filmdruck baskıcılıkta biraz daha düşük olmak üzere olduğu bilinmektedir) - ayrıca bkz. Bölüm 2.8.3. Ek olarak, özellikle bakır veya nikel ftalosiyanin boyarmaddelerinin selülozik liflerdeki, PES ve karışımlarındaki fiksaj dereceleri çok düşük olabilmektedir (%50'den daha az).

Baskı patı telefleri için tipik değerler:

2,5-4	kg konvansiyonel rakle için (raklenin çapına ve uzunluğuna bağlı olarak)
2,5	kg borulardan ve pompalardan
1 – 2	kg şablonlardan
6,5-8,5	kg Toplam

Bu nedenle, konvansiyonel baskı patı sevk sistemlerinde, kayıp miktarlarının aplike edilen her renk için 6,5-8,5 kg olması beklenebilmektedir.

Basılacak tekstil materyalinin desenine ve miktarına bağlı olarak, baskı patı telefinin miktarı, tekstil materyali üzerine aktarılan baskı patı miktarından daha yüksek bile olabilmektedir. Örneğin, 250 m'lik bir kumaşın basılması için (200 g/metretul ağırlığında) ve % 80'lik bir örtme derecesinde (toplam tekstil yüzeyi ile basılan yüzey arasındaki oran), 40 kg baskı patına gerek duyulmaktadır. 7 renk kullanılması durumunda, her renk için 6,5 kg baskı patı artmakta ve toplam 45,5 kg, yani tekstil materyali üzerine basılan baskı patı miktarından daha yüksek bir telef oluşmaktadır (bidonlar vs.'de arta kalan baskı patı hesaba katılmaksızın).

Baskı patları farklı kimyasalların konsantre karışımlarıdır. Pigment baskı patları en konsantre olanlardır, en düşük miktarlarda organik bileşik içerenler ise, reaktif baskı patlarıdır. Reaktif, küp, dispers ve pigment baskı patlarının tipik formülasyonlarının bileşimleri Bölüm 11'de verilmektedir.

Her partinin sonunda baskı ekipmanları (rakle, borular, pompalar, şablonlar vs.) yıkanmaktadır. Tipik su tüketimi değerleri aşağıdaki gibi olmaktadır:

- 350 l bir baskı patı besleme sisteminin pompa ve boruları başına
- 35 l rakle başına (modern yıkama ekipmanı)
- 90 l şablon başına (modern yıkama ekipmanı).

Ek olarak, baskı blanketinin temizlenmesinde 1200 l/sa civarındaki tipik tüketim seviyelerinde su tüketilmektedir. Normal olarak, yıkama işlemi blanketin hareketi ile birleştirilmektedir ve blanket baskı süresinin sadece % 25'i gibi bir süreyle hareket etmektedir (çalıştır/durdur sistemi).

Baskı işlemi sonrasında, kurutma blanketinin de yıkanması gerekmektedir. Tipik bir tüketim seviyesi 400 l/sa civarındadır; burada da yıkama işleminin blanketin hareketi ile akuple edilebilme olanağı bulunmaktadır.

Reaktif baskı patlarında üre tüketim seviyeleri

Baskı işletmelerinden gelen atık sudaki NH_3 ve NH_4^+'un ana kaynağı reaktif baskıcılıkta kullanılan üredir.

Üç İtalyan işletmesinin ipek ve viskon için mevcut sanayi uygulamalarını yansıtan veriler bildirilmektedir [312, ANT, 2002]. İpek için tüketim, 40 ila 100-110 g üre/kg baskı patı seviyelerindedir. Viskon için bildirilen değerler daha da yüksek dozları göstermektedir (150 g üre/kg baskı patı'na kadar). Üre kullanımından kaçınmak veya en azından azaltmak için uygulanabilecek tekniklerle ilgili bilgi Bölüm 4.7.1'de verilmektedir.

Baskıdan sonra yapılan kurutma ve fikse işlemlerinden kaynaklanan hava emisyonları

Bilindiği üzere baskı patları, yüksek hava emisyonu potansiyeline sahip maddeler içermektedirler. İlgili hava kirleticileri ve muhtemel emisyon kaynakları Bölüm 2.8.3'te listelenmektedir.

Tablo 3.41, üç terbiye işletmesinde gerçekleştirilen ölçümlerden gelen emisyon verilerini göstermektedir. Bildirilen değerler, düz kumaşların filmdruck baskılarına aittirler (halılar gibi hacimli kumaşlar için geçerli değildirler).

İşletme	Baskı işlemi	İşlem adımı	Materyal	İşlem sıcaklığı (°C); fiksaj süresi (dk)	Emisyon faktörü (g C/kg tekstil)
A	Direkt boyanmış zemin üzerine küp aşındırma baskı	Kurutma	CV		0,3
		Buharlama	CV	102; 13	1,0
	İki adımlı küp baskı	Kurutma			0,6
		Fiksaj		135; 1	1,3
	Dispers baskı	Kurutma	PES		1,3
		Fiksaj	PES	175; 5	0,01
	Pigment baskı	Kurutma	CO	150	0,2
		Kondenzasyon	CO	160; 5	0,1
B	Pigment baskı, pilot ramözde simülasyon	Kurutma ve fiksaj	CO	Kurutma: 150; 1 Fiksaj: 160; 4	0,4-4 reçeteye bağlı olarak
C	Pigment baskı, pilot ramözde simülasyon	Kurutma ve fiksaj	PES	Kurutma: 150; 1 Fiksaj: 160; 4	0,4-5,6 reçeteye bağlı olarak
Kaynak: [179, UBA, 2001]					

Tablo 3.41: Baskıdan sonra yapılan kurutma ve fiksaj işlemlerine ait hava emisyon verileri (iki terbiye işletmesinde gerçekleştirilen ölçümler)

3.3.3.5.6 Bitim işlemleri

Bitim işlemlerinden kaynaklanan su emisyonları

Bitim işlemlerinden kaynaklanan su kirliliği, ard-yıkama işlemlerinden (her zaman gerek duyulmamaktadır) ve fulard donanımlarından, ilave tanklarından ve borulardan gelen konsantre atıkların uygunsuz şekilde uzaklaştırılmalarından kaynaklanabilmektedir. Atık flottelerin miktarı, hazırlanan tüm bitim işlemi flottesinin % 0,5-35'i civarında olmaktadır. Daha düşük değerler, sadece bir tip lifin terbiyesini yapan entegre işletmelere ait olup, daha yüksek değerler de, küçük partilerin ve farklı elyaf cinslerinin terbiyesini yapan tekstil işletmeleri için tipiktir.

Tekstil materyallerinin bitim işlemlerini yapmak için birçok kimyasal madde ve reçete mevcuttur. Selülozik lifleri için dikkate değer örnekler, reaktif güç tutuşurluk maddeleri (organik fosfor bileşikleri) ve reaktif buruşmazlık yardımcı maddeleri ile uygulanan bitim işlemleridir. Bunlardan ikincisi için tipik bir reçete Tablo 3.42'de verilmektedir.

	(g/l)	**Açıklamalar**
Dimetiloldihidroksietilen üre	130-200	Çapraz bağ oluşturucu madde
Sülfürik asit (% 48'lik)	15-30	
Yıkama maddeleri	2	Yağ asidi etoksilatları
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: a) Reaksiyon asidik ortamda gerçekleşmektedir (pH 2-3), reaksiyon süresi 25-30 ºC'ta 20-40 saattir b) Emdirme flottesinin KOİ değeri 130-200 g/l civarındadır		

Tablo 3.42: Pamuklu dokuma kumaşların reaktif buruşmazlık bileşikleri ile bitim işlemi için standart reçete

Hem güç tutuşurluk, hem de buruşmazlık bitim işlemleri için kullanılan kimyasal maddeler biyolojik olarak parçalanamazlar ve aktif çamur tarafından adsorpsiyonları da çok düşüktür. Bu da, biyolojik işlemlerin bunların atık suları için uygun olmadığını göstermektedir.

Başka bir örnek de, pamuklu dokuma kumaşların buruşmazlık ve çekmezlik özelliklerini geliştirmek için yaygın bir şekilde uygulanan bitim işlemi maddeleri için verilmektedir. Tablo 3.43'te buna ait tipik bir reçete yer almaktadır.

Bileşik	**Miktar (l/1000m)**	**x 0,91 (1)**	**özgül KOİ (g O_2/kg)**	**KOİ (mg/1000 m)**
Egaliz ve dispergir maddeleri	5	4,55	645	2934,75
Metiloldihidroksietilenüre	40	36,40	790	28756,00
$MgCl_2$	10	9,10		
Sodyum F-borat	0,15	0,14		
Optik beyazlatıcı	2	1,82	360	655,20
Çapraz bağlayıcı maddeler için katkı maddeleri	20	18,20	628	11429,60
Yüzey düzgünleştirici madde	40	36,40	340	12376,00
Yumuşatıcı 1	30	27,30	530	14469,00
Yumuşatıcı 2	30	27,30	440	12012,00
Toplam kimyasallar	177,15			
Aplike edilen toplam flotte (su dahil)	195		Toplam	82632,55
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Özgül kumaş ağırlığı: 250 g/m^2 Kumaş eni: 1,6 m (1) seyreltmeden dolayı				

Tablo 3.43: Buruşmazlık ve çekmezlik bitim işlemi için tipik bir reçete

Bu durumda ard-yıkama yoktur, ancak fulardda ve hazırlama tankında arta kalan bitim işlemi flottelerinin boşaltılma potansiyelinden kaynaklanan çevresel endişeler mevcuttur. Reaktif bileşik (metiloldihidroksietilenüre), optik beyazlatıcı ve yumuşatıcılar biyolojik olarak parçalanmamakta ve biyolojik atık su arıtma tesisinde işlem görmüş suda arta kalan KOİ değerine katkıda bulunmaktadırlar.

Bitim işlemi yardımcı maddelerinden kaynaklanan potansiyel hava emisyonları (hesaplanmış veriler)

Birçok durumda, bir bitim işlemi reçetesinin emisyon potansiyeli, bitim işlemi reçetesinde yer alan maddeler için ayrı ayrı verilen temel emisyon faktörlerinden hareket ederek hesaplanabilmektedir. Bölüm 4.3.2'de daha detaylı olarak anlatılan bu yönteme göre, aşağıdaki parametreleri (aşağıdaki tanımlamada orijinal nomenklatur muhafaza edilmiştir) tanımlamak mümkündür:

- madde-esaslı emisyon faktörü ve
- tekstil materyali-esaslı emisyon faktörü.

İki tip *madde-esaslı emisyon faktörü* vardır: 1) formülasyonda bulunan organik maddelerden kaynaklanan toplam emisyonu veren, toplam organik karbon olarak ifade edilen fc, 2) formülasyonda bulunan özellikle toksik veya kanserojen organik maddelerden veya amonyak ve hipoklorit gibi inorganik bileşiklerden kaynaklanan emisyonu gösteren fs.

Bu yöntemin geliştirildiği Almanya'da, yardımcı madde tedarikçileri madde esaslı emisyon faktörleri hakkında bilgi sağlamaktadırlar. Tekstil materyali-esaslı emisyonunun hesaplanması için bu bir ön şarttır.

Tekstil materyali esaslı emisyon faktörü (WFc veya WFs), belirli bir yardımcı madde formülasyonu ile işlem gören bir kilogram tekstilden, tanımlanan proses koşullarında (kondenzasyon süresi, sıcaklığı ve elyaf cinsi) açığa çıkan, organik veya inorganik maddelerin gram olarak miktarını tanımlanmaktadır.

Tekstil materyali esaslı emisyon faktörü, ayrı ayrı bileşiklerin formülasyonlarının/reçetelerinin madde-esaslı emisyon faktörleri (fc veya fs) bunların flottedeki konsantrasyonları (FK) ve alınan flotte oranı (A_F, normalde materyalin tipine bağlı olarak % 60 ile % 120 arasında değişmektedir) baz alınarak hesaplanabilmektedir. Tekstil materyali-esaslı emisyon faktörünün hesaplanmasına bir örnek Tablo 3.44'te yer almaktadır.

	FK (g/kg)	A_F (g/kg)	fs (g/g)	Fc (g/g)	FK*FA*fs (g/kg)	WFs (g/kg)	FK*FA*fc (g/kg)	WFc (g/kg)
REÇETE 1 Pamuk ; 170 ºC								
Yağ asidi esteri	20	0,65		0,015			0,2	
Polisiloksan	20	0,65		0,005			0,07	
Çapraz bağ oluşturucu madde	100	0,65	0,0041 FO	0,0009	0,27 FO		0,06	
Stearil üre türevi (katalizör)	20	0,65	0,0165 FO	0,0162	0,21 FO		0,21	
Toplam 1						0,48 FO		0,54
REÇETE 2 Pamuk; 150ºC								
Yumuşatıcı madde	50	1	-	0,005	-		0,25	
Formaldehitsiz çapraz bağ oluşturucu madde	12	1	-	0,01	-		0,12	
Katalizör	12	1	-	0,008	-		0,1	
Toplam 2						-		0,47

Kaynak: [179, UBA, 2001
Notlar:
FK: reçetedeki konsantrasyon (g yardımcı madde/kg flotte)
A_F: alınan flotte (kg flotte/kg tekstil materyali)
fs: madde esaslı emisyon faktörü (g emisyon/g yardımcı madde) (toksik veya kanserojen organik maddeler söz konusu olduğunda veya amonyak, hidrojenklorür, vs. gibi inorganik maddeler söz konusu olduğunda)
fc: madde esaslı emisyon faktörü, toplam organik karbon olarak ifade edilen (g Org-C/g yardımcı madde)
WFs: ∑(FK*FA*Fs)-tekstil esaslı emisyon faktörü, aynı sınıf maddeler için
WFc: ∑(FK*FA*Fc)-tekstil esaslı emisyon faktörü, toplam organik karbon olarak ifade edilen
FO: formaldehit

Tablo 3.44: Hava emisyon faktörlerinin hesaplanmasına ait iki örnek

Bu örnekler baz alınarak, bir seri ticari yardımcı maddenin bitim işlemlerinden sonra gerçekleştirilen ısıl işlemler sırasında Organik-C veya formaldehit gibi belirli maddeleri açığa çıkarma potansiyelleri hesaplanmış ve Bölüm 11.4'teki tablolarda verilmiştir. Analiz edilen yardımcı maddeler "Textile Auxilaries Buyers' Guide" kitabından [65, TEGEWA, 2000] seçilmiştir. Çeşitli formülasyonlar işlevlerine göre farklı sınıflara ayrılmışlardır.

Kimyasal bileşimlerinden, aktif bileşenlerinden, yan ürünlerden ve safsızlıklardan dolayı aynı sınıfa ait yardımcı maddeler arasında da önemli farklılıklar gözlenmektedir. Yine de, aşağıdaki genel yorumlar yapılabilmektedir:

- formaldehit, daha ziyade *çapraz-bağ oluşturucu bileşik* esaslı yardımcı maddelerden açığa çıkmaktadır (özellikle çapraz-bağ oluşturucu maddeler ve reaktif güç tutuşurluk maddeleri). Birçok durumda, melamin türevlerinin formaldehit emisyonu potansiyeli, dimetiloldihidroksietilenüre türevleri esaslı yardımcı maddelerinkinden daha yüksektir (bkz. Tablo 3 ve Tablo 4)
- silikon esaslı tiplerle kıyaslandıklarında, esas aktif bileşen olarak uçuculuğu yüksek hidrokarbon içeren *köpük önleyici maddeler* çok daha yüksek bir emisyon potansiyeline sahiptirler (bkz. Tablo 5)
- yüksek buhar basıncına sahip olan tribütilfosfat esaslı *ıslatıcılar* için maddeye özgü emisyon faktörlerinin 340 g Organik-C/kg'a kadar çıktığı gözlenmektedir. Materyal Güvenlik Veri Yaprakları'nda açıkça belirtilmeyen çeşitli katkı maddeleri kullanıldığından ve aktif bileşen miktarları oldukça değişken olduğundan, diğer ıslatıcı maddelerin emisyon faktörleri de (bkz. Tablo 6) büyük oranda farklılıklar göstermektedirler.
- yağ asidi türevleri esaslı *yumuşatıcı maddeler*, 1 ile 5 g Organik-C/kg emisyon faktörü ile karakterize edilmektedirler. Polisiloksan esaslı tipler daha yüksek değerler göstermektedirler. Tablo 7'de görülen en yüksek değer additif olarak uçuculuğu yüksek vaks içeren bir yağ asidi tipine aittir

- *carrierlar* genelde uçuculuğu yüksek olan maddelerdir; 300 g Organik-C/kg'ın üzerinde emisyon faktörleri gözlenmektedir (bkz. Tablo 8)
- boyacılıkta kullanılan *egaliz maddeleri*–carrierlar gibi-tekstil materyali ile taşınabilmekte ve önemli miktarda hava emisyonlarına neden olmaktadırlar
- *güç tutuşurluk maddelerinin* emisyon potansiyelleri arasında farklılıklar, daha ziyade farklı aktif maddeler ve yan ürünler/katkı maddeleri (alkoller, özellikle reaktif tipler için metanol, glikoller, glikol esterleri) miktarlarından kaynaklanmaktadır (bkz. Tablo 9)
- *su ve yağ itici maddeler*de de, geniş bir emisyon faktörleri aralığı gözlenmektedir. Buna, daha ziyade, florokarbon reçineleri için kullanılan farklı türde ve miktarda çözgenler (örneğin, bütil/etilasetat, metiletil/izobütilketon, etandiol, propandiol) ile parafin esaslı tipler göz önüne alındığında farklı miktardaki aktif bileşen içerikleri neden olmaktadır
- *kondisyonlama maddeleri* için, parafin (nispeten yüksek uçuculuğa sahip) esaslı ürünlerin yağ asidi türevlerinden daha yüksek emisyon potansiyeline sahip oldukları açıktır (bkz. Tablo 11)
- *optik beyazlatıcılar* ve *antielektrostatik maddeler* farklı aktif bileşen içeriklerine ve yardımcı maddelerin formülasyonlarındaki faklılıklara bağlı olarak değişen emisyon potansiyeline sahiptirler (bkz. Tablo 12)
- doğal ve sentetik polimer esaslı *dolgu* ve *sertleştirici maddeler* düşük emisyon potansiyellerine sahiptirler
- *ard-işlem maddelerinin* emisyon düzeyleri düşüktür
- *biyositler* aromatik hidrokarbon içerebilmektedir; bu da emisyon faktörlerinin artmasına yol açmaktadır (bkz. Tablo 16)
- silisik asit esaslı *kaymazlık sağlayıcı maddelerin* emisyon faktörleri çok düşüktür.

Terbiye işlemlerinden sonra yapılan ısıl işlemlerden kaynaklanan hava emisyonları

Önceki bölümde hesaplanmış emisyonlar hakkında bilgi verilmiştir. Ölçülen büyük miktarlı emisyonlara gelince, terbiye işletmelerine örnekler olarak (herbirinde bir veya daha fazla farklı işlem için) tipik emisyon seviyeleri Tablo 3.45'te verilmektedir. Emisyon azaltıcı sistemler kurulmuş ise, tabloda gösterilen değerler, temizlemiş gazlara ait değerlerdir. Direkt ısıtılan ramözlerin kullanılması durumunda, yakıta (metan, propan, bütan) ait Organik-C emisyonları ayrı olarak ifade edilmekte ve Organik-C emisyon değerleri (konsantrasyonlar, emisyon faktörleri ve kütle akışları) verilerine dahil edilmemektedir.

Aşağıdaki genel yorumlar bildirilen verilere uygulanmaktadır:
- ramözlerdeki tekstillerin ısıl işlemleri, boyama carrierları için Tablo 3.39 proses 4.4'te ve perkloretilen için Tablo 3.45 proses 12.1 ve 12.2'de (bu durum bölümün ileriki kısımlarında daha detaylı olarak analiz edilmektedir) görüleceği gibi, önceki terbiye işlemleri (ve eğer uygulanmışsa önceki yıkama işlemlerinin etkinliği) tarafından etkilenebilmektedir
- 1 kg tekstil başına 0,8 g Organik-C emisyon faktörü tekstil terbiyesinin hemen hemen tüm proseslerinde sağlanabilmektedir (ancak, azaltıcı sistemlerin kurulu olduğu işletmelerde bildirilen verilerin, temiz gazlara ait olduğunun akıldan çıkarılmaması gerekmektedir)
- yanmayan yakıtın neden olduğu Organik-C emisyonları, 0,1 g/kg tekstil civarında olduğu gibi, bakımsız beklerin kullanılması durumunda 5 g/kg tekstilin üzerine de çıkabilmektedir
- formaldehit emisyonları, sadece uygulanan yardımcı maddelerden değil, ayrıca iyi yanmamış gaz (metan, propan, bütan) çıkışlarına bağlı olarak direkt ısıtılan ramözlerin kendilerinden de kaynaklanabilmektedir. Ramözlerden kaynaklanan konsantrasyon seviyeleri 0,1 ile 60 mg/Nm^3 aralığında değişmektedir.

İşletme	Kurutma teknolojisi Emisyon azaltma	Reçete	Materyal	Proses sıcaklığı (ºC)	Emisyon faktörü (g/kg tekstil)	Konsantrasyon (mg/Nm^3)	Kütle-akışı (g/sa)	Makine bazlı emisyon (g /kg tekstil)	Açıklamalar
1.2	Direkt ısıtmalı	Bitim işlemleri (sertleştirici çapraz bağlayıcı maddeler, havasını alma, kaymazlık)	PA 6	150	3,5	21	101	7,7	1,5 g/kg formaldehit
1.3	Direkt ısıtmalı	Antistatik, yumuşatma, asetik asit	PA 6.6	150	0,7	33	148	0,1	
2.1	İndirekt ısıtmalı	Buruşmazlık, yumuşatma	CO/EL	170	0,9	52	506	-	0,02 g/kg formaldehit
3.1	Direkt ısıtmalı Isı geri kazanımlı	Güç tutuşurluk	CO	145	0,3	19	155	0,2	0,01 g/kg formaldehit
3.2	Direkt ısıtmalı Isı geri kazanımlı	Optik beyazlatma, antistatik	PES	190	0,6	24	277	0,5	
4.1	İndirekt ısıtmalı	Yumuşatma	PES/WO	130	0,6	187	529	-	0,05 g/kg formaldehit
4.2	Indirekt ısıtmalı	Kaymazlık	PES/WO	130	0,3	15	188	-	0,01 g/kg formaldehit
5.1	Direkt ısıtmalı	Sertleştirme, yumuşatma	PES	170	0,4	9	123	0,2	0,03 g/kg formaldehit
5.2	Direkt ısıtmalı	Yumuşatma	PES	170	0,5	1	149	0,2	0,03 g/kg formaldehit
6.1	Direkt ısıtmalı Isı geri kazanımlı	Kaplama (polivinilasetat)	CV/PP	110	0,7	68	689	1,4	0,06 g/kg formaldehit
6.2	Indirekt ısıtmalı Isı geri kazanımlı	Kaplama (polivinilasetat), yumuşatma, kıvamlaştırıcı, asetik asit	CV/CO	120	0,08	8	36	-	
7.1	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Kaplama/akrilat, çapraz bağlayıcı madde, köpük oluşturucu	CV	150	0,35	1	142	0,1	0,14 g/kg formaldehit
8.1	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Islatıcı, leke önleyici	CV/CO/ PES/WO	165	0,5	22	255	0,4	
8.2	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Yumuşatma, köpük maddesi	PES/CV/CO	150	0,3	17	200	0,3	
8.3	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	PU-kaplama	PES/CO	130	0,2	10	121	0,1	
9.1	Indirekt ısıtmalı -	Buruşmazlık, yumuşatma, ıslatıcı madde, asetik asit	CO/EL	150	0,2	43	56	-	0,03 g/kg formaldehit
9.2	Indirekt ısıtmalı	Buruşmazlık, yumuşatma, ıslatıcı madde, asetik asit, sertleştirme, su iticilik	CO/CV/EL	150	0,3	53	69	-	0,05 g/kg formaldehit

İşletme	Kurutma teknolojisi Emisyon azaltma	Reçete	Materyal	Proses sıcaklığı (°C)	Emisyon faktörü (g/kg tekstil)	Konsantrasyon (mg/Nm^3)	Kütle-akışı (g/sa)	Makine bazlı emisyon (g /kg tekstil)	Açıklamalar
10.1	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Boyamadan sonra kurutma	PA/EL	135	0,4	12	138	0,1	
12.1	Direkt ısıtmalı	Yün koruması (poliüretan, poliakrilat) ıslatıcı madde	PES/WO/EL	190	1,3	60	542	0,3	0,7 g/kg perkloretilen
12.2	Direkt ısıtmalı	Su iticilik, ıslatıcı madde, asetik asit	PES/WO/EL	190	0,9	41	370	0,4	0,8 g/kg perkloretilen
14.2	Direkt ısıtmalı	Hidrofobluk	PAC/PES	180	0,5	18	238	1,3	
14.3	Direkt ısıtmalı	Yumuşatma	CO/PES	160	0,5	34	439	0,7	
14.4	Direkt ısıtmalı	Kaymazlık	PAC	160	0,7	19	245	1,8	
14.5	Direkt ısıtmalı	Buruşmazlık	CO/PS	170	1,5	50	764	0,6	0,06 g/kg formaldehit
Kaynak: [179, UBA, 2001]									

Tablo 3.45: Bitim işlemlerinden sonraki ısıl işlemler: prosese özgü emisyon verileri (ölçülmüş veriler)

Kirletici maddelerin önceki proseslerden kurutma ve fiksaja taşınması

Liflere karşı belirli bir afiniteye sahip olan tekstil yardımcı maddeleri ve kimyasallar (ve bunların yan ürünleri/safsızlıkları), özellikle yıkama/durulamalar yetersizse, liflere geçici olarak bağlanmaktadırlar. Daha sonraki ısıl işlemler sırasında bu maddeler tekstillerden uzaklaşarak atık havaya karışabilmektedirler. Bu kapsama giren tipik madde sınıfları şunlardır:

- carrierlar
- egaliz maddeleri
- ard-işlem maddeleri
- ıslatıcılar
- baskı patlarından kaynaklanan hidrokarbonlar (bu konu daha önce Bölüm 3.3.3.5.5'te analiz edilmiştir)
- asetik asit
- perkloretilen (eğer kuru temizleme yapılmışsa)

Carrier ile boyanmış ve kuru temizleme yapılmış kumaşların emisyon potansiyellerine ait verileri aşağıda verilmektedir:

Carrier ile boyanmış kumaşların emisyon potansiyeli

Carrierlar daha ziyade PES ve PES karışımların boyanması için kullanılmaktadırlar (ayrıca bkz. Bölüm 2.1.1.1 ve 4.6.2). Carrierın bir kısmı (bazı durumlarda % 50 veya daha fazlası) kumaş tarafından absorbe edilmekte ve ısıl işlemler sırasında uzaklaşmaktadır. Carrierların çekim/absorpsiyon dereceleri daha ziyade şunlara bağlıdır:

- flotte oranı
- kullanılan miktar
- boyama işlemi
- elyaf cinsi
- durulama sırasındaki işlem koşulları.

Carrier ile boyanmış kumaşların emisyon potansiyeli, Tablo 3.46'da özetlenmektedir. Veriler carrierlar ile boyanmış (sanayi ölçeğinde), ama kurutulmamış kumaşlara aittir. Kumaşların kurutulması ve hava emisyonunlarının ölçülmesi bir laboratuvar kurutucusunda yapılmıştır.

Carrierın aktif bileşikleri	**Emisyon faktörü (g C/kg tekstil)**
Benzilbenzoat; Ftalikasitesteri	8,97
Bifenil; Dimetilftalat	8,3
Alkilftalimid	5,88
Kaynak: [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Envirotex, 2000"	

Tablo 3.46: Carrier ile boyanmış tekstillerin kurutulmasından kaynaklanan hava emsiyon faktörleri

Tablo 3.47, dört tekstil işletmesinin carrier ile boyanmış yünlü kumaşların kurutulması/fikse edilmesi sırasındaki hava-emisyon değerlerini temsil eden örnekleri göstermektedir. Bildirilen verilerden, özellikle aromatik çözgen esaslı carrierlar kullanıldığında, carrier formülasyonlarındaki aktif bileşenlerin ısıl işlem sırasında belirgin bir atık-gaz yüküne yol açabilecekleri açık bir şekilde görülmektedir. Emisyon azaltıcı sistemlerin etkinliği (temizlenmemiş ve temizlenmiş gazlardaki Organik-C konsantrasyonlarının karşılaştırılması yolu ile hesaplanan) bu tip bileşikler için yeterli olmayabilmektedir (sadece % 10-40).

İşlem görmemiş atık-gazlar için, 30 ile 4600 mg C/m^3 arasında değişen konsantrasyonlar ile 0,2-28 kg C/sa emisyon akışı ve 0,8-24 g C/kg tekstil emisyon faktörleri (WFc) gözlenmiştir. Atık gazda bulunan en kritik madde, 60-110 mg/m^3 seviyelerindeki konsantrasyon ve 350-600 g/sa'lik emisyon akışı (WFs: 0,9-1,5 g/kg tekstil) ile bifenil olmuştur.

Tekstil işletmesi	Emisyon azaltma etkinliği (%)	Carrier kimyası	Emisyon faktörü (g Org.-C/kg tekstil)	Konsantrasyon (mg/Nm^3)	Kütle-akışı (kg Org.-C/sa)
İşletme 1					
Kumaş A	15	Aromatik çözgenler	24	2000-4500	28
Kumaş B	25	Aromatik çözgenler	7,6	200-1000	8
İşletme 2					
Kumaş A	Kurulmamış	Ftalimid, Dimetilftalat	0,77	66	0,4
Kumaş B	Kurulmamış	Bifenil, Dimetilftalat	1,2	84	1,1
İşletme 3					
Kumaş A	30-40	Benzoat, ftalat	0,8-0,9	22-25	0,2
Kumaş B	10-25	Benzoat, ftalat	2,0-2,2	50-60	0,6
İşletme 4					
Kumaş A	Kurulmamış	Benzoik asit esterleri, aromatik bileşikler	6,5	400	4,3
Kaynak: [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Envirotex, 2000"					

Tablo 3.47: Carrier ile boyanmış kumaşların kurutulması/fikse olması sırasındaki hava emisyonu seviyeleri

Kuru temizleme yapılmış kumaşların emisyon potansiyelleri

Kuru temizleme tekstil sanayiinde aşağıdaki amaçlar için kullanılmaktadır:
- ham kumaşların ve özellikle elastan karışımlarının (elastan lifleri için yaygın olarak kullanılan silikon preparasyonlarının giderilmesinde klasik yıkama işlemleri yetersiz kalmaktadır) temizlenmesinde
- yün/elastan veya yün/PES kumaşların ard-işlemlerinde, özellikle koyu tonlarda iyi renk haslıklarının sağlanması için
- kalite düzeltmelerinde (lekelerin giderilmesinde).

Bilerek perkloretilen kullanımının yanında, Almanya'da belirgin bir miktarda da kuru temizleme yapılmış ithal kumaşlara terbiye işlemleri uygulanmaktadır. Perkloretilenin (kuru temizlemede en çok kullanılan çözgen) tekstiller tarafından tutulması yüksektir. Sonuç olarak perkloretilen ısıl işlemler sırasında (özellikle kurutmada) açığa çıkmaktadır.

Perkloretilen ile temizlenmiş kumaşların kurutulması/fikse olması sırasında PCDD/PCDF oluşması riski nedeniyle, bazı ülkelerde (örneğin, Almanya) perkloretilen ile temizlenmiş kumaşların direkt ısıtılan ramözlerde işlem görmesi yasaktır.

Beş tekstil işletmesinden alınan perkloretilen ile işlem görmüş kurutulmamış kumaşların emisyon potansiyelleri, bir laboratuvar kurutucusunda incelenmiştir (işlem sıcaklığı 150 ºC). Ölçülen emisyonların sonuçları Tablo 3.48'de özetlenmektedir.

Perkloretilen ile temizlenmiş kumaşların kurutma/fikse sırasındaki hava emisyon değerleri aşağıda belirtilen seviyelerdedir:

- 0,1-0,8 g perkloretilen/kg tekstil (terbiye işletmesinde yapılan kuru temizlemelerde)
- 0,3-1,7 g perkloretilen/kg tekstil (dışarıda yapılan kuru temizlemelerde).

Tekstil şirketi	Kumaş	Emisyon faktörü (g C/kg tekstil)	Konsantrasyon (mg C/Nm^3)	Kütle akışı (g C/sa)	Emisyon faktörü (g PER/kg tekstil)
İşletme 1	A*	0,11	28,1	3,77	0,27
	B*	0,23	32,6	4,28	1,17
İşletme 2	A*	0,19	16,1	1,88	0,95
	B*	0,26	21,7	2,71	0,66
	C*	0,14	11,7	1,68	0,63
	D*	0,13	6,1	0,82	0,47
	E*	0,85	70,8	9,27	1,65
	F**	0,19	21,1	2,59	0,67
	G**	0,11	8,0	0,99	0,51
İşletme 3	A**	0,27	19,3	2,37	0,09
	B**	0,18	12,9	1,58	0,19
	C**	0,30	20,1	2,47	0,13
İşletme 4	A**	1,23	94,9	11,95	0,79
	B**	0,86	65,9	8,11	0,65
	C**	0,80	53,1	6,53	0,54
İşletme 5	A**	0,09	6,6	0,80	0,46
	B**	0,12	4,0	0,50	0,67
	C**	0,15	6,4	0,81	0,82

Kaynak: [179, UBA, 2001] bunda atıfta bulunulan "Envirotex, 2000"

Notlar:
*Dışarıda yapılan kuru temizlemeler
** Terbiye işletmesinde yapılan kuru temizlemeler

Tablo 3.48: Perkloretilen ile temizlenmiş kumaşların emisyon değerleri

3.3.3.5.7 Kaplama ve laminasyon

Kaplama işlemlerindeki asıl çevresel endişe, çözgenlerden, yumuşatıcılardan kaynaklanan buharlaşabilen organik bileşikler ile stabilizatör ve çapraz bağ oluşturucu maddelerden kaynaklanan amonyak ve formaldehittir. Bu hususlar daha detaylı olarak Bölüm 2.10'da tartışılmaktadır. Kaplama prosesleri (halı sırt kaplaması için bir örnek de içeren) için beş tesiste gerçekleştirilen ölçümlere ait prosese özgü emisyon değerleri, Tablo 3.49'da verilmektedir. Ancak, normalde işletmeler kendi özel reçetelerini kullanıldıklarından, emisyon seviyeleri önemli farklılıklar gösterebilmektedirler. Bu nedenle Tablo 3.49'daki örnekler, konu hakkında sadece bir ilk görüş edinmek için verilmektedirler.

Ek veriler Tablo 3.45'te bulunabilir (bkz. 6.1, 6.2, 7.1, 8.3 prosesleri).

Direkt ısıtılan ramözlerin kullanılması durumunda, yakıttan (metan, propan, bütan) kaynaklandığı söylenebilen Organik-C emisyonlarının ayrı olarak gösterildikleri ve Organik-C emisyon değerleri ("konsantrasyonlar", "emisyon faktörleri", "kütle akışları") verilerine dahil edilmedikleri unutulmamalıdır**.**

İşletme	Kurutma teknolojisi Emisyon azaltma	Reçete	Materyal	Proses sıcaklığı (ºC)	Emisyon faktörü (g Org.C-kg tekstil)	Konsantrasyon (mg Org.-C/Nm^3)	Akışı (g Org.C-/sa)	Makine bazlı emisyon (g Org.C-kg tekstil)	Açıklamalar
1.1	Direkt ısıtmalı Sulu yıkayıcı	Kaplama maddesi (akrilat dispersiyonu) Fiksatör (melamin) Köpük oluşturucu Kıvamlaştırıcı (akrilat esaslı)	CV (non-woven)	150	0,4	20	173	0,1	Formaldehit: 0,14 g/kg
2.1	Indirekt ısıtmalı	Laminasyon: PVC yapıştırıcı (PVC-tozu, yumuşatıcı, stabilizatör, primer, emülsifiye edici)	Örme mallar üzerinde PVC-folye	105	-	82	144	23 g Org.-C/sa	Ftalatlar: 6 mg/Nm^3; Vinilasetat 12 mg/Nm^3
3.1	Direkt ısıtmalı	Stiren/bütadien lateks ve doğal lateks esaslı halı zemin kaplama (ön-kaplama ve köpük kaplama)	PA 6 tafting	120	0,8	75	450	1,5	Formaldehit: 0,06 g/kg; Amonyak: 0,3 g/kg
4.1	Direkt ısıtmalı	Alevle laminasyon	PA materyali üzerinde PU-köpük	-	-	74	232	798 g C/sa	HCN: 3,6 mg/Nm^3 TDI [(1)] 0,5 mg/Nm^3
5.1	Direkt ısıtmalı	Katkı maddeleri ile akrilat dispersiyonları (kıvamlaştırıcılar, amonyak, katalizör)	CO	150	0,4	-	138	1,9	Amonyak: 0,02 g/kg

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar:
(1) Başka bir kaynağa göre ([319, Sweden, 2002]), alevle laminasyon yapan işletmeler genellikle kendi hava akımlarını hem kumaş filtrelerle hem de sulu yıkayıcılarla temizlemektedirler. Örneğin, sulu yıkayıcı ile çalışan bir işletmede TDI emisyon seviyesi sulu yıkacı ile işlem öncesinde 1,09 mg TDI/Nm^3 iken sulu yıkayıcı sonrasında 0,06 mg TDI/Nm^3 olmaktadır.

Tablo 3.49: Kaplamalara ait hava emisyon verileri (ölçümler beş terbiye işletmesinde gerçekleştirilmiştir)

3.4 Halı sanayii

3.4.1 Yün ve yün karışımı halı ipliği boyahaneleri

Bu bölümde ele alınan prosedürler Bölüm 2.14.5.1'de detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Yün halı ipliği sektörünün tüketim ve emisyon seviyeleri hakkındaki literatür çok zayıftır. Aşağıda sunulan bilgiler, ENco'nun EIPPC Bürosu'na sunduğu rapordan hazırlanmıştır [32, ENco, 2001]. Kantitatif veriler bu sektörün temsilcisi olan bir grup Birleşik Krallık firmasından toplanmıştır. Çalışma, yaklaşık 1000 ton/yıl kapasiteli bir iplik boyahanesinden, 7000 ton/yıl kapasiteli entegre elyaf ve iplik boyama/terbiye işletmesine kadar olan değişik kapasitedeki firmaları kapsamaktadır.

Üç kategorideki firmalar incelenmiştir:
- sadece açık elyaf boyayan ve kurutan yapak boyahaneleri
- sadece ipliklerin hidrofilleştirme, boyama ve kurutmasını yapan iplik boyahaneleri. Bir veya iki durumda önceden boyanmış ipliklerin yıkanması da dahil edilmektedir
- entegre açık elyaf ve iplik boyahaneleri.

Bu dokümanda, ilk iki kategorideki işletmelerin tüketim ve emisyon seviyelerine ait veriler Tablo 3.50 ve 3.53'te verilmektedir. Entegre boyahaneler bu proseslerin karışımı olarak görülebilmektedirler. Şekil 3.14, yün halı ipliği aktivitelerindeki girdi ve çıktıların seviyesini vermeyi denemektedir (belediyeye ait atık su arıtılmasından sonraki çıktılar dahil değildirler). Bildirilen değerler dikkatli bir şekilde kullanılmalıdırlar, zira sektörün çeşitliliği, bu genellemelerin önemli hatalara yol açmasına sebep olabilmektedir.

Tüketim ve emisyon değerleri, 1999-2000 zaman dilimindeki 12 aylık bir dönem için verilen bilgilere dayanmaktadır.

Bu sektörde yürütülen aktivitelerle ilgili temel çevresel problemler su kirlenmesine ait olduklarından, sadece buna ait emisyon verileri verilmektedir.

Emisyon faktörleri, atık suyun hacmi ve belediye kanalizasyonuna akıtıldığı yerde (sadece akıntı dengelemesinden sonra) ölçülen konsantrasyonu ile söz konusu zaman diliminde işlenen tekstil ürünü miktarından hesaplanmaktadır. Kullanılan boyama prosesinin kesintili parti boyama şeklinde olması ve liflerdeki doğal varyasyonlardan dolayı, atık su bileşiminde genelde geniş oynamalar görülmektedir. Birkaç parti malda ayrı ayrı yapılan ölçümler, uzun süreli trendleri göstermekten uzak olduklarından, daha uzun süreli ölçümlerden elde edilen veriler tercih edilmişlerdir.

Emisyonlar, aşağıda belirtilen çevresel açıdan önemli parametrelerle değerlendirilmişlerdir:
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)
- süspansiyon halindeki katılar (SK)
- metaller (bakır, krom, kobalt, nikel)
- organik klor(OC) pestisitleri (HCH, dieldrin, DDT)
- organik fosfor (OP) pestisitleri (diazinon, propetampfos, klorfenvinfos)
- sentetik piretroid (SP) insektisitler (güve-yemezlik maddelerinden permetrin ve siflutrin) ve sipermetrin (koyunlara uygulanan ektoparasitisitlerden kaynaklanan).

3.4.1.1 Yapak boyahaneleri

YAPAK BOYAHANESİ		Birim / ton (tekstil ürünü)	A işletmesi	B işletmesi	C işletmesi
İŞLEM GİRDİLERİ					
Su		m^3	34,9	28,7	53,5
Enerji, toplam		GJ	11,18	15,52	15,64
Boyama & bitim işlemleri kimyasalları	Temel kimyasallar	kg	36,39	28,81	72,11
	Toplam boya, bunun *Krom+metal kompleks boyaları*	kg	7,65 *2,90*	3,6 *2,10*	4,39[(c)] *2,81*
	Boyama yardımcı maddeleri, bunun *Egaliz maddeleri*	kg	10,27 *5,67*	15,84 *5,85*	4,30 *2,53*
	Toplam bitim işlemi yardımcı maddeleri, bunun *güve-yemezlik maddeleri*	kg	0,40 *0,18*	5,89 *0,78*	0,08 *0*
İŞLEM ÇIKTILARI					
Suya emisyonlar:					
KOİ		kg	20	28	20
Askıda katılar		kg	0,05	0,30	1,03
Toplam metaller, bunun:		g	67,33	54,85	2,97
- Krom		g	66,08	52,78	1,67
- Bakır		g	0,47	1,19	0,15
- Kobalt		g	0,78	0,88	1,15
Toplam SP'ler, bunun:		g	0,462	0,172	0,015
- Permetrin (güve-yemezlik maddelerinden)		g	0,458	0,165	0,010
- Siflutrin (güve-yemezlik maddelerinden)		g	s.s	s.s	s.s
- Sipermetrin (ham yapaktan)		g	0,004	0,007	0,005
Toplam OC'lar (ham yapaktan) [(a)]		g	0,003	0,007	0
Toplam OP'lar (ham yapaktan) [(b)]		g	0,811	0,664	0,722
Atık su		m^3	27,7	24,46	45,44

Kaynak [32, ENco, 2001]
Notlar:
s.s = atık suda saptanamayacak seviyede
[(a)] toplam HCH, dieldirin ve toplam DDT'nin toplamı
[(b)] Diazinon, Propetamfos ve Klorfenvinfos'un toplamı
[(c)] C işletmesi krom boyaları kullanmamaktadır (sadece metal kompleks boyaları)

Tablo 3.50: Üç tane tipik açık elyaf boyahanesi için emisyon ve tüketim seviyelerine genel bakış

Su & enerji tüketimi

Genel bir saptama olarak, bildirilen verilerde gösterilen su tüketimlerinin, makinelerin flotte oranları (genelde yapaklar için 1:10'dur) ve takip eden durulama veya diğer proses sonrası işlemler için ilave edilen sular göz önünde bulundurularak hesaplanan teorik değerlerden kaçınılmaz şekilde daha yüksek olduğuna dikkat edilmelidir. Bu değerler, yükleme ve tekrar yüklemede dökülen ve flotteyi ısıtmak için buhar elde edilmesinde, renk tutturmak için soğutma ilavelerinde, vs.'de kullanılan suları da içermektedirler.

Tablo 3.50'de referans olarak gösterilen üç yapak boyahanesi, farklı çalışma uygulamalarına ve geri kazanım önlemlerine bağlı olarak, farklı su tüketim değerleri göstermektedirler. A işletmesi bütün atık flottenin doğrudan kanala akıtıldığı ve boyama sonrası durulamaların ayrı bir banyoda gerçekleştirildiği standart bir boyama rejimi uygulamaktadır. C işletmesi de benzer makineleri kullanmaktadır, fakat boyamaların durulanması ve soğutulmasını makineden taşan temiz suyun kanalizasyona aktığı taşar durulama yöntemlerini kullanarak yapmaktadır. B işletmesi, hem boya flottesinin, hem de durulama flottesinin bir kısmını yeniden kullanmaktadır ve en düşük toplam su tüketim faktörüne sahiptir.

Enerji tüketimine ait veriler, boya flottelerinin ortam sıcaklığından kaynama noktasına ısıtılması işlemlerini ve kurutma esnasında suyun tekstilden buharlaştırılmasını kapsamaktadır.

1 kg suyun 100 ^{o}C'a ısıtılması: 0,00042 GJ gerektirmektedir.
1 kg suyun buharlaştırılması: 0,00260 GJ gerektirmektedir.

Buna göre yapak boyama ve kurutma için teorik gereksinimler:
- boyama için (1 kg tekstil için 10 kg su ısıtmak için): 4,2 GJ / ton
- kurutma için (lifler kurutucuya girdiğinde su içeriği: 0,5 kg/kg tekstil): 1,3 GJ/ton.

Dolayısıyla toplam teorik enerji gereksinimi, 5,5 GJ/ton tekstildir. Bitim işlemi maddelerinin aplikasyonunda ve durulamalarda ılık su kullanıldığından ve buhar üretimindeki ve dağıtımındaki kayıplardan dolayı, pratikte işletmelerin enerji gereksinimleri, yukarıda belirtilen teorik değerlerden oldukça daha yüksektir.

Oldukça farklı su tüketim değerlerine rağmen Tablo 3.50'deki veriler, dar bir aralık içersinde yer almaktadırlar. Bu durum her üç işletmenin de enerjiyi aslında aynı yolla tüketmelerinin (boya banyosunun sıcaklığını arttırmak ve ıslak lifleri kurutmak) ve ilave su kullanımının daha düşük sıcaklıklarda yapılan durulama işlemleri sırasında ortaya çıkmasının bir sonucudur.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Atık sulara boşaltılan organik maddeler ve buna karşılık gelen KOİ emisyon faktörleri, boyarmadde ve boyama yardımcı maddelerinin kullanım biçimini yansıtmaktadır. Yapak boyahanelerinde metal kompleks boyaların kullanımı çoğunluktadır. Boyamalar, hem egaliz maddelerinin hem de poliamid rezerve maddelerinin kullanımını gerektirebilmektedir.

Seçilmiş üç işletme için KOİ emisyon faktörleri, 20 ile 30 kg/ton işlenmiş lif arasında değişmektedir. Fakat bu KOİ yükünün bir kısmı, işletmelere gelen ham maddede zaten mevcut olan kirliliklerden kaynaklanmaktadır. Yıkanmış yapak, yıkama işleminin etkinliğine bağlı olarak, değişen miktarlarda, yün yağı ve deterjan artıkları içerebilmektedir. Diğer yandan sentetik lifler de, kullanılan yağlama maddesine bağlı olarak, oksijen-ihtiyacı olan madde içerikleri değişen lif preparasyon maddesi artıkları içermektedirler.

Aşağıdaki tabloda yer alan değerler, kirliliklerin ilk yaş işlemde uzaklaştırılmalarını simule etmek için, ham materyal örneklerinin, suyla ekstraksiyon işlemlerine sokulması ile gerçekleştirilmiş laboratuvar analizlerinden gelmektedir.

Materyal	İlk yaş işlem	Uzaklaştırılabilir kirliliklerin KOİ eş değeri (kg/ton)
Yıkanmış yün lifi	Açık elyaf boyama	5-15
Naylon lifi (alındığı gibi)	Açık elyaf boyama	30-50
Kaynak: [32, ENco, 2001]		

Tablo 3.51: Ham açık elyafta bulunan ve atık suyun KOİ yüklenmesinde payı olan bileşiklerin konsantrasyonları

Güve-yemezlik maddelerinden gelen sentetik piretroidler:

Güve-yemezlik aktif maddesi permetrinin emisyon faktörleri, her bir işletmedeki farklı prosedürler nedeniyle, geniş bir değer aralığında değişmektedir.

A işletmesi, sonuçta büyük bir partiyi oluşturacak olan her bir boyama işleminde güve yemezliğin, arzu edilen aplikasyon miktarı (genellikle 100 mg permetrin/kg lif) ile uyumlu seviyede uygulandığı, geleneksel bir güve-yemezlik işlemi yürütmektedir. Her bir boyamadan gelen atık su boşaltılmaktadır.

B işletmesi, güve-yemezlik emisyonlarını minimize etmek için dizayn edilmiş bir fazla aplikasyon işlemi ve boya flottesinin tekrar kullanımı sistemi ile çalışmaktadır. Bu işlemde, liflerin sadece bir kısmına (belki de toplam karışım ağırlığının sadece % 10'una) güve-yemezlik uygulanmakta, fakat uygulanan aplikasyon seviyesi de bu oranda yüksek olmaktadır. Bu işlemden gelen kullanılmış flotteler, normal flottelere kıyasla daha yüksek miktarlarda permetrin içermektedirler. Ancak bu flotteler toplama tanklarına alınmakta ve daha sonraki boyama işlemlerinde veya güve-yemezlik işlemine ihtiyacı olmayan liflerin boyanmasında tekrar kullanılmaktadırlar. Bu işlemlerden gelen atık su artıklarının toplamı, geleneksel işlemlerden gelenlere göre oldukça daha düşüktür. Harmanı oluşturan karışımının geri kalan kısmına güve-yemezlik işlemi uygulanmamakta ve dolayısıyla bu boyamalardan gelen kullanılmış flotteler güve-yemezlik maddesi artığı içermemektedirler. Sonunda terbiye edilmemiş ve fazla aplikasyon uygulanarak terbiye edilmiş lifler mekaniksel prosesler ve iplik oluşumu sırasında çok iyi bir şekilde karıştırılarak, doğru seviyede işlem görmüş haşerelere karşı dayanıklı bir iplik elde edilmektedir.

C işletmesi güve-yemezlik işlemi uygulamamaktadır. Atık suda belirlenebilen düşük seviyedeki permetrin, kasıtlı olmayarak düşük seviyelerdeki permetrin ile kirletilmiş liflerin boyanmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Bu kirliliğin kaynağının belirlenmesi zordur, fakat örneğin, daha önceden işlenmiş atık liflerin tekrar işlenmelerinden, eğer yıkama işlemi yıkanan yapağının güve-yemezliği için de kullanılıyorsa, ham yapak yıkama işlemi esnasındaki kirliliklerden, vs. ortaya çıkabilmektedir.

Şekil 3.14'deki veriler, geleneksel güve-yemezlik işlemi ile çalışan ve güve-yemezlik işleminin yapak boyama sırasında gerçekleştirildiği bir işletmeden gelen tipik permetrin emisyonlarını göstermektedir. Oluşan iplik daha sonra harman yağlarının uzaklaştırılması için yıkanmakta ve yıkama flotteleri güve-yemezlik maddeleri ile kirlenmektedir. Bu işlem, bu üretim akışını kullanan üreticilerin büyük bir kısmının bölgesel atık su emisyon limitlerine uyabilmeleri için, güve-yemezlik maddesini yapağı yıkama hattının sonundaki özel bir düşük hacimli aplikasyon teknesinde uygulamak zorunda kaldıkları Birleşik Krallık'ta artık pek uygulanmamaktadır.

Metaller

Referans işletmeler A ve B, 1 ton boyanmış lif için 53–66 g aralığında değişen işletme atık suyu yüklerinden de belli olduğu gibi, yüksek oranlarda sonradan kromlama boyaları kullanmaktadırlar. Yüklerin, atık su parametrelerinden ve toplam boyanmış lif miktarlarından hesaplandığına dikkat edilmelidir. Bundan dolayı bu değerler, bu boyalarla yapılan ve atık yüklenmelerinin belirgin şekilde daha yüksek (yaklaşık 90 g/ton lif krom boyaları için ve 10 g/ton lif kompleks boyaları için) olduğu boyamaları temsil etmemektedirler.

Organik klor pestisitleri ve organik fosfor & sentetik piretroid ektoparasitisitleri

İşletme atık sularında bulunan organik klor pestisitlerinin konsantrasyonları hakkında anlamlı kantitatif verilerin elde edilmesi zordur. Bunun sebebi sadece mevcut düzeylerin, genelde analitik yöntemlerle belirlenebilen limitlerden daha düşük olmalarından dolayı değil, aynı zamanda bu bileşiklerin yapak üzerinde arada sırada bulunmaları ve bundan dolayı da bunların atık sularda önceden tahmin edilemeyen şekilde ortaya çıkmalarından kaynaklanmaktadır.

Bildirilen veriler, ham lif tüketiminden ve farklı pestisitlerin yapılan farklı yaş işlemlere göre lif ve atık su arasındaki dağılımı ile ilgili verilerden hesaplanmıştır. Lif tüketimi, liflerin kökeni ve ENco yün&kıl pestisit veri tabanından alınan verilerin kullanılması ile hesaplanan başlangıç pestisit içeriği ile belirlenmektedir. Örnek olarak, altı farklı işletmede yıkanan yapakların yıllık pestisit ortalamaları Tablo 3.52'de verilmektedir.

Ortalama OC pestisitleri[(a)] (g/t lif)	**Ortalama OP pestisitleri[(b)] (g/t lif)**	**Ortalama SP pestisitleri[(c)] (g/t lif)**
0,07	2,71	0,79
0,05	3,00	0,81
0,13	2,30	0,50
0,24	2,50	0,69
0,01	1,63	0,35
0,05	3,32	0,17
Kaynak [32, ENco, 2001] Notlar: [(a)] HCH izomerleri, HCB, heptaklor epoksit, aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDT'nin toplamı [(b)] Propetamfos, diazinon, diklofention, klorfenvinfos'un toplamı [(c)] Sipermetrin, sihalotrin, deltametrin'in toplamı		

Tablo 3.52: Altı referans işletmede yıkanan yapağıların yıllık ortalama pestisit içerikleri

Atık suya bırakılan yıllık pestisit miktarı, kullanılan her bir yaş işlem için atık su – lif dağılım katsayısı uygulanarak hesaplanmaktadır. Bu katsayılar, her bir işlem basamağında analitik saptama sağlayabilmek için yüksek başlangıç pestisit miktarına sahip liflerle yapılan denemeler sonucunda tespit edilmişlerdir. Aynı yaklaşım OP ve SP pestisitleri için de uygulanmıştır. En çok söz konusu olan OC, OP ve SP pestisitleri için dağılım değerleri, Şekil 3.13'te verilmektedir.

Son çalışmalar, farklı OP'ların, (propetamfos, diazinon ve klorfenvinfos) ve SP sipermetrinlerin, halı liflerinin işlenmesinde kullanılan yaş terbiye işlemlerine tabi tutulduklarında, farklı şekillerde davrandıklarını göstermektedir [32, ENco, 2001].

Yüksek sıcaklıklardaki boyama proseslerinde bu bileşikler, boya flottesi ile lif arasında, relatif su çözünürlüklerine uygun oranlarda dağılmaktadırlar. Bundan dolayı sipermetrin (çözünürlüğü 0,009 mg/l) genellikle propetamfostan (çözünürlüğü 110 mg/l) daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Diazinon biraz farklı davranarak, yapak boyamada kullanılan pH değerlerinde bozuşmakta ve boyama bittiğinde, ne lifte ne de boyama atık suyunda bulunmamaktadır. Bu gözlem henüz yeni olmakla birlikte (ENco, 2000, yayınlanmamış sonuçlar), yıkanan yapaklardaki ortalama içerikleri tam tersi iken, neden bir çok boyahane atık suyunun, propetamfosa nazaran oldukça daha az diazinon içeriği gösterdiğini açıklamaktadır.

Boyama, aynı zamanda hidrofobik pestisitlerin yüzeyden yün liflerinin mikro-yapısı içine göç etmesine de neden olmaktadır. Bundan dolayı, boyanmamış ham ipliklerin yıkanması sırasında atık sulara bu bileşiklerden, boyalı liflerden eğrilmiş ipliklerin yıkanmasında olandan daha fazlası geçmektedir.

Ölçülebilen yerlerde saptanan OC pestisitlerinin emisyonları, bunların lif üzerinde bulunmalarıyla ilgili çevresel kirlenme geçmişlerine bağlı olarak, 0,001–0,025 g/t işlenmiş-yapak aralığında değişmektedir. OP ve SP ektoparasitisitleri, hayvansal ilaç olarak kabul edilmiş kullanımlarının sonucu olarak, daha yüksek miktarlarda bulunmaktadırlar.

3.4.1.2 İplik boyahaneleri

İPLİK BOYAHANESİ		Birim / ton (tekstil ürünü)	H işletmesi	J işletmesi	K işletmesi	L işletmesi
İŞLEM GİRDİLERİ						
Su		m^3	22		52,7	17,9
Enerji, toplam		GJ	23,27			11,9
İplik yıkama kimyasalları	Temel kimyasallar	kg	16,2		8	
	Deterjanlar	kg	4,6	0,45	6	
	Güve-yemezlik aktif maddesi	kg	0	0	1	
Boyama & bitim işlemleri kimyasalları	Temel kimyasallar	kg	144	103	56,6	38
	Toplam boyarmadde, bunun *krom + metal kompleks boyaları*	kg	5,6 *0,3*	12,3 *3,7*	7,1 *0,25*	11,4 *7*
	Boyama yardımcı maddeleri, bunun *PA rezerve maddeleri*	kg	33,6 *16,4*	58,2 *37,4*	25,0 *18,7*	47,9 *34,3*
	Toplam bitim işlemi yardımcı maddeleri, bunun *güve-yemezlik maddeleri*	kg	1,0 *0,5*	0,4 *0,1*	1,6 *0,6*	2,2 *0*
İŞLEM ÇIKTILARI						
Suya emisyonlar:						
KOİ		kg	16,3	25,2	s.s.	59
Askıda katılar		kg	0,26	2,04	s.s.	1,85
Toplam metaller, bunun:		g	0,8	3,54	s.s.	22
- Krom		g	0,1	2,19	s.s.	21,2
- Bakır		g	0,41	0,26	s.s.	0,10
- Kobalt		g	0,07	0,82	s.s.	0,09
- Nikel		g	0,28	0,27	s.s.	0,36
Toplam SP'ler, bunun:		g	0,212	0,039	s.s.	0,277
- Permetrin (güve-yemezlik maddelerinden)		g	0,24	0,035	s.s.	0,023
- Siflutrin (güve-yemezlik maddelerinden)		g	0	0,002	s.s.	0,24
- Sipermetrin (ham yapaktan)		g	0,012	0,002	s.s.	0,014
Toplam OC' lar (ham yapaktan) [(a)]		g	0,029	0,005	s.s.	0
Toplam OP' lar (ham yapaktan) [(b)]		g	0,142	0,426	s.s.	0,41
Atık su		m^3	16,6	23	s.s.	17,9

Kaynak [32, ENco, 2001]
Notlar:
[(a)] toplam HCH, Dieldrin ve toplam DDT'nin toplamı
[(b)] Diazinon, Propetamfos ve Klorfenvinfos' un toplamı
s.s. = atık suda saptanamayacak seviyede

Tablo 3.53: Dört tane tipik halı ipliği boyahanesi için emisyon ve tüketim seviyelerine genel bakış

Su ve enerji tüketimi

Analiz edilen dört işletme arasında, su ve enerji tüketimi verileri sadece H, K ve L işletmeleri için mevcuttur. Yine de, bu veriler oldukça farklı su tüketimleri gösteren bir dizi iplik boyama prosesini temsil etmeleri bakımından faydalıdırlar. Hem H, hem de K işletmesi ipliğin çile halinde ön-yıkanmasını ve boyanmasını Hussong tipi makinelerde (F.O. 1:15) yapmaktadırlar. H işletmesinde ürünün büyük kısmı boyama sonrasında durulanmazken, K işletmesinde bunun tam tersi yapılmaktadır. K işletmesi 53 m^3/ ton suya ihtiyaç duyarken, ilk işletmedeki (H işletmesinde) su tüketim miktarı 22 m^3/ton ürün'dür. L işletmesi ipliklere ön-yıkama yapmadan bobin boyama uygulamaktadır (F.O. 1:12). Bu

nedenle, enerji ve su gereksinimleri, çile boyama için gerekli olanlardan oldukça daha düşüktür.

Bu raporda, yapak boyama için, bildirilen toplam su ve enerji tüketim değerleriyle bunlara karşılık gelen teorik gereksinimler arasındaki ilişkiler hakkında özetlenen görüşler, iplik boyama için de geçerlidirler.

Dolayısıyla iplik boyama için teorik enerji gereksinimleri aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir:

- bobin boyama (1 kg tekstil için 10 kg suyun ısıtılması): 4,2 GJ/ton
- çile boyama (1 kg tekstil için 15 kg suyun ısıtılması): 6,3 GJ
- iplik kurutma (kurutucuya girdiği andaki su miktarı: 0,5 kg su/kg tekstil): 1,3 GJ/ton.

Dolayısıyla toplam teorik enerji gereksinimi, bobin ve çile boyama için sırayla 5,5 ve 7,6 GJ/ton tekstil'dir.

İşletmelerin gerçek enerji gereksinimleri ise, daha önce yapak boyama için belirtilenlerle aynı sebeplerden dolayı, yukarıdaki değerlerden iki, üç kat daha yüksek çıkmaktadırlar. Değer aralıklarının geniş olması ise, işletmelerde uygulanan işlem tiplerinin farklılığını yansıtmaktadır. H ve K işletmeleri çile boyama aparatları kullanmakta ve boyamadan önce ipliğe ön-yıkama uygulamaktadırlar. Bunların aksine, L işletmesi, yapak boyamada kullanılanlara daha yakın olan flotte oranlarında çalışan bobin boyama aparatları kullanmaktadır. Buna ek olarak L işletmesinde boyanacak ipliklerde boyamaları engellemeyecek seçilmiş özel harman yağları (bu yaygın bir uygulama değildir) kullanıldığından, iplikler ön-yıkama yapılmadan doğrudan boyamaya alınmaktadırlar.

Çalışmalardan elde edilen veriler, sadece yaş terbiye işlemlerindeki toplam enerji tüketimini vermektedirler ve boyama ve kurutmaya ait oranların güvenilir şekilde tahmin edilmesi mümkün olmamaktadır. Fakat ipliklerin çile yıkama, boyama ve kurutma işlemleri ile bobin boyamalar hakkında diğer çalışmalardan elde edilen değerler (Tablo 3.54) mevcuttur. Bu kaynaklar genellikle, çile boyama işlemleri için 17 ile 28 GJ/ton tekstil ve bobin boyama için de 5 ile 18 GJ/ton tekstil arasında değişen toplam enerji gereksinimlerini belirtmektedirler. Sanayii çalışmasında kaydedilen veriler de bu aralıklarda yer almaktadır, dolayısıyla bu verilerin şu andaki sanayi uygulamalarını temsil ettikleri kabul edilebilmektedirler. Çoğu durumda tüketilen enerjinin yaklaşık % 75'i yıkama ve boyamalarda, % 25'i de kurutma işlemlerinde kullanılmaktadır.

	İşlem	**Enerji gereksinimi (GJ/ton tekstil ürünü)**	**Toplam enerji gereksiniminin yüzdesi %**
Çile boyama hattındaki işlemler	Kontinü çile hidrofilleştirme	3,0-5,0	18
	Çile boyama	10,0-16,0	57
	Çile kurutma	4,5-6,5	25
	Toplam	17,5-27,5	100
Bobin boyama	Bobin boyama	5-18	
Kaynak: UK, Çevre Departmanı, Enerji Etkinliğinde En İyi Uygulamalar Programı İyi uygulama rehberi No. 168			

Tablo 3.54: İplik boyamadaki pratik enerji gereksinimleri için literatür değerleri

Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Bildirilen değerler nihai atık suyun KOİ yükünü belirtmektedirler. Ancak, yapak yıkama işleminden kaynaklanan KOİ kısmının, toplam KOİ'nın % 80'ine kadar varan bir oranına karşılık geldiğini tahmin etmek mümkündür. Yapak yıkamadan gelen toplam yük ise

yıkama tekneleri arasında düzgün bir şekilde dağılmamakta ve çoğu tesiste 1. ve 2. tekneler atığın % 95'ine kadar varan bir kısmını içermektedirler.

İplik boyama sektöründe, düzgün boyama taleplerinden dolayı en fazla kullanılan boyalar, asit boyalarıdır ve işletmelerin toplam boya kullanımının % 90'ına kadar varan bir kısmını oluşturmaktadırlar. Bazı boyacılar, daha yüksek derecede haslıkların istendiği ve dolayısıyla metal kompleks ve reaktif boyaların kullanımını gerektiren özel ürünler için iplikleri de boyayabilmektedirler. Krom boyaların kullanımı normalde siyah ve lacivert tonlardaki boyamalarla sınırlıdır ve bu boyaların yüzdesi toplam kullanımın % 5'ini geçmemektedir. Tüketilen boyama yardımcı maddelerinin önemli bir miktarını poliamid rezerve maddeleri oluşturmaktadırlar.

İplik boyama atık suyundaki KOİ yükü tayin edilirken, terbiyeciler tarafından kullanılan kimyasal maddelerin ve yardımcı maddelere ilaveten, liflerin de işlem akımına ek organik kirlilikler kattığı göz önünde bulundurulmalıdır. Sentetik iplikler, hem sentetik lif çekimi preparasyon maddelerini, hem de özellikle işletmelerdeki mekanik işlemlere yardımcı olması için aplike edilen iplik lubrikantlarını içermektedirler. Bu maddeler, liflerin tabi tutulduğu ilk yaş işlem esnasında büyük oranda uzaklaşarak, atık suda mevcut olan KOİ miktarının belli bir kısmını oluşturmaktadırlar.

Tablo 3.55, üretim zincirine giren ham materyallerde mevcut olan bileşiklere ait ortalama KOİ yüklenmelerini göstermektedir. Değerler, ham madde örneklerinin ilk yaş işleme benzeyen basit bir sıvı ekstraksiyon işlemine tabi tutulmasıyla elde edilmişlerdir. Eğrilmiş ipliklerin üzerinde yıkama öncesinde bulunan oksijen tüketici kimyasal maddeler, ham maddenin kalitesine ve yukarıda anlatıldığı gibi iplik üretiminde kullanılan lubrikantların miktarına ve doğasına bağlıdırlar. İplik yıkamadan boyamaya taşınan KOİ miktarı, yıkama işleminin etkinliğini göstermektedir. Maalesef buradan kaynaklanan KOİ miktarları büyük farklılıklar göstermektedirler.

Materyal	İlk yaş işlem	Uzaklaştırılabilir kirliliklerin KOİ eşdeğeri
80/20 yün/naylon iplik "yağlı"	İplik yıkama	40-80
80/20 yün/naylon iplik Boyama için yıkanmış	İplik boyama	10-20
Kaynak [32, ENco,2001]		

Tablo 3.55: Ham liflerde bulunan ve atık su yüklenmesine katkıda bulunan bileşiklerin konsantrasyonu

Güve-yemezlik maddelerinden gelen sentetik piretroidler

İplik boyamayla ilgili emisyon seviyeleri, genelde boyama banyosu pH'ının ve yardımcı madde kullanımının bir fonksiyonudur. Metal kompleks boyaları kullanıldığında gerekli olan daha nötr şartlardaki boyamalarda daha fazla atık üretilirken, egalizasyon tipi asit boyaları ile kuvvetli asidik ortamda yapılan boyamalarda, mümkün olan en düşük miktarlarda atık üretilmektedir. Emisyon faktörleri, asidik egaliz şartlarındaki 0,7 g/ton iplikten, metal kompleks boyalarıyla pH > 4,5'te yapılan boyamalardaki 9,2 g/ton'a kadar değişmektedir. Ayrıca bazı boyama yardımcı maddeleri, özellikle egaliz maddeleri, güve-yemezlik maddelerinin alınımında önemli ölçüde geciktirici etki göstermektedirler.

Anketteki firmalardan H işletmesi, J işletmesinden (0,035 g/ton) daha yüksek bir permetrin emisyon faktörü (0,24 g/ton) göstermektedir. Fakat bu fark, boyarmadde sınıflarıyla ilgili değildir, zira her iki işletme de boyamayı aynı şartlarda yapmakta ve en fazla asit boyalarını kullanmaktadırlar. Bu fark, J işletmesi farklı güve-yemezlik madde tiplerinin karışımını

kullanırken ve boyama esnasında ürünlerinin hepsini güve-yemez yapmazken, H işletmesinin bütün ürünlerini permetrin esaslı maddelerle güve-yemez yapmasından kaynaklanmaktadır.

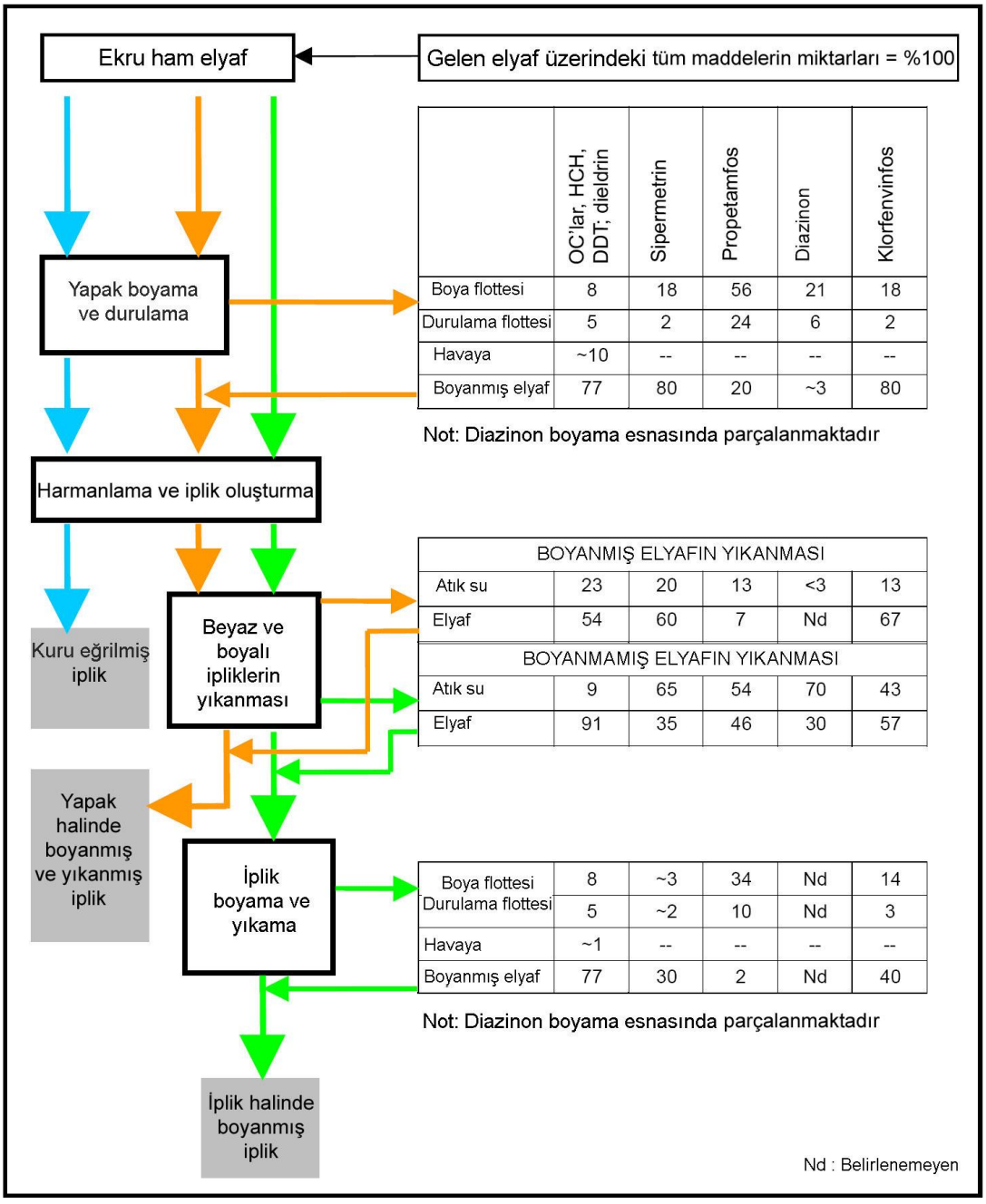
L işletmesi, permetrin esaslı güve-yemezlik maddelerini kullanmamaktadır ve dolayısıyla bu işletmenin atık suyundaki artıkların, daha önceden kirlenmiş liflerin işlenmesinden kaynaklanması gerekmektedir.

Metaller

Atık sulardaki metal kalıntıları, her zaman hangi boyarmaddelerin nasıl kullanıldıklarını ayna gibi göstermektedirler. Özellikle krom seviyeleri, krom boyalarının kullanımını göstermektedir. İplik boyamada asit ve metal kompleks boyaların kullanımı yaygındır. Bundan dolayı krom emisyonu seviyeleri, yapak boyamalarda olduğu kadar yüksek değildir. En yüksek emisyon faktörü, metal kompleks ve krom boyaları (daha düşük yüzdelerde) kullanımının, toplam boyarmadde tüketiminin % 60'ını oluşturduğu L işletmesine aittir.

Organik klor pestisitleri ve organik fosfor & sentetik piretroid ektoparasitisitler

Yapak için özetlenen mülâhazalar aynı zamanda iplik boyahaneleri için de geçerlidir. İplik boyama işlemleri için dağılım faktörleri, Şekil 3.13'te bildirilmektedir.

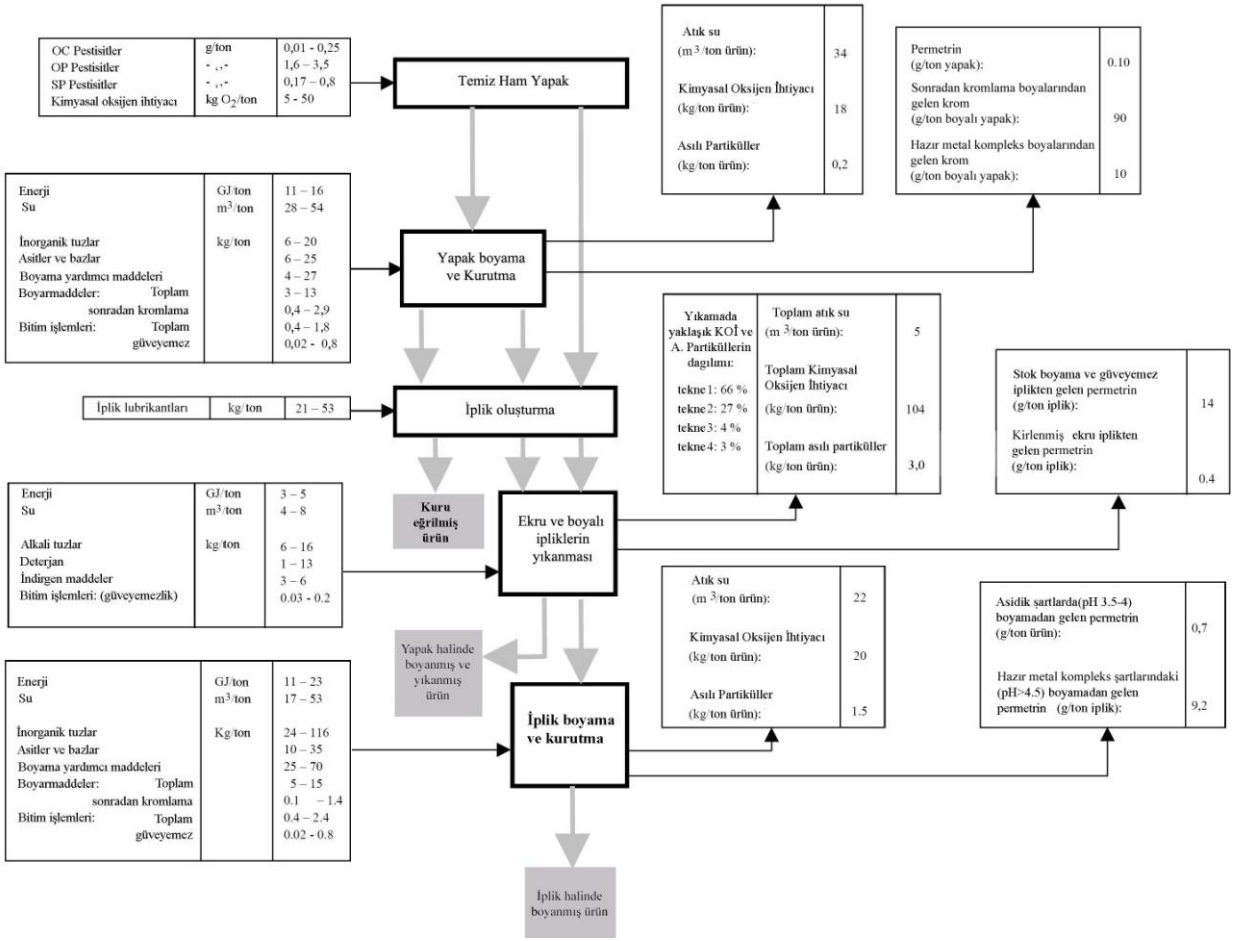


	OC'lar; HCH, DDT; dieldrin	Sipermetrin	Propetamfos	Diazinon	Klorfenvinfos
Boya flottesi	8	18	56	21	18
Durulama flottesi	5	2	24	6	2
Havaya	~10	--	--	--	--
Boyanmış elyaf	77	80	20	~3	80

BOYANMIŞ ELYAFIN YIKANMASI					
Atık su	23	20	13	<3	13
Elyaf	54	60	7	Nd	67
BOYANMAMIŞ ELYAFIN YIKANMASI					
Atık su	9	65	54	70	43
Elyaf	91	35	46	30	57

Boya flottesi	8	~3	34	Nd	14
Durulama flottesi	5	~2	10	Nd	3
Havaya	~1	--	--	--	--
Boyanmış elyaf	77	30	2	Nd	40

Şekil 3.13: Atık sular: yaş işlemdeki OC, OP ve SP pestisitleri için lif dağlım katsayıları
Kaynak: [32, ENco, 2001]



Şekil 3.14: Yaş işlemdeki yün ve yün karışımlı halı liflerinin girdi ve indikatif çıktı aralıklarını gösteren diyagram [32, ENco, 2001]

3.4.2 Entegre halı imalat işletmeleri

Tablo 3.56, iki halı terbiye işletmesine ait atık su emisyon verilerini göstermektedir. Burada, özgül tüketim, kg için değil, m^2 için verilmektedir. Parça halindeki halıların terbiyesine ait sınırlı bilgiler mevcuttur. Bu nedenle tablodaki örnekler sadece bir ön fikir vermeyi amaçlamaktadır [179, UBA, 2001].

	TFI 1	**TFI2**
özgül Q_{ww} (l/m^2)	14,7	35,6
KOİ Kons. (mg O_2 /l) E-Fak (g/m^2)	1980 29	1670 59
$BOİ_5$ Kons. (mg O_2 /l) E-Fak (g/m^2)		490 17
AOX Kons. (mg Cl/l) E-Fak (g/m^2)		0,28 0,01
HC Kons. (mg/l) E-Fak (g/m^2)		
pH	7	6,8
L(mS/cm)	0,73	
T(ºC)	29	37
NH_4 Kons. (mg/l) E-Fak (g/m^2)		
Org.N Kons. (mg/l) E-Fak (g/m^2)		
Cu Kons. (mg/l) E-Fak (mg/m^2)	0,3 4,4	
Cr Kons. (mg/l) E-Fak (mg/m^2)	0,11 16,2	
Ni Kons. (mg/l) E-Fak (mg/m^2)		
Zn Kons. (mg/l) E-Fak (mg/m^2)	0,23 3,4	
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Boş bölmeler, ilgili bilgilerin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir.		

Tablo 3.56: İki halı terbiye işletmesine ait atık suların konsantrasyon değerleri ve tekstil maddelerine özgü emisyon faktörleri

Her iki işletme de, boyama, baskı ve zemin kaplamanın gerçekleştirildiği entegre tesislerdir. TFI 1 sadece kesintili boyama yapmaktadır, halbuki TFI 2 dünyada Carpet-O-Rulo yöntemi ile boyama yapan birkaç işletmeden biridir. Her iki işletme de rotasyon baskı tekniğini kullanmaktadırlar.

Atık su oluşumuna gelince, çektirme yöntemine göre boyama bölümü en yüksek pay (% 80 civarında) sahibi olup, bunu baskı bölümü (% 18,5) izlemektedir. Lateksin aplikasyonundan gelen atık su (bu işlem sadece TFI 1'de uygulanmaktadır) aplikasyon ekipmanlarının temizlenmesinden kaynaklanmaktadır ve boşaltılan atık su hacminin % 1,5 kadarını oluşturmaktadır. Bu atık su genellikle, yüklü miktarlarda uzaklaştırılacak çamur oluşturan flokülasyon/çökeltme işlemi ile arıtılmaktadır.

Aplike edilen kimyasal maddeler: boyarmaddeler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasal maddeler olarak gruplandırılmaktadırlar. İki işletmeye ait değerler aşağıdaki gibidir:

- boyarmaddeler : 2,1-3,4 (g/m^2 halı)
- tekstil yardımcı maddeleri : 21,6 (g/m^2 halı)
- temel kimyasallar: 4,4 (g/m^2 halı)

İşletmelerden biri için, tekstil yardımcı maddeleri ile temel kimyasal maddelerin toplamı, 55,2 g/m^2'dir.

İşletmelerin özgül elektrik tüketimleri 0,9 ve 1,3 kWh/m^2'dir. Fuel-oil veya doğal gaz tüketimlerine ait bilgiler ise temin edilememiştir.

3.4.2.1 Halı imalat işletmeleriyle ilgili bazı özel işlemlerin analizleri

Bu kategorideki işletmelerin özel işlemlerinin emisyon ve tüketim seviyelerini, gerçekçi bir şekilde yansıtacak detaylı veriler mevcut değildir. Bu bölümde sunulacak tek özel işlem verileri, halı zemin kaplama hatlarındaki hava emisyonlarına aittir. Veriler, halı imalat işletmelerinin bir örneğinde 1996-2001 döneminde gerçekleştirilen ölçümlere dayanmaktadır.

Tablo 3.57, iki tipik zemin kaplama (tekstil kaplama ve köpük kaplama) hattından gelen atık gazların bileşimleri hakkında toplu bilgi vermektedir.

Tablo 3.58'in gösterdiği gibi, atık havada bulunan esas zararlı maddeleri, toplam organik karbon olarak ölçülen uçucu organik bileşikler (UOB) oluşturmaktadırlar.

Latekslerden, 1,3 bütadien ve 4-vinil-1-çiklohegzen gibi tehlikeli maddeler yayılabilmektedir. Ancak günümüzde bunların konsantrasyonları, özellikle de normalde 1 mg/kg'ın altında olan 1,3 bütadienin içeriği düşüktür.

Genellikle emisyonlarda, daha ziyade lateks için stabilizör olarak kullanılan amonyak da bulunmaktadır. Artık günümüzde piyasalarda çok düşük miktarlarda amonyak içeren veya hatta amonyak içermeyen lateksler de bulunmaktadır.

Tekstil kaplama (2001)		Köpük kaplama (1996)	
Atık havadaki bileşikler	**(µg/m^3)**	**Atık havadaki bileşikler**	**(µg/m^3)**
Benzen	13,9	Difenilamin	15,2
Etilbenzen	140,9	Metanizotiyosiyanat	118,66
Propilbenzen	167,8	2,2,6,6-tetrametil-4-metilen-heptan (dodeken A)	10
Kumen	165,5	2,2,4,6,6- pentametil-3-hepten (dodeken B)	518,14
Toplam diğer alkilbenzenler	374,9	4-fenilçiklohegzen	4986,01
Stiren	658,9	Kumen	486,5
4-fenilçiklohegzen	258,5	Çiklohegzanol	62,79
toplam diğer alkenilbenzenler	73,2	Etilbenzen	255,01
Asetofenon	19,0	Propilbenzen	193,81
Benzaldehit	temin edilemedi	Propenilbenzen	541,87
Difenilçiklohegzadienon	521,3	Stiren	739,63
4-vinilçiklohegzen	91,6	Toplam ksiloller	198,26
Toplam diğer belirlenemeyen aromatikler	temin edilemedi	Toplam alkilçiklohegzan	150,3
Toplam alkilçiklohegzanon	180,1	Toplam etiltoluen + trimetilbenzen	1779,86
Etilhegzanal	56,4	Toluen	144,06
Toplam alkilçiklohegzanoller	239,3	Vinilçiklohegzen	378,74
Trimetilçiklohegzan metanol	temin edilemedi	Dekan	193,81
2-etilhegzanol	temin edilemedi	Dekanol	174,03
Toplam belirlenemeyen diğer alkoller	2413,6	Dimetilhepten	10
İzopropilmiristat	99	Hegsilenglikol	19,17
Toplam alkilçiklohegzanlar	2271,3	Diğer alkenlerin toplamı	1740,31
Undekan	51,9	Diğer alkillenmiş benzenlerin toplamı	2729,12
Dodekan	39	Belirlenemeyen diğer glikollerin toplamı	31,06
Tridekan	137,1	Tetrametilbenzenlerin toplamı	193,81
Tetradekan	68,9	Tridekan	197,76
Toplam diğer alifatik hidrokarbonlar	49	Undekan	229,4
Toplam belirlenemeyen alkenler	temin edilemedi	Toplam metoksitrimetilsilan+bütandiol	30,4
Toplam belirlenemeyen bileşikler	903	Toplam diğer alifatik hidrokarbonlar	205,8
Listelenen bileşiklerin toplamı	9042,7	Listelenen bileşiklerin toplamı	12333,51
Bütün bileşiklerin toplamı (toluen eşdeğeri olarak)	11115,3	Bütün bileşiklerin toplamı (1)	16313,50
Kaynak: [280, Germany, 2002] Note: (1) ölçülmüş olan aromatiklerin toplamı :12626,66			

Tablo 3.57: İki tipik halı kaplama hattının (tekstil ve köpük kaplama) atık hava bileşimi üzerine genel bir bakış. Analizler GC/MS ile gerçekleştirilmişlerdir

Tekstil işletmesi	İşlem	Üretim verileri			Amonyak				Toplam Organik Karbon				VCH-Vinilçiklohegzen			
		1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)			Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)			Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)		
A	Tekstil kaplama	700	700	1285	0,25	20			0,16	13			Mevcut veri yok			
	Köpük kaplama	800	1000	1084	0,50	39			0,43	34						
	Normal lateks tekstil kaplama	725	1000	1220	0,07	5			0,27	19						
					0,05	3			0,27	20						
	Ön kaplama yapılmış normal lateks ve amonyak içermeyen lateks binder ile tekstil zemin	775	830	1260	0,06	4			0,19	13						
					0,05	3			0,19	13						
					0,04	3			0,17	12						
	Jel olmayan köpük kaplama	875	1010	960	0,71	5			0,33	24						
					0,05	3			0,33	24						
					0,02	2			0,32	23						
B	Köpük kaplama AA jel	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Kurutucu	Kızıl ötesi bölge		Kütle akışı (kg/sa)	Kurutucu	Kızıl ötesi bölge		Kütle akışı (g/sa)	Kurutucu	Kızıl ötesi bölge	
		Mevcut veri yoktur		1080	0,60	17	35		Mevcut veri yoktur				Mevcut veri yoktur			
C	İğnelenmiş dokusuz yüzey	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu	Silindirli kurutucu	Soğutma ünitesi	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu	Silindirli kurutucu	Soğutma ünitesi	Kütle akışı (toplam) (g/sa)	Ön-kurutucu	Silindirli kurutucu	Soğutma ünitesi
		Mevcut veri yoktur		732	0,04	4	2	2	0,69	77	31	12	0,0	0,00	0,00	0,00
				930	0,02	2	2	1								
D	Sadece ön kaplama	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu I	Ön-kurutucu II		Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu I	Ön-kurutucu II		Kütle akışı (Ön-kurutucu I) (g/sa)	Ön-kurutucu I	Ön-kurutucu II	
		800		1260	0,67	2	37		3,75	72	262[(1)]					
					0,64	27	36		3,71	65	262[(1)]		0,4	0,05	Mevcut veri yoktur	
					0,66	27	37		3,63	68	254[(1)]					

Tekstil işletmesi	İşlem	Üretim verileri			Amonyak				Toplam Organik Karbon				VCH-vinil çiklohegzen			
						Konsantrasyon (mg/m^3)				Konsantrasyon (mg/m^3)				Konsantrasyon (mg/m^3)		
E	İğnelenmiş dokusuz yüzey	1. lateks (g/m^2)	2.lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu	Kızıl ötesi bölge	Soğutma ünitesi	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu	Kızıl ötesi bölge	Soğutma ünitesi	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu	Kızıl ötesi bölge	Soğutma ünitesi
		Mevcut veri yok		205	0,3	42	35	26	0,27	50	18	25	0,0	0,00	Mevcut veri yok	
F	Kaplama hattı	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Zeminleme hattı			Kütle akışı (kg/sa)	Zeminleme hattı			Kütle akışı (kg/sa)	Zeminleme Hattı		
		300	230	2840	0,39	14			0,75	26			0,0	0,00		
					0,35	12			0,95	33			1,6	0,06		
					0,17	6			1,08	38			1,9	0,07		
G	Kaplama hattı	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu			Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu			Kütle akışı (kg/sa)	Ön-kurutucu		
		800		1260	0,89	73			0,73	60			0,0	0,00		
					0,73	60			1,07	88			0,0	0,00		
					0,94	77			0,53	44			0,0	0,00		
		1500		1430	2,42	112			0,45	21			0,0	0,00		
					1,05	48			0,48	22			0,0	0,00		
									1,05	49			3,5	0,16		
H	Lateks kaplama (indirekt ısıtmalı esas kondenzasyon direkt ısıtmalı ön kondenzasyo)	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)			Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)			Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)		
		Mevcut veri yok			0,53	0,5 (g/kg tekstil materyali)			0,6	0,6 (g C/kg tekstil materyali)			1,1	0,001 (g/kg tekstil materyali)		
					Mevcut veri yok				0,3	0,3 (g C/kg tekstil materyali)			Mevcut veri yok			
I		1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)			Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)			Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)		
	PP sıcak eriyikten kaplama	Mevcut veri yok			Mevcut veri yok				0,06	0,09 (g C/kg tekstil materyali)			Mevcut veri yok			
									0,05	0,03 (g C/kg tekstil materyali)						

Tekstil işletmesi	İşlem	Üretim verileri			Amonyak		Toplam Organik Karbon		VCH-vinil çiklohegzen	
J	Lateks kaplama (direkt ısıtmalı kaplama hattı)	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)
		Mevcut veri yok			0,031-0,132	0,05-0,23 (g/kg tekstil materyali)	1,3	0,7 (g C/kg tekstil materyali)	Mevcut veri yok	
					0,04-0,25	0,07-0,49 (g/kg tekstil materyali)	0,5	0,9 (g C/kg tekstil materyali)		
K		1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)
	Lateks kaplama (indirekt ısıtmalı ön kondenzasyon)	Mevcut veri yok			0,023	9	0,021	8	Mevcut veri yok	
					0,076	11	0,153	22		
L	Lateks kaplama (indirek ısıtmalı)	1. lateks (g/m^2)	2. lateks (g/m^2)	Üretim hızı (m^2/sa)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)	Kütle akışı (kg/sa)	Konsantrasyon (mg/m^3)
		Mevcut veri yok			0,157	30	0,142	27	Mevcut veri yok	

Kaynak: [280, Germany, 2002]
(1) TOK daha ziyade yanmayan doğal gazlardan oluşmaktadır

Tablo 3.58: Halı kaplama hatlarından gelen özgül emisyon verileri için örnekler

3.5 Tekstil sanayiinde koku rahatsızlığı ile ilgili genel hususlar

Tekstil sanayiindeki bazı proseslerde koku emisyonları meydana gelmektedir.

Tablo 3.59 ve 3.60'da ağır kokulu maddeler ile koku konsantrasyonları için tipik aralıklar özetlenmektedir.

Madde	Muhtemel kaynak
Epsilon-kaprolaktam	Poliamid 6 ve poliamid 6 karışımlarının ısıl fiksajı; PA 6 ve PA 6-kopolimerleri ile pasta ve toz kaplama
Parafinler, yağ alkolleri, yağ asitleri, yağ asit esterleri (koku yoğunluğu daha az olan maddeler fakat yüksek konsantrasyonlar)	Ham tekstillerin ve etkili ön yıkaması yapılmamış tekstillerin ısıl fiksajı
Hidrokarbonlar	Baskı, ıslatıcılar, makinelerin temizlenmesi, kaplama
Aromatik bileşikler	Carrierlar
Asetik asit, formik asit	Çeşitli işlemler
Hidrojensülfür, merkaptan	Kükürt boyalarıyla boyamalar
Kükürt türevleri	İndirgen maddeler, yapak yıkama işletmelerinde kuvvetli asidik parçalama
Amonyak	Baskı (örneğin üre), kaplama, dokusuz yüzeylerin işlenmesi
Akrilatlar	Baskı (örneğin,kıvamlaştırıcılar), kaplama, dokusuz yüzeylerin işlenmesi
Formaldehit	Buruşmazlık bitim işlemi, dokusuz yüzeylerin bitim işlemleri, kalıcı güç tutuşurluk maddeleri
Terpen (d limonen)	Çözgenler, makine temizleyici maddeler
Stiren	SBR polimerizasyonu, SBR bileşiklerine stiren eklenmesi
4-vinilçiklohegzen (4-VCH)	SBR polimerizasyonu (4-VCH, bütadienin SBR - polimerizasyonu esnasında oluşan dimeridir)
Bütadien	SBR polimerizasyonunun monomerleri
4-fenilsiklohegzen (4-PCH)	SBR polimerizasyonu (4 –PCH, stiren ile bütadien arasındaki reaksiyon sonucu oluşmaktadır)
Aldehitler	Yakma (gazeleme)
Akrolin	Gliserolün parçalanması
Fosforik asit esterleri (özellikle Tribütilfosfat)	Islatıcılar, hava giderme maddeleri
Ftalatlar	Egaliz maddeleri ve dispergatörler
Aminler (düşük moleküllü)	Çeşitli işlemler
Alkoller (oktanol, bütanol)	Islatıcılar, köpük önleyici maddeler
Kaynak: [179, UBA, 2001]	

Tablo 3.59: Tekstil endüstrisindeki ağır kokulu maddeler

Madde/İşlem	Koku konsantrasyonu aralığı (OU/m^3)	Ortalama koku konsantrasyonu (OU/m^3)
PA 6 Ham kumaşın ısıl fiksajı	2000 – 4500	2500
PA 6 Termofikse edilmiş ve ön-yıkanmış kumaşların bitim işlemleri	500 – 2000	1100
PES Ham kumaşın ısıl fiksajı	1500 – 2000	2000
PES Termofikse edilmiş ve ön-yıkanmış kumaşların bitim işlemleri	500 – 1500	800
CO Bitim işlemleri	300 – 1000	500
Lif karışımları Isıl fiksaj	1000 – 2500	1500
Lif karışımları Termofikse edilmiş ve ön-yıkanmış kumaşların bitim işlemleri	500 – 2000	1200
Kükürt boyaları ile boyama		10000'e kadar
Yakma (gazeleme)		2500'e kadar
Dokusuz yüzeyler (monomer içerikli binderler)		10000'e kadar
Baskı (kurutuculardа) - pigment - küp boyaları (iki adımlı) - dispers boyalar - küp boyaları (aşındırma)		 282 586 53 286
Baskı (buharlayıcılarda) - pigment - dispers boyalar - küp boyaları (iki adımlı)		 670 608 633
Carrierla-boyanmış tekstillerin kurutulması [(1)] - carrier: benzilbenzoat, ftalik asit esteri - carrier: bifenil, dimetilftalat - carrier: alkilftalimid		 800 – 2800 4800 478
Carriersız tekstillerin kurutulması		4790
Kaynak: [179, UBA, 2001] (1) Veriler boyanmış fakat kurutulmamış kumaşları esas almaktadır; kurutma ve hava emisyon ölçümleri laboratuvar bazında gerçekleştirilmiştir		

Tablo 3.60: Bazı tekstil işlemlerindeki koku konsantrasyonlarına tipik örnekler (OU: Koku Birimi)

3.6 Tekstil sanayiinde açığa çıkan katı&sıvı atıklarla ilgili genel hususlar

Tekstil terbiye sanayiinde çok sayıda farklı katı ve sıvı artıklar üretilmekte ve bunların yok edilmesi gerekmektedir. Bunlardan bazıları geri dönüştürülebilmekte veya tekrar kullanılabilmekteyken, diğerleri yakılıp kül edilmekte veya gömülmektedir. Bazı atıklarda, nadiren anaerobik digestörlerde işlem görmektedirler.

Bu atıkların çoğu tekstil terbiye sanayiine özgü değildirler. Dolayısıyla burada bu sektöre özgü ve özgü olmayan katı atıklar arasında bir ayrım yapılmaktadır (bkz. Tablo 3.61).

Tekstil sanayiine özgü olmayan atıklar	**Tekstil sanayiine özgü atıklar**
Kontrol gerektirmeyen atıklar - Atık cam - Kağıt, mukavva - Tahta - Demir parçaları (borular, eski makineler) - Elektrik kabloları - Plastik bidonlar (temiz) - Metal variller (temiz) - Kirlenmemiş plastik ambalaj maddeleri	Kontrol gerektirmeyen atıklar - Atık iplik - Atık kumaş (bozulmuş çalışmalar, denemeler, kumaş kenarları) - Makas ve şardon atıkları - Tekstil tozları
Kontrol gerektiren atıklar - Atık yağlar - Yağla kirlenmiş giysiler - Halojenlensiz organik çözgenler - Yağlı fırınlardan gelen kurumlar - Tutkal ve yapışkan maddeler - Kirlenmiş paketleme maddeleri - Elektronik parçalar	Kontrol gerektiren atıklar - Boyalar ve pigmentler - Boyamalardan artan emdirme flotteleri - Artan baskı patları - Bitim işlemlerinden artan emdirme flotteleri - Atık havanın temizlenmesinden (ramözden) gelen yağ içerikli kondenzatlar - Atık su arıtma işlemlerinden gelen çamur
Yüksek kontrol gerektiren atıklar - Yağ/su ayıraçlarından gelen atıklar - Halojenlenmiş organik çözgenler - PCB içeren kondensatörler	
Kaynak:[179, UBA, 2001]	

Tablo 3.61: Tekstil sanayiindeki katı ve sıvı atıklar

Çoğu zaman tekstil atıklarının büyük bir kısmının geri dönüşümü yapılabilmektedir.

Bugün, boyamalarda ve bitim işlemlerinde artan emdirme flotteleri gibi, aşırı yüklenmiş atık su akımlarını ayıran sadece birkaç işletme vardır. Firmalar bu önlemleri sadece, KOİ, azot ve renk için limitleri aştıklarında uygulamaktadırlar.

Bunun aksine, artık baskı patlarını ayrı olarak yok etme uygulaması daha yaygındır. Bu patlar, yakıp kül haline getirme fırınlarında veya reaktif ve küp baskı patları söz konusu olduğunda anaerobik digestörlerde yok edilmektedirler.

Kendi atık sularını flokülasyon/çökeltme yöntemleri ile arıtan işletmeler bulunmaktadır. Suyun uzaklaştırılmasından (genelde filterpreslerde) sonra oluşan ve su içeren (genelde % 60-65) çamurun hacmi, 1-5 kg/m^3 arıtılmış atık su arasında değişmektedir. 100-150 l/kg'lık özgül atık su akışı kabulüne göre, yok edilecek çamur miktarı da 100-750 g/kg işlem görmüş tekstil mamulü civarında olmaktadır [179, UBA, 2001].

4 BAT'IN BELİRLENMESİNDE GÖZ ÖNÜNE ALINAN TEKNİKLER

Tercüme edenler: Uzm. Tuba Ilgaz (Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği) Teks.Müh. Duygu Özdemir (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Arş.Gör. Rıza Atav (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Teks.Müh. Ahmet Karaaslan (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Arş.Gör. E. Sema Namlıgöz (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Teks.Müh. Güneş Durak (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Teks.Müh. Ahmet Çay (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi), Arş.Gör. Aslı Korkmaz (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Arş.Gör. Emrah Bilgin (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Arş.Gör. İbrahim Bahtiyari (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

4.1 Genel iyi yönetim uygulamaları

4.1.1 Yönetim ve iyi kullanım

Tanımlama

Yönetim ve kullanım hakkında burada verilen notlar, her ne kadar tam ayrıntılı olmaktan uzak ise de, tekstil fabrikalarında dünya çapında uygulanabilen çevre kirliliğini önleme yaklaşımlarına ve bazı genel prensiplere dikkati çekmeyi amaçlamaktadır.

Çalışanların eğitimi/öğretimi

Personel eğitimi, çevre yönetiminin önemli bir öğesidir. Tüm personel, kaynakların israfından ve kirlilikten sakınmak için önceden alınması gerekli önlemleri açıkça anlamalıdırlar. Eğitim kaynaklara (kimyasallar, lifler, enerji, su), işlemlere ve makinelere özgü olmalıdır.

Üst yönetimin çevresel gelişim hakkında tüm çalışanların da bilgisine sunulan, tercihen çevresel politika ve yürütme stratejisi şeklinde belirlenmiş açık bir taahhütü olmalıdır.

Ekipman bakımı ve operasyonların denetimi

Makineler, pompalar ve boru sistemlerinin (düşürme sistemleri dahil) bakımları iyi yapılmalı ve kaçak olmaksızın çalışmalıdırlar. Tüm prosedürlerin iyi bir şekilde belgelendirildiği düzenli bakım çizelgeleri oluşturulmalıdır. Özellikle, aşağıdaki alanlara dikkat edilmelidir:

- makinelerin kontrolü: pompalar, valfler, ayar düğmeleri ve basınç ve akış regülatörleri gibi makinelerin en önemli parçaları bakım kontrol listesine dahil edilmelidirler
- kaçak kontrolü: sadece su sistemlerindeki değil, ayrıca kızgın yağ ısıtma ve özellikle kimyasal madde dağıtma sistemlerindeki kırık ve sızıntıya neden olan boruların, tamburların, pompaların ve valflerin denetimleri dikkatli bir şekilde yapılmalıdır
- filtre bakımı: düzenli temizlik ve kontrol
- kimyasal madde ölçüm ve dağıtım cihazları, termometreler vs. gibi ölçüm ekipmanlarının kalibrasyonu
- ısıl işlem üniteleri (örneğin, ramözler): tüm üniteler düzenli olarak (yılda en az bir kere) temizlenmeli ve bakımı yapılmalıdır. Bu, baca gazı iletim sistemleri ile bek hava girişi besleme sistemlerinde oluşan tortuların temizlenmesini de içermelidir.

Kimyasalların depolanması, hazırlanması, dozajlanması ve dağıtımı

Kimyasalların her biri, Madde Güvenlik Veri Sayfaları'nda üreticiler tarafından verilen talimatlara göre depolanmalıdır.

Kimyasalların depolandığı veya maddelerin dökülme olasılığı olan tüm zeminler sızdırmasız olmalı ve dökülen maddelerin yüzey suyuna veya lağıma karışması mümkün olmamalıdır. Zehirli ve tehlikeli kimyasallar ayrı bir yerde depolanmalıdırlar. Bu konudaki daha ayrıntılı bilgi, depolama hakkındaki yatay BREF'te verilecektir (yazım sırasında hazırlanmaktaydı).

İlk yardım imkanları mevcut olmalı, tahliye ve acil durum prosedürleri de hazırlanarak düzenli bir şekilde prova edilmelidir. Kaza ve olay (kıl payı ile önlenenler de dahil) kayıtları saklanmalıdır.

Kimyasalların depodan makinelere taşınması, sızıntı veya dökülme eğilimi göstermektedir. İletim için kullanılan pompalar ve borular düzenli olarak gözden geçirilmelidir (bkz. yukarıdaki "Ekipman bakımı") ve manuel taşımanın güvenli olmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır (çalışanların uygun şekilde eğitimi, sızdırmaz kapaklı taşıma kabı kullanımı, vs.).

Doğru tartım, dağıtım ve karıştırma, manuel işlemlerde dökülen maddelerin önlenmesi veya minimuma indirilmesi için çok önemlidir. Ancak, otomatik bir kimyasal dozajlama ve dağıtma sistemi, manuel yönteme göre bazı önemli avantajlar sağlamaktadır (daha iyi laboratuvar–boyahane korelasyonu; tehlikeli kimyasallar hazırlanırken çalışanların zarar görme riskinin minimuma indirilmesi; daha hızlı teslim süreleri vs.).

Kullanılan hammaddeler ve kimyasallar hakkında geliştirilmiş bilgiler

Proses girdi ve çıktıları bilinmeli ve düzenli olarak kontrol edilmelidir. Bu, tekstil hammaddeleri, kimyasallar, ısı, enerji ve su girdileri ile ürün, atık su, hava emisyonu, çamurlar, katı atıklar ve yan ürün çıktılarını içermektedir (bkz. Bölüm 4.1.2)

Yeni hammaddelerin (lifler, kimyasallar, boyarmaddeler, yardımcı maddeler, vs.) ön kontrolü, çevre kirliliğinin önlenmesi için son derece önem taşımaktadır. Tedarikçi firma, özel patentli ürünler için bile, fabrikanın çevresel sorumluluk değerlendirmesi yapabilmesini sağlayacak uygun bilgileri temin etme sorumluluğunu üstlenmelidir.

Genel olarak, terbiyecilere tekstil hammaddesi hakkında verilen detaylı bilgiler, tekstil materyalinin teknik özellikleriyle sınırlı kalmaktadır. Tedarikçiden sağlanan bilgilerin preparasyon maddeleri ve haşıl maddelerinin miktar ve tipi ile lifte arta kalan monomerlerin, metallerin, biyositlerin (örneğin, yün için ektoparasitisitlerin) miktarını da içermesi gerekmektedir. Bu materyaller veya kirletici maddeler prosese taşınmakta ve tekstil fabrikalarından kaynaklanan atık yükünün önemli bir yüzdesini oluşturmaktadırlar. Hammaddeler hakkında daha iyi bilgi sahibi olmak, üreticilerin emisyonları önlenmelerine veya en azından kontrol etmelerine yardımcı olacaktır.

Kullanılan kimyasalların minimuma indirilmesi/optimizasyonu

Kullanılan kimyasal maddelerin minimizasyonu/optimizasyonu hakkındaki geniş kapsamlı strateji, genel olarak aşağıdaki adımları dikkate almalıdır:

1. istenen işlem sonucuna kimyasal madde kullanımı olmaksızın ulaşmanın mümkün olduğu yerlerde, bunların kullanımından tamamen kaçınılmalıdır
2. bunun mümkün olmadığı durumlarda, en düşük toplam çevresel riski sağlamak amacıyla, kimyasalların seçiminde ve kullanılmaları sırasında risk esaslı yaklaşım benimsenmelidir.

Genel uygulanabilirliğin mümkün olan yolları:

- gereksiz kimyasalların (boyarmaddeler, yardımcı maddeler) tespiti ve böylece bunlardan kurtulabilmek için reçetelerin düzenli olarak revize edilmesi

- yardımcı maddelerin ve kimyasalların seçiminde yüksek derecede biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen, insan ve ekolojik toksisitesi düşük olan, düşük buharlaşma ve düşük koku yoğunluğu gösteren ürünlerin tercih edilmesi (bkz. Bölüm 4.3.1 ve 4.3.2)
- sıcaklık, kimyasalların beslenmesi, işlem süresi, nem (kurutucular için), vs. gibi proses parametrelerinin kontrolünün geliştirilmesiyle prosesin optimizasyonu
- safsızlıkların varlığından kaynaklanan yan etkileri önleyen kimyasalların kullanımının önüne geçmek/azaltmak için, yüksek kaliteli su kullanımı (gerekli olan yerlerde)
- aplike edilen kimyasalların ve yardımcı maddelerin gerekenden fazla kullanımının önlenmesi/azaltılması (örneğin, kimyasalların otomatik dozajlanması ve dağıtımı yoluyla)
- üretim programlanmasının optimizasyonu (örneğin, boyamada: koyu tonların açık tonlardan sonra boyanması, makine temizliği için harcanan su ve kimyasal tüketimini azaltmaktadır)
- kimyasallar için minimum aplikasyon cihazlarının tercih edilmesi
- mümkün olan her yerde ana banyoların tekrar kullanımı
- buharlaşabilen maddelerin taşınması sırasındaki buharın geri kazanılması
- buharlaşabilen bileşiklerin tanklara doldurulması sırasında aşağıdaki önlemlerin uygulanması:
  - buharın, doldurulan kaptan boşaltılan kaba doğru yer değiştirdiği buhar dengeleme hattının kullanımı
  - sıçramaları önlemek için alttan doldurma (daha büyük tanklar için).

Su ve enerji kullanımı

Bir prosesteki atık miktarının minimuma indirilmesi seçeneklerini geliştirmek için, işletme atıklarının ve operasyonlarının detaylı olarak bilinmesi gerekmektedir. Özellikle su ve enerjinin optimum kullanımına, proses alt ünitelerinin su, ısı ve elektrik tüketimlerinin kontrolü ve atık su arıtma hatları imkanlarının karakterizasyonu ile başlanılmalıdır. Bu genel, fakat çok önemli yaklaşım Bölüm 4.1.2'de açıklanmaktadır.

Prosesle ilgili bu geliştirilmiş bilgilerin kullanımı ile, bir takım düşük teknolojili önlemler tanımlanabilmektedir. Yaş işlemlere uygulanabilen *birinci grup* önlemler (çoğunlukla su ve enerji tüketimi birbiriyle ilişkilidir, zira enerji büyük ölçüde proses banyosunu ısıtmada kullanılmaktadır):

- su akış hızını ana tahrik mekanizmasına bağlayan akış kontrol cihazlarının ve otomatik durdurma valflerinin kurulması (örneğin, kesintisiz yıkama makineleri- Bölüm 4.9.2)
- flotte hacminin ve sıcaklığının doğru kontrolünü kolaylaştıran otomatik kontrol mekanizmalarının kurulması (örneğin çektirme yöntemine göre çalışan boyama makineleri)
- taşırarak yıkama yöntemi (çektirme yöntemine göre proseslerde) yerine, doldurup-boşaltmalı yıkama veya optimize edilmiş proses kontrolüne dayalı diğer yöntemlerin (akıllı durulama) seçilmesi (bkz. Bölüm 4.9.1)
- üretim programının optimizasyonu (örneğin, boyamada: koyu tonların açık tonlardan sonra boyanması, makine temizliği için harcanan su ve kimyasal madde tüketimini azaltmaktadır; bitim işlemlerinde: doğru programlama, makine duruşlarını ve ısıtma-soğutma adımlarını en aza indirmektedir)
- ön terbiyedeki işlemlerin, daha sonraki proseslerdeki kalite gereksinimlerine uygun olarak ayarlanması (örneğin, koyu tonlar üretiliyorsa, çoğu zaman ağartma gerekli olmamaktadır)
- çeşitli yaş işlemlerin tek adımda kombinasyonu (örneğin, hidrofilleştirme ve haşıl sökme kombinasyonu, hidrofilleştirme/haşıl sökme ve ağartma kombinasyonu- Bölüm 4.5.3'te bir örnek verilmektedir)

- suyun tekrar kullanımı (örneğin, son yıkama flottelerinin tekrar kullanımı, boya flottelerinin tekrar kullanımı, son yıkamadaki suyun halıların ön yıkaması için kullanımı, kesintisiz yıkamalarda ters akım uygulanması – bkz.Bölüm 4.6.22)
- soğutma suyunun proses suyu olarak yeniden kullanılmasıdır (aynı zamanda ısı geri kazanımı için de).

Suyun tekrar kullanıldığı/geri dönüştürüldüğü edildiği her yerde, proseslerin su *kullanımları* ile su *tüketimlerinin* birbirinden farklı hususlar olduğu dikkate alınmalıdır. Proseslerde su tekrar kullanıldığında, toplam su tüketimi doğal olarak azalmaktadır.

Özellikle enerji tasarrufu üzerinde yoğunlaşan *ikinci grup* öneriler:
- boruların, valflerin, kazanların, makinelerin ısı izolasyonu (bkz. Bölüm 4.1.5)
- kazan dairelerinin optimizasyonu (kondens suyunun tekrar kullanımı, hava beslemesinin ön ısıtılması, baca gazlarındaki ısının geri kazanımı)
- sıcak ve soğuk atık su akımlarının ısı geri kazanımdan önce ayrılması ve sıcak akımdan ısının geri kazanımı
- atık gazlardan ısı geri kazanma sistemlerinin kurulması – Bölüm 4.8.1'de bir örnek verilmektedir
- frekans kontrollü elektrik motorlarının kullanılması
- ramözlerde tekstil materyalindeki ve sirküle eden havadaki nem içeriğinin kontrolü (bkz. Bölüm 4.8.1)
- kurutma/kondenzasyon (fiksaj) sıcaklıklarının ve sürelerinin doğru ayarlanması.

Atık akımların yönetimi

Aşağıdaki genel önlemler tanımlanabilmektedir:
- daha etkili arıtma için, yüksek yüklü atık akımlarının düşük konsantrasyondaki atık sulardan ayrı olarak tutulması
- önlenemeyen katı atıkların ayrı olarak toplanması
- ambalajlamanın azaltılması
- geri dönüşümlü kapların kullanımı
- tekstil atıklarının (tekstil kalıntıları, bozuk üretimler, şardonlama vs.) geri dönüşümü.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Optimize edilmiş kullanım ve yönetim önlemlerinin sistematik bir şekilde uygulanmasıyla sağlanabilen temel çevresel avantajlar, kimyasallar, yardımcı maddeler, temiz su ve enerji tüketiminde tasarruf ile atık su ve atık gazlardaki katı atık ve kirlilik yükünün minimuma indirilmesidir.

Çalışma yeri koşulları da iyileştirilebilmektedir.

İşlemsel veriler

Söz konusu olan önlemlere göre değişmektedir. Bazı teknikler hakkında daha geniş bilgi sahibi olmak için çapraz referanslar yukarıda verilmektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Tekniklerin bazılarının, mevcut işletmelerde hızlı bir şekilde uygulanabilirliği, yer, lojistik, vs. açısından ve temel yapısal değişimlere ihtiyaç olduğundan dolayı kısıtlı olmakla

beraber, açıklanan metotların çoğu ucuzdur ve yeni cihaz yatırımına ihtiyaç bulunmamaktadır. Mevcut işletmelerde, atık havadan ısı geri kazanım sistemlerinin kurulması ve kazan dairelerinin optimizasyonu gibi önlemlerin gerçekleştirilmesi durumunda, kısıtlı yer imkanları sorun yaratabilmektedir [311, Portugal, 2002].

Otomatik dozajlama sistemleri ve proses kontrol aletleri gibi bazı cihazlar, ne derecede komplike olduklarına da bağlı olarak, pahalı olabilmektedirler.

Yönetim ve iyi bakım yöntemlerinin başarısı, büyük ölçüde ilgililerin sorumluluk duygularına ve organizasyon yeteneklerine bağlıdır. EN ISO 9000 ff, EN ISO 14001 ve EMAS gibi sistemler bu yaklaşımı destekleyeceklerdir. İşletme seviyesinde ve tüm tedarik zinciri kapsamında bilgi ve iletişim gerekmektedir.

Ekonomiklik

Açıklanan önlemler, ekonomik açıdan faydalı olan ileri işlemsel güvenilirlik ve aynen tekrarlanabilirlik sağlamaktadırlar. Sağlanan temel ekonomik faydalar, enerji, temiz su ve kimyasalların tüketimi ile atık su, atık hava temizliği ve katı atık boşaltımı maliyetlerinde sağlanan tasarruflardır.

Uygulama için itici güçler

İyi genel yönetim veya iyi kullanım için ana neden, maliyetlerden sağlanan tasarruflar, işlemsel güvenilirliğin artması, iyileştirilmiş çevresel performans ve yasalara uyumdur.

Referans işletmeler

Avrupa'daki çeşitli tekstil terbiye işletmeleri, çevresel performanslarını iyileştirmek için iyi genel yönetim pratiklerini uygulamışlardır ve iyi kullanım prensiplerine uygun olarak çalışmaktadırlar.

Referans literatür

[192, Danish EPA, 2001], [179, UBA, 2001], [51, OSPAR, 1994], [77, EURATEX, 2000], [11, US EPA, 1995], [32, ENco, 2001], [187, INTERLAINE, 1999].

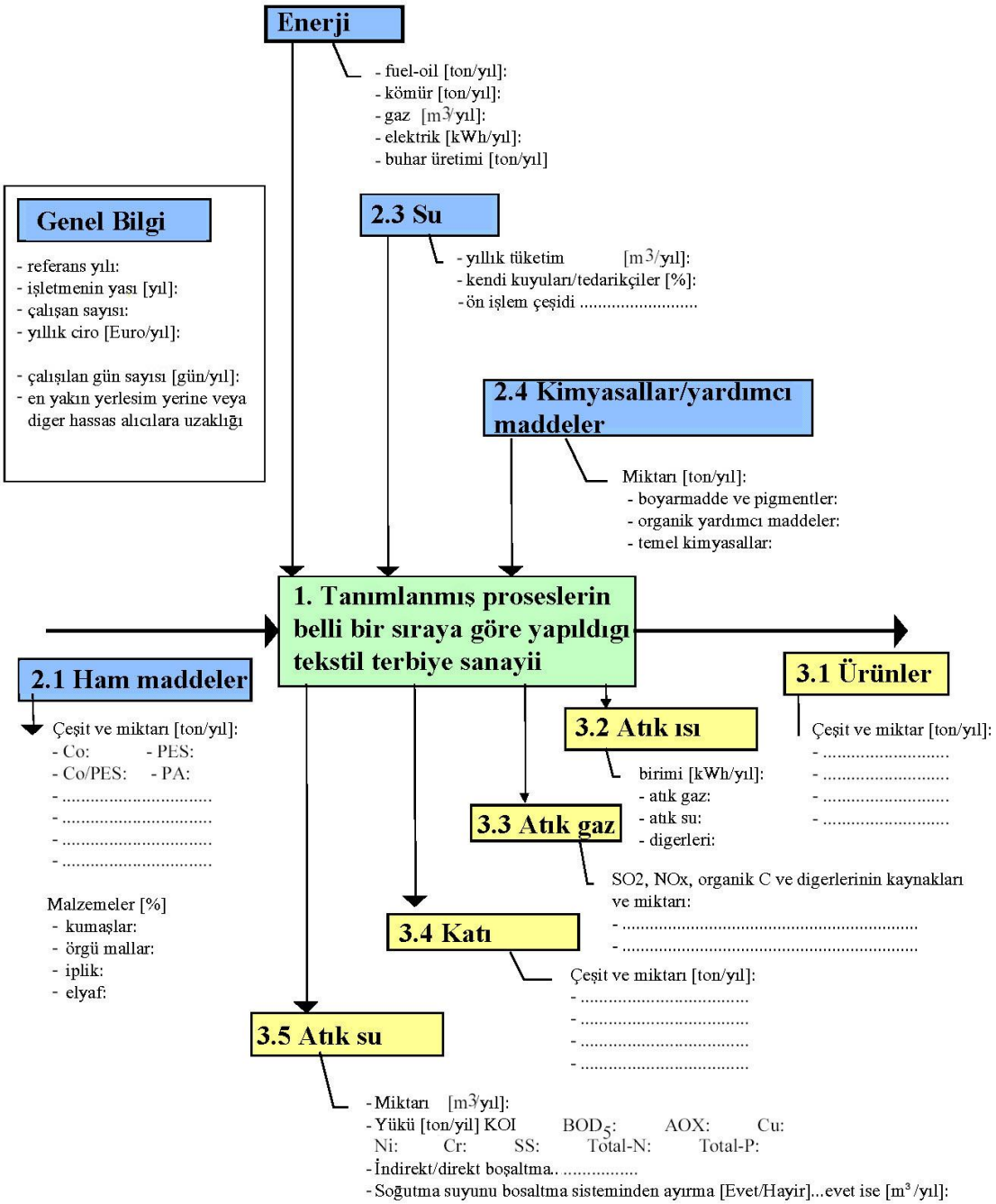
4.1.2 Girdi/çıktı akışlarının değerlendirilmesi/envanteri

Tanımlama

Tüm çevresel problemler direkt olarak girdi/çıktı akışları ile bağlantılıdır. Çevresel ve ekonomik performansın arttırılması için seçeneklerin ve önceliklerin tanımlanması açısından, bunların kalitesi ve miktarı hakkında mümkün olduğunca fazla şey bilinmesi çok önemlidir.

Girdi/çıktı akışı envanterleri değişik seviyelerde düzenlenebilmektedir. En genel seviye, işletme bazındaki yıllık değerlendirmedir.

Şekil 4.1 ilgili girdi/çıktı akışlarını göstermektedir. Yıllık değerlerden hareket ederek, tekstil materyali için özgül girdi ve çıktı faktörleri hesaplanabilmektedir (örneğin, işlem gören tekstil materyalinin kilosu başına düşen su tüketiminin litresi veya işlem gören tekstil materyalinin kilosu başına düşen kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) gramı vs.). Bu faktörlerin sınırları olmasına rağmen, diğer işletmelerle veya benzer proseslerle ön karşılaştırma yapma imkanı tanımaktadırlar ve tüketim ve emisyon değerlerinin mevcut durumunu izlemek için bir veri tabanı sağlamaktadırlar. Atık suların değişik kategorileri için bilinen veriler Bölüm 3'te verilmektedir.



Şekil 4.1: İşletme seviyesinde yıllık giriş/çıkışlara bakış şeması
[179, UBA, 2001]

Kullanılan kimyasalların (boyarmaddeler ve pigmentler, tekstil yardımcı maddeleri ve temel kimyasallar) sistematik olarak listelendirilmesi ve değerlendirilmesi, kritik bileşiklerin tanımlanması için çok önemlidir. Bunun için aşağıdaki sınıfların her biri için bir tane olmak üzere 8 tane formun kullanımı önerilmektedir (Tablo 4.1'deki örneğe bkz.):

- lifler ve iplikler için yardımcı maddeler ve bitim işlemi maddeleri
- ön terbiye maddeleri
- boyama ve baskı için tekstil yardımcı maddeleri
- apre maddeleri
- tekstil sanayiinde çok amaçlı kullanım için teknik yardımcı maddeler
- Tekstil Yardımcı Maddeleri Satın Alma Kılavuzu "Melliand/TEGEWA, 2000"de yer almamış tekstil yardımcı maddeleri

- temel kimyasallar (tüm anorganik bileşikler, tüm alifatik organik asitler, tüm organik indirgen maddeler ve oksidasyon maddeleri, üre)
- boyarmaddeler ve pigmentler

İlk altı kategori, Tekstil Yardımcı Maddeleri Satın Alma Kılavuzu ile tam uyumludur.

Aşağıdaki tablo boyama ve baskı için bir form örneğini göstermektedir.

Form 3	TFI:	Yıl:

3. Boyama ve baskı için tekstil yardımcı maddeleri

3.1 Boyarmadde çözücü ve hidrofobik yardımcı maddeler
3.2 Dispergatörler ve koruyucu kolloidler
3.3 Boyama ıslatıcı maddeleri, hava giderici yardımcı maddeler
3.4 Egaliz maddeleri
3.5 Carrierlar
3.6 Kırık önleyici maddeler
3.7 Boyarmadde koruma maddeleri, aşırı kaynamadan koruma maddeleri
3.8 Emdirme yardımcı maddeleri
3.9 Kesintisiz boyama ve baskılar için fiksaj hızlandırıcılar
3.10 Haslık geliştirmek için ard-işlem maddeleri
3.11 Pigment boyama ve baskılar için binderler
3.12 Baskı kıvamlaştırıcıları
3.13 Gazlı emülsiyon baskılar için emülgatörler
3.14 Baskı kıvamlaştırıcılarını uzaklaştırmak için yardımcı maddeler
3.15 Baskı ve kenar yapıştırıcıları
3.16 Oksidasyon maddeleri
3.17 İndirgen maddeler
3.18 Boya sökme (aşındırma) maddeleri ve boya sökme yardımcıları
3.19 Rezerve maddeleri
3.20 Mordanlar
3.21 Parlaklık ve boya sökme maddeleri
3.22 Lif koruma maddeleri
3.23 pH ayarlayıcıları, asit ve alkali oluşturucu maddeler

N°	Ticari adı	Kimyasal sınıfı	İşlem, aplikasyon	Tehlike sembolü	Yıllık tüketim (kg/yıl)	Biyolojik olarak parçalanma/elimine edilebilme (%) ve test metodu	Özgül KOİ değeri (mg O_2/g)	Özgül $BOİ_5$ değeri (mg O_2/g)	Ağır metal içeriği (mg/g)	Organik halojen içeriği (mg/g)	KOİ yükü (kg O_2/yıl)
3.16	Revatol S. Granül	Nitrobenzen sülfonik asit, Na-tuzu	boyama	Xi	5400	>90; OECD 302 B	0,990				5346
3.04	Alviron OG-BM fl.	Yüzeyaktif madde ve yüksek kaynama dereceli alkol formülasyonu	boyama	---	3800	>80; adaptasyondan sonra	0,760				2888
3.17	Cyclanon ARC Ptv.	Sülfinik asit türevi ve dispergatör	boyama	Xi	3650	20-70; OECD uygunluk testi	0,335				1223
3.02	Lamepon UV fl.	Polisakkarit	boyama	---	2500	>70; OECD 302 B	0,350				875
3.04	Drimagen E2R fl.	Aromatik polietersülfonat	boyama	Xi	1300	46; OECD 302 B	0,616				801
3.23	Sandacid PBD fl.	Alifatik karbonik asit türevi	boyama	---	1250	80; OECD 302 B	0,309				386
3.04	Peregad P fl.	Poliamidoamin	boyama	---	850	>70; OECD uygunluk testi	0,430				366
3.23	Egazol 910 Plv	Organik ve inorganik tuzların karışımı	boyama	Xi	620	---	---				
3.10	Indosol E-50 fl.	Alifatik poliamin	boyama	---	480	89; OECD 302 B	0,420				202

Tablo 4.1: Boyama ve baskı tekstil yardımcı maddelerinin listelenmesi için form
[179, UBA, 2001]

Listeleme, uygulanan kimyasalların kabaca bir ilk değerlendirilmesini ve prosese giren KOİ'nın hesaplanmasını mümkün kılmaktadır. Biyolojik olarak parçalanma/elimine edilebilme bilgisi, biyolojik olarak parçalanabilme/elimine edilebilme özelliği daha yüksek olan ürünlerin seçiminin temelini oluşturmaktadır. Tam bir resmin çıkarılması ise, ancak kullanılan ticari formülasyonlarının içeriklerinin her birinin değerlendirilmesiyle elde edilebilmektedir. Ayrıca, biyolojik olarak parçalanabilme/elimine edilebilme bilgilerinin, çoğunlukla kimyasalların özellikleri ve test metotları açısından eleştirel bir gözle sorgulanmaları gerekmektedir.

Bir sonraki aşama, işlem veya makine seviyesidir. Bölüm 3, bazı belirli proseslerin tüketim ve emisyon seviyelerinin analiz örneklerini içermektedir. Çoğu durumda, bu bilgi seviyesi, gelişim ve optimizasyon seçeneklerinin tanımlanmasına doğrudan kılavuzluk etmektedir.

Şekil 3.9 prosese özgü seviyede bir girdi/çıktı değerlendirme örneği göstermektedir (örnek enerji ve su tüketimi ile ilgilidir, ancak aynı yaklaşım diğer parametreler için de uygulanabilir).

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Açıklanan girdi/çıktı kütle akışı değerlendirilmesi ve envanteri, hem çevresel hem de ekonomik optimizasyon potansiyelinin tanımlanmasında temel bir yönetim aracıdır. Bu, bir sürekli gelişim prosesinin ön koşuludur.

İşlemsel veriler

Bu tür bir yönetim aracının uygulanması, yüksek kaliteli personel ve en yüksek seviyede yönetim katılımını gerektirmektedir. Bu tür uzmanların çalışmaları genellikle kendini amorte etmektedir, ancak bu henüz yaygın olarak anlaşılamamıştır.

Yan etkileşimler

Bahse değer herhangi bir yan etki bulunmamaktadır. Tam tersi, girdi/çıktı akışı değerlendirmesi/envanteri, potansiyel optimizasyon seçeneklerinin değerlendirilmesi esnasında yan etkilerin göz önünde bulundurulmasını sağlamaktadır. Bu da, çevrenin bir bütün olarak yüksek seviyede korunmasının sağlanması anlamına gelmektedir.

Uygulanabilirlik

Teknik, hem mevcut, hem de yeni tesislere uygulanabilmektedir. Bir işletme yönetiminin bu tür bir aracın faydalarına inandırılmış olması şartıyla, işletmenin büyüklüğüne bağlı olmadan uygulanabilirlikte sınır yoktur.

Ekonomiklik

Ekonomik açıdan kesin bir bilgi yoktur ancak, genel olarak bakıldığında, tekstil sektöründeki büyük gelişim potansiyeli nedeniyle, anlatılan yönetim aracının uygulanması, kendini kısa sürede amorte etmektedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Hammadde ve üretim maliyetlerinde tasarruf iyi bir iştir. Bu tip bir yaklaşımın uygulanması, EMAS/ISO 14001 çerçevesindeki çevre yönetim sistemlerinin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır.

Referans işletmeler

Batı Avrupa'da girdi/çıktı akışlarının işletme seviyesinde değerlendirilmesini ve demirbaş listesi şeklinde belgelenmesini uygulamaya koyan çeşitli tekstil terbiye işletmeleri bulunmaktadır. Ancak bunların sadece birkaç tanesi, bu aracı işlem seviyesinde de sistematik olarak uygulamaktadırlar.

Referans literatür

[179, UBA, 2001]

4.1.3 Kimyasalların otomatik olarak hazırlanması ve dağıtılması

Tanımlama

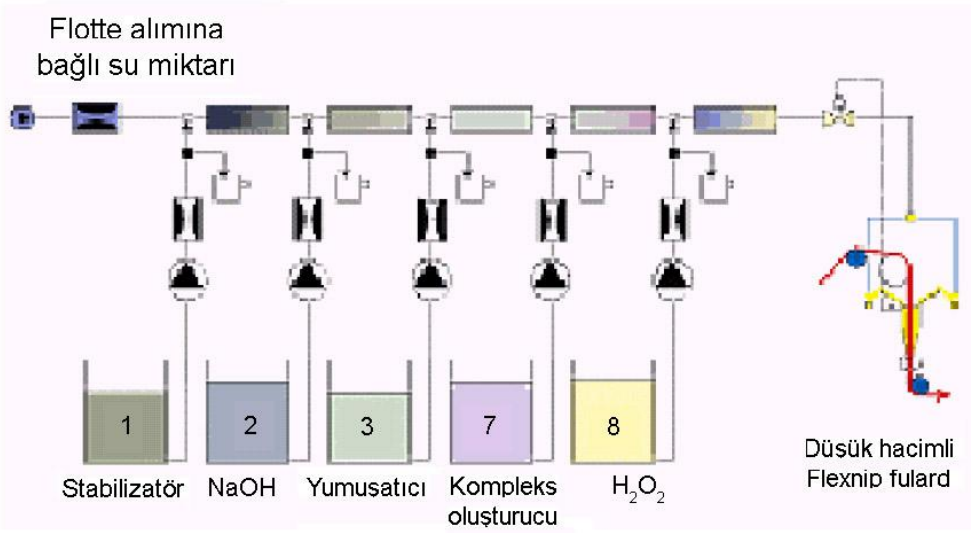
Son yıllarda, kimyasalların hazırlanmasının, dozajlanmasının/dağıtılmasının (sıvı çözeltiler, toz veya pat şeklinde) ve hatta laboratuvar işlemleri gibi geleneksel manuel işlem basamaklarının otomasyonunda büyük gelişmeler kaydedilmiştir.

Otomatik boya mutfakları veya kimyasalları otomatik dozajlama ve dağıtım sistemleri artık tekstil endüstrisinde birçok işletmede yaygın olarak uygulanmaktadır. Mikroişlemci kontrolündeki dozajlama sistemleri kimyasalları, sabit oran veya değişken oran gibi çeşitli profillere göre otomatik olarak ölçmektedirler.

Derişik emdirme flottelerinin kullanıldığı ön terbiye, boyama ve bitim işlemlerinde (kesintisiz veya yarı-kesintisiz işlemlerde), flotte fazlalıklarının önlenmesi veya minimuma indirilmesi çevre bakımından önemlidir. Günümüzde flottelerin tam zamanında hazırlanması için otomatik sistemler mevcuttur. Flotte alımlarının ve işlem görmüş kumaş miktarlarının on-line ölçümü ile, tam gereken kadar flotte hazırlanabilmekte ve ilave edilebilmektedir. Böylece, flotte fazlalıkları ve atık su kirliliği en aza indirilmiş olmaktadır.

Ayrıca, modern dozajlama ve dağıtım sistemlerinde, hazırlanacak flotte miktarı hesaplanırken, hazırlık kabı ve besleme borularını yıkamada kullanılan su da hesaba katılmaktadır. Bu yaklaşım atık su miktarını azaltmaktadır, ancak halâ kimyasalların ön karışımı gerçekleşmektedir. Kimyasalların, aplikatör veya boyama makinelerine gelmeden önce birbirleriyle karıştırılmadığı başka otomatik dozaj sistemleri de mevcuttur. Bu durumda her bir ürün için ayrı bir hat kullanılmaktadır. Sonuç olarak, bir sonraki adımdan önce tanklar, borular ve pompaların temizlenmesine gerek olmaması sayesinde, daha fazla kimyasal, su ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Bu, kesintisiz proses hatları için önemli bir durumdur.

Şekil 4.2, ön terbiye ve bitim işlemleri flottelerinin hazırlanmasında kimyasalların dağıtımını sağlayan otomatik sistemlerin bir örneğini göstermektedir (kimyasalların birbirleriyle karıştırılmadığı). Benzer cihazlar yarı-kesintisiz (soğuk pad-batch, bkz, Bölüm 4.6.7'de anlatılan ilgili teknik) ve kesintisiz boyamalarda da kullanılabilmektedir.



Şekil 4.2: Kimyasalların dağıtımında uygulanan otomatik sistem örneği

Yukarıda bahsedilen gelişmelere ilaveten, halılar ve hacimli kumaşlar için dozajlama sistemlerindeki en son gelişmeler, pahalı olmalarına rağmen, yine de bahse değerdir. En ileri ekipman, her bir bileşenin on-line gerçek zamanlı olarak hazırlanma, dozajlanma ve uygulanmasını sağlamaktadır. En modern makineler ve uygulama sistemleri, talep kadar boya prensibine göre çalışmaktadırlar. Artık ölçüm yapılmasına ihtiyaç yoktur; zira istenilen miktarlardaki flotteler dijital olarak enjekte veya aplike edilmektedirler. Sonuç olarak, işlemin sonunda hiç flotte fazlası kalmamaktadır.

Ayrıca, laboratuvar işlemlerinde de önemli gelişmeler sağlanmıştır. Çektirme yöntemine göre boyamalar için gerekli tüm laboratuvar işlemleri şu anda pratik olarak hiç manuel müdahale gerektirmeden, tam otomatik sistemlerle gerçekleştirilebilmektedirler. Bu karmaşık sistemler bazı büyük boyahanelerde başarıyla uygulanmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Otomasyon bir dizi çevresel fayda sağlamaktadır.

Öncelikle, proseslerin daha sıkı kontrolü, tekrar çalışma, tekrar boyama, boya sökme ve nüanslama gibi düzeltici işlemlerin en aza indirilmesi anlamına gelen, "ilk seferde doğru boyama" performansının gelişmesini sağlamaktadır.

İkinci olarak, flotteleri tam zamanında hazırlayan ve farklı kimyasalları ayrı ayrı (yani ön karıştırma yapmadan) dağıtan otomatik sistemler, aksi takdirde işlem sonunda atılması gerekecek flotte fazlalıklarının en aza indirilmesi/engellenmesi sayesinde, atık su kirliliğinin ve kimyasal madde atıklarının gözle görülür ölçüde azalmasını sağlamaktadır. Bu durum, özellikle kesintisiz ve yarı-kesintisiz işlemlerde önemlidir.

Göz önünde bulundurulması gereken bir başka önemli husus da, daha güvenli ve daha sağlıklı bir çalışma ortamıdır. İnsan temasının ortadan kaldırılması, çalışanların toksik ve tehlikeli maddeleri ellememesi ve solumaması anlamına gelmektedir.

İşlemsel veriler

Yüksek derecede otomasyona sahip sistemlerin kullanımı genellikle kalifiye personel gerektirmektedir, ancak çoğunlukla sistemi bir kişi kolaylıkla idare edebilmektedir.

Tozlar için otomatik sistemler, özellikle çok küçük miktarların ölçülmesi gerektiğinde, son derece karmaşıktır. Özellikle toz boyalar için, dozajlamada yüksek hassasiyet esastır. Modern otomatik dozajlama sistemleri 0,8 g kadar küçük toz miktarlarını bile dozajlayabilmektedir [289, Comm., 2002].

Bir tekstil boyahanesinden (5500 t/yıl büyüklükte) gelen veriler, kimyasallar için otomatik dozajlama ve dağıtım sistemlerinin uygulanmasından önceki ve sonraki gelişimlerini göstermektedir [289, Comm., 2002].

	Önce	Sonra
İkinci kaliteler	% 1,6	% 0,9 (%43 azalma)
Tekrarlar	% 4,5	% 3,7 (%17 azalma)
Azalan kimyasal maliyeti		% 11,2
Azalan iş gücü maliyeti (boyahanede)		% 10
Artan boyama makinesi etkinliği		% 5

Diğer bir örnek, boyarmaddeler ve yardımcı maddeler için otomatik dozajlama ve dağıtım sisteminin kurulumu sayesinde, partilerden numune almaya ihtiyaç duymadan ve böylece her makinede günde fazladan bir parti boyayabilen ünlü bir İtalyan üreticisinden gelmektedir [289, Comm, 2002].

Otomatik laboratuvarlar, tekrarları tüm üretimin % 2-3'üne düşürebilmektedirler.

Yan etkileşimler

Bahsedilecek herhangi bir yan etkileşim yoktur.

Uygulanabilirlik

Bu bölümde anlatılan tipik otomatik dozajlama ve dağıtım teknikleri, hem yeni, hem de mevcut tesislere uygulanabilmektedirler. Ancak, çok karmaşık tekniklerle çalışan "talep kadar boya" prensibine dayalı dozajlama sistemleri ve otomatik laboratuvarlar gibi halen çok pahalı olan ve bunun sonucunda da sadece büyük işletmeler için uygun olan sistemler, istisna oluşturmaktadırlar.

Ekipman tedarikçilerinden alınan bilgilere göre, genel olarak işletmenin büyüklüğü ve yaşı, otomatik dozajlama ve dağıtım sistemlerinin uygulanabilirliğine herhangi bir sınırlama getirmemektedir. Üretim kapasitesi 70 t/gün ile 5 t/gün arasında değişen işletmelerle ilgili örnekler bulunmaktadır [289, Comm., 2002].

Mevcut işletmelerde özellikle boya otomasyonlarında, yer durumu sorun oluşturabilmektedir. Sıvı kimyasalların otomasyonu proseslerde sınırlı sayıda kimyasal kullanılması nedeniyle daha kolay iken, bazı işletmeler daha yüksek yatırım maliyetleri ve kısıtlı yer bulunması nedeniyle, boya sayısının fazla olmasını sınırlandırma olarak mütalâa etmektedirler.

Çeşitli nedenlerle 150/200 farklı boya bulunduran boyahaneler hiç de nadir değildirler. Ancak, çoğu durumda her lif için en fazla 15 renk kullanmak mümkündür, bu da 6 farklı lif tipi için 90 boya anlamına gelmektedir [289, Comm., 2002].

Genellikle otomasyon için en sık kullanılan (en fazla tüketilen) boyalar seçilmektedir. Tipik bir durum, bir işletmenin günlük tüketiminin 60 boyada 5-6 kg, 20 boyada da 10 g kadar düşük miktarlarda olduğu bir durumdur. Böyle bir durumda, işletmenin yüksek tüketimli 60 boyayı otomasyona alması ve diğerlerini elle dozajlama ve dağıtmaya bırakması akla yatkın

olmaktadır. Çoğunlukla bu seçim işletmeyi, zamanla diğer boyaların kullanımını azaltarak, otomasyonda kullanılan boyaları tercih etmeye de teşvik etmektedir [289, Comm., 2002].

Farklı kimyasalların ayrı ayrı dağıtıldığı otomatik sistemlerde, sonuç olarak ortaya çıkan çevresel faydalar, özellikle kimyasal ve yardımcı maddelerin büyük miktarlarda kullanıldığı işletmeler ve uzun kesintisiz hatlarda (dağıtım sistemindeki ölü hacim, fularddaki hacimle mukayese edilebilir olduğunda) önemli olmaktadır. Farklı kimyasallar işlemden önce birbirleriyle karıştırılmadıklarında, bir sonraki işlemde kolaylıkla tekrar kullanılabilmektedirler. Her boyanın ayrı dağıtımı, teknik olarak mümkün olsa da, çok pahalıdır ve sadece birkaç boyanın kullanıldığı (en fazla dokuz farklı boya) ve geri kazanılan flotte miktarlarının bu pahalı yatırımı karşılayabilecek kadar yüksek olduğu trikromi boyamalarda avantajlıdır.

Ekonomiklik

Sıvı kimyasalların otomatik dozajlamasının yatırım maliyeti, hizmet verilecek makine, hazırlanacak flotte ve kullanılacak kimyasal madde sayısına bağlı olarak 230000 Euro ile 310000 Euro arasında değişmektedir. Toz boyalar için yatırım maliyetleri 250000 Euro ile 700000 Euro arasında değişmekte iken, toz yardımcı maddeler için maliyetler 110000 ile 310000 Euro arasındadır. Belirtilen rakamlar borular ve bağlantılar için gerekli maliyetleri içermemektedir [289, Comm., 2002].

Maliyet tasarrufları, kimyasal ve su tüketimlerinin azaltılması, aynen tekrarlanabilirlik yeteneğinin arttırılması ve işçilik maliyetlerinin düşürülmesiyle sağlanabilmektedir. [179, UBA, 2001]'de % 30'a varan tasarruflar bildirilmiştir.

Sağlık ve güvenlik sebepleri ve ayrıca düşük yatırım ihtiyacı (işlemde kullanılan kimyasalların kısıtlı sayısı) nedeniyle, en yaygın otomasyon (mevcut işletmelerde ilk tercih), sıvı kimyasallar için uygulanmaktadır [289, Comm., 2002].

Uygulama için itici güçler

Uygulama için ana itici güçler, yasalar ile tanımlanmış sağlık ve güvenlik taleplerinin yanı sıra, aynen tekrarlanabilirliğin ve üretim verimliliğinin arttırılmasıdır.

Referans işletmeler

Otomatik dozajlama ve dağıtım sistemlerine sahip olan işletmeler, Avrupa'daki mevcut boyahane ve baskı fabrikalarının % 60'ından fazlasını oluşturmaktadırlar. Sıvı kimyasallar için otomatik sistemler en yaygın olanları iken (işletmelerin % 70'i) Avrupa'daki tesislerin sadece % 20'sinde toz boyalar ve yardımcı maddeler için otomatik dozajlama ve dağıtım sistemleri bulunmaktadır [289, Comm., 2002].

Flottelerin tam zamanında hazırlanması için otomatik sistemleri kullanan tesislerin bazı örnekleri Almanya'da bulunmaktadır:
- Brennet AG, D-79704 Bad Säckingen
- Schmitz Werke GmbH+Co., D-48282 Emsdetten
- Görlitz Fleece GmbH, D-02829 Ebersbach
- Thorey Gera Textilveredelung GmbH, D-07551 Gera.

Avrupa'da ve tüm dünyada tamamen otomatik donanımlı tesisler için birçok örnek bulunmaktadır.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [171, GuT, 2002], [76, Colorservice, 2001], [289, Comm., 2002].

4.1.4 Tekstil işlemlerinde su tüketiminin optimizasyonu

Tanımlama

Tekstil sanayii su-yoğun bir sektör olarak bilinmektedir. Bu bölümde yer alan, dökümanın diğer kısımlarında daha önce bahsedilmiş olan bazı yönetsel önlemleri de içeren birçok teknik, su tüketiminin azaltılmasıyla ilgilenmektedir. Bazı hususlar birçok işlem için geçerlidirler. Bu bölümde optimal su kullanımı için birinci derecede önemli olabilecek faktörlerin özetlenmesi amaçlanmaktadır.

Su tüketimi kontrolü

İşletme ve çeşitli proseslerde tüketilen su miktarları hakkında bilgi toplanması, gereksiz su kayıplarının önlenmesi için uygulanan herhangi bir programın önşartını oluşturmaktadır. Böyle bir denetleme/değerlendirme, esasında tüm atık su akımlarının kaynakları, bileşimi, miktarları ve tipleri hakkında bilgi toplanmasını içeren daha geniş kapsamlı bir programın parçası olmalıdır (bkz. Bölüm 4.1.2).

Su tüketimiyle ilgili olarak işletme bazındaki veriler, mevcut su tüketiminin fazla olup olmadığını belirlemede iyi birer referans değer olmakta ve gelişmeleri karşılaştırıp ölçmek için de iyi bir temel oluşturmaktadırlar. Bununla birlikte, önceliklerin saptanması ve potansiyel kirlilik önleme seçeneklerin tanımlanması için bir proses analizi büyük önem taşımaktadır. Su kullanımı makine/işlem bazında izlenmeli ve kaydedilmeli ve su sayaçlarının düzenli olarak bakımı ve kalibrasyonu yapılmalıdır.

Su tüketiminin azaltılması

- geliştirilmiş çalışma uygulamalarıyla

Uygun olmayan çalışma yöntemlerinin kullanılması ve otomatik kontrol sistemlerinin bulunmaması, önemli su israfına yol açabilmektedir, örneğin:

- doldurma ve durulama esnasında, sadece manuel su kontrol valfleri ile donatılmış makinelerde aşırı doldurma potansiyeli vardır
- tekstil materyali makineye alınırken, flotteye daldırılması sırasındaki yer değiştirme ile dökülen su miktarı, bir boyama döngüsünde kullanılan toplam su hacminin %20' sine eşit olabilmektedir (tehlikeli kimyasallar ve boyalar, lifler ile suyun yer değişimi sonucu oluşan su taşmasından önce flotteye konulmuşlarsa, bunların da kayıplarına neden olabilmektedir).

Üretim yöntemlerinin iyi dokümante edilmesi ve eğitim önem taşımaktadır. Boyama makinelerinin, en azından flotte sıcaklığının ve hacminin yeterli kontrolünü yapabilen modern işlem kontrol ekipmanlarıyla donatılmaları gerekmektedir.

- flotte oranının azaltılmasıyla

Kesintisiz boyamalarda, boya derişik flotte halinde aplike edilmektedir. Bu yüzden, boyamada işlem gören kumaşın her kg'ı başına tüketilen su miktarı, klasik aplikasyon sistemlerinin (örneğin, fulardların) kullanılması durumunda bile, oldukça düşük olmaktadır. Bu miktar, son zamanlarda geliştirilen aplikasyon sistemlerinde (örneğin, fluidyer, köpük, flexnip aplikasyon sistemleri, vs.-bkz. Bölüm 10.4.2) daha da düşük bile olabilmektedir.

Bölüm 2.7.8.2' de anlatıldığı gibi, *kesintili* işlemlerde de bu konuda önemli gelişmeler bulunmasına rağmen, işlem gören her kg elyaf için kullanılan su miktarı daha yüksek olmaktadır. Günümüzde tüm büyük makine üreticilerinin düşük flotte oranlarında çalışan

boyama üniteleri bulunmaktadır. Bu yapıdaki ünitelere yapılan yatırımlar, işlem maliyetlerini (enerji, su, kimyasallar, boyalar, vs.) düşürmeleri ve işlem süresini kısaltarak verimliliği arttırmaları (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.2 ve 4.6.19) nedeniyle, yatırım maliyetlerini fazlasıyla geri ödemektedirler.

- yıkama etkinliğinin geliştirilmesiyle

Hem kesintili, hem de kesintisiz işlemlerde, yıkamalar için tüketilen su miktarı, asıl terbiye işlemlerindekinden (örneğin, boyama vs.) önemli derecede daha yüksek olmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.2). Modern *kesintisiz* yıkama makinelerinin yıkama etkinliği büyük oranda geliştirilmiştir. *Kesintili* işlemlerde az su ile kısa bir sürede ve yüksek etkinlikte yıkama sağlamak kolay olmamaktadır ve bu nedenle düşük flotte oranı ile harcanan su miktarının azalması arasında her zaman beklenen derecede bir korelasyon bulunmamaktadır. Gerçekten de, 1:5 flotte oranında boyamanın yapıldığı ve daha sonra 1:10 flotte oranlarında durulamaların yapıldığı makinelerin kullanımı hiç de az rastlanan bir durum değildir. Hatta klasik makineler sadece flotte oranı arttırıldığında yeterli yıkama etkinliği sağlayabilmektedirler.

Bu problemler, son zamanlarda makine üreticileri ve boyarmadde firmaları tarafından çözülmeye çalışılmıştır. Son teknolojik gelişmeler, kesintili işlemlerdeki özgül su tüketimlerini, kesintisiz işlemlerde alışık olunan seviyelere kadar düşürmüşlerdir. Kesintili işlemlerde mal miktarı değiştiğinde de sabit flotte oranı ile çalışabilmek, artık modern ekipmanların standart bir özelliği haline gelmiştir. Kesintili işlemler için özel etkin yıkama teknikleri geliştirilmiştir (bkz. Bölüm 4.9.1). Bunlara ek olarak, aşağıda belirtilenler gibi kesintisiz işlemler için karakteristik olan bazı fonksiyonlar, kesintili makinelere de uyarlanmıştır (bkz. Bölüm 4.6.19) :

- işlem sırasında flottenin maldan ayrılması
- makinede işlem flottesinin yıkama suyundan ayrılması
- malla birlikte taşınmayı (carry-over) azaltmak ve yıkama etkinliğini geliştirmek için mekaniksel yollarla flotte uzaklaştırılması
- kesintili yıkama işleminde dahili ters akım uygulanması.

- işlemlerin birleştirilmesiyle

İşlemlerin birleştirilmesi ve programlanması, kimyasal boşaltımlarının sayısını azaltmaktadır. Bu daha ziyade ön terbiye işlemlerinde (örneğin, hidrofilleştirme/haşıl sökme, hidrofilleştirme/haşıl sökme/ağartma - örnek için bkz. Bölüm 4.5.3) uygulanabilmektedir. Bazı durumlarda ön terbiyenin boyama adımıyla birleştirilmesi de mümkün olmaktadır.

Suyun tekrar kullanılması

Kesintili işlemler su geri dönüşümüne kolaylıkla izin vermemektedirler. Kesintili işlemlerde atık suyun tekrar kullanımı için, atık su depo donanımının bulunması gerekmektedir. Hidrofilleştirme ve ağartma banyosundan gelen atık suların tekrar kullanımıyla ilgili diğer problemler, atık su akımının kesintili karakteri ve uzun flotte oranlarıdır.

Günümüzde kesintili işlemlerde de, mal ve flottenin kesintisiz ters akım prensibine göre hareket ettirilebilmeleri sağlanabilmektedir. Piyasada, atık su akımlarını ayıran ve toplayan entegre donanımlara sahip makineler de bulunmaktadır. Örneğin, bir önceki partiden gelen yıkama suyu geri kazanılabilmekte ve bu suyun tamamı o andaki ağartma banyosunda kullanıldıktan sonra da, bir sonraki partinin hidrofilleştirme işleminde de kullanılabilmektedir. Bu şekilde her banyo üç kere kullanılmaktadır.

Su geri kazanımına ve tekrar kullanımına ait bazı örnekler, bu bölümde anlatılmaktadır (bkz. Bölüm 4.6.22 ve 4.7.7).

Bazı modern kesintili boyama makinelerinde uygulanan işlem flottesinin makine içerisinde yıkama flottesinden ayrılması (bkz. önceki kısım), flotte karakteristiklerinin uygun olduğu durumlarda, flotte ayrımının ve tekrar kullanımının gerçekleştirilmesini kolaylaştırmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Su ve enerji tüketiminde önemli tasarruflar mümkün olmaktadır (enerji büyük ölçüde işlem flottelerini ısıtmak için kullanılmaktadır).

İşlemsel veriler

Uzman görüşlerine (işlem değerlendirmeleri, mevcut makineler ve uygulanan teknikler) ve Bölüm 3'te bildirilen verilere göre, aşağıdaki özgül su tüketim seviyeleri ulaşılabilecek değerler olarak düşünülmektedir [179, UBA, 2001]:

- iplik terbiyesi 70-120 l/kg
- örme kumaş terbiyesi: 70-120 l/kg
- örme kumaşların pigment baskısı: 0,5-3 l/kg
- daha ziyade selüloz lifleri içeren dokuma kumaşların terbiyesi: 50-100 l/kg
- daha ziyade selüloz lifleri içeren dokuma kumaşların terbiyesi: (küp ve/veya reaktif baskıları da içeren) <200 l/kg
- daha ziyade yün içeren dokuma kumaşların terbiyesi: <200 l/kg
- daha ziyade yün içeren dokuma kumaşların terbiyesi: (yüksek flotte oranları gerektiren işlemler için) <250 l/kg

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Burada belirtilen esaslar yaygın bir şekilde uygulanabilmektedirler.

Ekonomiklik

Mevcut işletmelerde büyük olasılıkla, yeni ekipman ve/veya yapısal değişiklik (örneğin, akımların ayrılması için) yatırımları gerekebilmektedir.

Referans işletmeler

Dokümanın burada belirtilen tekniklerle ilgili diğer bölümlerine bakınız.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [204, L.Bettens, 200], [208, ENco, 2001], [11, US EPA, 1995].

4.1.5 HT makinelerinin izolasyonu

Tanımlama

Boruların, valflerin, tankların ve makinelerin izolasyonu, tüm işlemlerde uygulanması gereken, etkili iyi kullanımın genel prensibidir.

Bu bölümde HT boyama makinelerinde ısı izolasyonu ile sağlanabilen enerji tasarruflarına bir örnek verilmiştir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Daha rasyonel enerji kullanımı.

İzolasyon ile yaş işlem makinelerinde toplam enerji gereksiniminin % 9 kadarlık bir tasarruf sağlanabileceği belirtilmektedir [146, Energy Efficiency Office UK,1997]. Ancak enerji tasarrufu için bir bütünsel bir yaklaşım, bunun için önlemlerden daha tercihe şayandır.

İşlemsel veriler

İşlemin yapısı, izolasyon maddesinin su, kimyasal ve fiziksel şoka maruz kalabileceği anlamı taşımaktadır. Bu nedenle izolasyon sert bir kumaş, kimyasala/suya dayanıklı bir dış tabaka ile kaplanmalıdır.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Genel uygulanabilirlik.

Ekonomiklik

HT boyama ünitelerindeki ısı izolasyonunun geri ödemesi için bir hesaplama aşağıdaki tabloda verilmektedir [179, UBA, 2001].

Hesaplama için referans veriler aşağıdaki gibidir:

- paslanmaz çelik için termal transmisyon 15,1 W/m^2K
- izolasyon maddesi için termal transmisyon 0,766 W/m^2K
- boyama sıcaklığı 110°C
- oda sıcaklığı 30ºC
- HT-boyama ünitesi (ortalama sıcaklık 110ºC) 10 sa/gün
- işlem süresi 230 gün/yıl
- gaz maliyeti 0,25 $Euro/m^3$
- enerji dönüşümü ve taşınması sırasındaki enerji kaybı %15
- boyama ünitesi 1-ön cephe 17,5 m^2
- boyama ünitesi 2-ön cephe 23,5 m^2
- boyama ünitesi 3-ön cephe 31,6 m^2.

	Boyama ünitesi 1	Boyama ünitesi 2	Boyama ünitesi 3
Malzeme maliyetleri-izolasyon (Euro)	3838	5263	6500
İşçilik maliyetleri-eğitimi (Euro)	2000	2000	2000
Termal radyasyon nedeniyle yıllık kayıplar (MWh/yıl)	45,4	60,9	81,9
Yıllık gaz tasarrufları (Euro/yıl)	1434	1926	2590
Geri ödeme süresi (yıl)	4,9	4,6	3,8
Kaynak: [179, UBA, 2001]			

Tablo 4.2: Boyama ünitelerinin ısı yalıtımı için geri ödeme süreleri

Uygulama için itici güçler

Enerji maliyetlerinde tasarruf.

Referans işletmeler

Birçok tesis.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [146, Energy Efficiency Office UK, 1997].

4.2 İşlenecek liflerin kalite yönetimi

4.2.1 Kimyasal lifler için geliştirilmiş çevresel performansa sahip preparasyon maddeleri

Tanımlama

Sentetik lifler, yardımcı maddeler olmaksızın üretilememekte ve işlenememektedirler. Ön terbiye işlemlerinin (örneğin, yıkama ve termofiksaj) bir sonucu olarak, bu yardımcı maddeler, atık suya ve terbiye işletmelerinin atık havasına karışmaktadırlar.

Kullanılan yardımcı maddeler arasında, liflere üretildikten sonra uygulanan bobinleme yağları ve diğer preparasyon maddeleri, daha sonra uygulanan işlemlerdeki kirliliğin ana nedenleri olarak tanımlanmaktadırlar. Bu durum, uygulanan formülasyonların kalitesinden ve bunların yüksek miktarlarda aplike edilmelerinden kaynaklanmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 2.6.4.2).

Konvansiyonel preparasyon maddeleri, daha ziyade madeni yağ esaslıdırlar ve bunlar, yüksek miktarlarda kullanım gerekliliği, sıcaklık dayanımlarının düşük olması (yüksek sıcaklıkta yapılan işlemler sırasında duman açığa çıkartmaktadırlar), biyolojik olarak parçalanabilirliklerinin zayıf olması, poliaromatik hidrokarbon içermeleri ve biyolojik atık su arıtma tesislerinde çöktürülmesi zor çamur oluşturmaları gibi genel olarak bilinen dezavantajlara sahiptirler (ayrıca bkz. Bölüm 8.2).

Madeni yağ içeren preparasyon sistemlerine alternatif olarak [179, UBA, 2001]:

- polieter/poliester veya polieter/polikarbonatlar

- özel poliolesterler
- sterik olarak engellenmiş özel yağ asidi esterleri

esaslı preparasyon maddeleri kullanılabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Alternatif preparasyon sistemleri daha az uçucudurlar ve daha yüksek ısı dayanımına sahiptirler. Buna ilaveten, liflere daha düşük miktarlarda uygulanabilmektedirler. Sonuç olarak, iş yerinde koku sorunu azaltılmakta ve atık havada uçucu organik bileşiklerin azaltılmış emisyon seviyeleri sağlanmaktadır.

Aşağıdaki tablo, ham materyallerin termofiksaj koşulları altında, alternatif ürünlerin performansları ile konvansiyonel sistemlerinkini karşılaştırmaktadır:

Madde	**Emisyon faktörü (g C/kg kumaş)**	**Konsantrasyon (mg C/m^3)**
Konvansiyonel ürünler		
Madeni yağlar	10-16	500-800
Klasik yağ asidi esterleri	2-5	100-250
Optimize edilmiş ürünler		
Sterik olarak engellenmiş yağ asidi esterleri	1-2	50-100
Poliolesterler	0,4-4	20-200
Polieter/poliester veya polieter/polikarbonatlar	0,2-1	10-50
Kaynak: [179, UBA, 2001], [77, EURATEX, 2000] Notlar: Preparasyon maddesi aplikasyon miktarı: % 2; hava/tekstil oranı: 20 m^3/ kg; termofiksaj sıcaklığı : 190 ^{o}C; işlem süresi: 1,5 dk		

Tablo 4.3: Emisyon faktörleri ve atık gazlardaki buna karşılık gelen organik-C konsantrasyonları

Yukarıdaki tabloda yer alan optimize edilmiş ürünler kolayca yıkanabilmektedirler (daha düşük su, enerji ve kimyasal madde tüketimi) ve genellikle madeni yağ esaslı preparasyon maddelerine nazaran biyolojik olarak daha yüksek parçalanabilirlik derecesi göstermektedirler. Özellikle poliester/polieterpolikarbonat bileşikleri, madeni yağlar ile karşılaştırıldıklarında biyolojik olarak son derece iyi parçalanabilirlik göstermektedirler. Diğer taraftan, sterik olarak engellenmiş yağ asidi esterleri ise, klasik yağ asidi esterlerine nazaran sadece termofiksajdan gelen hava emisyonlarında bir iyileşme göstermektedirler. Bunlar gerçekten de daha az uçucudurlar, ancak zincirlerin dallanmasının artması nedeniyle, biyolojik olarak daha zor parçalanmaktadırlar.

İşlemsel veriler

İplik üreticileri
Bazı makine parçaları mevcut korozyon sorunları nedeniyle çok iyi kalite çelikten yapılmalıdırlar. Polieter/polieterkarbonat esaslı ürünler ile hidrofob konvansiyonel preparasyon sistemleri arasında uyum sorunları yaşamamak için, kullanımdan sonra ekipmanların çok iyi şekilde temizlenmesi gerekmektedir.

Kumaş üreticileri
Uyum sorunları nedeniyle, ekipmanın dikkatli bir şekilde temizlenmesi gerekmektedir (özellikle poliester/polieterkarbonat esaslı yardımcı maddeler kullanıldığında).

Terbiye işletmeleri
Ön terbiyedeki prosesler, yeni preparasyon sistemlerine uygun olarak ayarlanmalıdırlar. Bazı durumlarda (örneğin, poliester-/polieterkarbonat-esaslı yardımcı maddeler

kullanıldığında) ön terbiyedeki yıkama adımları basitleştirilebilmekte veya hatta atlanabilmektedir.

Yan etkileşimler

Yeni ürünler daha az uçucu olduklarından atık gaz emisyonları azalmakta, ancak termofiksaj sonrası kumaş üzerinde kalan daha fazla miktarda preparasyon maddesi, sonuçta atık suya karışmaktadır.

Bununla birlikte, yeni ürünlerin daha az miktarlarda aplikasyonu ve biyolojik olarak daha iyi parçalanabilirlikleri nedeniyle, konvansiyonel ürünler yerine bunların kullanımı, her zaman fayda sağlayacaktır [179, UBA, 2001].

Uygulanabilirlik

Düşük-emisyonlu preparasyon maddeleri, PES, PA 6.6, PA 6, CV ve bunların PES veya CV ile karışımlarına uygulanabilmektedirler. Ancak uygulanabilirlik, lif tipine ve nihai ürünün özel kullanım yerine bağlı olarak değişmektedir. Sonuç olarak, özel denemeler gerçekleştirilmelidir [179, UBA, 2001].

Fason terbiyeciler, birçok durumda tedarikçilerden, kullanılan preparasyon maddelerinin kalitesine ilişkin bilgi alamamaktadırlar. Konvansiyonel preparasyon maddeleri daha ucuzdurlar ve iplik işletmeleri işin daha ziyade ekonomik yönüne ve belirli bir maddenin iplik üretimi sırasındaki performansına bakmaktadırlar. Sonraki işlemlerde (terbiye işletmelerinde) oluşan çevre sorunları, iplik işletmeleri tarafından öncelikli olarak görülmemektedir.

Ekonomiklik

Aşağıdaki tekstil işlem zincirinin tüm üyelerini etkileyen ekonomik hususlar göz önünde bulundurulmalıdırlar [179, UBA, 2001].

İplik üreticileri
Düşük emisyonlu yardımcı maddeler pahalı ürünlerdir. Bu ise, daha az madde aplikasyonu ile telafi edilebilmektedir.

Terbiye işletmeleri
Atık hava temizleme ekipmanından tasarruf, basitleştirilmiş atık su arıtılması ve yağla kirletilmiş atıkların önlenmesi, yatırım, bakım ve uzaklaştırma maliyetlerini azaltacaktır.

Yıkama işleminin tamamen veya kısmen ortadan kaldırılmasını sağlayan preparasyon maddeleri kullanıldığında, ek maliyet tasarrufları da sağlanabilmektedir. İşlem güvenliğinin artması da beklenmektedir.

Uygulama için itici güçler

Preparasyon maddelerinden kaynaklanan atık gaz yüklerinin azaltılması (ulusal düzenlemelere uygun olarak) ve yıkamalardaki su tasarrufu, düşük emisyonlu preparasyon maddelerinin kullanımı için esas nedenlerdir.

Referans işletmeler

Avrupa'daki bazı lif/iplik ve kumaş üreticileri, düşük emisyonlu preparasyon maddeleri kullanmaktadırlar. Lif/iplik üreticilerine örnekler aşağıda verilmektedir [179, UBA, 2001].

Inquitex S.A.
Via Augusta 158, 5ª planta
E-08006 Barcelona

Nylstar GmbH
Postfach 2209
D-24531 Neumünster

Nylstar CD Italy
Via Friuli 55
I-20031 Cesan Maderno (MI)

Textilwerke Deggendorf GmbH
Postfach 1909
D-694459 Deggendorf

Trevira GmbH & Co KG
D-60528 Frankfurt am Main

Unifi Textured Yarns Europe LTD.
Co. Donegal
Letterkenny, Ireland

Referans literatür

[77, EURATEX, 2000], [179, UBA, 2001].

4.2.2 Yün harman yağlarında madeni yağların ikamesi

Tanımlama

Harman yağları, boya ve terbiye maddelerinin düzgün bir şekilde nüfuzunu sağlamak ve bu maddelerle reaksiyona girmelerini ve çökelmelerini önlemek için, genellikle ön terbiye sırasında uzaklaştırılmaktadırlar. Yünde, terbiye işletmesinde yapılan ilk işlemler yaş işlemler olduğundan (yıkama/hidrofilleştirme), lubrikantların mevcudiyeti hava emisyonlarından ziyade suları etkilemektedir.

Daha yüksek miktarda lubrikantların aplike edildiği (kamgarna nazaran) ştrayhgarn ve yün karışımı ipliklerde, harman yağları (yıkama prosesinde kullanılan deterjanlar ile birlikte) boyahane atık sularındaki oksijen ihtiyacı gösteren yükün % 80'ine kadarını oluşturabilmektedirler [32, ENco, 2001].

Eskiden yün sektöründe genellikle madeni yağ esaslı lubrikantlar kullanılmaktaydı. Ancak bu maddeler, biyolojik sıvı atık arıtma tesislerinde tamamen parçalanamayabilmektedirler.

Ayrıca, konvansiyonel harman yağı formülasyonları, değişik miktarlarda poliaromatik hidrokarbonlar ve emülgatör olarak APEO veya diğer "sert yüzeyaktif maddeler" gibi, daha zararlı maddeleri de içerebilmektedirler (ayrıca bkz. Bölüm 8.2).

Madeni yağlar bugün glikol esaslı formülasyonlar ile yer değiştirmektedirler ve bu eğilim devam etmektedir. Piyasada biyolojik olarak parçalanabilen ikame ürünleri rahatlıkla bulunabilmektedirler [32, ENco, 2001]. APEO bileşikleri de bugün daha az sorunlu yüzeyaktif maddelerle ikame edilebilmektedirler.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Sıvı atık arıtma tesislerine gelen yıkama ve boyama atık sularından madeni yağların eliminasyonu.

APEO içermeyen harman yağı formülasyonlarının kullanımı, nihai atık sudaki olası toksik endokrin bozucuların miktarının azalmasına yardımcı olmaktadır.

İşlemsel veriler

Halı sektöründe, madeni yağ esaslı lubrikantların kullanımının birkaç yıldır azalmakta olduğu bildirilmektedir. Bu da ticari kalitede halı ipliğinin, bu materyal kullanılmaksızın üretilebileceğini göstermektedir [32, ENco, 2001]. Aynı durumun tekstil sektörü için de geçerli olduğuna inanılmaktadır.

Yan etkileşimler

Madeni yağ esaslı lubrikantlara kıyasla, atık su arıtma tesislerinde köpük oluşumunun arttığı gözlenebilmektedir.

Madeni yağ esaslı lubrikantların, işletme içerisinde arıtılmaya, suda daha fazla çözünebilen glikol esaslı ürünlerden daha uyumlu olduklarına dair bazı kanıtlar bulunmaktadır. İşletmede, ön arıtma yapılıyorsa, lubrikant seçimi önem kazanmakta ve madeni yağ esaslı ürünler daha uygun seçenek olabilmektedir. Daha fazla araştırma gerekli olabilmektedir [32, ENco, 2001].

Uygulanabilirlik

Harman yağları, liflerin harmanlanması esnasında uygulanmaktadırlar. Siparişle iplik eğirenler ve dikey entegre şirketler gibi, yaş işlemlere kadar uzanan imalatları gerçekleştiren işletmeler, "kendi iç yapılarında" bu tür maddeleri kontrol etmeye yönelik imkanlara sahiptirler.

Fason boyacılara, üzerinde lubrikant bulunan iplikler gelmektedir. Bu durumlarda, bu materyalleri tedarik zincirinden elimine etmek için, müşteriler ile işbirliği yapmak gerekli olacaktır [32, ENco, 2001].

Ekonomiklik

Bir harman yağının bir diğeriyle ikamesinin sonuçlarını tahmin etmek zordur, çünkü iplik veriminin (belirli ham elyaf kütlesinden elde edilen iplik miktarı) hassas bir şekilde ölçülmesinin zor olduğu malumdur ve verimdeki çok küçük değişiklikler iplik üretiminin ekonomikliğini belirgin bir şekilde etkilemektedir. Lubrikantların tipi ve aplikasyon miktarı, verim üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir [32, ENco, 2001].

Uygulama için itici güçler

Çevresel mevzuat.

Referans işletmeler

Avrupa'daki birçok işletme.

Referans literatür

[32, ENco, 2001].

4.2.3 Örme kumaş üretiminde madeni yağların ikamesi

Tanımlama

Örme kumaş üretimi, örgü makinesi iğnelerinin ve mekanik parçalarının etkili bir şekilde yağlanmasını gerektirmektedir. Kullanılan lubrikantların miktarı makine teknolojisine ve hızına bağlıdır.

Kumaş üretimi esnasında iğneler tarafından sevk edilen iplik, lubrikantın bir kısmını da beraberinde taşımaktadır. Sonuç olarak, nihai örme kumaş, daha sonra ön terbiye esnasında uzaklaştırılması gereken, ağırlığının yaklaşık % 4-8'i kadar lubrikant yağları içermektedir.

Konvansiyonel örgü yağları (madeni yağ esaslı formülasyonlar) sadece deterjanlar, emülgatörler ve geri çökmeyi önleyici maddelerin yardımıyla emülsifiye edilerek uzaklaştırılabilmektedirler. İşlem, alkali koşullar altında ve 80-100 ^{o}C arasındaki sıcaklıklarda yapılmaktadır. Su tüketimi yaklaşık 10 l/kg kumaş ve işlem için gerekli süre de yaklaşık 30-60 dk'dır.

Tavsiye edilen teknik, konvansiyonel lubrikantlar yerine suda çözünebilen yağların kullanımını önermektedir.

Pamuk veya pamuğun sentetik liflerle karışımlarından yapılan örme kumaşlarda, suda çözünebilen bu yağlar 40 ^{o}C'daki su ile yıkanarak kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir. Bu da kumaşı tek bir adımda hidrofilleştirme ve ağartmayı, böylece süre, su ve enerji tasarrufunu mümkün kılmaktadır.

Sentetik liflerden (örneğin, poliester veya poliamid) yapılmış örme kumaşlar, çoğu kez yıkanmadan önce termofikse edilmektedirler. Eğer kumaş üzerinde konvansiyonel yağlar bulunuyorsa, yoğun bir gaz emisyonu oluşmakta ve kalan yağın daha sonraki yıkamalarda kumaştan uzaklaştırılması da zorlaşmaktadır.

Bu durumda da, çoğu kez konvansiyonel lubrikantlar yerine suda-çözünebilen yağları kullanmak ve yıkamayı termofiksaj öncesinde yapmak mümkündür. Yıkama, yüksek verimli kontinü bir yıkama makinesinde (örneğin, TVE-Escalè tipi) yapılmaktadır. Bu adım sonrası kumaş ramöze gönderilmekte ve daha sonra da boyanmakta, yıkanmakta ve bitim işlemleri yapılmaktadır. Bu şekilde ramözden gelen gaz emisyonları en aza indirilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Konvansiyonel madeni yağ esaslı lubrikantların aksine, suda çözünebilen yağlar yıkanarak kumaştan kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedirler. Bu durum, işlem süresi ile birlikte su, enerji, ve kimyasal madde tüketiminin azalmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, bu yağların OECD test 301C'ye [295, Spain, 2002] göre biyolojik olarak parçalanabilir olduğu bildirilmektedir**,** bu da oluşan atık suların biyolojik arıtma tesisleri için uygun olmasını sağlamaktadır.

Sentetik örme kumaşlarda, termofiksaj öncesi yıkama yapmanın avantajlarından birisi de ramözdeki hava emisyonlarının, hava emisyonu azaltma ekipmanları olmaksızın önemli ölçüde azaltılabilmesidir**.**

İşlemsel veriler

Bu bölümde tanımlanan suda çözünebilen alternatif örgü yağları, üç gün stabil kalan emülsiyonlar oluşturmaktadırlar [295, Spain, 2002].

Yan etkileşimler

Konvansiyonel olanların yerine kullanılan suda-çözünebilen örgü yağlarının, biyolojik olarak parçalanabilmeleri ve kumaşın yüksek verimli yıkama makinelerinde yıkanması koşuluyla, net bir çevresel yarar sağlanmaktadır.

Uygulanabilirlik

Teknik, yeni ve mevcut tesislere uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, mevcut bazı tesislerde korozyon problemleri gözlenmiştir.

Lif tiplerine gelince, bahsedilen suda çözünebilen yağlar, hem selüloz lifleri ve karışımlarından hem de daha ziyade poliester ve poliamid olmak üzere sentetik lifler ve bunların elastan dahil, doğal ve diğer sentetik liflerle karışımlardan yapılan örme kumaşlar için uygundurlar.

Yine de bu teknik şirketin örgü işlemi esnasında kullanılan lubrikantların tipi üzerinde doğrudan kontrolünü gerektirdiği için, uygulama, entegre olmamış işletmeler ve özellikle fason terbiyecileri için sorunlu olabilmektedir. Bu durumlarda, bu materyalleri tedarik zincirinden elimine etmek için müşterilerle işbirliği yapmak gerekli olabilmektedir.

Bazı sentetik örme kumaşların yıkama öncesi termofikse edilmeleri gerekmektedir. Bu durumda diğer bir seçenek "kuru hat"tır: kumaş yıkama öncesi termofikse edilmekte, açığa çıkan gazlar bir elektrostatik çöktürücüde işleme tabi tutularak yağ geri kazanılmaktadır. Avantaj, geri kazanılan yağın bağımsız olarak uzaklaştırılabilmesi ve böylece atık su kirliliğinin azaltılmasıdır. Bu tekniğin diğer bir özelliği de, enerji geri kazanımıdır. Daha fazla detay Bölüm 4.10.9'da verilmektedir.

Ekonomiklik

Bu tekniğin toplam maliyet dengesi, konvansiyonel olan ile karşılaştırılabilecek seviyelerdedir. Bahsedilen suda-çözünebilir örgü yağları madeni yağ-esaslı olanlardan daha pahalıdırlar, ancak bu ekstra maliyet daha yüksek verimlilik ve ön terbiyede oluşan nihai atık suyun daha iyi arıtılabilirliği ile telafi edilebilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Çevresel yasalar tarafından havaya ve suya emisyonlar için oluşturulan katı limitler, bu tekniğin uygulanmasına destek oluşturmaktadır.

Referans işletmeler

Birçok tesis.

Referans literatür

[295, Spain, 2002].

4.2.4 Geliştirilmiş çevre performansına sahip haşıl maddelerinin seçimi

Tanımlama

Haşıl maddeleri çözgü ipliklerine, dokuma esnasında iplik kopmasını önlemek için uygulanmaktadır. Daha sonraki işlemler için, haşıl maddelerinin kumaştan hemen hemen tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu, çoğu kez yüksek miktarda su kullanılarak ve yardımcı maddelerin ilavesiyle haşıl sökme adımında yapılmaktadır. Oluşan atık sular,

sadece yüksek KOİ/BOİ yüklerinden değil (toplam KOİ yükünün yaklaşık % 30-70'i), nihai arıtmadan geçebilecek parçalanması zor maddelerin varlığından da sorumludurlar. Bazı durumlarda, haşıl maddeleri haşıl sökme flottesinden geri kazanılabilmektedir. Ancak çoğu zaman, oluşan atık su, arıtma tesislerinde arıtılmaktadır.

Ön ıslatma (bkz. Bölüm 4.2.5) gibi düşük madde ilavesi gerektiren teknikler ile beraber, haşıl maddelerinin amaca göre seçimi de, bu işlemin olumsuz çevresel etkisinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilmektedir.

Çevresel olarak optimize edilmiş haşıl maddeleri:
- düşük madde aktarımı ile yüksek etkili
- kumaştan tamamen ve kolayca uzaklaştırılabilir
- biyolojik olarak kolayca parçalanabilir veya elimine edilebilir (OECD test 302 B'ye göre 7 gün sonunda > % 80)

olmalıdırlar.

Bugün, tüm gereksinimleri kapsayan, biyolojik olarak kolayca parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddesi formülasyonlarının mevcut olduğu kabul edilmektedir. Modifiye nişastalar, belirli galaktomannanlar, polivinil alkol ve belirli poliakrilatlar bu talepleri karşılamaktadırlar.

Ayrıca, en yeni jenerasyon-poliakrilatlar yukarıda belirtilen tüm talepleri yerine getirebilmektedirler. İlk olarak, modifiye nişastalar yerine bu yüksek etkili sentetik haşıl maddelerinin kullanımı, dokuma randımanında herhangi bir azalma olmadan (bazı durumlarda, artan haşıl etkinliği gözlenmektedir) aplike edilen haşıl maddesi miktarının azaltılmasına izin vermektedir. İkinci olarak, yeni jenerasyon-poliakrilatlar az miktarda su ile yardımcı maddeler olmadan yıkanarak kolayca uzaklaştırılabilmektedirler.

Yeni poliakrilatlar üniversal haşıl maddeleri olarak hemen hemen tüm liflere uygulanabilmektedirler. Bunun istisnalarını, filament poliesterler ile poliakrilatların kullanımının kalite sorunlarına yol açtığı bazı belirli bitim işlemleri oluşturmaktadırlar. Örneğin, ön-çektirme (büzüştürme) bitim işlemine tabi tutulacak pamuk liflerinde poliakrilatlar kullanıldığında, bitim işlemi adımında teknik problemlerle karşılaşılmıştır [281, Belgium, 2002].

Pamuk için poliakrilatlar, sistemin viskozitesini arttırmak için, genellikle PVA gibi diğer haşıl maddeleri ile birlikte kullanılmaktadırlar.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddelerinin kullanılması, atık su arıtma tesisinden parçalanmadan geçebilecek ve doğal sulara boşaltılabilecek KOİ–yükünün önemli miktarda azalmasına yol açmaktadır.

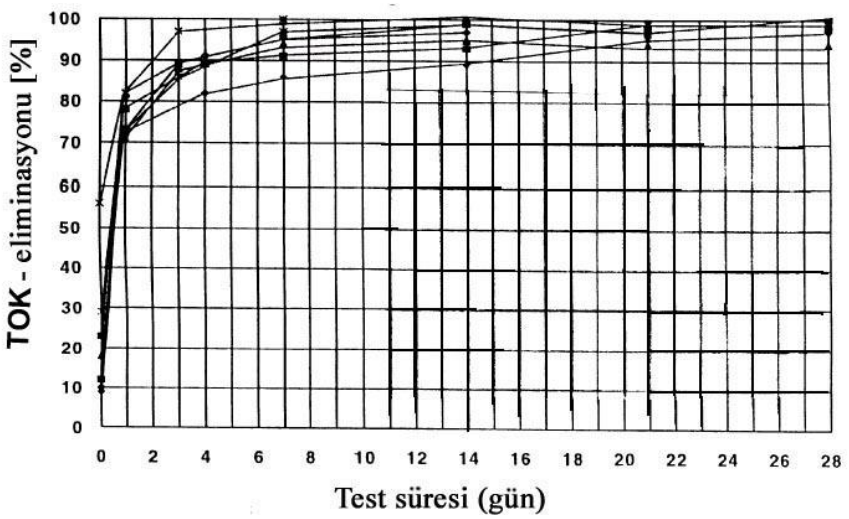
Yüksek etkili, kolay yıkanabilir haşıl maddeleri kullanıldığında ek avantajlar da elde edilmektedir. Yıkamayla kolayca uzaklaştırılabilmeleri, kimyasallar, su ve enerji tüketiminde önemli tasarrufların elde edilmesi anlamına gelirken, daha düşük madde ilavesi, boşaltılan atık sudaki KOİ yükünün azaltılması anlamına gelmektedir. Yüksek randımanlı yıkama makinelerinde haşıla ilave yardımcı maddelere (örneğin, emülgatörler) veya uzun yıkama sürelerine (daha az enerji tüketimi) gerek kalmadan, sadece düşük miktarlarda su kullanılarak sökülebilmektedir.

Poliakrilatlar, polivinilalkol ve modifiye nişasta sadece biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir değildirler, aynı zamanda haşıl geri kazanma teknikleri açısından da uygundurlar. Yeni poliakrilatlar neredeyse üniversal haşıl maddeleri olarak

kullanılabilme ek avantajına sahiptirler. Bu da bunların dokuma firmalarında haşıl olarak tekrar kullanım potansiyellerinin yüksek olması anlamına gelmektedir.

İşlemsel veriler

Modifiye nişasta, yeni jenerasyon- poliakrilatlar, belirli galaktomannanlar ve polivinil alkol esaslı 7 haşıl maddesi kombinasyonunun biyoeliminasyon eğrileri Şekil 4.3'de gösterilmektedir (ayrıca bkz. "Referans Tesisler").



Şekil 4.3: 14 gün içinde % 80'den fazlası biyoelimine edilen 7 farklı haşıl maddesi kombinasyonunun modifiye Zahn-Wellens Testindeki biyoeliminasyon eğrileri (EN 29888) [179, UBA, 2001]

Modifiye nişastalar, enzimatik veya oksidatif haşıl sökmeye gerek kalmadan su ile uzaklaştırılabilmektedirler (modifiye poliakrilatlar kadar kolay değil). Bunlar, biyolojik olarak elimine edilebilmektedirler, ancak hacimli, viskoz ve filamentli yapıda çöktürülmesi zor olan bir çamur oluşturmaktadırlar.

Polivinilalkol orta-bölgedeki pH'larda yıkamayla kolayca uzaklaştırılabilmekte ve geri kazanılabilmektedir. Alkali koşullarda, şişmekte, yüksek viskoz hale gelmekte ve uzaklaştırılması zorlaşmaktadır. Polivinil alkol sadece, aktif çamur adaptasyonu, 15 ^{o}C'un altında olmayan sıcaklıklar ve özellikle düşük besin/mikroorganizma oranları (F/M-oranları) (bkz. Bölüm 4.10.1) gibi belirli sistem koşulları altında biyolojik olarak parçalanabilmektedir. Alkali koşullarda, PVA çökelme problemleri de oluşturmaktadır.

Yukarıda bahsedildiği gibi, yeni poliakrilatlar daha az madde kullanıldığında da (bkz. aşağıdaki tablo) yüksek derecede etkilidirler, yalnız su kullanılarak uzaklaştırılabilmektedirler (enzimatik veya oksidatif haşıl sökmeye gerek yoktur) ve alkalilere karşı yüksek stabiliteye sahiptirler (kumaşı bir ön yıkama yapmadan direkt olarak ağartmak mümkündür). Klasik poliakrilatların aksine, yeni tipler, yüksek konsantrasyonlarda bile, Zahn-Wellens testi koşulları altında aktif çamura adsorbe olarak % 90'dan fazla elimine edilebilmektedirler. Üstelik, bunlar demirle kompleks oluşturarak suda çözünmez hale getirilebilmektedirler. Bu şekilde, haşılın tamamına yakını sadece az miktardaki çöktürücü ile çöktürülebilmektedir.

	Bilinen reçete (modifiye nişasta, vaks)	**Alternatif reçete (modifiye poliakrilat, PVA, vaks) (1)**
Haşıl aplikasyonu	% 13	% 10
Özgül KOİ ($g\ O_2$ /100 kg çözgü ipliği)	17800	11550
Toplam KOİ (t/yıl) (2)	712	462
KOİ-yükü azalması	-	% 35
Kaynak: [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Steidel, 1998" Notlar: (1) hava jetli tezgahta 650 rpm'de kesikli elyaf ipliğini haşıllamak için tipik işlem koşulları aşağıdaki gibidir: PVA: 7 kg; modifiye akrilat (% 25 sıvı): 7 kg; vaks: 0,4 kg; haşıl flottesi hacmi: 100 l; sıkma basıncı: 20 kN; haşıllama hızı: 100 m/dk (2) yıllık 4000 t çözgü ipliği üretimi üzerinden hesaplanmıştır		

Tablo 4.4: Konvansiyonel haşıl maddesi yerine poliakrilat esaslı alternatif reçetenin uygulanması sonrası KOİ'nın azalması

Yan etkileşimler

Biyolojik olarak daha yüksek elimine edilebilir/parçalanabilir haşıl maddelerinin kullanımı, uzaklaştırılacak çamur miktarının artmasına yol açmaktadır [179, UBA, 2001]. Bu çamur hacimli, filamentli ve çöktürmesi zor bir çamur olabilmektedir.

Uygulanabilirlik

Optimize edilmiş haşıllama reçetelerinin uygulanmasının teknik olarak tüm haşıllama bölümleri için uygulanabilir olmasına rağmen, tekstil zincirinin dünya çapındaki organizasyonu, entegre olmamış işletmeler ve özellikle malın geldiği dokuma işletmelerini etkileme açısından fason terbiyeciler için, zorluklar ortaya çıkarmaktadır.

Ekonomiklik

Çoğu durumda, biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddeleri kombinasyonları artık yüksek eliminasyon oranı talebini (OECD-test 302 B2 ye göre 7 gün sonunda > % 80) karşılamayan diğer haşıl maddelerinden daha pahalı değildirler [179, UBA, 2001].

Özellikle, poliakrilat esaslı alternatif sentetik yüksek-etkili haşıl maddelerine ilişkin detaylar aşağıdaki tabloda verilmektedir.

	Bilinen reçete (modifiye nişasta, vaks)	Alternatif reçete (modifiye poliakrilat, PVA, vaks) (1)
Haşıl maddeleri maliyeti (Euro/yıl)	260850	325850
Çözgü ipliği kopuşu (iplik kopuşu/10^5 tel)	5,8	3,0
En aza indirilmiş iplik kopuşu nedeniyle tasarruflar (Euro/yıl)	-	225000
Toplam tasarruf (Euro/yıl) (1)	-	160000
Kaynak: [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Steidel, 1998"e göre Notlar: (1)maliyet tasarrufları 8000 sa/yıl çalışan tipik bir dokuma işletmesi için hesaplanmıştır (100 dokuma makinesi, 310 rpm)		

Tablo 4.5: Konvansiyonel ve yüksek etkili/verimli haşıl maddeleri arasındaki karşılaştırma

Uygulama için itici güçler

Biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen haşıl maddelerinin seçiminde genellikle boşaltılan KOİ yüklerini asgariye indirmek ve çevresel koruma (bkz. EU Eko-etiketi) için artan endişeler, esas itici güç olarak göz önünde bulundurulmaktadırlar [179, UBA, 2001].

Biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir haşıl maddelerinin seçimi, AB Eko-etiketi, OSPAR, vs. gibi Avrupa düzeyindeki girişimlerce de teşvik edilmektedir.

Ayrıca, konvansiyonel haşıl reçetelerinin yüksek etkili/verimli olanlarla ikamesi, özellikle ön ıslatma tekniklerinin (bkz. Bölüm 4.2.5) uygulanması ile birlikte, haşıl tüketimini 1/3 veya daha fazla azaltarak dokuma işletmeleri için ekonomik motivasyon da sağlamaktadır.

Referans işletmeler

Çevresel olarak optimize edilmiş haşıl maddeleri dokuma işletmelerinde dünya çapında büyük oranda kullanılmaktadır.

UBA, İsviçre'de yaklaşık 20 dokuma işletmesinin gönüllü bir girişimini bildirmektedir. Biyolojik olarak elimine edilebilir 7 farklı haşıl maddesi formülasyonu geliştirilmiştir (ayrıca bkz. Şekil 4.3) ve halen uygulanmakta olan bu formülasyonlar tüm materyalleri ve dokuma tekniklerini kapsamaktadır. Bunlar:

- nişasta ve nişasta türevleri
- belirli poliakrilatlar
- polivinil alkol
- belirli galaktomannanlar

esaslıdırlar [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[51, OSPAR, 1994] P003, P004, P005, P008, P047, [179, UBA, 2001], [18, VITO, 1998], [169, European Commisssion, 2001], [77, EURATEX, 2000].

4.2.5 Çözgü ipliklerinin ön ıslatılmasıyla haşıl maddesi aplikasyonunun asgariye indirilmesi

Tanımlama

Pamuklu terbiye işletmelerinde haşıl sökme işlemlerinin atık sulardaki toplam KOİ'nın % 50-70' inden sorumlu olduğu bilinmektedir. Dokumaya hazırlama esnasında çözgü ipliğine uygulanan haşıl miktarının azaltılması, haşıl maddelerinden kaynaklanan organik yükün azaltılması için en etkili kirlilik önleme yöntemlerinden birisidir.

Haşıl aplikasyonunun on-line izlenmesi/kontrolü ve ön ıslatma teknolojisi, günümüzdeki mevcut seçeneklerdir.

Ön ıslatma teknolojisi, çözgü ipliğinin haşıllama işlemi öncesinde sıcak su içerisinden geçirilmesine dayanmaktadır. Çözgü ipliği sıcak suya daldırılmakta (ek bir sıcak su püskürtmesi mümkün olabilmektedir) ve sonra bir sıkma silindirleri çifti, haşıllama adımı öncesinde fazla suyu uzaklaştırmaktadır. Çift daldırma ve sıkma adımlı sistemler de kullanılmaktadır.

Ön ıslatma, daha homojen haşıllama etkisi, artan haşıl adhezyonu ve azaltılmış iplik tüylülüğü sağlamaktadır. Deneysel analizlerden daha düşük "nüve-haşıllaması" etkisinin meydana geldiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak liflere, dokuma verimini etkilemeden daha az miktarda haşıl maddesi uygulanabilmektedir. Bazı durumlarda, dokuma veriminde bir artış bile gözlenebilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

İplikler üzerindeki haşıl yükünün azaltılması, ön terbiye esnasında daha düşük miktarda haşıl maddesinin suya boşaltılması anlamına gelmektedir, bu da nihai atık suyun organik yükü üzerinde anında pozitif etki göstermektedir.

İşlemsel veriler

Çözgü levendinin özelliklerine ve işlenen ipliğin tipine (örneğin, iplik yoğunluğu, karışımdaki liflerin tipi) bağlı olarak, haşıl aplikasyonu miktarında yaklaşık % 20-50'lik bir azalma sağlamak mümkündür.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Ön ıslatma, bugün pratikte tüm pamuk ipliği çeşitleri ile pamuk/PES karışımlarında ve viskon ipliklerde denenmiştir. En iyi sonuçlar, ortadan kabaya kadar olan ipliklerde elde edilmektedir. Hem ring-iplikler, hem de OE- iplikler için, 5000 m'den daha büyük (>10000 m daha iyi) partilere uygulanabilmektedir. Bunun aksine, ilave yeterince kontrol edilemediği için yöntem küçük partilere (<5000 m) uygulanamamaktadır. Bu genellikle boyalı ipliklerde söz konusu olan bir durumdur.

Gözlemlenen teknik sorunlar, yüksek nem yüzdelerinin etkili ölçüm ve kontrolü ve ıslatma cihazlarının kalibrasyonu ile ilgilidirler [281, Belgium, 2002].

İki haşıl tekneli mevcut haşıl makineleri, ilk haşıl teknesini ön ıslatma ve ikinci tekneyi haşıllama için kullanarak, yeniden konstrükte edilebilmekte/güncelleştirilebilmektedirler.

Avrupa'da terbiye işlemi gören pamuklu kumaşların yüksek bir yüzdesi aslında Avrupa Birliği dışındaki ülkelerden (örneğin, Hindistan) ithal edilmektedir. Buralarda bu kontrol yöntemleri henüz yaygın biçimde kullanılmamaktadır. Sonuç olarak, pratikte bu kirlilik-önleme tedbiri, fason işletmelerden ziyade entegre işletmelerde daha kolaylıkla ve anında uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik

Ön ıslatma teknelerine sahip haşıllama ekipmanı, ön ıslatma bölümü olmayan haşıllama ekipmanlarından yaklaşık 25000-75000 Euro daha pahalıdırlar. İşletme giderleri çok az daha yüksektir, zira ön ıslatma suyu için gerekli ilave harcama, haşıl flottesi tüketimindeki azalma ile karşılanmaktadır.

Ön ıslatmalı ve ıslatmasız haşıllama arasındaki bir direkt kıyaslama (bir İtalyan dokuma işletmesinin işlemsel verileri), yaklaşık % 27'lik maliyet tasarrufu, % 22'lik haşıl makinesi hızı artışı ve yaklaşık % 0,2'lik dokuma verimi artışı sağlanabildiğini göstermektedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Haşıl maddesi tasarrufları, dokuma veriminin artması ve atık su yükünün azalması (çevresel maliyet tasarrufları), ön ıslatma teknolojisinin uygulanması için itici güçlerdir.

Referans işletmeler

Benninger Zell GmbH, Zell, Almanya tarafından tüm dünyaya yaklaşık 100 ön ıslatma teknesi satılmıştır. Deutsche Babcock Moenus Textilmaschinen AG, Mönchengladbach'ın 60 ön ıslatma teknesi 40 tesiste kullanılmaktadır. Diğer bir ön ıslatma sistemleri tedarikçisi de, Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH, Obertshausen, Almanya'dır [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[179, UBA, 2001].

4.2.6 Lif üzerinde azaltılmış haşıl maddesi yüklerine izin veren yöntemlerin kullanımı (kompakt eğirme)

Tanımlama

Normalde, ring iplikçiliğinde, çekim sistemi sonrası bir eğirme üçgeni oluşturulmaktadır. Lifler eğirme üçgeninden geçerken büküm verilerek sağlamlaştırılamamakta ve bu nedenle iplik kopuşları ve iplik tüylülüğü oluşmaktadır. [179, UBA, 2001]'da atıfta bulunulan "Artz, 1995"e göre, kompakt iplikçilikte lif demetleri çekim sistemi sonrası pnömatik aygıtlar vasıtasıyla (düşük basınç uygulaması) sıkıştırılmaktadırlar. Böylece, daha yüksek iplik kalitesi (artan lif mukavemeti ve uzama, azaltılan tüylülük, artan aşınma dayanımı) oluşmaktadır**.**

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Kompakt iplikler konvansiyonel ring ipliklere nazaran, daha iyi işlenme özelliklerine ve haşıl aplikasyonu miktarı % 50'ye kadar varan oranlarda azaltıldığında dahi, dokuma esnasında daha az iplik kopuşuna sahiptirler. Bu da, haşıl sökmedeki atık su yükünde önemli bir azalmaya neden olmaktadır. Azaltılan tüylülük nedeniyle, artık ipliklere parafin uygulanmasına da gerek kalmamaktadır [179, UBA, 2001].

İşlemsel veriler

Bilgi elde edilememiştir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Uygulanabilirlik saf pamuk iplikleri için kanıtlanmıştır. Kompakt ipliklerin (ve bunlardan yapılan kumaşların) görünüm ve teknolojik özelliklerinin, konvansiyonel ring ipliklerinkinden farklı olduğuna dikkat edilmelidir. Daha düşük iplik tüylülüğü, örme mallar için üretilen ipliklerde istenmeyen bir etkidir.

Mevcut iplik makinelerinin adaptasyonu kısmen mümkündür [179, UBA, 2001].

Ekonomiklik

İplik üretimindeki ek maliyetler, dokuma işletmesindeki daha yüksek verimlilik ve daha düşük haşıl aplikasyonu sayesinde dokuma işletmesinde sağlanan maliyet tasarrufları ile kısmen veya tamamen karşılanmaktadır. Terbiye işletmelerinde de maliyetlerin düşmesi beklenmektedir (örneğin, daha düşük miktarlardaki haşıl maddeleri sebebiyle, daha düşük atık su arıtma maliyetleri) .

Uygulama için itici güçler

Daha iyi iplik kalitesi ve yeni efektler/tasarımlar yaratma olasılığı, kompakt iplik makineleri kullanımı için başlıca nedenlerdir.

Referans işletmeler

Şu an çoğunluğu İtalya'da olmak üzere, yaklaşık 250000 iğ kurulmuştur, ["ITV, 2001"].

Kompakt iplik makineleri
- Rieter Textile Systems, CH-Winterhur
- Zinser Textilmaschinen, D-Ebersbach
- Spindelfabrik Süssen, D-Süssen

tarafından imal edilmektedirler.

Referans lieratür

[77, EURATEX, 2000], [179, UBA, 2001]

4.2.7 Ham materyaldeki organik klor ektoparazitisit (OC) kalıntılarının, ikame yoluyla en aza indirilmesi

Tanımlama

Organik klor ektoparazitisitler, bazı ülkelerde yasal veya yasadışı olarak koyunların bakımında halâ kullanılmaktadırlar. OC'ler, çevrede toksik etki göstermektedirler, kalıcıdırlar ve biyoakümülatiftirler. Muhtemelen, uzun süreli etkilere sahiptirler ve aslında yün üzerinde bulunan en tehlikeli ektoparazitsitlerdir. Bazı OC'lerin endokrini bozan etkilerinin olmasından da şüphelenilmektedir.

OC'ler önemli yün üreticisi ve ihracatçısı ülkelerde kullanılmamaktadırlar. Buna rağmen bu ülkelerden gelen yünlerde de, geçmişteki kontaminasyondan kaynaklanan kalıntı düzeyinde OC pestisitleri bulunmaktadır. OC'lerin elimine edilmediği ikinci derecede önemli yün tedarikçileri, Arjantin, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Türkiye ve eski Sovyetler Birliği'dir. Bu nedenle günümüzde, lifin coğrafi kaynağının bilinmesi, olası OC pestisit içeriği için en güvenilir rehberdir.

Bazı organizasyonlar, yağıtılı ve yıkanmış yapağıların pestisit içerikleri hakkında kayıt tutmaktadırlar. İmalatçılar, yapağı üreticisi tarafından OC içeriğinin 1 mg/kg'dan daha az olduğunu gösteren bir analitik sertifika temin edilmezse, şüpheli yünü işlemekten kaçınmak için, bu kayıtları kullanabilmektedirler. Böylece, kirlenmiş yapağı ticaretinin önü kesilecek ve koyunların bakımında halâ OC kullanan bu yün üreticileri bundan vazgeçecektirler. Bilgi olmadığında, numuneler pestisit içeriğinin tespiti için analiz ettirilmelidirler, ancak bu seçenek imalatçılar için daha yüksek maliyetlere neden olmaktadır.

Yün boyahanelerinde, yapağı yıkama işlemi yağıltılı yapak üzerinde bulunan OC'lerin önemli bir kısmını uzaklaştırmaktadır ve bu bileşikler yün yağı ile birlikte yıkama işleminden kaynaklanan katı ve sıvı atıklara geçmektedirler (bkz. Bölüm 2.3.1.2 ve 3.2.1). Yıkanmış yapağı böylece, orijinal yağıltılı yapağıdaki pestisit yükünün % 10'undan daha azını içermektedir.

Düşük yağ miktarları kalıncaya kadar yıkanan yapağılardaki OC miktarlarının da, en düşük seviyelerde olması beklenmektedir. Ancak yapağı yıkamalarının etkinliğine ilişkin pratik limitler bulunmaktadır ve bazı durumlarda sonraki mekanik işlemlerde yardımcı olması için, lif üzerinde biraz lanolin kalması istenmektedir. % 0,4 ve 1,0 arasında kalan yağ içeriği optimal olarak kabul edilmektedir. % 1'den çok daha yüksek yağ kalıntısı içeren liflerin, etkili bir yapak yıkamadan geçmiş olmaları olasılığı çok düşüktür ve imalatçılar bu tür materyalleri, pestisit içeriğini analizler ile onaylamaksızın, düşük karışım oranlarında bile olsa kullanmaktan kaçınmalıdırlar.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Yapağı yıkama, boyama ve terbiye işlemleri atık sularındaki ve tekstil atık sularını arıtan tesislerdeki suların OC emisyonları azalacaktır. Arıtılmış atık suyu alan yüzey sularındaki OC'lerin çevresel konsantrasyonları da düşecektir. Büyük bir olasılıkla sıvı atık çamurundaki konsantrasyonlar da düşecektir.

Kontrol önlemlerinin etkinliği aşağıdaki Birleşik Krallık örneği ile değerlendirilebilmektedir. West Yorkshire'daki Calder nehrine, Dewsbury sıvı atık arıtma tesisinde arıtılmış tekstil atık suları boşaltılmaktadır. Bu tesis yün halı lifi işleyen on boyahane, iki yün yıkama şirketi ve bir tabakhaneden gelen atık suları arıtmaktadır. Nehir, AB Çevresel Kalite Standartlarına uygunluk için düzenli bir şekilde kontrol edilmektedir.

Tablo 4.6 Haziran 2000'e kadarki iki yıl içerisinde düzenleyici (Çevre Bürosu) tarafından bildirilen, arıtma tesisinin alt kısmında kalan nehir suyu konsantrasyonlarını (ng/l) göstermektedir. Bu veriler, bu havzada tekstil sanayii (ve diğerleri) tarafından alınan önlemlerin, OC emisyonlarını saptanma limiti altına düşürmeye ve AB Çevresel Kalite Standartları sınırları içinde tutmaya yeterli olduğunu göstermektedir.

	Gamma (HCH) (1)	Aldrin	Dieldrin	Endrin	DDT (2)
AB Çevresel Kalite Standardı (nanogram/litre)	100	10	10	5	25
Ölçüm limiti (nanogram/litre)	1,0	2,0	3,0	2,0	5,0
Haziran 2000'e kadarki 2 yıl içerisinde analiz edilen örneklerin toplam sayısı	27	24	24	27	23
> Ölçüm limiti olan örnek sayısı	19	0	2	0	23
Kaydedilen maksimum değer (nanogram/litre)	61	--	6,0	--	--
Kaydedilen minimum değer (nanogram/litre)	3,0	--	4,0	--	--
Kaydedilen ortalama değer (3) (nanogram/litre)	16,4	--	5,0	--	--
< Ölçüm limiti olan örnek sayısı	8	24	25	27	23
EQS'den daha büyük örnek sayısı olan	0	0	0	0	0

Kaynak: [32, ENco, 2001]
Notlar:
(1) Tüm örnekler için Alfa ve Beta HCH de ölçülmüş ve < 1 ng/l olarak kaydedilmiştir
(2) op ve pp DDT'nin toplamı
(3) Bu değerler ölçüm limitinin (LOQ) altındaki sonuçları ihmal etmektedir.
< LOQ olan bütün değerler hesaba katılsaydı ve bu değerler için LOQ'nun yarısı kadar bir değer kabul edilseydi, ortalama değer Gamma HCH için 11,7 ve Dieldrin için de 1,7 olacaktı.

Tablo 4.6: Clader nehrinin Dewsbury Sıvı Atık Arıtma Tesisinin (Birleşik Krallık) alt tarafında kalan kısmında ölçülen organik klor pestisit konsantrasyonları. Veriler Haziran 2000'e kadarki 2 yıl içindir

İşlemsel veriler

İşletme atık sularında OC'ların bulunması, verilen herhangi bir zamanda işlenmekte olan lif karışımına bağlıdır ve bu nedenle son derece düzensiz olma olasılığı yüksektir. Çoğu durumda konsantrasyonlar güvenilir analitik saptama limitinin altında kalmaktadır. Bundan dolayı işletme atık suları analizlerinin, emisyonların gerçeğe yakın bir tahminini sağlama olasılığı daha zayıftır. OC'ların varlığı için, hammaddelerin kontrolü, atık su akımları girdi ve dolayısıyla çıktılarının kontrolüne nazaran daha gerçekçi bir izleme sağlayacaktır.

Günümüzde, küçük lif partilerinin her birinin ayrı ayrı test edilmeleri geçerli değildir. Bununla birlikte, farklı coğrafik bölgelerden gelen yapağıların ortalama OC içerikleri hakkında çeşitli kaynaklar mevcuttur. İmalatçılar potansiyel olarak kirletilmiş yapağıyı işlemekten kaçınmak için, bu verilerde belirtilen eğilimleri izlemelidirler.

Yan etkileşimler

Tüm ortamlar üzerindeki etkilerinin olumlu olması beklenmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem hammaddelerini kendileri satın alan tüm imalatçılar ve müşteriyle işbirliği yapan fason yıkama ve terbiye işletmeleri tarafından uygulanabilmektedir.

Bununla birlikte, işletmelerden bir işi yapmamaları talep edilirse, onlara, örneğin önlemlerin tüm Avrupa Birliği'nde kabul edilmesi ve uygulanması gibi, eşit koşullar garanti edilmelidir.

Birleşik Krallık işletmeleri, bazı kaynaklardan gelen yapağılarda bulunabilecek organik klor bileşikleri kaçaklarını halen seçici satın almayla veya kaynak şüpheli ise sertifikasyon yoluyla azaltmaktadırlar. Bu stratejinin, özellikle hammaddelerini kendileri satın alan firmalarda başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Tedarik zincirinin daha alt basamaklarında ise, fason çalışan firmalar, gelen materyalin kalitesini ve bunlara ait verileri tedarikçilerden isteyerek düzenleyebilmektedirler.

Ekonomiklik

Pestisit içeriğini esas alarak bir tedarik kaynağının yerine bir diğerini ikame etmek, sanayiye büyük maliyet getirebilmektedir. Kârlı bir işin sürdürülmesi, kısmen bu iki faktör arasındaki dengeyi bulmaya ve doğru teknik özelliklere (lif çapı, lif uzunluğu, renk, vs.) sahip yapağıyı en ekonomik fiyattan satın almaya bağlıdır.

Tüccarlar ve tops üreticileri için, yün partilerinin örneklenmesi ve analiz maliyeti, örneğin 10 tonluk bir parti için yaklaşık 200 Euro veya 0,02 Euro/kg civarında olabilmektedir. Limit üzerindeki değerlerin bulunduğu yün partileri için muhtemelen pahalı lojistik problemler ortaya çıkabilecektir. İhracatçı için çözüm yolu, kontratına taleplerine uygun koşulları ilave etmek ve yapağının, üretildiği ülkeden ihraç edilmeden önce örneklenmesi ve analiz edilmesini sağlamak, olabilmektedir. Burada, örnekleme, analiz ve sertifikasyon işlemlerinin kalitelerinin garanti edilmiş olması gerekmektedir.

Teknik, yün üreticisi ülkelerde koyun bakımında OC'ların kullanımını engelleyeceği için, potansiyel olarak OC'larla kirlenmiş yapağıyı üreten kaynaklar gittikçe azalacak ve bu maliyet en sonunda sıfıra inecektir.

Uygulama için itici güçler

İtici güçler su kirliliğinin ve uzun süreli etkilerin önlenmesi, çamurun tarımsal alanlara güvenle boşaltılabilme olasılığının artması ve yün yağındaki OC'ların azalmasıdır.

Referans işletmeler

OC emisyonlarını kontrol etmek için, yünün seçimli olarak işlenmesi ve satın alınması, Birleşik Krallık yapağı yıkama şirketleri ve yün boyacıları tarafından halen uygulanmaktadır.

Avusturalya'daki CSIRO da, Avrupalı imalatçıların Avustralya yününü güvenle almalarını sağlamak için, test ve sertifikasyon programları geliştirmektedir.

Referans literatür

[32, ENco, 2001], [187, INTERLAINE, 1999], [97, CIRO, 2000], [202, Ian M. Russel, 2000].

4.2.8 Hammaddedeki organik fosfat ve sentetik piretroid ektoparazitisit kalıntılarının, ikame yoluyla en aza indirilmesi

Tanımlama

Hayvan çiftçiliklerinde yasal olarak kullanılan ve OP'lar ve SP'ler olarak simgelenen diğer bileşiklerin ikame yoluyla kontrol altında tutulmaları, OC'lerde oluğundan daha zordur. İşletme atık sularında OP ve SP pestisitlerin bulunması, herhangi bir zamanda işlenmekte olan lif karışımına bağlıdır ve bu nedenle son derece düzensiz olma olasılığı yüksektir. Atık sulardaki konsantrasyonları güvenilir analitik saptanma limitlerinin altında olabilmektedir.

OP'lar ve SP'lerin varlığı için, hammaddelerin izlenmesi, işlem akışındaki girdilerin ve dolayısıyla çıktıların kontrolünden daha gerçekçi kontrol olanakları sağlayabilmektedir.

Bazı ikinci derecedeki üretici ülkelerden gelen yapağılarda esas olarak OP ve SP kalıntıları bulunmadığı bilinmektedir, çünkü ya bu materyaller bu ülkelerde bulunmamaktadır, ya da iklim veya yerel uygulamalar, bunların kullanılmamalarını gerektirmektedir. Bu kaynaklardan temin edilebilen elyaf miktarı azdır ve global pazar talebini karşılamak için üretimi arttırma olanakları sınırlıdır. Bu kaynaklardan temin edilen yapağıyı kullanarak, yaygın bir ikame uygulanabilmesi olası görülmemektedir.

En önemli yapağı üreticisi ülkelerdeki yün üretimi ve pazarlamasından sorumlu yetkili kurumlar, iyi elyaf yönetimi ve kontrollü aplikasyon prosedürleri uygulayarak ve koyunların ilaçlanması ile yün hasatı arasında geçmesi önerilen sürelere dikkat ederek OP ve SP kalıntılarını azaltmanın önemini kabul etmişlerdir. Bu doküman yazıldığı sıralarda, lider yetiştirici ülkeler ile uygulanmakta olan işbirliği programları sayesinde yün üzerindeki ortalama OP ve SP kalıntılarının ilerleyen bir şekilde azalması sağlanmıştır. Sanayi bu stratejileri geliştirmeye devam etmektedir ve bu zaman içinde, belki de sertifika ile de desteklenen, düşük pestisitli yün partilerinin yaygın olarak temin edilebilirliğine yol açabilecektir.

İmalatçılar büyük üretici ülkeler ile diyaloglara devam ederek, düşük pestisit kalıntısı içeren yapağıların artmasını teşvik etmelidirler.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

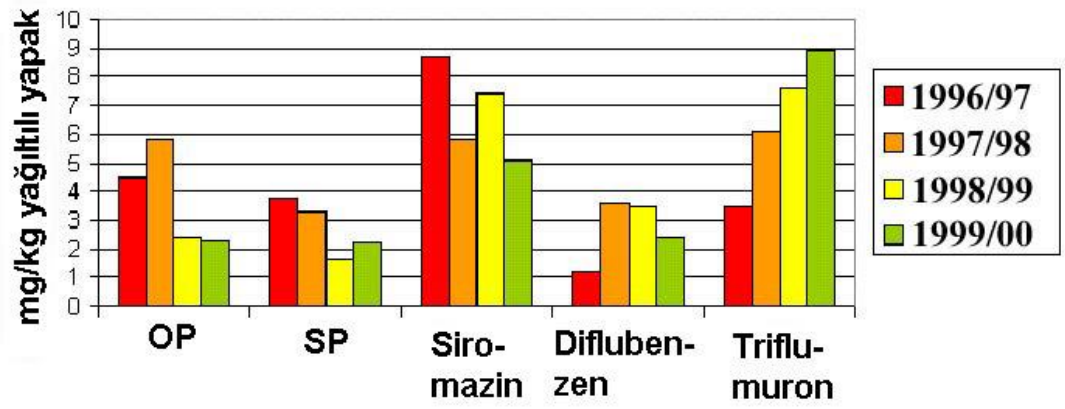
Boyama ve terbiye işlemlerinden ve tekstil atık sularını arıtan arıtma tesislerinden gelen atık sulardaki OP ve SP emisyonları azaltılacaktır. Bu bileşiklerin, arıtılmış atık suların akıtıldığı yüzey sularındaki çevresel konsantrasyonları ve aynı şekilde kanalizasyon suyu çamurlarındaki konsantrasyonları da düşecektir.

İşlemsel veriler

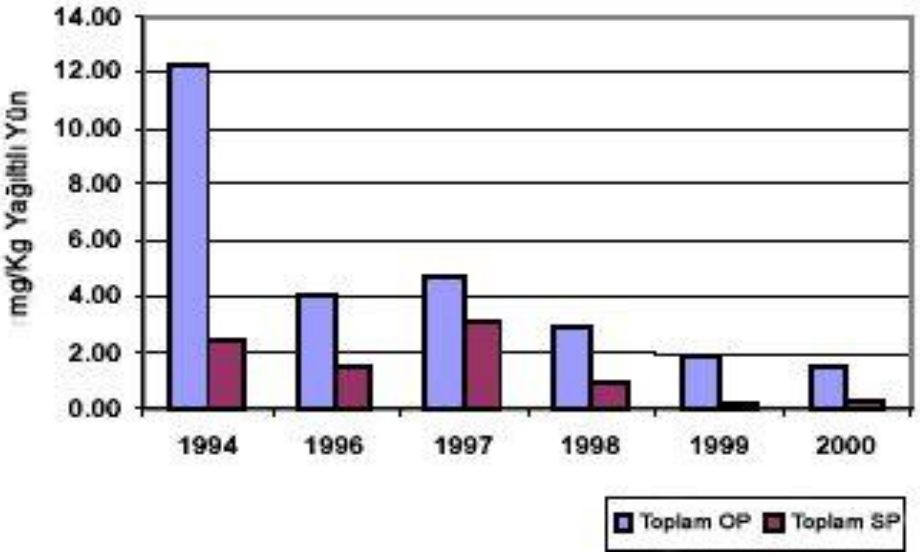
Şu anda yapağıların, OP ve SP içeriklerini esas alarak seçimi, yaygın olarak uygulanmamaktadır. Bu nedenle yazım esnasında doğrudan işlemsel deneyime sahip olunmadığı söylenebilmektedir [32, ENco, 2001]. Bununla birlikte, ticaret dernekleri ve yünü destekleme kurumları vasıtasıyla faaliyet gösteren sektör, bugün büyük üretici ülkelerdeki yapağı üretim sanayilerini, ortalama kırkım konsantrasyonlarını gittikçe daha fazla azaltan pestisit azaltma programlarında yer alacak şekilde etkilemişlerdir.

Örneğin, şu anda Avustralya'daki CSIRO Tekstil ve Lif Teknolojisi tarafından bir düşük-kalıntı belgelendirme projesi desteklenmektedir.

Ortalama kırkım konsantrasyonlarında bir azalma elde etmek için gerekli kaynaklar hiç de az değildir, ancak bu stratejinin etkinliği, Avustralya ve Yeni Zelanda yün kırkımının son yıllardaki ortalama OP ve SP verileri referans alınarak gösterilebilmektedir (bkz. aşağıdaki Şekiller).



Şekil 4.4: 1996'dan 1999'a kadar Avustralya tulubu üzerindeki kalıntılar, [202, Ian M. Russel, 2000]



Şekil 4.5: Yeni Zelanda yağıltılı yapağındaki ortalama pestisit kalıntıları, 1994-2000 [32, ENco, 2001]

Yan etkileşimler

Tüm ortamlar üzerindeki etkilerinin olumlu olması beklenmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem, hammaddelerini kendileri satın alan tüm imalatçılar ve müşterilerle işbirliği yapan fason yıkama ve terbiye işletmeleri tarafından uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik

Yapağı fiyatı, iplik üretiminin toplam ekonomikliği üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. İplik imalatçıları (hem satmak için iplik üretenler, hem de entegre işletmeler) yapağıyı, hem teknik değerine hem de fiyatına göre seçmektedirler. Kârlı bir iş sürdürülmesi, kısmen bu iki faktör arasındaki dengeyi bulmaya ve doğru teknik özelliklere (örneğin, lif çapı, lif uzunluğu, renk) sahip yapağıyı en ekonomik fiyattan satın almaya bağlıdır. Pestisit içeriğini esas alarak, bir tedarik kaynağının bir diğeriyle ikamesi, sanayi için önemli maliyet artışlarına neden olabilimektedir [32, ENco, 2001].

Referans literatür

[32, ENco, 2001], [897, CSIRO, 2000], [202, Ian M. Russel, 2000].

4.3 Kullanılan kimyasalların seçimi/ikamesi

4.3.1 Tekstil boyarmaddeleri ve yardımcı maddelerinin atık suyla ilişkilerine göre seçimi

Tanımlama

Son 15 yıl süresince, ekotoksikolojik değerlendirme ve sınıflandırma için çeşitli şemalar geliştirilmiştir. Bunlar Hollanda'da Hollanda Genel Değerlendirme Metodolojisi (RIZA-konsepti), Danimarka'da SCORE-sistemi, İsviçre'de BEWAG-konsepti ve Almanya'da sanayi tarafından yetkililerle işbirliği içinde geliştirilen TEGEWA şemasını kapsamaktadır.

Bu şemaların üçü- TEGEWA şeması, SCORE–Sistemi ve Hollanda Genel Değerlendirme Metodolojisi-sırasıyla Alman, Danimarkalı ve Hollandalı TWG üyeleri tarafından BAT'ın belirlemesinde dikkate alınacak teknikler olarak önerilmişlerdir. Üç yöntem de Bölüm 13'te yer almaktadır (önerilen dokümanların özetleri).

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Kaynakların üçü de, tavsiye edilen şemaları, kullanıcıların tekstil boyalarını ve yardımcı maddelerini ekotoksikolojik yönden seçmelerine yardımcı olan yararlı araçlar olarak dikkate almaktadırlar. Bu nedenle, miktarını saptamak/değerlendirmek zor olmasına rağmen, su kalitesine dolaylı yararları beklenmektedir.

TEGEWA'ya göre, yöntemin 1998 yılında Almanya'da tanıtımından sonra, Sınıf III'e giren ürünlerin (TEGEWA sınıflandırma şemasına göre, "atık suyla yüksek derecede ilişkili" ürünlerin) tüketiminde bir azalma meydana gelmiştir. Bu durum aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

	Sayı				Miktar (t/yıl)				Miktar (%)			
	1997	**1998**	**1999**	**2000**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**
Sınıf I	2821	3020	3242	3164	98446	105983	102578	104406	63	67	75	77
Sınıf II	1499	1485	1358	1258	29972	39422	23321	22103	29	18	17	16
Sınıf III	460	417	358	297	27574	23830	10231	9206	18	15	8	7
Toplam	4780	4922	4958	4719	155992	159235	136130	135715	100	100	100	100

Tablo 4.7: Almanya'da 1997'den 2000'e kadar satılan tekstil yardımcı maddeleri: TEGEWA'ya göre sınıf I, II, III'de yer alan tekstil yardımcı maddelerinin sayı, miktar ve yüzdeleri [179, UBA, 2001]

Yan etkileşimler

Her iki kaynağa göre de oluşması beklenmemektedir. Bununla birlikte, bazı mülâhazaları belirtmekte fayda vardır:

- AB/OSPAR, kimyasal maddelerin seçimi ve önceliği için kriterler saptamıştır. AB/OSPAR kriterlerinin sonuçları, tavsiye edilen sınıflandırma şemalarından çıkan sonuçlar ile tamamen uyum göstermeyebilmektedir
- bir tehlike değerlendirmesi, gerçek risk veya toplam atık su yükünü değil, sadece ürüne özgü özellikleri dikkate almaktadır. Tehlike ve risk arasında ayrım yapmak çok önemlidir. Risk, tehlike ve maruz kalmanın bir fonksiyonudur. Bu faktörlerin birisi sıfırsa, risk de sıfırdır. Diğer taraftan, maruz kalma veya temas (örneğin, miktar, kullanım sıklığı, tükenme derecesi… gibi), yüksekse, daha az tehlikeli bir ürün, daha

tehlikeli bir üründen daha yüksek bir risk yaratabilmektedir. Tehlike ve maruz kalma risk değerlendirmesinin (AB politikası tarafından göz önünde bulundurulan) temel öğeleridir. Kimyasalların kullanımından kaynaklanan risklerin kontrolünün doğru değerlendirilmesi, sadece risk değerlendirmesi yoluyla başarılabilmektedir [102, ETAD, 2001]

- kullanıcıların (hem sanayi, hem de yetkililer) sonuçların kritik bir değerlendirmesini yapmalarına yardımcı olmak için, proses adımlarının ve bir ürünün belli bir tehlike sınıfına yerleştirilmesini destekleyen bilgilerin şeffaf olmaları önem taşımaktadır.

Uygulanabilirlik

Kullanıcı/tekstil terbiyecisi açısından, TEGEWA yönteminin uygulanması belirli kaynakların harcanmasına gereksinim duymamaktadır, çünkü ürünleri kimyasal madde üreticileri sınıflandırmaktadırlar.

Diğer taraftan, Danimarka SCORE–sisteminin uygulanması, yetkililerin ve firmaların sistemin kurulması için gerekli olan çalışma saatlerini bu işe tahsis etmelerini gerektirmektedir. Firma sisteme katıldıktan sonra ise, sistemin sürdürülmesi için her yıl yaklaşık 25-50 çalışma saati gerekli olmaktadır [192, Danish EPA, 2001].

Bu tür araçların Avrupa seviyesindeki yaygın uygulanabilirliği, yöntemin ilgili taraflar (örneğin, sanayi ve ulusal yetkililer) tarafından kabul derecesine bağlıdır.

Ekonomiklik

Kaynaklara göre, önerilen bu iki sınıflandırma aracının halen uygulanmakta olduğu Almanya veya Danimarka'da önemli ekonomik sorunlarla karşılaşılmamıştır.

Uygulama için itici güçler

Yetkililerden gelen talep [192, Danish EPA , 2001].

Referans işletmeler

SCORE-sisteminin uygulanması, Danimarka Ringkjobing'deki tekstil ve hazır giyim sanayii için çevreyle ilgili ruhsatların bir parçası olarak mütalaa edilirken, TEGEWA şeması Almanya'da 1998'den beri uygulanmaktadır.

Referans literatür

[192, Danish EPA, 2001], [37, TEGEWA, 2000], [179, UBA, 2001] ile bunda atıfta bulunulan:

"Leper 1996"
Lepper, P.; Schönberger, H.
Konzipierung eines Verfahren zur Erfassung und Klassifizierung von Textilhilfsmitteln Abschlussbericht FKZ 10901210 zu einem Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes (1996)- nicht veröffentlicht

"TEGEWA, 1998"
Noll, L. ; Reetz, H.
Gewässerökologisch orientierte Klassifizierung von Textilhilfsmitteln
Melliand Textilberichte 81 (2000) 633-635

"TVI -Verband, 1997"
Verband der deutschen Textilveredlungsindustrie, TVI-Verband, D-Eschborn

Official and published self-commitment concerning the classification of textile auxiliaries according to their waste water relevance, dated 27.11.1997 (1997)

4.3.2 Emisyon faktörü kavramı (havaya emisyon)

Tanımlama

Emisyon faktörü kavramı, termofiksaj, termosol işlemi, emdirme ve terbiye maddeleri fiksajından gelen atık havada bulunabilen tehlikeli maddeler ile uçucu organik karbonların emisyonlarını kapsamaktadır. Kavram, Almanya'da kamu yetkilileri (ulusal ve federal devletler seviyesinde) tarafından, Alman Tekstil Terbiye Sanayii Derneği (TVI-Verband) ve TEGEWA "LAI, 1997" ile işbirliği içinde geliştirilmiştir.

Bu kavramın temel prensibi, çoğu durumda yardımcı madde formülasyonlarındaki tek bileşenler tarafından oluşturulan emisyonların birbirleriyle toplanabilir olmasıdır. Sonuç olarak, her bir reçetenin emisyon potansiyeli, formülasyonda bulunan tek maddeler için verilen emisyonlar (ancak belirli maddeler için, emisyon ve işlem parametreleri arasındaki korelasyon daha komplekstir) esas alınarak hesaplanabilmektedir.

Aşağıda belirtilenler arasında ayrım yapmak gerekmektedir:
- madde-esaslı emisyon faktörü ve
- tekstil-materyali esaslı emisyon faktörü.

Bölüm 3.3.3.5.6'da daha önce de tanımlandığı gibi, *madde esaslı emisyon faktörü* (fc veya fs), tanımlanmış işlem koşullarında (işlem süresi, işlem sıcaklığı ve materyal cinsi) yardımcı maddenin 1 kilogramından açığa çıkabilen gram cinsinden madde miktarı (organik veya inorganik) olarak tanımlanmaktadır. İki tür madde-esaslı emisyon faktörü bulunmaktadır: 1) formülasyonda bulunan ve toplam organik karbon olarak ifade edilen maddeler tarafından oluşturulan toplam emisyonu gösteren fc, 2) formülasyonda bulunan özel toksik veya kanserojen organik maddeler veya amonyak, hidrojenklorür, vs. gibi inorganik bileşikler tarafından oluşturulan emisyonları gösteren fs.

Yöntemin geniş ölçüde uygulandığı Almanya'da, yardımcı madde tedarikçileri tarafından terbiyecilere, Materyal Güvenlik Verileri Dokümanlarında verilen bilgilere ilave olarak, madde-esaslı emisyon faktörleri de, temin edilmektedir. Faktörler: ölçümler, hesaplamalar veya anoloji yoluyla ulaşılan sonuçlarları (madde-esaslı emisyon faktörlerinin hesaplanması için TEGEWA rehberine göre) esas almaktadırlar [287, Germany, 2002].

Tekstil materyali-esaslı emisyon faktörü (WFc veya WFs), tanımlanmış işlem koşullarında (işlem süresi, işlem sıcaklığı ve materyal cinsi) söz konusu yardımcı madde formülasyonu ile işlem gören bir kilogram tekstil ürününden açığa çıkabilen, gram cinsinden organik ve inorganik madde miktarı olarak tanımlanmaktadır. Tekstil–materyali esaslı emisyon faktörü, formülasyonun/reçetenin her bir bileşeninin emisyon faktörleri (fc veya fs), bunların flottedeki (FK) konsantrasyonları ve alınan flotte miktarları (A_F) esas alınarak hesaplanabilmektedir. Tekstil-esaslı emisyon faktörünün hesabına ait bir örnek Tablo 3.44'de verilmektedir.

Hesaplanan tekstil materyali-esaslı emisyon faktörleri WFc/s, daha sonra, çevre yetkilileri tarafından oluşturulan tekstil-materyali esaslı emisyon faktörleri için limit değerlerle (standart hava/tekstil materyali oranı olarak, 20 m^3 hava/kg tekstil materyali oranı esas alınarak) kıyaslanabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Bu kavram, tekstil terbiyesinden gelen hava emisyonlarını kontrol etmek ve ölçmek için bir sistem olarak mütalâa edilmektedir. Yardımcı madde-esaslı emisyon faktörleri verilen

reçetenin emisyonunu, tek tek bileşenlerin emisyon faktörlerini esas alarak tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır. Böylece işlem operatörü daha uygulamaya başlamadan önce, işleminin emisyonlarını bilmektedir. Bu sayede daha ürün ve işlem tasarım adımında iken, örneğin yardımcı madde miktarını azaltarak veya daha düşük emisyon potansiyeline sahip yardımcı maddeleri seçerek emisyonları kaynağında en aza indirebilmek hususunda yoğunlaşabilmektedir.

İşlemsel veriler

Tipik yardımcı madde-esaslı emisyon faktörleri Ek IV'de özetlenmektedir.

Terbiye reçetelerinin/formülasyonlarının hava emisyonlarının, tekstil materyali-esaslı emisyon faktörlerinin ön hesaplaması yoluyla kontrolü, düzenli bir biçimde (yılda en az bir kez) ve özellikle de yeni bir reçete kullanılmadan önce veya mevcut reçetenin bileşenleri değiştirildiğinde yapılmalıdır.

Aşağıdakiler, Almanya'da uygulanan ve Emisyon Faktörü Konseptinin uygulanması sayesinde elde edilebilen, 20 m^3/kg hava/tekstil materyali oranına ait hava emisyon değerlerini yansıtmaktadırlar:

- toksik maddeler, şüpheli kanserojenler gibi zararlı maddeler: tüm tesisten gelen 0,10 kg/saat veya daha yüksek emisyon kütlesi akışı ile toplam emisyon olarak ≤ 0,4 g/kg tekstil materyali
- kanserojen maddeler: tüm tesisten gelen 2,5 g/sa veya daha yüksek emisyon kütlesi akışı ile toplam emisyon olarak maksimum 0,02 g/kg tekstil materyali
- diğer organik maddeler: tüm tesisten gelen 0,8 kg Org.-C/saat veya daha yüksek emisyon kütlesi akışı ile toplam emisyon olarak ≤ 0,8 g C/kg tekstil materyali.

Yardımcı madde formülasyonlarında bulunan 500 ppm'i aşan Sınıf I'e ait tüm maddelerin (3.1.7 TA-Luft) bildirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, 10 ppm'i aşan, 2,3 TA-Luft (kanserojen maddeler) altında sınıflandırılan maddeler hakkında bilgi ("TA-Luft, 1986) verilmesi de zorunludur.

1999/33/EG yönergesi ile güncelleştirilen ve son olarak yönerge 2000/33/EG'ye uyumlandırılan yönerge 67/548 EEC kapsamında, kanserojen, mutajen ya da üreme için toksik olarak sınıflandırılan ve R45, R46, R49, R60, R61 risk işareti taşıması zorunlu olan maddelerin veya preparatların mümkün olan en kısa süre içerisinde, olabildiğince daha az zararlı preparatlarla yer değiştirmeleri gerekmektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Bununla birlikte genel bir mülahaza olarak, bir faktörün kullanımının birikmiş bilgiye ulaşmayı (tamamen açıklanmadığı sürece) zorlaştırdığının akılda tutulması gerekmektedir. [281, Belgium, 2002].

Uygulanabilirlik

Emisyon faktörü konsepti tekstil işletmelerinde genel bir uygulanabilirliğe sahiptir ve özellikle de kimyasal terbiye/bitim işlemleri ve termosol işlemlerinin uygulandığı birimler için uygundur.

Almanya'da geniş ölçüde uygulanan bu yöntem çevre yetkilileri tarafından da kabul görmektedir. Emisyon faktörü konseptinin diğer ülkelerde uygulanma durumu, tamamiyle ulusal yetkili kurumların tutumlarına bağlıdır.

Ekonomiklik

Tekstil terbiyecileri için, işlemlerde kullanılan terbiye reçetelerinin emisyon faktörlerini hesaplama maliyetinden başka maliyet yoktur ki, bu da ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Düşük emisyonlu yardımcı maddelerin doğru seçimi, havaya emisyonunu azaltma çabalarının maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Emisyonların ön-hesaplaması, terbiyecilerin çevresel yetkililer tarafından oluşturulan emisyon limit değerlerini karşılamak için önlem almalarına imkan tanımaktadır.

Emisyon faktörü konseptinin çevre yetkilileri tarafından kabul edildiği Almanya'da, bu tekniği uygulamak için önemli bir itici güç, yöntemin pahalı emisyon ölçümlerinin azaltılmasına veya tamamen ortadan kalkmasına olanak tanımasıdır (ön-hesaplama).

Referans işletmeler

Almanya'daki birçok işletme.

Referans literatür

[179, UBA, 2001].

4.3.3 Alkilfenoletoksilatların (ve diğer tehlikeli yüzeyaktif maddelerin) ikamesi

Tanımlama

Birçok yüzeyaktif madde, biyolojik olarak düşük parçalanabilirlikleri, toksisiteleri (metabolitlerininki de dahil) ve endokrin bozucu olarak davranma potansiyelleri sebebiyle, çevresel endişelere neden olmaktadırlar.

Bugünlerde endişeler, deterjanlarda ve diğer birçok yardımcı madde (örneğin, dispergatörler, emülgatörler, harman yağları, vs.) formülasyonlarında sıkça yer alan alkilfenoletoksilatlar (APEO) ve özellikle de nonilfenoletoksilatlar (NPE) üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Alkilfenoletoksilatların kendilerinin endokrin bozucu olduklarına ve erkek balıkların dişileşmesine neden olduklarına inanılmaktadır. Daha önemlisi ise, endokrin bozucu olarak ana bileşiklerden çok daha etkili olduklarına inanılan metabolitler oluşturmalarıdır. Bunların en etkilileri oktil- ve nonilfenollerdir. Nonilfenol, OSPAR ve EC Su Çerçeve Direktifi kapsamında öncelikli tehlikeli madde olarak listelenmiştir ve bu da bu maddenin her türlü deşarjının sona erdirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Alkilfenoletoksilatlar, yardımcı madde formülasyonlarında bulunan asıl aktif madde olarak veya küçük yüzdelerde katkı maddesi olarak da bulunabilmektedirler. Her iki durumda da, ikame maddeleri mevcuttur. Başlıca alternatifler alkoletoksilatlardır (AE), ancak biyolojik olarak kolayca parçalanabilen başka yüzeyaktif maddeler de geliştirilmiştir.

Diğer problemli yüzeyaktif maddeler için de çoğu kez, atık su arıtma tesislerinde biyolojik olarak kolayca parçalanabilen veya elimine edilebilen ve toksik metabolitler oluşturmayan ikame maddeleri bulunmaktadır.

Eğer bir madde, tanımlanmış biyolojik olarak parçalanma çalışmaları (OECD 301 A-F) sırasında, 28 günlük bir süreçte aşağıda belirtilen parçalanma düzeylerine ulaşıyor ise, bu tür maddeler biyolojik olarak kolayca parçalanabilir olarak değerlendirilmektedirler:

- çözünmüş organik karbon esaslı testler (OECD 301 A, 301 E testleri vs.) için: ≥ % 70 ÇOK (Çözülmüş organik karbon) azalması veya
- oksijen tüketimi veya karbondioksit oluşumu esaslı testler (OECD 301 B) için : ≥ % 60 (teorik maksimumun).

Eğer aşağıdaki parçalanma dereceleri elde edilirse, maddeler biyolojik olarak elimine edilebilir olarak değerlendirilebilmektedirler:

- OECD test 302 B, ÇOK-azalması 28 gün içinde ≥ 70 veya
- maddenin arıtıldığı arıtma tesisinde adapte edilmiş bir "aşı" kullanıldığında, OECD test 302 B, ÇOK azalması 7 gün içinde ≥ 80.

Terbiyecilerin, Materyal Güvenliği Verileri Dokümanlarında imalatçılar tarafından bildirilen bilgileri esas alarak daha az tehlikeli ürünleri seçebilmesi mümkün olmalıdır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

APEO içermeyen yardımcı maddelerin kullanımı, işletme sularının akıtıldığı sulardaki toksik endokrin bozucuların miktarının azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, biyolojik olarak elimine edilemeyen yüzeyaktif maddelerin ikamesi, atık suların arıtılabilirliğinin iyileşmesi sonucunu da doğurmaktadır.

İşlemsel veriler

Yalnızca APEO-içermeyen yardımcı maddeler kullanan işletmeler, işlemsel veya işleme zorlukları olmadığını bildirmektedirler [32, ENco, 2001].

Deterjanlardaki APEO'ın ikame edildiği, yeni yıkama formülasyonlarının da konvansiyonel olanlara benzer konsantrasyonlarda kullanıldıkları bildirilmektedir [180, Spain, 2001].

Diğer kaynaklara göre (örneğin, [187, INTERLAINE, 1999]), AE deterjanlarının etkisi, APEO'ınkinden biraz daha düşüktür ve bu da, eşit etkiler için daha yüksek konsantrasyonların ve besleme miktarlarının gerekli olabileceği anlamına gelmektedir. Yapak yıkama sektöründe yapılan araştırmalar sonucunda, alkoletoksilat kullanan işletmelerin 1 kg yağıltılı yapak için ortalama 10,9 g (3,5-20 g/kg aralığında) deterjan tükettikleri, alkilfenoletoksilat kullanan işletmelerin ise 1 kg yağıltılı yapak için ortalama 7,6 g (4,5-15,8 g/kg aralığında) deterjan tükettikleri görülmüştür.

Yan etkileşimler

Bahsedeğer olumsuz çevresel etkileri bulunmamaktadır.

Yeterli miktarda yüzeyaktif maddenin sıvı atık arıtma tesislerinden değişmeden veya kalıntı yüzeyaktif özelliklerine sahip kısmi metabolitler halinde geçmesi durumunda, nehirlerde köpük oluşması olasılığı bulunmaktadır. Köpük oluşumu ise, APEO dahil, diğer birçok yüzeyaktif maddenin de tipik bir özelliğidir.

Uygulanabilirlik

Bu önlem, genellikle tüm yeni ve mevcut yaş işlem tesislerinde uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, elyaf ve iplik preparasyon maddelerinde "sert" yüzeyaktif maddeler kullanıldığı sürece, yaş-işlem atık sularında bulunabilen potansiyel olarak zararlı yüzeyaktif

maddelerin büyük bir kısmının boyahaneler tarafından kontrol altında tutulabilmesi mümkün olmamaktadır.

APEO'ın birçok kuru aplikasyonda da (örneğin, teknik kullanımlar için viskoz üretiminde kuru lif çekim yağı olarak) kullanıldığının akılda tutulması gerekmektedir. Bu durumlarda, APEO'ın ikame edilmesi mümkündür, ancak pahalıdır ve öncelikli değildir. Aslında burada APEO'ın bulunması, yüzeyaktif madde yaş işlem hattına girmediği için, daha az kritik bir sorun olarak mütalâa edilebilmektedir

Ekonomiklik

AE, APEO'dan % 20-25 daha pahalıdır. Bunların daha az etkili olmaları gerçeği de, işlem maliyetlerinin APEO'ınkine nazaran daha da artmasına neden olabilmektedir.Bununla birlikte, APEO'dan AE'a geçiş yapan işletmeler, bunların kullanımlarını optimize etmek için çaba göstermektedirler [187, INTERLAINE, 1999].

Birleşik Krallık'ta, bu değişikliği 1996 yılında uygulamış olan bir yapak yıkama işletmesi örnek olarak verilmektedir. Deterjan kullanımı için yıllık maliyetlerin 84700 Euro'dan 103600 Euro'ya çıktığı hesaplanmıştır: bu artış işlem gören bir ton yapak için yaklaşık 1,09 Euro'ya eşittir. Son birkaç yıl içinde, APEO'ın maliyeti, 1000 Euro/ton'dan (1997/1998) 700 Euro/ton'a (1999) önemli ölçüde düşmüştür. Sonuç olarak, AE kullanımı durumunda maliyetlerdeki söz konusu artış daha da yüksek olabilmektedir [187, INTERLAINE, 1999].

Genel bir deyişle, çevresel olarak optimize edilmiş formülasyonların maliyetleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmakta, ancak bazı durumlarda konvansiyonel ürünlerden önemli ölçüde daha yüksek olabilmektedir. Bununla birlikte, terbiyeciler, özellikle toplam çevresel denge göz önünde bulundurulduğunda, daha çevre dostu ürünlerin kullanımının getirdiği ekstra maliyetleri kabul etme eğilimindedirler [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

PARCOM önerileri ve eko-etiketlendirme şemaları ile birlikte Ulusal ve Avrupa düzeyindeki düzenlemelerin zorunlu uygulamaları başlıca itici güçlerdir.

Referans işletmeler

Dünya çapında birçok işletme.

Referans literatür

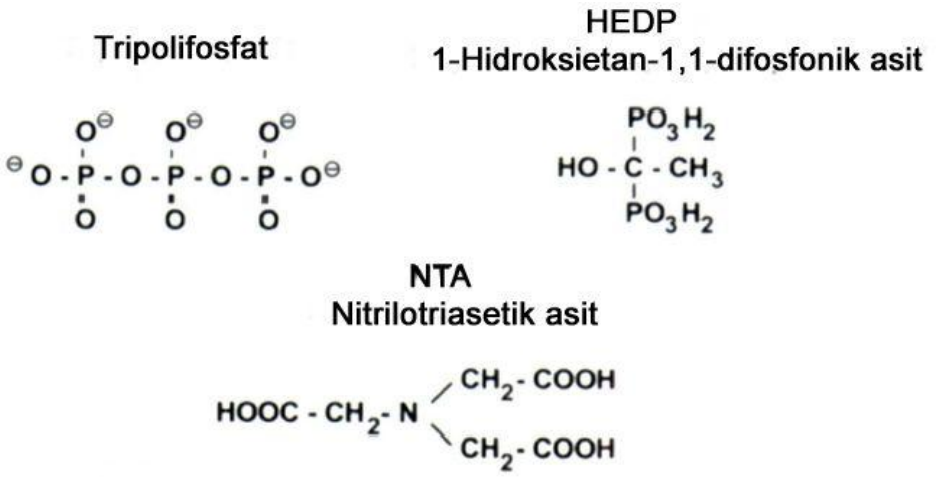
[187, INTERLAINE, 1999], [32, ENco, 2001], [179, UBA, 2001], [180, Spain, 2001], P010, P011, P012, özel referansları ile, [51, OSPAR, 1994], [61, L. Bettens, 1999]

4.3.4 Ön terbiye ve boyama işlemlerinde biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddelerin (iyon tutucuların) seçimi

Tanımlama

Kompleks oluşturucu maddeler, sulu çözeltilerdeki sertlik oluşturan toprak-alkali katyonlarının ve geçiş-metal iyonlarının, özellikle ön terbiye işlemleri sırasındaki, ama bunun yanı sıra boyama işlemleri esnasındaki zararlı etkilerini (örneğin, hidrojenperoksidin katalitik parçalanması) maskelemek için kullanılmaktadırlar.

Tipik kompleks oluşturucu maddeler, polifosfatlar (örneğin, tripolifosfatlar), fosfonatlar (örneğin, 1-hidroksietan 1,1-difosfonik asit) ve aminokarboksilik asitlerdir (örneğin, EDTA, DTPA ve NTA) (bkz. aşağıdaki şekil).

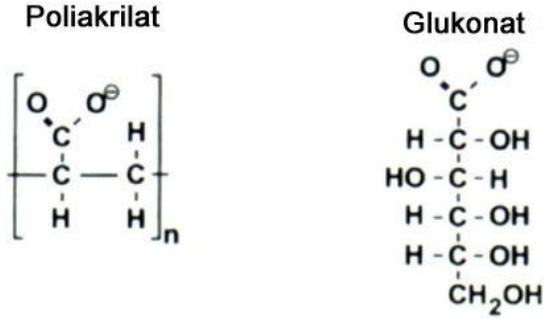


Şekil 4.6: Bazı N-veya P-içeren kompleks oluşturucu maddelerin kimyasal yapıları [179, UBA, 2001]

Bu maddelerin kullanımı ile ilgili başlıca endişeler, N- ve P- içerikleri, birçoklarında düşük olan biyolojik olarak parçalanabilirlikleri/elimine edilebilirlikleri ve ağır metallerin yeniden harekete geçmesine neden olabilen metallerle stabil kompleksler oluşturabilme yetenekleridir (ayrıca bkz. Bölüm 8.5).

İşlem suyundaki demir ve sertlik oluşturucu toprak-alkali metal katyonlarını uzaklaştırmak için temiz suların yumuşatılması ve Bölüm 4.5.6'da tanımlanan yöntemler, çeşitli uygulamalarda (örneğin, hidrojenperoksit ağartması, reaktif boyama sonrası pamukluların yıkanması gibi) kompleks oluşturucu maddelerin kullanımını azaltmak/kaçınmak için mevcut seçeneklerdir.

Kompleks oluşturucu maddelerin kullanılması gerektiğinde, polikarboksilatlar veya substituye polikarboksilik asitler (örneğin, poliakrilatlar ve poliakrilat-maleik asit kopolimerizatları), hidroksikarboksilik asitler (örneğin, glukonatlar, sitratlar) ve bazı şeker-akrilik asit kopolimerleri, konvansiyonel kompleks oluşturucu maddelere alternatiftirler. Bu ürünlerin hiçbirisi moleküler yapılarında N veya P içermemektedirler. Ayrıca, hidroksikarboksilik asitler ve şeker-akrilik asit kopolimerleri biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedirler.



Şekil 4.7: Bazı N-ve P içermeyen kompleks oluşturucu maddelerin kimyasal yapıları [179, UBA, 2001]

En iyi kompleks oluşturucu maddeler (teknik, ekonomik ve ekolojik anlamda), ekolojik özellikleri ve etkinlikleri arasında iyi bir denge oluşturan ve boyamalarda herhangi bir zararlı etkisi (boyaların demetalizasyonu) bulunmayan ürünlerdir.

Etkinlik, toprak-alkali katyonlarla kompleks oluşturma kapasitesi, disperge etme kapasitesi ve hidrojenperoksidi stabilize etme kapasitesi olarak ölçülmektedir.

Ekolojik açıdan, aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir:
- biyolojik olarak parçalanabilirlik
- biyolojik olarak elimine edilebilirlik
- ağır metallerin yeniden harekete geçirilmesi
- azot içeriği (ötrofikasyon potansiyeli)
- fosfor içeriği (ötrofikasyon potansiyeli).

En yaygın kompleks oluşturucu sınıflarının ekolojik özelliklerinin kalitatif bir değerlendirmesi Tablo 4.8'de verilirken, Tablo 4.9'da da bunların etkinlikleriyle ilgili yönlerinin bir analizi gösterilmektedir.

Ekolojik özellik	EDTA, DTPA	NTA	Polifosfatlar	Fosfonatlar	Poli-karboksilatlar	Hidroksi karboksilik asit	Şeker kopolimerleri
Biyolojik olarak parçalanabilirlik	Hayır	Evet	İnorganik	Hayır (1)	Hayır	Evet	Evet
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	Hayır	-	-	Evet (2)	Evet	-	-
N-içeriği	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
P-içeriği	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
Ağır metallerin yeniden harekete geçmesi	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar:
(1) "Nowack 1997" referansı ile [179, UBA, 2001]
(2) UV altında fotokatalitik parçalanma gözlenmektedir

Tablo 4.8. Piyasada bulunan kompleks oluşturucu maddelerin kalitatif değerlendirmesi

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Konvansiyonel kompleks oluşturucu maddelerin yukarıda bahsedilen ürünler ile ikamesi, aşağıdaki olumlu özelliklere sahiptir:
- arıtılmış atık suların boşaltıldığı sularda ötrofikasyonun azalması
- nihai atık suların biyolojik olarak parçalanabilirliğinin gelişmesi
- çökeltilerdeki ağır metallerin yeniden harekete geçme riskinin azalması.

İşlemsel veriler

Kompleks oluşturucu maddeler, tekstil kimyasında birçok farklı alanda kullanılmaktadırlar. Reçeteler ve aplikasyon yöntemleri bu nedenle prosese-özgüdürler. Bununla birlikte, yukarıda bahsedilen optimize edilmiş ürünler, konvansiyonel kompleks oluşturucu maddelere göre önemli farklılıklar göstermemektedirler.

Molekül yapısında P ve N içermeyen bazı ticari ürünler için biyolojik olarak elemine edilebilirlik/ parçalanabilirlik oranları:
- şeker-akrilik asit kopolimeri: biyolojik olarak kolayca parçalanabilir, (OECD 301 F, mineralizasyon: % 100; KOİ: 194 mg/g; $BOİ_5$ 40 mg/g) ("CHT, 2000")
- şeker-akrilik asit kopolimeri: biyolojik olarak kolayca parçalanabilir, (OECD 301 F, KOİ: 149 mg/g) ("Stockhausen, 2000")
- hidroksikarboksilik asit: biyolojik olarak elimine edilebilir, (OECD 302 B, eliminasyon: % 92; KOİ : 144 mg/g; $BOİ_5$ 51 mg/g) ("Petry, 1998")

- karboksilatlar: biyolojik olarak elimine edilebilir (OECD 302B, eliminsayon > % 90; KOI: 280 mg/kg; BOI_5 125 mg/kg) ("Petry, 1998")
- modifiye polisakkarit: biyolojik olarak kolayca parçalanabilir, (OECD 301 E, biyolojik olarak parçalanabilirliği: % 80; KOİ: 342 mg/g; $BOİ_5$ 134 mg/g) ("Clariant, 2000").

NTA, atık su arıtma tesislerinde nitrifikasyon koşulları altında işleme sokulduğunda biyolojik olarak parçalanabilmektedir (OECD 302B, eliminasyon % 98; KOİ; 370 mg/g; BOİ 30: 270 mg/g - "BASF,2000"). Son çalışmalar, sudaki çökeltilerde bulunan ağır metallerin yeniden harekete geçmesinde, NTA'ın ya hiç, ya da çok küçük bir rol oynadığını göstermiştir [280, Germany, 2002]. Fosfonatlar, biyolojik olarak parçalanmamakta, ancak biyolojik olarak elimine edilebilmektedirler ve ağır metallerin yeniden harekete geçmesine katkıda bulunmamaktadırlar (ayrıca bkz. Bölüm 8.5).

Yan etkileşimler

Konvansiyonel kompleks oluşturucu maddelerin aplikasyonu referans alındığında, olumsuz yan etkileşimleri bulunmamaktadır. Poliakrilat-esaslı kompleks oluşturucu maddeler kullanıldıklarında, polimerdeki monomer kalıntısı içeriği hesaba katılmalıdır (akrilatların deterjan builderlarında olduğu gibi diğer sektörlerde de yaygın biçimde ve büyük miktarlarda kullanıldığına dikkat edilmelidir. Bunlar atık su arıtma tesislerinin aşırı yüklenmesine tekstil atık sularının oluşturduğundan çok daha fazla katkıda bulunmaktadırlar).

Uygulanabilirlik

Bu bölümde tanımlanan kompleks oluşturucu maddeler hem kesintisiz, hem de kesintili işlemlerde kullanılabilmektedirler. Konvansiyonel kompleks oluşturucu maddeler daha çevre dostu olanlarla değiştirilirlerken, çeşitli ürünlerin etkinlik derecelerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (bkz. aşağıdaki tablo).

Özellik	EDTA, DTPA	NTA	Poli-fosfat	Fosfonat	Poli-karboksilatlar	Hidroksi karboksilik asit	Şeker Kopolimerleri
Yumuşatma	+	+	+	++	+	0	+
Disperge etme	-	-	0	+	+	-	+
Peroksid stabilizasyonu	+	-	-	++	0	-	+ (özel ürünler)
Demineralizasyon	++	+	0	++	0	0	0
Kaynak: [179, UBA, 2001] Not: etkinlik izleyen sırada artmaktadır -, 0, +, ++							

Tablo 4.9: Kompleks oluşturucu maddelerin etkinliği

Ekonomiklik

N- ve P- içermeyen bileşiklerin maliyetleri, özellikle şeker-akrilik kopolimerleri için, her ne kadar bazı durumlarda bunlardan daha yüksek miktarlarda kullanmak gerekse de, diğer N- ve P- içeren ürünlerin maliyetleriyle yaklaşık aynı seviyelerdedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

PARCOM önerileri ve eko-etiketlendirme şemaları ile birlikte, ulusal ve Avrupa seviyesindeki düzenlemelerin zorunlu uygulamaları başlıca itici güçlerdir.

Referans işletmeler

N- ve P- içermeyen kompleks oluşturucu maddeler dünya çapında birçok tesiste kullanılmaktadırlar. Polikarboksilatların tüketimi, şeker-akrilik asit kopolimerleri ve hidrokarboksilik asitlerinkinden önemli derecede daha yüksektir [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[61, L. Bettens, 1999], [169, European Commissison, 2001], [179, UBA, 2001] ile bunda atıfta bulunulan;

"CHT, 1999"
Chemische Fabrik Tübingen, D- Tübingen
Materyal Güvenliği Veri Sayfası (1999)

"CHT, 1999"
Chemische Fabrik Tübingen, D- Tübingen
Ürün bilgisi (1999)

"Clariant, 2001"
Clariant, D-Lörrach
Materyal Güvenliği Veri Sayfası (2001)

"Stockhausen, 2000"
Stockhausen, D-Krefeld
Materyal Güvenliği Veri Sayfası (2000)

"Petry, 1998"
Dr. Petry, D-Reutlingen
Materyal Güvenliği Veri Sayfası (1998)

4.3.5 Geliştirilmiş çevre performansına sahip köpük önleyicilerin seçimi

Tanımlama

Aşırı köpük, iplik veya kumaşın düzgünsüz boyanmasına neden olmaktadır. Yüksek hız ve yüksek işlem sıcaklıklarının, su kullanımının azaltılmasının ve kontinü ekipmanların/proseslerin kullanımının daha çok tercih edilmeye başlanması nedenleriyle, daha yüksek miktarda köpük önleyici tüketimine doğru bir eğilim bulunmaktadır. Köpük önleyici maddeler genellikle ön terbiye, boyama (özellikle jet makinelerinde boyamalarda) ve terbiye işlemlerinde, fakat ayrıca baskı patlarında da kullanılmaktadırlar. Düşük köpük oluşturma özellikleri, özellikle flotte hareketinin aşırı olduğu jet boyamacılıkta önemlidir.

Köpük önleyici etki sağlamak için, suda çözünmeyen ve düşük yüzey gerilimine sahip ürünler uygundurlar. Bunlar, köpük-oluşturucu yüzeyaktif maddelerin hava/su sınır tabakasındaki yerlerini almaktadırlar. Ancak, köpük önleyici maddeler nihai atık suların organik yüküne katkıda bulunmaktadırlar. Bu nedenle önce bunların tüketimleri azaltılmalıdır. Bunun için olası önlemler:

- kumaş rotasyonu ile flottenin hareket ettirilmediği, flotte-siz air-jetlerin kullanılması
- işlem flottelerinin tekrar kullanılması (bkz. Bölüm 4.6.22.).

Bununla birlikte, bu yöntemler her zaman uygulanamamakta ve köpük önleyicilerin kullanımından tamamen kaçınılamamaktadır. Bu nedenle, geliştirilmiş ekolojik performansa sahip yardımcı maddelerin seçimi önemlidir. Köpük önleyici maddeler

çoğunlukla madeni yağ esaslıdırlar (hidrokarbonlar). Formülasyonlarda iyi rafine edilmemiş yağlar kullanıldıklarında PAH kirleticilerin varlığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Çevresel olarak geliştirilmiş ürünler madeni yağ içermemekte ve biyolojik olarak yüksek elimine edilebilirlik oranları ile tanımlanmaktadırlar.

Alternatif ürünlerin tipik aktif öğeleri, silikonlar, fosforik asit esterleri (özellikle tribütilfosfatlar), yüksek moleküllü alkoller, flor türevleri ve bu bileşenlerin karışımlarıdır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Madeni yağ içermeyen köpük önleyicilerin kullanımı sayesinde, atık sulardaki çoğu kez ulusal/bölgesel düzenlemelerle sınırlandırılmış olan hidrokarbon yükü azaltılmaktadır. Üstelik, bu alternatif köpük önleyiciler, hidrokarbonlardan daha düşük spesifik KOİ'na ve daha yüksek biyoeliminasyon oranına sahiptirler. Örneğin, yağ asidi trigliseritleri ve yağ alkol etoksilatlar esaslı bir ürün (KOİ: 1245 mg/l; BOI_5: 840 mg/l), % 90'dan daha yüksek biyoelimine edilebilirlik derecesine (sırasıyla OECD 302 B Test Yöntemi veya EN 29888'e göre modifiye edilmiş Zahn-Wellens Test'ine göre belirlenmiştir) sahiptir [179, UBA, 2001].

Hava emisyonlarına gelince, madeni yağ-esaslı bileşiklerin ikame edilmesi nedeniyle, yüksek sıcaklık işlemleri esnasındaki (yaş işlemlerden sonra kumaş üzerinde taşınan köpük önleyici maddelerden kaynaklanan) UOB'in emisyonlarını azaltmak mümkün olmaktadır.

İşlemsel veriler

Madeni yağ içermeyen köpük önleyiciler konvansiyel ürünlere benzer bir şekilde kullanılmaktadırlar. Silikon ürünleri yüksek verimli olduklarından, kullanılması gerekli miktarlar önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Yan etkileşimler

Dikkate alınması gereken hususlar şunlardır:
- silikonlar atık suda sadece abiyotik proseslerle elimine edilmektedirler. Üstelik, belirli konsantrasyonların üzerinde silikon yağları, oksijenin aktif çamura transferini/difüzyonunu engelleyebilmektedirler
- tribütilfosfatlar yoğun kokuya neden olmaktadırlar ve son derece tahriş edicidirler
- yüksek-moleküllü alkoller yoğun kokuya neden olmaktadırlar ve sıcak flottelerde kullanılamamaktadırlar.

Uygulanabilirlik

Madeni yağ içermeyen formülasyonların uygulanmasına ilişkin belirtilmesi gereken özel sınırlamalar bulunmamaktadır. Bununla birlikte, çeşitli alternatif ürünlerin etkinlikleri akıldan çıkartılmamalıdır [179, UBA, 2001].

Eğer silikon esaslı köpük önleyici maddeler kullanılırlarsa, tekstil ürünleri üzerinde silikon lekeleri ve makinelerde silikon çökelekleri oluşma riski bulunmaktadır [179, UBA, 2001].

Bazı sektörlerdeki silikon kullanımı kısıtlamaları göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, otomotiv sanayiinde otomobillerde ve bu sanayide kullanılan tekstillerde, silikon kullanımını yasaklayan kısıtlamalar bulunmaktadır.

Ekonomiklik

Madeni yağ içermeyen ürünlerin fiyatları konvansiyonel olanlarla aynı seviyelerdedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Madeni yağ içeren köpük önleyici maddelerin ikame edilmesi için ana neden, atık sulardaki hidrokarbon miktarını azaltmaktadır.

Referans işletmeler

Avrupa' da bir çok işletme. Madeni yağ içermeyen köpük önleyici maddeler için bir çok tedarikçi bulunmaktadır.

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan:

"Dobbelstein, 1995"
Optimierung von Textilhilfsmitteln aus ökologischer Sicht. Möglichkeiten und Grenzen Nordic Dyeing and Finishing Conference 20.05.1995, F-Hämeenlinna

"Petry, 1999"
Dr. Petry GmbH, D-Reutlingen
Materyal Güvenliği Veri Sayfası

4.4 Yapak yıkama

4.4.1 Entegre kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kullanımı

Tanımlama

Daha önce Bölüm 2.3.1.1'de de (bkz. Şekil 2.4) açıklandığı gibi, ters-akım prensibine göre çalışan bir yapak yıkama işletmesi normal olarak üç sıvı atık akımı oluşturmaktadır:

- yıkama teknelerinin dibinden gelen ve kir bakımından zengin atık su akımı
- durulama teknelerinin dibinden gelen ve kir bakımından daha az derişik atık su akımı
- ilk yıkama teknesinin üst kısmından ya da ilk yıkama teknesinden çıkan yapak sıkma silindirlerine doğru geçerken uzaklaştırılan flotteyi toplayan yan tanktan gelen yağ bakımından zengin atık su akımı.

Bu hatların tümü kısmen temizlenebilmekte ve yağ geri kazanımı ve kir uzaklaştırma devreleri vasıtasıyla yıkamaya geri dönüştürülebilmektedir.

Devreleri çalıştırmanın en iyi yolu hakkında henüz ortak bir fikre varılamamıştır. Bazı işletmeler, kir ve yağ bakımından zengin akımları ayrı ayrı arıtmayı tercih ederlerken, diğerleri iki akımı birleştirmekte ve önce kiri uzaklaştırmak, daha sonra da yağı geri kazanmak için ardışık işlemler gerçekleştirmektedirler.

Yağ geri kazanımı için, plaka-tipi santrifüjler kullanılmaktadır. Bu santrifüjler, yağ geri kazanımının ve kir uzaklaştırmanın ardışık işlemler yerine, ayrı işlemler şeklinde yapıldığı durumlarda, kir(ler)in aşındırıcı etkilerinden genellikle hidroçiklonlar sayesinde korunmaktadırlar. Santrifüj en üstte "krema" olarak adlandırılan ve az miktarda su içeren yağdan meydana gelen bir tabaka oluşturmaktadır. Bu "krema" genellikle kendisini, üst, alt ve orta faza ayrıştıran ikinci bir santrifüje gönderilmektedir. Üst faz, yan ürün olarak

satılabilen susuz yağdan meydana gelmektedir. Alt faz kir bakımından zengindir ve kir uzaklaştırma devresinin giriş kısmına ya da atık su arıtma tesisine gönderilebilmektedir. Orta faz, hem yağ, hem de kir bakımından fakirleşmiştir ve ilk yıkama teknesine ilave edilerek, tamamen ya da kısmen geri dönüştürülebilmektedir. Orta fazın bir kısmı atık su arıtma tesisine de gönderilebilmektedir.

Kir uzaklaştırma işlemi, yer çekimiyle çöktürme tankları, hidroçiklonlar veya dekanter santrifüjleri–ya da bu metotların kombinasyonu ile gerçekleştirilmektedir.

Birden fazla yıkama hattı bulunan işletmelerde, normal olarak yıkama hatları kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı tesislerini ortak kullanmaktadırlar.

İnce ve ekstra-ince yapağılarda, ayrı bir kesintisiz çamur akış çıkışına sahip makineler kullanılarak çalışıldığında, yün yağı geri kazanım devresi, kir uzaklaştırma için ayrı bir devreye gerek kalmadan çok ince kir kısımlarının eliminasyonunu da sağlamaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin uygulanması aşağıdaki faydaları sağlamaktadır:

- ters akım prensibine göre çalışan klasik bir işletmenin su tüketimi (5 ile 10 l/kg yağıltılı yapağı arasında) referans noktası olarak alındığında, su tüketiminde % 25'den az olmamak üzere % 50'nin üzerine kadar çıkan bir azalma
- enerji tüketiminde, geri dönüştürülen flotte (flotte sıcaklığı genellikle 60 ^{0}C'dan daha yüksektir) ile taşınan ısıl enerji miktarına eşdeğerde bir azalma
- değerli bir yan ürün olan yün yağı üretimi
- deterjan ve builder tüketiminde, sağlanan su tasarrufu oranında bir azalma
- süspansiyon halindeki kirlerin kürekle atılabilecek kıvamda bir çamur haline dönüşümü
- atık su arıtma tesisine gönderilen yükte (oksijen ihtiyacı olan maddeler ve süspansiyon halindeki katılar) azalma sağlamaktadır ki, bu da atık suyun arıtılması için enerji ve kimyasal madde tüketiminde azalma olması anlamına gelmektedir. Bu azalma, sağlanan kir uzaklaştırma ve yağ geri kazanım miktarı ile orantılıdır.

İşlemsel veriler

Kir uzaklaştırma/yağ geri kazanım devreleri kullanan orta ve büyük yıkama işletmeleri (yılda 15000–25000 ton yağıltılı yapağı işleyen), yapak çeşitlerinin çoğu için 2–4 l/kg yağıltılı yapak'lık bir net özgül su tüketim değeri sağlayabilmelidirler. İncelenen hem kaba, hem de ince yapak yıkama işletmeleri halen bu değerleri sağlamaktadırlar. Ancak bu performansların ekstra ince yapağı yıkayan işletmeler için de geçerli olup olmadığını belirleyebilmek için, yeterli veri mevcut değildir.

İncelenen işletmelerde satılabilecek yan ürün olarak geri kazanılan yağ miktarı 10 ile 30 g/kg yağıltılı yapak arasında değişmektedir. En iyi performans, bir ince yapağı yıkama işletmesi için 35 g/kg ve kaba yapağı yıkama işletmesi için de yaklaşık 13 g/kg yağıltılı yapak'tır. Bu geri kazanım oranları, yıkanmış yapağıda bulunduğu tahmin edilen yağın yaklaşık % 25'ine tekabul etmektedir.

Muhtemelen santrifüjle geri kazanılabilecek yağlar için, yıkanan yapakta bulunan hidrofob ve daha az hidrofob yağ (tepe yağı ve okside olmuş yağ) arasındaki oran tarafından belirlenen bir maksimum miktar söz konusudur [187, INTERLAINE, 1999].

Yan etkileşimler

Kir ve yan ürün olarak geri kazanılamayan yağ kısmı, zararlı maddeler olarak sudan toprağa transfer olabilmektedirler.

Uygulanabilirlik

Bu önlem, yeni işletmelerin tamamında ve mevcut yapak yıkama işletmelerinin de çoğunda uygulanabilmektedir.

Düşük verimle kötü kalite yağ sağlayan kıl ve yapakları yıkayan işletmeler için, bu önlem ekonomik açıdan çekici bir girişim olamayabilmektedir.

Kir uzaklaştırma ve yağ geri kazanımı devresi sonucunda elde edilen atık suların KOİ konsantrasyonu, kendileri aerobik arıtma yapan işletmeler için aşırı yüksek olabilmektedir. Aerobik biyolojik arıtma öncesinde bir koagülasyon/flokülasyon ya da anaerobik biyolojik arıtmanın kurulmasıyla, bu problemin üstesinden gelinebilmektedir.

Ekonomiklik

Bir ton yağıltılı yapak için net ekonomik faydanın hesaplanması, Tablo 4.10'da yer alan varsayımlar esas alınarak yapılabilmektedir. Birim maliyetler, inceleme sırasında UK'daki durumu yansıtmaktadırlar ve bu yüzden Avrupa'daki durum değerlendirmeleri için sadece fikir verebilmektedirler.

İşlenen bir ton yağıltılı yapak için faydalar	Birim maliyet
Su tasarrufu: 4 m^3	0,68 Euro/m^3 su
Enerji tasarrufu: 836,8 MJ[(a)]	0,00245 Euro/MJ
Deterjan tasarrufu: 1 kg	1,40 Euro/kg
Builder tasarrufu: 1 kg	0,27 Euro/kg (Na_2CO_3)
Arıtmaktan kurtulunan atık su: 4 m^3	0,53 Euro/m^3 boşaltılan su[(b)]
Yok edilmesinden kaçınılan çamur: yaklaşık 150 kg (yaş ağırlık)	0,041 Euro/kg çamur (yaş ağırlık)
Satılmak üzere geri kazanılan yağ: - 32,5 kg (ince yapak yıkamacıları) - 13 kg (kaba yapak yıkamacıları)	2 Euro/kg yün yağı[(c)] (fakat çok değişken)
Kaynak, (c) hariç [187, INTERLAINE, 1999], I.M. Russell kişisel iletişim (a) Suyu işlem sıcaklığı olan 60 ^{0}C'a ısıtmak için tasarruf edilen enerji, tasarruf edilen her bir m^3 su için 209,2 MJ olarak tahmin edilmektedir (% 90 verimle direkt gaz kullanıldığında). (b) Sadece işlenen m^3 fiyatlarını göz önüne alarak UK maliyetleri (1999). Gerçek bir durumda enerji, kimyasallar, insan gücü vs. dikkate alınmalıdır	

Tablo 4.10: Entegre kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kurulmasıyla sağlanan ekonomik faydaların tahminlenmesi

Yılda 15000–25000 ton yağıltılı yapak yıkayan bir işletme için kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kurulmasının, seçilen özel sistemin yapısına, kalitesine ve kapasitesine bağlı olarak 400000 ve 800000 Euro arasında bir fiyata mal olacağı tahmin edilmektedir. Tesisin kendini geri ödeme süresi, atık su işleme maliyetlerinin azalmasından doğan faydalar ihmal edildiğinde bile, 2,04 ile 4,08 yıl arasında değişecektir.

Uygulama için itici güçler

Özellikle ince yapak (çok miktarda yün yağı içeren) yıkayan orta ve büyük işletmeler için itici güçler, ekonomik faydalardır. Ekonomik faydalar, su, enerji, atık su arıtma ve kimyasal madde maliyetlerindeki tasarruflar ile yün yağı satışı gelirlerinden kaynaklanmaktadır. Dezavantajları ise, yüksek yatırım maliyetleri, yüksek bakım maliyetleri ve işlemin karmaşıklığıdır.

Referans işletmeler

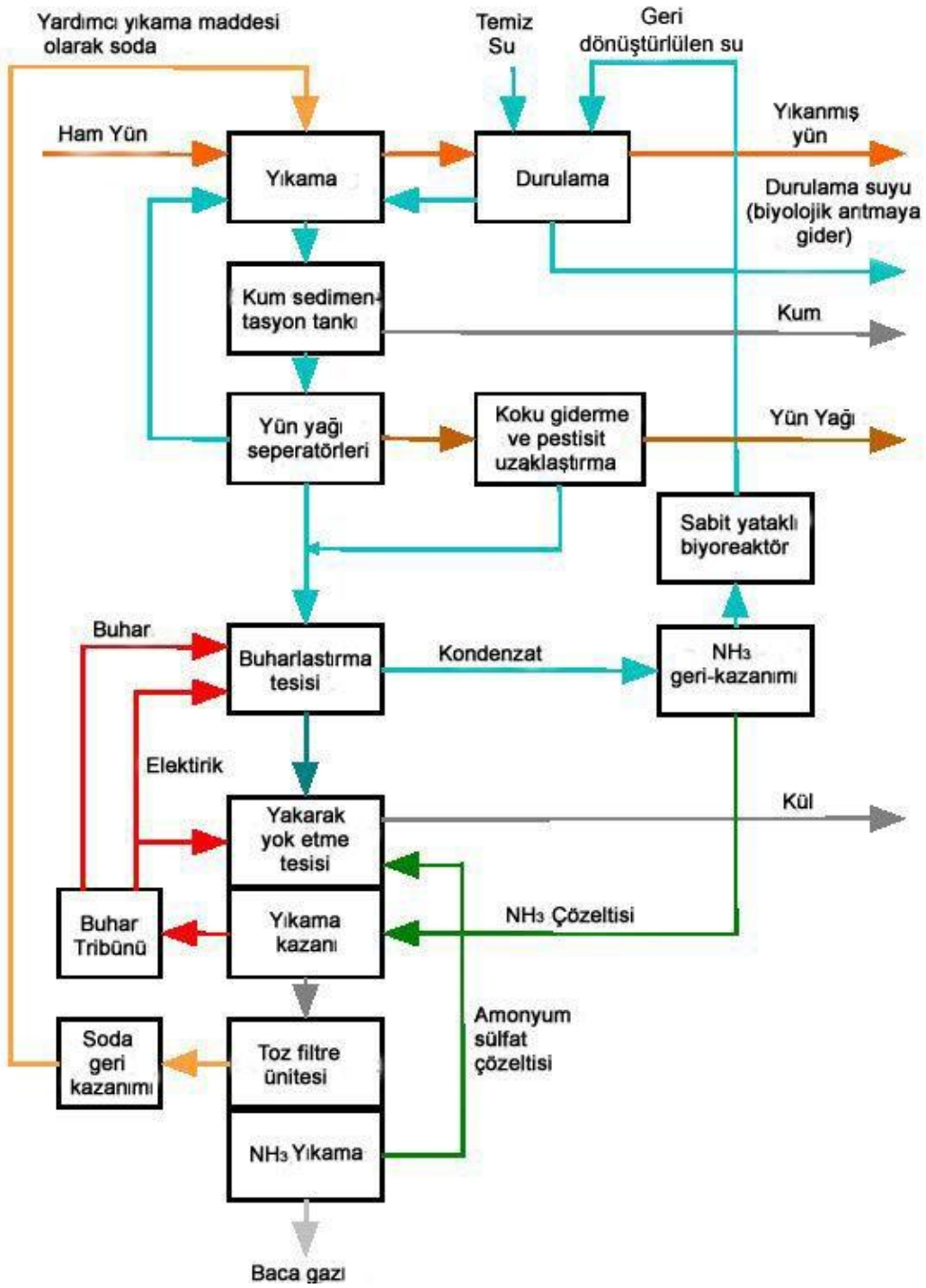
Avrupa'daki bir çok işletme (aynı zamanda Bölüm 3'de bahsedilen incelemeye de bakınız).

4.4.2 Atık su buharlaştırma ve çamuru yakarak yok etme ile kombine edilmiş entegre kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kullanımı

Tanımlama

Bu teknik, yapak yıkamasından gelen atık suyun, su ve enerjiyi geri kazanaraktan, buharlaştırma/yakıp yok etme yoluyla kapalı devre arıtma işlemini içermektedir. Böylece tüm atık su ve atık yönetim sisteminin, yıkama işlemine uygulanan kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresiyle (Bölüm 4.4.1'de açıklanan) sıkı bir şekilde entegrasyonu sağlanmaktadır.

Belirlenebildiği kadarıyla, şu anda Dünyada bu tekniği kullanan tek bir işletme mevcuttur. Bu, Bölüm 3'de yer alan incelemede bahsedilen İşletme N'dir [187, INTERLAINE, 1999] (bkz. Şekil 14.8'de gösterilen atık su ve atık yönetim sisteminin şematik diyagramı). Bu yüzden bu tekniğin açıklanması için baz olarak sisteme ait özellikler, referans işletmede uygulandığı şekliyle kullanılmaktadır.



Şekil 4.8: İşletme N'deki atık su ve atık yönetim sisteminin şematik gösterimi [187, INTERLAINE, 1999]

İşletme N sekiz yıkama hattına sahiptir. Durulama teknelerinden gelen atık su, bir seri 5000 m^3'lük silindirik tanklarda havalandırma uygulanarak biyolojik olarak arıtılmaktadır. Biyolojik çamur, çöktürme tankına atılmakta ve kısmen ilk havalandırma tankına geri gönderilmektedir. Çamurun fazlası ise, bir çamur kıvamlaştırıcıda işlenmekte, ardından dekanter santrifüjünde suyu alınmakta ve son olarak tarlalara gönderilmektedir.

Ağır yüklü yıkama atık suyu, bir çöktürme tankına gönderilmektedir. Tankın dibinden gelen kir–ya da toprakça zengin çamurun dekanter santrifüjünde suyu alınmakta ve ardından bu çamur kısmen tuğla yapımında kullanılmakta, kısmen de toprağa

gömülmektedir. Tankın üst kısmından gelen yağ bakımından zengin faz ise, yün yağı seperatörlerine (yağ santrifüjlerine) alınmakta ve burada yağı ayrılmaktadır. Santrifüjden gelen orta faz yıkama makinelerine geri döndürülürken, alt (kirli) faz da buharlaştırma tesisine gönderilmektedir.

Buharla ısıtılan yedi adımlı bir ince tabaka buharlaştırıcısı kullanılmaktadır. Isıtma için kullanılan buhar, yakma ünitesinden gelen atık ısıyı kullanan bir buhar kazanında üretilmektedir. Kazan aynı zamanda bir buhar tribününe güç vererek elektrik de üretmektedir. Entegre buharlaştırıcı/yakarak yok edici/kazan sistemi, enerji açısından, kullanılan enerjinin tamamının çamurdan temin edildiği, kendi kendine yetebilen bir sistemdir.

Buharlaştırıcıdan gelen kondenzat, amonyağını uzaklaştırmak için bir buhar separatöründe işlendikten ve ardından kokulu bileşiklerinin kalıntılarını ve buharla uçucu olan ektoparazitisitlerin % 90'ını uzaklaştıran, bir sabit yataklı aerobik biyoreaktörden geçirildikten sonra, yıkama makinesinin durulama kısmına geri gönderilmektedir. Amonyak, bir katalitik reaktörde, yakarak yok etme kısmının baca gazındaki NO_x miktarını düşürmek amacıyla kullanılmaktadır.

Yakarak yok etme kısmına giren buharlaştırıcı konsantresi 9,5 MJ/kg'lık bir kalori değerine sahiptir ve yanmanın devamını kendi kendine desteklemektedir (dış kaynaklardan yakıt ilavesi yapılmamaktadır). Yakarak yok etme kısmında, poliklor–dioksinleri ve –benzofuranları yok edebilmek için, işlem sıcaklığı 1200 ^{0}C'dur. Baca gazları daha önce de belirtildiği gibi buhar kazanını ısıtmak için kullanılmakta ve buhar kazanının baca gazlarındaki uçan küller bir torba filtre sistemi yardımıyla uzaklaştırılmaktadır. Yıkama işleminde builder olarak kullanılan sodyum ve potasyumkarbonatı geri kazanmak için, kül su ile ekstrakte edilmektedir. Ekstrakte edilmiş kül ve yakarak yok etme ünitesinden gelen katılaşmış sıvı kül toprağa gömülmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Bir önceki bölümde açıklanan tipte bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinin uygulanması ile sağlanabilecek çevresel faydalara ilaveten, önerilen teknik aşağıdaki hususlarda da ek azalmalar sağlamaktadır:

- çevreye boşaltılan organik yükte (bkz. Tablo 4.11)
- buharlaştırıcıdan geri kazanılan ilave su miktarından dolayı, su tüketiminde. Yüksek kapasiteli kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kullanımı sayesinde, 4-6 l/kg yağıltılı yapak'lık bir en iyi tüketim performansı sağlayan işletmelerin, su tüketiminde, % 70–75'lik bir azalma daha sağlanabilmektedir (İşletme N, 1,31 l/kg yağıltılı yapak'lık bir net su tüketimi bildirmiştir).
- uzaklaştırılacak çamur miktarında. Buharlaştırma/yakarak yok etme işlemi, 1 kg yağıltılı yapak için 20 g kül oluştururken, hiç çamur oluşturmamaktadır. Çamurlar (75 g/kg yağıltılı yapak, kuru ağırlık), kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinden ve durulama atık suyunun biyolojik arıtmasından kaynaklanmaktadır. Çamurun yakılarak yok edilmediği diğer işletmelerde, örneğin İşletme L'de olduğu gibi (bkz. Bölüm 3, Bölüm 3.2.1), oluşan çamur miktarı 185 g/kg yağıltılı yapak (kuru ağırlık) civarındadır.

N fabrikasındaki tesisin çevresel performansı ayrıntılı olarak açıklanmıştır[8]. Tesis 1982–1995 arasındaki 13 yıllık bir periyotta adım adım kurulmuştur.1982'de, çöktürme tankı ve yün mumu geri kazanım tesisi kurulmuştur. 1987'de, aerobik biyolojik atık su arıtma tesisi

[8] R Hoffmann, G Timmer ve K Becker, *Yün Topslarının Çevre Dostu Üretimi – BWK'da Atık Su Arıtma İşlemi, Proc. 9th Int. Wool Text. Res. Conf., Biella1995; Hoffmann, G Timmer ve K Becker, Yün ve Çevre – Atık Suların Arıtma ve Geri Dönüşüm, Yapak Yıkama ve Tarama İşletmelerinde Faydalı Maddelerin Tekrar Sirkülasyonu*, Bremer Woll- Kämmerei AG, 1995

kurulmuş ve o zamanlar ağır yüklü yıkama atık suyunu arıtmak için kullanılmıştır.1988'de buharlaştırma/yakarak yok etme tesisi inşa edilmiştir ve o zamandan beri de ağır yüklü yıkama atık suları burada arıtılırken, aerobik biyolojik tesiste de sadece durulama suları arıtılmaktadır. Daha sonra yapılan iyileştirme ilaveleri, geri dönüştürülen buharlaştırıcı kondenzatından gelen kokuları ve uçucu ektoparazitisitleri uzaklaştırmak amacıyla sabit yataklı biyoreaktör yapımı ile daha sonra da amonyağın kondenzata geri dönüşünü engellemek ve böylece aerobik biyolojik arıtma tesisinden gelen arıtılmış atık sudaki amonyak ve nitrat seviyelerini azaltmak amacıyla amonyak seperatörü yapımını içermiştir. Aynı tarihlerde işletme, buhar kazanından gelen baca gazındaki NO_x miktarını düşürmek amacıyla amonyak ve uçan külleri uzaklaştırmak ve böylece hava emisyonlarını ve sodyum ve potasyum tuzlarının suya emisyonlarını azaltmak amacıyla da torba filtreler (sulu yıkayıcılar yerine) kullanmaya başlamıştır.

Tesise ait gelişmeler ve ilavelere ait çeşitli adımların havaya, suya ve toprağa emisyonları azaltmadaki performansları, bir sonraki tabloda verilmektedir. Değerler kg yağıltılı yapak tüketimine göre verilmektedirler.

	Birim (1)	**1982 Çöktürme, yağ geri kazanımı**	**1987 Aerobik Biyolojik tesis**	**1992 Buharlaştırıcı, yakarak yok edici**	**1995 İyileştirmeler**
KOİ	g/kg	74	21	1,1	1,1
BOİ	g/kg	32	1,4	0,03	0,03
NH_4, NO_3, NO_2	g/kg	15	8,4	1,3	0,3
Fosfatlar	g/kg	0,13	0,13	0,13	0,02
AOX	mg/kg	88	18	3,2	3,2
Ektoparazitisitler toplam	mg/kg	2,0	1,2	0,01	0,01
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999] Notlar: (1) değerler kg yağıltılı yapak tüketimine göre verilmektedir					

Tablo 4.11: N fabrikasındaki suya emisyonlar, 1982-1995: üretime özgü değerler

Parametre	**Birim**	**1994'teki ykl. gerçek değerler**
Karbonmonoksit	mg/Nm^3	Yaklaşık 10
Toplam toz	mg/Nm^3	5
Toplam karbon	mg/Nm^3	<10
HCl gibi inorganik klor bileşikleri	mg/Nm^3	6
HF gibi inorganik flor bileşikleri	mg/Nm^3	0,9
SO_x	mg/Nm^3	<10
NO_x	mg/Nm^3	180
Cd+Ti	mg/Nm^3	0,0001
Hg	mg/Nm^3	0,001
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn	mg/Nm^3	0,013
PCDD'ler	ng/Nm^3	0,02
Pestisitler	$\mu g/Nm^3$	<0,1
Amonyak	mg/Nm^3	<30
Koku	OE/Nm^3	<2
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999]		

Tablo 4.12: N fabrikasında yakarak yok edicideki baca gazı emisyonları: konsantrasyonlar

Katı atık	Birim	1982 Çöktürme, yün yağı geri kazanımı	1987 Aerobik biyolojik tesis	1992 Buharlaştırıcı, yakarak yok edici	1995 İyileştirmeler
Toprağa gömmeye	g/kg	615	585	207	108
Tarımsal araziye	g/kg	0	31	100	200
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999] Notlar: (1) değerler kg yağıltılı yapak tüketimine göre verilmektedir					

Tablo 4.13: N fabrikasındaki katı atıklar, 1982-1995: üretime özgü değerler

İşlemsel veriler

Böyle bir tesis kapsamlı bir izlenme gerektirmektedir. Yukarıdaki tablolarda listelenen bütün parametreler düzenli olarak izlenmelidirler [187, INTERLAINE, 1999].

Yan etkileşimler

Önemli yan etkileşimler, sadece tesis doğru çalıştırılmadığında oluşmalıdır. Tesis, enerji açısından kendi kendine yetebilmekte ise de, büyük miktarlarda tesiste oluşturulmuş ısı enerjisi ve elektrik enerjisi kullanmakta ve dolayısıyla CO_2 üretmektedir. Fakat buharlaştırıcı konsantratındaki karbon içeriğinin CO_2'e dönüşümü, toprak dolgusunda metana dönüşümüne nazaran daha tercihe şayandır [187, INTERLAINE, 1999].

Uygulanabilirlik

Yapak yıkama atık suyu ve atık yönetimine ait problemler için bu şekilde bir "tam çözüm" sağlanmasının mevcut işletmelerde uygulanması, birkaç nedenden dolayı sınırlıdır [187, INTERLAINE, 1999]:

- ekonomiklik – çok yüksek yatırım maliyeti ve yüksek işletme giderleri, sistemi çok büyük yıkamacılar dışında kalan diğerleri için, ekonomik açıdan taşınamaz yapmaktadır (İşletme N'e ait 65000 ton/yıl'lık üretim, Avrupa'daki herhangi bir başka yıkamacının neredeyse iki katı bir üretimdir).
- teknoloji çok karmaşıktır ve ihtiyaç duyulan uzmanlık bir çok yıkamacının olanaklarını aşmaktadır. Gerekli beceri ve tecrübeye sahip bir mühendisin bulunması ve çalıştırılması zorunlu olacaktır.
- tesis tarafından işgal edilen alan büyüktür ve yıkamacıların çoğu şimdiki işletmelerinde böyle bir tesis için gerekli alana sahip değillerdir.

İşletme N bu konudaki bilgisini, benzer bir tesis kurmayı tasarlayan diğer yıkamacıların kullanımına sunabileceğini belirtmiştir. Bu, yöntemin uygulanabilirliğini arttırabilecektir, çünkü diğer işletmeler, İşletme N'de 1982'de başlayan ve yukarıda açıklanan gelişmeler 1995'in sonlarından önce de mevcut olduğu halde halâ devam eden öğrenme periyoduna gerek duymayacaklardır [187, INTERLAINE, 1999].

Ekonomiklik

Buharlaştırıcı kondensatının geri dönüşümü, kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresiyle sağlanan tasarruflara (bkz. Bölüm 4.4.1) ek olarak, su maliyetlerinde ve atık su uzaklaştırma maliyetlerinde tasarruf sağlamaktadır.

İşletme N 1995 yılında, 1982'den itibaren çevresel gelişmeler için yaptığı yatırım harcamalarının 64 Milyon Mark (33 Milyon Euro) ve tesisin yıllık işletme giderlerinin de 10 Milyon Mark (5 Milyon Euro) olduğunu bildirmiştir. Büyük ve önemli ölçüde ekonomik

bir fabrika olmasına rağmen, bu fabrikada yıkanan bir ton yapak için atık su ve atık yönetimi maliyetleri, incelenen en küçük yıkamacılar hariç, diğer yıkamacıların maliyetlerinden daha yüksektir [187, INTERLAINE, 1999].

Uygulama için itici güçler

İşletme N'de itici gücün, havaya ve suya emisyonlar ile ilgili sıkı yerel ve ulusal düzenlemeler olduğuna inanılmaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

Referans işletmeler

İşletme N.

Daha önce yukarıda da belirtildiği gibi, belirlenebildiği kadarıyla, bu fabrika şu anda Dünyada bu tekniği kullanan tek işletmedir.

Referans literatür

[187, INTERLAINE, 1999]

4.4.3 Yapak yıkama işletmelerinde enerji tüketimini en aza indirme

Tanımlama

Yapak yıkama enerji yoğun bir işlemdir. Daha önce bahsedilen genel iyi bakım ve işletim tekniklerine ilave olarak, bir yapak yıkama işleminde en büyük enerji tasarrufu, bir kir/yağ geri kazanımı devresinin kurulması ile kanala ya da işletme içindeki atık su arıtma tesisine akıtılan atık su miktarının (ve dolayısıyla ısı kayıplarının) azaltılmasıyla sağlanmaktadır. Teknik, kir/yağ geri kazanım devresine ait hattan ısıyı geri kazanmak amacıyla bir ısı eşanjörünün kurulmasını da içermektedir.

Aşağıdaki önlemlerin her biriyle de tasarruf sağlanmaktadır [187, INTERLAINE, 1999]:

- konveksiyon ya da buharlaşma ile ısı kayıplarını önlemek için yıkama teknelerinin üstlerinin kapaklarla donatılması. Fakat bazen mevcut işletmelerde sonradan takılması zor olmaktadır.
- Suyu ısı enerjisiyle buharlaştıran kurutucuya girmeden önce, yapaktaki suyun mekanik olarak uzaklaştırılmasını arttırmak için nihai sıkma merdanelerinin performansının optimize edilmesi. Yapağı sıkmak için kullanılan merdaneler genellikle çelik alt merdanelere ve gözenekli bir üst merdaneye sahiptirler. Geleneksel olarak üst merdane, crossbred yapaktan oluşan bir yün topsu (paralel liflerden oluşan bir bant) ile sarılmış çelik bir merdanedir. Son zamanlarda bunun yerine, yün ve naylondan (poliamid) oluşan karışım bir tops, naylon bir tops ya da genellikle yün ve naylon karışımından oluşan bir bant kullanılmaktadır. Son seçenek, dayanıklılık ile iyi performansı kombine etmektedir. Piyasada gözenekli yapıda hazır merdaneler de bulunmaktadır, fakat bunların bu uygulamadaki performansları hakkında herhangi bir bilgi mevcut değildir.
- sıkma etkinliğini arttırmak için son teknede mümkün olduğunca yüksek sıcaklıklarda çalışılması. Bir çok yıkama makinesi, ilk ya da ikinci tekneden son tekneye doğru düşen tekne sıcaklıkları ile çalıştırılmaktadır. İncelenen son tekne sıcaklıkları, oda sıcaklığından (20 ^{0}C'dan) 65 ^{0}C'a kadar değişmektedir ve ortalama 48 ^{0}C'tür. Son tekne sıcaklığı arttıkça, son teknedeki ısı kayıpları artacağı ve sıkma etkinliği arttıkça kurutucudaki ısı tüketimi oldukça azalacağı için, son tekne için optimum bir sıcaklık söz konusudur. Yaklaşık 500 kg/sa'in üzerindeki yapağı yıkama kapasiteleri için bu sıcaklık 60 – 65 ^{0}C'tur.
- kurutuculara ısı geri kazanım ünitelerinin takılması. Fakat bu pahalıdır ve mümkün olan ısı tasarrufu sadece 0,2 MJ/kg civarındadır. Yıkamacıların yapak kurutmadaki ısı geri

kazanım üniteleriyle ilgili pratikteki tecrübeleri de olumsuzdur; Üniteler kısa bir sürede lifler ile tıkanmakta ve enerji tüketiminde artışa bile sebep olabilmektedirler.

- direkt ve indirekt buhar ısıtmasında kullanılan buharın üretiminde ve dağıtımında meydana gelen kayıplardan kaçınmak amacıyla, yıkama teknelerinin direkt gaz alevi ile ısıtılması. Bunun mevcut tesislere sonradan uygulanması her zaman mümkün değildir ve maliyeti oldukça yüksektir. Enerji tasarrufu 0,3 MJ/kg'dır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Enerji tüketimindeki azalma, yıkama tesisinin kendisinden ya da dışarıdan kaynaklanan CO_2, SO_x ve NO_x emisyonlarının azalmasında etkili olacaktır.

Bir kir/yağ geri kazanımı devresinden sağlanan enerji tasarruflarının, yıkamada devre ve ısı değiştiriciler kullanılıyor ise 2 MJ/kg yağıltılı yapak civarında olacağı tahmin edilmektedir. Bir kg yağıltılı yapak için 10 litre su boşaltan bir klasik yıkamacının, 10 litre temiz suyu 10 ^{0}C'dan 60 ^{0}C'a ısıtmak için (209 kJ/l) 2,09 MJ'e ihtiyaç duyacağı farz edilmektedir. Devre ve ısı değiştiriciye sahip bir yıkama tesisi sadece 2 l/kg boşaltmakta (bkz. Bölüm 4.4.1) ve atık suyun sahip olduğu ısının % 80'ini geri kazanmaktadır (ihtiyaç duyulan enerji girdisi 0,084 MJ/kg yağıltılı yapak olmaktadır).

Daha önce tartışıldığı gibi, son tekneyi optimum sıcaklıkta (65 ^{0}C) çalıştırmak suretiyle kurutucuda sağlanabilecek enerji tasarrufunu göstermek de ilginçtir.

Son tekne sıcaklığı ^{0}C	20	30	40	50
Tasarruflar, MJ/kg yapak (1)	0,42	0,25	0,12	0,04
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999] ve bunda atıfta bulunulan L A Halliday, WRONZ Report No R112, 1983 Notlar: (1) Hesaplamalar indirekt buhar ısıtması düşünülerek yapılmıştır.				

Tablo 4.14: Son teknede optimum sıcaklıkta (65 ^{0}C) çalışarak elde edilen enerji tasarrufları

Açıklanan diğer önlemler için enerji tasarrufları, "Tanımlama" başlığı altında daha önceden bildirilmiştir.

Sonuç olarak, orta – büyük yapak yıkama işletmeleri, işlenen her bir kg yapak için yaklaşık 3,5 MJ'lük ısıl enerji ve 1 MJ'den daha düşük elektrik enerjisinden oluşan, toplam 4 – 4,5 MJ'lük bir enerji tüketimi ile çalıştırılabilmektedirler. Daha küçük işletmelerin özgül enerji tüketimleri daha yüksek değerlerde olabilmektedir, ancak bunu teyit eden bir bilgi mevcut değildir [187, INTERLAINE, 1999].

İşlemsel veriler

Bir çok işletme, tek tek makinelere ve proseslere – ve hatta bir dairenin tamamına ait enerji tüketimini izlemek için müstakil sayaçlara sahip değildirler. Bu koşullarda, işletme personelinin, olası enerji tasarruflarını saptaması ve kurutucunun verim kaybı gibi problemlerin çabucak farkına varması zordur. Enerji izleme ekipmanının kurulması, muhtemelen kendini kısa sürede amorti edecektir, fakat bu iddiayı destekleyen az miktarda kanıt söz konusudur. Müstakil sayaçlar bulunmadığı taktirde, tüm tesisin belirtilen standartlardan sapma gösterip göstermediğinin sık aralıklarla izlenmesi gerekmektedir [187, INTERLAINE, 1999].

Yan etkileşimler

Enerji tasarrufu havaya ve toprağa emisyonlar üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Herhangi bir olumsuz etki beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Burada açıklanan önlemler, farklı uygulanabilirlik durumlarına sahiptirler. Çoğu mevcut tesislere kolaylıkla uygulanabilirlerken, bir kısmı uygulanamamakta, ya da – sonuç olarak - tesisi yeni bir tesis haline getirecek değişiklikleri içermektedirler. Önlemlerin çoğunun uygulanabilirlik durumları, yukarıdaki açıklamalarda tartışılmaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

Ekonomiklik

Yapak yıkamacıları için enerji tüketimini azaltmada en önemli araçlar, su tüketimini ve atık su hacmini azaltmaktır. Bunu, ters akım prensibine göre yıkama ve kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerinin kurulması yolu ile yapmanın ekonomikliği daha önce tartışılmıştır (bkz. Bölüm 4.4.1). Yazım aşamasında, diğer önlemlerin maliyetleri ile ilgili bilgi bulunamamıştır [187, INTERLAINE, 1999].

Bu tekniklerin uygulanması için itici güçler

Sanayi açısından asıl itici güç ekonomik faktörlerdir. Hükümetler açısından asıl itici güç, uluslararası anlaşmalarda varılan kararları sağlamak amacıyla, havaya emisyonların azaltılmasıdır [187, INTERLAINE, 1999].

Referans işletmeler

Burada tartışılan tüm önlemler, bunların hepsini birden uygulayan bir işletme bulunmasa bile, dünya çapında bir çok işletmede uygulanmaktadırlar. Bunun bir istisnası, kojenerasyonun (kombine ısı ve elektrik üretimi) kullanımıdır. Diğer sanayilerde kullanılıyor olmasına rağmen, kojenerasyonun uygulandığı bir yapak yıkama işletmesi bilinmemektedir. Kojenerasyon uygulandığında muhtemelen yıkama işletmelerinde kendi gereksinimlerinden daha fazla elektrik üretilecektir ve üye ülkelerin çoğunda bu fazlalık satılabilmekte ve merkezi sisteme beslenebilmektedir. Yapak yıkama sektörü için kojenerasyon, önem kazanacak bir teknik olarak düşünülmelidir [187, INTERLAINE, 1999].

Referans literatür

[187, INTERLAINE, 1999]

4.4.4 Organik çözgen ile yapak yıkaması

Tanımlama

Wooltech yapak temizleme sistemi, susuz bir çözgen (trikloretilen) ile çalışmakta ve yıkama işleminde hiç su kullanmamaktadır. Proses daha önce Bölüm 2.3.1.3'te açıklanmıştır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Açıklanan teknik asıl yapak yıkama işleminde su kullanımından kaçınmaktadır. Su emisyonunun tek kaynağı, yapağı ile gelen nem, vakum enjektörlerinde kullanılan buhar ve ekipmanın içine alınan havadan geri kazanılan nemdir. Bu su, çözgen hava sıyırma ve

çözgen kalıntılarını yok etme ünitelerinde olmak üzere, iki adımda işlenmektedir. İkinci adımda, eser miktardaki çözgen kalıntıları, Fenton reaksiyonuna (demir ve hidrojenperoksit) dayanan bir serbest radikal prosesi kullanılarak yok edilmektedir.

Pestisitler kuvvetli bir şekilde çözgene geçtikleri ve yağ ile birlikte ayrıldıkları için, temizlenmiş yapağının pestisit içermediği söylenebilmektedir. Bu, yünün terbiye edildiği daha sonraki işlemler için olumlu bir durumdur.

Bu tekniğin diğer bir pozitif etkisi, organik çözgenin suya göre daha düşük olan gizli buharlaşma ısısından dolayı azalan enerji tüketimidir.

İşlemsel veriler

500 kg/sa'lik yıkanmış yapak üretimi için 10 kg/sa'lik bir çözgen tüketimi kaydedilmektedir. Bu çözgenin bir kısmı su akımına gönderilmekte ve yok edilmektedir. Kalanın bir kısmı (0,01 kg/sa) baca ile havaya geçmekte ve bir kısmı da (5 kg/sa) zapt edilemeyen kayıplar olarak hesaplanmaktadır.

Zaptedilemeyen kayıpların genelde çok düşük olabileceği bildirilmektedir ([201, Wooltech, 2001]) ancak bu durum, işletmedeki ustaların bakımı nasıl yürüttükleri ve fabrikanın nasıl yönetildiği hususlarıyla doğrudan ilgilidir. Wooltech prosesi, operatörler için tüm çevre, sağlık ve güvenlik konularına işaret eden ve sıkı bakım, kalite kontrol ve yönetim uygulamalarını içeren bir Yönetim Talimatı hazırlamıştır [201, Wooltech, 2001].

Yan etkileşimler

Bahsedilen teknik, çözgen olarak trikloretilen kullanmaktadır. Trikloretilen biyolojik olarak parçalanamayan ve dayanıklı bir maddedir. Bu çözgenin, damlamalardan, lif üzerindeki kalıntılardan vs.'den kaynaklanan hesapta olmayan kayıpları, eğer bunları işletmede yok etmek için uygun işlemler yapılmazsa, toprak ve yer altı kirlilikleri ile ilgili ciddi problemlerle sonuçlanacak sızma emisyonlarına neden olabilmektedirler. Açıklanan tekniğin son tasarımında bu durum göz önünde tutulmuştur.

Uygulanabilirlik

Tekniğin her türlü yapağa uygulanabileceği bildirilmektedir. Tipik olarak 250 ya da 500 kg/sa'lik temiz yapağı (852 kg/sa yağıltılı yapak) kapasiteli işletmeler yaygındır, fakat daha küçük işletmeler de düşünülebilmektedir [201, Wooltech, 2001].

Ekonomiklik

Tedarikçiden sağlanan bilgilere ([317, Comm., 2002]) göre, 500 kg/sa'lik temiz yapağı kapasiteli bir çözgen ile yıkama tesisi için gerekli yatırım sermayesi 5.000.000 A$ (2.8 milyon Euro'ya karşılık gelmektedir) civarındadır.

İşletme maliyetleri için tahmini bir değer, Tablo 3.8'de yer alan tüketim değerlerinden çıkarılabilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Su kıtlığı, bu tekniğin uygulanması için muhtemelen asıl itici güçtür.

Referans işletmeler

Wooltech sistemi Trieste-İtalya'da bir işletmede uygulanmaktadır.

Referans literatür

[201, Wooltech, 2001]

4.5 Ön terbiye

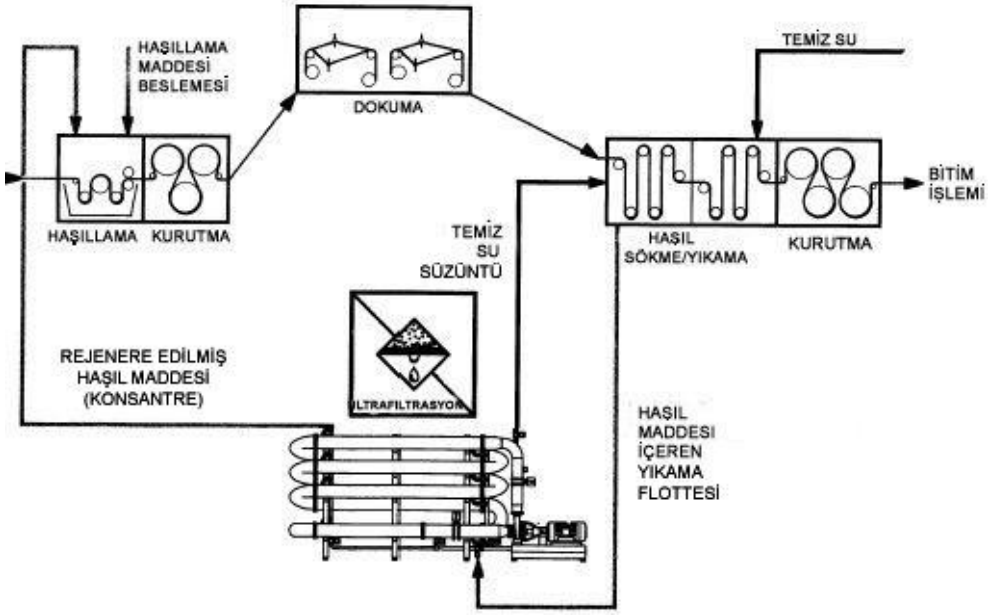
4.5.1 Haşıl maddelerinin ultrafiltrasyon (UF) ile geri kazanımı

Tanımlama

Haşıllama, dokuma işlemi esnasında çözgü ipliklerini korumak için yapılır ve tekstil ön terbiyesi esnasında uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu da dokuma kumaş terbiyesi yapan işletmelerin toplam KOİ yükünün % 40 – 70 artmasına neden olmaktadır.

Polivinilalkol, poliakrilatlar ve karboksimetilselüloz gibi suda çözülebilen sentetik haşıl maddeleri, ultrafiltrasyon yoluyla yıkama flottelerinden geri kazanılabilmektedirler. Son olarak da, karboksimetilnişasta gibi modifiye nişastaların da geri kazanılabileceği saptanmıştır.

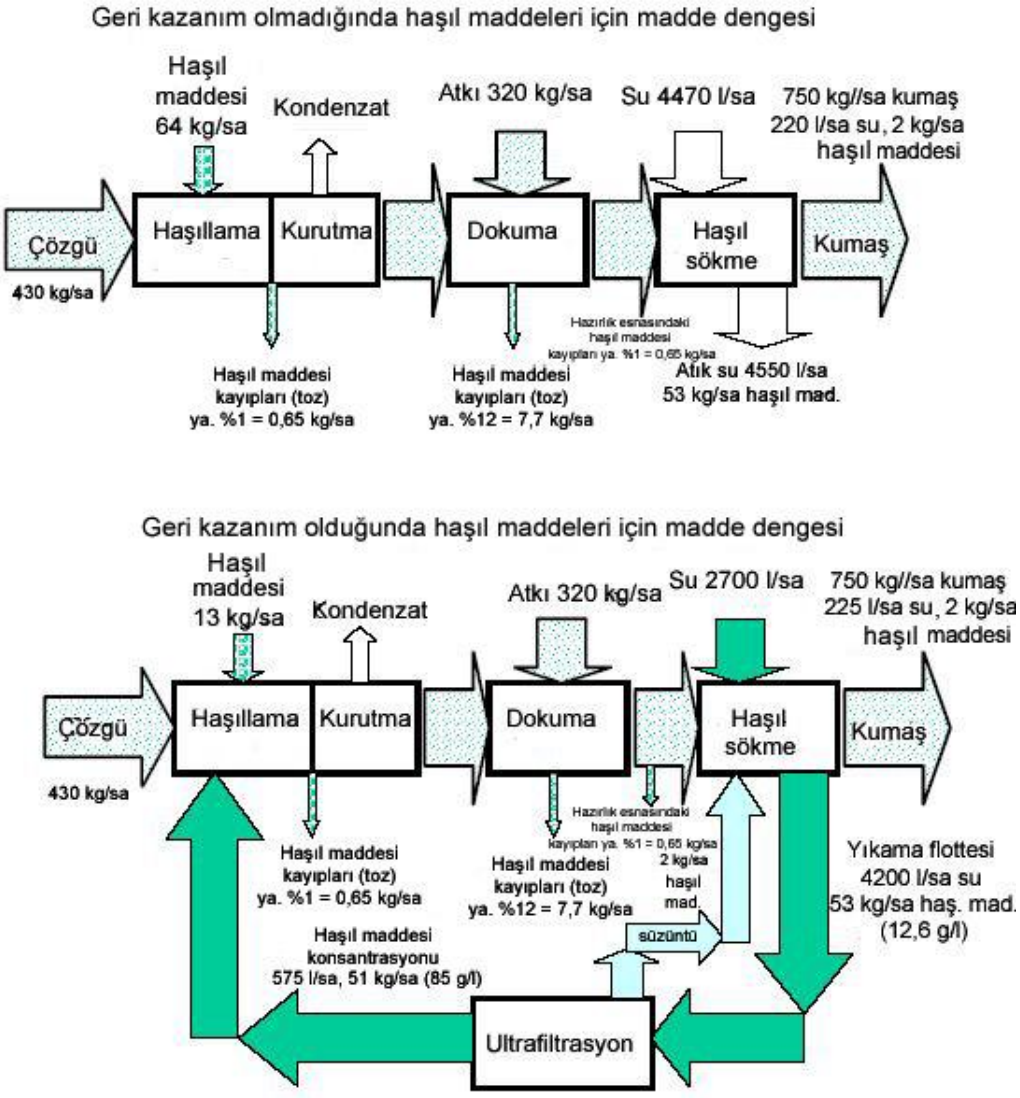
Ultrafiltrasyon yöntemi ile geri kazanımın prensibi Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Haşıllama ve dokumadan sonra haşıl maddeleri, tekstil ön terbiyesi esnasında bir kontinü yıkama makinesinde (su tüketimini minimize etmek için, yıkama prosesinin optimize edilmesi gerekebilir) sıcak suyla yıkayarak uzaklaştırılmaktadır. Yıkama flottesindeki haşıl maddesi konsantrasyonu yaklaşık 20–30 g/l'dir. Bu konsantrasyon ultrafiltrasyon tesisinde 150–350 g/l'ye derişikleştirilmektedir. Bu konsantrat geri kazanılmakta ve haşıllama için tekrar kullanılabilmektedir. Haşıl maddesi alınmış süzüntü (permeat) da yıkama makinesinde tekrar kullanılabilmektedir. Derişikleştirilmiş haşıl çözeltisinin yüksek sıcaklıkta (80-85 ^{o}C) tutulduğu ve tekrar ısıtılmasına gerek olmadığı unutulmamalıdır [179, UBA, 2001].



Şekil 4.9: Ultrafiltrasyon ile haşıl maddesinin geri kazanılması
[179, UBA, 2001]

Şekil 4.10, karakteristik bir vak'a çalışmasında, geri kazanımlı ve kazanımsız prosesler için haşıl maddeleri ve suya ait kütle dengelerini göstermektedir. Geri kazanımlı durumda bile prosesin çeşitli adımlarında, özellikle de dokuma esnasında, haşıl maddelerinin halâ kayba uğradığı görülmektedir. Ayrıca halâ belirli bir miktar haşıl maddesinin, haşıl sökme

işleminden geçmiş kumaşta ve az bir kısmının da permeatta kaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, geri kazanılabilen haşıl maddesi miktarı % 80–85 civarındadır.



Şekil 4.10: Haşıl maddeleri ve su için geri kazanımlı ve kazanımsız durumda kütle dengesi

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Dokuma kumaş terbiyecilerinden gelen atık suyun KOİ yüklenmesi % 40–70 azalmakta ve haşıl maddeleri % 80–85 oranında geri kazanılmaktadır. Buna ilaveten atık sulardaki haşıl maddelerinin arıtılmasına gerek kalmamaktadır. Dolayısıyla atılacak çamur miktarı azalacağı gibi, arıtma için kullanılacak enerji tüketimi de düşmektedir [179, UBA, 2001].

Ultrafiltrasyon, tekstil işletmelerindeki yüksek organik yüklenmeyi azaltmada çok etkilidir. Fakat geri kazanılabilinen haşıl maddeleri için kullanılan polimerlerin, aynı zamanda ev deterjanları gibi ürünlerde de yaygın şekilde kullanıldıkları ve dolayısıyla diğer atık sularda büyük miktarlarda bulundukları unutulmamalıdır [61, L. Bettens, 1999].

İşlemsel veriler

Kirlenmeyi ve bozuşup kokuşmayı mümkün olduğunca azaltmak için, lifler ultrafiltrasyondan önce uzaklaştırılmalıdırlar. Bu işlem, haşıl tozları gibi ince parçacıkların uzaklaştırılması için de gerekli olup, bunun için bir ön filtrasyon adımı uygulanmaktadır.

Renkli (çözgü ipliği boyalı) dokuma kumaşların haşılı sökülürken, haşıl sökme flottesi hafifçe renklenir. Boyarmadde partiküllerinin uzaklaştırılması daha zordur. Böyle durumlarda flottenin (daha kompleks, fakat halâ ekonomik olarak uygulanabilir olan) mikro filtrasyondan geçirilmesi gerekmektedir [179, UBA, 2001].

Haşıl maddelerinin geri kazanımında kullanılan ultrafiltrasyon ünitelerinin çalıştırılması ve yönetimi için, kaliteli personel ve iyi bir bakıma ihtiyaç duyulmaktadır.

Yan etkileşimler

Ultrafiltrasyon sisteminin enerjiye ihtiyacı vardır, fakat tüketilen bu enerji, yeni haşıl maddeleri üretmek (eğer geri kazanılmıyorlarsa) ve bunları atık su arıtma tesislerinde arıtmak için gerekli olan enerjiden çok daha azdır [179, UBA, 2001].

Uygulanabilirlik

Daha önce de açıklandığı gibi, bu metot sadece belirli haşıl maddeleri için uygundur. Bunlar: PVA, poliakrilatlar ve karboksimetilselüloz gibi suda çözülebilir sentetik haşıl maddeleridir. Son zamanlarda ise, karboksimetilnişasta gibi modifiye nişastaların da geri dönüşümünün yapılabileceği doğrulanmıştır.

Dokuma dairesinde yeniden kullanım her zaman problemsiz değildir. Stoktaki ve geri kazanılmış haşılın saklanması ve yeni haşılla karıştırılması esnasında ortam steril olmalıdır. Geçmişte bakteri üremesine karşı koruma yapılmaması (konsantrenin biyolojik olarak parçalanması ve ultrafiltrasyon ekipmanının kirlenmesi), Belçika'da bir geri dönüşüm tesisinin kapanmasına neden olmuştur [61, L.Bettens, 1999]. Günümüzde ise, geri kazanılmış haşıl maddeleri 75 ^{o}C'un üzerindeki sıcaklıklarda tutulmaktadırlar. Bu şartlar altında hiçbir mikrobiyal bozuşma probleminin olmadığı ve dolayısıyla steril şartların sağlanması için biyositlerin ilavesine gerek kalmadığı bildirilmektedir [280, Germany, 2002].

Haşıllamada sadece haşıl maddelerinin değil, aynı zamanda vaks, antistatik maddeler, vb. gibi yardımcı maddelerin de bulunduğu durumlarda, bu tekniğin uygulanabilirliğinde sınırlamalar ortaya çıkmaktadır. Bu bileşikler ultrafiltrasyondan sonra derişikleştirilmiş haşıl çözeltisinde (konsantratta) kalırlar. Bu konsantrat haşıllama için tekrar kullanılabilir, fakat spesifik kimyasal maddelere ihtiyacı olabilen farklı iplikler (farklı aplikasyonlu ve farklı nihai kullanımlı) için aynı konsantratın tekrar kullanılmasında sınırlamalar söz konusu olabilmektedir [281, Belgium, 2002]. Dokumacıların geri kazanılmış haşılları kullanmaları hala sınırlıdır. Zira dokumacılar geri kazanılmış haşılın kalitesinden kaygı duymaktadırlar. Ayrıca gofraj baskı efekti gibi belli bazı efektler sadece haşılı sökülmemiş kumaşlarla sağlanabilmektedir. Bütün bu nedenlerden dolayı, geri kazanılmış haşılın kullanımı, daha ziyade belirli tiplerde üretim yapan entegre tesislerde uygulanmaktadır.

Göz önüne alınması gereken başka bir husus da taşıma mesafeleridir. Uzun yol nakliyatları bütün ekolojik avantajları yok edebilir. Zira flottenin uygun şartlar altında ve izole edilmiş tanklar içerisinde taşınması gerekmektedir [179, UBA, 2001]. Her ne kadar dokuma ve terbiye departmanları arasında önemli mesafelerin (Amerika' daki bir firmada bu mesafe 300 km'ye kadar çıkmaktadır) bulunması durumunda dahi geri kazanımın yapıldığı işletmeler bulunmaktaysa da, haşıl maddelerinin geri kazanımı genellikle dokuma ve terbiye ünitelerinin aynı yerde bulunduğu entegre tesislerde uygulanmaktadır.

Dokuma ve terbiye (haşıl sökme) işlemleri tamamen farklı yerlerde gerçekleştirildiği zaman, daha pratik bir olanak, dokuma işletmesinde haşıl maddelerinin direkt olarak uzaklaştırılması ve geri kazanılması yani haşılı sökülmüş kumaşlar üretilmesi olabilir. Fakat, entegre bir tesiste işlemin maliyet efektifliği için, işlenen kumaşın miktarı 1000 ton/yıl'dan daha fazla olması gerekirken haşılı sökülmüş kumaş üreten bir dokuma işletmesinde bunun için minimum miktar daha fazla olmaktadır (yaklaşık 5000-8000 ton/yıl) çünkü ultrafiltrasyon tesisine ilave olarak bir yıkama makinesi ve bir kurutucu da kurulmalıdır [179, UBA, 2001]. Tekstil terbiyecilerinin, haşılı sökülmüş kumaşları kabullenmelerinin şu an için sınırlı olmasının yanında, baskı (gofraj baskı) gibi belli bazı efektler de sadece haşılı sökülmemiş kumaşlarla gerçekleştirilebilmektedir.

Ekonomiklik

Maliyet/fayda değerlendirmesinde, sadece ultrafiltrasyon maliyetleri değil, özellikle de nişasta ve nişasta türevlerinin yerine sentetik haşıl maddeleri kullanıldığında dokuma verimliliğinin etkilendiği de göz önüne alınarak reçete, tüm işlemler ve terbiye maliyetleri de dikkate alınmalıdır. Sentetik haşıl maddeleri nişasta esaslı haşıl maddelerinden daha pahalıdırlar; fakat bunlar daha düşük miktarlarda kullanılmaktadırlar ve bunlarla çalışırken dokuma verimlilikleri de daha yüksek olabilmektedir.

Aşağıdaki tabloda, haşıl maddelerinin geri kazanılması durumunda sağlanabilen yıllık kazanca ait bir örnek sunulmaktadır [179,UBA 2001].

Haşıllama için Girdiler	**Geri Kazanımsız (Yıllık Değerler)**		**Geri Kazanımlı (Yıllık Değerler)**	
		EURO		EURO
Üretilen dokuma kumaş	8750 t		8750 t	
Çözgü iplikleri miktarı	5338 t		5338 t	
Aplike edilen haşıl maddesi miktarı	% 13,8		% 10	
Geri kazanılan haşıl maddesi	-		427 t	76095
Nişasta türevleri	470 t	261435		
PVA	264 t	722500	75 t	205100
Poliakrilatlar			32 t	158400
Vaks	59 t	133040	26,7 t	30485
Temiz su	5075 m^3	5840	755 m^3	830
Buhar	890 t	10780	350 t	4235
Elektirik	155680 kWh	8560	32000 kWh	1760
İş gücü	4450 sa	58700	1680 sa	22180
Toplam Maliyet		1200855		499085
[179, UBA, 2001]				

Tablo 4.15: Haşıl maddelerinin geri kazanılması durumunda sağlanan yıllık kazançlara tipik bir örnek
[179, UBA, 2001]

Tabloda verilen örnekte, daha yüksek dokuma verimliliğinden, azalan ön terbiye masraflarından (nişasta esaslı ürünlerle karşılaştırıldığında, zaman kazancı ve uzaklaştırılması ve azaltılması için oldukça daha az kimyasal madde tüketimi) ve atık su arıtılmasından dolayı meydana gelen ilave tasarruflar da söz konusudur. Buna göre bir ultrafiltrasyon ünitesinin kendini geri ödeme süresi bir yıldan daha az olabilir [179, UBA, 2001]. Bu da çoğu durumda firmaların bu teknolojiye çevre için değil, ekonomik yararlar için yatırım yaptıkları görüşüne ağarlık kazandırmaktadır.

Tablo 4.15'te gösterilen ultrafiltrasyon tesisi için yatırım maliyetleri şöyledir:

	EURO
- ultrafiltrasyon tesisi	1 000 000
- dengeleme tankı	105 000
- tesisat	77 000
- devreye alma	27 500
- çeşitli giderler	27 500
- toplam yatırım maliyeti	**1 237 000**

Uygulama için itici güçler

Haşıl maddeleri geri kazanımının uygulanmasında en önemli itici güç atık su problemleri ve maliyetlerinin düşürülmesidir [179, UBA, 2001].

Referans işletmeler

Polivinil alkolün geri kazanımı için ilk işletme 1975 yılında ABD'de çalışmaya başlamıştır. Bu esnada Almanya'da 2 tesis uzun süredir çalışmakta olup, şu anda Brezilya, Taiwan ve ABD'de çeşitli tesisler de faaliyettedir. Çok fazla ultrafiltrasyon tesisi tedarikçisi yoktur [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[61, L. Bettens, 1999], [179, UBA, 2001] ve bunlarda atıfta bulunulan:
"Klaus Stöhr, ATA Journal, Oct/Nov, 2001, 50-52"
"Heinz Leitner, Melliand Textilberichte 10 (1994) E, 205-209"
"Technical information BASF, T/T 372e, July 2000"
"Size UCF-4, Techn. Info BASF (2000)"

4.5.2 Etkili ve kapsamlı haşıl uzaklaştırılması için oksidadif yöntemin uygulanması

Tanımlama

Bir çok dokuma kumaş, materyalin orijinine ve kalitesine bağlı olarak farklı özelliklerde haşıl maddeleri içermektedir. Çoğu tekstil terbiyecisi farklı tipte kumaşlarla ve dolayısıyla farklı haşıl maddeleriyle uğraşmaktadırlar. Bundan dolayı tekstil terbiyecileri kumaşın orijininden bağımsız olarak, lifli olmayan maddelerin (pislikler, liflerdeki yabancı maddeler veya preparasyon maddeleri olabilirler) hızlı, uygun ve güvenilir bir şekilde uzaklaştırılabilmesini istemektedirler.

Enzimatik haşıl sökme nişastayı uzaklaştırmakta, fakat diğer haşılların uzaklaştırılmasında düşük etkiye sahip olmaktadırlar. Spesifik şartlar altında (pH 13'ün üstünde), H_2O_2, bütün haşılları etkili ve düzgün bir şekilde parçalayan ve kumaştan uzaklaştıran serbest radikaller üretmektedir. Bu işlem, kumaş tipine ve haşıl cinsine bağlı olmaksızın, takip eden boyama ve baskı için, temiz, hidrofil ve düzgün bir zemin sağlamaktadır [189, D. Levy, 1998].

Son çalışmalar ([203, VITO, 2001]) pH 13'ün üstünde O^{*-} oksit radikal anyonunun hakim olan yapı olduğunu göstermektedir. Bu radikal anyonlar yüksek reaktifliktedirler ve çeşitli nedenlerden dolayı selülozdan ziyade lifsel olmayan maddelere (haşıl maddesi vs.) etki etmektedirler. Çünkü, birinci olarak kuvvetli alkali ortamda selüloz polimerleri gibi bunlar da negatif yüklenmektedirler (aynı yüklerin birbirini itme etkisi) ve ikinci olarak da OH* radikallerinden farklı olarak bunlar aromatik zincirleri açarak reaksiyon vermemektedirler.

İlk olarak kumaş üzerine düzgün dağılmamış durumdaki katalitik etki gösteren maddelerin (örneğin demir partikülleri, bakır vs.) uzaklaştırılması tavsiye edilmektedir. Bundan dolayı

işlem akımı şöyle olabilir: metallerin uzaklaştırılması (modern ön terbiye hatları metal dedektörlerle donatılmışlardır), oksidatif haşıl sökme (peroksit ve alkali), hidrofilleştirme (alkali), demineralizasyon (asidik indirgeme veya halâ daha iyisi alkali indirgeme/ekstraksiyon), ağartma (peroksit ve alkali), durulama ve kurutma.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Önerilen teknik, atık suyun geliştirilmiş arıtabilirliği ile birlikte, su &enerji tüketiminde de önemli çevresel yararlar sağlamaktadır.

Peroksit ağartılmasının yürütüldüğü yerlerde oksidatif yöntem çok cazip bir olanaktır. Ağartmada aktif madde olarak kullanılan hidrojenperoksitten de faydalanmak için, su, enerji ve kimyasal tasarrufu sağlamak amacıyla hidrofilleştirme ile alkali ağartmasını kombine etmek ve farklı ön terbiye basamakları süresince alkali ve peroksidin ters akımını ayarlamak avantajlıdır.

Hidrojenperoksidin aktivasyonu sırasında üretilen serbest radikallerin de etkileriyle, haşıl polimerleri yüksek oranda parçalanmış hale geçmektedirler. Bu işlem, etkili yıkama makinelerinde azaltılmış su miktarı ile uzaklaştırılması daha kolay olan daha kısa ve daha az dallanmış moleküller, glikoz, oksalat, asetat ve formiyat gibi daha fazla karboksilatlanmış moleküller üretmektedir.

Haşıl polimerlerinin ön oksidasyonu atık suların arıtılması sırasında da avantaj sağlamaktadır (geliştirilmiş arıtabilirlik). Enzimatik haşıl sökmede nişasta makromolekülleri tamamiyle parçalanmazlar (haşıl sökmeden sonra uzun moleküller tam olarak parçalanmazlar). Bu da biyolojik arıtma tesislerinin parçalanacak organik maddelerle aşırı yüklenmesi anlamına gelir ve çökmesi zor olan hacimli çamurların oluşumu gibi problemlerin sık sık ortaya çıkmasına neden olur.

İşlemsel veriler

Eğer oksidatif alkali ortamdaki (hidrojen peroksitli) ağartma esnasında, OH* oluşumu kontrol edilmezse, liflerin zarar görme riskinin olduğu çok iyi bilinmektedir. Haşıl ve selüloz aynı moleküler yapıya sahiptir, dolayısıyla selüloz moleküllerinin de seçici olmayan OH* tarafından hücuma uğraması mümkündür. Nişasta benzeri haşıllar sökülürken iyi sonuçlar elde etmek ve liflerin zarar görmesinden kaçınmak için hidrojenperoksidi pH > 13'te ilave etmek şarttır. Bu işlem koşulları, selüloza zarar veren OH* radikallerinin oluşumunu en aza indirmektedir.

PVA/Nişasta karışımları için bir haşıl sökme – ağartma işleminde emdirme reçetesi örneği:
- deterjan (% 0,3)
- iyon tutucu (% 0,1)
- sodyumhidroksit (% 0,7 – 2,0)
- hidrojenperoksit (% 0,2 – 0,4)
- tuz % 0,04
- gerekli miktarlarda emülgatör.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, malları aynı kaynaktan gelmediği için (bunun sonucu olarak da aynı tip haşıl maddesi ile işlenmiş mallara sahip olmayan) yüksek fleksibiliteye ihtiyacı olan fason

terbiyeciler (büyüklüklerine bağlı olmadan) için özellikle uygundur. Yüksek prodüktivite bakımından bu firmalar, ilk defada doğru sonuçları sağlamak için geniş kapsamlı olarak uygulanabilen tekniklerle çalışmak zorundadırlar.

Oksidatif ağartmanın kontrolü için hali hazırda mevcut olduklarından, yeni karmaşık kontrol donanımlarına gereksinim yoktur. Teçhizat, modern preparasyon hatlarından farklı değildir.

Ekonomiklik

Adımlar ve flotteler, kaynak tüketimi toplam minimum maliyet için optimize olacak şekilde kombine edilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Ağartmada hipoklorit yerine artan şekilde hidrojenperoksit kullanımı ile, hidrojenperoksidin fiyatı diğer oksidantlara göre düşmeye devam edecektir. Hidrojenperoksidin seçici kullanımı (istenmeyen reaksiyon yollarının minimize edilmesi), hammadde, enerji ve çevresel temizliği içeren toplam maliyetlerin azaltılması için önemli olacaktır.

Referans literatür

[203, VITO, 2001] ve bunda atıfta bulunulan:

"Ref. 1995, Catalytic oxidations with oxygen: An İndustrial Perspective, Jerry Ebner and Dennis Riley"

"Ref. 1998, Peroxide desizing: A new approach in efficient, universal size removal, David Levy"

"Ref. 1995, Environmentally Friendly Bleaching of Natural Fibers by Advanced Techniques, Ludwich Bettens (SYNBLEACH EV5V – CT 94 - 0553) –European Workshop on Technologies for Environmental Protection' da sunulan tebliğ, 31 January to 3 February 1995, Bilbao, Spain – Report 7"

4.5.3 Pamuklu kumaşların tek adımlı haşıl sökme ve ağartılması

Tanımlama

Pamuklu dokuma kumaşlar ve pamuğun sentetiklerle karışımları için:
- haşıl sökme
- hidrofilleştirme
- ağartmadan

oluşan 3 adımlı bir ön terbiye işlemi yıllardır standart prosedür olarak uygulanmaktaydı.

Yeni yardımcı madde formülasyonları, otomatik dozajlama ve yeni buharlayıcılar: haşıl sökme, alkali parçalama (hidrofilleştirme) ve pad steam peroksit ağartmasının tek adımda yapılmasını sağlayan ve "Şok Buharlama" olarak adlandırılan işleme olanak sağlamaktadırlar [180, Spain, 2001].

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Üç işlemin tek adımda kombine edilmesi, su ve enerji tüketiminde önemli düşüşlere olanak sağlamaktadır.

İşlemsel veriler

Ham kumaşlar, 2–4 dakika içinde gergin kumaş geçişinde boyama için uygun beyazlığa ulaşmaktadırlar. Bu özellikle kırılmaya karşı hassas kumaşlar işlendiğinde büyük bir avantaj oluşturmaktadır [180, Spain,2001].

Kimyası basittir ve tam potansiyelle optimum kullanım için tamamen otomatikleştirilmiştir.

Muhtemel reçetelerden biri:
- 15–30 ml/kg dispergatör, ıslatıcı, deterjan ve ağartma maddelerinin fosforsuz karışımı
- 30–50 g/kg NaOH % 100' lük
- 45–90 ml/kg H_2O_2 % 35' lik

şeklindedir.

"Şok Buharlama" peroksit ağartmasının iş akışı şu şekildedir:
1. ağartma maddesinin aplikasyonu
2. 2–4 dakika buharlama (doymuş buharla)
3. sıcak yıkama.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu tekniği, bu işlem için uygun yeni makine parkına sahip firmalar uygulayabilmektedirler [180, Spain, 2001]. Daha detaylı bilgi verilmemiştir.

Ekonomiklik

Bilgi elde edilememiştir.

Uygulama için itici güçler

Verimlilikte artış.

Referans işletmeler

Avrupa'daki bir çok işletme.

Referans literatür

[180, Spain, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "İnternational Dyer, October (2000), s. 10"

4.5.4 Enzimatik hidrofilleştirme

Tanımlama

Amilaz kullanımıyla haşıl sökme uzun süredir kullanımda olan oturmuş bir işlemdir. Son zamanlarda, pektinazların geleneksel bazik hidrofilleştirme işlemi yerine geçeceği beklenmektedir. Bazı yardımcı madde tedarikçileri, pamuktan hidrofobik ve diğer selülozik olmayan bileşikleri uzaklaştırmak için bir enzimatik işlem tanıtmışlardır. Yeni işlem ılıman pH koşullarında ve geniş bir sıcaklık aralığında uygulanabilmekte ve jet makineleri gibi makineleri kullanarak yapılabilmektedir.

Enzimle hidrofilleştirilmiş tekstiller daha iyi ağartılabildiklerinden, ağartmanın, azaltılmış miktarlardaki ağartma kimyasalları ve yardımcıları ile sağlanabildiği iddia edilmektedir. Enzimler gerçekten substratı daha hidrofil yapmaktadır (bu da daha iyi ağartılabilirliği açıklamaktadır), fakat mumumsu maddeleri ve çöpelleri uzaklaştıramamaktadırlar. Bundan dolayı mumumsu maddeleri ve çöpeller daha sonraki ağartma sırasında uzaklaştırılmaktadırlar.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Geleneksel hidrofilleştirme işleminde kullanılan sodyumhidrokside artık gerek kalmamaktadır. Ayrıca, geleneksel işleme göre şu avantajları bildirilmektedir. (bkz.aşağıdaki tablo).

	Enzimatik hidrofilleştirme	**enzimatik hidrofilleştirme + azaltılmış hidrojenperoksit ve alkali konsantrasyonu ile ağartma**
Durulama suyu tüketimindeki azalma	%20	%50
BOİ – yüklenmesindeki azalma	%20	%40
KOİ – yüklenmesindeki azalma	%20	%40
Kaynak:[179, UBA, 2001]		

Tablo 4.16: Enzimatik hidrofilleştirme işlemi ile sağlanan çevresel yararlar.

İşlemsel veriler

Tek adımda hidrofilleştirme ve haşıl sökmeyi birleştiren bir pad batch işlemi için tipik bir reçete şöyledir [179, UBA, 2001]:

- 60 ^{o}C' de (pH 8 – 9,5)
  - 2 – 3 ml/l ıslatıcı
  - 2 – 5 ml/l emülgatör
  - 5 – 10 ml/l enzimatik bileşik
  - 4 – 6 ml/l amilaz
  - 2 – 3 g/l tuz

  ile emdirme
- 3 – 12 saat bekletme, bu süre nişastanın tipine ve miktarına bağlıdır.
- ekstraksiyon ve durulama.

Yan etkileşimler

Enzimler, organik yüklenmeye katkıda bulunduklarından ve faaliyetleri oksidasyondan çok hidroliz esasına dayandığından çevresel faydaları tam olarak belirgin değildir. Enzimatik hidrofilleştirmeyle uzaklaştırılamayan organik yük daha sonraki işlemlerde karşımıza çıkabilmektedir. Daha geniş bir denge değerlendirmesi, büyük bir ihtimalle önemli bir iyileşme olmadığını gösterecektir.

Uygulanabilirlik

Enzimatik hidrofilleştirme işlemi, selülozik lifler ve karışımlarına (hem dokuma, hem de örme mallar için) kesintili ve kesintisiz işlemlerde uygulanabilmektedir.

Enzimatik haşıl sökme uygulandığında, bu işlem enzimatik hidrofilleştirme ile kombine edilebilmektedir.

Bu işlem jet, overflow, haspel, pad-batch, pad-steam ve pad-roll ekipmanları kullanılarak uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik

Toplam işlem maliyetleri göz önüne alındığında fiyat performansının, hesaplı olacağı iddia edilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Kalite (iyi tekrarlanabilirlik, azaltılmış lif zararları, iyi boyutsal stabilizasyon, yumuşak tutum, geliştirilmiş renk verimi vs.) ve teknik hususlar gibi (örneğin metal parçalarda korozyon olmaması), ekonomik ve ekolojik hususlar da enzimatik hidrofilleştirme tekniğinin uygulanması için sebepler olarak gösterilmektedirler [179, UBA, 2001].

Referans işletmeler

Avrupa'daki birçok işletme [179, UBA, 2001]

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan
"kahle, 2000"
Kahle, V.
Bioscouring ein neues, modernes Bio Tech-Konzept
Production information, Bayer AG, D-Leverkusen (2000)

4.5.5 Ağartma işlemlerinde sodyumhipoklorit ve klor içeren bileşiklerin ikamesi

Tanımlama

Hipoklorit kullanımı kanserojen triklormetan (reaksiyon zincirinin sonunda oluştuğu için, genelde en fazla oluşan bileşik de budur) gibi bir dizi klorlanmış hidrokarbon bileşiğinin oluşumuna yol açan yan reaksiyonların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu yan ürünlerin çoğunluğu, absorbe edilebilen organik halojenler olarak, toplam AOX parametresi vasıtasıyla belirlenebilmektedirler. Zararlı AOX oluşumuna benzer katkılar, klor, klor açığa çıkaran bileşikler ve yüksek derecede klorlanmış asitlerden de (örneğin, triklorasetik asit) kaynaklanabilmektedir. Halojenlenmiş çözgenler de AOX probleminin farklı bir kategorisini oluşturmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.6.1.2).

Sodyumhipoklorit, uzun süre tekstil terbiyesinde en fazla kullanılan ağartma maddesi olmuştur. Almanya ve diğer Avrupa ülkelerinde yerini büyük oranda başka ağartma maddelerine bırakmış olmasına rağmen, sodyumhipoklorit sadece ağartma maddesi olarak değil, aynı zamanda boyama makinelerinin temizlenmesinde ve hatalı boyanmış malların düzeltilmesinde sökücü madde olarak da halâ kullanılmaktadır.

Belli şartlarda, hipokloritten daha az da olsa, sodyumklorit de AOX oluşumuna sebep olabilmektedir. Ancak son araştırmalar problemin sodyumkloritin kendisinden değil, klor veya hipokloritin safsızlık olarak mevcudiyetinden (stokiometrik olmayan üretim dolayısıyla) veya aktivatör olarak kullanılmasından kaynaklandığını göstermiştir. Şu anda AOX oluşumu olmaksızın ClO_2 üretmeye uygun yeni teknolojilerde (sodyumklorat için

indirgen madde olarak hidrojenperoksidin kullanılması) bulunmaktadır [18, VITO, 1998], [59, L. Bettens, 2000].

Halen pamuk ve pamuklu karışımlar için sodyumhipoklorit yerine tercih edilen ağartma maddesi hidrojenperoksittir.

Sadece hidrojenperoksidin kullanıldığı tek adımlı proseslerle istenilen yüksek derecedeki beyazlığın sağlanamadığı durumlarda, AOX miktarını azaltmak için, hidrojenperoksitli (ilk adım) ve sodyumhipokloritli (ikinci adım) iki adımlı bir proses uygulanabilmektedir. Bu yöntemde lif üzerindeki safsızlıklar -haloform reaksiyonunun öncüsü olan- birinci adımda uzaklaştırılmakta, böylece atık sudaki AOX miktarı azalmaktadır. Bununla beraber bugün için, hipoklorit kullanımını tamamen elimine eden, sadece hidrojenperoksidin kullanıldığı (oda sıcaklığında bir soğuk ağartma adımından sonra sıcak ağartma) iki adımlı ağartma prosesleri uygulamak da mümkündür.

İndirgeme/ekstraksiyon teknikleri ile katalitik etki gösteren maddelerin dikkatli bir şekilde uzaklaştırılmasından sonra, kuvvetli alkali ortamda yüksek beyazlık dereceleri sağlayan peroksit ağartmaları da artan bir destek bulmaktadırlar. Amaçlanan diğer bir avantaj ise, hidrofilleştirme ile ağartma kombinasyonunun mümkün olmasıdır. Ardından kuvvetli bir oksidatif kombine ağartma/hidrofilleştirme adımı (yüksek alkali ve yüksek aktif oksijen konsantrasyonu) yapılan indirgen/ekstraksiyon işlemlerin, yüksek kirlilikteki tekstillerin ağartılması için tüm tekstil ürün çeşitlerine ve her çeşit makinede (kesintili ve kesintisiz) uygulanabilmektedirler. Bu yöntem oksidatif yolu izlemekte ve aktif oksijen kullanmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Atık sulardaki triklormetan ve klorasetik asit gibi zararlı AOX'ların bulunması önlenmektedir.

İşlemsel veriler

Çeşitli ön terbiye işlemlerinin sırasına veya kombinasyonlarına ve hipoklorit veya klor içeren akımların birbirlerine karışmasına özel dikkat gösterilmelidir. Örneğin hem hipoklorit hem de peroksit kullanılan iki adımlı ağartma metodunda eğer hipoklorit ağartması büyük miktarlarda organik halojen ön ürünlerinin materyalde mevcut olduğu durumda gerçekleştirilirse, tehlikeli olabilmektedir. Eğer hipoklorit ağartması, liflerdeki öncü ürünleri uzaklaştıran bir alkali peroksit ağartmasından sonra son adım olarak uygulanırsa risk azaltılabilecektir. Ancak iki adımlı işlemlerin sırasının hipklorit → peroksitten, peroksit → hipoklorite dönüştürülmesinin önemini gösteren veri temin edilememiştir. Doğru ön terbiye ve ağartma işlemleri sıralamasının uygulandığı durumlarda bile, hipoklorit ağartma atık sularının diğer belli veya karışık akıntılar ile ve özellikle haşıl sökmeden ve yıkamadan gelen karışık atık sularla karıştırılmasının önlenmesi, gerçekten çok daha önemlidir. Birleştirilmiş proses atık sularında organik halojenlerin oluşma olasığı çok daha yüksektir.

Toksisite ve korozyon risklerinden dolayı, klorit ağartmasında sodyumkloritin hazırlanması ve saklanması özel dikkat gerektirmektedir. Maruz kaldıkları yüksek korozyon riskinden dolayı makine ve ekipman sık sık denetlenmelidir (ayrıca bkz. Bölüm 2.6.1.2).

Yan etkileşimler

Kompleks oluşturucu maddeler (örneğin, EDTA, DTPA, fosfonatlar) genellikle hidrojenperoksit stabilizatörü olarak kullanılmaktadırlar. Bu maddelerin kullanımı ile ilgili temel endişeler, bu maddelerin metallerle stabil kompleksler oluşturabilme yetenekleri (ağır metallerin remobilizasyonu), N- ve P- içerikleri ve genellikle biyolojik olarak

parçalanabilme/elimine edilebilirliklerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat ağartma prosesi esnasında (bkz.Bölüm 4.5.6) pH koşullarının düzgün kontrolü ile kuvvetli iyon tutucuların ilavesinden kaçınılabilmekte ve hidrojenperoksidin kontrolsüz parçalanması, silikatlar, magnezyum, akrilatlar veya biyolojik olarak parçalanabilir karboksilatlar yardımı ile yavaşlatılabilmektedir (bkz. Bölüm 4.3.4).

Optik beyazlatıcılar, genellikle peroksit ağartmasının gerekli beyazlık seviyesinin tutturulması için yetersiz kaldığı durumlarda uygulanmaktadırlar. Oluşturdukları KOİ yükü ve ramözde fiksaj esnasında oluşan duman da göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca optik beyazlatıcıların tahriş etme potansiyellerinden dolayı, bunların deriyle yakın temasta olan (örneğin; iç giyim, yatak örtüleri) beyaz ürünler için kullanımı her zaman istenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Ağartma maddesi olarak hipokloritin yerine başka maddelerin kullanımı hem yeni, hem de mevcut tesislerde uygulanabilmektedir.

Selülozik, yün ve bunların karışımlarından mamul iplik ve dokuma kumaşların çoğunluğunun ağartılmasında geçerli olan bir ikame maddesi hidrojenperoksittir. Bugün örgü pamuklu & pamuklu karışımlarının ağartılmasını tek başına hidrojenperoksitle yapabilmek de mümkün olmaktadır ve yüksek bir beyazlık derecesi (>75 Berger Beyazlık İndisi) sağlanabilmektedir (katalizörlerin uzaklaştırılmasından sonra kuvvetli alkali hidrofilleştirme/ağartma ile).

Tek başına peroksit kullanılarak ağartılamayan keten ve diğer gövde lifleri istisna oluşturmaktadır. Klordioksitten farklı olarak, anyonik ağartma maddeleri tüm renkli materyalleri uzaklaştırabilmek için yeterli kuvvete sahip değillerdir ve liflerin hidrofobik bölgelerine kolaylıkla ulaşamamaktadırlar. Keten için bir seçenek iki adımlı hidrojenperoksit-klordioksit ağartmasıdır.

Halojenleme ön ürünlerinin uzaklaştırıldığı peroksit ağartmasının ardından hipoklorit ağartması uygulanması şeklindeki kombine ağartmaların yüksek beyazlık dereceleri sağlamak ve depolimerizasyona hassas ve kırılgan kumaşlar için halâ gerekli olduğu bildirilmektedir.

Sodyumklorit, keten, jüt ve bazı sentetik lifler için mükemmel bir ağartma maddesidir.

Ekonomiklik

Genel olarak hidrojenperoksit ile ağartma, pazarın doygunluğundan dolayı, artık hipokloritle ağartmadan daha pahalı değildir.

Örgü kumaşlar için önerilen hidrojenperoksit ile iki adımlı ağartma prosesi, hidrojenperoksit ve hipoklorit kullanan geleneksel ağartma yönteminden iki ile altı kat arasında daha pahalıdır [179, UBA, 2001].

Klordioksitin ağartma maddesi olarak kullanılması durumunda, bu ağartma maddesinin uygulandığı yüksek korrozif şartlara karşı dirençli tesisat için (mevcut tesiste) yatırım yapılması gerekebilmektedir.

Elementel klor içermeyen klordioksit üretimiyle ilgili olarak bu işlem, başka bir BREF' te (odun hamuru & kağıt endüstrisi) ayrıntılı bir şekilde incelenmekte ve açıklanmaktadır.

Uygulama için itici güçler

Bu tekniğin uygulanmasında temel itici güçler klor içermeyen maddelerle ağartılmış tekstiller için pazar talepleri ve yasalar tarafından konulmuş zorunluluklardır (atık su boşaltımı hususunda).

Referans işletmeler

Avrupa ve dünya genelindeki bir çok işletme, sodyumhipokloritin yerini alabilecek ağartma maddelerini yaygın olarak kullanmaktadır.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [51, OSPAR, 1994] (P059, P063), [203, VITO, 2001].

4.5.6 Hidrojenperoksit ağartmalarında kompleks oluşturucu maddelerin tüketimlerinin azaltılması

Tanımlama

Hidrojenperoksit ile ağartma yaparken suda, farklı reaktiflikteki oksijen türleri bulunabilmektedir (O_2**, H_2O_2/HOO^-, H_2O/OH^-, HOO^*/O_2^{*-}, O_3/O_3^{*-}). Bunların oluşumunun ve yok oluşunun kinetiği, oksijen konsantrasyonuna, aktivasyon enerjisine, indirgeme potansiyeline, pH' a, katalizör ve diğer kimyasallara bağlıdır. Bu işlemler çok komplekstirler ve sadece dinamik simülasyon modelleri ile açıklanabilmektedirler. Selüloz liflerine saldırıdan ve bunlara zarar vermeden (depolimerizasyondan) OH* radikallerinin sorumlu olduğu ve OH* radikallerinin oluşumunun da temelde, H_2O_2/HOO^-' nın demir, mangan, bakır gibi yan grup metalleriyle reaksiyonundan kaynaklandığı, yaygın olarak kabul görmektedir. Kontrolsüz OH* radikallerinin oluşumu sonucunda liflerde meydana gelen katalitik zararların önlenmesi, genellikle katalizörleri inaktive eden kompleks oluşturucuların (iyon tutucuların, stabilizatörlerin) kullanımı ile sağlanmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 8.5).

Terbiye işletmelerinde kullanılan kompleks oluşturucular genellikle (bkz. Şekil 4.6), polifosfat (örneğin, tripolifosfat), fosfonat (örneğin, 1- hidroksietan, 1- difosfonik asit) ve aminokarboksilik asit (örneğin EDTA, DTPA ve NTA) esaslıdırlar. Bu maddelerin kullanımıyla ilgili temel endişeler, bunların N- ve P- içeriklerinden, genellikle düşük olan biyolojik parçalanabilirlik/biyolojik olarak elimine edilebilirliklerinden ve metallerle ağır metallerin remobilizasyonuna yol açabilecek şekilde, stabil kompleksler oluşturabilme yeteneklerinden (ayrıca bkz. Bölüm 8.5) kaynaklanmaktadır.

Yüksek miktarlarda iyon tutucu kullanımından, sorumlu katalizörlerin işlemde kullanılan sudan ve tekstil materyalinden uzaklaştırılması ve OH* radikallerinin yok edilmesi ile kaçınılabilmektedir.

Terbiye işletmeleri, işlem suyundaki demir ve sertlik oluşturucu toprak alkali katyonlarını uzaklaştırmak için kullanacakları temiz suyu yumuşatmaktadırlar (magnezyumhidrat stabilize edici etkiye sahip olduğundan, yan grup metallerini ve kalsiyumu uzaklaştıran teknikler tercih edilmektedir).

Lif safsızlığı olarak ve kumaş yüzeyinde de ham liften gelen demir, pas veya iri taneli demir partikülleri bulunabilmektedir. Sonuncusu, kuru işlemlerden birinde manyetik dedektörler/mıknatıslar kullanılarak (modern kontinü hatlar manyetik detektörlerle donatılmıştır) belirlenebilmekte ve uzaklaştırılabilmektedir. Bu uygulama, özellikle terbiye işlemine bir oksidatif hidrofilleştirme/haşıl sökme adımıyla başlanıldığında uygun olmaktadır. Çünkü aksi takdirde, bu iri taneli demir partiküllerini yaş işlemlerde

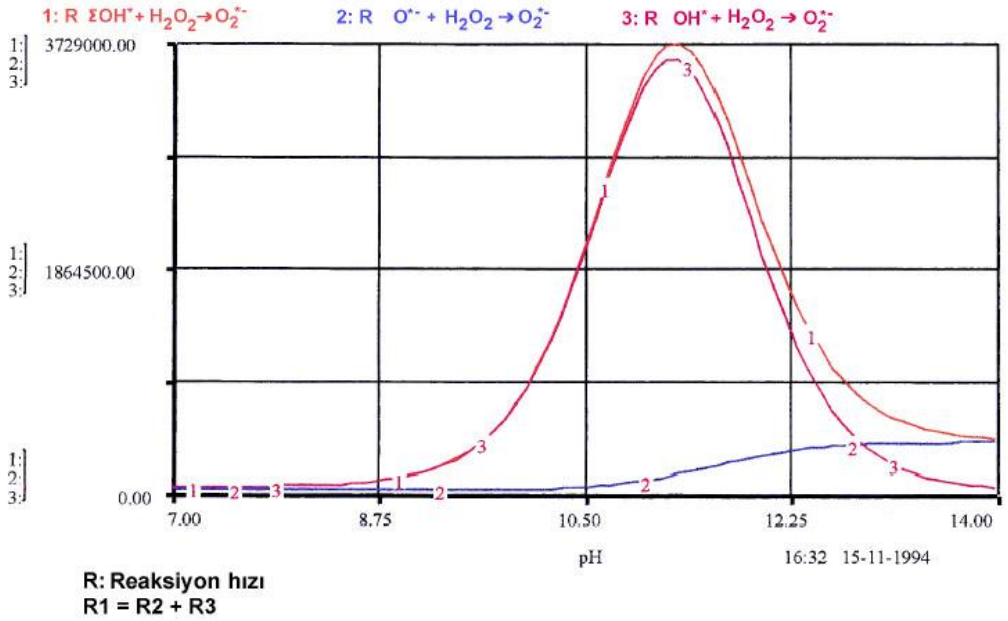
uzaklaştırmak için, büyük miktarlarda kimyasal madde kullanımı gerekecektir. Diğer yandan, ağartmadan önce ilk adım olarak bir bazik hidrofilleştirme işlemi yapıldığında, iri tanecikli büyük partiküllerin önceden uzaklaştırılması zorunlu değildir.

Manyetik sensörler ferro-manyetik olmayan partikülleri belirleyememekte ve mıknatıslar liflerin içinde bulunan demiri (lif safsızlıklarını ve çok kirli mallardaki pası) uzaklaştıramamaktadırlar. Bu demir kısmı materyalden, ağartma öncesinde asitle demineralizasyon veya indirgen/ekstraktif işlemle çözülmeli ve uzaklaştırılmalıdır. *Asitle demineralizasyonda* Fe (III) oksit, demir metali ve demirin diğer formları (bazı organik kompleksler) kuvvetli asidik koşullarda (hidroklorik asitle pH 3'te) çözünmektedirler. Dolayısıyla kullanılan ekipmanın metal kısımlarının bu koşullara karşı dayanıklı olması gerekmektedir. *İndirgen işlemin* avantajı, kuvvetli korozif asitlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmamasıdır. Ayrıca yeni zararsız indirgen maddelerle (bkz. Bölüm 4.6.5) pH'ın sert değişiminin önlenmesi de mümkün olmaktadır.

Yukarıda bahsedildiği gibi, liflerin zarar görmesini kompleks oluşturucu maddeye gerek kalmadan en aza indirmek için OH* radikalleri ortamdan uzaklaştırılabilmektedirler.

Hidrojenperoksidin reaktivitesiyle ilgili derin araştırmalar (EC fonlu SYNBLEACH EV5V-CT94-0553 araştırma projesi) hidrojenperoksidin kontrolsüz parçalanmasını önlemek ve optimum kullanımını mümkün kılmak için proses kontrolünün temel olduğunu göstermiştir.

Şekil 4.11, optimum şartlar altında (pH yaklaşık 11,2, homojen bir şekilde dağılmış katalizör ve kontrol edilmiş peroksit konsantrasyonu) OH* hidroksil radikallerinin, hidrojenperoksit tarafından gerçek ağartma maddesi olan dioksit radikal iyonlarının oluşumu (pik' e uygun olarak dioksit radikal anyonlarının O_2^{*-} maksimum oluşumu) ile ortamdan uzaklaştırıldığını göstermektedir. Bu şartlar altında hidrojenperoksidin kendisi ortamdan uzaklaştırıcı madde gibi hareket etmekte ve reaksiyon ürünü olarak aktif ağartma maddesinin kendisi oluşmaktadır (hidrojenperoksidin optimum kullanımına izin vermektedir). Formik asidin (formiyat iyonunun) ortamdan uzaklaştırıcı madde olarak ilavesi de, OH* radikalleri oluşumunun ek kontrolü için, daha fazla O_2^{*-} oluşumu için ve hem de liflerdeki zararın azaltılması için yararlı olmaktadır.



Şekil 4.11: Hidrojenperoksit kullanılmasıyla hidroksil radikallerinin (OH') yakalanarak peroksit radikal iyonunun oluşması
[203, VITO, 2001]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Önerilen teknikle selülozun liflere zarar verilmeden tam ve hatta yüksek beyazlıklarda ağartılması, şu şekilde sağlanmaktadır:

- zararlı iyon tutucu maddelerin kullanılmaması
- minimum peroksit tüketimi (kontrol edilmemiş şartlarla karşılaştırıldığında < % 50)
- uzaklaştırılmış maddelerin (ön) oksidasyonu.

İşlemsel veriler

Yukarıda da bahsedildiği gibi, çok kirlenmiş (paslı) kumaşların ön temizlenmesi, asit demineralizasyona alternatif olarak, daha bazik şartlarda zararsız indirgen maddeler kullanarak ve pH'ın sert değişimlerine gerek kalmadan yapılabilmektedir. İndirgeme/ekstraksiyon, her tip materyal ve kumaş kaliteleri için (yüksek kirlilikte, düzgün dağılmamış demir pasları olan) etkilidir. Bu işlemin, hafif veya kuvvetli bazik ağartma şartları altındaki oksidatif işlemi takip eden kontinü ve diskontinü işlemlere entegrasyonu kolay olmaktadır [203, VITO, 2001].

Yan etkileşimler

Bir yan etki beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu bölümde açıklanan yöntemler genelde mevcut ve yeni işletmelere uygulanabilmektedir. Ancak hidrojenperoksidin kontrollü işlem şartları altında aplikasyonu için tam otomatik ekipman gerekmektedir. Ağartma maddesinin, dinamik simülasyon modeli ile kontrollü dozajlanması şu an için halâ sınırlıdır [203, VITO, 2001].

Ekonomiklik

Peroksit tüketiminin % 50'den daha fazla azaltılması mümkün olmaktadır. Atık suyun daha iyi arıtılabilmesi ile birlikte, organik yüklenmede de artış yerine azalış gözlemlenmektedir. Gerekli kimya pahalı değildir ve kompleks kontrol parametrelerinin iyi bilinmesi koşuluyla güvenilirdir [203, VITO, 2001].

Referans işletmeler

Bu bölümde anlatılan teknik, doğrudan bazı yardımcı kimyasal madde tedarikçileri tarafından temin edilmiştir. Yardımcı kimyasal madde tedarikçileri, dinamik simülasyon modellerinin yardımı ile belli işlem koşulları altında kullanılan özel materyal, ekipman vs. için uygun bir reçeteyi oluşturabilmektedirler.

Referans literatür

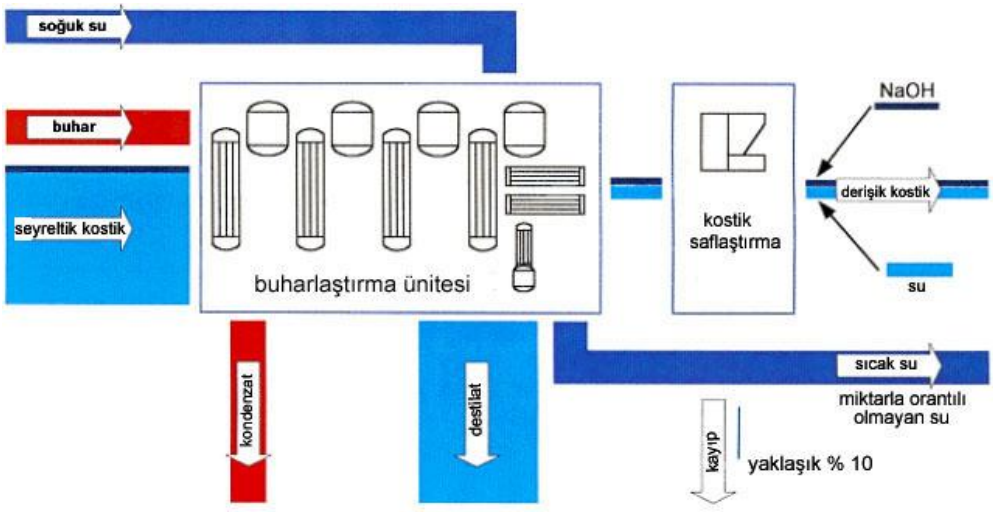
[203, VITO, 2001] ve bunda atıfta bulunulan:

"Ref. 1995, Environmentally friendly bleaching of natural fibres by advanced techniques, Ludwich Bettens (SYNBLEACH EV5V – CT 94- 0553) – European Workshop on Technologies for Environmental Protection' de sunulan tebliğ, 31 January – 3 February 1995, Bilbao, Spain – Report 7.

4.5.7 Merserizasyondan gelen alkalinin geri kazanılması

Tanımlama

Merserizasyon işlemi sırasında, pamuk iplik veya kumaşları (daha ziyade dokuma kumaşlar, ama örgü kumaşlar da olabilir), yaklaşık 40–50 sn süreyle konsantre sud kostik çözeltisi (270–300 g NaOH/l veya 170–350 g NaOH/kg tekstil materyali) içerisinde muamele edilmektedirler. Daha sonra tekstil materyali sud kostiğin uzaklaştırılması için durulanmaktadır. Bu durulama suyu seyreltik kostik çözeltisidir (40–50 gNaOH/l) ve geri dönüşüm için buharlaştırma ile derişikleştirilebilmektedir. İşlemin prensibi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 4.12: Çözelti saflaştırma işleminin takip ettiği buharlaştırma işlemiyle kostik geri kazanımının şeması
[179, UBA, 2001]

Lif döküntüleri ve safsızlıkları ile diğer partiküllerin uzaklaştırılmasından sonra (kendi kendine temzilenen rotasyon filtreler veya basınçlı mikro filtrasyon ile) seyreltik kostik çözeltisi, örneğin bir üç adımlı buharlaştırma işlemi ile önce derişikleştirilmektedir. Çoğu durumda kostik çözeltisinin buharlaştırmadan sonra saflaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Çözeltinin kirlilik derecesine bağlı olarak uygulanan saflaştırma tekniği, basit bir sedimentasyon veya hidrojenperoksit enjeksiyonu ile oksidasyon/yüzdürme tekniği olabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Atık suyun alkali yüklenmesi büyük ölçüde azalmakta ve bunun nötralizasyonu için gerekli asit miktarı en aza inmektedir.

İşlemsel veriler

Seyreltik kostik çözeltisinin konsantrasyonu genellikle 5–8 ^{o}Bé (30–55 g NaOH/l)'dir ve uygulanan merserize işlemine bağlı olarak 25–40 ^{o}Bé'ye (225–485 g NaOH/l) kadar çıkarılmaktadır. Ham kuru tekstil materyalleri merserize edildiğinde (ham merserizasyon) 25 – 28 ^{o}Bé'yi geçmeyen sud kostik konsantrasyonlarının sağlanması yeterli olurken yaştan-yaşa merserizasyonlarda 40 ^{o}Bé'lik konsantrasyonlar söz konusu olmaktadır. Ham merserizasyonda safsızlık konsantrasyonlarının, viskozitede de olduğu gibi, çok daha yüksek olması, daha yüksek konsantrasyonlara ulaşılmasını zorlaştırmaktadır (buharlaştırıcıdaki sirkülasyon bozulmaktadır) [179, UBA, 2001].

Buharlaştırma işlemi ne kadar daha fazla sayıda basamakta uygulanırsa, ısı da o kadar daha fazla tekrar kullanılabilmekte ve dolayısıyla buhar tüketimi ve işletme maliyeti de o kadar daha düşük olmaktadır. Fakat yatırımlar, basamak sayısının artması ile belirgin bir şekilde artmaktadır [179, UBA, 2001].

Yan etkileşimler

Dört basamaklı bir buharlaştırma tesisinde, buharlaştırma işlemi, buharlaştırılan her bir kg su için yaklaşık 0,3 kg buhar gerektirmektedir. Bu da, 1,00 kg buhar/kg 28 ^{o}Bé'lik geri kazanılmış NaOH veya 1,85 kg buhar/kg 40 ^{o}Bé'lik geri kazanılmış NaOH'a karşılık gelmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, hem mevcut, hem de yeni tesislere uygulanabilir.

Hidrojenperoksidin parçalanmasından oluşan aktif oksijenin etkisinden dolayı, renklenmiş alkalinin, tekrar kullanımı için geri kazanımı ve temizlenmesi mümkündür (oksidatif yöntem uygulandığından hidrojenperoksit halen su akımında kullanılmaktadır – bkz. Bölüm 4.5.2)

Ekonomiklik

Yatırım maliyetleri, temelde tesisin büyüklüğüne ve saflaştırma tekniğine bağlıdır ve genelde 200000'den 800000 Euro'ya kadar değişmektedir. Geri ödeme süresi tesisin büyüklüğüne ve günlük kullanım süresine bağlıdır. Genellikle eğer merserizasyon sürekli çalışıyorsa, geri ödeme süresi 1 yıldan daha kısa olmaktadır. Geri kazanılmayan sud kostik çözeltisinin asit ile nötralize edildiği işletmelerde geri ödeme süresi 6 aydan daha kısa olmaktadır. Bundan dolayı, sud kostik geri kazanımı, ekonomiklik açısından çok cazip olabilmektedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Atık suyun yüksek alkali içeriği ve sud kostik kayıplarıyla ilgili ekonomik hususlar temel itici güçlerdir [179, UBA,2001].

Referans işletmeler

İlk sud kostik geri kazanım tesisi, yüzyıldan daha uzun bir süre önce çalışmaya başlamıştır. Bugün özellikle dokuma kumaş merserizasyonundan, iplik merserizasyonundan ve bazı örgü kumaşların merserizasyonundan (sonuncu işlem pek uygulanmamaktadır) sud kostik geri kazanılması için dünya çapında 300'den fazla tesis faaliyet göstermektedir.

Avrupa' daki başlıca tedarikçiler:
- KASAG İhracat AG, CH – 9259 Kaltenbach, İsviçre
- Körting Hannover AG, D – 30453 Hannover, Almanya.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [5, OSPAR, 1994] P040.

4.5.8 Pamuklu çözgü iplikleri ön terbiyesinin optimizasyonu

Tanımlama

Beyaz, boyanmamış pamuklu örtülerin (örneğin, yatak çarşaflarının ve masa örtülerinin altında kullanılacak örtülerin) üretiminde pamuklu çözgü iplikleri dokuma öncesinde ağartılmaktadırlar (bu tip ürünlerin üretimi için, dokuma sonrasında kumaşın haşılının sökülmesine gerek yoktur.

Geleneksel işlem, ıslatma/hidrofilleştirme, bazik peroksit ağartması ve ard arda üç durulama adımını içeren beş adımdan oluşmaktadır. Son durulama suyu, ilk banyoyu oluşturacak şekilde tekrar kullanılmaktadır.

Bu işlem, ıslatma/hidrofilleştirme ve ağartma adımlarını tek adımda birleştirerek, durulamayı iki adımda yaparak ve ikinci durulama banyosunu ağartma/hidrofilleştirme banyosunda (yukarıdaki gibi) tekrar kullanarak daha da geliştirilebilmektedir.

Ayrıca ısı geri kazanımı ile işlemin enerji tüketimi de azaltılmaktadır. Hidrofilleştirme/ağartma banyosunun (110 ^{o}C) ısısı geri kazanılmakta (bir ısı değiştirici yardımı ile) ve ilk durulama için temiz suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Dolayısı ile temiz su 60–70 ^{o}C'a ısınırken banyoda 80 ^{o}C'a soğumaktadır.

Bu soğutulmuş hidrofilleştirme/ağartma flottesi ilk durulama adımından gelen ılık durulama suyu ile birlikte bir tankta toplanmaktadır. Bu atık su hala kıymetli bir enerji içeriğine sahiptir. Bundan dolayı bu atık su, boşaltılmadan önce ikinci durulama adımından gelen suyun (yukarıda açıklandığı gibi bu su daha sonra ağartma/hidrofilleştirme banyosu için kullanılacaktır) ısıtılmasında kullanılmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Optimizasyondan önceki ve sonraki su tüketimleri ve atık su boşaltımları Tablo 4.17'de görülebilmektedir: Su tüketiminde % 50'lik bir azalma sağlanmaktadır.

	İşlem	Geleneksel işlemde su tüketimi (litre) (1)	Opitimize edilmiş işlemde su tüketimi (litre) (1)
1. Adım	Islatma/hidrofilleştirme	6400	6400
2. Adım	Ağartma	5000	
3. Adım	Soğuk durulama	5000	5000
4. Adım	Ilık durulama	5000	
5. Adım	Durulama ve asetik asitle pH ayarı	5000	5000
Toplam		26400	16400
Son durulama banyosunun geri dönüşümü		-5000	-5000
Toplam su tüketimi		21400	11400
Özgül su tüketimi (800 kg iplik/banyo)		26,8 l/kg	14,3 l/kg
İplikteki atık su içeriği		1400	1400
Atık su akışı		20000	10000
Özgül atık su akışı		25 l/kg	12,5 l/kg
Kaynak: [179, UBA, 2001] Note: (1) Veriler 800 kg'lık bir parti içindir.			

Tablo 4.17: Çözgü ipliği hidrofilleştirme/ağartma işleminin optimizasyonu: İşlem optimizasyonu öncesindeki ve sonrasındaki toplam ve özgül su tüketimleri ve atık su boşaltımları

Kimyasal ve enerji tüketimi de oldukça azaltılmıştır. Şu tasarruflar sağlanmıştır [179, UBA, 2001]:

- işlem süresi: yaklaşık % 50
- su tüketimi/atık su boşaltımı: yaklaşık % 50
- NaOH: yaklaşık % 80
- H_2O_2: azalma yoktur
- kompleks oluşturucu maddeler/stabilizatörler: yaklaşık % 65
- yüzey aktif maddeler: yaklaşık % 70
- optik beyazlatıcılar: azalma yoktur
- atık sudaki KOİ yükü: yaklaşık % 20
- enerji: 1,2 kg buhar/kg çözgü ipliği

İşlemsel veriler

Optimize edilmiş prosesin işlem koşulları, KOİ girdi ve çıktılarının hesaplarını da içeren Tablo 4.18'de gösterilmektedir.

Proses girdisi ve çalışma Koşulları	Miktar	Özgül KOİ	Kg iplik başına KOİ yükü
Islatma/hidrofilleştirme/ağartma • Koşullar: pH yaklaşık 12, 110 °C, 10 dk • Reçete - NaoH 38 °Bé (%33)'lük - H_2O_2 % 35'lik - İyon tutucu ve stabilizatörler - Yüzey aktif maddeler - Optik beyazlatıcılar	 3,5 g/l 3,0g/l 1,0g/l 1,9g/l % 0,15 (ağırlıkça)	 - - 85 mg O_2/g 1610 mg O_2/g 2600 mg O_2/g	 0,6 g O_2/kg 24,2 g O_2/kg 3,9 g O_2/kg Yar. mad. gelen top. 28,7 g O_2/kg
			Pamuktan ekstrakte edilen 70,0 g O_2/kg
İlk durulama • Koşullar: 70 °C, 15 dk		3000 mg O_2/g	18,7 g O_2/kg
İkinci durulama • Koşullar: 70 °C, 15 dk		1000 mg O_2/g	6,2 g O_2/kg
			Toplam 124 g O_2/kg
Kaynak: [179, UBA, 2001]			

Tablo 4.18: Çözgü ipliği hidrofilleştirme/ağartma işleminin optimizasyonu: Optimize edilmiş işlem için reçete ve çalışma koşulları

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

İşlemin optimizasyonu hem mevcut hem de yeni tesisler için mümkündür. Isı geri kazanımı için, bazı durumlarda sınırlayıcı bir faktör olabilen ilave tank alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. İşlemin uygulanabileceğinden emin olmak için pamuk ipliğinin kalitesi (demir, tohum vs. içeriği bakımından) göz önünde bulundurulmalıdır.

Ekonomiklik

Zaman, su, kimyasal ve enerjideki önemli tasarruflar, işlemi yüksek derecede ekonomik yapmaktadırlar. Optimize edilmiş işlem, ön terbiye için yeni bir tesisata ihtiyaç duymamakta, fakat atık sudan enerji geri kazanımı için, tanklara, ısı değiştiricilere, borulara ve kontrol aletlerine gerek duyulmaktadır.

Uygulama için itici güçler

Prosesin geliştirilmesi için temel itici güç çevresel motivasyondur. Fakat ekonomik kazançlar da bu amaçla yapılan yatırımları haklı çıkarmaktadır.

Referans işletmeler

Almanya'da 2 tekstil terbiye işletmesi, tanımlanan optimize edilmiş yöntemi başarılı bir şekilde kullanmaktadırlar.

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan:

"van Delden, 2001"
van Deleden, S.
Prozessoptimierung durch Wasserkreislaufführung und Abwasservermeidung am Beispiel einer Kettbaumbleiche
Proceedings of BEW-Seminar "Vermeidung, Verminderung und Behandlung von Abwassern der Textilindustrie" on 06.03.2001 (2001)

4.6 Boyama

4.6.1 Poliester ve poliester karışımlarının carriersız boyama teknikleriyle veya çevre açısından optimize edilmiş carrierlarla çektirme yöntemine göre boyanması

Tanımlama:

Polietilentereftalat'ın 80-100 ^{o}C arasında olan yüksek camlaşma noktasına bağlı olarak, normal boyama sıcaklıklarında, dispers boyarmadde moleküllerinin standart poliester liflerinin (PET esaslı) içine diffüzyon hızı çok düşüktür. Bunun bir sonucu olarak diğer lifler için tipik olarak kullanılan boyama koşulları PES için uygulanamamaktadır. Saf poliester veya poliester karışımlarının çektirme yöntemine göre boyanması, ya yüksek sıcaklıklarda otoklavlarda (saf poliester ve yün içermeyen poliester karışımları için genellikle uygulanan 130 ^{o}C'daki HT boyama) veya normal boyama sıcaklıklarında (PES/WO karışımları için 95 ^{o}C-100 ^{o}C'da) carrier diye nitelendirilen yardımcı maddelerin (ayrıca bkz. Bölüm 2.1.1.1, 2.7.6.2, 2.7.7 ve 8.6.7) yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Carrierların büyük bir kısmı, poliester lifleri tarafından absorbe edilmektedirler. Liflerin şişmesini geliştirmekte ve boyarmadde migrasyonunu kolaylaştırmaktadırlar. Boyama ve durulamalar sırasında carrierların önemli bir miktarı atık suya geçmektedir. Lif üzerinde geriye kalan kısım da, daha sonraki kurutma, ısıl işlem veya ütüleme sırasında havaya yayılabilmektedir.

Carrier formülasyonlarında kullanılan aktif maddeler:
- klorlanmış aromatik bileşikler (monoklorbenzen, triklorbenzen vb.)
- o-fenilfenol
- bifenil ve diğer aromatik hidrokarbonlar (trimetilbenzen, 1-metilnaftalin vb.)
- ftalatlar (dietilhegzilftalat, dibütilftalat, dimetilftalat)

içermektedirler.

İnsan ve su açısından toksisite, yüksek derecede uçucu olma ve yüksek koku yoğunluğu yukarıda söz edilen maddelerin (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1) kullanımıyla ilgili olarak endişe duyulan temel hususlardır. Emisyonlarla yalnız su ve hava kirli hale gelmemekte, ayrıca işlem görmüş tekstillerdeki halojenlenmiş carrierların (örneğin, 1,2,4-triklorbenzen) yeniden mobilizasyonu ile bunların tüketicilerde sağlık problemlerine neden olabileceği şüphesi de gittikçe artmaktadır [18, VITO, 1998].

HT boyama işlemlerinin uygulanması, carrier kullanımına gerek bırakmamaktadır. Günümüzde saf poliester ve yün içermeyen PES karışımları boyandığında, yaygın olarak bu teknik uygulanmaktadır.

Ancak, yün liflerinin yüksek sıcaklıklara karşı hassasiyeti nedeniyle, poliester karışımlarının ve özellikle poliester/yün karışımlarının boyanmasında halâ carrier kullanımı gerekli olmaktadır. Bu durumlarda, tehlikeli carrierların yerine, geliştirilmiş toksikolojik ve çevresel karakteristiklere sahip klor içermeyen maddeler kullanılabilmektedir. Yeni carrierlar:

- Benzilbenzoat ve
- N- alkilftalimid

esaslıdırlar.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

HT boyama işlemlerinde atık sular ve atık gazlar carrier içermemektedirler. Çevresel açıdan problemli maddelerin miktarı azaltılmaktadır.

PES/yün karışımları benzilbenzoat ve N-alkilftalimid esaslı carrierlarla boyanabilmektedirler; N-alkilftalimid, 10-100 mg/l arasında balık zehirliliğine sahip ve biyolojik olarak elimine edilebilen bir madde iken (($BOİ_{30}$/KOİ)x100 % 50-100'dür), benzilbenzoat biyolojik olarak kolaylıkla parçalanabilen bir maddedir (benzilbenzoat için mineralizasyon derecesi % 79'dur [179, UBA, 2001]). Ayrıca bunların düşük uçuculukları nedeniyle, rahatsız edici koku (özellikle iş yerinde) sorunu ihmal edilebilir düzeyde olmaktadır.

Her iki madde de sulu ortamlara karşı mükemmel bir afinite göstermektedirler ve bu özellik bunların kolay hazırlanabilmelerini (emülgatör ve dispergatör ihtiyacı olmaksızın) ve boyama işlemi sonunda kolaylıkla uzaklaştırılabilmelerini (daha düşük su tüketimiyle) sağlamaktadır.

İşlemsel veriler

Benzilbenzoat esaslı carrierlar 2,0 ile 5,0 g/l arasında değişen konsantrasyonlarda uygulanmaktadırlar (kaynama sıcaklığında; ortalama flotte oranlarında) [179, UBA, 2001].

N-alkilftalimid esaslı carrierlar, açık tonlardaki boyamalarda % 2 (flotte oranı 1:10) ile % 1 (flotte oranı 1:20) arasında uygulanmaktadırlar. Koyu tonlardaki kullanım miktarı da % 6 (flotte oranı 1:10) ile % 3 (flotte oranı 1:20) arasında değişmektedir [179, UBA, 2001].

Yan etkileşimler

HT şartlarındaki boyamalar sırasında yüksek miktarlarda oligomer lif yüzeyine göç etme eğilimindedir.

Yüksek sıcaklıktaki boyamalar, yüksek enerji tüketimi de gerektirmektedirler. Farklı etkiler arasındaki denge (tehlikeli carrierların çevre üzerindeki etkileri ve yüksek enerji tüketiminin etkileri) halâ büyük oranda bu tekniğin uygulanması lehinedir [179, UBA, 2001].

Benzilbenzoat ve N-alkiliftalimid esaslı carrierlar, geleneksel carrierlara göre daha az etkilidirler. Daha düşük penetrasyon ve şişirme etkisine sahiptirler. Sonuç olarak aynı etkiye ulaşmak için, daha uzun boyama süreleri ve daha yüksek miktarlarda (yaklaşık 3 kat daha fazla) kullanımları gerekli olmaktadır.

Uygulanabilirlik

HT boyama cihazlarının kullanılması durumunda, yüksek sıcaklıklarda carriersız boyama tüm PES kalitelerine uygulanabilmektedir. PES karışımlarına uygulanması ise, karışımdaki liflerin yüksek sıcaklıklara karşı hassasiyetine bağlı olup, bu hassasiyet özellikle PES/WO karışımları için kritiktir.

Optimize edilmiş carrierlarla boyama, tüm PES karışımlarına uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik

Bu bölümde tanımlanan optimize edilmiş carrierlar, geleneksel carrierlarla yaklaşık olarak aynı maliyettedirler [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

İşyeri güvenliği hakkındaki çevresel hukuki düzenlemeler tarafından zorunlu kılınan sınır değerler, halojenlenmiş ve diğer tehlikeli carrierların eliminasyonu/ikame edilmesi hususunda, ana itici güçlerden biri olmuştur.

1994'te OSPAR organik halojen carrierların kullanımını durdurmayı önermiştir([51, OSPAR, 1994]). Ayrıca, tekstil ürünleri için eko etiketi projelerinin birçoğu, kendi talepleri arasında boya carrierları hakkında açıklamaları da içermektedirler. Örneğin, Avrupa eko etiketi, halojenlenmiş carrierların kullanılmamasını talep ederken, GuT etiketi de (halılar için), üretim sırasında boya carrierlarının kullanılmaması veya ürünlerde tespit edilebilir olmaması gerektiğini belirtmektedir.

Referans işletmeler

Carrier içermeyen HT boyama işlemleri ve yukarıda sözü geçen optimize edilmiş carrierların kullanımı, tüm Avrupa'da ve dünyada uygulanmaktadır.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [18, VITO, 1998], [61, L. Bettens, 1999], [52, European Commission, 1999], [59, L. Bettens, 2000].

4.6.2 Carriersız boyanabilen PES liflerinin kullanımı

Tanımlama

Polimer sanayii, n-metilen glikollerin homolog serilerinden yapılmış aromatik poliesterlerin bütün tiplerine, uzun zamandır ilgi göstermektedir. Bu polimerler arasında, PET esaslı poliester lifleri tekstil sanayii için en önemli olanlarıdır. Bunların mekanik özellikler ve ısıya karşı dayanımları mükemmeldir, fakat yüksek kristalizasyon dereceleri nedeniyle boya carrierlari olmadan 100 ºC'un altında boyanamamaktadırlar.

Bu zararlı maddelerin kullanılmasıyla artan çevresel kaygılar ve bu problemi önlemek için önerilen teknikler önceki bölümde tanımlanmıştır. Göz önünde bulundurulabilecek diğer bir olanak da, politrimetilenteraftalat (PTT) esaslı poliester lifleri (ayrıca bkz. Bölüm 2.1.1.1) gibi carriersız boyanabilen PES liflerinin kullanılmasıdır.

Politrimetilenteraftalat, uzun süre, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyi olmaması ve uygulanma olanaklarının eksikliği nedeniyle değil, başlangıç monomerinin (1,3 propandiol) sentezinin yüksek maliyeti nedeniyle pek bilinmeyen bir polimer ve büyük ölçekli üretilmeyen bir lif olarak kalmıştır. PTT polimerleri, Shell'in düşük maliyetli sentez işlemlerindeki son büyük buluşu sayesinde günümüzde yeniden ilgi uyandırmaya başlamışlardır.

Politrimetilenteraftalattan yapılan lifler, standart dispers boyarmaddeler kullanılarak, hiçbir özel işlem adımına ya da boyamayı hızlandırmak için carrierlara ihtiyaç duyulmadan boyanabilmekte veya basılabilmektedirler.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Standart poliester liflerine (PET tipi) kıyasla boyama işleminde aşağıda belirtilen çevresel faydalar sağlanmaktadır:

- çalışma yerindeki ve çevredeki carrier emisyonları tamamen önlenmektedir
- yüksek basınç – yüksek sıcaklık (HT) koşullarında boyanan PET'a kıyasla daha az miktarda enerji tüketilmektedir (PTT atmosfer koşullarında 100 ºC'da mükemmel boya çekimi ve renk haslıklarıyla boyanmaktadır).

İşlemsel veriler

PTT için, özellikle koyu tonlarda tavsiye edilen boyalar dispers boyalarıdır. Ancak sadece açık tonlar için bazik boyalar da kullanılabilmektedir.

Orta tonlar için boyama dengesi, seçilen boyaya bağlı olarak 30 ile 60 dakika arasında elde edilmektedir. Verimliliği tehlikeye atmadan iyi bir boya alımı sağlamak için, 100 ºC'da 30 ile 45 dakikalık bir bekleme süresi tavsiye edilmektedir [178, VITO, 2001].

Tavsiye edilen boyama koşulları, pH 7 ve 100 ºC'dur (PTT 100 ºC'da, 130ºC'daki PET ile aynı veya çok az daha koyu tonda boyanmıştır) [178, VITO, 2001].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

PTT lifleri sadece kolay işlenebilir değildirler, aynı zamanda kolay da üretilebilmektedirler. Lif çekimi, küçük modifikasyonlarla yaygın olarak kullanılan tüm makinalarda, gerçekleştirilebilmektedir.

Performansları sayesinde, halıcılık, tekstil ve giyim, termoplastik mühendisliği, non-wovenlar, filmler ve monofilamentlerde geniş uygulama alanına sahip olabilirler. Üreticilere göre, CORTERRA® polimerlerinden yapılmış lifler, polipropilen, naylon ve PET gibi diğer liflerle eşit ve birçok durumda onlardan daha iyi performans göstermişlerdir. Bununla beraber, yapılarındaki farklılığa bağlı olarak, fiziksel ve mekanik özellikleri standart PES liflerinden (PET tipi) açıkça farklıdır. Sonuç olarak, bunlar tamamen aynı ürün pazarını kapsayamamaktadırlar ve PET liflerinin ikamesi olarak görülmemektedirler.

Ekonomiklik

Poli(trimetilentereftalat)'ın üretimi için Shell tarafından geliştirilen yeni sentez yöntemi, PTT liflerini pazarda standart PES lifleriyle rekabet edebilir duruma getirmiştir.

Düşük boyama sıcaklığı ve geniş boyama pH'ı imkanı, boyama maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır. Bunun ötesinde, carrierların varlığı ile ilgili çevresel maliyetler de bertaraf edilmiş olmaktadır.

Uygulama için itici güçler

Halen çevreyle ilgili hukuki düzenlemelerde ve önemli ihtiyari Eko etiketi projelerinde carrierlar ile ilgili talep edilen limit değerler ve sınırlamalar, uygulama için ana itici güçlerdir.

Halı endüstrisinde, PES halıların atmosfer koşullarında carrier kullanımı olmadan parça halinde boyanması imkanı özellikle caziptir (HT şartlarında parça boyama için gerekli basınçlı makinaların yüksek maliyeti nedeniyle).

Referans işletmeler

Shell Kimyasal Firması 1996 yılında, CORTERRA® Polimerleri ticari adı altında PTT'ın ticari tanıtımına başlamıştır.

Referans literatür

[178, VITO, 2001]

4.6.3 Boya formülasyonlarında daha yüksek biyolojik elimine edilebilirliğe sahip dispergatörler

Tanımlama

Boyama ve baskı işlemleri boyunca düzgün bir dispersiyon sağlamak için, dispers, küp ve kükürt boya formülasyonlarında dispergatörler (bkz. Bölüm 8.6.3) bulunmaktadır (ve sonraki adımlarda da ilave edilmektedirler). Toz veya granül formdaki dispers boyaları % 40–60 (bazı durumlarda % 70'e kadar), sıvı formülasyonlar da % 10–30 kadar dispergatör içermektedirler (ayrıca bkz. Tablo 2.15 ve Bölüm 2.7.8). Genellikle, koyu tonlarda boyama sonunda dispergatör ilavesi gerekmez iken, açık tonlarda gerekli olabilmektedir. Küp ve kükürt boyarmaddelerindeki miktarlar aynı seviyelerde olabilirse de, bu hususta yeterli bilgi yoktur.

Dispergatörlerin liflere afiniteleri yoktur ve bu nedenle bunlar nihai atık suda bulunmaktadırlar. Önemli miktarlarda kullanılmalarına ve bunların genellikle düşük olan biyolojik parçalanabilirliklerine/elimine edilebilirliklerine bağlı olarak, atık sulardaki boyama ve baskı orijinli zor organik yüklerin büyük bir kısmını bunlar oluşturmaktadırlar.

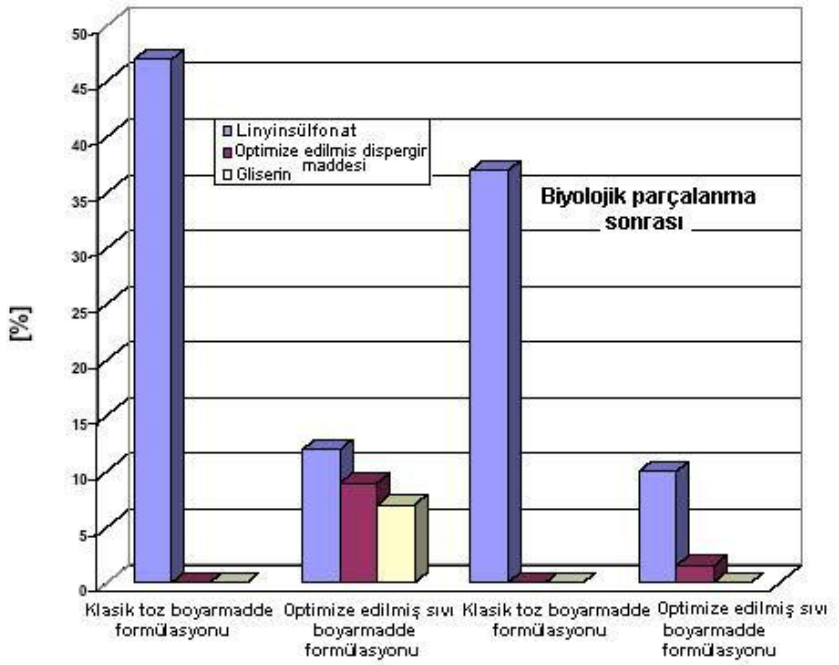
Özellikle, dispergatör olarak yaygın bir şekilde kullanılan lignosülfonatlar ve naftalin-sülfonik asidin formaldehitli kondenzasyon ürünleri, 1200 mg/g (lignosülfonatlar) ve 650 mg/g (naftalin-sülfonikasit kondenzasyon ürünleri) gibi yüksek KOİ değerleri göstermektedirler. Atık suların biyolojik arıtmasındaki eliminasyon, her iki ürün için de yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle de bunlar, arıtılmış işlem görmüş atık suda kalan (uzaklaştırılması zor) KOİ'nı arttırmaktadırlar [179, UBA, 2001].

Günümüzde piyasada, boya fomülasyonlarında kullanılan geleneksel dispergatörlerin en fazla % 70'nin yerini alabilecek geliştirilmiş dispergatörler bulunmaktadır. İki seçenek mümkündür [179, UBA, 2001]:
Seçenek A (bugüne kadar sadece dispers boyarmaddelerin sıvı formülasyonlarına uygulanabilmektedir): Geleneksel dispergatörlerin kısmen yağ asidi esteri esaslı optimize edilmiş ürünlerle yer değiştirmesini içermektedir. Bu dispergatör karışımlarında ana komponent olarak yağ asidi esterleri bulunmaktadır. Ürünün dispersiyon etkisi klasik dispergatörlere kıyasla geliştirilmekte, bu da formülasyonlardaki dispergatör miktarının önemli ölçüde azaltılabileceği anlamına gelmektedir. Boyanın renk kuvveti de, formülasyondaki daha yüksek boyarmadde konsantrasyonuna uygun olarak ("Grütze, 2000"), geliştirilmektedir (% 100'den % 200'e kadar).
Seçenek B (toz ve granül formülasyonlardaki geleneksel dispergatörlere uygulanabilmektedir): Aromotik sülfonikasitlerin sodyum tuzu karışımlarına dayalı dispergatörlerin ("Kilburg, 1997") kullanılmasını içermektedir. Bu ürünlerin, naftalinsülfonik asitlerle formaldehidin geleneksel kondenzasyon ürünlerinin modifiye edilmiş bileşikleri oldukları belirtilmektedir. Bu kimyasal modifikasyon, biyokütle tarafından adsorbe edilme oranlarının artması nedeniyle, biyoeliminasyon oranlarının daha

yüksek olmasını sağlamaktadır. Oysa, bunlar da biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerdir.

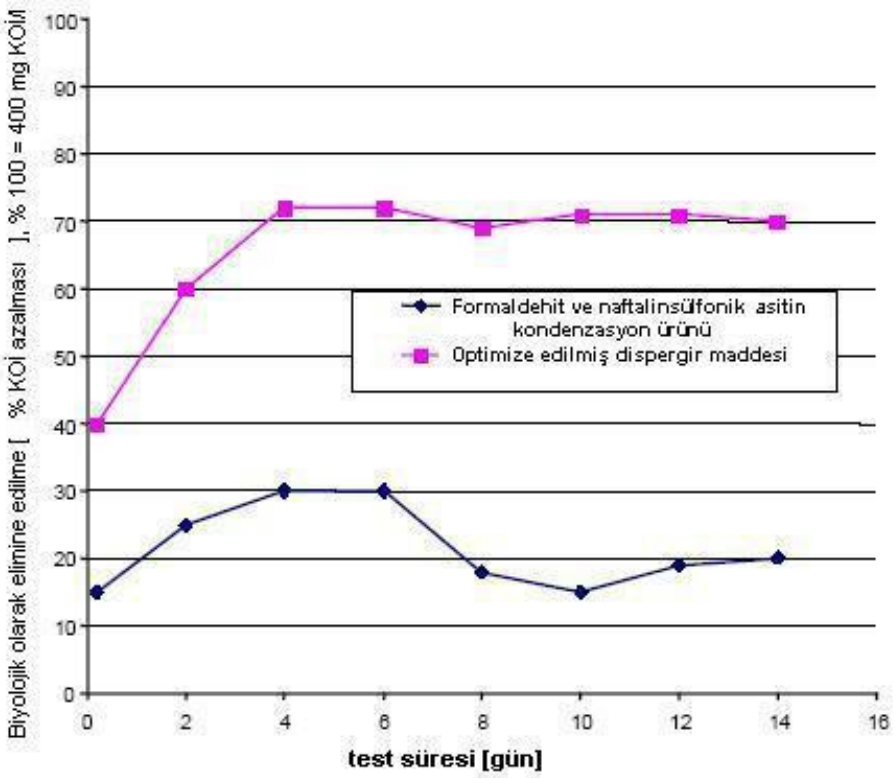
Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Seçenek A) Modifiye Edilmiş Zahn-Wellens-Testine göre (OECD 302 B), biyoeliminasyon oranları % 90 ile 93 arasındadır. Klasik dispers boyaları ile optimize edilmiş formülasyonlar (tüm boya gamına göre ortalama değerler) arasındaki karşılaştırma Şekil 4.13'de verilmektedir. Bu şekilde, renk kuvvetlerindeki farklılıklar hesaba katılmıştır.



Şekil 4.13: Sıvı dispers boyaların klasik ve yeni sıvı formülasyonlarının biyolojik arıtmadan önceki ve sonraki kompozisyonları arasında karşılaştırma (y eksenindeki (%), ilgili dispergatörün formülasyondaki yüzdesini göstermektedir)
[179, UBA, 2001]

Seçenek B) Şekil 4.14 Naftalinsülfsonik asitle formaldehidin klasik kondenzasyon ürünleri ile modifiye edilmiş optimize ürünlerin biyoeliminasyon hızlarını karşılaştırmaktadır. Modifiye edilmiş dispergatörlerin biyoeliminasyon oranı % 70 (OECD 302 B test yöntemine göre) civarlarında iken, klasik dispergatörlerinki % 20-30'dur.



Şekil 4.14: Her ikisi de naftalinsülfonik asitle formaldehit kondenzasyon ürünü bazlı olan klasik ve modifiye edilmiş dispergatörlerin biyoeliminasyon hızlarının karşılaştırılması [179, UBA, 2001]

İşlemsel veriler

Önerilen çevresel açıdan optimize edilmiş dispergatörlerin kullanılması, klasik ürünlerin kullanılmasına göre işlemlerde bir değişiklik gerektirmemektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Seçenek A) Bu dispergatörler, sadece dispers boyaların sıvı formülasyonları için kullanılabilmektedirler. Uygulama ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur, ancak halen boya paleti kısıtlıdır.

Seçenek B) Bu dispergatörler, dispers ve küp boyaları için kullanılabilmektedirler (katı ve sıvı formülasyonlarda).

Ekonomiklik

Geliştirilmiş biyoeliminasyon özelliğine sahip dispergatörlerin kullanıldığı boya formülasyonları, klasik olanlardan genellikle daha pahalıdırlar [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Terbiye işletmelerini daha iyi biyoeliminasyon derecesine sahip dispergatör içeren boyaları seçmeye yönlendirmede temel itici güç, çevresel performansın geliştirilmesidir.

Referans işletmeler

Avrupa'daki birçok tesis.

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "BASF Aktiengesellschaft, Technical Information TI/T 7063 d, 1998".

4.6.4 Küp boyalarıyla pastelden açık tonlara kadar boyamalar için, tek adımlı kontinü boyama

Tanımlama

Küp boyalarıyla klasik pad steam yöntemine göre boyamalar şu adımları içermektedir:
- boyarmadde pigmentlerinin emdirilmesi
- ara kurutma
- kimyasalların/yardımcı maddelerin (indirgen maddeler) emdirilmesi
- buharlama
- oksitleme
- yıkama (çeşitli yıkama ve durulama adımları).

Bazı durumlarda boyama, aşağıda belirtilen basitleştirilmiş işlem sırasına göre buharlama ve sonraki yıkamalar olmadan da (pigmentlerle boyama işlemine benzer şekilde) gerçekleştirilebilmektedir:
- boyarmadde ve kimyasalların/yardımcı maddelerin tek adımda emdirilmesi
- kurutma
- fiksaj.

Özel olarak seçilmiş düşük migrasyon eğilimine sahip küp boyalarının kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, emdirme flottesinin stabilitesini geliştiren ve yüksek haslık seviyeleri sağlayan poliglikol ve akrilik polimerleri esaslı yardımcı maddelerin kullanımı da gerekli olmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

İşlem adımlarının sayısı azalmakta, özellikle yıkama işlemleri ortadan kalkmaktadır. Sonuç olarak, işlem sonunda sadece atık emdirme flottesi atılmakta ve su tüketimi yaklaşık olarak 0,5 l/kg'a düşmektedir [179, UBA, 2001].

Kimyasal madde kullanımında ve enerjide de tasarruf sağlanmaktadır.

İşlemsel veriler

Emdirme flottesi için tipik bir reçete şunları içermektedir [179, UBA, 2001]:
- binder: 30-40 g/l
- sodyumsülfat: 5-10 g/l
- antimigrasyon maddesi: 10-20 g/l
- boyarmadde: 2,5 g/kg'a kadar

Tipik işlem parametreleri olarak, alınan flotte miktarı mümkün derece düşük (% 50-65) olmalı ve emdirme sıcaklığı 35 ºC'un altında tutulmalıdır. Ara kurutma 100-140 ºC'da gerçekleştirilmekte olup, tipik termofiksaj koşulları: selüloz için 170 ºC'da 30 saniye ve poliester/selüloz karışımları için 190 ºC'da 30 saniyedir [179, UBA, 2001].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem selüloz ve selüloz/poliester karışımları için uygundur. Ancak yöntemin uygulanabilirliği, pastelden açık tonlara kadar olan boyamalarla (% 50 alınan flotte oranında, yaklaşık 5 g/l boyarmadde konsantrasyonuna kadar) sınırlıdır.

Ekonomiklik

Enerji, zaman, su ve kimyasallarda sağlanan tasarruflar sayesinde klasik pad steam metoduna kıyasla önemli yararlar sağlanmaktadır.

Uygulama için itici güçler

Bu tekniğin uygulanması için temel motivasyon, ekonomik kazançtır.

Referans işletmeler

Almanya'da ve dünyada birçok işletme [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "BASF Aktiengesellschaft, Technical Information TI/T 7063 d, 1998 ve 7043 D, 1998".

4.6.5 PES boyamada ard-işlemler

Tanımlama

PES liflerinin ve PES karışımlarının dispers boyarmaddeler ile boyanmasındaki en büyük problem, yıkama haslıklarıdır. Yıkama haslığı isteklerini sağlamak için, fikse olmamış boyayı liflerden uzaklaştıran bir ard-işlem adımı uygulanmaktadır. Normal olarak redüktif ard temizleme, yüzeyaktif maddelerle yapılan basit bir yıkamaya tercih edilmektedir, zira böylece yüzeyde absorbe edilmiş olan dispers boyarmaddde molekülleri genellikle renksiz ve suda kolay çözünebilir daha küçük parçalara bölünmektedirler (bkz. 2.7.6.2). Ön koşul, boyama için redüksiyona karşı duyarlı olan boyarmaddelerin kullanılmamış olmasıdır.

Klasik boyama yönteminde, PES 130 ºC'da boyandıktan sonra, boya flottesi (asidik), lifi camlaşma noktası sıcaklığının altına getirmek için, boşaltmadan önce 70 ºC'a kadar soğutulmaktadır. Redüktif ard-işlem, yeni bir flotteyle alkali koşullarda, hidrosülfit ve bir dispergatör kullanarak (sıcaklık işlem sırasında yeniden 80 ºC'a yükseltilir) gerçekleştirilmektedir. Daha sonra flotte boşaltılmakta ve liflerdeki alkali ve indirgen madde artıklarını uzaklaştırmak için bir veya iki durulama adımı daha gerekli olmaktadır. Sararmayı önlemek için, buharlayıcıya giren kumaşın pH'ının 4 ile 7 arasında olması gerekmektedir. Bu nedenle durulamalar asidik ortamda yapılmaktadır.

İndirgen madde olarak hidrosülfit kullanımının getirdiği çevresel sorunların ötesinde (bkz. Bölüm 2.7.8.1), bu işlem üç kere flotte değişikliği (sıcaklık yükseltme/soğutma fazlarını içeren) ve boyama flottesinin asidik pH'ından ard işlem banyosunun yüksek alkalinitesine ve durulama banyosunda tekrardan asidik seviyelere olmak üzere 2 kere de pH değişikliği gerektirmektedir. Bu çifte değişiklik de, daha yüksek su, enerji ve kimyasal madde tüketimlerine, daha yüksek süre taleplerine ve atık sulardaki tuz seviyelerinin artmasına neden olmaktadır.

İki farklı yaklaşım önerilmektedir:

- *Yaklaşım A)* çektirilmiş asidik boya banyosuna doğrudan eklenebilen, özel kısa zincirli sülfinik asit türevi esaslı indirgen madde kullanımını içermektedir. Bu indirgen madde sıvıdır ve bu nedenle otomatik olarak ölçülüp dozajlanabilmektedir. Bunun ötesinde, çok düşük toksisiteye sahiptir ve kolaylıkla biyolojik olarak parçalanabilmektedir [179, UBA, 2001], [181, VITO, 2001].
- *Yaklaşım B)* alkali ortamda, indirgenme yerine hidrolitik stabilizasyonla temizlenebilen dispers boyaların kullanımını içermektedir. Bunlar ftalimid grupları içeren azo dispers boyalarıdır [182, VITO, 2001].

Sağlanan başlıca çevresel faydalar:

Yaklaşım A)

Öncelikle, bu indirgen madde asidik pH aralığında uygulanabildiğinden, önemli ölçüde su ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Konvensiyonel işleme kıyasla, suyun % 40'ına kadar varan bir kısmı tasarruf edilebilmektedir.

Bunun ötesinde, bu alifatik kısa zincirli sülfinik asit türevleri kolaylıkla biyolojik olarak parçalanabilmektedirler (ürün uçucu değildir, suda çözünebilmektedir ve 302B OECD testi altında, 28 gün içinde ÇOK % 70'den fazla azalmaktadır). Sodyumditiyonitin % 34 olan kükürt içeriğine karşılık, ürünün kükürt içeriği yaklaşık % 14'dür ve yan ürünlerin (sülfitler ve sülfatlar) miktarı konvensiyonal işleme nazaran yarı yarıya azaltılabilmektedir (bkz. Tablo 4.19).

Ayrıca ürünün, sodyum ditiyonitten farklı olarak, korozif ve tahriş edici olmadığının, alev almadığının ve pis kokmadığının belirtilmesinde yarar vardır. Sonuç olarak, ditiyonite kıyasla çalışma yeri güvenliği geliştirilmekte ve koku sıkıntısı en aza indirgenmektedir.

Reçete	**Karma atık sudaki kükürt konsantrasyonu(1) (mg/l)**	**Özgül kükürt yükü(2) (mg/kg PES)**	**Karma atık sudaki maksimum sülfit konsantrasyonu(1) (mg/l)**	**Maksimum özgül sülfit yükü(2) (mg/kg PES)**
Sodyumditiyonit (3 g/l) 2 durulama banyosu	260	4100	640	10300
Sülfinik asit (3 g/l) 2 durulama banyosu	100	1700	130	2000
Sülfinik asit (3 g/l) 1 durulama banyosu	200	1700	260	2000
Kaynak: [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "WO 98/03725; BASF Aktiengesellschaft, Priority, July 23rd 1996" Notlar: (1) Karma atık su: boya flottesi ile yıkama ve durulama flottelerinin toplamı (2) Veri, flotte oranı 1:4 kabul edilerek hesaplanmıştır				

Tablo 4.19: Sodyumditiyonit veya sülfinik asit esaslı indirgen maddelerin kullanıldığı tipik işlemlerden gelen karışık atık sulardaki kükürt ve sülfit konsantrasyonları ve yükleri

Yaklaşım B)

Bazik olarak boşaltılabilen boyalarla, hidrosülfit veya diğer indirgen maddelerin kullanımından kaçınılabilmekte, bu da son atıktaki oksijen ihtiyacının daha düşük olması anlamına gelmektedir.

Bazik ortamda temizlenebilen boyaların, pamuk reaktif boyaları ile aynı banyoda aplike edilebilmeleri sayesinde, PES/pamuk karışımlarını tek banyolu-iki adımlı boyama yöntemi ile boyama olanağı bulunmaktadır. Bu da, su ve enerji tüketimiyle ilgili ek çevresel faydalar getirmektedir.

İşlemsel veriler

Yaklaşım A)

Birçok durumda konsantre hidrosülfit yerine aynı miktarda söz edilen ürün kullanılabilmektedir. Tipik bir işlemde boya flottesine 1,0-1,5 ml/l (orta tonlar için)ve 1,5-2,5 ml/l (koyu tonlar için) indirgen madde ilave edilmektedir. İşlem 70-80 ^{o}C'da 10-20 dakikada gerçekleştirilmektedir. Bunu sıcak ve soğuk durulama takip etmektedir [179, UBA, 2001] .

Önerilen teknikten en yüksek çevresel ve ekonomik faydayı almak için, birinci derecede önemli olan husus, sadece boyarmaddeyi indirgemek için gerekli olan kadar indirgen maddenin tüketilmesidir. Bu nedenle, indirgen maddenin makine içindeki oksijen tarafından tüketilmesinden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Bunu sağlamak için etkili tekniklerden biri, flottedeki oksijeni ve makinadaki havayı uzaklaştırmak için azot kullanmaktır [182, VITO, 2001].

Boyama işlemi sırasında yüzeye göç eden oligomer yüzdesinin daha yüksek olduğu bazı poliester tipleri için, ard-işlemi yeni bir banyoda yapmak daha avantajlı olmaktadır.

Yaklaşım B)

Aşağıdaki örnek, biri bazik ortamda temizlenebilen boyalarla ve diğeri standart dispers boyalarla boyamalar için iki eşdeğer reçete arasındaki karşılaştırmayı vermektedir:

(Alkali ile temizlenebilen boyalarla reçete)	(Standart boyalarla reçete)
- 40 g/kg boya	- 55 g/kg boya
- 25 g/kg pH stabilizatörü	- 25 g/kg asetik asit
- 10 g/kg dengeleme maddesi	- 10 g/kg dengeleme maddesi
	- 5 g/kg egaliz maddesi
	- 12 g/kg dispergatör
	- 12 g/kg deterjan

Alkali ile temizlenebilen dispers boyalarla çalışılması durumunda, egaliz maddesi, dispergatör veya deterjanların kullanımına gerek kalmamaktadır. Ayrıca kullanılan boya miktarı azalmaktadır. Ortaya çıkan çevresel faydalar açıktır.

Yan etkileşimler

Yaklaşım A) Ürün boyama flottesinde kullanıldığında, fikse olmamış boya partikülleri indirgenerek parçalanmakta ve böylece atık sular büyük oranda renksizleşmektedir. Diğer taraftan, indirgenme reaksiyonunun yan ürünleri (örneğin, azo boyaların indirgenmesiyle oluşan aromatik aminler) orijinal boyarmaddeye göre daha zararlı olabilmektedirler. Bu nedenle atık suların, boşaltımlarından önce arıtılmaları gerekmektedir (poliester oligomerleri ve aromatik aminler için).

Yaklaşım B) Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Yaklaşım A) Teknik, boyama makinelerinin tüm tiplerinde, sadece poliester lifleri için değil, aynı zamanda PAC, CA ve bunların karışımları için de kullanılabilmektedir. Uygulanabilirlik hususundaki tek sınırlama, elastan lifleriyle olan karışımlardadır.

Yaklaşım B) Alkaliyle temizlenebilir boyalar günümüzde hem PES hem PES/CO karışımları için uygulanmaktadır ve PES/CO karışımlarında daha iyi çevresel ve ekonomik avantajlar elde edilmektedir.

Ekonomiklik

Yaklaşım A) Daha yüksek verimlilik ile, enerji, su ve kimyasal madde tüketimlerinin azalması ve daha düşük atık su yükü sayesinde, önemli tasarruflar sağlanabilmektedir.

Yaklaşım B) Alkali ile temizlenebilir boyaların kullanımı, klasik dispers boyarmaddelere kıyasla daha yüksek reçete maliyetleri anlamı taşımaktadır (yaklaşık 2 katı: alkali ile temizlenebilir boyalarla toplam reçete maliyeti yaklaşık 0,5 Euro/kg iken, standart dispers boyalarla bu değer 0,2 Euro/kg olmaktadır). Bununla birlikte, Yaklaşım B'nin, işlem süresinde (daha yüksek verimlilik) tasarruf ve su, enerji ve kimyasal maliyetlerinde azalma sağlaması beklenmektedir (özellikle bu boyalar PES/CO karışımları için uygulandığında).

Uygulama için itici güçler

Maliyet tasarrufları (yüksek verimlilik) ve çevresel performanstaki gelişim (özellikle atık sudaki sülfit içeriği hususunda), bu tekniklerin uygulanması için ana nedenlerdir.

Referans işletmeler

Yaklaşım A) Önerilen teknik Almanya'da en azıyla 5 terbiye işletmesinde ve dünya çapında uygulanmaktadır [179, UBA, 2001].

Yaklaşım B) Avrupa'daki birçok işletme.

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "BASF Aktiengesellschaft, Technical Information TI/T 7043 d, 1998", [180, Spain, 2001], [182, VITO, 2001], [181, VITO, 2001], [59, L. Bettens, 2000].

4.6.6 Kükürt boyalarıyla boyama

Tanımlama

Kükürt boyarmaddeleri, pamuğun ışığa ve yıkamaya karşı yüksek haslıklarda orta tonlardan koyu tonlara kadar (özellikle siyah) boyanmasında dünya çapında büyük öneme sahiptirler. Kükürt boyaları suda çözünmemektedirler ve boyama işlemi sırasında herhangi bir adımda suda çözülebilir "leyko-formu"na dönüştürülmeleri gerekmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 9.9).

Klasik kükürt boyaları piyasada toz halinde bulunmaktadırlar. Boyama öncesinde bazik ortamda sodyumsülfür ile indirgenmeleri gerekmektedir. Diğer tipik kükürt boyaları, "ön indirgenmiş/kullanıma hazır" boyalardır. Bunlar sıvı formda temin edilebilmektedirler ve

kendi formülasyonlarında indirgen madde içermektedirler (kükürt içerikleri % 5'den fazla olabilmektedir [179, UBA, 2001]).

Sülfür fazlalığı (boyarmaddeden ve indirgen maddeden gelen), sulu ortam zehirliliğine ve kötü kokulara (işyeri atmosferi) neden olmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1– "Kükürt içeren indirgen maddeler").

Kükürt boyamanın ekolojik profili, yeni kükürt boyalarının ve alternatif indirgen maddelerin ortaya çıkması sayesinde kesin olarak gelişmiştir.

Klasik toz ve sıvı kükürt boyalar yerine:
- ön indirgenmiş boyarmaddeler (% 1'den daha az kükürt içeriğine sahip sıvı formülasyonlar) ("DyStar, 2001" referans alınarak)
- ön indirgenmemiş kükürt içermeyen boyarmaddeler (oksitlenmiş formda suda çözülebilen) ("DyStar, 2001" referans alınarak)
- ön indirgenmemiş kükürt içermeyen stabilize dispers boyarmaddeler (toz ya da sıvı formda) ("DyStar, 2001" referans alınarak)
- ön indirgenmemiş kükürt içermeyen boyarmaddeler (dayanıklı süspansiyonlar) ("Clariant, 2001" referans alınarak)

başarılı bir şekilde kullanılabilmektedirler [179, UBA, 2001].

Düşük indirgenme potansiyeline sahip eski kükürt boyalarından farklı olarak, bu tipteki tüm boyarmaddeler hiç sodyumsülfür olmadan (ön indirgenmiş sıvı formülasyonlarda halen düşük miktarlarda sodyumsülfür bulunmaktadır) kullanılabilmektedirler. Aşağıda verilen çiftli sistemler kullanılmaktadır ("DyStar, 2001"):
- ditiyonit ve glikoz kombinasyonu
- hidroksiaseton ve glikoz kombinasyonu (nadiren)
- formamidinsülfinik asit ve glikoz kombinasyonu (nadiren).

Sodyumditiyonite glikoz, aşırı indirgenmeyi önlemek için ilave edilmektedir. Yukarıdaki nokta işaretli ilk listeye bakıldığında, sülfür içermeyen stabilize boyarmadde formülasyonları (3. nokta işareti) kullanılırken, glikozun eklenmeyebileceği görülmektedir. Son nokta işaretinde söz edilen, ön indirgenmemiş kükürt boyarmaddelerinde ise, indirgeme adımı tek başına glikoz ile gerçekleştirilebilmektedir ("Clariant, 2001" referans alınarak).

Geçmişte, kükürt boyamayla ilgili bir endişe kaynağı da, oksidasyon maddesi olarak (life adsorbsiyondan sonra, boyayı orijinal oksitlenmiş çözünmeyen forma dönüştürmek için uygulanan) sodyumdikromatın kullanılmasıyla ortaya çıkmaktaydı. Günümüzde sodyumdikromat yerine, hidrojenperoksit, bromat, iyodat ve klorit kullanılmaktadır.

Tercih edilen oksidasyon maddesi hidrojenperoksittir. Bromat, iyodat ve klorür AOX olarak tespit edilmektedir. Bununla beraber, bunlar organik halojen bileşikleri değildirler ve zararlı organik halojen ürünlerinin oluşumuna sebebiyet vermemektedirler (sadece Cl_2 içeren veya klorun aktivatör olarak kullanıldığı belirli klorit ürünleri zararlı AOX oluşumuna neden olmaktadır).

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Düşük kükürt içeren veya kükürt içermeyen kükürt boyalarla birlikte kükürt içermeyen indirgen maddelerin kullanılmasından sağlanan başlıca çevresel fayda, atık sulardaki kükürt içeriğinin en aza indirilmesidir.

Önerilen teknikten maksimum çevresel ve ekonomik fayda elde edilebilmesi için, birinci derecede öneme sahip olan koşul, sadece boyarmaddenin indirgenmesi için gereken kadar

indirgen maddenin tüketilmesidir. Bu nedenle indirgen maddenin, makine içerisindeki oksijen tarafından tüketilmesi mümkün olduğunca engellenmelidir. Bunu sağlamak için etkili bir yöntem, makinedeki flotte ve havadan oksijeni uzaklaştırmak için azot kullanılmasıdır [182, VITO, 2001].

İşlemsel veriler

Jet boyama makinelerinde pamuk boyamak (flotte oranı 1:6 ile 1:8 arasında, 95 ºC'da 45 dakika boyama) için tipik bir reçete örneği aşağıda verilmektedir [179, UBA, 2001] ("DyStar, 2001" referans alınarak):

- ön indirgenmemiş kükürt boyası: % 10
- ıslatıcı: 1 g/l
- sud kostik çözeltisi (38 ºBe): 15-20 ml/l
- kals. soda: 8-10 g/l
- tuz: 20 g/l
- glikoz: 10-12 g/l
- sodyumditiyonit: 8-10 g/l veya hidroksiaseton: 4-5 g/l veya formamidinsülfinik asit: 4-5 g/l.

Yan etkileşimler

İndirgen madde olarak sodyumditiyonitin kullanılması durumunda, atık sudaki sülfit içeriği hesaba katılmalıdır (bkz. Bölüm 2.7.8.1).

Uygulanabilirlik

Bu bölümde tanımlanan boyarmaddeler ve indirgen maddeler, mevcut olanlarda ve yeni boyama makinelerinde kullanılabilmektedirler (kesintisiz yöntemler kadar, çektirme yöntemine göre boyamalarda da). Alışılmış kükürt boyamalara kıyasla, olası ton farklılıkları dikkate alınmalıdır [179, UBA, 2001].

Ekonomiklik

Ön indirgenmemiş kükürt içermeyen stabilize boyarmaddeler, kükürt boyalardan daha pahalıdırlar. Detaylı bilgi bulunmamaktadır [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Çalışanların sağlığı&güvenliği, pis koku ve kükürt varlığından kaynaklanan atık su problemleri.

Referans işletmeler

Avrupa'da ve dünya çapında birçok işletme.

Referans literatür

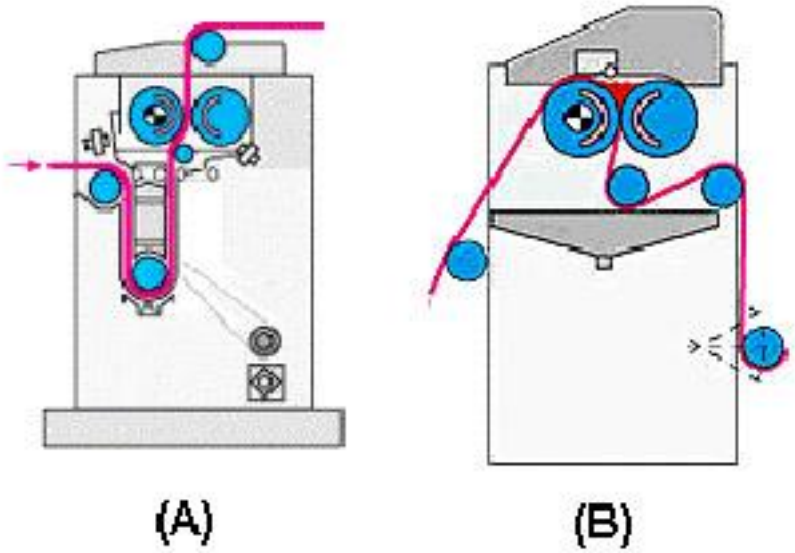
[179, UBA, 2001], [51, OSPAR, 1994] P071, [183, VITO, 2001].

4.6.7 Emdirme yöntemine göre boyama tekniklerinde boya flottesi kayıplarının en aza indirilmesi

Tanımlama

Emdirme yöntemine göre boyama işlemlerindeki temel emisyon kaynaklarını, her partinin sonunda yeni bir renkte boyamaya geçilirken, tekne, pompa ve borulardaki atık boya flottelerinin boşaltılması oluşturmaktadır (emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında daha detaylı bilgi için, bkz. Bölüm 3.3.3.5.4).

Bu kayıpların azaltılması, emdirme adımının sıkma merdaneleri arasındaki üst boşluğa flotte koyulmasıyla veya tekne hacminin en aza indirilmesiyle (örneğin, esnek-şasi, U-şeklinde şasi) sağlanabilmektedir.



Şekil 4.15: U-şeklinde tekne (A) ve merdaneler arasındaki boşluğa flotte konulan (B) boya flottesi aplikasyon sistemlerinin sunumu

Aşağıda belirtilen uygulamalar yardımıyla kayıplar daha da azaltılabilmektedir:

- hammadde girdileri için kontrollü dozaj sistemleri. Boyarmadde çözeltisi ve yardımcı kimyasallar özel reçeteye göre dozajlanmakta ve dağıtımları ayrı ayrı borulardan yapılıp, tam tekneye girecekleri sırada birbirleriyle karıştırılmaktadırlar
- emdirme flottesi dozajının, kumaş tarafından alınan flotte miktarının ölçümüne göre yapılması. Tüketilen boyama flottesi miktarı, işlem gören kumaş miktarı (ölçülen kumaş uzunluğu ile özgül ağırlığın çarpımı) referans alınarak belirlenmektedir. Sonuç değerleri otomatik olarak işlenmekte ve daha sonraki benzer partiler için flotte hazırlanırken kalan boya flottesi miktarını en aza indirmek için kullanılmaktadır. Ancak bu sistem, besleme tankında kullanılmamış boya flottesi artığı kalmasını önleyememektedir. Hızlı parti boyama tekniği bu bağlamda başka bir gelişme sunmaktadır. Bu durumda, boyarmadde çözeltisinin partinin boyanmasına başlanmadan önce tek bir adımda hazırlanması yerine (bütün parti için), çözelti, kumaş tarafından alınan flotte miktarının on-line ölçümüne dayanarak birkaç adımda tam zamanında (JİT) hazırlanmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Klasik emdirme teknelerinin kapasiteleri 30 ile 100 litre arasında değişmektedir. U-şeklindeki tekneleri kullanmak (12 litre kapasiteli), kullanılmamış flotte fazlalığı

miktarlarını klasik sisteme nazaran parti başına % 60'dan % 90'a kadar varan oranlarda azaltabilmektedir. Bunun yerine, merdaneler arasında flotte aplikasyonu sistemleriyle boyama yapılması durumunda (5 litre) ise, % 95'e kadar varan azalmalar sağlanmaktadır.

Kimyasallar ve boyaların ayrı ayrı dağıtılması, birbirleriyle karıştırılmaları durumunda daha sonra tekrar kullanılamayacak olan hammaddelerin gereksiz yere sarfiyatını engellemektedir. Bir parti malın boyaması için gerekli flottenin, kumaş tarafından alınan flotte miktarının on-line ölçümüne dayanarak hazırlanması sayesinde, besleme tanklarındaki normalde 150 litreye kadar çıkabilen boya flottesi artığı miktarı, 10-15 litrelere kadar düşürülebilmektedir.

Ayrıca modern boyama sistemleri en az seviyede durulama suyu akışı ile çalışabilmekte ve böylece % 25 oranında ilave bir su tasarrufuna da olanak sağlamaktadırlar.

İşlemsel veriler

Ekipmanın uygun performans ve doğruluğunun sağlanması için, düzenli bakım gerekmektedir. Özellikle dozaj sistemlerinin (örneğin pompalar) ve flotte alımı ölçümlerinin doğruluk derecelerinin düzenli aralıklarda kontrol edilmeleri gerekmektedir. Alınan flotte miktarının hesaplanmasında, kumaşın özgül ağırlığının ön terbiye öncesindeki ham kumaşta değil, boyama öncesindeki kumaşta belirlenmesi gerekmektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Tanımlanan teknikler, hem yeni, hem de mevcut kesintisiz ve yarı-kesintisiz boyama sistemleri için tavsiye edilmektedirler. Ancak, bir çok durumda mevcut makinelerin bazı bölümlerini modernize etmek yerine, beklemek ve bütün tavsiyelerin göz önünde bulundurulduğu tamamen yeni makineleri kurmak daha uygun olmaktadır [59, L. Bettens, 2000].

Merdaneler arasındaki boşluklara flotte koyarak boyama, hafif (220 g/m'nin altında) veya iyi ıslanma özelliğine sahip kumaşlar için uygun değildir. Fırça ya da makas işlemi görmüş tekstiller için flotteyi alma süresi çok kısa kalabilmekte ve aynen tekrarlanabilirlik olumsuz olarak etkilenebilmektedir [179, UBA, 2001].

Örgü ve elastan içeren kumaşlarla çalışılırken özel dikkat gösterilmesi gerekmektedir.

Ekonomiklik

Otomatik dozaj sistemi ve hacmi küçültülmüş tekneler (örneğin, U-şeklinde) için yatırım maliyeti, yaklaşık 85000 Euro'dur (1800 mm'lik en referans olarak alındığında). Diğer taraftan, günde 15 parti çalışan bir terbiye işletmesinde 85000 Euro'luk bir tasarruf kolaylıkla, bir yılda kolaylıkla sağlanabilmektedir (parti başına 50 litre tasarruf elde edildiği ve boya flottesinin 0,5 Euro/l olduğu varsayıldığında). Bu da kısa bir kendini geri ödeme süresi anlamına gelmektedir [179, UBA, 2001].

Bunun ötesinde, arıtılması gereken atık su hacminin azaltılması sayesinde sağlanabilecek ek kazançlar da hesaba katılmalıdır.

Uygulama için itici güçler

Çevreyle ilgili yasal düzenlemeler tarafından getirilen kısıtlamalar (örneğin, atık sudaki renkler), şüphe yoktur ki işletmeleri, konsantre atık su emisyonlarını azaltmayı amaçlayan önlemleri uygulamaya teşvik etmektedir. Buna rağmen, bunlar tek itici güç değildirler. Pahalı hammaddelerin (boyaların ve yardımcı maddelerin) israfından kaçınmanın yanında, geliştirilen proses kontrolü sayesinde artan aynen tekrarlanabilirlik (ilk seferde doğru boyama) ve verimlilik de, bu tekniğin uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadırlar.

Referans işletmeler

Avrupa ve Avrupa dışındaki ülkelerde, bahsedilen tekniği başarılı biçimde uygulayan yaklaşık 40 işletme bulunmaktadır. Bu işletmeler, daha sonraki benzer partilerin hazırlanmasında değerlendirilmek üzere, alınan flotte miktarını ölçme cihazlarıyla kombine edilmiş boyarmaddelerin/kimyasal maddelerin herbirinin ayrı ayrı dozajlanmasını sağlayan on-line sistemlerle donatılmışlardır. Sıvı boyalar için hızlı parti dozaj sistemi, Avrupa'da en azıyla bir terbiye işletmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Hızlı parti dozajlama sistemi:
- E. Küsters Maschinenfabrik GmbH&Co.KG, tekstil bölümü, D-47805 Krefeld
- Kleinewefers Textilmaschinen GmbH, D-47803 Krefeld
- Seybert & Rahier GmbH & Co Betriebs-KG, 34376 Immenhausen

tarafından tedarik edilmektedir [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[51, OSPAR, 1994] (P082), [179, UBA, 2001], [59, L. Bettens, 2000].

4.6.8 Reaktif boyamada enzimatik ard-sabunlama

Tanımlama

Reaktif boyalarla yapılan boyamalar ve baskılarda, işleme girmemiş ve hidrolize uğramış boyaların uzaklaştırılmaları için birkaç adımlı sabunlama ve durulama işlemlerine gerek duyulmaktadır. Liflere fikse olmamış boyarmaddelerin tamamının uzaklaştırılması, optimum yaş haslıkların sağlanması için şarttır, fakat boyama prosesinin toplam enerji, su ve kimyasal tüketiminin önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır.

Önerilen teknik, fikse olmamış boyarmadde moleküllerinin sadece liflerden değil, ayrıca çektirme banyosundan da uzaklaştırılması amacıyla, bir enzimatik işlemin uygulanmasını kapsamaktadır. Reaktif boyarmaddelerin enzimatik renk gidermesi, Levafix, Remazol, Cibacron, Procion ve Synozol tipi boyalarda kanıtlanmıştır [179, UBA, 2001].

Enzimatik bileşiklerin uygulanması genellikle dördüncü veya beşinci durulama adımında yapılmaktadır (bkz. Tablo 4.20).

Konvansiyonel ard-sabunlama yapıldığı takdirde tipik işlem sıralaması	Enzimatik ard-sabunlama yapıldığı takdirde işlem sıralaması
5 dak taşırmalı durulama	5 dak taşırmalı durulama
10 dak 40°C	10 dak 40°C; nötralizasyon
10 dak 40°C; nötralizasyon	10 dak 60°C
10 dak 95°C	10 dak 95°C
10 dak 95°C	10 dak 50°C; enzimatik işlem
10 dak 50°C	10 dak 30°C
10 dak 30°C	-
Kaynak: "Bayer, 2000" ve bunda atıfta bulunulan [179, UBA, 2001]	

Tablo 4.20: Konvansiyonel ve enzimatik ard-sabunlama uygulanan işlem basamaklarının karşılaştırılması (çektirme yöntemiyle boyama)

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Tablo 4.20'de görüldüğü gibi, enzimatik ard-işlem uygulandığında bir sıcak yıkama adımına gerek kalmamaktadır. Bu tekniğin uygulanmasının getirdiği temel avantaj: su, enerji ve deterjan tüketiminde sağladığı tasarruftur [179, UBA, 2001].

İşlemsel veriler

Enzimatik işlem aşağıda belirtildiği şekilde uygulanmaktadır (kesintili yöntem) [179, UBA, 2001]:

- temiz su (50 ^{0}C) ile doldurma
- pH ayarlaması için tampon madde ilavesi
- pH kontrolü (gerekli görülürse asetik asit ilavesi)
- enzimatik bileşik (0,25 g/l) ilavesi
- işlem süresi: 10 dak
- boşaltma.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, hali hazırda reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre yapılan boyamalarda kullanılabilmektedir. Kesintisiz boyama ve baskı işlemlerine uygulanması, gelişim aşamasındadır.

Enzimatik olarak reaktif boyarmaddelerin çoğunun rengi giderilebilmektedir. Fakat bir önlem olarak, önce laboratuvar ölçeğinde test edilmeleri tavsiye edilmektedir.

Ekonomiklik

Su ve enerji tüketimi tasarrufları ile işlem süresinin kısalması, bu yöntemin sağladığı kazanımlardandır.

Enzimatik bileşiklerin maliyeti ile ilgili bilgiye ulaşılamamıştır.

Uygulama için itici güçler

Maliyet düşürme potansiyeli ve nihai üründe daha iyi bir kalite düzeyi (daha yüksek haslıklar) [179, UBA, 2001].

Referans işletmeler

Enzimatik ard-işlem, dünyada ve özellikle Almanya'da pek çok terbiye işletmesinde uygulanmaktadır [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[179, UBA, 2001].

4.6.9 Emdirme-soğuk bekletme (pad batch) boyama yöntemi için silikatsız fiksaj yöntemi

Tanımlama

Sodyumsilikat, emdirme-soğuk bekletme boyama yönteminde ağırlıklı olarak emdirme flottesinin stabilitesini arttırmak ve kumaş kenarlarının karbonizasyonunu önlemek için kullanılmaktadır. Diğer taraftan, sodyumsilikat kullanımı, kumaş yüzeyinde ve kullanılan ekipman üzerinde silikat tortusu oluşumu, atık sudaki tuz miktarının artması, vs. gibi problemlere neden olmaktadır.

Silikat içermeyen yüksek konsantrasyondaki sulu alkali çözeltileri geliştirilmiştir ve halen piyasadan temin edilebilmektedirler. Bunlar hazır ürünler olup (sulu çözeltide dikkatlice ayarlanmış alkali karışımları), modern dozajlama sistemleriyle kolaylıkla uygulanabilmektedirler. Bunlar, özellikle emdirme-soğuk bekletme yöntemi için uygundurlar.

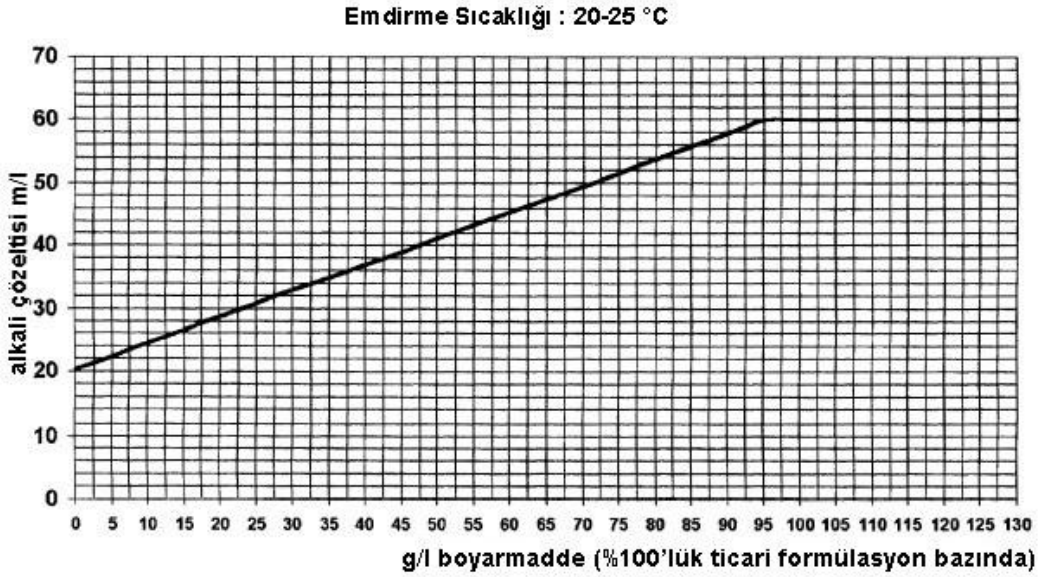
Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Aşağıda belirtilen avantajlar sağlanabilmektedir:
- hazırlama tankında alkali kalıntısı kalmamaktadır, çünkü sodyumsilikatın aksine alkali, ayrı bir hazırlama işlemi gerektirmeden, hazır çözelti olarak ilave edilebilmektedir
- liflerde ve ekipman üzerinde uzaklaştırılması güç tortular oluşmamaktadır
- tortu oluşumunu önlemek amacıyla, emdirme flottesine yardımcı madde ilavesine gerek kalmamaktadır
- atık suların elektrolit içeriği azalmaktadır
- atık su arıtma işlemlerinde, membran teknikleri kullanılabilmektedir (sodyumsilikatın aksine bu yöntemle, filtrelerde, borularda ve valflerde kristalleşme görülmemekte, membranların tıkanması söz konusu olmamaktadır).

İşlemsel veriler

Ürünün aplikasyonu için, 4:1 oranlı (alkali çözeltisinin boyarmadde çözeltisine oranı) sera-pompaları gibi membran pompalarının kullanımı uygun olmaktadır [179, UBA, 2001].

Şekil 4.16 tipik bir dozajlama eğrisini göstermektedir. Konvansiyonel porsiyonlar halinde alkali ilavesi yerine, böyle bir eğrinin kullanılması, üretimin tekrarlanabilirliği açısından da avantajlar sağlamaktadır [179, UBA, 2001].



Şekil 4.16: Hazır alkali çözeltileri için dozajlama eğrisi [179, UBA, 2001]

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, hem mevcut, hem de yeni tesislerde uygulanabilmektedir. Ancak mevcut tesislerde, sabit koşulların sağlanması amacıyla, proses optimizasyonu ve kontrolü için ek önlemlere gereksinim duyulabilmektedir [179, UBA, 2001].

Ekonomiklik

Hazır alkali çözeltileri, konvansiyonel fiksaj yöntemlerinden daha pahalıdırlar.

Hazır alkali çözeltileri, flotte değişim sürelerinin kısa olduğu ve aşırı uzun süreli flotte stabilitelerinin aranmadığı, modern, minimum hacimli tekneler için dizayn edilmişlerdir. Bununla birlikte, sodyumsilikatın bulunmaması, emdirme flottesinin stabilitesini yine de etkilemektedir. Bu nedenle, daha etkili proses kontrollerine (örneğin, boyama flottesinin sıcaklık kontrolüne) gereksinim duyulmakta ve buna ilişkin yatırım masraflarının da göz önünde tutulması gerekmektedir.

Aşağıda belirtilen faydalar değerlendirmeye alınmalıdır [179, UBA, 2001]:

- gelişmiş dozajlama sistemleri için gerekli yatırım miktarları daha düşük olmaktadır, çünkü sadece iki (biri boyarmadde çözeltisi ve diğeri hazır alkali çözeltisi için olmak üzere) dozajlama ünitesi gerekmektedir. Halbuki silikat kullanılan konvansiyonel fiksaj yöntemlerinde (boyarmadde ve alkali çözeltilerinin dışında, bir de silikat için olmak üzere) üç dozajlama ünitesi gerekmektedir. Tek bir dozajlama ünitesinin maliyeti 12000 Euro civarındadır
- fulard silindirlerinin lastik kaplamalarının silikat tortusu oluşumu nedeniyle sık sık değiştirilmesi gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Bir fulardın silindir kaplamalarını değiştirmenin maliyeti 7000 ila 10000 Euro arasında değişmektedir
- flottedeki düşük elektrolit miktarı, hidrolize olmuş boyarmaddelerin substantifliğini azaltmakta ve böylece yıkanarak uzaklaştırılmalarını kolaylaştırmaktadır. Bu da, prosesin yıkama aşamasında daha az enerji ve su tüketilmesini sağlamaktadır
- fulard tekneleri ve yıkama ünitelerinde daha yüksek verimlilik sağlanmaktadır

- proses koşullarının izlenmesi sayesinde, daha iyi tekrarlanabilirlikler sağlanmaktadır.

Sonuç olarak, toplam proses maliyetlerinde, konvansiyonel fiksaj yöntemlerine nazaran azalma sağlanabilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Temel itici güçler arasında mutlaka altı çizilmesi gerekenler [179, UBA, 2001]:
- daha iyi tekrarlanabilirlik
- toplam proses maliyetlerinde azalma
- ürünün rahatça kullanıma hazırlanması (sıvı formda alkali kullanılması ve istenilen konsantrasyondaki alkalinin kristalleşme problemi olmadan dozajlanabilmesi)
- tortu oluşturmama ve rahat temizlenme özelliği
- atık su arıtma işlemlerinde membran tekniklerinin kullanılabilmesidir.

Referans işletmeler

Avrupa'da hazır alkali çözeltisi kullanan pek çok terbiye işletmesi bulunmaktadır. Örnek tesisler olarak, İtalya'da Miroglio, Fransa'da T.I.L. ve F-Lyon, Almanya'da Riedel&Tietz Textil GmbH, D-09212 Limbach-Oberfrohna ve Avusturya'da Fussenegger, A-Dornbirn gösterilebilmektedir.

Referans literatür

[179, UBA, 2001].

4.6.10 Selülozik liflerin reaktifliği yüksek polifonksiyonel reaktif boyarmaddeler ile çektirme yöntemine göre boyanmaları

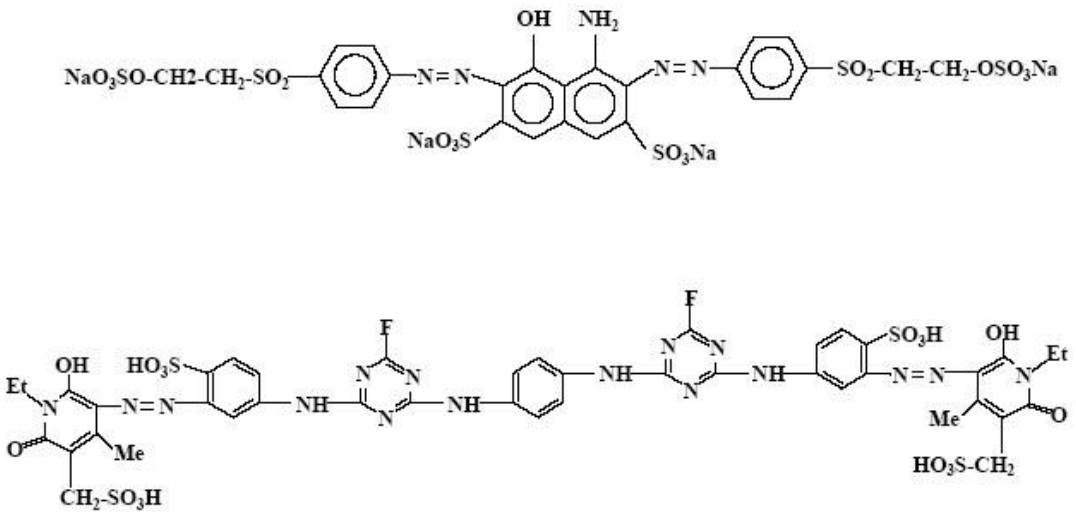
Tanımlama

Araştırma & Geliştirme çalışmalarının esas hedeflerinden biri de, mümkün olabilecek en yüksek fiksaj derecelerine sahip reaktif boyalar geliştirmektir (ayrıca bkz. Bölüm 9.8 ve Bölüm 2.7.8.1 – "Boyalar"). İki benzer, ya da farklı reaktif gruba sahip bifonksiyonel (polifonksiyonel) reaktif boyalar, çektirme yöntemine göre boyamalarda fiksaj derecesinin yüksek olmasına olanak tanımaktadırlar. Yapılarındaki iki reaktif grup nedeniyle bu boyaların, tek reaktif gruplu monofonksiyonel boyalara nazaran, selüloz lifleri ile kimyasal reaksiyona girme olasılıkları daha yüksektir. Eğer boyama sırasında reaktif gruplardan birisi hidrolize uğrarsa, diğerinin halâ selülozun hidroksil gruplarıyla kimyasal reaksiyona girme olasılığı bulunmaktadır. Ayrıca, aynı boyada iki farklı reaktif sistemin bir araya getirilmesi, iki bağımsız grup avantajını da beraberinde getirmektedir (örneğin, yüksek haslıklar ve yıkanabilirlik sağlayan yüksek fiksaj dereceleri). Buna karşın, polifonksiyonel boyaların muhakkak daha iyi boyalar oldukları da söylenemez. Sadece reaktif grupların doğru kombinasyonu, bu boyaları konvansiyonel mono-reaktif boyalardan daha üstün hale getirmektedir.

Bu reaktifliği yüksek boyalara örnek olarak [179, UBA, 2001]:
- Cibacron FN (ılık çektirme) (Ciba)
- Cibacron H (sıcak çektirme) (Ciba)
- Drimanere HF (Clariant)
- Levafix CA (Dytstar)
- Procion H-EXL / XL + (Dystar)
- Sumifix HF (Sumitomo)

verilebilmektedir.

Şekil 4.17'de iki örnek gösterilmektedir. İlk örnek (reaktive black 5) iki vinilsülfon reaktif grubuna, ikinci örnek ise kromofor ile köprü oluşturan iki monoflortriazin reaktif grubuna sahiptir. Ayrıca iki farklı reaktif gruba sahip reaktif boyarmaddeler de bulunmaktadır.



Şekil 4.17: Polifonksiyonel boyarmaddelere iki örnek
[179, UBA, 2001]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Reaktif boyaların selüloz liflerine fiksajı, ya aplike edilen toplam boya miktarının bir yüzdesi olarak (fiksaj oranı, ayrıca "mutlak fiksaj" olarak da adlandırılmaktadır), ya da çektirilen boya miktarının bir yüzdesi (çektirme oranı, ayrıca fiksaj verimi olarak da adlandırılmaktadır) olarak ifade edilmektedir. Fiksaj oranı, monofonksiyonel boyalar söz konusu olduğunda, yaklaşık % 60'tır (çektirme oranı % 70 civarındadır), diğer bir deyişle, aplike edilen boyanın % 40'ı atık sularda kaybedilmektedir. Bifonksiyonel reaktif boyalarda ise, %80 civarındaki fiksaj oranları ile % 90'ın üzerindeki çektirme oranları elde edilebilmektedir. Bunun ilk sonucu ise, atık suya verilen kullanılmamış boyarmadde miktarında önemli ölçüde azalma (azalan renk ve organik yük) meydana gelmesidir.

Bu da özellikle atık sulardaki boyaların arıtılması için ileri oksidasyon tekniklerinin kullanıldığı durumlarda avantajlı olmaktadır (bkz. Bölüm 4.10.7). Ancak atık suda daha az miktarda boyarmadde bulunmasının, görülebilir renklilikte muhakkak bir azalmaya neden olduğu da söylenememektedir. Yeni reaktif boyaların renk kuvvetleri önemli ölçüde geliştirilmiştir. Diğer boyalar ve boya sınıflarıyla karşılaştırıldığında, bunlarla daha koyu ve yoğun renkleri, daha az boya miktarlarıyla elde etmek mümkün olmaktadır. Böylece atık sularda daha az boya kalmakta, fakat buna rağmen görülebilir renklilik halâ yüksek olabilmektedir [190, VITO, 2001].

Yeni boyalarla (ve işlemlerle), su, enerji ve kimyasal madde tasarrufları sağlamak da mümkündür. Örneğin, yeni tanıtılan Levafix CA boyaları (Dystar), makul tuz miktarları ile % 90'ın üzerinde fiksaj oranları sağlamaktadırlar.

İstenen yaş haslık derecelerinin elde edilmesi için uygulanan ard-yıkama işlemleri, daha az enerji ve su tüketerekten ve daha hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Bunun sağlanmasında reaktifliği yüksek yeni bifonksiyonel boyaların kullanılmasının da etkisi bulunmaktadır (sadece az miktarda fikse olmamış boyanın uzaklaştırılması gerekmektedir). Ancak bundan da daha önemlisi, hidrolize olmuş formdayken düşük afinite gösterecek şekilde tasarlanmış moleküllere sahip olan yeni reaktif boyaların, bu özellikleri sayesinde mükemmel yıkanma özelliklerine sahip olmalarıdır.

Dystar'ın son yeniliği (Procion XL+ boyaları) sayesinde, 90 ^{0}C'da fikse olan polifonksiyonel bu boyalar kullanılarak, belirli mallarda ön terbiye ve boyama adımlarının birleştirilmesiyle çok daha kısa işlem süreleri sağlanabilmektedir. Böylece, su ve enerji tüketiminde % 40'a varan, tuzda ise % 30'dan daha yüksek oranlarda tasarruf sağlanabileceği iddia edilmektedir.

İşlemsel veriler

Seçme ve uygulamayı kolaylaştırmak için, boya üreticileri her biri boya banyosunda hemen hemen aynı özellikleri gösteren yüksek derecede uyumlu boyaları, küçük boya grupları olarak sunmaktadırlar. Bu kompakt grupların her biri, belirli bir uygulama kesimine yöneliktir. Ayrıca boyama uyum matrisleri de verilmektedir. Bunlar, üretimin tekrarlanabilirliğinin yüksek olması ve boyama koşullarına (örneğin, flotte oranı, boyama sıcaklığı, tuz konsantrasyonu) daha az bağımlılık ve sonuçta da "ilk seferde doğru boyama"ların yapılabilmesini sağlamak açısından önemlidirler.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Yüksek fiksaj derecelerine sahip reaktif boyalar, her tip boyama makinesinde uygulanabilmekte, ancak ek enerji ve su tüketimi avantajları sağlayabilen çok-işlevli kontrol donanımlarına sahip en modern düşük flotte oranlı boyama makinelerinde daha da avantajlı olmaktadırlar [179, UBA, 2001]. Özellikle, yüksek çözünürlüğe sahip yeni reaktif boyalar ultra-düşük flotte oranlarında da uygulanabilmektedirler [190, VITO, 2001].

Ekonomiklik

Konvansiyonel reaktif boyalarla karşılaştırıldıklarında, polifonksiyonel reaktif boyarmaddelerin kilogram fiyatları daha yüksektir. Fakat bunların yüksek fiksaj verimleri, tuz kullanımındaki tasarruflar ve azalan su ve enerji maliyetleri de göz önüne alındığında, toplam maliyetlerin ciddi oranda azaldığı görülmektedir.

Uygulama için itici güçler

Deşarj edilen atık sulardaki renklere getirilen yasal sınırlamalar, fiksaj oranları yüksek boyaların geliştirilmesinde temel itici güç olmuştur. Diğer önemli bir itici güç ise, yüksek boya fiksajı sayesinde toplam işlem maliyetlerinde sağlanan azalmalardır.

Referans işletmeler

Avrupa'daki bir çok işletme.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [190, VITO, 2001], [180, Spain, 2001].

4.6.11 Düşük tuz tüketimi gerektiren reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama

Tanımlama

Selülozik elyafın reaktif boyarmaddelerle klasik çektirme yöntemine göre boyanmasında, boyarmadde alımını arttırabilmek için yüksek miktarlarda tuza ihtiyaç duyulmaktadır (genellikle 50-60 g/l, fakat koyu tonlar için 100 g/l'nin üzerinde – bkz. Bölüm 2.7.3 ve 2.7.8.1 – "Tuz"). Birçok boyarmadde üreticisi firma, bu miktarın 2/3'üne ihtiyaç duyulan yeni boyarmadde çeşitleri ve aplikasyon yöntemleri geliştirmiştir. Örnekler:

- Cibacron LS (Ciba)
- Levafix OS (Dystar)
- Procion XL+ (Dystar)
- Sumifix HF (Sumitomo)'dur.

Bu boyarmaddelerin çoğunluğu, polifonksiyonel boyarmaddelerdir ve yüksek düzeyde fikse olabilmektedirler, böylece atık sudaki fikse olmamış boyarmadde miktarı düşürülerek de ek kazanç elde edilmektedir.

Lifler tarafından alımları için daha az miktarda tuza ihtiyaç duyulması nedeniyle, düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler daha iyi çözünürlüğe sahip olmaktadırlar ve düşük flotte oranlı boyama makineleri için gerekenden daha yüksek konsantrasyondaki çözeltilerde bile çözünmüş olarak kalmaktadırlar. Bu durum, aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi, toplam tuz ihtiyacının azaltılmasına daha fazla olanak sağlamaktadır.

	Haspel (F.O. 1:20)	**Jet (F.O. 1:10)**	**Düşük F.O.'lı Jet (F.O. 1:5)**
Klasik reaktif boyalar (60g/l tuz)	1200 kg	600 kg	300 kg
Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyalar (40g/l tuz)	800 kg	400 kg	200 kg
Kaynak: [179,UBA,2001]			

Tablo 4.21: 1000 kg kumaşın orta tonda boyanması için gerekli olan tuz miktarları

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Selülozik elyafın çektirme yöntemine göre boyanmasındaki tuz tüketiminin, klasik reaktif boyarmaddelerde ihtiyaç duyulana göre 1/3 oranında azaltılmış olması, atık su tuzluluğunu ve atık su arıtma işlemlerini olumlu yönde etkilemektedir. [179, UBA, 2001]

Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler, yüksek afiniteye sahip boyarmaddelerdir ve bu nedenle yıkama ile uzaklaştırılmaları daha zor olmaktadır. Bununla birlikte, piyasaya artan bir şekilde hidrolize olmuş (fikse olmamış) şekli düşük afiniteye sahip olan ard-durulama işlemleri daha kolay yapılabilen boyarmaddeler çıkarılmaktadırlar.

İşlemsel veriler

Tuz konsantrasyonu ne kadar düşük olursa, sistem, çektirmeyi etkileyen parametrelerdeki herhangi bir değişikliğe karşı o kadar daha hassas hale gelmektedir. Boyahanelere ihtiyaç duyulan yüksek esnekliği sağlayabilmek için boyarmadde üreticileri, karşılıklı yüksek uyuma sahip trikromi kombinasyon boyarmaddeleri geliştirmişlerdir (her birinin afinite ve reaktivitelerinin birbirlerine uymasını sağlayarak ve bileşenlerin etkileşimini azaltarak).

Şimdi piyasada benzer aplikasyon özelliklerine sahip ve dolayısıyla boyama koşullarındaki değişikliklerden daha az etkilenen (veya hiç etkilenmeyen) boyalar bulunmaktadır. Örneğin, polyester / pamuk karışımlarının boyanmasında olduğu gibi, parti büyüklüklerinin ve flotte oranının büyük ölçüde değiştiği durumlarda bile, ilk seferde doğru üretim amaçlanmaktadır (örneğin, Cibacron LS ile) [190,VITO,2001].

İlgili boya üreticileri, kendi düşük miktarda tuz gerektiren boyarmadde çeşitleri için, renk koyuluğu, kumaş tipi ve kullanılan ekipmana göre detaylı tuz tavsiyeleri içeren geniş çaplı teknik bilgi sunmaktadırlar.

Gelişmiş reaktif boyarmaddelerin en etkileyici özelliği, her boya grubunun içerdiği boyarmaddelerin karşılıklı uyuşabilirliğidir (her boyarmaddenin reaktivitesinin ve afinitesinin uyumunu sağlayarak ve bileşenlerin karşılıklı etkileşimini azaltarak). İleri moleküler mühendislik teknikleri sayesinde, ilk seferde doğru üretimi arttırmak için gerekli olan optimum özellikteki reaktif boyarmaddelerin tasarlanması sağlanmıştır. Bunlar çok benzer oranlarda çektirilmektedirler. Her boyarmadde için rengin sıcaklık ve zamanla değişimini gösteren eğriler, neredeyse hiç sapma göstermeksizin üst üste çakışabilmektedirler. Bu durum, yüksek aynen tekrarlanabilirlik, boyama koşullarına (örneğin, flotte oranı,boyama sıcaklığı, tuz konsantrasyonu) düşük bağımlılık ve bu sayede "ilk seferde doğru boyama" yapılabilmesi için önemlidir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler, hem mevcut, hem de yeni geliştirilen boyama makinelerinde uygulanabilmektedirler, fakat özellikle düşük flotte oranlı modern boyama makinelerinde daha avantajlı olmaktadırlar ve bunlarda ek olarak düşük enerji ve su tüketimi avantajları da sağlamaktadırlar.

Ekonomiklik

Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler, klasik reaktif boyarmaddelere göre oldukça daha pahalıdırlar (özellikle üretimlerinde ileri moleküler mühendislik teknikleri kullanılması nedeniyle). Bununla birlikte her boyahanenin özel koşullarına bağlı olarak, düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddelerin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyalar ilk olarak kurak iklim koşullarına ve olumsuz su dengesine sahip yerlerde (örneğin, Amerika'da Kuzey Carolina ve Hindistan'da Tirupur, Tamil Nadu), kullanılmaya başlanmışlardır. Bu boyalar, boyahanelerin direk temiz sulara boşaltım yaptıkları ve tuzlanma etkilerinin en aza indirilmesi gereken bölgelerde de başarılı olmuşlardır.

Ayrıca unutulmamalıdır ki, su geri dönüşümündeki başarısızlıkların en temel nedeni, aşınmaya neden olan tuzların su içerisinde bulunmasıdır.

Referans İşletmeler

Avrupa'daki birçok işletme.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [190, VITO, 2001], [180, Spain, 2001], [61, L.Bettens, 1999].

4.6.12 Reaktif boyarmaddelerle boyanmış pamukluların deterjan kullanılmadan ard yıkamalarının yapılması

Tanımlama

Uluslararası yayınlar da, tekstil işletmelerindeki pratik tecrübeler de, deterjanların, hidrolize olmuş boyarmaddelerin kumaştan uzaklaştırılmasını kolaylaştırmadıklarını göstermektedir.

Bundan farklı olarak, durulamanın etkinliğine yüksek sıcaklıkların etkisi vardır. 90-95 °C'da yapılan durulama denemeleri, yüksek sıcaklıklardaki durulamaların daha etkili ve hızlı olduğunu göstermiştir. 95 °C'da yapılan 10 dakika süreli bir durulamada 75 °C'da yapılana nazaran yaklaşık % 30 daha fazla miktarda fikse olmamış reaktif boyarmadde hidrolizatı uzaklaştırılabilmektedir.

Birçok boyahane, reaktif boyama sonrasında kaynar (95 °C'da) durulama yapmakta ve durulamalarda yıkama maddesi kullanmaktan kaçınmaktadır. Ürün kalitesi olumsuz etkilenmemektedir. Tam tersine, sıcak durulama sonrası ürünün haslık değerleri, ilk nötralizasyon durulamasından sonra, yıkama maddesi ve iyon tutucu ile yapılan klasik durulamalar sonrasına göre daha iyi olmaktadır.

Büyük miktarlarda sıcak işlem suyunun kullanıldığı durumlarda enerji geri kazanılmalıdır. Enerji geri kazanımı, ya çıkan sıcak atık suyla giren soğuk temiz su arasında ısı değişimi yoluyla veyahutta sıcak atık suyu geri kazanıp da; hem enerjiyi, hem de suyu tekrar kullanarak sağlanabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Temel fayda, yıkama maddesi tüketiminin ve atık suya verilen kirlilik yükünün azalmasıdır. Tabii ki, firmalarda halen uygulanmakta olan boyama prosedürlerine bağlı olarak azalma potansiyeli farklılıklar gösterecektir.

2 farklı boyahanenin (birisi örme kumaş boyayan, diğeri dikilmiş giysi boyayan) tecrübeleri, sağlanabilecek yük düşüşü potansiyelinin 100 kg kumaş için, ortalama 1 kg yıkama maddesi, 1 kg iyon tutucu ve 1 kg asetik asit seviyelerinde olduğunu göstermektedir.

Serbest radikal işlemi ile reaktif boyarmaddelerin uzaklaştırılması için tüketilen kimyasal madde miktarındaki düşüş de bir diğer avantajdır. Örneğin, Fenton reaksiyonunda OH* radikalleri sadece boyarmaddelerle değil, aynı zamanda birçok yıkama maddesiyle de hızlı bir şekilde reaksiyona girdiğinden yıkama maddesi kullanımından vazgeçilmesi durumunda, pahalı H_2O_2'in fazla miktarda kullanımı da önlenmiş olmaktadır.

İşlemsel veriler

Düşük miktarda tuz gerektiren polifonksiyonel reaktif boyarmaddelerin yüksek derecede fikse olabilme ve yıkama ile kolay uzaklaşabilme özellikleri (bkz. Bölüm 4.6.10 ve 4.6.11) yıkama maddelerine ihtiyaç duyulmaksızın yapılan sıcak durulamalar ile yeterli yıkama haslıklarının elde edilmesine yardım eden önemli faktörlerdir.

Makinelerin kazara durması sonucu sorunlar ortaya çıkabileceği belirtilmiştir. Böyle durumlarda sıcak durulama suyunun çok yüksek sıcaklığı, boyarmaddenin reaktif

gruplarıyla pamuk veya viskonun hidroksil grupları arasındaki bağların geri dönüşü olmayacak şekilde kopmasına neden olabilmektedir [297, Germany, 2002].

Yan etkileşimler

Atık durulama sularından ısı enerjisi geri kazanılmadığı takdirde, soğuk durulamalar yerine sıcak durulama yapılması, daha yüksek enerji tüketimlerine yol açmaktadır.

Uygulanabilirlik

Danimarka'da bir tekstil işletmesinde son 5 yıldır reaktif boyama sonrasındaki durulama işlemlerinde deterjan kullanımı tümüyle iptal edilmiştir. Firma, pamuk veya pamuk/ poliester karışımı dokuma ve örme kumaşları, her renk ve tonda boyamaktadır. Bu tekniğin uygulanması, kullanılan boyarmaddelerde değişiklik yapılmasını gerektirebilmektedir. Belirtilen firma yumuşak su kullanarak, Cibacron C veya Bezaktiv S gibi bifonksiyonel reaktif boyarmaddeler ile çalışmaktadır.

Dokuma ve örme kumaştan mamul giysi boyayan bir başka tekstil firması da, bazı istisnalar (örneğin, kırmızı, koyu kırmızı veya bordo renkler) dışında 5-6 yıldır yıkama maddesi kullanmamaktadır.

Ekonomiklik

İşlem prosedüründeki tek değişiklik yıkama maddesi kullanılmamasıdır. Sağlanacak tasarruf, firmada yapılan reaktif boyama sayısına bağlı olacaktır.

Uygulama için itici güçler

Kimyasallar ve atık suların arıtılması için yüksek maliyetler.

Referans işletmeler

Avrupa'daki bir çok işletme. Özel olarak birkaç örnek, Danimarka'da bu tekniği uygulayan : Kemotextil A/S, Sunesens Textilforaedling ApS, Martensen A/S firmalarıdır.

Referans literatür

[78, Danish EPA, 1999], [7, UBA, 1994]

"Environmentally friendly method in reactive dying of cotton". Water Science and Technology Vol 33, No.6, pp.17-27, 1996"

"Reclamation and re-use of process water from reactive dyeing of cotton" Desalination 106 (1996) 195-20"

4.6.13 Selülozik kumaşların reaktif boyarmaddelerle kesintisiz (ve yarı kesintili) boyanmasında alternatif bir yöntem

Tanımlama

Tanıtılan teknik, selüloz elyafı için özel reaktif boyarmaddelerin kullanıldığı bir kesintisiz boyama yöntemidir. Klasik emdirme/kesintisiz boyama sistemlerinden farklı olarak bu yöntem, tuz, sodyumsilikat, üre gibi ilave maddelere ve boyarmaddenin fikse olması için uzun bekleme sürelerine ihtiyaç duymamaktadır. Reçete; x g/l boya 1, y g/l boya 2, z g/l boya 3, 1-2 g/l ıslatıcı ve alkali içermektedir. Klasik yöntemlerde kullanılan diğer yardımcı

kimyasal maddeler yerine bu yöntemde kurutma sırasında buhar miktarının kontrol edilmesi işlemi uygulanmaktadır.

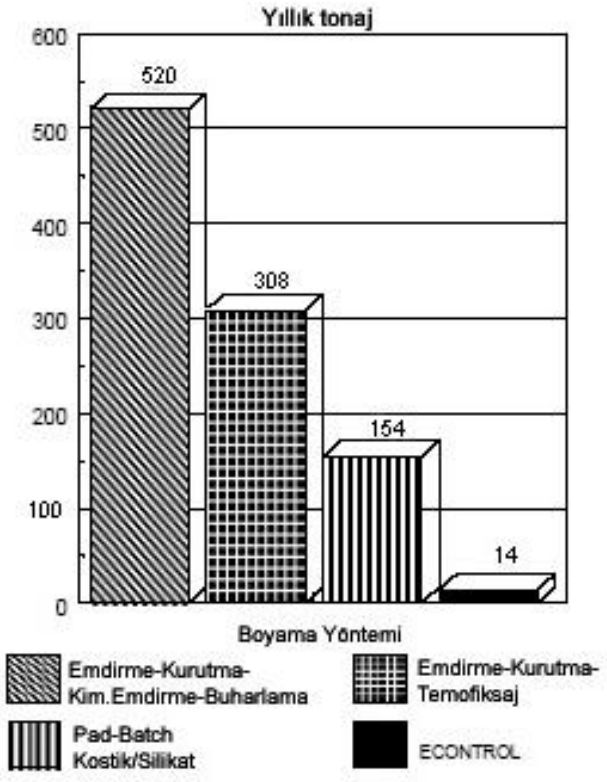
Boya banyosu kumaşa fulardda aplike edilmekte (pamuk yaklaşık % 70 A_F ve viskon yaklaşık % 80 A_F ile sıkılmakta) ve kısa bir hava pasajından sonra, kumaş kurutucuya (hot-flue) alınarak burada 2 dakika işlem görmektedir.

Klasik yöntemde kuru ısı ortamında boyarmadde için çözgen olarak üre kullanılmaktadır. Üre 115 ºC'da erimekte ve 100 ºC'un üzerinde suyu bağlamaktadır, bu da buharlayıcı içerisindeki fiksaj sırasında boyarmaddenin kumaşa penetrasyonuna olanak sağlamaktadır. Tanıtılan proseste buna gerek yoktur. Çünkü kurutucu içerisindeki koşullar (120 ºC ve hacımca % 25 buhar olacak şekilde) ayarlanmakta ve böylece kumaş, nemli olduğu sürece 68 ºC gibi belirli bir sıcaklıkta kalmaktadır.

Yüksek reaktiflikteki boyarmaddelerin kullanılması durumunda, fiksaj için, düşük kumaş sıcaklığı (68 ºC), zayıf bir alkali ve kısa bir süre (2 dakika) yeterli olmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Şekil 4.18'de gösterildiği gibi, kimyasal madde tüketimde önemli ölçüde düşüş sağlamak mümkündür.



Şekil 4.18: Emdirme-kurutma, emdirme-buharlama, pad-batch (soğuk bekletme), emdirme-kurutma-termofiksaj ve tanıtılan yöntemle 10 milyon metre için temel kimyasal madde tüketimleri
[180,Spain,2001]

Üre, tuz (klorür/sülfat) veya sodyumsilikat tüketilmemekte ve baziklik genelde daha düşük olmaktadır (daha az NaOH, seçilmiş boyarmaddelere bağlı olarak bunun yerine Na_2CO_3 kullanılarak).

Üç vardiya sistemiyle çalışan bir fabrika, emdirme-kurutma-termofiksaj yöntemiyle veya emdirme-kurutma-emdirme-buharlama yöntemiyle 40 m/dk hızda kesintisiz boyama için, yaklaşık 423 t/yıl üre veya 540 t/yıl NaCl tüketebilecektir. Diğer taraftan yine 3 vardiya çalışan ve tanıtılan yöntemle işlem yapan bir işletme sadece, sonuçta atık suya karışacak olan 22 t/yıl sodyumbikarbonat tüketecektir. Sonuç olarak, bu son teknoloji kullanıldığında yıkama sonrası oluşan atık sular, diğer boyama yöntemlerinde oluşanların sadece % 4-5'i kadar kimyasal atık içermektedirler [190,VITO,2001].

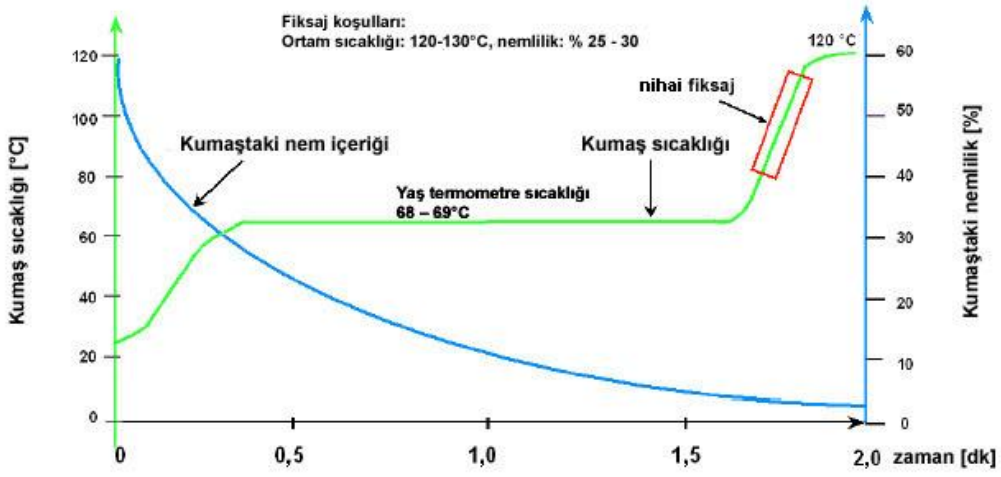
Üre kullanımının elimine edilmesi, özellikle atık sudaki azot içeren bileşiklerin miktarında azalma sağlamakta ve emdirme-termofiksaj yönteminde olduğu gibi, havada üre parçalanma ürünlerinin bulunmasını da önlemektedir.

Tuz kullanılmamasının avantajı, sadece atık sudaki tuz yükünün azalması değil, aynı zamanda tuz olmadığında fikse olmamış boyarmaddenin yıkamayla daha kolay uzaklaştırılabilmesidir (ard-durulama işlemlerinde daha az su ve enerji tüketimi). Ek olarak, artık hidrolizat formu düşük substantifliğe sahip olan ve dolayısıyla yıkamayla kolaylıkla uzaklaştırılabilen boyarmaddeler kullanılmaktadırlar.

Ayrıca, atık havanın kontrolü sayesinde enerji tüketimi de en aza inmektedir.

İşlemsel veriler

Fiksaj sırasındaki sıcaklık ve nem profili aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 4.19: Belirtilen yöntemle boyama işlemi sırasında kumaşın sıcaklık ve nemliliği [180,Spain,2001]

Kurutucu bölmelerinin hacimce % 25 nemliliğe ayarlanmasını sağlamak amacıyla, makinanın çalışmaya başlaması sırasında bir nemlendirme ünitesi kullanılmaktadır.

Bazen, çok hafif kumaşlardan buharlaşan su miktarı, bölmedeki nem miktarını % 25'te (hacimce) tutmak için yeterli olmamaktadır. Bu durumda gerekli olan buharı püskürtmek için buhar enjektörü kullanılmaktadır.

Önemle vurgulanmalıdır ki, maksimum performans, yalnızca doğru uygulanmış kumaş ön terbiyesi ve iyi seçilmiş boya formulasyonları ile sağlanabilmektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Hem küçük, hem de büyük partiler için uygun olan kolay ve ideal bir yöntemdir. Yenileme yatırımı yapan boyahaneler için ekonomik olarak uygulanabilir bir opsiyondur.

Yüksek değişkenlik ve çok farklı kumaşlara uygulanabilirliğine ek olarak, diğer boyama teknikleriyle kıyaslandığında kumaş kalitesinde birçok yarar sağlanmaktadır. Bunlar örneğin [180, Spain, 2001]:

- ılıman fiksaj koşulları sayesinde yumuşak tutum
- hızlı fiksaj ve nem kontrolü sayesinde en aza indirilmiş migrasyon (özellikle havlı kumaşlarda az miktarda boyanın uçlara migrasyonu sayesinde sürtme haslığının iyileşmesinde önemlidir)
- yüksek kumaş sıcaklıklarında var olan nem sayesinde, zor kumaşlarda penatrasyonunun iyileştirilmesi (emdirme-termofiksaj yöntemine nazaran)
- pad-batch veya çektirme yöntemine göre boyamalara kıyasla ölü pamuğun daha iyi boyanması
- PES/viskon ve PES/pamuk karışımlarının tek banyoda çok iyi sonuçlarla boyanmasıdır.

Ekonomiklik

Ağır kumaşlar boyanmadığı sürece, IR – ön kurutucusuna gerek yoktur. Bununla birlikte, otomatik boya mutfağı maliyeti hariç, yeni bir hot-flue için başlangıçtaki yatırım maliyeti 0,75 milyon Euro civarındadır [190, VITO, 2001]. Bu yatırım maliyeti, kimyasal yardımcı madde ve enerji tasarrufları, esneklik, yüksek verimlilik ve çevresel gelişimler (daha az atık hava ve atık su arıtma işlemi) sayesinde kendini geri ödemektedir. Kimyasal yardımcı madde maliyetlerindeki azalma, boyama reçetelerinde sodyumsilikat, sodyumklorür ve üre kullanılmamasından ileri gelmektedir. Birçok durumda, pad-batch gibi diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, boya tüketimi de daha düşük olmaktadır. Bu durum Tablo 4.22'de verilen örnekte gösterilmektedir.

	Pad-batch/sodyum silikat yöntemi	**Tanıtılan yöntem**	**Fark %**
Levafix Yellow CA	15 g/l	13,7 g/l	-8,7
Levafix Red CA	12 g/l	11,6 g/l	-3,3
Levafix Navy CA	10,4 g/l	10,1 g/l	-2,9
Toplam boya	**37,4 g/l**	**35,4 g/l**	**-5,3**
Üre	100 g/l	-	-100
Islatıcı	2 g/l	2 g/l	0
Sodyumsilikat 38 º Be	50 ml/l	-	-100
Sud kostik, % 50'lik (1)	14 ml/l	6 ml/l	-57
Sodyumkarbonat (1)	-	10 g/l	+100
Toplam kimyasal madde	**166 g/l**	**18 g/l**	**-89**
Bekleme süresi	12 saat	2 dakika	
Kaynak: [180,Spain,2001] Not: (1) İşlemdeki değişiklikler (seçilen boylara bağlı olarak) sud kostik ve sodyumkarbonat yerine tamamen sodyumbikarbonat (daha düşük baziklikte) kullanımına izin verebilmektedir.			

Tablo 4.22: Merserize edilmiş % 100 pamuklu dimi kumaşa, 300 g/m, % 75 A_F ile klasik pad-batch yönteminin ve tanıtılan yöntemin uygulanmasının karşılaştırılması

Uzun bekleme sürelerinin ortadan kaldırılması ile verimliliğin artması sayesinde de, klasik pad-batch yöntemine göre önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır. Pad–batch ekipmanları

için makine maliyetlerinin çok daha düşük olmasına rağmen, toplam işlem maliyetleri bakımından bu alternatif yöntemin daha rantabıl olduğu görülmektedir. Ayrıca sanayide önemi artan hızlı hareket edebilme talebi de daha kolaylıkla sağlanabilmektedir. Renk tonunu kontrol için ertesi güne kadar beklemek zorunda olmamak ise, müşteriye daha iyi ve hızlı servis anlamına gelmektedir.

Uygulama için itici güçler

Minimum tüketim, sürdürülebilir temiz teknoloji, pazar payı.

Referans işletmeler

Ticari olarak Econtrol ® adı altında tanıtılan yöntem, Dystar'a ait tescilli bir markadır.

İspanya, Belçika (UCO-Sportswear), İtalya, Portekiz, Çin, Türkiye, Hindistan, Pakistan ve Kore'de Econtrol yöntemi ile çalışan fabrikalar bulunmaktadır.

4.6.14 pH kontrollü boyama teknikleri

Tanımlama

Yün, poliamid ve ipek gibi lifler, zayıf asidik ve zayıf bazik gruplar (örneğin, karboksilik ve amino fonksiyonları) içermektedirler. Tüm proteinlerin türediği ana amino asitler gibi, bu lifler de izoelektrik noktaya yakın pH değerlerinde (yani lifin eşit sayıda protonlanmış bazik ve iyonlaşmış asidik gruplar içerdiği pH'da) zwitter-iyon özelliği göstermektedirler.

İzoelektronik noktanın altındaki pH'larda, karboksilat anyonları protonların adsorbsiyonu ile progresif olarak nötralize olmakta ve lif net pozitif yük kazanmaktadır (bkz. Denklem 1):

(1) H_3N^+— (lif)— COO^- + H^+ = H_3N^+— (lif) — COOH

Tam tersine, pH izoelektrik noktanın üzerine çıktığında, lifler karboksilik asit gruplarının disosiyasyonu (Denklem 2) ve hidroksit iyonlarının veya diğer anyonların adsorbsiyonuyla amino gruplarının proton vermesi sonucu aşağıdaki Denklem 3'de gösterildiği gibi negatif yüklenmektedirler:

(2) H_3N^+— (lif) — COOH + OH^- = H_3N^+—(lif)— COO^- + H_2O

(3) H_3N^+— (lif) — COO^- + OH^- = H_2N— (lif)— COO^- + H_2O

Bu reaksiyonlara bağlı olarak, zwitter-iyon karakteri gösteren lifler, izo-pH'da sıcaklık profilini ayarlamak yerine, izo-sıcaklıkta pH profilini ayarlayarak boyanabilmektedirler.

Boyama prosesi izoelektronik noktanın üzerindeki alkali koşullarda başlamaktadır. Bu pH'larda karboksilik gruplar disosiye olmakta ve anyonik yüklü gruplar anyonik boyaları itmektedirler. Bu durum boyanın liflere adsorpsiyonunu; pH'ı yavaş bir şekilde düşürerek kontrol etmeyi mümkün kılmaktadır.

Yeterince düşük pH'lar, lifteki katyonik yüklerin sayısı arttığında, boya kolombik etkileşimler (elektrostatik çekim kuvvetleri) yoluyla liflere çekilmekte ve böylece termal zorlanmalarla koparılamayan ek bağ kuvvetleri de sağlanmış olmaktadır.

İzo-pH'da, karboksilik grupların bir kısmı nötralize olmakta ve yüksek sıcaklılarda, boya liflerin içerisinde hızla ve minimal enerjiyle hareket edebilmektedir.

Sıcaklık ve pH kontrollü boyamalar arasındaki temel farklılık, sıcaklık kontrollü boyamalarda prosesin, boya banyosunun çekimi ve boyanın termal migrasyonuyla kontrol edilmesine karşılık, pH kontrollü profillerde boyama prosesinin, boyanın iyonik lifler üzerine adsorpsiyonuyla kontrol edilmesidir.

pH profili, boyama prosesi boyunca, ya kuvvetli asit veya baz dozajlanarak veya boyama prosesi boyunca bir tampon sistemi oluşturularak (zayıf bir asit ile bunun konjuge bazının karışımı veya tersi) kontrol edilebilmektedir. Bir tampon sistemi oluşturmak için normal olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntem, kuvvetli baz içeren alkali banyosundan başlayarak zayıf bir asit (örneğin asetikasit) (veya zayıf bir baz içeren banyodan başlayarak kuvvetli asit) dozajlamayı; ikinci yöntem ise pH'ı kaydırmak için asit veya baz donorlarının kullanımını içermektedir (asit donorlarına örnekler, amonyumsülfat ve hidrolize edilebilir organik esterlerdir).

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

İzoterm boyamanın avantajlarından birisi, organik egaliz maddeleri veya retarderların (normal olarak düzgün boyama sağlamak için boya flottesine ilave edilen) kullanımından kaçınılabilmesidir.

pH kontrollü boyamalardaki zaman ve enerji kullanımı, sıcaklık kontrollü proseslerdekinden daha düşüktür. Enerji tasarruf edilmektedir, çünkü boya banyosunun (ve makinesinin) oda sıcaklığından migrasyon sıcaklığına (optimum boyama sıcaklığının üzerine) ısıtılmasına gerek yoktur. Zamandan tasarruf edilmektedir, çünkü ısıtma ve soğutma fazları daha kısadır ve migrasyon prosesi için ekstra zamana gereksinim yoktur.

Bunun ötesinde, bu teknik kullanılmış boya flottelerinin geri kazanımı ve geri dönüşümü için yeni fırsatlar sunmaktadır. pH kontrollü sistem ile, sıcak kullanılmış flotte, yeniden kullanımdan önce soğutulmadan bir sonraki parti için geri kazanılabilmektedir. Bu ise, sıcaklık kontrollü boyama sisteminde mümkün değildir, çünkü bu durumda boyamaya "işlem sıcaklığı" denilen sıcaklıkta başlanılamamakta, zira düzgünsüz boyamayı önlemek için, boyamaya daha düşük bir sıcaklıkta (örneğin, 50 ºC'da) başlanılması gerekmektedir.

İşlemsel veriler

Daha önce de belirtildiği gibi, çektirme yöntemine göre boyamalar sırasında pH kontrolü, boyama makinelerini, asit ve alkaliler için dozaj sistemleriyle donatarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu en iyi ve en etkin yöntemdir, çünkü böylece pH'ı ayarlamak için kullanılan kimyasalların miktarı minimize edilmektedir. Bununla beraber, bu metotla pH profilinin hassas kontrolü zordur, çünkü pH'ın sürekli olarak ölçülmesi ve flottenin tamamıyla homojen olması gerekmektedir. Bu nedenle, bu tekniğin kullanımı, jetler ve modern halı haspelleri gibi materyallerin ve flottenin iyi karıştırıldığı makinelerle sınırlıdır. Ayrıca, eğer bir inorganik asit (örneğin, sülfürik asit) ve alkali kullanılmışsa, suyun geri dönüşümü durumunda boya banyosunun tuz içeriği kabul edilebilir seviyelerin üstüne çıkabilmektedir.

pH ölçüm aletleri kullanımı yerine başka bir teknik de, boyama işlemi sırasında bir pH tamponu oluşturmaktır. Bu durumda, tam içerikli bir sistemde pH ölçümüne gerek kalmamaktadır. Gerçekten de, pH kimyası ve dinamik kütle dengesi, pH'ın önceden tahminini sağlamakta ve daha önemlisi, tutarlı bir şekilde tekrarlanabilen pH profili oluşturulabilmektedir [171, GuT, 2001]. Bu nedenlerle bu teknik, daha pahalı (kimyasalların daha yüksek tüketimi) ve daha fazla kirletici (atıkta daha yüksek organik yük) olmasına rağmen, sektördeki firmalar tarafından daha çok tercih edilmektedir.

Karbonatsızlaştırılmış su kullanımı, özellikle zayıf asit donorları kullanıldığında (işlem suyu karbonatsızlaştırılmamışsa, kullanılan asit flottenin pH'ını ayarlamak yerine CO_2 oluşumunda tüketilecektir), optimal pH kontrolü sağlamak için en iyi yoldur.

Yan etkileşimler

Önerilen tekniğin uygulanmasının önemli bir yan etkileşimi olmadığına inanılmaktadır. Ancak amonyumsülfatın ısıl parçalanması atmosfere amonyak yaymaktadır.

Uygulanabilirlilik

pH kontrollü yöntem, yün, poliamid, ipek, vs. gibi zwitter-iyon karakterine sahip davranışlı liflere uygulanabilmektedir. Bu teknik genellikle tek renk boyama proseslerine uygulanmakta, lif karışımları farklı tonlar elde etmek için boyandıklarında (differantial dyeing) bazı sınırlamalar göstermektedir. Burada, eğer lif tipleri iki veya daha fazla birbirleriyle uyumlu pH-çekim/adsorpsiyon profillerine sahip değillerse, izo-pH'da boyama yapılması tercih edilebilmektedir.

pH kontrollü boyama yöntemlerinin, sadece bazik veya sadece asidik fonksiyonel gruplar içeren lifler için uygulanması daha az yaygındır. Buna rağmen, akrilik liflerinin bazik boyalarla boyanması için de avantajlıdır ve prensipte "nötr pH'da boyanabilen" reaktif boyalarla tüm lif tiplerinde uygulanabilmektedir.

Belirtilen teknik genellikle, kesintili ve kesintisiz halı boyamalarında en değerli teknik olarak kabul edilmekte ve diğer tekstil ürünleri için de örnek oluşturabilmektedir [59, L. Bettens, 2000].

Ekonomiklik

Flottenin önceden programlanmış bir sıcaklık profiline bağlı olarak ısıtılması ve soğutulması gerekmemektedir. Bu sayede işlem süresinden sağlanan tasarruf, bu tekniğin en büyük avantajlarından birisidir.

Zaman ve enerji tasarrufu olarak ek faydalar, kullanılmış sıcak boya flottesi geri kazanıldığında sağlanmaktadır, zira boya flottesi tekrar soğutmaya ve ısıtmaya gerek duyulmadan bir sonraki boyama için tekrar kullanılabilmektedir.

Yatırım maliyetleri, boyama makinesinin dozaj ve pH kontrol üniteleri ile donatılmasına ait olup, oldukça makul seviyelerdedir.

pH kontrolü, tampon sistemleri veya asit/alkali donorları vasıtasıyla yapıldığında ise, yatırım maliyetine gerek kalmamaktadır.

Uygulama için itici güçler

Bu tekniğin uygulanması için temel itici güç, zaman ve enerji tasarrufudur. Bunun ötesinde bu teknik, sıcaklık kontrollü boyama proseslerinde boya flottesi geri dönüşümü için genellikle sınırlı olan potansiyelin artmasını da sağlamaktadır.

Referans işletmeler

Bu teknik 70'li yılların başından beri birçok boyahane tarafından (özellikle halı sektöründe) uygulanmaktadır.

Referans literatür

[171, GuT, 2001], [59, L. Bettens, 2000]

4.6.15 Yün için düşük kromlu ve ultra düşük kromlu sonradan kromlama yöntemleri

Tanımlama

Yünün krom boyalarıyla boyanması, koyu tonların ekonomik bir fiyatla ve mükemmel haslık özellikleriyle elde edilmesinde halâ oldukça önemli bir prosestir.

1995'de, yün boyarmaddeleri için dünya pazarı, Avrupa'da olduğundan daha yüksek bir yüzdesi Asya'da, özellikle Çin ve Japonya'da olmak üzere, yaklaşık 24000 t idi. Krom boyaları global pazarın yaklaşık % 30'unu temsil etmektedirler. Siyah tonlar % 50-60'ı, lacivert % 25-30'u ve geri kalan % 10-25'i kahverengi, bordo veya yeşil gibi spesifik renkler için olmak üzere, özellikle koyu tonlar için kullanılmaktadırlar [179, UBA, 2001].

Sonradan kromlama yöntemi (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.4 ve 9.6) günümüzde krom boyalarının aplikasyonu için en yaygın kullanılan tekniktir ve mordan olarak dünyaca kullanılan metal de kromdur (örneğin, sodyum ve potasyumdikromat). Krom boyaların aplikasyonunda uygunsuz kromlama metotları, kullanılmış boya flotteleriyle deşarj edilen krom yüküne yol açabilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1 "oksidasyon maddeleri"). Nihai atık sulardaki artık krom miktarını minimize etmek için, düşük krom (stokiyometrik) ve ultra düşük (substokiyometrik) krom boyama tekniklerine günümüzde oldukça önem verilmektedir, bu yöntemlerde liflerde boya kompleksini oluşturmak için gerekli olan kadar en az miktarda dikromat dozajlanmaktadır.

Son 10-15 yıldır, *düşük krom* boyama teknolojisi artan bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metot, dikkatli pH kontrolüyle (3,5-3,8) birlikte, kromun stokiyometrik dozajını (lif ağırlığı bazında maksimum % 1,5'e kadar) ve CrVI'nın CrIII'e dönüşümüne yardımcı olan ve bu iyonların lif üzerine çekimini sağlayan indirgen maddenin isteğe bağlı ilavesini içermektedir [191, VITO, 2001].

Tüm büyük krom boya üreticileri, krom ilaveleri ve boyama tekniklerine ilişkin genel kabul görmüş bilgiler yayınlamıştır (örneğin, Bayer, Ciba-Geigy, Sandoz).

Düşük krom tekniklerinin kullanımıyla, kullanılmış krom flottesindeki artık CrIII miktarını 200 mg/l'den (klasik yöntem için tipik bir durum) pratik işletme koşullarında 5 mg/l'ye indirgemek mümkündür. Artık CrVI'nın neredeyse tamamı elimine edilmektedir. Laboratuvarda, daha düşük CrIII konsantrasyonları da (yaklaşık 1 mg/l) elde edilebilmektedir. Ancak literatürde bu tür sonuçların rapor edilmiş olmasına rağmen, benzer değerler pratikte düzenli olarak elde edilememektedir [191, VITO, 2001].

Ultra düşük kromlama teknikleri, daha düşük krom artığı seviyeleri elde etmek için veya düşük kromlama tekniklerine göre boyamaların kullanılmış kromlama flottelerinde, 5 mg/l'nin altındaki artık krom seviyelerinin garanti edilemediği durumlarda (örneğin, koyu tonlarda boyanması gereken yünlülerde) kullanılmaktadırlar. Bu yöntemde, liflerin boya alımına dayalı olarak, substokiyometrik miktarlarda krom dozajlanmaktadır.

Ultra düşük kromlama teknikleriyle, düşük krom yöntemine kıyasla, boya flottesinin maksimum çekimini sağlamak için ek önlemler uygulanmaktadır. Eğer boya flottesinin çekimi kromlamadan önce tamamlanmamışsa, flottedeki artık boya da kromlanarak flottede kalmakta ve böylece deşarj edilen kroma ilave olmaktadır. Maksimum boya çekiminin sağlanması ile, bu kaynaktan gelen kirlilik azaltılabilmekte ve ayrıca maksimum haslık performansları elde edilebilmektedir. Boya flottesinin çekimi, boya flottesi pH'ının

yeterince düşük olması sağlanarak veya Bayer'in gösterdiği gibi, boyama aşamasının sonunda, boya flottesinin 80-90 ºC'a soğutulmasına izin vererek, arttırılabilmektedir. Optimum sonuçlar, boya flottesi boşaltıldıktan sonra kromlama için yeni bir banyo hazırlanması ile elde edilmektedir [191, VITO, 2001].

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Dikromat miktarlarının tam olarak hesaplandığı ve özel işlem şartlarının uygulandığı yöntemler, atık sulardaki krom miktarının azaltılmasıyla sonuçlanmaktadır.

1 kg yünün işlem görmesi için 50 mg'lık bir krom emisyon faktörü sağlanabilmektedir ki, bu da 1:10 flotte oranında çalışıldığında, kullanılmış kromlama banyosunda 5 mg/l krom konsantrasyonuna tekabül etmektedir [191, VITO, 2001].

İşlemsel veriler

Doğru dozajlamayı ve tehlikeli kimyasalların operatör tarafından minimum kullanımını sağlamak amacıyla, düşük kromlama/(ultra-düşük kromlama) tekniklerinin uygulanması, dikromat, boyalar ve pH-kontrolü için otomatik dozajlama ve dağıtım sistemlerinin kullanımını gerektirmektedir. Gerekli dikromat miktarı, boyama makinesine direkt olarak borular vasıtasıyla (herhangi bir insan teması, manuel transfer, ya da kayıp olmaksızın) beslenmektedir. Sistem, dağıtılan miktarların hacimsel kontrolünü sağlayan kontrol cihazlarıyla donatılmıştır ve normal işlemsel parametrelerin ihlal edildiği durumlarda, bütün sistem acil moduna geçirmektedir [161, Comm., 2001].

Buna ilaveten, dikromatın depolanması için de özel güvenlik önlemlerinin alınması tavsiye edilmektedir. Dökülebilecek dikromatın etrafa yayılmasını önlemek ve diğer kimyasallarla etkileşimini (dökülme durumunda) engellemek amacıyla, sodyumdikromat konteynırlarının izole edilmiş alanlarda depolanmaları gerekmektedir.

Maksimum kromlama etkisi elde etmek için, kromlama banyosunda krom/boya etkileşimini engelleyecek herhangi bir kimyasalın bulunmamasını sağlamak gerekmektedir. Bu etkiye, iki temel kimyasal madde sınıfı sahip olabilmektedir. İlk sınıf, kromla çözünebilen kompleksler oluşturabilen ve böylece banyodaki metali çözelti içersinde tutarak atık su yüküne eklenmesini sağlayan bütün kimyasal maddeleri içermektedir. Bu ürünlere örnek olarak, iyon tutucular (kompleks oluşturucular) ve sitrik asit gibi polikarboksilli asitler verilebilmektedir. İkinci sınıf bileşikler ise, dikromat anyonunun çekimini engelleyen bileşiklerdir ve bunların en bilinen örneği, sülfat anyonlarıdır. Bu nedenle, özel Bayer metodunda belirtilen işlem haricinde, sodyumsülfat ve sülfirik asidin kullanımından kaçınmak gerekmektedir [191, VITO, 2001].

Boya flottesine, herhangi bir indirgen madde ilave edilmese bile, yünden gelen indirgen maddeler CrVI iyonlarının tamamına yakın bir kısmını CrIII iyonlarına dönüştürmektedirler. Ancak bunun bir istisnası bulunmaktadır, o da oksidatif çekmezlik işlemine tabi tutulmuş yünlülerde, yün molekülleri önceden okside olduklarından, bunların indirgeme potansiyelleri daha düşük olmaktadır.

Yan etkileşimler

Klasik yöntem referans olarak alındığında, üzerinde durulması gereken herhangi bir yan etkileşim söz konusu değildir.

1) Cr(VI)'nın Cr(III)'e indirgenmesini içeren özel aplikasyon yöntemleri uygulandığında; 2) krom iyonlarının lif içerisinde karboksil grupları ile kompleks oluşturmaları desteklendiğinde; 3) durulamalar nedeniyle atık sular daha da seyreltikleştiklerinde bile, toplam krom boyama atık suyundaki (boya flottesi+duruluma suyu) krom seviyesini, 300

mg/l'den 1 mg/l'ye düşürmek için halâ ciddi zorlukların söz konusu olduğunun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenledir ki, sonradan krom boyarmaddelerinin geleceği sorgulanmaktadır [188, VITO, 2001].

Ultra-düşük kromlama tekniğinde olduğu gibi, kromlama için yeni bir banyo hazırlanıyorsa, bunun ek su tüketimi hesaba katılmalıdır [280, Germany, 2002].

Uygulanabilirlik

Düşük kromlama tekniklerinin uygulanması ucuz ve kolay olup, yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Dikromat ilavelerinin optimize edilmiş seviyeleri, özel kromlama şartları altında, boyanın tam ve düzgün kromlanmasını sağlamaktadır. Bu da, liflerin oksidasyonunu ve çapraz bağlanmasını en aza indirmekte ve bu sayede liflerin zarar görmesini de azaltmaktadır.

Bununla birlikte, gerekenden daha düşük miktarlarda dikromat kullanımının, nüansların istenilen tekrar edilebilirliğini olumsuz olarak etkileyebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır [280, Germany, 2002].

Ekonomiklik

Otomatik dozajlama/dağıtım sistemlerinin kullanılmasının, hassas bir dozajlamanın sağlanması sayesinde, uzun dönemde kimyasal madde tüketiminde tasarruflar sağlayabileceği genel bir görüş olarak kabul görmektedir, ancak bu konu ile ilgili nicel veriler elde edilememiştir [161, Comm., 2001].

İndirgen madde ilavesi, daha uzun boyama süreleri nedeniyle maliyetleri arttırmakta ve verimliliğin düşmesine neden olmaktadır [161, Comm., 2001]. Ultra-düşük kromlama tekniklerinde ihtiyaç duyulduğu gibi, kromlama adımı için yeni bir banyo hazırlanmasında da aynı durum geçerli olmaktadır [280, Germany, 2002].

Uygulama için itici güçler

Kanunlar ve yönetmeliklerin getirdiği baskılar ve güvenlik gereksinimleri, bu tekniğin kullanımı için temel itici güçleri oluşturmaktadır. Birçok girişimin, kromlama boyalarının kullanımını engellediği de unutulmamalıdır (OSPAR, GuT, EU-Ecolabel, vs.). Bu nedenle krom boyalarını kullanmak zorunda olmayan işletmeler için, krom içermeyen boyamalar gün geçtikçe daha çekici hale gelmektedirler.

Referans işletmeler

Avrupa'daki bir çok işletme.

Referans literatür

[51, OSPAR, 1994] P091, [161, Comm., 2001], [188, VITO, 2001], [179, UBA, 2001], [191, VITO, 2001].

4.6.16 Yünün kromsuz boyanması

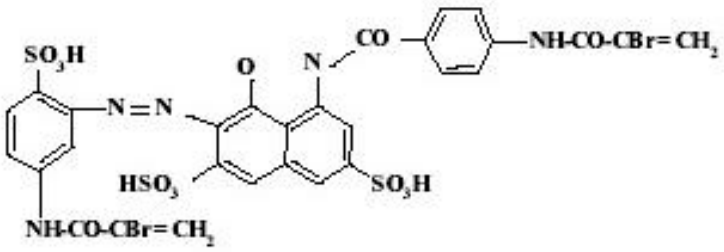
Tanımlama

Yünün krom boyalarıyla boyanmasında, sodyum (veya potasyum) dikromatın mordanlama maddesi olarak kullanımıyla ilgili endişeler, daha önce Bölüm 2.7.8.1'de ("oksidasyon maddeleri") tartışılmıştır. Düşük krom miktarlarıyla boyama teknikleri (bkz. Bölüm 4.6.15), bu yöntemin etkinliğinin gelişmesine önemli ölçüde olanak sağlamakta, fakat atık suda ve çamurda serbest krom bulunmasını engelleyememektedir.

Ayrıca, pek çok girişim, krom mordan boyalarının kullanımına engel oluşturmamaktadırlar (örneğin, OSPAR, GuT, EU-Ecolabel).

Yakın zamana kadar, mükemmel yaş haslıklar sağlamaları nedeniyle belirli bazı yün tiplerinde, özellikle koyu ton boyamalarda, krom boyası kullanımının kaçınılmaz olduğu düşünülmekteydi. Kısa bir süre önce, koyu ton boyamalarda bile krom boyalarıyla kıyaslanabilir düzeyde haslıklar sağlayabilen yeni reaktif boyarmaddeler piyasaya sunulmuştur.

Bu yeni renklendiriciler, genellikle bromakrilamid veya vinilsülfon reaktif grupları içeren bifonksiyonel reaktif boyarmaddelerdir. Bromakrilamid tipindeki tipik bir bifonksiyonel reaktif boyarmaddenin yapısı Şekil 4.20'de gösterilmektedir. Boya gamı, trikromi sistemi için temel renkler olarak Yellow CE (veya Golden Yellow CE), Red CE ve Blue CE'nin ve yüksek haslıkta lacivert ve siyahlar için de Navy CE ve Black CE'nin kullanılması esasına dayanmaktadır.



Şekil 4.20: Yün için, bromakrilamid tipindeki tipik bir bifonksiyonel reaktif boyarmaddenin yapısı

Aşağıdaki iki tabloda, piyasada bulunabilen altı farklı reaktif boyarmadde ve bunlarla ilgili yardımcı kimyasal maddeler, bunların temin edilebilen ekolojik özellik ve içeriklerine ait ilgili detaylarla birlikte gösterilmektedir.

Ticari Adı	Kimyasal karakteri (tüm boyarmaddeler toz formundadır)	Tehlike sembolü	Biyolojik parçalanma/biyolojik eliminasyon (%), test metodu	özgül KOİ (mg O_2/g)	özgül $BOİ_5$ (mg O_2/g)	Ağır metaller (mg/g)	Organik halojenler (mg/g)	Azot (mg/g)
Lanasol Yellow CE	Azo boyarmaddeleri karşımı	Xn	40-50, OECD 303A	790	55		65	39
Lanasol Golden Yellow CE	Azo boyarmaddesi	Xi	<10, OECD 302B	909	0		<1	10
Lanasol REd CE	Azo boyarmaddeleri karşımı	Xi	<10, OECD 302B	700	0		<1	56
Lanasol Blue CE	Azo ve antrakinon boyarmaddeleri karışımı (reactive black 5 içerir)	Xn	40-50, OECD 303A	928	329		<1	36
Lanasol Navy CE	Azo boyarmaddeleri karışımı (reactive black 5 içerir)	Xn	20-30, OECD 302B	1032	57		<1	64
Lanasol Black CE	Azo boyarmaddeleri karışımı (reactive black 5 içerir)	Xn	20-30, OECD 303A	800	0			96
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 4.23: Yün için altı adet ticari reaktif boyarmaddenin ekolojik ve içerik bilgileri

Ticari Adı	Kimyasal karakteri	Tehlike sembolü	Biyolojik parçalanma/biyolojik eliminasyon (%), test metodu	özgül KOİ (mg O_2/g)	özgül BOI_5 (mg O_2/g)	Ağır metaller (mg/g)	Organik halojenler (mg/g)	Azot (mg/g)
Cibaflow CIR	Alkilpolialkilen glikoleter ve ester içeren anyonik hava uzaklaştırma maddesi	Xi	80-90, OECD 302B	410	135			
Albegal B	Amfoterik hidroksietillenmiş yağ asit amin türevi	Xi	60-70, OECD 302B	1025	0			33
Kaynak: [179, UBA, 2001]								

Tablo 4.24: "Lanasol Boyaları" ile kullanılan 2 yardımcı kimyasal maddenin ekolojik ve içerik bilgileri

Boya formülasyonlarının farklı miktarlarda yardımcı kimyasal maddeler de (örneğin, tozumayı önleyici maddeler), içerdiklerini ve bunların boyama sonrası boşaltılan flotte içerisinde kaldıklarını da belirtmek gerekmektedir.

Esas olarak boya formulasyonu bileşenleri ve işlemde kullanılan yardımcı kimyasalların desteği ile günümüzde sağlanan yüksek fiksaj oranları sayesinde atık boya miktarı, boyama işlemine ait toplam KOİ miktarının çok az bir kısmını oluşturmaktadır.

Bu yeni reaktif boyaların genel özellikleri Tablo 4.25'de, krom boyalarıyla kıyaslanarak özetlenmektedir.

	Krom boyarmaddeleri	**Reaktif boyarmaddeler**
Fiksaj mekanizması	krom ile kompleks oluşturan küçük asit boyası molekülleri	kovalent kimyasal bağ
Boya fiksaj oranı	▪ klasik kromlama boyaları: % 83 (1) ▪ optimize edilmiş kromlama boyaları:<% 99 (1)	optimize edilmiş reaktif boyarmaddeler: <95%(1)
Formülasyonları	siyah renk eldesi için sadece bir kromofor	siyah renk eldesi için boyaların kombinasyonu gerekli
Egalize özellikleri	iyi egalize özellikleri	egalize özellikleri boya yardımcı kimyasallarına ve ayıraçların kombinasyonuna bağlıdır. (yardımcı kimyasal maddeler olmaksızın egalize zordur)
Haslık özellikleri	yüksek standartta haslıklar	haslık performansları kromlama boyalarıyla kıyaslanabilir
Aynen tekrarlanabilirlik	Nüanslama zor	çok iyi
Boyama yöntemi	iki adımlı boyama yöntemi (boyama ve kromlama)	tek adımda boyama yöntemi (fakat koyu tonlar için ard işlem gerekli)

Kaynak: [179, UBA, 2001], [191, VITO, 2001]
Notlar:
(1) fikse olmamış boya: metal kompleks boyaları : % 3-7 (“Entec”ve “Ciba”); 1:2 metal kompleks boyaları: % 2-5(“Ciba”); Krom boyaları: % 1-2 (“Entec”); reaktif boyalar: % 7-20(“Entec”), % 5-15 (“Ciba”)

Tablo 4.25: Yün boyamacılığında kullanılan kromlama boyaları ve reaktif boyaların özelliklerinin karşılaştırmalı analizleri

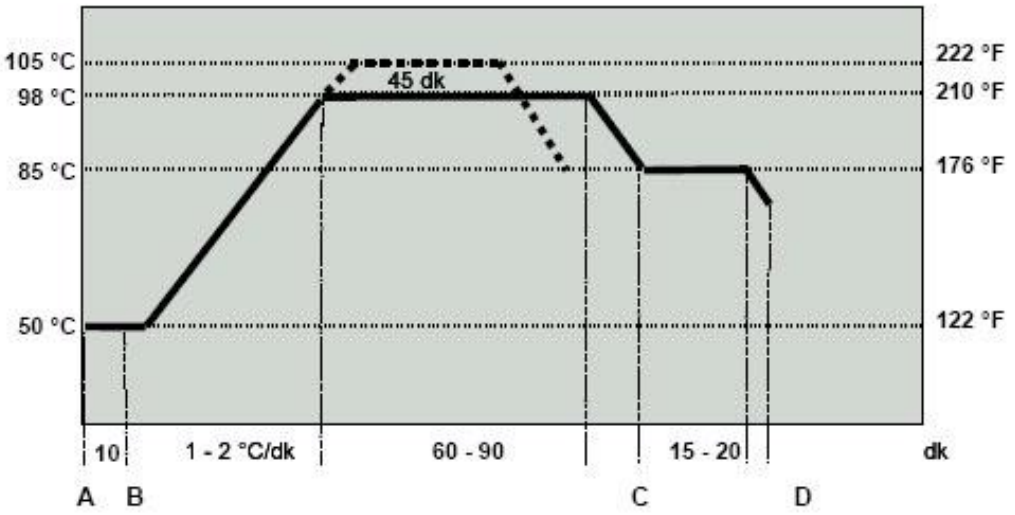
Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Reaktif boyarmaddelerin kullanımına geçişle, kanserojen etkisi ve kronik toksik özellikleri nedeniyle özel güvenlik önlemleri gerektiren altı değerlikli kromla uğraşmaktan kurtulunabilir.

Atık sularla ilgili olarak, sadece şelat yapısında değil, aynı zamanda çoğunlukla serbest metal olarak da bulunabilen kromun varlığı engellenmiş olmaktadır. Bu açıdan, krom boyaları kullanmadan boyamayı kabul eden boyahanelerin metal kompleks boyalarını kullanmaya devam edebilecekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim, metal kompleks boyalarında, kromlama işlemi sonrası serbest kalan aynı miktardaki kroma göre daha az riskli olan şelat formunda metal bulunmaktadır (bkz. Bölüm 2.7.8.1-“Ağır metal emisyonları”).

İşlemsel veriler

Boyama sürelerinin, reaktif boyalarla boyamadaki durulamalar nedeniyle daha uzun (krom boyalarının 2 saat 30 dakikalık standart boyama süresinden yaklaşık 1 saat daha uzun) olduğu belirtilmektedir [163, Comm., 2001]. Ancak bu teknik hızla gelişmekte olup, endüstriyel tecrübeler, birçok durumda 105 ºC’da boyama yapmanın mümkün olduğunu ve ard yıkama işlemlerinin, yaş haslıkları düşürmeksizin boyama banyosunda yapılabileceğini göstermektedir (bkz. Şekil 4.21’deki boyama eğrisi) [280, Germany, 2002]. Sonuç olarak su ve enerji tüketimi düşürülebilmektedir.



A 0,5 g/l CIBAFLOW CIR
% 0 - 5 Galuber tuzu
% 1 - 2 ALBEGAL B
% x asetik asit %80 ve/veya formik asit
pH 6 - 4,5
B % y LANASOL CE boyaları
C % z amonyak veya soda / ph 8,5
D Sıcak ve soğuk durulama
Son durulama banyosunda %1 formik asitle (%80'lik) asitleme

- İplik ve parça boyama için 70°C'da 15dk bekletme tavsiye edilmektedir
- Çekmeye dayanıklı yün için, başlangıç sıcaklığının 30°C olması ve 60°C'da 15dk bekletme önerilmektedir.

Şekil 4.21: Yünün reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyanma eğrisi

Yan etkileşimler

Renge, biyolojik olarak parçalanmayan egaliz maddelerinden gelen organik yüke ve AOX'a dikkat edilmelidir.

Reaktif boyarmaddeler, krom boyalarına göre daha yüksek derecede renkli atık oluşturmaktadırlar. Bu durum, bu renklendiricilerin yüksek renk kuvvetlerinin bir sonucudur. Nicel olarak aynı koyuluktaki boyama için ise, boşaltılan boyarmadde miktarı, klasik boyarmaddelerle aynı seviyede hatta daha az olabilmektedir [61, L. Bettens, 1999]. Avrupa Birliği araştırmaları, atık boyarmaddelerin yok edilmesi için etkili ve ekonomik olarak uygulanabilir yöntemlerin (İleri Termal Fenton ETF & İleri Foto Fenton EPF reaksiyonları) mevcut olduğunu göstermektedir [191, VITO, 2001].

Boyama işlemi ile oluşan organik yükün objektif olarak değerlendirilmesi için, boya içeriğinin ve boya formülasyonunu oluşturan diğer maddelerle, boyamada kullanılan yardımcı maddelerin kimyasal oksijen ihtiyaçlarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Boyarmaddenin kendisinin, nispeten yüksek fiksaj oranı sayesinde, nihai atık suyun organik yüklenmesinde çok az etkisi olmaktadır. Diğer yandan, boya flottesine ilave edilen egaliz maddelerinin oluşturduğu organik yük, toplam dengeyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bunlar, biyolojik olarak çok az parçalanabilen ve sadece % 60-70 oranında biyolojik olarak elimine edilebilen yağ aminetoksilatlardır. Bu bileşikler yüne karşı afiniteye sahip olduklarından, aplike edilen miktarın % 50'sinin kumaş üzerinde kalacağı ve kalan % 50'nin atık suda veya çamurda bulunabileceği (başka ortama transfer edileceği) tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, serbest radikallerle bozuşturma metotları

uygulanmadığı takdirde, lif ağırlığı bazında %1 (10 g/kg lif) gibi en düşük aplikasyon seviyelerinde bile, egaliz maddesinden atık suya bırakılan KOİ miktarı 1,5 g/kg (10g/kg x 0,5 x 0,3 x 1025 mg KOİ/g) olacaktır.

pH kontrollu boyama yapılması (reaksiyon oluşumu düşük iken asidik koşullarda başlama ve kaynama sıcaklığına ulaşılır ulaşılmaz alkali pH'a geçme), daha düşük çevresel etkiye yol açan (egalize maddesine gerek kalmamaktadır) optimum boya çekimi sağlamaktadır. Asidik flotteyi alkali ile nötralize etmek (düzgünsüz sonuçlara yol açabilecek) yerine, alkali sağlayıcı olarak bir pH tamponu kullanılabilmektedir. Bununla birlikte, bu bileşiklerin de zararları ve muhtemel zararlı ürünlerin oluşumu bakımından değerlendirilmeleri gerektirmektedir.

Reaktif boyarmaddelerin organik bağlı halojenler içerebilmesi, özellikle AOX'un çevre kanun ve yönetmelikleriyle düzenlenen bir parametre olduğu ülkelerde, çevresel sorun olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber, reaktif boyaların kullanılması durumunda, atık sularda bulunan AOX, bir haloform reaksiyonunun sonucu değildir ve bu nedenle çevre için daha düşük seviyede risk oluşturmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1, "AOX").

Çoğu lacivert ve siyah boyarmaddelerin (krom boyalarının en fazla kullanıldığı renk bölgesi), "AOX" içermediğine de dikkat edilmelidir [280, Germany, 2002].

Sonuçta su ve enerji tüketimi: reaktif boyarmaddelerle boyamada, boyama sonrası fikse olmamış boyayı uzaklaştırmak için 80 ºC civarındaki sıcaklıklarda iki durulama adımı gerçekleştirilmektedir. Bu da su (yaklaşık % 30 daha fazla [280, Germany, 2002]) ve enerji tüketimini arttırmaktadır.

Fakat daha önceden de belirtildiği gibi, son endüstriyel deneyimler, çoğu durumda ard-yıkama işlemlerinin direkt olarak kullanılmış boya banyosunda yapılabileceğini ve böylelikle su ve enerji tasarrufu (25 l/kg civarında özgül su tüketimi değerleri bildirilmektedir) sağlanabileceğini göstermektedir [280, Germany, 2002].

Uygulanabilirlik

Bu bölümde tanıtılan reaktif boyarmaddeler, yün ve poliamid için uygundurlar ve her çeşit mala ve her tip boyama makinesinde uygulanabilmektedirler.

Haslık özellikleri çok iyi ve krom boyalarıyla elde edilenlerle karşılaştırılabilecek/eş değer seviyelerde olabilmektedirler. Yine de, bazı nedenlerden dolayı krom boyaları yerine reaktif boyaların kullanılmasının önemi yavaş bir şekilde artmaktadır:

- boya ustalarının hepsi, iki farklı sınıf boyarmadde ile işlem görmüş yünlü mamullerin, özellikle haslık değerleri açısından nihai kalite standartlarını tutturdukları konusunda hem fikir değildirler. Bazı terbiyeciler halâ, üstüne boyama için talep edilen haslık değerlerini garanti edebilen tek boya sınıfının krom boyaları olduğuna inanmaktadır
- aynı renk tonunu yakalamak mümkün olmamaktadır (metameri) ve krom boyaları yerine reaktif boyalar kullanıldığında çok az farklılıktaki bir ürün elde edilebilmektedir
- özellikle fason boyahaneler için reaktif boyarmaddelere geçiş zor olmaktadır, çünkü müşteriler genelde belirli sınıf boyarmaddelerin kullanılmasını istemektedirler
- boya ustaları yeni tekniklere adapte olmayı zor bulmaktadırlar, çünkü iyi oturmuş bir prosedürde radikal değişiklikler yapmaları gerekmektedir.
- reaktif boyalarla boyamanın krom boyalarıyla boyamaya göre pahalı olduğu iddia edilmektedir.

Ekonomiklik

UBA, tüm proses maliyetleri hesaba katıldığında, maliyetlerin krom metoduyla kıyaslanabilir seviyelerde olduğunu belirtmektedir [179, UBA, 2001].

Diğer taraftan CRAB-İtalya'ya göre reaktif boyalarla boyama, kromlama boyalarıyla boyamaya göre daha pahalıdır [163, Comm., 2002]. Krom boyalarından reaktif boyalara geçişle ilgili ekonomik hususlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Madde	Ek giderler	Önlenen giderler	Açıklamalar
Boyarmadde ve yardımcı kimyasallar	Reaktif boyaların daha yüksek fiyatları ve daha yüksek olan tüketimleri nedeniyle, CRAB-İtalya, reçete maliyetlerinin %30 (0,25 Euro/kg) arttığını belirtmektedir [163, Comm., 2001]		Bu durumu desteklemek için komple bir maliyet karşılaştırması yapılmasına ihtiyaç vardır
Su	Durulama adımlarındaki tüketimin artması nedeniyle su giderleri artmaktadır (Krom boyalarından % 30 daha fazla) [163, Comm., 2001]		Kromlama için su kullanımı 25-35 l/kg'dır (örme kumaş), fakat tops, iplik, yapaklar için daha düşüktür. Yarı kamgarn yün ipliğinin metal kompleks boyalarla boyanması için ykl. 25 l/kg'dır. Ayrı banyoda durulama yapılması durumunda, muhtemelen reaktif boyamada daha fazla miktarda suya ihtiyaç duyulmaktadır
Isı enerjisi	Durulama adımlarındaki daha yüksek tüketim nedeniyle, enerji giderleri artmaktadır (Krom boyalarına nazaran 3-5 MJ/kg daha fazla olduğu tahmin edilmektedir) [163, Comm., 2001]		Değerlendirme aşağıdaki verilere dayalı olarak yapılmıştır: - iki durulama adımı - 1:10 flotte oranı - su 20 ºC'dan 80 ºC'a kadar ısıtılacak (4,2 kJ/l ºC)
Atık su arıtılması	Artan renk seviyesi nedeniyle nihai atık su karışımına uygulanan ozonlama reaksiyonunda daha yüksek enerji giderleri [163, Comm., 2001]		AB araştırmaları ayrı bir hatta toplanan atık sudaki atık boyarmaddenin yokedilemesi için daha etkili ve daha ucuz yöntemlerin (ETF&EPF) olabileceğini göstermiştir. [191, VITO, 2001]
Atık uzaklaştırma		Atık içerisinde krom bulunmamasının sağladığı tasarruf	
Kaynak: [163, Comm., 2001] ve [191, VITO, 2001]'e göre düşünceler			

Tablo 4.26: Krom boyalarından reaktif boyalara geçişle ilgili ekonomik hususların değerlendirilmesi

Uygulama için itici güçler

İtici güç olarak ekonomik nedenler düşünülmemektedir. Krom boyalarının ikamesi için kanunlarla ve yönetmeliklerle oluşturulan baskı ve güvenlik gerekçeleri daha önemli bir rol oynamaktadır.

Başlangıçta da belirtildiği gibi, krom boyalarının kullanımı Avrupa seviyesindeki çeşitli girişimler tarafından da engellenmektedir (örneğin halılar için GuT etiketi, tekstil ürünleri için Ecoetiketi, vs.). Örneğin GuT üyeleri, yün halılarda bundan böyle krom boyalarının kullanılmaması konusunda anlaşmışlardır ve European Eco-Etiketi kriterleri tekstil ürünleri için de aynı uygulamayı benimsemektedir.

GuT ve AB etiketlemeleri, metal kompleks boyarmaddelerinin kullanımını dışlamamaktadırlar. OSPAR, krom boyalarına olan ihtiyacı kabullenmekte, fakat atık krom miktarını en aza indirmek için katı sınırlamalar önermektedir.

Referans işletmeler

Reaktif boyalar yaklaşık 15 yıldır piyasada bulunmaktadırlar ve şimdi dünya genelinde ve Avrupa'da pek çok terbiye işletmesinde başarıyla kullanılmaktadırlar.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [163, Comm., 2001], [61, L.Bettens, 1999], [59, L.Bettens, 2000], [51, OSPAR, 1994].

4.6.17 Yünün metal kompleks boyarmaddeleriyle boyanmasında emisyonun düşürülmesi

Tanımlama

Yapak ve taranmış topsların boyanması halâ, sık bir şekilde sonradan kromlama veya metal kompleks boyarmaddeleri kullanılarak yapılmaktadır. Birçok durumda, sonradan kromlama boyarmaddelerinin yerine metal içermeyen reaktif boyarmaddeler kullanılabilmektedir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda bir diğer alternatif de, optimum koşullarda (özellikle pH kontrolü) metal kompleks boyalarını kullanmaktadır.

1:2 metal kompleks boyarmaddelerinin kullanılması durumunda boyama işlemi:
- özel bir yardımcı madde (liflere ve boyarmaddeye yüksek afiniteli farklı yağ alkol etoksilatların karışımı) kullanarak
- asetik asit yerine formik asit kullanarak

geliştirilebilmektedir.

İyi bilinen optimize edilmiş yöntem, bir boyarmadde ve tekstil yardımcı maddeleri üreticisi kuruluş tarafından 1992'de geliştirilmiş olan "*Lanaset TOP yöntemi*" dir.

pH kontrolü ve çeşitli yağ alkol etoksilatların bir karışımının kullanımı, boyama süresini konvansiyonel yönteme kıyasla önemli ölçüde düşürmektedir. Buna ek olarak, lifler tarafından boyarmadde alınma oranının % 100'e yaklaşması, duran banyoda boyama yapılmasını da kolaylaştırmaktadır [179, UBA, 2001].

Çevresel avantajlarına ek olarak yöntem, çok yüksek haslık özelliklerine sahip aynen tekrarlanabilen boyamalar sağlamaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Yüksek çekim ve fikse oranları sayesinde, atık banyoda kalan boya miktarı azalmaktadır ve bu da atık suyun krom içeriği ile iyi bir korelasyon göstermektedir. Lacivert renk (örneğin, koyu bir renk) için bir laboratuvar testinde, atık boya flottesinde kalan krom seviyesi 0,1 mg/l'ye kadar düşmüştür. Bunun gibi düşük değerlerin sağlanabileceği onaylanmıştır. Ancak yine de firmalardaki günlük uygulamalar düşünüldüğünde, 1 mg/l gibi daha yüksek değerler, daha gerçekçi olarak değerlendirilmektedirler. 1:10 flotte oranında çalışıldığında atık boya flottesinde kalan 1-2 mg/l kroma karşılık gelen, 10-20 mg/kg boyanan yün civarındaki emisyon faktörleri sağlanabilmektedir [320, Comm., 2002].

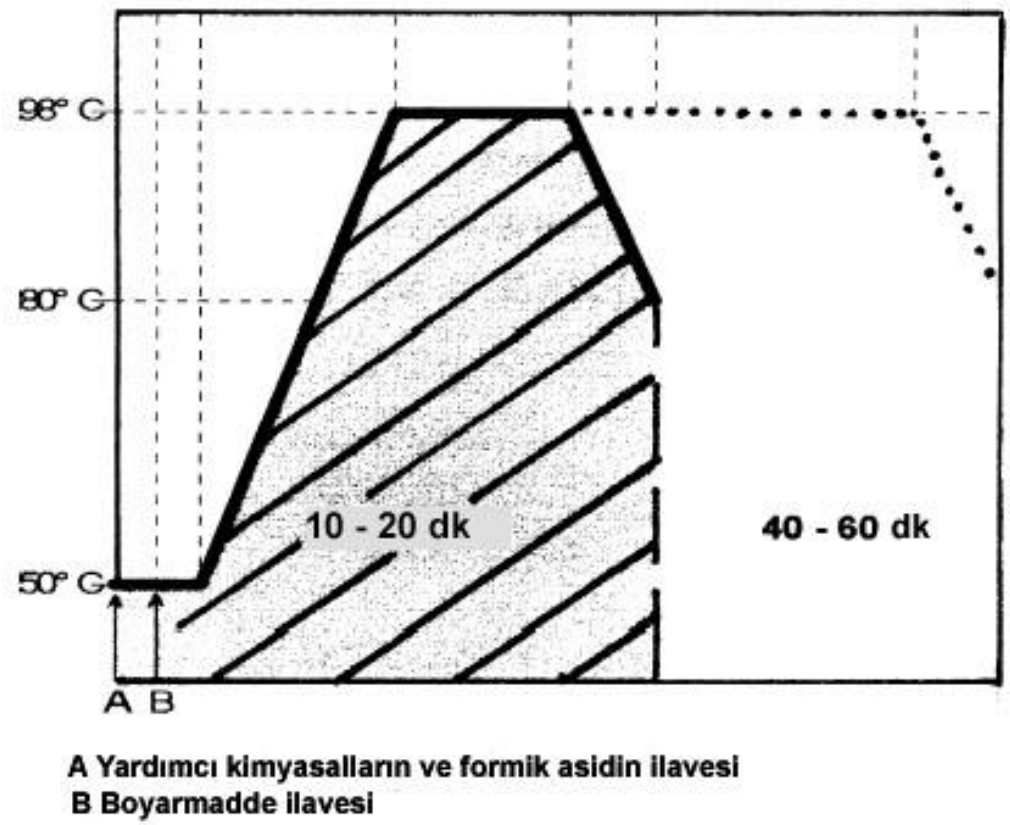
Düşük konsantrasyon seviyeleri ise, krom birikiminden dolayı oluşabilecek negatif etkiler/sınırlamalar olmaksızın, duran banyoda boyama yapılmasına olanak sağlamaktadırlar.

Asetik asit (özgül KOİ 1067 mg/g'dır) yerine formik asitin (özgül KOİ 235 mg/g'dır ve asetik asitten daha kuvvetli bir asittir) kullanılması, atık sudaki KOİ yükünün düşürülmesine katkıda bulunmaktadır.

Bir başka kazanç da, boyama süresinin düşürülmesiyle sağlanmaktadır. Bu tekniğin uygulanması durumunda, kaynar boyama süresinin kovansiyonel yöntemdekinin 1/3'üne kadar kısaltılması sonucu hem zaman, hem de enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

İşlemsel veriler

Şekil 4.22, optimize edilmiş yöntemin (Lanaset TOP yöntemi) ve konvansiyonel yöntemin boyama eğrilerini göstermektedir.



Şekil 4.22: Yapak ve taranmış tops boyanması: Konvansiyonel yöntem (nokta nokta) ile optimize edilmiş yöntemin (Lanaset TOP yönteminin) (düz çizgi) boyama eğrilerinin karşılaştırması

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Yöntem, yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilmektedir. Daha ziyade, halâ bir yılda boyanan tüm yünün yaklaşık yarısını oluşturan yapak ve taranmış topsların boyanmasında uygulanmaktadır.

Ekonomiklik

Daha kısa işlem süresi ve daha az durulama suyu sayesinde tasarruf sağlanmaktadır.

Uygulama için itici güçler

Bu tekniğin uygulanması için temel itici güçler, verimliliği arttırmak ve atık sulardaki krom miktarını düşürmek amacıyla çevre yasalarının getirdiği taleplerdir.

Referans işletmeler

Yöntem, dünya genelindeki birçok boyahanede başarıyla uygulamaya konulmuştur.

Referans literatür

[179, UBA, 2001]

4.6.18 Lipozomların yün boyamacılığında yardımcı madde olarak kullanılması

Tanımlama

Yünün asit boyarmaddeleriyle boyanmasında yardımcı madde olarak lipozomların kullanılması, 80 °C'da 40dakika içerisinde iyi bir boya banyosu çekimi sağlamaktadır. Bunun avantajları:

- yün liflerinde daha düşük yüzeysel hasar oluşumu (düşük işlem sıcaklığı sayesinde kumaşın tuşesi daha yumuşak olmaktadır)
- enerji tasarrufu
- elektrolit kullanılmaması
- atık suda daha düşük KOİ yüküdür.

Yün/poliester karışımlarında dispers boyaların poliester liflerine difüzyonunu sağlamak için, daha yüksek sıcaklıklarda (100 ºC) işlem yapılması ve düşük konsantrasyonda carrier ilave edilmesi gerekmektedir. Lipozomlar dispers boyarmaddelerin yün liflerine difüzyonunu arttırıcı etkiye sahiptirler (bkz. Bölüm 2.7.7-"Poliester – yün karışımları"). Bu nedenle, boyanmış mamullerin haslık özelliklerinde olumsuz etkiler meydana gelmesini engellemek için, uygun dispers boyarmaddelerin seçiminin yapılması önem taşımaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Lipozom kullanımı ile sağlanan temel çevresel faydalar, aşağıdaki hususları içermektedir:
- enerji tasarrufu
- atık suda daha düşük KOİ yükü
- atık suda daha düşük iletkenlik.

İşlemsel veriler

Yünün asit boyarmaddeleriyle lipozom varlığında boyanması:
- lif ağırlığı cinsinden % 0,1–0,2 lipozom
- formik asit
- asit boyarmaddesi

içeren flottede 80 ºC'da 40 dakikada gerçekleştirilmektedir [308, Spain, 2002].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Lipozom bazlı yardımcı maddeler, yün boyayan işletmelerde genel uygulanabilirliğe sahiptirler [308, Spain, 2002].

Ekonomiklik

Enerji tasarrufu ve daha iyi kumaş kalitesi, lipozom maliyetini telafi etmektedir [308, Spain, 2002].

Uygulama için itici güçler

Bu tekniğin uygulanmasında, gelişmiş ürün kalitesi temel itici gücü oluşturmaktadır.

Referans işletmeler

Barcelona bölgesinde iki firmanın bu tekniği uyguladıkları bildirilmektedir [308, Spain, 2002].

Referans literatür

[308, Spain, 2002], [180, Spain, 2001].

4.6.19 Parti boyamada ekipman optimizasyonu

Tanımlama

Tekstil ekipman üreticileri, su, kimyasal madde ve enerji tasarrufu ihtiyacının, gün geçtikçe daha fazla farkına varmaktadırlar. Bunlar, yeni makine teknolojilerinin geliştirilmesi için anahtar amaçlardır. Dahası, ekipmanların optimizasyonu sadece çevresel yönden değil, aynı zamanda proses ekonomikliği açısından da yarar sağlamaktadırlar.

Flotte oranı, çektirme yöntemine göre boyama işlemlerinin çevresel performansını etkileyen parametrelerden birisidir ve son zamanlarda ekipman üreticileri arasında, flotte oranlarını düşürmeye yönelik belirgin bir eğilim ortaya çıkmıştır. "Düşük" ve "ultra-düşük" flotte oranları terimleri, ekipman üreticileri tarafından çektirme yöntemine göre boyama makinelerinin özelliklerini tanımlamak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (bu terimlerin tanımları için bkz. Bölüm 2.7.8.2). Buna ilaveten, modern makineler nominal kapasitelerinin % 60'ına (iplik boyama makinelerinde ise nominal kapasitelerinin % 30'una) kadar düşen seviyelerde mal konulması durumunda bile, bunların yaklaşık olarak aynı sabit flotte oranında çalışabilmeleri, bu makinelerin diğer önemli bir özelliğidir. Bu sayede küçük partiler bile optimum/nominal flotte oranlarında boyanabilmektedirler. Bu durum, özellikle yüksek üretim esnekliğine ihtiyaç duyan fason işletmeler için önem taşımaktadır.

Düşük flotte oranıyla çalışan boyama makineleri, su ve enerjiden olduğu kadar kimyasallardan da tasarruf sağlamakta ve aynı zamanda daha yüksek fiksaj verimleri elde etmektedirler. Fakat bu dokümanın diğer bölümlerinde de belirtildiği gibi (bkz. Bölüm 4.1.4), toplam su tüketimi sadece boyama adımındaki flotte oranı tarafından belirlenmemekte, aynı zamanda durulama ve yıkama proseslerinden de etkilenmektedir.

Toplam su kullanımı ile flotte oranı arasındaki korelasyon her zaman kesin değildir ve çektirme yöntemine göre çalışan boyama makinelerinin çevresel performansları değerlendirilirken, flotte oranından başka faktörlerin de göz önünde bulundurulmaları gerekmektedir.

Farklı partiler arasındaki maksimum ayrım, özellikle de kullanılmış boya flottesi ile durulama suları arasındaki maksimum ayırma, önemli bir faktördür.

Taşırarak durulama veya flotteyi boşaltma ve tekneyi durulama suyuyla yeniden doldurma (doldurup-boşaltma) yerine, çektirme yöntemine göre çalışan bazı modern boyama makinelerinde, tekstil materyali ayrı akımlarda kesintisiz olarak durulanmakta ve böylece kullanılmış flottenin soğutulmasından, ya da seyreltikleştirilmesinden kaçınılmış olunmaktadır. Bu sistemlerde, kullanılmış sıcak boya flottesi ile durulama suları, bunların tekrar kullanılabilmesine veya en azından ayrı olarak işlemden geçirilmesine ve ısıl enerjilerinin geri kazanılmasına izin veren, ayrı akımlar olarak tutulmaktadırlar.

Bundan başka, **durulama verimliliğini** arttırmak için de çeşitli teknikler uygulanabilmektedir. Mümkün olduğu taktirde mekanik bir flotte ayrımının uygulanması, kumaş tarafından tutulan yüzey suyunun azaltılması için olası bir yöntemdir. Bu uygulanmadığı taktirde, yüzey suyu kumaşla birlikte bir sonraki adıma taşınmaktadır. Emme, sıkma ve kumaş içerisinden hava üfleme, bu amaçla kullanılması mümkün olan tekniklerdir. Bunların içerisinde en verimli olan teknik, vakum teknolojisidir, fakat her kumaş tipine uygulanamamaktadır ve sıkma metoduna göre daha fazla enerji tüketmektedir.

Boyama prosesinde, su ve enerji tüketimini etkileyen diğer bir faktör de **bir parti malın boyanması için gerekli toplam süredir.** Kısa süreler, verimliliğin artması yanında, elektrik ve ısıl enerji tüketimlerinin azalması anlamına da gelmektedir. Çalışma sırasındaki duruş sürelerini kısaltmak için çeşitli teknikler uygulanabilmektedir. Bunlar tipik olarak, pompayla çalışan boşaltma ve doldurma seçeneklerini, yedek flotte tanklarını (flottenin diğer proses işlemlerine paralel olarak hazırlanması için kullanılan), kombine edilmiş soğutma ve durulama sistemlerini, vs. içermektedirler. Bunların sonucunda soğutma adımı süresince ısı eşanjörü içersinden soğuk su geçirilmekte ve daha sonra bu su temiz sıcak durulama suyu olarak doğrudan flotteye beslenmektedir. Durulama suyunun miktarı nihai sıcaklığa, istenilen soğutma oranına ve bazı makinelerde aynı zamanda istenilen durulama kalitesine bağlı olarak kontrol edilebilmektedir.

Toplam işlem sürelerinin kısaltılması işlem şartlarındaki bir değişimden (örneğin, alkali/boyarmadde enjeksiyonundan, sıcaklık artışı/düşüşünden) sonra flottenin daha hızlı homojenizasyonu için, **tekstil materyali/flotte temasını** arttırarak (yani geçiş süresini kısaltarak) da sağlanabilmektedir.

Çektirme yöntemine göre çalışan modern boyama makinelerinin ilave ortak özellikleri şunları içermektedir:

- **kimyasalların/boyaların dağıtımı ve boyama işlemlerinin kontrolü için otomatik sistemler:** bunlar, proseslerin verimliliğini ve aynen tekrarlanabilirliğini arttırmaktadırlar. Ek olarak, kimyasalların fazla kullanımını, kullanıma hazırlık sırasındaki kayıpları ve ekipman temizleme ihtiyaçlarını da azaltmaktadırlar
- **flotte seviyesinin ve sıcaklığın ölçümünü ve kontrolünü kolaylaştıran otomatik kontrol donanımları:** sadece manuel su kontrol valfleri ile donatılan makinelerde, doldurma ve durulama işlemleri sırasında fazla doldurma, hatta taşma ve suyun gereksiz sarfiyatı durumları ortaya çıkmaktadır. Dökülme ve sıçramalar, boyamanın son adımları sırasındaki aşırı kaynatmalar sonucunda da meydana gelebilmektedir. Modern makineler, flotte seviyesini ve buhar beslenmesini tam olarak kontrol edebilen proses kontrol ekipmanları ile donatılmaktadırlar
- **indirekt ısıtma ve soğutma sistemleri:** günümüzde, modern parti boyama ekipmanlarında flottelerin seyreltilmesini ve dökülmesini önlemek için kullanılan ortak bir uygulama da, indirekt ısıtma ve soğutmadır
- **üst ve yan kapaklar:** buhar kayıpları, makinelerin tam kapatılmasıyla önemli derecede azaltılabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Boyama makinelerinin yukarıda tanımlanan teknolojik optimizasyonları, hem kaynakların tüketimi (su, enerji ve kimyasallar), hem de su kirliliği açısından çevresel performansın artmasına yol açmaktadırlar. Bu hususlar aşağıdaki tabloda özetlenmektedirler.

Konu	Mevcut durum	Teknolojik gelişme	Çevresel fayda
Boyaların ve kimyasalların dozajlanması	Manuel	Otomatik, mikroprosesör kontrollü	Sonuçta suya karışan kimyasal artıklarda, işçilikte ve dökülmelerde azalma
Flotte seviyesinin ve sıcaklığının kontrolu	Manuel	Otomatik, mikroprosesör kontrollü	Su israfında ve dökülmelerde azalma
Isıtma	Direkt buhar, kaynatma	İndirekt ısıtma	Flottelerin seyreltilmesinde ve dökülmelerde azalma
Kapaklar, pencereler	Açık	Tamamen kapalı	Enerji ve buhar kayıplarında azalma
Flotte oranı	Yüksek	Düşük	– boyama adımındaki su – boyama banyosunu ısıtmak için enerji – boyama adımındaki kimyasal kullanımında azalmalar
Değişken yüklemelerde flotte oranının sabit kalması	Makinelerin parti büyüklüğü dikkate alınmadan aynı hacimde doldurulmaları gerekmektedir	Makine, nominal kapasitesinin en az % 60'ı kadar doluyken bile sabit flotte oranını korur.	Düşük flotte oranında başarılan faydaların aynısını düşük yüklemelerde de sağlar
Boyama ve durulama işlemlerinin sıralaması	Banyoların karışımı	Ayrı akımlar (farklı banyolar arasında maksimum ayrım)	Durulama suyunun kirlenmesini engeller Sıcak boyama banyosunun soğumasını ve kirlenmesini engeller Boya banyosunun tekrar kullanımı imkanı (1) Yoğun geliştirilmiş arıtması
Durulama	Taşırma ve doldurup-boşaltma teknikleri	Yüksek etkinliğe sahip durulama teknikleri (örneğin, mekanik ekstraksiyon)	Durulama işlemlerinde azalmış su ve enerji tüketimi Temizlenecek atık su miktarında azalma

Kaynak: [170, GuT, 2001]

Notlar:
(1) Özellikle, pH-kontrollü boyamalarda kullanılmış, sıcak boya flottesinin durulama suyundan tamamen ayrılması avantajlıdır. Bu durumda, boyama yüksek sıcaklıkta başladığı için, kullanılmış sıcak boya banyosu bir sonraki banyonun hazırlanmasında doğrudan tekrar kullanılabilmektedir.

Tablo 4.27: Çektirme yöntemine göre boyama makinelerinin optimizasyonu ile ilgili çevresel faydalar

İşlemsel veriler

İlgili ekipmanın cinsine göre değişmektedir (daha fazla bilgi, Bölüm 4.6.20'den 4.6.21.3'e kadar olan bölümlerde yer alan örneklerden bulunabilir).

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu bölümde açıklanan prensiplerden çoğu, çektirme yöntemine göre boyama yapan her çeşit cihaza uygulanabilmektedir. Aslında, flotte oranının düşürülebileceği değer, işleme tabi tutulacak olan lifin cinsine de bağlıdır. Bununla birlikte, günümüz makine üreticileri, her bir elyaf için uygun konvansiyonel makinelere kıyasla daha düşük flotte oranlarında ve nihai ürün standardını bozmadan çalışabilen cihazlar sunmaktadırlar.

Çektirme yöntemine göre boyama makinelerinin prensipleri ve örnekleri Bölüm 4.6.20'den 4.6.21.3'e kadarki bölümlerde anlatılmaktadır.

Ekonomiklik

İlgili ekipmanının tipine göre değişmektedir (daha fazla bilgi, yukarıda belirtilen referans bölümlerdeki örneklerden bulunabilir).

Uygulama için itici güçler

Yüksek verimlilik ve aynen tekrarlanabilirlik hâla temel itici güçler olup, bunu su, kimyasal maddeler ve enerji tasarrufları izlemektedir.

Referans literatür

[176, VITO, 2001], [171, GuT, 2001], [177, Comm., 2001], [179, UBA, 2001], [116, MCS, 2001], [120, Brazzoli, 2001], [127, Loris Bellini, 2001].

4.6.20 Haspel boyama makinelerinde uygulanan ekipman optimizasyonu

Tanımlama

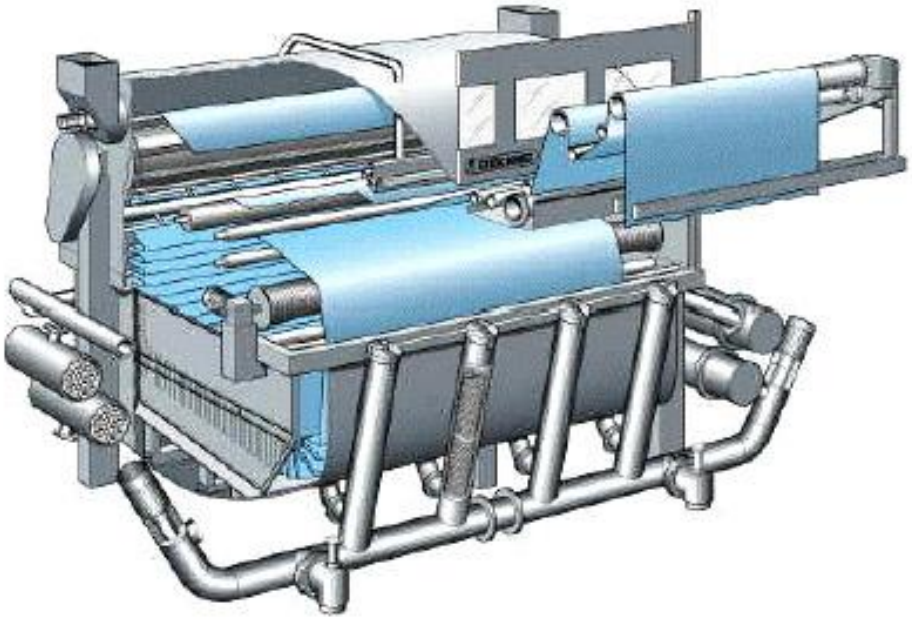
Haspel boyama makineleri Bölüm 10.3.1.1'de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Tekstil sanayiinin birçok sektöründe bunlar yerlerini diğer tip makinelere (örneğin, jet) bırakmışlardır, ancak halılar, döşemelikler, havlu-bornozlar ve tüp kumaşlar gibi hacimli tekstillerin kesintili boyamacılığında haspeller halâ önemli bir teknoloji olarak kullanılmaktadır. Bu tip tekstillerde yumuşaklık, boyama esnasında verilen hacimlilikle belirlenmektedir ve haspellerin avantajı, güçlü bir mekaniksel hareket sağlanırken, kumaşa düşük bir gerilim uygulanmasıdır.

Bu boyama tekniğinde, aşağıdaki prensiplerde birkaç teknolojik gelişme sağlanmıştır [171, GuT, 2001]:

- ısıtma: eski haspellerde flotte, bir delikli boru vasıtasıyla direkt buhar enjeksiyonu ile ısıtılmaktaydı. Bu sistem flotteyi hızlı bir şekilde ısıtmakta ve kuvvetli bir karışma sağlamaktaydı, ancak flottenin seyreltikleşmesi hesaba katılmak zorundaydı. Flottenin seyreltikleşmesini ve etrafa sıçramasını önlemek için günümüzde yaygın olarak indirekt ısıtma/soğutma kullanılmaktadır.
- flotte/mal teması: modern haspellerde, flotte mal değişimini arttırmak için flotte ve kumaşın her ikisi de sirküle edilmektedir. Halılar, kısa lifleri uzaklaştırmak için sürekli olarak bir tambur filtresinden geçirilip pompalanan boya flottesi içerisinde döndürülmektedirler. Bu sirkülasyon sistemi, banyonun daha hızlı olarak homojenleşmesini ve boyanın halıda düzgün bir şekilde dağılımını sağlamaktadır.

- flotte oranı: yeni haspeller, konvansiyonel makinelere göre önemli derecede düşürülmüş flotte oranlarıyla çalışmaktadırlar. Diğer üstün bir özellikleri ise, küçük partilerin de, maksimum yüklemeler için kullanılanlarla yaklaşık aynı flotte oranlarında boyanabilmeleridir.
- yıkama/durulama: modern haspeller, halıyı, flotteyi boşaltmadan ve soğutmadan veya durulama suyu ilave etmeden çıkarmak için tasarlanmışlardır. "Sıcak çıkarma sistemi" sayesinde halı otomatik olarak tekneden dışarı alınmakta ve tutunmamış olan suyu uzaklaştıran, bir vakumlu emme donatımından geçirilmektedir. Geri kazanılan flotte, boya banyosuna geri gönderilmektedir. Daha sonra halıya su püskürtülmekte ve halı, emilen durulama suyunun toplandığı ikinci bir emme donatımından geçirilmektedir.

Yukarıdakilere ilave olarak, sıcaklığı korumak ve ısı kayıplarını en aza indirmek için modern haspeller üstü kapalı bir yapıya sahiptirler. Ayrıca, boyama işlemi sırasında kimyasal madde ilavelerinin ve sıcaklık profilinin tam kontrolü için, otomatik dozajlama ve proses kontrol sistemleri ile donatılmaktadırlar.



Şekil 4.23: Supraflor Halı Haspeli
[171, GuT, 2001]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Yukarıda belirtilen özellikler, su, kimyasal madde ve enerji tüketimi açısından büyük tasarruflar sağlamaktadırlar. Makine üreticileri, boyama işleminin tümü için kullanılan temiz su miktarında % 40-50'ye (durulama suyunda % 94'e) ve elektrik tüketiminde de % 30'a varan azalmalar sağlandığını iddia etmektedirler [171, GuT, 2001].

Bu tip haspellerde, durulama adımı tekne içinde yapılmayıp, durulamaların, cihazın ayrı bir bölümünde mamulü flotte ile temas ettirmeden kesintisiz olarak yapılmasını sağlayan geliştirilmiş bir teknoloji uygulanmaktadır. Böylece durulama suyu akımları ile kullanılmış sıcak flotte birbirleriyle karıştırılmamakta ve böylece her iki akımın da tekrar kullanılabilmesi ve ısıl enerjinin geri kazanılması mümkün olmaktadır.

İşlemsel veriler

Halı haspellerinde kullanılan flotte oranları, tipik olarak 1:30 veya daha yüksek olabilmektedir. Yeni açık-en haspellerde, mal tipine, yüklemeye ve kumaş

konstrüksiyonuna bağlı olarak, 1:15-1:20 flotte oranlarında çalışılabilmektedir. Açık-en halı boyayan yeni tip bir haspel, 1:9,5-1:19 flote oranları arasında çalışabilmekte ve birçok tesiste başarıyla kullanılmaktadır.

Tekstil boyacılığında kullanılan konvansiyonel haspellerin flotte oranları 1:15-1:25 arasındadır. Yeni haspeller, nominal olarak 1:5-1:8 gibi çok düşük flotte oranlarına sahiptirler (mamul tipine bağlı olarak değişmektedir) [171, GuT, 2001].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Yeni nesil haspeller, haspel kullanımının halen gerekli olduğu bütün mamullerde (örneğin, halı, döşemelik, havlu kumaşlar gibi hacimli tekstiller), eski makinelerin yerine kullanılabilmektedirler.

Yeni cihazların temel parçaları mevcut boyama makinelerine ilave edilememekte ve yenileriyle değiştirilmeleri gerekmektedir. Ancak, bazı eski tip makineler özel "sıcak çıkarma sistemi" eklenerek modernize edilebilmektedirler.

Ekonomiklik

Bilgi elde edilememiştir.

Uygulama için itici güçler

Yüksek verimlilik ve aynen tekrarlanabilirlik uygulama için asıl itici güç olup, bunu su, kimyasal madde ve enerji tüketimindeki tasarruflar izlemektedir.

Referans işletmeler

Dünya çapında birçok tekstil terbiye işletmesinde kullanılmaktadırlar.

Örnekler, Supraflor ve Novacarp Halı Haspelidir.

Referans literatür

[171, GuT, 2001]

4.6.21 Jet boyama makinelerinde kullanılan ekipmanların optimizasyonu

Jet makinelerinde, halat formunda işlenen kumaşların boyama işlemlerinde sadece verimliliği değil, aynı zamanda çevresel performansı da büyük ölçüde arttıran yeni sistemler ortaya konulmuştur. Kullanılan sistemlere ait bazı örnekler aşağıdaki bölümlerde sunulmaktadır.

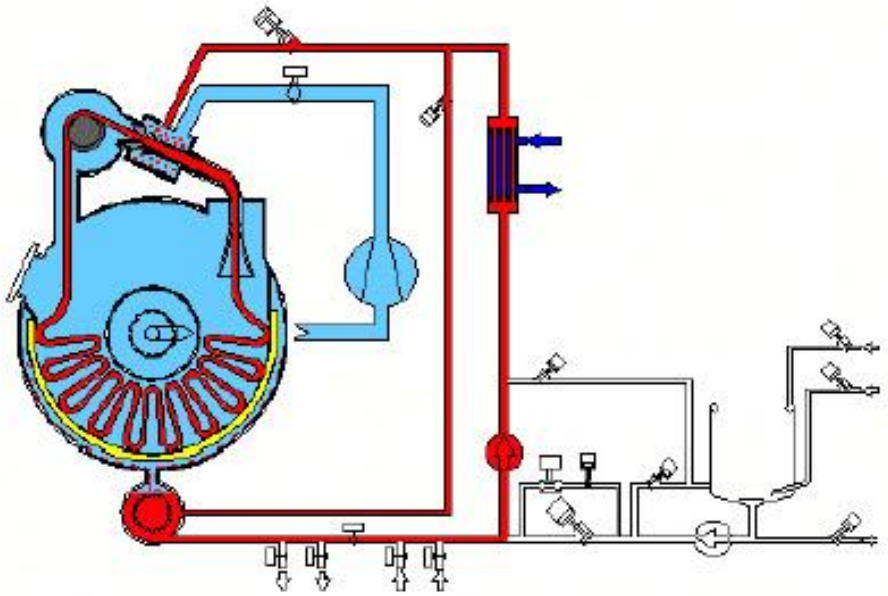
4.6.21.1 Airflow jet boyama makineleri

Tanımlama

Jet boyama, şu anda olgunlaşmış bir teknolojidir. Bununla birlikte, kumaş halatının hareket ettirilmesinde, tahrik edici kuvvet olarak suyla birlikte veya suyun yerine havanın kullanılması (air-jet) şeklinde temel bir yenilik de bulunmaktadır.

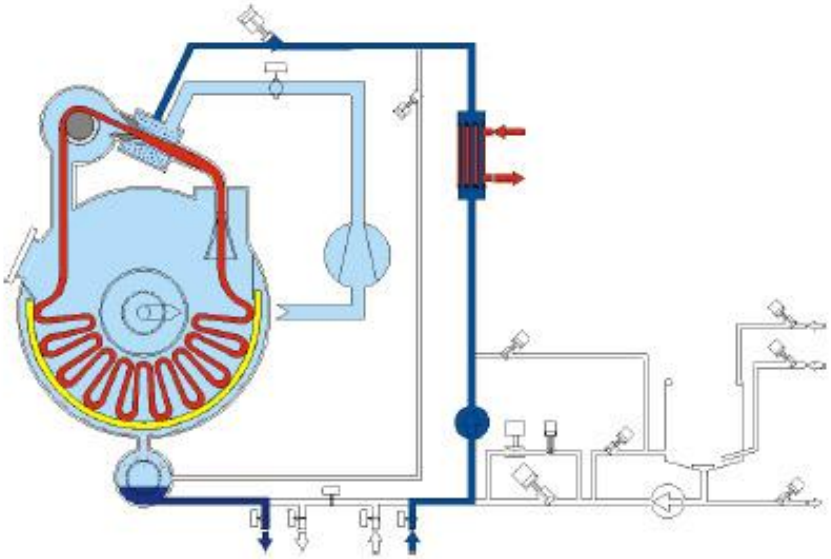
En son gelişme olarak, kumaş tamamen sıvı ortam olmadan, nemlendirilmiş havayla veya hava-buhar karışımıyla hareket ettirilmektedir. Boyarmaddeler, kimyasallar ve yardımcı maddeler gaz ortamına enjekte edilmektedirler. Bu tip air-jet makinelerinde, pamuklu dokuma kumaşlar için en düşük olarak 1:4,5 flotte oranına inilebilirken, PES dokuma kumaşlarda 1:2 flotte oranına inilebilmektedir.

Aşağıdaki şekilde, flotte seviyesinin işleme tabi tutulan tekstilin seviyesinden daima daha aşağıda olduğu görülmektedir. Kumaş artık flotte ile temas etmemektedir (hatta flotte seviyesi, kumaşın sirkülasyonunu sağlayan sepetin de aşağısındadır). Bu durum, banyo şartlarının (örneğin, kumaşın yüksek sıcaklıkta fiksajı hâlâ devam ederken, banyonun soğutulması, kimyasal ilavesi, bir banyonun diğeriyle değiştirilmesi) kumaşın işlem safhasını değiştirmeksizin değiştirilebilmesi anlamına gelmektedir.



Şekil 4.24: Airflow boyama makinesinde hava sirkülasyonunun ve flotte enjeksiyonunun gösterilişi
[280, Germany, 2002]

Banyosuz boyama işlemi, bu makinenin temel özelliklerinden birisidir. Diğer bir özelliği ise, flotteyi kumaşa temas ettirmeden sirküle ettiren ayrı bir devreye sahip olmasıdır. Konvansiyonel makinelerden farklı olarak, tüm durulama işlemi boyunca alttaki valf (bkz. Şekil 4.25) açıktır ve kumaşa jete girmesi esnasında püskürtülen durulama suyu, kumaşla daha fazla temas etmeden boşaltılmaktadır. Bu nedenle durulama, kesintili bir işlemden ziyade kesintisiz bir işlemin olası tüm avantajlarını sunmaktadır (zaman tasarrufu, optimum ısı geri kazanımı için HT boyama sonrasında flotteyi 130 °C'da boşaltma imkanı, sıcak banyo flotteleri ve durulama suları arasında maksimum ayrım, vs.).



Şekil 4.25: Airflow boyama makinesinde kesintisiz durulama yapılırken valfin açık olduğu çalışma şeklinin gösterilişi
[280, Germany, 2002]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Çok düşük flotte oranı ve kesintisiz durulama sistemi sonucu, gerçek bir non-stop çalışmayla:

- hızlı ısıtma/soğutma ve sıcak kullanılmış boya flottelerinden optimum ısı geri kazanımı sayesinde daha az enerji gereksinimi
- boya flottesinin miktarına bağlı olarak kullanılan kimyasal maddelerin (örneğin, tuz), daha az tüketimi (yaklaşık % 40 [179, UBA, 2001])
- daha az su kullanımı (F.O 1:8-1:12'de çalışan konvansiyonel makinelere göre % 50'ye varan su tasarrufları) [179, UBA, 2001]

sağlanmaktadır.

Ayrıca, boyama flottesinin işlem sıcaklığında boşaltılması ve durulama suyuyla seyreltikleşmemesi, ileri radikal arıtma yöntemleri olan "ETP& ETF" reaksiyonları (Geliştirilmiş Termal Fenton reaksiyonu & Geliştirilmiş Foto Fenton reaksiyonu) kullanılarak, artakalan boyaların ve diğer arıtılması zor kimyasalların çok etkili ve ucuz bir şekilde parçalanmaları için olanak sağlamaktadır.

İşlemsel veriler

Tablo 4.28, reaktif boyarmaddeler ile pamuk boyanması için, 1:8-1:12 F.O. ile çalışan konvansiyonel bir jette ve yukarıda anlatılan air-flow makinesinde kullanılan spesifik girdileri göstermektedir. Veriler işletmelerde yapılan ölçümlerden alınmıştır.

Bu bölümde tanımlanan airflow modelinin, makineye alabileceğinden daha az mal konulması durumunda bile, düşük flotte oranını koruyacak şekilde dizayn edildiğini belirtmekte de fayda vardır.

Girdi	Birim	1:8-1:12 F.O.' da çalışan konvansiyonel jet	1:2-1:3 (PES) - 1:4,5 (CO) F.O.'da çalışan airflow
Su [(1)]	(l/kg)	100 - 150 [(3)]	20 - 80 [(3)]
Yardımcı maddeler	(g/kg)	12 - 72	4 - 24
Tuz	(g/kg)	80 - 960	20 - 320
Boyarmaddeler	(g/kg)	5 - 80	5 - 80
Buhar	(kg/kg)	3,6 – 4,8	1,8 – 2,4
Elektrik	(kWh/kg)	0,24 – 0,35	0,36 - 0,42
Süre[(2)]	dak.		

Kaynak: [179, UBA, 2001]

Notlar
(1) Durulama dahil
(2) Yükleme/boşaltma dahil
(3) Su tüketimindeki varyasyon, PES için 20 l/kg ve selüloz için 80 l/kg olarak anlaşılmalıdır. Airflow makinelerinde, peroksitle ağartma işlemi için, konvansiyonel jetlerdeki 32,5 l/kg'lık su tüketimine karşılık gelen miktar 16 l/kg gibi düşük bir değerdir ve reaktif boyama/durulamalarda da, konvansiyonel jetlerdeki 43 l/kg'lık su tüketimine karşılık gelen miktar 26,6 l/kg'dır [176, VITO, 2001]

Tablo 4.28: Reaktif boyarmaddeler ile pamuk boyanması için konvansiyonel bir jette (1:8-1:12 F.O.) ve yukarıda açıklanan airflow makinesinde kullanılan spesifik girdilerin karşılaştırılmaları

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu makine, dokuma ve örme kumaşlar için ve neredeyse her türlü lif çeşidinde kullanılabilmektedirler. Airflow sistemi kullanılarak boyutsal stabilitesi nedeniyle boyanması daima zor olan elastan lifleri içeren kumaşlar da başarıyla boyanabilmektedirler. Bu makinenin kullanılmasının sınırlamaları, keçeleşme problemleri nedeniyle, yünlüler ve % 50'den fazla yün içeren karışımlar için geçerlidir. Bu yöntem, keten kumaşların boyanmasında da, keten lintlerinin makinenin parçaları üzerinde aşınmaya neden olmasından dolayı, tavsiye edilmemektedir. Bu teknik, ipek için de uygun olmasına rağmen, nadiren kullanılmaktadır.

Küp ve kükürt boyalarının enjekte edilen havada bulunan oksijenle oksidasyonlarını minimize etmek için bir yöntem geliştirilmiştir.

Ekonomiklik

Bu yöntemin uygulanması yeni bir ekipman yatırımı gerektirmemektedir. Mevcut makinelerin modernizasyonu yapılamamaktadır. Bu tip makinelerin yatırım maliyetleri, konvansiyonel jetlerin maliyetlerinin üçte biri kadar daha yüksektir, ancak sağladıkları yüksek tasarruf nedeniyle geri ödeme süreleri oldukça kısadır [179, UBA,2001].

Uygulama için itici güçler

Yüksek verimlilik ve tekrarlanabilirlik, uygulama için asıl itici güç olup, bunu su, kimyasal ve enerji tüketimindeki tasarruflar izlemektedir.

Referans işletmeler

Airflow boyama makineleri dünya çapında, birçok tekstil işletmesinde çalıştırılmaktadır. Bu bölümde anlatılan gibi, kumaşın sadece havayla hareket ettirildiği, banyosuz airflowlar, THEN GmbH, D-74523 Schwäbish Hall tarafından üretilmektedir. ATYC SA Terrassa Barcelona, kumaşın ayrı jetlerde hava ve suyla hareket ettirildiği ULLR airflow makinesini (AIRTINT EVO HT makinesi) üretmektedir. Kumaşları azaltılmış ve değiştirilebilen flotte oranlarında hava ve suyla hareket ettiren makineleri üreten diğer makine üreticileri: örneğin, Thies GmbH, 48653 Coesfeld; MCS, I-24059 Urgnano –Bergamo ve Scholl AG, CH-5745 Safenwil'dir.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [176, VITO, 2001].

4.6.21.2 Kumaş ve banyonun temas etmediği soft-flow boyama makineleri

Tanımlama

Bu jet modelinde su, kumaşı sirküle ettirmek için kullanılmaktadır. Bu cihazı, hidrolik sistemle çalışan konvansiyonel jetlerden ayıran konsept, kumaş ve flotte sirkülasyonunu doldurma veya boşaltma adımları için de durdurmadan, kumaş halatının bütün işlem süresince (doldurmadan boşaltmaya kadar) sirkülasyon halinde tutulmasıdır.

Bu yöntemin temel prensibinde, ısı eşanjöründen geçip makineye giren temiz suyun özel bir değişim alanına ulaşması esnasında, kirlenmiş flottenin kumaşla veya yeni flotteyle temas etmeksizin boşaltım kanalına gönderilmesi bulunmaktadır.

Daha önce anlatılan airflow makinelerinde olduğu gibi, durulamalar kesintisiz şekilde yürütülmektedir. Durulama etkinliği, özel bir ters akım sisteminin uygulanması sayesinde arttırılmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Bu makinenin özelliği, aynı kategorideki diğer soft-flow makinelerine nazaran, işlem süresinde (% 17–40), su (yaklaşık % 50) ve buhar tüketiminde (% 11–37) önemli miktarlarda tasarruf sağlamasıdır. Performans verileri, "İşlemsel bilgiler" kısmında bildirilmektedir.

Farklı akımların etkin bir şekilde ayrılması, optimum ısı geri kazanımı, tekrar kullanım veya ayrı arıtılma olanağı gibi önemli avantajlar sağlamaktadır.

İşlemsel veriler

Tablo 4.29, aynı boyama reçetesinin konvansiyonel bir makinede, "yeni nesil" bir makinede (depolama tankları, pompalı doldurma&boşaltma seçenekleri ve kesintisiz durulama sistemlerine sahip) ve yukarıda anlatılan referans soft-flow makinesinde uygulanması ile elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını göstermektedir.

Girdi	Birim	Konvansiyonel jet makinesi	"Yeni nesil" jet makinesi	Referans soft-flow makinesi
Su [1]	(l/kg)	82	87	42
Yardımcı maddeler	(g/kg)			
Boyarmaddeler	(g/kg)			
Buhar	(kg/kg)	3.95	4.84	3.07
Elektrik	(kWh/kg)			
Süre[2]	dk	472	341	284
Kaynak: [176, VITO, 2001] Notlar: [1] Durulama dahil [2] Yükleme/boşaltma dahil				

Table 4.29: Pamukluların, konvansiyonel bir makinede, "yeni nesil" bir makinede (depolama tankları, pompalı doldurma&boşaltma seçenekleri ve kesintisiz durulama sistemlerine sahip) ve yukarıda anlatılan referans soft-flow makinesinde, reaktif boyarmaddelerle boyanmasına ait performansların karşılaştırılması

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Soft-flow makinelerinin normal uygulanabilirliğine sahiptirler.

Ekonomiklik

Bu yöntemin uygulanması yeni bir ekipman yatırımı gerektirmektedir. Mevcut makinelerin modernizasyonu yapılamamaktadır. Bu tip cihazların yatırım maliyetleri ile ilgili bilgi elde edilememiştir.

Uygulama için itici güçler

Verimlilik artışı.

Referans işletmeler

Bu bölümde anlatılan makine Sclavos (VENUS™, Aquachron™ prosesi) tarafından üretilmektedir.

Referans literatür

[176, VITO, 2001]

4.6.21.3 Tek halat ile çalışan over-flow boyama makinesi

Tanımlama

Bu jet makinesinin kesiti Şekil 4.26'da verilmektedir. Makinenin, kumaşı muamele etme şekli ve boyama döngüsü, geleneksel halat boyama makinelerinden çok farklıdır. Bunda, tüm over-flow düzeneklerinden ve bölmelerin içerisinden geçerek bir turu tamamladıktan sonra tekrar ilk bölmeye dönen, tek bir halat bulunmaktadır.

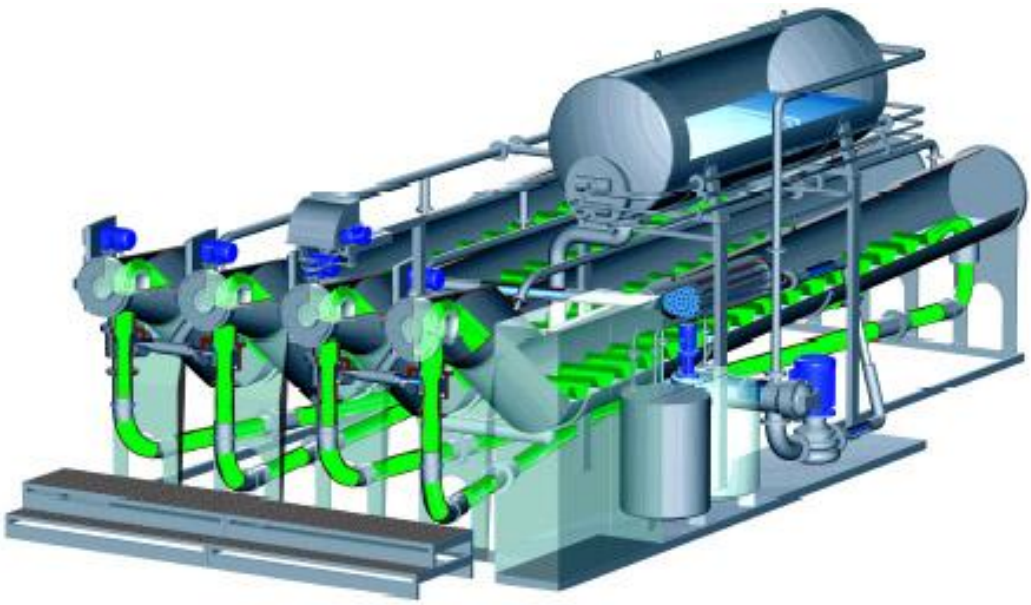
Tek halat ile çalışma prensibi, hem sistemin üniformitesini, hem de sonuçların tekrarlanabilirliğini sağlamaktadır.

Kumaşın her turda tüm farklı düzelerden ve farklı teknelerin içinden kesintisiz olarak geçmesi sayesinde iyi bir üniformite kazanılmaktadır. Birden fazla halat ile çalışan over-flow makinelerinde, bölmelerde çeşitli nedenlerden dolayı (örneğin, farklı düze akışlarına bağlı olarak halat hızlarının farklı olması, vs.) farklı koşullar ortaya çıkabilirken, tek halat ile çalışma yönteminde tüm sistemde homojen bir çalışma koşulu sağlanmaktadır. Bu da, işlem koşulları (örneğin, alkali/boyarmadde dozajlanması, sıcaklık artışı/düşüşü) değiştiğinde, flottenin daha hızlı bir şekilde denge durumuna ulaşabilmesi anlamına gelmektedir. Bundan çıkan bir sonuç da, liflere zarar vermeden kimyasalların daha hızlı bir şekilde dozajlanabilmesinin ve sıcaklıkların daha hızlı bir şekilde arttırılabilmesinin mümkün olmasıdır.

Tek halat ile çalışma tekniği, yüksek tekrarlanabilirlik sağlama hususunda da yeni bir konsept getirmektedir: işlemi kontrol etmede, işlem süresinden ziyade, tur sayısının kullanılması. Süreye bağlı bir parametre olan fiksaj süresi dışında kalan, boyaların ve kimyasalların makineye verilmesi, sıcaklığın yükseltilmesi/düşürülmesi, vs. önceden ayarlanan süreler yerine, tur sayısının ayarlanmasıyla yapılmaktadır. Turların sayılması çok kolaydır ve böylece kumaşın bir boyama partisinden diğerine hep aynı koşullarda işlem görmesi sağlanabilmektedir. Bu tur sayma yönteminin uygulanmasının diğer bir avantajı da, devir süresinin halatın hızına ve makinenin yüklenmesine (halat uzunlukları kısaldıkça, makine devir süresi de kısalmaktadır) uygun şekilde otomatik olarak ayarlanmasıdır.

Makineye, hızlı doldurma ve boşaltma, ısıtılabilen tam hacimli flotte tankı, gelişmiş durulama programları vs. gibi, zaman kazandırıcı en son donanımlar da eklenmektedir.

Makine, nominal kapasitesinin % 60'ı kadar düşük bir oranda yüklendiğinde bile, sabit bir flotte oranını (normalde 1:6) sağlayabilmektedir.



Şekil 4.26: Tek halat ile çalışan over-flow boyama makinesinin gösterimi

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Çok kısa toplam işlem süreleri ve yukarıda anlatılan diğer özellikler, birden fazla halat ile çalışılan klasik jet makinelerine kıyasla önemli derecede su ve enerji tasarrufları (% 35'e kadar) sağlamaktadır.

Nihai sonuçların yüksek tekrarlanabilirliği ve güvenilirliği ek çevresel yararları beraberinde getirmektedir. "İlk seferde doğru boyama" kaynakların ve kimyasalların, tekrar işleme alma, tekrar boyama, sökme, nüanslama, vs. gibi düzeltme işlemleri için fazladan tüketilmesi ve çevreye atılması önlendiği için, kirliliği önleme kriterlerinin en etkili olanıdır. Bu tekniğin uygulandığı işletmelerde tekrarların % 5'den % 2'ye düştüğü gözlenmiştir [177, Comm., 2001].

Bütün bunlara ilaveten, tek halat halinde çalışan makinelerin kullanılması, her boyama halatının uçlarının dikilmesi ve kesilmesi işlemleri miktarını da azaltmaktadır. Her halat ucu birleştirmede, kumaşın ortalama 1-1,5 metresi israf edilmektedir. Günde 3 boyama gerçekleştiren tipik üç halatlı bir jet makinesinin yıllık kumaş israfı 300 gün/yıl çalışma için, aynı işlemi tek halat ile çalışarak yapan jet makinesine göre 2700 metre daha fazla olmaktadır. Orta ölçekli bir terbiye işletmesi için bu, yaklaşık 3000-4500 kg/yıl'lık bir kumaş israfına denk gelmektedir [177, Comm., 2001].

İşlemsel veriler

Tablo 4.30'da, klasik bir makinedeki (F.O. 1:10-1:12), "yeni jenerasyon bir makinedeki" (F.O. 1:8 ve en yeni zaman tasarrufu sağlayıcı donanımlara sahip) ve yukarıda tanımlanan (F.O. 1:6) tek halat ile çalışan makinedeki boyama işlemlerine ait veriler görülmektedir. Bu veriler, işletmelerden alınan ölçümlerden hesaplanmıştır.

Girdi	Birim	Klasik jet makinesi	"Yeni jenerasyon" jet makinesi	Tek halat ile çalışan jet makinesi
Su (1)	(l/kg)	100-130	50-90	30-70
Yardımcı maddeler	(g/kg)	15-75	8-40	5-25
Boyarmaddeler	(g/kg)	10-80	10-80	10-80
Yardımcı maddeler	(g/kg)	100-900	80-640	60-480
Buhar	(kg/kg)	4-5	2-3	1,5-2,5
Elektrik	(kWh/kg)	0,34-0,42	0,26-0,32	0,18-0,22
Süre(2)	dk	510-570	330-390	210-220
Kaynak: [177, Comm., 2001] Notlar (1) Durulama dahil (2) Yükleme/boşaltma dahil				

Tablo 4.30: Pamuklu kumaşların reaktif boyarmaddelerle, klasik bir makinedeki (F.O. 1:10-1:12), "yeni jenerasyon bir makinedeki" (F.O. 1:8 ve en yeni zaman tasarrufu sağlayıcı donanımlara sahip) ve yukarıda tanımlanan (F.O. 1:6) tek halat ile çalışan bir makinedeki boyanma performanslarının karşılaştırılması

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Tek halat ile çalışan makine hemen hemen tüm lif tiplerinin hem dokuma, hem de örme kumaşlarının boyanmasında başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir. Makinenin yatay

modeli kullanılmadığı taktirde, yün, ipek ve bu iki lifin karışımlarının boyanmasında bazı sınırlamalar söz konusu olmaktadır.

Ekonomiklik

Bu tip bir makinenin yatırım tutarı, konvansiyonel makinelerin yeni tiplerine göre % 20-30 daha yüksektir, ancak sağlanan tasarruflar ve daha yüksek verimlilik sayesinde geri ödeme süresi 10 aydan daha kısa olabilmektedir.

Uygulama için itici güçler

Yüksek verimlilik, tekrarlanabilirlik ve çok yönlülük bu makinenin güçlü noktalarıdır. Enerji tüketiminin en aza indirilmesi de ek bir avantajdır.

Referans işletmeler

Tüm dünyadaki tekstil terbiye işletmelerinde birçok makine kullanılmaktadır.

Bu bölümde tanımlanan tek halat ile çalışan makine, MCS Urgnano (BG) İtalya firması tarafından üretilmektedir.

Referans literatür

[177, Comm., 2001], [116, MCS, 2001], [176, VITO, 2001].

4.6.22 Çektirme yöntemine göre yapılan kesintili boyamalarda suyun tekrar kullanımı/geri dönüşümü

Tanımlama

Boyama proseslerindeki su tüketiminin minimize edilmesi, boyama flottesinin yenilenmesi ve tekrar kullanılması veya durulama sularının bir sonraki boyama için tekrar kullanılması ile mümkün olabilmektedir.

Boyama flottesinin tekrar kullanımı, kullanılmış sıcak boyama flottelerinde kalan renklendirici ve yardımcı madde konsantrasyonlarının analiz edilerek, gerekli maddelerin ilave edildiği ve yenilenen bu flottenin daha sonraki boyamalar için tekrar kullanıldığı bir işlemdir. Bu amaçla iki yöntem kullanılabilmektedir. İlk yöntemde, ürün boyandığı makinede durulanırken, boyama flottesi bir tanka (veya benzer ikinci bir makineye) pompalanmaktadır. Daha sonra boyama flottesi takip eden boyamada kullanılmak için makineye geri alınmaktadır. İkinci yöntemde, ürün kullanılmış boyama flottesinden alınmakta ve durulama için başka bir makineye yerleştirilmektedir. Bu durumda ilave bir tanka ihtiyaç duyulmamaktadır, ancak materyalin taşınması için ek bir işçilik gerekmektedir. Boyama flottesinin analizi, spektrofotometre kullanılarak yapılabilmekte ve/veya çektirme derecesi, buharlaşma ve malın taşıdığı flotte miktarı ile ilgili üretim tecrübelerine göre belirlenebilmektedir [11, US EPA, 1995].

Kullanılmış boyama flottesi genellikle sıcak olduğu için, boyama flottesinin tekrar kullanılması esnasında zaman ve enerji tasarrufu sağlanması için de uygundur. Ancak düzgün bir boyama elde etmek için, normal olarak boyama işlemine 50 ºC'da başlanması gerekmektedir. Bu nedenle, kullanılmış sıcak boyama flottesi soğutulmakta ve daha sonra tekrar ısıtılmaktadır. Bazı durumlarda bu durum önlenebilmektedir. Boyamaya işlem sıcaklıklarında başlamayı sağlayan yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Sıcaklığın değişimi yerine, boyanın kimyasal potansiyeli (örneğin, reaktif boyarmaddelere sodyumhidroksit eklenmesi ile görülen) kontrol edilebilmektedir. Bu teknikler, yünün asit boyaları ile boyanması, akrilik boyamacılığı (bu durumda egaliz maddelerinin eklenmesine gerek

kalmamaktadır) ve pamuğun kükürt boyaları ile veya reaktif boyalar ile çektirme yöntemine göre boyanması için uygundurlar [204, L. Bettens, 2000].

Burada önerilen ikinci teknik, benzerdir, ancak bu takdirde, yeni boyama flottesini oluşturmak için kullanılmış durulama flottesi tekrar kullanılmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Su ve kimyasal tüketimi azalmaktadır. Boya adsorbsiyonunun pH ile kontrol edildiği ve boyamanın sonunda flottenin nerdeyse tamamının soğutma olmaksızın çektirildiği bazı durumlarda (bkz. yukarıya), enerji tasarrufu (sıcak boyama flottesinin tekrar kullanımı) da mümkün olmaktadır.

İşlemsel veriler

UBA tarafından, PES ve yapak boyayan bir işletme için işlemsel veriler bildirilmektedir. PES lifler dispers boyalar ile boyanırken, yün sonradan kromlama veya metal-kompleks boyaları ile boyanmaktadır. Her iki boya da, kullanılmış boyama flottesinin daha sonraki boyamalarda tekrar kullanılmasını sağlayan, yüksek çektirme seviyeleri ile karakterize edilmektedirler. Kapasiteleri 50 ile 100 kg arasında değişen boyama makinelerinin (F.O. 1:8), hepsi, tanklar, sıcaklık ve pH kontrol cihazları ve formik asit için otomatik dozajlama sistemleri ile donatılmışlardır. Tankların çoğu daimi olarak, aynı tipteki ve tondaki (örneğin, koyu tonlar için sonradan kromlama flottesi, vs.) boyalar için kullanılmaktadırlar. Gelişmelerin bir sonucu olarak, işletmenin spesifik su tüketiminin 60'dan 25 l/kg'a düşmesi sağlanmıştır [179, UBA, 2001].

Diğer bir işlemsel tecrübe ENco tarafından, yapak boyayan bir işletme için bildirilmektedir. İşletme, konik şekilli makinelerde işlem yapmaktadır ve lif taşıyıcılarına kuru elyaf ile yüklenmektedir. Konvansiyonel boyama ve durulama döngüleri için spesifik su tüketim değerlerinin ortalamaları sırasıyla 9,5 l/kg ve 7,8 l/kg'dır (bunun 1,7 l/kg'ı boyama ve durulama arasında elyafta kalmaktadır). Buna göre, klasik bir döngü için toplam su tüketimi 17,3 l/kg'dır.

Durulama flottesi bir sonraki boyama için tekrar kullanıldığında, önceki boyamada yaş elyafın uzaklaştırılmasıyla giden suyu tamamlamak için bir sonraki boyamada ortalama 1,7 l/kg kadar temiz su ilave etmek gerekmektedir. Tecrübeler, tekrar kullanım ile ortalama sadece dört partide aynı tonun sağlanabildiğini göstermektedir. Klasik boyama ile karşılaştırıldığında bu dört partinin boyanması sistemi, tüm su tüketimini yaklaşık % 33 azaltmaktadır [32, ENco, 2001].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Boyama proseslerinde, suyun tekrar kullanılmasında (tüm tekniklerde) kullanılmış flotteleri depolamak için normal olarak tanklara ihtiyaç duyulmaktadır. Modern kesintili boyama makinelerinin bazı modelleri (örneğin, jiggerler, jetler ve haspeller) tank içerecek şekilde yapılmaktadırlar, böylece konsantrelerin durulama sularından kesintiye uğramadan otomatik olarak ayrılması sağlanmaktadır.

Üstten yüklemeli boyama makineleri kullanıldığında (tipik olarak açık elyaf ve bazı durumlarda iplikler için kullanılan) durulama flottesi işlem sonunda makinede kalabilmekte ve bir tanka ihtiyaç duyulmadan bir sonraki partinin boyanması için tekrar kullanılmaktadır.

Boya flottelerinin ve durulama sularının tekrar kullanımı, temiz flotte kullanımına göre bazı temel farklılıklar göstermektedir. Uygulanması en kolay sistemler, yüksek afinitesi olan ve boyama işlemi boyunca minimum değişim gösteren boya sınıflarıdır. Bunlara örnek olarak, naylon ve yün için asit boyaları, akrilik için bazik boyalar, pamuk için direkt boyalar ve sentetik lifler için dispers boyalar verilebilmektedir. En kolay durum, boyama flottesinin, aynı liflerin aynı boya ve ekipman ile aynı tonda boyanması için tekrar kullanılmasıdır. Açık tonlarda başlayıp koyu tonlara geçişin geliştirilmesi için (kesintili boyama işlemlerinin bir şekilde esnekliğini sınırlayabilen) üretimin iyi planlanması gerekmektedir.

Çeşitli kaynaklardan gelebilen safsızlıklar, tekrar kullanım döngülerinin sayısını sınırlamaktadır. Bu kaynaklardan birisi, pamuk ve yünde bulunan doğal kirlilikler ile örme yağları, harman yağları, vs. gibi tekstil materyali üzerinde bulunan kirliliklerdir. Safsızlıklar, boya formülasyonlarının bileşenlerinden, yardımcı maddelerden (örneğin, egaliz maddeleri), elektrolitlerden, pH kontrolü için asit ve baz ilavesi ile oluşan tuzlardan da kaynaklanabilmektedirler.

Sonuç olarak, kirlenmiş flottenin ve durulama suyunun ayrılmasının sağlanabildiği makineler mevcut olduğunda, trikromi boya sistemleri kullanıldığında, boya adsorpsiyonu pH kontrolüyle (sıcak boya flottesi tassarufu sağlanarak) yapıldığında ve boyama sonunda soğutma olmadan flottedeki boyanın hemen hemen tamamı çekilip alındığında, sınırlamalar daha az olmaktadır.

Ekonomiklik

Direkt olarak tassaruflar, hem proses suyu satın alma fiyatı, hem de atık su maliyetleri ile ilgili olmaktadır. Fiyatlar ülküden ülkeye değişmektedir. UBA yukarıda tanımlanan işletme için tassarufun 3,20 Euro/m^3 (temiz su için yumuşatma dahil 0,6 Euro/m^3 ve atık su için 2,60 Euro/m^3) olduğunu bildirmektedir. ENco, UK maliyetlerinin şehir suyu için 1,09 Euro/m^3 civarında olduğunu ve (standart Modgen kuvvet formülüne göre hesaplanan) ortalama atık su maliyetinin 1,62 Euro/m^3 civarında olduğunu belirtmektedir [32, ENco, 2001].

UBA tarafından bildirilen örnek işletmede, tanklar, borular ve kontrol cihazları için yapılan yatırımların maliyeti, 0,8 milyon Euro kadar tutmaktadır [179, UBA, 2001].

Referans işletmeler

Avrupa'daki birçok işletme.

Referans literatür

[204, L. Bettens, 200], [179, UBA, 2001], [11, US EPA, 1995], [51, OSPAR, 1994] (P087, P088), [32, ENco, 2001]

4.7 Baskı

4.7.1 Reaktif baskıda ürenin ikame edilmesi ve/veya azaltılması

Tanımlama

Reaktif baskılarda kullanılan üre miktarı 150 g/kg pat'a kadar çıkabilmektedir. Üre küp boyaları için baskı patında kullanılmaktadır, ama kullanılan miktar daha düşük konsantrasyondadır (yaklaşık 25 g/kg pat). Üre:

- sudaki çözünürlüğü düşük boyarmaddelerin çözünürlüğünü artırmak

- boyarmaddenin baskı patından tekstil lifine migrasyonu için gerekli olan yoğuşma oluşumunu artırmak
- sabit işlem koşulları için gereksinimlerin azaltılması anlamına gelen yüksek kaynama noktasına (115 °C) sahip kondenzat oluşturmak (üre kullanılmadığında, değişken işlem koşulları tekrarlanabilirliği olumsuz etkilemektedir)

için kullanılmaktadır.

Üre yerine, kontrollü nem (pamuklu kumaşlar için ağırlıkça % 10, viskon kumaşlar için ağırlıkça % 20, pamuklu karışımları için ağırlıkça % 15) ilavesi uygulanabilmektedir. Nem, köpük olarak veya belirli miktar su zerrecikleri püskürtülerek aplike edilebilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Tekstil terbiye sanayiinde, ürenin ve üre parçalanma ürünlerinin (NH_3/NH_4^+) başlıca kaynağı baskı daireleridir. Atık suların arıtılması sırasında amonyak fazlasının nitrifikasyonu yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır. Üre, amonyak ve nitratın deşarjı, ötrofikasyona ve su toksisitesine katkıda bulunmaktadır. Ürenin kaynağında minimizasyonu/elimine edilmesi bu olumsuz etkileri belirgin şekilde azaltmaktadır.

Reaktif baskılarda, nem aplikasyonuyla baskı patındaki üre miktarı 150 g/kg pat'tan sıfıra kadar düşürülebilmektedir. Ftalosiyanin kompleksi esaslı reaktif boyalar, kötü migrasyon özelliklerine sahip tipik büyük moleküllü boyarmaddeler olduklarından, bunlarla baskı yapılırken sadece 40 g/kg pat'a kadar düşürmek mümkün olabilmektedir [179, UBA, 2001].

İşlemsel veriler

Reaktif baskı patındaki üre kullanımı önlenerek, büyük bir baskı bölümüne sahip bir terbiye işletmesindeki atık suya karışan amonyak konsantrasyonu yaklaşık 90-120 mg NH_4^+-N/1'den yaklaşık 20 mg NH_4^+-N/l'ye düşürülmüştür [179, UBA, 2001].

Referans teknik kullanılmadan, tüketilen üre miktarı ipek için baskı patlarında yaklaşık 50 g/kg'a, viskon için baskı patlarında da yaklaşık 80 g/kg'a düşürülebilmektedir ve buna rağmen kalite standartları korunmaktadır.

Yan etkileşimler

Nem aplikasyonu için enerji tüketilmektedir, ama bu tüketim üre üretimi için gerekli olan enerjiden belirgin şekilde daha düşüktür [179, UBA, 2001].

Uygulanabilirlik

Köpük ve püskürtme sistemleri, reaktif baskı yapan yeni ve mevcut işletmelerin her ikisine de uygulanabilmektedir [179, UBA, 2001].

Fakat viskon ve ipek kumaşlarda, püskürtme sistemiyle üre kullanımını tamamen önlemek mümkün değildir. Bu lifler için gerekli olan az miktardaki nemin düzgün şekilde dozajlanmasını sağlamak için bu teknik yeterli güvenilirlikte değildir ve özellikle ince mamuller için püskürtme sistemlerinin kalite standartlarını karşılayamadığı durumlar bildirilmiştir.

Bunun tersine, köpük sistemi, viskonda ürenin tamamen elimine edilmesinde uzun yıllardır başarıyla kullanılmaktadır [179, UBA, 2001]. Her ne kadar daha ispatlanmamış olsa da, bu tekniğin prensipte ipek için de teknik olarak uygun olması gerekmektedir. İpeğin lif olarak viskondan daha az problemli bir lif olduğu bilinmektedir, ama ipek genellikle küçük metrajlarda işleme tabi tutulmaktadır.

Ekonomiklik

On-line nem ölçümü içeren püskürtme ekipmanlarının yatırım maliyetleri yaklaşık olarak 30.000 Euro civarındadır, ancak köpük sistemleri belirgin şekilde daha pahalıdırlar. Üretim kapasitesi günde 80.000 lineer metreye kadar olan bir köpükle aplikasyon makinesi için yaklaşık 200.000 Euro gerekmektedir. Köpükle aplikasyon tekniği, günlük kapasiteleri yaklaşık 30.000, 50.000 ve 140.000 lineer metre olan işletmelerde rantabıl şartlarda çalıştırılmışlardır.

Uygulama için itici güçler

Yüzey sularındaki ötrofikasyon ve su toksisitesi nedeniyle atık sudaki NH_4^+-N/1 için yerel otoriteler tarafından uygulanan sıkı limitler, bu tekniğin geliştirilmesini desteklemiştir.

Bu tekniğin uygulanması, belediyeye ait atık su arıtma tesisine boşaltım yapan işletmeler için de çok caziptir. Biyolojik nitrifikasyonun enerji tüketiminin fazla olmasından dolayı, birçok belediye şu anda indirekt boşaltıcılardan azot emisyonları için ek ücret talep etmektedir.

Referans işletmeler

Avrupa'daki bir çok işletme. Tekniğin halen uygulandığı örnek işletmeler: Ulmia, D-Ravensburg-Weissenau; KBC, D-Loerrach; Textilveredlung Wehr, D-Wehr [179, UBA, 2001]

Referans literatür

[179, UBA, 2001].

4.7.2 İki fazlı reaktif baskı

Tanımlama

Bölüm 4.7.1'de anlatıldığı gibi, reaktif boyalarla klasik tek fazlı baskılarda, boyarmaddelerin çözünürlüğünü ve baskı patından tekstil lifine boyarmadde migrasyonunu artırmak için üre kullanılmaktadır.

Tek fazlı yöntemde kontrollü nem ilavesi sayesinde ürenin ikame edilmesi veya en aza indirilmesi mümkündür.

Diğer bir seçenek, aşağıdaki adımları içeren iki fazlı baskı metodudur:
- baskı patının aplikasyonu
- ara kurutma
- bazik fiksaj maddeleri (özellikle su camı) çözeltisiyle emdirme
- kızgın buharla fiksaj
- yıkama adımları (kıvamlaştırıcıları uzaklaştırmak ve haslık özeliklerini geliştirmek için).

Proses üre kullanılmadan uygulanmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Atık sulardaki amonyak içeriğinin önemli derecede azaltılması ve daha düşük atık hava problemleri başlıca ekolojik gelişmelerdir. Ayrıca baskı patlarının ömrü uzatılmaktadır, bu da baskı patı fazlalıklarının geri dönüşüm imkanını arttırmaktadır [179, UBA, 2001].

İşlemsel veriler

Tipik bir baskı patı reçetesi aşağıda verilmektedir [179, UBA, 2001].

Ana pat çözeltisi:	
alginat esaslı kıvamlaştırıcı madde:	700 g
yükseltgen madde:	50 g
kompleks oluşturucu madde:	3 g
koruyucu madde:	0,5-1 g
su:	x g
Toplam:	1000 g

Baskı patı:	
ana pat çözeltisi:	800 g
reaktif BM:	x g
su:	y g
Toplam:	1000 g

Fiksaj kızgın buharla yapılmaktadır (90 sn, 125 ºC).

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

İki fazlı reaktif baskı pamuk ve viskon mamullere uygulanabilmektedir. Fiksaj flottesinin aplikasyonu için bir fulard ve bir buharlaştırıcının kombinasyonu gerekmektedir. Kızgın buhar kullanılmaktadır. Monoklortriazin ve vinilsülfon tipindeki reaktif boyalar kullanılabilmektedirler [179, UBA, 2001].

Bu tekniğin tek fazlı yönteme göre daha karmaşık ve yavaş olduğunun bilinmesi gerekmektedir.

Ekonomiklik

Bilgi elde edilememiştir.

Uygulama için itici güçler

İki fazlı reaktif baskı metodunun uygulanma nedenleri, çevre ve kalite faktörleridir.

Referans işletmeler

Avrupa'da ve dünya çapında birçok işletme.

Referans literatür

[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Dystar, 2000" Dystar, D.Frankfurt/Main Ürün Bilgisi (2000).

4.7.3 Optimize edilmiş çevresel performanslı pigment baskı patları

Tanımlama

Pigment baskıda son adımlar, basılmış kumaşın sıcak havayla kurutulmasından ve fiksajından oluşmaktadır. Her iki adımda da, uçucu organik bileşiklerin havaya emisyonları önemli miktarlara ulaşabilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 2.8.3 ve 8.7.2).

Geçmişte uçucu organik bileşiklerin başlıca kaynağı, emülsiyon kıvamlaştırıcılarında kullanılan gazyağı (white-spirit) idi. Yağda su (tam emülsiyon) kıvamlaştırıcılar Avrupa'da artık kullanılmamaktadır ve suda yağ (yarı emülsiyon) baskı patları da sadece arada sırada kullanılmaktadırlar. Atık havada halâ hidrokarbonlar (genelde alifatik) bulunmaktadır, ancak bunların kaynağı daha ziyade sentetik kıvamlaştırıcılardaki madeni yağlardır. Bunların emisyon potansiyeli 1 kg tekstilde 10 g Org.-C'a kadar çıkabilmektedir.

Yeni kuşak kıvamlaştırıcılar minimal miktarlarda uçucu organik çözgen içermektedirler. Bunlar madeni yağlar yerine, poliakrilik asit veya poietilenglikol bileşikleri esaslıdırlar. Hiç uçucu çözgen içermeyen ürünler de geliştirilmişlerdir. Bunlar, tozutmayan granül veya toz formunda temin edilebilmektedirler.

Pigment baskılarda diğer bir olası hava emisyonu kaynağı da, fiksaj maddeleridir. Bu yardımcı maddelerin içerdikleri çapraz-bağlayıcı maddeler, genelde metilol bileşikleri (melamin bileşikleri veya üre-formaldehit ön kondenzatları) esaslıdırlar ve formaldehit ile alkol (daha ziyade metanol) açığa çıkarmaktadırlar. Piyasada yeni düşük formaldehitli ürünler de bulunmaktadır.

Ayrıca, optimize edilmiş pigment baskı patları, APEO içermemektedirler (temizleme işlemleri vs. nedeniyle atık sularda pigment baskı yardımcı maddeleri bulunabilmektedir) ve düşük amonyak içeriğine sahiptirler.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Tablo 4.31, üç tipik kıvamlaştırıcı için kurutmada ve fiksajda meydana gelen emisyon seviyelerini göstermektedir.

İşlem	Pigment baskı reçetesi-I (g Org.-C/kg tekstil)	Pigment baskı reçetesi-II (g Org.-C/kg tekstil)	Pigment baskı reçetesi-III (g Org.-C/kg tekstil)
Kurutma	2,33	0,46	0,30
Fiksaj	0,04	0,73	0,06
Toplam	2,37	1,19	0,36
Kaynak : [179, UBA, 2001]			

Tablo 4.31: Pigment baskılarda uçucu organik karbon emisyonları

I. Reçete optimize edilmiş bir kıvamlaştırıcıdır, ama halâ hidrokarbon içermektedir. Optimize edilmiş II. reçetede mineral yağ yerine polietilenglikol kullanılırken, III. reçetede toz kıvamlaştırıcı kullanılmıştır. III. reçete ile formaldehit emisyonları 0,4 g CH_2O/kg tekstil'in altında tutulabilmektedir (hava/tekstil oranının 20 m^3/kg olduğu varsayılarak). Sonuç olarak, baskıdan bitim işlemlerine taşınan uçucu maddelerin miktarı da <0,4 g Org.-C/kg'ın altına düşürülebilmektedir.

Optimize edilmiş baskı patları kullanılarak, amonyak emisyonları da 0,6 g NH_3/kg tekstil'in altına düşürülebilmektedir (hava/tekstil oranının 20 m^3/kg olduğu varsayılarak).

İşlemsel veriler

İşlem koşulları, ürün kalitesi veya proses kontrolünde değişiklik meydana geldiğine dair bir bulgu yoktur [180, Spain, 2001].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir**.**

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni ve mevcut tesislerde uygulanabilmektedir [180, Spain, 2001], [179, UBA, 2001].

Toz esaslı kıvamlaştırıcılar toz oluşturabilmekte veya şablonları bloke edebilmektedirler [179, UBA, 2001].

Ekonomiklik

Baskı patlarının daha yüksek maliyeti, düşük atık hava arıtma maliyetleriyle telafi edilebilmektedir (daha düşük uçucu organik bileşiklerin emisyonu) [180, Spain, 2001], [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Çevreyle ilgili yasal düzenlemeler (özellikle uçucu organik karbon, formaldehit ve amonyak hakkındaki), optimize edilmiş baskı patlarının kullanımı için başlıca motivasyonu oluşturmaktadırlar [179, UBA, 2001].

Referans işletmeler

Avrupa'da ve dünya çapında birçok işletme.

Referans literatür

[180, Spain, 2001], [51, OSPAR, 1994] (P096, P106), [61, L. Bettens, 1999], [179, UBA, 2001]

4.7.4 Rotasyon baskı makinelerinde baskı patı besleme sistemlerinin hacimlerinin küçültülmesi

Tanımlama

Rotasyon baskı makineleri için tipik bir baskı patı besleme sistemi Şekil 2.22'de gösterilmektedir. Sistemin hacmi, boruların ve raklenin çapına, aynı zamanda pompa tasarımına ve boruların uzunluğuna bağlıdır.

Her bir baskı makinesi için sayısı 20'ye kadar çıkabilen baskı patı besleme sistemlerinin, her renk ve desen değişiminde temizlenmesi gerekmektedir ve bu esnada hatırı sayılır miktarda baskı patı, atık suya geçmektedir. Moda desenlerde, her bir desen için tipik renklerin sayısı 7 ila 10 arasındadır. Tekstiller için konvansiyonel ve optimize edilmiş baskı patı besleme sistemlerine ait tipik sistem hacimleri Tablo 4.32'de gösterilmektedir. Bu bölümde verilen rakamların, halı baskı makineleri için geçerli olmadığına dikkat edilmelidir (halı rotasyon baskı makinelerindeki şablonlar çok daha büyüktürler, 5-6 metre enindedir ve taşınan baskı patı hacmi birçok tekstil baskı aplikasyonuna göre çok daha fazladır).

Baskı eni (cm)	Konvansiyonel sistem(*) (litre)	Optimize edilmiş sistem(*) (litre)
164	5,1	2,1
184	5,2	2,2
220	5,5	2,3
250	5,8	2,4
300	6,2	2,6
320	6,5	2,7
Kaynak : [179, UBA, 2001] Not: (*) borular, pompa ve rakleler dahildir		

Tablo 4.32: Tekstiller için rotasyon baskı makinelerindeki konvansiyonel ve optimize edilmiş baskı patı besleme sistemlerinin hacimleri (kullanılan pat miktarı)

Bu miktara ilave olarak, baskı şablonlarındaki yaklaşık 1-2 kg olabilen artık baskı patı miktarı da hesaba katılmalıdır. Böylece, konvansiyonel sistemlerde her bir besleme sistemindeki kayıp 8 kg'a kadar çıkabilmektedir.

Eğer bu miktar, basılmış kumaşa aplike edilen pat miktarıyla karşılaştırılırsa (bkz. Tablo 4.33), besleme sisteminin hacminin çok önemli olduğu, hatta bazı durumlarda (desen/parti uzunluğu 120 metre için) sistemdeki baskı patı miktarının kumaşa basılan baskı patı miktarından daha fazla bile olabileceği açık bir şekilde görülmektedir. Avrupa'da son yıllarda, ortalama baskı parti uzunlukları kayda değer bir şekilde 400-800 m'lere düşmüştür.

Desen/parti uzunluğu (m)	Ağırlık (1) (kg)	Kaplama derecesine göre gereken baskı patı miktarı (kg)		
		% 25	% 60	% 90
120	21,6	5,4	13,0	19,5
500	90,0	22,5	54,0	81,0
1000	180,0	45,0	108,0	162,0
1500	270,0	67,5	162,0	243,0
Kaynak : [7, UBA, 1994] Not: (1) çalışılan metre başına 180 g olduğu kabul edilerek				

Tablo 4.33: Farklı kaplama derecelerinde, çeşitli metrajlardaki kumaş baskısı için gereken baskı patı miktarı

Bu nedenle sistemin hacminin en aza indirilmesinin, atık suya geçen baskı patı emisyonlarının azaltılmasında büyük etkisi vardır.
Boruların ve raklelerin çapları 20-25 mm'ye düşürülerek, önemli ölçüde azalmalar sağlanmıştır.

Minimum hacimli besleme sistemlerine ilaveten, besleme sistemlerinden pat geri kazanımları da geliştirilerek, pat artıkları en aza indirilebilmektedir. Yeni pompalar her iki yönde de çalıştırılabilmektedirler. Böylece her işlem sonunda baskı patlarının bir kısmı kovalara geri gönderilebilmektedir. Rakle içindeki delikler yoluyla emilen çekilen hava sorunu, Bölüm 4.7.5'te uygulanan teknikle çözülebilmektedir.

İlave önlemler :

- bütün en boyunca düzgün pat dağılımına sahip olan raklelerin kullanılması (şablonlardaki artık baskı patı miktarının en aza indirilmesi)

- rotasyon şablonlarındaki artık baskı patını en aza indirmek için, işlem bitmeden kısa bir süre önce baskı patı beslemesinin manuel olarak durdurulmasıdır.

Özellikle kısa metraj uzunluklar için, aşağıdaki önlemler de düşünülebilmektedir:
- besleme sistemini kullanmamak ve bunun yerine baskı patını (1-3 kg) rakle içine direkt olarak elle enjekte etmek veya küçük kaplardan (3x3 cm veya 5x5 cm kesitinde) elle beslemek
- baskı patlarını doğrudan pompaların üzerine konulan hunilere besleyerek, boruları en aza indirmek.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Sistemde kullanılan pat miktarı ve sistem kayıpları ekipmanın yaşına da bağlı olarak önemli derecede azaltılabilmektedir (işletme tecrübelerine göre 1/3'üne kadar azaltılabilmektedir) [179, UBA, 2001].

İşlemsel veriler

Baskı patının elle enjeksiyonu veya ilave edilmesi ve işlem bitmeden kısa bir süre önce baskı patı besleme sisteminin elle durdurulması gibi önlemler, eğitimli ve motivasyonu yüksek edilmiş personel gerektirmektedir. Bu arada, bazı firmalar baskı patının elle enjeksiyonunu uygulamaya koyarlarken, diğerleri bu tekniğin uygulamasının küçük lotlarda (120 m'ye kadar) bile zor olduğunu bildirmektedirler. Enjekte edilmesi gereken baskı patı miktarı desene göre değiştiğinden tekrarlanabilirlik etkilenmekte ve bu da personelin işini zorlaştırmaktadır. Ayrıca şablon içinde sabit bir baskı patı seviyesi sağlanamamakta, bu da baskı kalitesinin hep aynı kalması durumunu etkilemektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Açıklanan kriterler hem mevcut, hem de yeni işletmelere uygulanabilmektedirler.

Ekonomiklik

Baskı patı miktarı minimize edilmiş 12'lik boru ve rakle setinin yatırım maliyeti, yaklaşık olarak 25.000 Euro civarındadır.

Uygulama için itici güçler

Temel itici güç, baskı patı kayıplarının ve atık su kontrolü problemlerinin en aza indirilmesi yoluyla üretim maliyetlerinin düşürülmesidir.

Referans işletmeler

Avrupa'da ve Dünya çapında minimize edilmiş baskı patı besleme sistemleriyle modernize edilmiş ve başarıyla çalıştırılan bir çok işletme.

Referans literatür

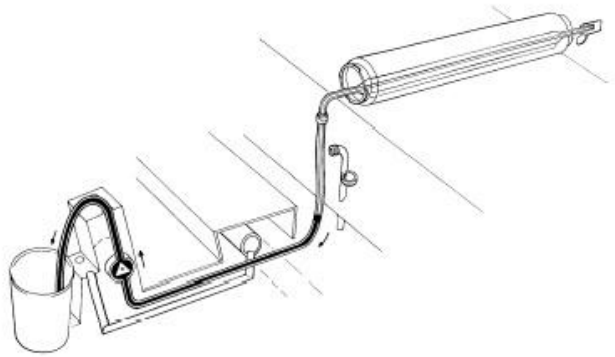
[179, UBA, 2001], [51, OSPAR, 1994] (P100).

4.7.5 Rotasyon baskı makinelerinin besleme sistemlerinde kalan baskı patlarının geri kazanımı

Tanımlama

Bu teknik, rotasyon baskı makinelerinin besleme sistemlerinde her baskı işleminin sonunda artakalan baskı patlarının geri kazanılmasına olanak sağlamaktadır. Sistem çalıştırılmadan önce raklenin içine bir bilye konulmakta ve daha sonra bu bilye, gelen pat tarafından raklenin sonuna taşınmaktadır. Baskı işlemi bitirildikten sonra, bilye kontrollü hava basıncıyla geri bastırılarak, baskı patı tekrar kullanım için besleme sistemindeki kovanın içine geri pompalanmaktadır. Artan baskı patının tekrar kullanılabilmesi için piyasadaki mevcut sistemler Bölüm 4.7.6'da açıklanmaktadırlar.

Bu teknik Şekil 4.27'de şematize edilmiş olup, burada bilyenin, pompanın patı kova içine geri taşıdığı faz sırasındaki pozisyonu görülmektedir.



Şekil 4.27: Baskı patı besleme sisteminden sisteme konulan bir bilyenin geri pompalanmasıyla baskı patı geri kazanımı
[179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan "Stork, 2001"

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Baskı patı kayıpları büyük ölçüde azaltılmaktadır. Tekstillerde, örneğin 162 cm baskı eninde 4,3 kg olan (optimize edilmemiş baskı patı besleme sisteminde) kayıp 0,6 kg'a düşürülebilmektedir.

Rotasyon baskı makinelerinde besleme sistemlerinin sayısı 20'ye kadar çıkabilmektedir. Ancak pratikte, moda desenler için 7-10 farklı baskı patının kullanımı yaygındır. Bu nedenle besleme sistemi başına kazanılan 3,7 kg'lık baskı patı miktarını 7-10 ile çarpmak gerekmektedir. Bu yolla su kirliliği de büyük ölçüde azaltılabilmektedir.

Bu önlemden maksimum fayda sağlayabilmek için, modern minimum hacimli besleme sistemine sahip baskı makinelerinin kullanılması gerekmektedir.

İşlemsel veriler

Tanımlanan teknik, tekstil terbiye işletmelerinde, özellikle geri kazanılan baskı patının geri dönüşümü ile kombine edilerek başarıyla uygulanmaktadır.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik, yeni tesislere (yeni rotasyon baskı makinelerine) uygulanabilmektedir. Bazı mevcut makineler modernize edilebilmektedir. Bu teknik için sadece bir tedarikçi bulunmaktadır (Stork Brabant B.V., NL-5830 AA Boxmeer). RD-III olarak nitelendirilenden daha yeni olan (bu RD-IV ve sonraki modellerdir) tüm baskı makineleri tanımlanan sistemle modernize edilebilmektedirler.

Daha önce de belirtildiği gibi, bu teknik tekstil terbiye işletmelerinde uygulanabilmektedir (düz kumaşlara). Bu sistem prensipte halılar için de çalıştırılabilmektedir, ama çeşitli nedenlerle uygulanmamaktadır. Temel neden, büyük bir olasılıkla, halı baskı patlarında çoğunlukla kullanılan kıvamlaştırıcı tipleriyle ilgilidir. Bunlar guar-gum esaslıdırlar ve oldukça ucuzdurlar, ama sınırlı depolama ömrüne sahiptirler ve bu nedenle tekrar kullanımlarından önce uzun süre depolanamamaktadırlar (biyolojik olarak parçalanabilmektedirler ve bakteriler, bira mayaları gibi diğer organizmaların üremeleri viskoziteyi hızla bozmaktadır).

Ekonomiklik

12 rakleli ve borulu bir rotasyon baskı makinesinin (baskı eni 185 cm) bu geri kazanım sistemiyle modernizasyonu için gerekli yatırım miktarı yaklaşık 42.000 Euro'dur. Tablo 4.34, referans işletmede sağlanan tasarrufu göstermektedir.

Bir gündeki baskı patı değişim sayısı	8
Bir yıldaki çalışılan gün sayısı	250
Desen başına ortalama baskı patı sayısı	7
Besleme sistemi başına baskı patı tasarrufu	3,7 kg
Baskı patının fiyatı	0,6 Euro/kg
Bir yıldaki tasarruf	**31080 Euro/yıl**
Kaynak:[179, UBA, 2001]	

Tablo 4.34: Söz konusu baskı patı besleme sistemini kullanan tipik bir tekstil işletmesinde sağlanan tasarrufun hesabı (baskı patı değişim sayısı ve tasarım başına baskı patı sayısı, sanayideki uygulamalarda daha yüksek olabilir)

Yukarıda verilen örnek yeni pompaların yatırım maliyetlerini içermemektedir, dolayısıyla belirli bir viskozite bölgesinin korunması gerekmektedir. Geniş bir viskozite bölgesi istendiğinde, pompaların da değiştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda toplam yatırım maliyetinin yaklaşık 90000 ila 1120000 Euro arasında değişeceği bildirilmektedir.

Geri kazanılan baskı patının tamamının tekrar kullanılması durumunda, yaklaşık iki yıllık bir geri ödeme süresinin gerçekçi olduğu söylenebilir. Özellikle farklı tipte baskı patları kullanan işletmelerde, pratikte bu durum gerçekleşmemektedir. Böyle işletmelerde, lojistik problemlerinden dolayı (sınırlı depolama ve işlem kapasiteleri), tekrar kullanım oranının %50-75 olduğu, bunun da geri ödeme sürelerini önemli derecede uzattığı bildirilmektedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Temel itici güçler, ekonomik ve çevresel nedenlerle baskı patı kayıplarının azaltılması gerekliliği ve ağır atık su problemleridir.

Referans işletmeler

Özellikle Avrupa'da olmak üzere dünya çapında, tanımlanan teknikle donatılmış birçok rotasyon baskı makinesi bulunmaktadır.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [180, Spain, 2001].

4.7.6 Baskı patı artıklarının geri dönüşümü

Tanımlama

Baskı patları, boyarmadde, kıvamlaştırıcı ve farklı baskı patı tiplerine göre (örneğin, pigment, reaktif ve dispers baskı patları) çeşitli yardımcı maddelerden oluşan yüksek yoğunluktaki preparatlardır. Baskı patı artıkları, optimize edilmemiş cihazlarda % 40-60 gibi yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Halâ bu artıkların önemli bir kısmı atık sulara boşaltılmakta ve böylece önemli atık su problemlerine neden olmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.8.3).

Uzun bir süre baskı patları manuel olarak hazırlanmıştır ve bu nedenle, artıkların tekrar kullanılması mümkün olmuştur, ama tekrar kullanımın biçimi ve derecesi büyük oranda sorumlu personele ve üretim planlamasına bağlı olmuştur. Bugün, bilgisayar destekli sistemler baskı patlarının geri dönüşümü için büyük fırsatlar sunmaktadırlar. Birçok işletmede baskı patları bilgisayarlı sistemlerle hazırlanmaktadır (her baskı patının elektronik olarak kaydedilen bir reçetesi vardır). Her işlemin sonunda artık pat miktarı tartılmakta ve depolama ünitesindeki belirli bir yere gönderilmektedir. Bunların kompozisyonu elektronik olarak kaydedilmekte ve bilgisayar programları, tekrar kullanılacak artıkların miktarını, kompozisyonunu ve dayanıklılığını (normalde bu bir problem değildir) dikkate alarak, yeni baskı patlarının formülasyonlarını hesaplamaktadır.

Diğer bir seçenek ise, artık baskı patı bulunan bütün kovaları boşaltmak ve bunları kimyasal yapılarına (boyarmadde ve kıvamlaştırıcı tipi) göre sınıflandırmaktır. Kova, baskı patı kaybını en aza indirmek için spatula ile temizlenmekte, daha sonra yıkanmakta ve yeni baskı patlarının hazırlanması için tekrar kullanılmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Atık suyla veya katı atık olarak uzaklaştırılması gereken baskı patı artığı miktarı önemli ölçüde azaltılmaktadır. Artık baskı patı miktarı en az % 50, bir çok durumda %75 kadar azaltılmaktadır [179, UBA, 2001], [192, Danish EPA, 2001].

İşlemsel veriler

Bu teknikleri kullanan tekstil işletmeleri, bu sistemlerin günlük rutin işlemlerde uygulanabilmesinin zamana ihtiyacı olduğunu, ama başlangıçta ortaya çıkan problemler çözüldükten sonra, tatmin edici şekilde çalıştıklarını bildirmektedirler. Burada tanımlanan geri dönüşüm sistemleri, sadece bir veya iki çeşit baskı patına (örneğin, pigment ve reaktif baskı patları) sahip işletmeler için en uygun olmaktadırlar. Çeşitli baskı patı tipleri kullanan işletmelerde, çok fazla sayıda farklı karışımların kullanılması zor olabilmektedir (lojistik problemler ve depolama alanının sınırlı olması, vs.). Bu durumlarda geri dönüşüm oranı, %50-75'i pek geçememektedir [179, UBA, 2001].

Besleme sistemi boruları ve hortumlarındaki baskı patı artıklarını mekanik olarak çıkarabilmek için entegre sistemlere sahip modern baskı makineleriyle çalışmak, biriktirilebilen ve tekrar kullanılabilen baskı patı miktarını artırmaktır (bkz. Bölüm 4.7.5).

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Baskı patları için geri dönüşüm sistemleri, tekstil sanayiindeki hem yeni, hem de mevcut işletmelere uygulanabilmektedirler. Ancak, tümüyle bilgisayarlarla donatılmış sistemler için, baskı bölümleri en az 3 tane rotasyon ve/veya düz baskı makinesine sahip olmalıdırlar [179, UBA, 2001].

Kovaları sıyırmak gibi manuel işlemlerle pat geri kazanımını arttırmak için, eğitilmiş ve motive edilmiş personele gereksinim duyulmaktadır. Baskıcılar, özellikle her 600-800 m'de bir değiştirilmesi gereken 12 pozisyonlu bir baskı makinesi için bir günde sıyrılması gereken kova sayısının fazlalığı düşünüldüğünde, kalifiye elemanların kovaları sıyırmak istemediğini iddia etmektedirler.

Bu teknik, Bölüm 4.7.5'de açıklanan aynı nedenlerden dolayı halı sanayii için uygun değildir.

Ekonomiklik

Yatırım maliyetleri, geri dönüştürülecek farklı baskı patı sayısı ve miktarına göre 0,5-1 milyon Euro civarında olmaktadır. Geri ödeme sürelerinin özel şartlara bağlı olarak, 2 ila 5 yıl arasında değiştiği bildirilmektedir (179, UBA, 2001).

Uygulama için itici güçler

Baskı patı fazlasının yok edilmesi ile ilgili problemler ve ekonomik mülâhazalar temel itici güçleri oluşturmaktadırlar (179, UBA, 2001).

Referans işletmeler

Avrupa'da ve dünya çapında birçok işletme.

Önemli tedarikçiler:
- Stork Brabant B.V., NL-5830 AA Boxmeers
- GSE Klieverik Dispensing, NL-6971 GV Brummen
- I.A.S. Industrial Automation Systems S.R.L., I-22077 Oligate Comasco'dir.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [192, Danish EPA, 2001].

4.7.7 Temizleme işlemleri için su tüketiminin azaltılması

Tanımlama

Baskı makinesi etrafında kullanılan ekipmanların (örneğin; şablonlar, kovalar ve baskı patı besleme sistemleri, vs.) yeni renkler için kullanılmadan önce, dikkatlice temizlenmeleri gerekmektedir. Temizleme işlemleriyle bağlantılı olarak su tüketimini azaltmanın birçok yolu vardır :

A. baskı taşıma bandının temizliğinin start/stop kontrolü,
B. baskı patının mekanik olarak uzaklaştırılması,
C. raklelerin, şablonların ve kovaların temizlenmesinde kullanılan durulama sularının en temiz kısımlarının tekrar kullanılması,
D. baskı taşıma bandının temizlemesinde kullanılan durulama suyunun tekrar kullanılması.

A. Baskı taşıma bandının temizliğinin start/stop kontrolü.

Baskı taşıma bandının temizlenmesi için yapılan su dozajlaması, birçok durumda herhangi bir sebepten dolayı kumaş ve baskı taşıma bandı durdurulduğunda da devam etmektedir. Su dozajlamasının start/stop kontrolü, baskı taşıma bandının start/stop kontrolüne otomatik olarak bağlanabilmektedir.

B. Baskı patının mekaniksel olarak uzaklaştırılması.

Baskı dairesinde raklelerin, şablonların ve kovaların temizlenmesinde büyük miktarlarda su kullanılmaktadır. Baskı patı artıklarının, bu ekipmanın su püskürterek yıkanması öncesinde iyi bir şekilde uzaklaştırılması gerekli su miktarını azaltmaktadır. Kovalardan boyanın uzaklaştırılması için fiziksel yöntemlerle çalışan alet edevat (örneğin, spatulalar) bulunmaktadır. Modern baskı makineleri, baskı patı fazlasını borulardan, hortumlardan, mekanik olarak uzaklaştırmak için makineye monte edilmiş donanımlara sahiptirler.

C. Raklelerin, şablonların ve kovaların temizlenmesinde kullanılan durulama suyunun en temiz kısmının tekrar kullanılması.

Tipik olarak, yıkama ekipmanından akan suyun ilk yarısı çok fazla baskı patı içermektedir ve atık su olarak boşaltılması şarttır. Bu ilk adımda kullanılan suyun yüksek kalitede olması şart değildir, bu nedenle bu adımda geri dönüştürülmüş su kullanılabilmektedir. Yıkama işleminin ikinci yarısında temiz su kullanılmalıdır, ancak bu çok kirlenmeyen su, bir sonraki adımda ilk durulama suyu olarak tekrar kullanılmak üzere toplanabilmektedir.

D. Baskı taşıma bandının temizlemesinden gelen durulama suyunun tekrar kullanılması.

Baskı taşıma bandının temizlenmesinde kullanılan durulama suyu, sadece hafifçe renklenmekte ve az miktarda lif (kumaşa göre değişir) ve tutkal içermektedir. Durulama suyu mekaniksel olarak filtre edilebilmekte, bir taşırmalı teknede toplanabilmekte ve eğer geri dönüşüm sistemine az miktarda temiz su da ilave ediliyorsa, aynı amaç için tekrar kullanılabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Çevresel kazanç, su tüketiminin azaltılmasıdır. Danimarka'daki bir pigment baskı işletmesinde, yukarıdaki tüm şıkların uygulanmasıyla yıllık su tüketimi ortalama 25000 m^3 kadar azalmıştır (% 55'lik bir azalma). Yalnız A seçeneğinin kazancı, baskı makinesinin durduğu ve hangi sebeple olursa olsun baskı taşıma bandının temizlenmesi için su dozajlamasının devam ettiği her saat için ortalama 2 m^3 olarak tahmin edilmektedir. C seçeneğinde suyun % 50'si tekrar kullanılabilmektedir. D seçeneğinde suyun % 70'i tekrar kullanılabilmektedir [192, Danish EPA, 2001].

İşlemsel veriler

Bilgi elde edilememiştir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

A ve D seçenekleri baskı bölümüne sahip yeni veya mevcut, küçük veya büyük, her çeşit tekstil işletmesinde uygulanabilmektedir. Yer gereksinimi önemsiz bir faktördür, işletmenin sadece toplama tankları için yere gereksinimi vardır (C ve D seçeneklerinde). Ancak eski

baskı makinelerine, B seçeneğinde önerilen, boru ve hortumlardaki baskı patı fazlasının mekanik olarak uzaklaştırılması için gerekli donanım büyük bir olasılıkla sonradan takılamamaktadır [192, Danish EPA, 2001] (bkz. Bölüm 4.7.5).

Ekonomiklik

Yukarıdaki Danimarka işletmesinde, tüm seçeneklerin toplam yatırım maliyeti (tanklar, mekaniksel filtreler, borular ve pompalar) yaklaşık 100.000 DKK (13.500 Euro) olarak hesaplanmaktadır. C ve D seçenekleri birlikte yaklaşık olarak 95.000 DKK (12.825 Euro) tutmaktadır. A seçeneğinin maliyeti yaklaşık 5.000 DKK (675 Euro) iken, B seçeneğinin maliyeti ihmal edilebilmektedir. İşletme maliyetlerindeki (uygulama öncesi ve sonrasındaki) değişimler tüm seçenekler için ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Temiz su ve atık su maliyetleri sırasıyla, 9 DKK/m^3 ve 18 DKK/m^3'tür (1,2 ve 2,43 Euro/m^3). Böylece toplam yıllık tasarruf 675.000 DKK (90.000 Euro) olmaktadır. Bu çalışmada tüm seçenekler birlikte uygulandığında, geri ödeme süresi yaklaşık iki ay olarak hesaplanmaktadır [192, Danish EPA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Anlatılan önlemlerin uygulanması için başlıca itici güç, atık su deşarjının ve bazı ülkelerde temiz suyun yüksek maliyetidir.

Referans işletmeler

Avrupa'daki birçok işletme. Bir örnek, [192, Danish EPA, 2001]'de bahsedilen Danish Colour Design Textile Print A/S'dir.

Referans literatür

[192, Danish EPA, 2001]

4.7.8 Halılar ve hacimli kumaşlar için dijital jet baskı

Tanımlama

Jet baskıcılığın prensipleri ve bu teknikteki son gelişmeler Bölüm 2.8.2'de anlatılmaktadır.

Jet baskıcılığı günümüzde tam dijital bir tekniktir (tasarım aşamasından endüstriyel üretime kadar). Tasarımcı numuneyi bilgisayarda tasarlamakta ve bu dijital bilgiyle, düzeltme adaptasyonlarına/önlemlerine gerek duyulmadan numunenin aynısını endüstriyel ölçekte üretilebilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Dijital jet baskıcılıkta, seçilen trikromatik boyalar bilgiişlemci ile hesaplanan taleplere göre on-line olarak dozajlanmaktadırlar. Talep edilen kadar boya aplike edilmektedir. Böylece, konvansiyonel baskı yöntemlerinden (düz ve rotasyon baskı) tamamen farklı olarak, boya kayıpları ve işlem sonundaki baskı patı fazlası sorunları tümüyle önlenmektedir.

Boyanın doğrudan kumaş yüzeyinin en içine kadar gönderilmesi nedeniyle, kumaş tipine de bağlı olaraktan, kullanılan kıvamlaştırıcı miktarının azaltılması, tekniğin diğer bir önemli avantajıdır.

Bu tekniğin diğer çevresel avantajları [171, GuT, 2001]:

- su tüketiminin azaltılması (konvansiyonel baskıya göre sadece % 20)

- daha az deneme-yanılma numunesi (çoğunlukla hesaplamalarda unutulan, kirliliğin en önemli kaynaklarından biri)
- baskı işleminin üretim zincirinin en son adımında yapılabilmesidir (özellikle renkli kumaşlar için, materyal kaybının azaltılması).

İşlemsel veriler

Bilgi elde edilememiştir.

Yan etkileşimler

Analog baskı teknikleriyle karşılaştırıldığında, belirtilmesi gereken olumsuz bir yan etkileşimi yoktur. Ancak, üzerinde durulması gereken önemli bir nokta, mamule halâ fiksaj ve ard-yıkama yapılması gerekliliğidir. Bu nedenle su emisyonları tamamıyla önlenememektedir.

Uygulanabilirlik

Dijital jet baskı, halılara ve hacimli kumaşlara uygulanabilmektedir. Aynı zamanda yolluklar, paspaslar, ve halı karolarının desenlendirilmesi için de uygulanabilmekte olup, bu takdirde bitmiş ürüne kolaylıkla en son işlem olarak uygulanmaktadır (yani daha sonra yıkanmasına gerek kalmamaktadır).

Yatırım maliyeti halâ yüksektir, bu da tekniğin sadece büyük şirketlerde uygulanabilmesi anlamına gelmektedir.

Halâ :
- verimliliğin arttırılması
- daha geniş uygulama alanı (eşit olmayan hav yoğunlukları, düzgünsüz hav yükseklikleri, karışımlar, fikse olmamış yapılar)
- yatırım maliyetinin azaltılması
- renk paletinin mümkün derece tüm nüans ve derinlikleri kapsayacak şekilde genişletilmesi

konularında gelişme imkanları bulunmaktadır [171, GuT, 2001].

Ekonomiklik

Bu sofistike cihazların göreceli yüksek yatırım maliyetleri (kesin bir bilgi verilmemektedir), bu tekniği daha ziyade yüksek kapasiteli baskı daireleri için uygun hale getirmektedir. Yine de, dijital kontrollü baskı ve prosesler bir çok ekonomik avantaj sunmaktadır. Her şeyden önce bu teknik, müşteri ve perakendeci taleplerinin tam zamanında teslimatı için gerekli olan esnekliği sağlamaktadır (müşteri isteklerine hızlı reaksiyon verme, değişiklikleri kolayca yapabilme). Aynı şekilde, siparişle üretim yapıldığından, mamullerin stoklanması gereksiz hale gelmektedir. Tasarımlar elektronik ortamda depolandığı için, büyük şablon depolarına gerek kalmamaktadır [171, GuT, 2001].

Referans işletmeler

Birçok işletme dijital jet baskı makinelerini kullanmaktadır.

Bölüm 2.8.2'de de belirtildiği gibi, bu teknikteki son gelişmeler, Zimmer Chromojet ve son olarak da Milliken Millitron makinesi gibi piyasada bulunan ticari makinelerde uygulanmaktadır.

Referans literatür

[171, GuT, 2001].

4.7.9 Düz kumaşlar için dijital ink-jet baskı

Tanımlama

Boyanın kumaş yüzeyinin iyice içine enjekte edildiği jet baskı tekniği (bkz. Bölüm 2.8.2 ve 4.7.8), halılara ve hacimli kumaşlara uygulanmakta, ama tekstil terbiye sektöründe tipik olarak basılan hafif kumaşlar için uygun olmamaktadır. Bu durumlarda en uygun tekniğin, ink-jet baskı (ayrıca bkz. Bölüm 2.8.2) olduğu görülmektedir, çünkü burada renk yüzeye uygulanmaktadır (kağıda benzer şekilde).

Ink-jet baskıda büyük gelişmeler sağlanmış olmasına rağmen, üretim hızının halâ düşük olması, bu tekniğin geleneksel analog baskı tekniklerinin yerini almasını engellemektedir. Yine de, analog baskıdaki sistem kayıplarının, kumaşa basılan pat miktarıyla çoğunlukla aynı olduğu veya hatta bu değeri aştığı kısa metrajların üretiminde (tipik olarak 100 m'den kısa), ink-jet baskı belirgin avantajlar sunabilmektedir.

Üre (yüksek konsantrasyondaki boyaları çözmek için) ve bir kıvamlaştırıcı madde gerekmektedir. Viskozite problemleri ve düşük iğne boyutları nedeniyle bu yardımcı maddeler iğneler kanalıyla içine enjekte edilememektedir. Bu nedenle, baskı prosesinde ilk işlem, mamulü (dokuma veya örme kumaş) üre ve kıvamlaştırıcı madde ile kaplamaktır.

Baskı sonunda kumaş ilk önce kurutulmakta, daha sonra da fikse edilmektedir. Kumaş daha sonra yıkanmakta ve bitim işlemlerine tabi tutulmaktadır.

Kumaş için uygun afiniteye sahip bir boya setinin kullanımı gerekmektedir. Ciba, Dystar, Brookline, vs. gibi şirketler, bu baskılar için uygun asit, reaktif ve dispers boyalar geliştirmişlerdir. Son olarak pigment formülasyonları da piyasaya çıkarılmışlardır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Boya artıkları en aza indirilmektedir. "Talebe göre boya aplikasyonu" prensibinin uygulanması, baskı patı hazırlanması aşamasına gerek kalmaması anlamına gelmektedir. Bu nedenle, boya artıkları ve her işlem sonunda temizlenecek baskı patı hazırlık tankları bulunmamaktadır. Konvansiyonel analog baskı tekniklerine nazaran çevresel avantajları, özellikle analog baskı teknikleri uygulandığında baskı patı kayıplarının yüksek olduğu küçük lotlarla çalışırken iyice belirgin olmaktadır.

Pigment baskılarda, dijital teknik daha da avantajlı olmaktadır, zira ard-yıkama gerekmemektedir. Bu da, işlemden sonra atık kalmaması veya atık su oluşmaması ve de yüksek verimlilik sağlanması anlamına gelmektedir. Pigment baskı, baskılı kumaş üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır ve ard-yıkamaya gerek duyulmaması nedeniyle, bu tekniğin hızlı bir şekilde konvasiyonel baskı metotlarına rakip olması beklenmektedir.

İşlemsel veriler

Bu teknik sürekli olarak geliştirilmektedir. Ancak, ticari ink-jet tekstil baskı makinelerinin şu andaki hızları saatte 20-40 m^2 kumaş civarında bulunmaktadır.

Dijital baskı makineleri günde 24 saat çalışabilmekte ve bir üründen diğerine geçerken, analog baskıcılıktan farklı olarak, temizleme işlemleri için harcanacak ekstra zamana gerek duyulmamaktadır.

Enjektör bakımı ise halâ hayati bir öneme sahiptir.

Yan etkileşimler

Ink-jet baskıcılığı temiz bir teknoloji olarak kabul edilmektedir, ama mürekkep (ink) boşa harcandığında (kesintisiz ink baskıcılık teknolojisi) veya baskı makinesi kullanılmadığında jetlerin tıkanmasını önlemek için bunlar çözgenle temizlendiklerinde, bu şekilde mütalâa edilmemesi gerekmektedir.

Uygulanabilirlik

Ink-jet baskıcılığı düz kumaşlar için uygundur.

Çoğunlukla, ink-jet baskının sadece numune üretimi için uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak dijital baskının numune basmada ve analog baskının da (şablon baskıcılık) endüstriyel üretim için kullanımı, dijital baskı ile elde edilen numunelerin karakteristiklerinin, analog baskıyla elde edilen ürünle uyuşmasını gerektirmektedir. Şu anda ise bunu sağlamak, çeşitli nedenlerden dolayı çok zordur. Bu nedenle, tekstil sektöründe ink-jet baskıcılığın gelecek için hedefi, endüstriyel üretimdir. Problem, mevcut hız performansıyla prosesin, ekonomik olarak sadece 100 m'den daha kısa metrajlarda cazip olmasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, ink-jet tekniğinin numune üretiminden ziyade, kısa metrajlı endüstriyel üretimler için (numune makinesinin üretim makinesi olarak kullanılacağı müşteriye özel üretimin iyice yaygınlaşması amacı ile) BAT olarak mütalâa edilmesi gerekmektedir [281, Belgium, 2002].

Ekonomiklik

Yatırım maliyetleri hakkında bilgi elde edilememiştir. Yüksek esneklik ile müşteri ve perakendeci taleplerinin hemen karşılanabilmesinin, makinenin maliyetini kompanse ettiği bildirilmektedir [180, Spain, 2001].

Referans işletmeler

Birçok işletme.

Referans literatür

[180, Spain, 2001], [204, L. Bettens, 2000].

4.8 Bitim İşlemleri

4.8.1 Ramözlerin enerji tüketimlerinin en aza indirilmesi

Tanımlama

Ramözler, tekstil terbiyesinde daha ziyade termofiksaj, kurutma ve termosolleme işlemleri ile bitim işlemlerinde kullanılmaktadırlar. Kabaca, kumaş terbiyesi sırasında her tekstil materyalinin bir ramözde ortalama 2,5 defa işlem gördüğü tahmin edilmektedir.

Ramözlerde enerji tasarrufu, aşağıdaki teknikler uygulanarak sağlanabilmektedir :

A) Ramözden atılan havanın optimizasyonu

Ramözlerdeki temel enerji gereksinimleri, havanın ısıtılması ve suyun buharlaştırılması içindir. Bu yüzden, kumaştaki nem miktarının ramöze girmeden önce en aza indirilmesi ve ramözden dışarıya atılan havanın azaltılması, en önemli hususlardır.

Ramöze giren kumaşın su içeriği, vakum ekstraksiyon sistemleri, geliştirilmiş sıkma merdaneleri (ikinci işlem daha az etkilidir, ama daha düşük enerji tüketmektedir), vs. gibi mekaniksel su uzaklaştırma ekipmanları kullanılarak en aza indirilebilmektedir. Kumaşın ramöze girmeden önceki nem miktarı, % 60'dan % 50'ye indirilirse, ramözde % 15'den daha fazla (lif cinsine bağlı olarak) bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Ramözden dışarı atılan havanın optimizasyonu, başka bir belirleyici faktördür. Birçok ramözün kontrolü halâ, atık hava çıkış ayarının elle ve kumaş kuruluğunun ramöz ustasının tahminine göre yürütüldüğü basit yöntemlerle yapılmaktadır. Optimum performans için, atık havadaki nemin 0,1-0,15 kg su/kg kuru hava arasında olması gerekmektedir. Ramözlerdeki atık hava neminin sadece 0,05 kg su/kg kuru hava miktarında olması alışılmadık bir durum değildir ve bu da bize, atılan hava miktarının çok fazla olduğunu ve bu havayı ısıtmak için aşırı enerji harcandığını göstermektedir [146, Energy Efficiency Office UK, 1997]. Eğer hava akımı kontrol edilmezse, havayı ısıtmak için tüketilen enerji, toplam enerji gereksiniminin % 60'ından daha fazlasına ulaşabilmektedir [185, Comm., 2001].

Piyasada, atık hava miktarını atık havadaki nem miktarına veya ramözden çıkan kumaştaki nem içeriğine veya sıcaklığına göre, otomatik olarak ayarlayan ekipmanlar (fan hızları ayarlanabilen) bulunmaktadır. 1 kg tekstil ürünü için 10 kg temiz hava yerine, 5 kg temiz havayla çalışılabildiğinde, % 57'lik bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [179, UBA, 2001].

B) Isı geri kazanımı

Atık havadan ısı geri kazanımı, sıcak hava ile suyun ısıtıldığı ısı eşanjörlerini kullanarak sağlanabilmektedir. Böylece % 70'e varan oranlarda bir enerji tasarrufu söz konusu olmaktadır. Elde edilen sıcak su, boyamalarda kullanılabilmektedir. Atık gazların temizlenmesi için, sisteme isteğe bağlı olarak elektrostatik filtrasyon da ilave edilebilmektedir. Bu donanımların eski ramözlere sonradan takılmaları mümkündür.

Sıcak suya ihtiyaç yoksa, sıcak hava ile havanın ısıtıldığı ısı eşanjörleri kullanılabilmektedir. Bunların verimlilik dereceleri, genelde % 50-60 seviyelerindedir ([146, Energy Efficiency Office UK, 1997]). Yaklaşık olarak % 30 kadar bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [179, UBA, 2001]. Ramöz atık havasının temizlenmesi için isteğe bağlı olarak, bir yıkama ünitesi tek başına veya bir elektrostatik filtrasyon ünitesi ile birlikte kurulabilmektedir.

C) İzolasyon

Ramöz dış cidarlarının iyi bir şekilde izolasyonu, ısı kayıplarını önemli ölçüde azaltmaktadır. İzolasyon maddesine kalınlığının 120 mm'den 150 mm'ye çıkarılmasıyla (aynı yalıtım malzemesi kullanıldığında), enerji tüketiminde % 20'ye varan miktarlarda tasarruf sağlanabilmektedir.

D) Isıtma sistemleri

Direkt gaz ısıtmasının hem temiz, hem de ucuz olduğu bildirilmektedir. Bunlar ilk olarak kullanıldığında, havanın yanma bölgesi sıcaklıklarına maruz kalması sırasında oluşacak azot oksitlerin kumaşın sararmasına veya boyalı kısımların ağarmasına neden olmasından

endişe duyuluyordu. Fakat geçen zaman içerisinde bu endişenin yersiz olduğu görülmüştür [146, Energy Efficiency Office, UK, 1997].

Ancak başka kaynaklar da, yeni (son olarak geliştirilen) indirekt gaz ısıtma sistemlerinin avantajlarını göstermektedirler. Baca gazıyla havanın ısıtıldığı ısı değiştiricileri vasıtasıyla, bek alevinin ürettiği ısı direkt olarak ramözdeki hava sirkülasyonuna aktarılmaktadır ("Monforts, Textilveredlung 11/12, 2001, p.38"). Bu sistem, daha ziyade kızgın yağ kullanılan konvansiyonel indirekt ısıtma sistemlerinden daha yüksek bir verime sahiptir. Aynı zamanda, yanma gazlarındaki bileşikler ile tekstil materyallerinden ve yardımcı maddelerden gelen emisyonların birbirleriyle olan reaksiyonları da (özellikle formaldehit oluşumu) önlenmektedir.

E) Bek teknolojisi

Direkt olarak ısıtılan ramözlerde ateşleme sistemlerinin optimize edilmesi ve beklerin bakımının iyi bir şekilde yapılmasıyla, metan emisyonları en aza indirilebilmektedir. Optimize edilmiş bir bekteki tipik emisyon miktarları, 10-15 g metan (organik karbon üzerinden hesaplanan)/saattir. Ancak beklerdeki metan emisyonlarının, beklerin gerçek kapasitesiyle yakından ilgili olduğu unutulmamalıdır.

Ramözler, düzenli aralıklarda özel firmalar tarafından genel bakımdan geçirilmelidirler. Rutin olarak, tüycükler veya yağ tarafından tıkanabilen bek hava girişlerinin kontrol edilmesi, tortuları uzaklaştırmak için boruların temizlenmesi ve beklerin uzmanlar tarafından ayarlanması da gerekmektedir.

F) Çeşitli teknikler

Enerji tüketimi, kumaşın enine göre ayarlanabilen düze sistemlerinin kullanımı başta olmak üzere, optimize edilmiş düzeler ve hava iletim sistemleri kullanılarak da azaltılabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Enerji tüketimindeki tasarruflar ve bundan dolayı enerji üretimiyle ilgili emisyonların azaltılması, temel çevresel avantajlardır.

Anlatılan tekniklerin bazılarıyla sağlanan enerji tasarruflarına ait veriler yukarıda belirtilmişlerdir. Açıkçası, mevcut işletmeler için olası tasarruflar, firmanın mevcut teknolojisine ve enerji yönetim politikasına göre değişecektir.

İşlemsel veriler

Özellikle ısı geri-kazanım sistemleri mevcutsa, ramözlerdeki enerji tüketimini azaltmak için iyi bir bakım (ısı değiştiricilerin ve ramözün temizlenmesi, kontrol/izleme donanımlarının ayarlarının kontrol edilmesi, beklerin ayarlanması, vs.) gerekmektedir.

Terbiye işletmelerinde doğru bir planlama, makine duruşlarını ve ısıtma/soğutma adımlarını asgariye indirmektedir ve bu yüzden enerji tasarrufu için vazgeçilmez bir ön şarttır.

Isı geri-kazanım sistemleri, genellikle bir atık gaz yıkama sistemi veya elektrostatik filtrasyon sistemiyle veya bu tekniklerin kombinasyonlarıyla birlikte kullanılmaktadırlar.

Isı geri-kazanım sistemlerinden akan yoğuşmuş maddeler (genellikle preparasyon yağları), ayrı olarak toplanmalıdırlar.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Yeni tesislere, tanımlanan tüm teknikler uygulanabilmektedirler. Mevcut ramözler için uygulanabilirlik ise, bazı durumlarda sınırlıdır. Örneğin, ramözlerin izolasyonunu geliştirmek (bkz. seçenek C) her zaman uygulanamamaktadır. Halbuki bazı eski makinelerde tavan panellerini izole etmek, son derece rantabıl olabilmektedir. Mevcut ramözlere, sıcak havayla havanın ısıtıldığı ısı eşanjörleri sonradan takılamamaktadır.

Ekonomiklik

Isı geri-kazanım sistemlerinde (hem hava/su hem de hava/hava sistemleri) kurutma ve termofiksaj işlemleri için geri ödeme süreleri, Tablo 4.35'de gösterilmektedir. Bilgi, aşağıdaki referans kaynaktan alınmıştır [179, UBA, 2001] :

- ısı geri-kazanım sistemi: ters akım boruları
- kurutma sıcaklığı: 130°C
- termofiksaj: 190°C
- atık gaz akış hacmi: 15000 m^3/s
- atık gaz nem içeriği (kurutma): 70 g/m^3
- atık gaz nem içeriği (termofiksaj): 40 g/m^3
- giriş suyunun sıcaklığı (ısı geri-kazanım öncesi): 15 °C
- verim: % 70
- gazın ısı değeri: 9,3 kWh/m^3
- gaz maliyeti: 0,25 $Euro/m^3$
- bakım maliyeti: 1000 Euro/yıl
- faiz oranı: % 6

		1 vardiya/gün		2 vardiya/gün		3 vardiya/gün	
	İşlem	**Tasarruflar (Euro)**	**Geri-ödeme süresi (yıl)**	**Tasarruflar (Euro)**	**Geri-ödeme süresi (yıl)**	**Tasarruflar (Euro)**	**Geri-ödeme süresi (yıl)**
Hava/su Temiz su S : 15 °C	Kurutma	32050	5.7	64150	2.6	96150	1.7
	Termofiksaj	34450	5.4	68900	2.4	103350	1.5
Hava/su Temiz su S : 40 °C	Kurutma	18050	12.6	36100	5.9	54150	3.3
	Termofiksaj	23350	8.6	46700	3.7	70050	2.4
Hava/hava Temiz hava S: 20 °C	Kurutma	8000	> 20	16000	15.6	24000	8.5
	Termofiksaj	11000	> 20	22000	9.6	33000	6.6
Kaynak : [179, UBA, 2001]							

Tablo 4.35 : Farklı işlemler (tekstillerin kurutma ve termofiksaj işlemleri), farklı ısı geri-kazanım sistemleri (hava/su ve hava/hava) ve farklı vardiya sayıları için kendini geri ödeme süreleri

Yukarıdaki bilgi, kumaştaki ve atık havadaki nemin kontrolü gibi diğer önlemlerin uygulanmasını dikkate almamaktadır. Bazı kaynaklara göre bu sistemler kurulduğunda ısı geri-kazanımı rantabıl olamayabilmektedir [146, Energy Efficiency Office, UK, 1997].

Uygulama için itici güçler

Enerji tüketiminin (ve bundan dolayı maliyetlerin) azaltılması, optimize edilmiş ramöz teknolojisinin kullanılması için temel nedendir.

Referans işletmeler

Belirtilen teknolojiler, Avrupa'da ve dünyada birçok terbiye işletmesinde kullanılmaktadır. Yanma gazı/hava eşanjörü esaslı indirekt ısıtma sistemleri, halen birkaç terbiye işletmesinde kurulma aşamasındadır.

Referans literatür

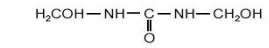
[146, Energy Efficiency Office, UK, 1997], [179, UBA, 2001], [185, Comm., 2001].

4.8.2 Formaldehit içermeyen veya az miktarda formaldehit içeren buruşmazlık (kolay bakım) işlemi maddeleri

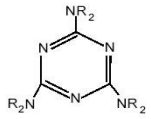
Tanımlama

Kolay bakım işlemleri, kumaşların buruşmazlığını ve/veya boyut stabilitesini arttırmak amacıyla daha ziyade selülozik liflere ve karışımlarına uygulanmaktadır (bkz. Bölüm 2.9.2.1 ve 8.8.1)

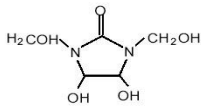
Buruşmazlık işlemi maddeleri, genellikle üre, melamin, çiklik üre türevleri ve formaldehitten sentezlenen bileşiklerdir. Çapraz-bağ oluşturucu maddeler (reaktif gruplar), serbest veya eterleşmiş N-metilol gruplarından oluşmaktadırlar.



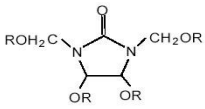
Dimetilolüre ve dimetilolüre türevleri



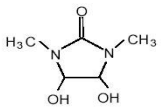
Melamin türevleri (R = H, CH_2OH, CH_2OCH_3)



1,3-Dimetilol-4,5-dihidroksietilenüre



1,3-Dimetilol-4,5-dihidroksietilenüre türevleri (R= H, CH_3)



1,3-Dimetil-4,5-dihidroksietilenüre(DMeDHEU)
(1,3-Dimetilol-4,5-dihidroksiimidazolidinon-2; DMDH)

Şekil 4.28 : Çapraz-bağ oluşturucu kimyasalların yapısı
[179, UBA, 2001]

Formaldehit esaslı çapraz-bağ oluşturucu maddeler, serbest formaldehit açığa çıkarabilmektedirler. Formaldehitin kanserojen olduğu düşünülmektedir ve çalışma ortamı için de tehlike oluşturmaktadır (örneğin, kesme işlemleri sırasında da formaldehit açığa çıkabilmektedir). Mamul kumaş üzerinde serbest veya kısmen hidrolize olabilen formaldehitin varlığı, tüketici açısından da potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Avrupa Eko-etiket sistemi, deri ile direkt temas eden ürünler için azami 30 ppm'e izin vermektedir.

Düşük miktarda formaldehit içeren veya formaldehitsiz ürünler bir alternatiftir.

Çapraz-bağlayıcı maddenin türü	Formaldehit açığa çıkarma potansiyeli
Dimetilolüre	Yüksek
Melamin formaldehit kondenzasyon ürünleri	Yüksek
Dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU)	Yüksek
Dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU) türevleri (en çok kullanılan)	Düşük
Modifiye edilmiş dimetildihidroksietilenüre	Formaldehitsiz
Kaynak : [179, UBA, 2001]	

Tablo 4.36: En önemli çapraz-bağ oluşturucu maddelerin formaldehit açığa çıkarma potansiyellerine genel bir bakış

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Düşük miktarda formaldehit içeren veya formaldehitsiz ürünler kullanıldığında, bitim işlemlerindeki formaldehit emisyonları azalmakta ve tekstil materyallerindeki formaldehit artıkları da en aza indirilebilmektedir (< 75 mg/kg formaldehit içeren tekstiller veya müşteri isteğine göre 30 ppm'in altında formaldehit içeren tekstiller). Optimize edilmiş katalizörlerle de, fiksaj sıcaklıkları ve dolayısıyla enerji tüketimleri azaltılabilmektedir.

İyi bakım görmediklerinde, direkt ısıtmalı ramözler de atık havaya formaldehit salabilmektedirler.

İşlemsel veriler

Pamuklu kumaşların (dokuma kumaş) düşük miktarda formaldehit açığa çıkaran ürünlerle işlemi için tipik bir reçete:
- 40 – 60 g/l çapraz-bağ oluşturucu madde
- 12 – 20 g/l katalizör
- alınan flotte miktarı : % 70
- kurutma ve kondenzasyon (150 °C'da 3 dk).

Pamuklu kumaşların formaldehitsiz ürünlerle işlemi için tipik bir reçete:
- 80 – 120 g/l çapraz-bağ oluşturucu madde (katalizör içeren)
- alınan flotte miktarı : % 80
- asetik asitle asitleme
- kurutma ve kondenzasyon (130 °C'da 1 dk).

Çapraz-bağ oluşturucu bileşikler, genellikle ıslatıcılar, yumuşatıcılar ve yırtılma mukavemeti, vs. özellikleri artıran ürünler ile birlikte uygulanmaktadırlar.

Yan etkileşimler

Konvansiyonel çapraz-bağ oluşturucu ürünler gibi, yukarıda belirtilen formaldehitsiz alternatif ürünler de biyolojik olarak çok az parçalanabilmektedirler. Bununla beraber temel bir kural olarak, derişik flotte miktarı, küçük emdirme tekneleri kullanarak minimumda tutulmalı ve derişik flotte artıkları atık suya boşaltılmaksızın ayrı bir şekilde uzaklaştırılmalıdır.

Optimize edilmemiş formaldehitsiz ürünler, yoğun kokulu olabilmektedirler.

Uygulanabilirlik

Halı sektöründe formaldehitsiz buruşmazlık işlemi maddeleri kullanılarak formaldehit emisyonlarından kaçınmak her zaman mümkündür, ancak tekstil sektöründe az miktarda formaldehit içeren maddelerin kullanımı kaçınılmaz olabilmektedir [281, Belçika, 2002].

Bu ürünler konvansiyonel ürünlere benzer şekilde aplike edilebilmektedirler. Katalizörün türü ve miktarı ile fiksaj süresi ve sıcaklığı kullanılan ürüne göre ayarlanmalıdır.

Aplike edilmesi gereken formaldehitsiz ürün miktarları, klasik ürünlerin yaklaşık iki katı kadardır.

Ekonomiklik

Formaldehitsiz ürünlerin fiyatı, düşük miktarda formaldehit içeren ürünlerden önemli ölçüde daha yüksektir.

Referans işletmeler

Formaldehitsiz ve düşük miktarda formaldehit içeren buruşmazlık işlemi ürünleri, çeşitli firmalar tarafından üretilmekte ve dünya çapında kullanılmaktadırlar.

Uygulama için itici güçler

Formaldehitsiz veya az miktarda formaldehit içeren ürünlerin kullanımı için temel motivasyon, atık havadaki formaldehitle ilgili düzenlemeler ve tüketici sağlığıyla ilgili çeşitli yönetim esaslarına (örneğin, Avrupa Eko etiketi vs.) uyumluluk sağlamaktadır.

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [51, OSPAR, 1994] (PO16)

4.8.3 Çektirme yöntemiyle yumuşatma işleminden kaçınma

Tanımlama

Kesintili işlemlerde yumuşatıcılar, genellikle çektirme yöntemi kullanılarak yapılan boyama işleminden sonra doğrudan boyama makinesinde (örneğin, jet, overflow, vs.) uygulanmaktadır.

Maalesef bu durum, tekstilcileri, çevre açısından zararlı katyonik maddeler gibi yumuşatıcı maddeleri seçmek zorunda bırakmakta ve ılık yumuşatma flottesinin hacimce % 10-20 arasındaki bir kısmının kayba uğramasına neden olmaktadır [78, Danish EPA, 1999].

Alternatif teknikler, yumuşatıcıların fulardda emdirme veya püskürtme ve köpükle aplikasyon sistemleriyle aplikasyonudur (bkz. Bölüm 2.9.1 ve 2.9.3).

Bu tekniklerin avantajları, katyonik yumuşatıcı kullanılma zorunluluğundan kurtulabilme ve kimyasal madde kaybının çok küçük yüzdelere düşürülebilmesidir [78, Danish EPA, 1999].

Artık flotte miktarları da, kesintili işlemlerdeki atık su hacimlerine nazaran daha düşük olmaktadır. Bu açıdan en iyi performansı, minimum sistem kayıplarıyla (şasideki artık flotte, borulardaki artık flotte ve flotte depolama tankında kalan flotte) çalışan, püskürtme ve köpükle aplikasyon gibi aplikasyon teknikleri göstermektedirler. Bununla beraber, bunlardaki aktif madde konsantrasyonu çok yüksek olduğundan, bu flotteler, biyolojik arıtma sistemlerinde arıtılmak için uygun olmamaktadırlar.

Yumuşatıcıların aplikasyonunun kesintili boyama işleminden sonra ayrı bir ekipmanda yapılmasının diğer bir avantajı da, boyama veya durulama flottelerinin yeniden kullanılmasının mümkün olmasıdır. Zira bu taktirde bu flottelerde, daha sonraki boyama işlemleri sırasında boya adsorpsiyonunu engelleyecek katyonik yumuşatıcı artıkları bulunmamaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Su, enerji ve kimyasal tasarrufları. Çevre açısından daha az zararlı yumuşatıcıların kullanımı.

İşlemsel veriler

Bilgi elde edilememiştir.

Yan etkileşimler

Yumuşatma, boyama işleminden sonra, ayrı bir makinede yapıldığında, artık flotte hacmi azalmaktadır (sistem kayıplarından ibarettir), ancak aktif madde konsantrasyonu daha yüksek olmaktadır. Bu konsantre akımın, diğer atık sularla karıştırılmaması ve biyolojik arıtmaya gönderilmemesi sağlandığı taktirde, önemli bir yan etki ortaya çıkmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Teknik, tekstil ve halı sektöründe yaygın bir uygulanabilirliğe sahiptir.

Ekonomiklik

Sağlanan ekonomik faydalar, su, enerji ve kimyasal madde tüketimindeki tasarruflardan kaynaklanmaktadır.

Referans işletmeler

Birçok işletme.

Referans literatür

[78, Danish EPA, 1999].

4.8.4 Güve-yemezlik işlem maddelerinin aplikasyonundaki emisyonların en aza indirilmesi

Sonraki üç şekil (Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31), haşerelere karşı koruma sağlayan maddeleri (IR) aplike etmek için kullanılan temel prosesleri göstermekte ve aplikasyonun yaş işlemler sırasındaki yerleri ile potansiyel aktif madde artıklarının suya emisyonlarının

olası olduğu noktaları belirtmektedir. Herhangi bir üretici tarafından benimsenen aplikasyon metodu/(ları), uygulanan özel iplik üretimi/prosesi sırasına bağlıdır ve bir işletmede birden fazla aplikasyon yönteminin uygulanması, hiç de nadir bir durum değildir.

Haşerelere karşı koruma sağlayan madde artıklarının emisyonlarını en aza indirebilmek için kullanılan teknikler, çok çeşitlidirler :

- işlemlerin çoğuna uygulanabilen genel teknikler: örneğin, materyallerin hazırlanması, depolanması ve doğru aplikasyon miktarlarının seçimi
- işleme özgü modifikasyonlar: örneğin, işlemin kimyasının değiştirilmesi veya rahatsız eden kimyasalların ikame edilmesi
- alternatif prosesler: örneğin, özel olarak, haşerelere karşı koruma aplikasyonu için geliştirilmiş makinelerin kullanımı. Halı üretimi sırasında aplikasyonun farklı bir noktada yapılması da, bu başlık altında ele alınmaktadır
- özel atık su akımlarının işletmede ön arıtılması-aktif madde artıklarının alkali hidroliziyle parçalanması.

Aşağıdaki tartışma, ilk olarak genel teknikleri, daha sonra da iplik üretiminde tanımlanabilen üç proses yolunun her birine özel olarak uygulanabilen modifikasyonları açıklamaktadır:

- "kuru eğirme" yoluyla iplik üretimi
- "yağlı eğirme" yoluyla iplik üretimi
- boyalı iplik üretim yolu.

4.8.4.1 Haşerelere karşı koruma sağlayan aktif madde emisyonunu azaltmak için kullanılan genel teknikler

Haşerelere karşı koruma sağlayan aktif madde emisyonunu azaltmak için kullanılan genel teknikler şunları kapsamaktadır: uygun materyal hazırlama ve boyama yardımcı maddelerinin seçimi.

Materyalin hazırlanması

Güve-yemezlik işleminde kullanılan maddeler gibi çevresel açıdan hassas materyallerin hazırlanması, boyahane içerisinde dağıtımları ve taşınmaları sırasındaki dökülme ve sıçramaları azaltmak için özel tekniklerin kullanımını gerektirmektedir. Birçok ticari formülasyon, kendiliğinden emülsifiye olabilen derişik çözeltiler içermektedirler – bunlara aşağıda konsantrat denilecektir.

Konsantratın hazırlanması ve boyama makinelerine taşınması için aşağıdaki önlemler alınmalıdır :

- büyük konteynırlar, işletmeye geldiklerinde güvenli bir depoya taşınmalıdır
- bir yangın olayında, itfaiyecilere ve atık su arıtıcılarına mevcut maddeler ve özellikleri hakkında bilgi verebilmek için gerekli hazırlıklar yapılmalıdır
- konsantratların büyük konteynırlardan dağıtılmaları sadece boya mutfağında yapılmalıdır
- dökülmeleri, sıçramaları azaltma ve doğruluk derecesini arttırmak için otomatik dağıtım sistemleri düşünülmelidir
- konsantratın ön çözülmesi boya mutfağında yapılmamalıdır, ancak:
- konsantrat, boya deposundan ilave edileceği noktaya kadar sızdırmaz ve darbelere dayanıklı kaplarda taşınmalıdır
- konsantrat, sadece boyama başladıktan sonra ve boya flottesinin hacmi sabit olduğunda (ilaveler yapılırken sıçramaları önlemek için) işlem flottesine direkt olarak eklenmelidir.

Konsantratın yarı-kesintili aplikasyonlarla ilgili olarak hazırlanması için, şu önlemler alınmalıdır :

- konsantrat, kaza etkisine karşı güvenli orijinal konteynırlarda depolanmalıdır
- konsantrat, işlem flottesine direkt olarak gönderilmelidir – stok çözeltiler kullanılmamalıdır
- dağıtım, elle yapılmamalıdır. Dozaj pompaları kullanılmalıdır.

Boyama Yardımcı Maddelerinin seçimi

Bazı yardımcı maddelerin, tüm boyama işlemlerinde, haşerelere karşı koruma sağlayan maddelerin alımını geciktirici bir etki gösterdikleri bilinmektedir. Örneğin, egaliz maddeleri ve poliamid boyamacılığında kullanılan bloke maddeleri, son boyama ve durulama flottelerinde kalan miktarları önemli derecede etkileyebilmektedirler. Bu etkilerin, hem boya flottesinin pH'ına, hem de yardımcı madde konsantrasyonuna bağlı olduğu bilinmektedir. Bu yüzden, boyamada kullanılan yardımcı maddelerin geciktirici etkilerinin kontrol edilmeleri gerekmektedir. Önemli geciktirici etki gösteren ürünler yerine eğer mümkünse başka ürünler kullanılmalıdır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Boya flottesine yapılan ilavelerin zamanlamasının doğru ayarlanmasının, boyama işleminin başında konsantre işlem flottesinin dökülmesini azaltarak, haşereye karşı koruma sağlayan maddelerin toplam emisyonlarının azalmasında önemli bir rol oynadığı görülmüştür.

Amaca uygun boya yardımcı maddelerinin seçimi, kullanılmış boya flottelerinde kalan güve-yemezlik işlemi maddesi konsantrasyonlarının azaltılmasını sağlamaktadır.

İşlemsel veriler

Yukarıda anlatılan materyal hazırlama önlemlerinin, toplam işletme atık suyuna etkisinin nicel olarak belirlenmesi zordur. Ancak, boyama makinelerinde yapılan ölçümlere göre, toplam emisyonların % 10-20 arasındaki bir kısmının, flotte dökülme ve sıçramalarından kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir.

Yan etkileşimler

Önerilen materyal hazırlama sistemlerinin adaptasyonu bakımından yan etkileşimlerin oluşmadığına inanılmaktadır. Yardımcı maddelerin seçimi, bunların çevre açısından etkileri hesaba katılarak yapılmalıdır.

Uygulanabilirlik

Yukarıdaki teknikler, tüm tesislerde uygulanabilmektedirler. Bununla birlikte, eşdeğer teknik performansa sahip ikame yardımcı maddelerin her zaman bulunamadığına da dikkat edilmesi gerekmektedir.

Ekonomiklik

Materyal hazırlığı ile ilgili yukarıdaki önlemlerin çoğu, düşük maliyetlidir veya hiçbir maliyeti bulunmamaktadır. Boya mutfağında ve kesintisiz aplikasyon sisteminin bir parçası olarak kullanılan hassas tartım ve dozajlama sistemlerinin maliyetinin ise 8000-16000 Euro civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Referans literatür

[32, ENco, 2001], [51, OSPAR, 1994], [50, OSPAR, 1997].

4.8.4.2 "Kuru-iplik eğirme" yöntemine göre iplik üretimi sırasında, haşerelere karşı koruyucu maddelerin aktif madde emisyonlarını azaltmak için özel proses modifikasyonları

Şekil 4.29, "kuru iplik eğirme" yöntemine göre üretimde, güve-yemezlik maddesinin liflerin yaş işlemi sırasında aplikasyonu için kullanılan klasik çalışma şeklini göstermektedir. Haşerelere karşı koruyucu madde, boya banyosuna yapak boyama işleminin başlangıcında ilave edilerek uygulanmaktadır. Klasik işlemde, boyama ve durulama flotteleri kanala boşaltılmakta ve lif tarafından alınmamış maddeleri de beraberlerinde taşıyabilmektedir. Boyanmış liflerden suyun santrifujleyerek veya sıkarak uzaklaştırılması sırasında da muhtemel bir artık kaynağı daha oluşmaktadır.

Yapak boyamada güve-yemezlik sağlayıcı madde emisyonunu azaltmak için önerilen işlem modifikasyonları şunları kapsamaktadır:
- asitle ard-işlem & durulama flottesinin tekrar kullanımı
- yapağıya orantılı şekilde fazla aplikasyon uygulama.

4.8.4.2.1 Asitle ard-işlem & durulama flottesinin tekrar kullanımı

Tanımlama

Şekil 4.29'da gösterilen yöntem, aşağıdakileri kapsamaktadır:
1. asitle ard-işlem: boyama koşulları, boyamanın sonunda bir asitleme adımını içerecek şekilde modifiye edilebilmektedir. Boyama flottesi pH'ının düşürülmesi (< 4.0), boyamanın sonunda güve-yemezlik sağlayıcı aktif maddenin lifler tarafından alımını artırarak, flottede kalan artık madde miktarını azaltmaktadır.
2. durulama flottesinin tekrar kullanımı: flottenin bir sonraki boyama için yeniden kullanımı, durulama flottesinden kaynaklanan artıkları elimine edebilmektedir. Bu çalışma şekli, elyafın makineden boyama teknesi boşaltılmadan çıkarılabilmesi veya makinede malın boşaltılıp doldurulması sırasında flottenin aktarabileceği harici bir flotte depolama tankının bulunması durumlarında uygulanabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Boyama işleminden gelen artıkların azaltılması. Haşerelere karşı koruyucu (IR) ürün aktif maddesi emisyonları, klasik işlemle karşılaştırıldığında, yaklaşık % 90 azalmaktadır.

Aşağıda tabloda verilen örnek, asitle ard-işlemin etkinliğini göstermektedir.

Atık su kaynağı	Yaklaşık atık su hacmi (l/kg)	Permetrin (mg/kg lif)		Artık miktarında sağlanan azalma
		Klasik İşlem	Formik asit ard-işlemiyle modifiye edilmiş işlem	
Boya banyosu	10	1,5	0,17	
Durulama banyosu	9	0,38	0,02	
Santrifüjden akan su	0,5	0,6	0,04	
Tüm proses		2,48	0,23	% 90,7
Kaynak: [32, ENco, 2001] Notlar. Hazır metal-kompleks boyalarla yapılan tek bir boyamadan elde edilen gösterge sonuçlar Permetrin aplikasyon miktarı: 60 mg/kg				

Tablo 4.37: Yapak boyamada oluşan gösterge emisyonlar

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Yukarıdaki teknikler, tüm tesislerde uygulanabilmektedir.

Bu güve-yemezlik tekniğinin, ürünün boyama sonrasındaki kalitesini etkileyebileceği bildirilmektedir [281, Belçika, 2002].

Ekonomiklik

Ard-işlemin tamamlanması için, ek bir süre (boyama işlemine ortalama 30') eklenmesi gerekmektedir. Verimlilik bundan dolayı azalmaktadır ve boya flottesini yükseltilmiş sıcaklıkta tutmak için gerekli olan enerji nedeniyle toplam enerji tüketimi de artmaktadır.

Referans işletmeler

Asitle ard-işlemin Birleşik Krallık'taki işletmelerde yaygın bir şekilde kullanıldığı bildirilmektedir. Birçok işletme, bu tekniği durulama flottesinin geri dönüşümü ile kombine ederek uygulamaktadır.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]

4.8.4.2.2 Yapağıya orantılı şekilde fazla aplikasyon uygulanması

Tanımlama

Bu teknik, işlem görmüş ve görmemiş liflerin birbirleriyle iyice karıştırılmasıyla elde edilen karışımın tamamındaki güve yemezlik sağlayıcı madde miktarı yeterli ise, tüm karışımın güve yemez olacağı esasına dayanmaktadır. Pratikte, bir veya daha fazla boyamaya gerekenden daha yüksek miktarda güve yemezlik sağlayıcı madde ilave edilerek, liflerin sadece bir kısmı işleme tabi tutulmaktadır. Geri kalan liflere ise işlem uygulanmamaktadır. Fazla aplikasyon uygulanmış ve hiç işlem görmemiş liflerin karıştırılması ise, mekaniksel harmanlama ile sağlanmaktadır.

Teknik, hem tek renk, hem de melanj renk efektlerine sahip ipliklerin hazırlanmasında kullanılabilmektedir. İşlem gören ve görmeyen liflerin oranı değişebilmektedir, fakat normalde karışımdaki toplam lif ağırlığının % 5'i ile 20'si arasında değişen bir kısmı işlem görmektedir.

Güve-yemezlik sağlayan maddelerle birlikte yapılan boyamaların sayısı azalmaktadır, fakat daha yüksek aplikasyon oranları nedeniyle, normal koşullar altında bu boyamalardan kaynaklanan emisyonlar artabilmektedir. Pratikte, bu teknikleri işletmelerin kullanmıyorlarsa, üretimlerinin çok küçük bir kısmı için atık su konsantrasyonlarını kontrol altında tutmak için boyama flottesinin tekrar kullanılmasını sağlayacak özel donanımları kurmaları gerekmektedir.

Bundan başka, hem kullanılmış boya flotteleri, hem de durulama flotteleri, makine konstrüksiyonlarının değiştirilmesi, drenaj sistemlerinin yenilenmesi ve flotte depolama tanklarının kurulmasıyla yeniden kullanılabilmektedirler. Renk kirletmesini azaltmak için boyama yöntemlerinin ve boyarmadde/yardımcı madde seçimlerinin revizyonu da gerekli olabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Özel tasarlanmış makinelerin kullanılması ve haşerelere karşı koruma sağlayan maddeyle toplam lif karışımlarının sadece % 5'inin işlenmesi, büyük miktarlardaki mamul halıya koruma sağlayan etkili bir yöntemdir. Böyle bir işletmeden gelen atık su emisyonlarının miktarı, 0,2 mg aktif madde/kg liften daha düşük olmaktadır. Bu da % 5'lik bir karışım oranı için 0,01 mg aktif madde/kg eğrilmiş ipliğe eşdeğer gelmektedir.

Yan etkileşimler

Klasik işlemlerle karşılaştırıldığında oluşması beklenmemektedir. Fakat yukarıda belirtildiği gibi özel boyama makinesi olmadan tek başına bu aplikasyon ve atık su geri dönüşüm sistemleri, IR maddesinin emisyonlarını yeterli derecede azaltmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Bu tekniğin uygulanabilmesi için özel olarak konstrükte edilmiş ekipmanın kullanılması gerekmektedir ve bu nedenle de boyahanelerin çoğunda uygulanamamaktadır.

Ekonomiklik

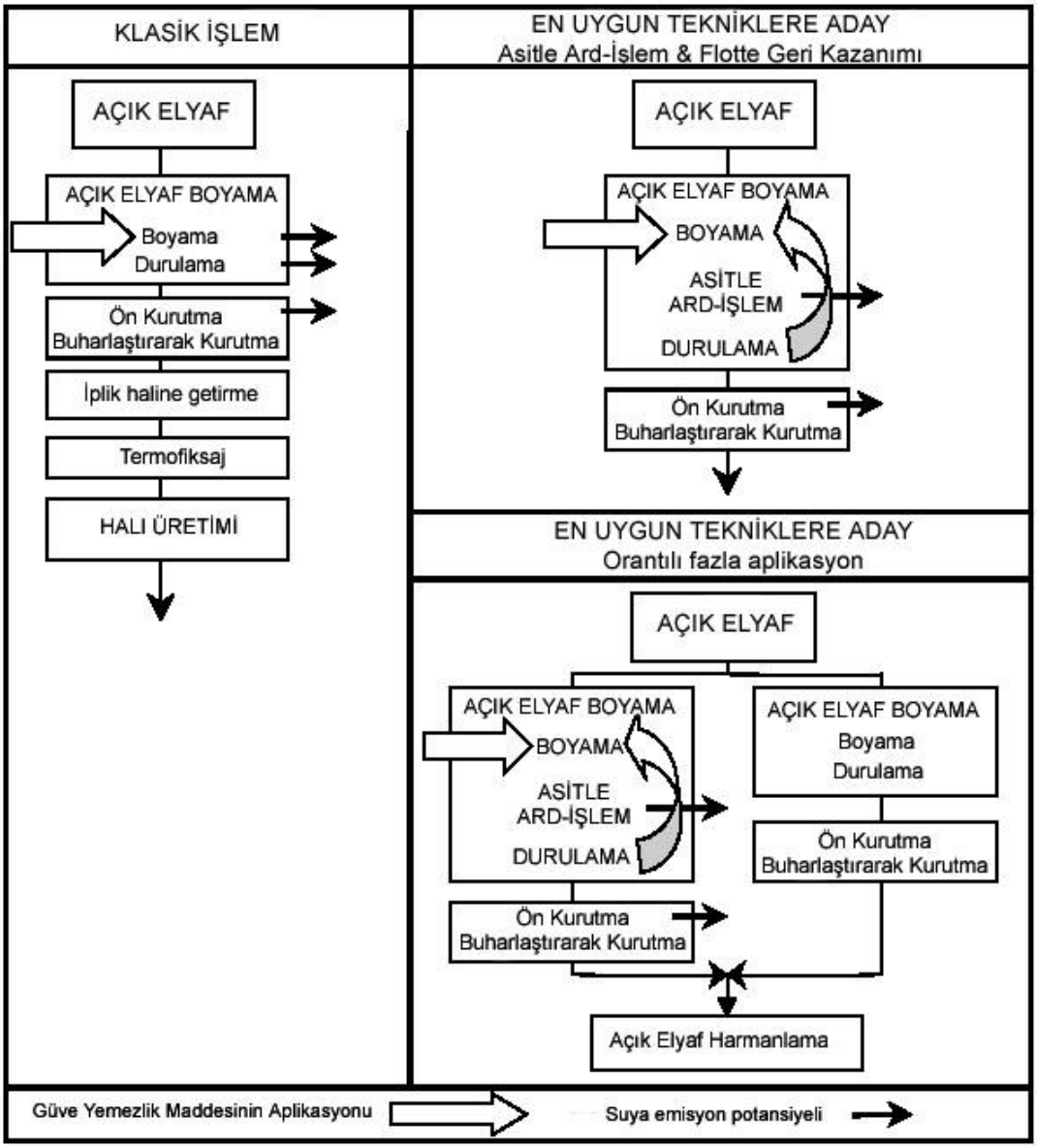
Gerekli özel ekipman, temin edilen malzemeyle işletmenin kendi imkanlarıyla imal edildiğinde maliyetin, 130.000 Euro'yu geçebileceği söylenmektedir.

Referans işletmeler

Birleşik Krallık'ta mevcut bir işletme bilinmektedir. Tasarım veya uygulama teknikleri hakkında herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]



Şekil 4.29: Kuru İplik Eğirme Yönteminde Güve-yemezlik İşlemi için İş Akışı [32, ENco, 2001]

4.8.4.3 Elyaf boyalı – iplik yıkamalı iplik üretimi sırasında haşerelere karşı koruyucu ürünlerin aktif madde emisyonlarını azaltmak için özel işlem modifikasyonları

Şekil 4.30, yapak boyama–iplik yıkama iş akışıyla üretilen ipliklere güve-yemezlik sağlayıcı maddelerin aplikasyonu için uygulanan klasik işlemi göstermektedir. Klasik işlemde haşerelere karşı koruyucu ürün, yapak boyanması sırasında aplike edilmektedir. Lif daha sonra ipliğe dönüştürülmekte ve işletme kirini ve iplik lubrikantlarını uzaklaştırmak için yıkanmaktadır.

Güve-yemezlik sağlayıcı madde emisyonları, boyama, durulama ve iplik yıkanması sırasında eğrilmiş iplikten uzaklaştırılan güve-yemezlik sağlayıcı maddenin yıkama flottesinde birikmesiyle oluşmaktadır.

Şekil 4.30'da, güve-yemezlik sağlayıcı maddenin emisyonlarını azaltmak için klasik işleme alternatif olarak uygulanabilen üç farklı modifikasyon gösterilmektedir:

- İşlem A: ürünün iplik yıkamada son teknede aplikasyonu – klasik, mevcut ekipman kullanılmakta ve boyama adımındaki emisyonlar elimine edilmektedir
- İşlem B: çok düşük hacimlerde işlem için tasarlanmış özel aplikasyon makinesi kullanılmaktadır – boyama işleminden gelen emisyonlar ile klasik yıkama teknesinde yapılan aplikasyonlardan gelen kaçak emisyonlar elimine edilmektedir
- İşlem C: haşerelere karşı koruma sağlayıcı maddelerin, özel köpükle aplikasyon makinesi kullanarak halının hav tabakasına direkt olarak aplikasyonu – ekipman doldurulmakta ve suya emisyon olmadan suyla işlem yapılabilmektedir.

4.8.4.3.1 İşlem A: Ürün iplik yıkamada son teknede aplikasyonu – klasik, mevcut ekipman kullanılmakta ve boyama adımındaki emisyonlar elimine edilmektedir

Tanımlama

Yapak boyanırken klasik boya teknesinde yapılan aplikasyon yerine, güve-yemezlik sağlayıcı madde, normal bir iplik yıkama makinesinin son teknesinde aplike edilmektedir.

Tipik olarak 1200-2000 litre hacimli normal yıkama tekneleri kullanılmaktadır. Güve-yemezlik sağlayıcı madde konsantratı, tekneye yıkanan miktarına göre hesaplanarak ilave edilmektedir. Aktif maddenin adsorpsiyonunu artırmak için işlem flottesine yıkanan iplik miktarına uygun olarak asit eklenmektedir. Teknedeki flotte, kullanılmaya devam edilemeyecek kadar kirlendiğinde boşaltılmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Klasik işlemlerle karşılaştırıldığında aktif madde emisyonlarında azalma. Emisyonların azaltılma derecesi, flotte kullanılamayacak kadar eşdeğer kirlenmeden önce işlem görebilecek olan iplik miktarına bağlıdır. Bir işletmede 92 mg aktif madde/kg yapağıya eşdeğer tipik emisyonlar tespit edilmiştir *(Allanach ve Madden, 9. Uluslararası Yün Tekstil Araştırma Konferansı Vol. 1, 182-190 (1995).*

İşlemsel veriler

Bu işlem, 1990'ların başında yüzey sularının Çevre Kalite Standartları yürürlüğe girinceye kadar Birleşik Krallık'ta yaygın bir şekilde uygulanmıştır. Daha sonra da güve-yemezlik maddelerinin boşaltımını sınırlayan katı ticari atık antlaşmaları gelmiş ve operatörler aşağıda tanımlanan İşlem B veya İşlem C alternatif işlem akışlarına yönelmişlerdir. Bu tecrübenin ışığında, iplik yıkamayla bağlantılı artık aplikasyon için BAT olarak mütalâa edilmemektedir.

Uygulanabilirlik

Teknik, mevcut herhangi bir iplik yıkama makinesinde uygulanabilmektedir. Normal olarak yıkama, durulama ve güve-yemezlik işlemlerinin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için minimum dört yıkama teknesi gerektirmektedir.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]

4.8.4.3.2 İşlem B: Flotte temizlenmesi ve geri dönüşümünü de içeren özel düşük hacimli aplikasyon ekipmanı kullanılarak güve-yemezlik aplikasyonu

Tanımlama

Yukarıda tanımlanan İşlem A'da karşılaşılan birçok eksikliği gidermek için özel aplikasyon ekipmanları geliştirilmiştir. Düşük işlem hacmi, hem flottenin kirlenmesini sınırlandırmakta, hem de kirlilikleri uzaklaştırmak için yapılan bir ara temizleme yardımıyla flottenin geri dönüşümünü sağlamaktadır. Kaçak emisyonları elimine etmek ve güve yemezlik maddesinin aplikasyon miktarları ile asidik işlem koşullarını kontrol etmek için elektronik ölçüm ve proses kontrolü uygulanmaktadır. Bu tasarıma sahip makineler, mini-tekneli, düşük tekne hacimli veya EnviroProof makineleri değişik isimlerle tanımlanmaktadırlar.

Yukarıda tanımlanan tipte bir makine, farklı çalışma modlarında çalıştırılabilmektedir:
- iplik partileri arasında flotteyi depolama – flotte kirlendiğinde kanala boşaltma
- partiler arasında flotteyi depolama ve flotte deşarjını elimine etmek için adsorptif flotte yenileme.

Düşük hacimli aplikasyon sistemindeki başka bir gelişme de, santrifüjden gelen atık flottelerin yüksek sıcaklıkta alkaliyle işleme sokulmasıdır. Bu yöntem, yüksek sıcaklıklarda hızlı bir şekilde hidrolize uğrayan sentetik pretroid esaslı haşereye karşı dayanıklılık sağlayıcı madde formülasyonlarının hepsi için uygulanabilmektedir. Bu reaksiyonda oluşan parçalanma ürünleri, omurgasız canlılar için ana moleküle nazaran çok daha az zehirlidir *(Hill, I. R. Pesticide Science. 1989, 27,429-465)* ve diğer atık sularla birlikte kanalizasyona güvenli bir şekilde boşaltılabilmektedir.

Yukarıda belirtilen teknik, ağır kirliliklerle adsorptif filtre sistemiyle başa çıkılamadığı durumlarda, teknedeki kullanılmış flotteyi arıtmak için de adapte edilmiştir.

Farklı bir çalışma şekli, santrifüj flottesinin diğer atık sulardan ayrılarak daha sonra boya banyosuna eklenmesi konusunu ele almaktadır. Flotte içindeki kirlilikler sebebiyle meydana gelebilecek küçük nüans değişimlerini telafi etmek amacıyla, genellikle koyu ton boyamalar tercih edilmektedir ve kullanılan santrifüj flottesi miktarı toplam boya flottesi hacminin sadece % 10-20'si kadarını oluşturmaktadır. Santrifüj flottesindeki aktif madde içeriği, orjinal reçetedekine benzer şekilde davranmakta olup, sıcak asidik boyama şartlarında lif tarafından adsorblanmaktadır. Bu işlemden kaynaklanan toplam artık miktarı, haşerelere karşı koruyucu madde boya banyosunda aplike edildiğinde oluşan miktarlarla benzer seviyelerdedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Özel aplikasyon makineleri, boyama işleminden kaynaklanan emisyonları ve klasik yıkama aplikasyonunda oluşan kaçak emisyonları elimine etmektedir.

Allanach ve Madden *(9. Uluslararası Yün Tekstil Araştırma Konferansı Vol. 1, 182-190 (1995))*, sırasıyla 22 ve 92 ton halı ipliği işleyen bir tesisten gelen permetrin miktarını tespit etmişlerdir. Yukarıda sözü edilen her iki işlem şekli de incelenmiştir (1. flotte kirlendiğinde kanala boşaltmak ve 2. boşaltmayı elimine etmek için flottenin adsorptif olarak yenilenmesi).

İşletmeden salınan permetrin miktarı, partilerin flottede temizleme yapılmaksızın işlendiği yöntemin uygulanması durumunda 0,97 mg/kg ve işlem flottesinin komple temizlenmesi ve geri dönüşümü ile çalışılan sistemde de 0,23 mg/kg olmaktadır. Her iki durumda da,

emisyonların önemli bir kısmı, işlem görmüş ipliklerin buharlaştırarak kurutma öncesinde santrifüjda sıkılmaları sırasında oluşmaktadır.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Bu tür donanımlar, herhangi bir kesintisiz iplik yıkama makinesine sonradan ilave edilebilmektedir. Teknolojinin hem çile, hem de kesintisiz iplik işleme makinelerine uygulanabilen alternatifleri bulunmaktadır.

Ekonomiklik

Yukarıda tanımlanan düşük hacimli aplikasyon sistemlerinin, hem ticari, hem de işletmede imal edilmiş çeşitleri bilinmektedir. Mevcut bir yıkama hattı üzerine monte edilebilen ticari bir donanım (EnviroProof), normal olarak yıkama kısmının sonunda yer alan sıkma merdanelerinin iyileştirilmesiyle birlikte, kimyasal dozajlama ve flotte yönetimine ait tüm kontrol imkanlarını da içermektedir. Yatırım maliyetleri, yaklaşık 185000 Euro civarındadır. Bu donanıma eklenen bir kimyasal dozajlama sistemi ile aplikasyon seviyesinin iplik kapasitesine orantılı olarak hassas bir şekilde ayarlanabilmesi mümkün olmaktadır. Sonuç olarak, işlem görmüş ipliğin, haşerelere karşı dayanıklılığından fedakarlık edilmeksizin, nominal aplikasyon seviyesi düşürülebilmektedir. Bu tasarrufların büyüklüğü işletmeden işletmeye değişebilmektedir, fakat genellikle bir ton iplik için yaklaşık 7 Euro gibi bir tasarrufa karşılık gelen, % 50'lik bir düşüş görülmektedir.

Santrifüj kalıntılarının ve yüksek oranda kirlenen flottelerin işletmede alkali hidroliz tekniğiyle işlenmesi ve kontrol edilmesi için ekipmanlar genellikle belli işletme koşullarına ve yer durumuna uygun bir şekilde işletme imkanlarıyla imal edilmektedirler. Ekipmanların kompleksliğine bağlı olarak, maliyetlerin, 7000 Euro'dan daha fazla olabileceği tahmin edilmektedir. Enerji maliyeti hariç işletme maliyetleri, 1,4 Euro/m^3 civarında olmaktadır.

Referans işletmeler

Birleşik Krallık'ta önemli sayıdaki işletme, yukarıda belirtilen düşük hacimli aplikasyon tekniklerinin çeşitli varyasyonlarını ve hem çile, hem de kesintisiz durumdaki ipliklere haşerelere karşı koruyucu işlemlerin uygulanması sırasındaki kullanılmış flotte kontrol sistemlerini kullanmaktadırlar. Ayrıca Avrupa ve Yeni Zellanda'da benzer sistemlerin uygulandığı işletmelerin bulunduğu bilinmektedir.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]

4.8.4.3.3 İşlem C: Halıların hav tabakasına köpük teknolojisi ile haşerelere karşı dayanıklılık apresi aplikasyonu

Tanımlama

Şekil 4.30, bu aday tekniğin iplik üretim işleminin bir kısmını oluşturmadığını göstermektedir. Bu durumda haşereden koruyucu madde, sırt kaplama veya lateksleme işlemleri sırasında, doğrudan halının hav tabakasına uygulanmaktadır. Geliştirilen özel ekipmanla işletmede oluşturulan ve haşereden koruyucu madde içeren oldukça yoğun bir köpük, özel profilli bir aplikasyon kafası yardımıyla halılara aplike edilmektedir. Bu, kesintisiz bir işlemdir ve sırt kaplama/lateksleme ile eşzamanlı olarak uygulanabilmektedir. Köpük kullanımı su aplikasyonunu en aza indirmektedir. Köpük, istenildiğinde ihtiyaca

göre korunmuş bir alanda üretilmekte ve durulama suyu geri kazanılarak bir sonraki köpük flottesinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. İşletmedeki atık su hatlarına hiçbir emisyon gerçekleşmemektedir. İşlemin tamamen etkili olabilmesi için, işlemdeki aktif maddenin halı hav tabakasının zeminine penetrasyonunun gerçekleşmesi gerekmektedir.Penetrasyonu, hav tabakasının sıklığı, köpük yoğunluğu ve köpüğün şişme oranı belirlemektedir. Bu teknoloji ile ilgili teknik hususlar Allanach ve Greenwood *(9. Uluslararası Yün Tekstil Araştırma Konferansı Notları Vol.3,325-332, 1995)* tarafından tanımlanmaktadır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Durulama flottesinin yeniden kullanıldığı sistemlerle çalışıldığında, atık su oluşmamakta ve güve yemezlik aktif maddesinin sulu ortama emisyonu elimine edilebilmektedir.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Teknik, güve-yemezlik bitim işleminin direkt olarak halıların hav tabakasına uygulanması esasına dayanmaktadır, bu nedenle sadece nihai ürün olan halıların üretildiği işletmelerde uygulanabilmektedir. Fason boyama yapanların ve satmak için iplik üretenlerin bu tekniği uygulamaları olanaksızdır. Pratikteki tecrübeler, hav sıklığı yoğun olan bazı tafting ve dokuma halılarda, köpüğün hav tabakası zeminine penetrasyonunun gerçekleşmesinin zor olabildiğini göstermektedir. Bazı hav yapılarının yüzeyine uygulanan köpükle aplikasyonun, bitmiş mamül halının yüzey görünümünde istenilmeyen değişikliklere neden olduğu da bilinmektedir ve bu etkilerin her tip için ayrı ayrı saptanması gerekmektedir. Havların zemininin de haşere zararlarına karşı yeterince korunmasını sağlamak için, iplik aplikasyon tekniklerine nazaran biraz daha yüksek oranlarda bir aplikasyon gerekmektedir. Köpük, halıya daha sonra buharlaştırılarak uzaklaştırılması gereken nem kazandırmaktadır, dolayısıyla lateks veya sırt kaplamanın fikse edilmesi için gerekene ilaveten ek bir kurutma kapasitesine de ihtiyaç duyulabilmektedir.

Ekonomiklik

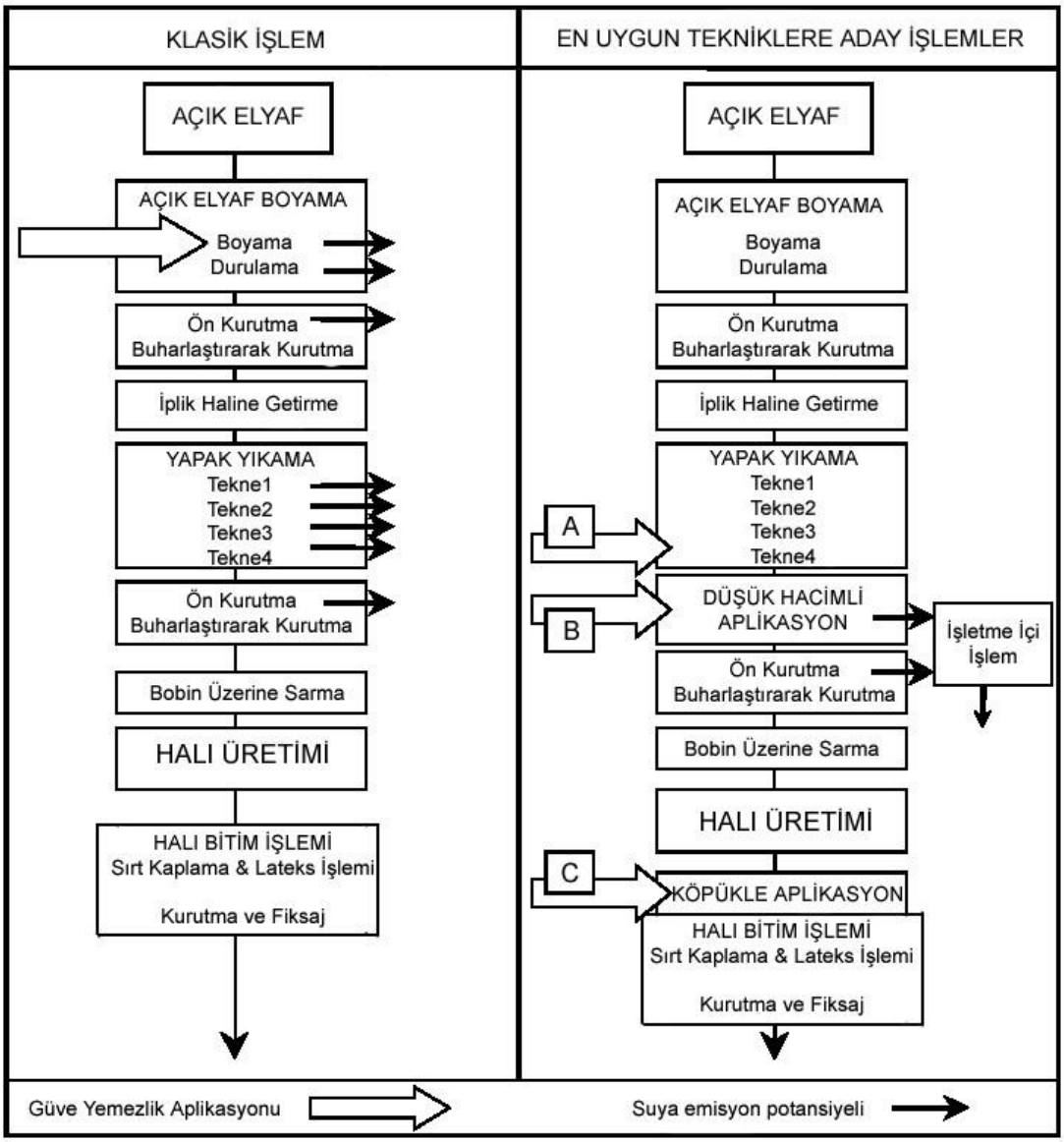
Düşük miktarda nem ilavesiyle düzgün bir köpük aplikasyonu sağlayabilmek için, özel tasarlanmış bir ekipmana ihtiyaç duyulmaktadır. Dokümanın kaleme alınması sırasında, haşerelere karşı dayanıklılık sağlayıcı işlem için ticari olarak piyasada bulunan sadece tek bir sistem belirlenmiştir. Yeni ekipman, işletme alanının müsait olması durumunda, yaklaşık 160000 Euro'luk bir maliyetle mevcut halı üretim hattına ilave edilebilmektedir. Halı konstrüksiyonuna bağlı olarak, ilave kurutma kapasitesinin kurulması veya alternatif olarak bitim işlemi hattının daha yavaş bir şekilde işletilmesi gerekebilmektedir. Daha yüksek aplikasyon miktarlarına ihtiyaç duyulması nedeniyle, kimyasal madde maliyetleri güve-yemezlik bitim işlemlerinin ipliklerin yaş işlemleri sırasında uygulanmasına nazaran yaklaşık iki kat daha yüksek olmaktadır.

Referans işletmeler

Bu teknik, Birleşik Krallık ve Avrupa'daki birçok halı üreticisi tarafından uygulanmaktadır.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]



Şekil 4.30: Açık elyaf boyamalı-iplik yıkamalı üretimde güve-yemezlik işlemi için işlem haritası [32, ENco, 2001]

4.8.4.4 İplik halindeyken boyanan ürünlerin işlenmesi sırasındaki haşerelere karşı koruyucu aktif madde emisyonlarını azaltmak için özel işlem modifikasyonları

Şekil 4.31, iplik halindeyken boyanan halı ipliklerine, klasik yönteme göre güve yemezlik işlemi uygulanmasının aşamalarını göstermektedir. Bu yöntemde, uygulanması gereken kadar güve-yemezlik maddesi boyamanın başlangıcında boya teknesine ilave edilerek, güve-yemezlik işlemi boyamayla aynı anda yapılmaktadır.

Boya flottesinin sıcaklığı arttıkça, aktif madde lifler tarafından adsorbe edilmektedir. Bu adsorptif işlem, kaynama sıcaklığına erişildiğinde bir dengeye ulaşmaktadır ve aktif maddenin % 98'inden fazlası lifler tarafından alınmaktadır. Kullanılmış boya flottesinin içerdiği aktif madde kalıntısı konsantrasyonları boyama şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Asidik boyama koşullarında (pH<4), flottede kalan miktar en düşük seviyelerde olmaktadır. Boyamanın, ön metallenmiş boyarmaddelerle boyama işlemlerinde

olduğu gibi, daha nötr bir ortamda gerçekleştirilmesi durumunda ise, flottede kalan kalıntı miktarı da daha yüksek seviyelerde olmaktadır.
Boyama işlemini izleyen durulama döngüsü de aktif madde kalıntısı içerebilmektedir. Klasik yöntemde tüm bu kullanılmış flotteler işletmenin atık su seyreltme deposuna boşaltılmaktadırlar. Boyanmış ipliğin santrifüjlanması sırasında atılan flotte de, eser miktarlarda aktif madde içerebilmektedir.

Her bir boyamanın fiilen birbirinden farklı şekilde gerçekleşmesi nedeniyle, klasik yöntemde oluşan emisyonlar, birbirleriyle ilişkili çok sayıda değişkene bağlı olmaktadırlar. Pratik olarak boyama sonuçları üzerinde en önemli etkiye sahip olan parametrenin boya banyosu pH'ı olduğu düşünülmektedir ve çok sayıda boyamadan elde edilen emisyon değerleri, aşağıda verilen değer aralıklarında yer almaktadırlar *(Enco Environmental Network, yayınlanmamış)*:

pH<4'deki boyamalarda	0,1-0,4 mg/kg iplik
pH>4'deki boyamalarda	2,0-7,0 mg/kg iplik

Şekil 4.31'in incelenmesi, klasik işlemle karşılaştırıldığında güve-yemezlik maddesi emisyonlarını en aza indirebilecek dört adet alternatif işlem modifikasyonunun (1'den 4'e kadar numaralandırılan) bulunduğunu göstermektedir. Bu alternatiflerden ikisi, açık elyaf boyama ve iplik yıkama şeklindeki iplik üretim akışında oluşan emisyonların en aza indirilmesi konusundaki yukarıda yer alan bölümde tanımlanan, kesintisiz düşük hacimli aplikasyon (İşlem 2) ve köpükle aplikasyon (İşlem 4) yöntemleridir. Sadece iplik boyamalı üretim hattı için uygun olan iki aday teknik (İşlem 1 ve İşlem 3) ise, aşağıda tanımlanmaktadır.

4.8.4.4.1 İşlem 1. Asidik koşullar altında ard-işlem

Tanımlama

Bu yöntemde, güve-yemezlik işlemi boyama sonrasında durulama işleminin ardından, bir ard-işlem olarak ayrı bir banyoda gerçekleştirilmektedir. Güve yemezlik maddesinin lif tarafından optimum seviyede alımını sağlayabilmek için, ard-işlem banyosuna asit ilave edilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

İşlem, herhangi bir geciktirici kimyasalın olmadığı bir ortamda ve güve-yemezlik maddesinin adsorpsiyonu için optimal bir pH'ta yapılmaktadır. Atık suda kalan aktif madde miktarı, genellikle 0,1-0,4 mg/kg arasında olmaktadır.

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Birçok boyahanede, yün ve yünlü karışımların boyanmaları, nihai üründe istenen özellikleri sağlamak için özel olarak seçilen boyarmaddelere bağlı olarak çok farklı boyama koşullarında gerçekleştirilmektedirler. Bu yöntem, güve-yemezlik maddesinin alımı için optimal olmayan koşullarda boyanması söz konusu ipliklere uygulanabilecek bir yöntemdir. Pratikte bu teknik, boyama koşulları flotte pH'ının 5'ten daha yüksek olmasını gerektirdiği durumlarda, iplikleri güve-yemez hale getirmek için kullanılmaktadır.

Ekonomiklik

İşlem, esas boyama işleminin hacmine eşit bir hacimdeki ek bir ard-işlem banyosunun kullanımını gerektirmektedir. Makine tasarımına ve işlem gören iplik miktarına bağlı olarak su tüketimi, 15 ile 25 m^3/ton arasında değişmektedir. Uzayan işlemi tamamlamak için gerekli ek süreyle birlikte, ard-işlem banyosunun sıcaklığını boyama sıcaklığına yükseltmek üzere ek enerji de gerekmektedir.

Referans işletmeler

Birleşik Krallık'taki boyahanelerde bu teknik, aksi taktirde kabul edilemez derecede yüksek miktarlardaki kalıntıların oluşacağı boyamalardan gelen emisyonları azaltmak için kullanılmaktadır.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]

4.8.4.4.2 İşlem 2. Düşük hacimli yarı-kesintili aplikasyon

Tanımlama

Temel teknik ve ekipmanlar, açık elyaf boyamalı ve iplik yıkamalı üretimdeki güve yemezlik işlemi ile ilgili bölümde tanımlanmaktadır. Yapakta olduğu gibi, çile halinde boyanmış ipliklerin işlenmesi için de, aynı ekipman kullanılabilmektedir. Bu durumda sadece düşük hacimli bir aplikasyon teknesi ve sıkma silindirlerinden oluşan ayrı bir makine gerekebilmektedir veya alternatif olarak klasik yıkama hattının sonundaki mevcut bir makinenin besleme kısmı, çilelerin yıkama makinesi ile düşük hacimli aplikasyon teknesi arasında alınmasını sağlayacak şekilde modifiye edilebilmektedir.

Bu aplikasyonda daha önce boyanmış ipliklerden gelen boya artıklarıyla kirlenen işlem flottesi, önemli bir sorun oluşturabilmektedir ve ipliklerin iyi yaş haslıklara sahip boyarmaddelerle boyanmaları gerekmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Bkz. önceki bölüm (İşlem B).

Uygulanabilirlik

Teknik, iplik boyamalarının iyi yaş haslıklara sahip boyalarla gerçekleştirildiği durumlarda uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik

Bkz. önceki bölüm (İşlem B).

Referans işletmeler

Bu teknikle, iplik boyamalı, güve-yemez özellikte üretim yapan bir boyahane bilinmektedir, fakat bununla ilgili ayrıntılı bilgi bulunmamaktadır.

Referans literatür

[32, ENco, 2001]

4.8.4.4.3 İşlem 3. Güve-yemezlik sağlayıcı maddelerin modifiye edilmiş bir santrifüjde aplikasyonu

Tanımlama

Teknik, modifiye edilmiş bir flotteli santrifüjün kullanımı esasına dayanmaktadır. Santrifüj dönerken merkezde bulunan bir püskürtme başlığından püskürtülen flottenin, santrifüj içine yüklenen ipliklere nüfuzunun sağlanmasında merkezkaç kuvvetinden yararlanılmaktadır. Santrifüjden boşalan flotte, ya bir yerde toplanıp geri dönüştürülmektedir ya da diğer atık su akıntılarından ayrılarak, içerdiği aktif madde kalıntılarını uzaklaştırmak için işleme tabi tutulmaktadır. Teknik, Allanach tarafından *(8. Uluslararası Yün Tekstil Araştırma Konferansı Notları, Vol.4, 568-576, 1990)* ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Atık sulara boşaltılan güve-yemezlik sağlayıcı madde kalıntıları miktarında azalma.

Uygulanabilirlik

Teknik, santrifüjde, santrifüjün drenaj sisteminde ve kullanılmış flotteye işlem uygulama imkanlarının sağlanmasında, modifikasyonlara ihtiyaç duymaktadır. Bunlar, alkali hidrolizi veya fiziksel ayırma tekniği şeklinde olabilmektedir. Esasında başlangıçta sistem, güve yemezlik sağlayıcı maddelerin lif tarafından alımını desteklemek amacıyla, işlem flottesinin ısıtılarak kullanılması ve işlem flottesinin partiler arsasında geri dönüşümü şeklinde tasarlanmıştır. Ancak böyle bir tesis ile ticari olarak hiç çalışılmamıştır, fakat sistemin değiştirilmiş şekilleri kullanılmıştır. Renk değişim riski nedeniyle, flottenin partiler arasında yeniden kullanılması zor olabilmektedir. Dolayısıyla teknik her zaman uygulanamamaktadır ve bu nedenle sanayi tarafından yaygın olarak benimsenmemiştir.

Ekonomiklik

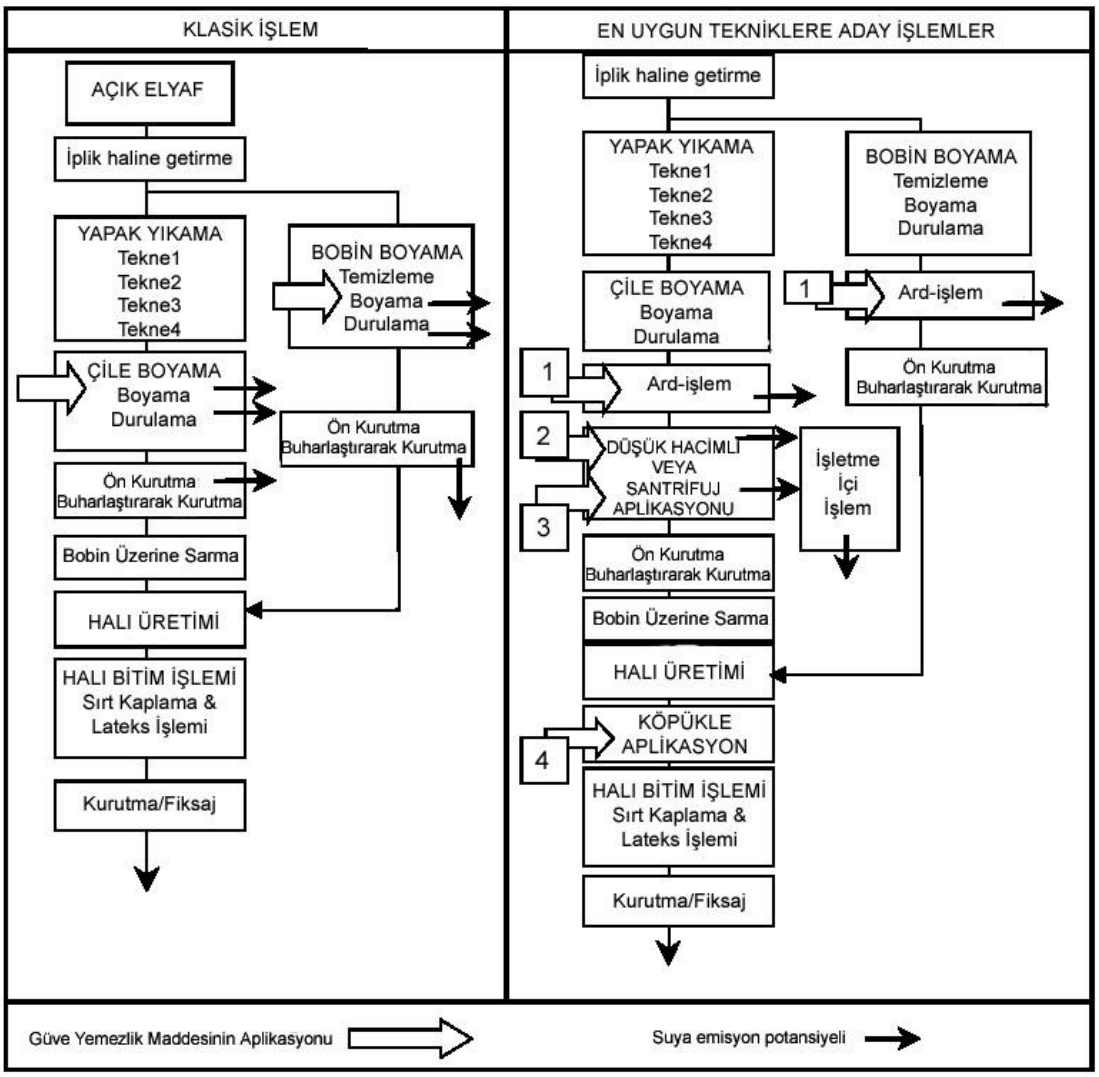
Piyasada hazır ticari üniteler bulunmamaktadır. Mevcut bir santrifüjün modifikasyonu ve yardımcı ekipmanların tedarik edilmesinin yaklaşık 30000 Euro'ya mal olacağı tahmin edilmektedir.

Referans işletmeler

Birleşik Krallık'ta yukarıda tanımlanan yöntemin bir varyansını uygulayan bir işletme bilinmektedir, fakat bununla ilgili detaylı bilgi sağlanamamıştır.

Referans literaür

[32, ENco, 2001]



Şekil 4.31: İplik boyamalı üretimde güve-yemezlik işlemi için işlem haritası [32, ENco, 2001]

4.9 Yıkama

4.9.1 Kesintili yıkama ve durulama işlemlerinde su & enerji tasarrufu

Tanımlama

Yıkama ve durulamalar, tekstil sanayiindeki en yaygın iki işlemdir. Yıkama etkinliğinin optimizasyonu önemli miktarda su ve enerji tasarrufu sağlayabilmektedir.

Kesintili yöntemler için tipik yıkama ve durulama teknikleri şunlardır:

- doldurup boşaltma durulamaları
- taşırmalı veya "taşar" durulamalar

Taşırmalı durulamalarda, makineye temiz su beslenmekte ve genellikle normal çalışma seviyesindeki bir taşırma bendinden de boşaltılmaktadır. Bu teknik, düşük kalitedeki su ve kimyasal madde kullanımından veya yetersiz ön-terbiyeden kaynaklanan yüzeysel kirlilikleri uzaklaştırmak için faydalıdır, fakat özellikle yüksek flotte oranlarında çalışan makinelerde verimsiz su tüketimine neden olmaktadır.

Daha iyi seçenekler şunlardır:

A) *Doldurup boşaltma* yöntemi [205, M. Bradbury, 2000]

Doldurup boşaltma yöntemi, su tüketimi açısından daha etkili bir yöntemdir. Burada durulama işlemi, birbirini izleyen doldurma, çalışma ve boşaltma adımlarıyla yapılmaktadır. Bu yöntemde rol oynayan çeşitli faktörler arasında, flotte oranı ve boşaltma süresinin durulama verimine etkilerinin, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplandığı şekilde, dikkate alınmaları gerekmektedir.

$C_f = C_s$ x R/L.R. :

C_f = bir sonraki durulama banyosundaki yabancı madde konsantrasyonu
C_s = bir önceki banyodaki yabancı madde konsantrasyonu
R = materyalin flotte tutma kapasitesi (veya carry-over) (l/kg)
L.R. = flotte oranı (l/kg)

Eşitlikten düşük flotte oranlarında çalışılması durumunda, aynı durulama etkisini sağlamak için daha fazla durulama adımına gerek olduğu, fakat aslında daha az miktarda su kullanıldığı görülebilmektedir. Pamuğun reaktif boyalarla boyanması için verilecek izleyen örnekte de, bu durum açık bir şekilde görülmektedir. 1:15 flotte oranında ve 60 g/l elektrolit içeren bir kullanılmış boya flottesinin boşaltılmasından sonra, flotte taşıma (carry-over) kapasitesi 3 l/kg (R) olan bir materyalin işleme alındığı varsayıldığında, tek bir doldurup/boşaltma şeklindeki durulama banyosunun elektrolit konsantrasyonu (C_f) 12 g/l ve ikinci doldurup/boşaltma işleminden sonraki konsantrasyon ise 2,4 g/l olacaktır. Flotte oranı 1:7'ye düşürüldüğünde ise, birinci ve ikinci durulamalardaki C_f değerleri, sırasıyla 26 g/l ve 11 g/l olmaktadır.

Buna ilaveten, makinedeki materyal, bir önceki flottenin az veya çok bir kısmını beraberinde taşıyabilmektedir ve bu miktar R parametresi (tutma kapasitesi veya carry-over) olarak tanımlanmaktadır. Bu değer, boşaltmanın tam olarak gerçekleştirilmesi (boşaltma sürelerini uzatarak) veya bazı makinelerde (örneğin, bobin boyama, açık elyaf boyama) flottenin yıkama adımları arasında basınçlı hava ile veya vakumla emerek uzaklaştırılması sayesinde azaltılabilmektedir.

Klasik doldurup & boşaltma durulama yöntemlerinin başlıca dezavantajları:
- üretim verimliliğin düşmesi anlamına gelen, daha uzun işlem süreleri
- ilk durulama sırasında materyalin ısıl şoka uğraması
- durulamalar arasında flotte boşaltılırken yüzeysel kirliliklerin materyal üzerine çökmesi. Bu durum özellikle makinenin soğuk su ile doldurulması halinde, uzaklaştırılan kimyasalların ve kirliliklerin tekrar tekstil materyali üzerine çökmesi anlamına gelmektedir.

Modern makinelerde, işlemi kısıtlayan tüm bu sorunlar, çözüme kavuşturulmuştur.

Çalışma süresi ile ilgili olarak, makineler, çalışma sürelerinin klasik "taşırmalı" durulamalara nazaran daha kısa olmasını sağlayıcı özel sistemler (güçlü doldurma ve boşaltma, birleştirilmiş soğutma ve durulama, tam hacimli ısıtılan tanklar) ile donatılmaktadırlar.

İlk durulama adımındaki ısıl şok, "*birleştirilmiş soğutma ve durulama*" sisteminin kullanılmasıyla önlenebilmektedir. İşlem gören tekstil materyaline soğutma ve durulama işlemlerinin eş zamanlı olarak uygulanabildiği bu sistem, modern makinelerde oldukça yaygın bir özelliktir. Temiz su, ya makinenin ana ısı eşanjöründen ya da makinenin

dışındaki yüksek-etkili plakalı ısı eşanjöründen geçirilip ön-ısıtması yapıldıktan sonra, jet/overflow düzelerine gelmektedir. Sonra da kirlenmiş atık flotte boşaltılmaktadır.
Materyal üzerine yüzeysel kirliliklerin çökmesi, doldurup boşaltma yönteminin bir handikapıdır. Bu nedenle kesintili yönteme göre çalışan boyama makineleri, istenildiğinde "doldurup boşaltma" veya "akıllı durulama" yöntemlerinin uygulanmasına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmaktadırlar. Bunlardan aşağıda tanımlanan ikinci yöntemin esasını, doldurup boşaltma moduna geçmeden önceki ilk durulama adımında "kontrollü taşırma" yönteminin uygulanabilmesi oluşturmaktadır.

B) "*Akıllı durulama*" sistemleri [205, M. Bradbury, 2000]

Akıllı durulama sistemlerinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için, özellikle düşük flotte oranında çalışan makinelerle çalışılması gerekmektedir. Durulama, temiz suyun makineye alınması ve makine tabanına yakın bir yerde bulunan bir taşırma bendinden boşaltılması ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, makineye temiz su girişi, alt seviyedeki taşırma ile boşaltılan flotte miktarıyla orantılı bir şekilde ayarlanmaktadır. Klasik taşırmalı durulamalara nazaran seyreltme etkisi, makinede sirküle edilen kirli flotte hacminin düşürülmesi sayesinde, artmaktadır. Teknik, özellikle durulamalarda sıcak su kullanıldığında etkili olmaktadır. Bu da, yukarıda tanımlandığı gibi, işlem gören tekstil ürünlerinin soğutma ve durulama işlemlerinin aynı anda gerçekleşmesini sağlayan "birleştirilmiş soğutma ve durulama" sistemleri kullanılarak verimli bir şekilde yapılabilmektedir.

Ard arda yapılan durulamaların sonunda flottedeki yabancı çözünmüş madde konsantrasyonu, aşağıda verilen eşitlikte görüldüğü gibi olmaktadır:

$C_f = C_s \times \exp-(R.t/V_k)$:

C_f = nihai, yabancı madde konsantrasyonu
C_s = başlangıçtaki yabancı madde konsantrasyonu
R = temiz su girişi besleme hızı (l/dk)
t = durulama süresi (dk)
V_k = teknedeki flotte hacmi (l).

Flotte oranı, işlemi etkileyen belirleyici faktördür: flotte hacmi ne kadar yüksek olursa, eşit besleme hızındaki flottelerle aynı durulama etkilerinin sağlanması için yükseltilirse durulama süresi de (ve bu yüzden su tüketimleri de) o oranda artmaktadır. Flotte besleme hızı R de, durulama verimliliğini belirgin şekilde etkilemektedir. Flotte besleme hızı azaldığında, daha uzun durulama sürelerine ihtiyaç duyulmakta, fakat sonuçta su tüketimi değişmeyebilmektedir.

Önceden saptanan tuz konsantrasyonlarına (reaktif boyalar kullanıldığında) düşüldüğünde sinyal veren on-line iletkenlik ölçüm sistemlerinin veya optimal durulama etkisine ulaşıldığını gösteren cihazların da kullanılmasıyla daha ileri düzeyde işlem optimizasyonları da sağlanabilmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Doldurup boşaltma ve akıllı durulama yöntemlerinin her ikisi de, su tüketimi açısından klasik taşırmalı durulamalara göre daha etkindirler.

Doldurup boşaltma yöntemi dikkate alındığında, her bir taşırarak durulama yerine 2-4 defa "doldurup boşaltma" şeklinde durulama yapılması durumunda, su tüketiminde % 50-75 oranında bir düşüş sağlanabilmektedir.

Genellikle sıcak ve ılık durulama adımları da söz konusu olduğundan su tüketiminin azaltılması enerji tüketiminin de azalması anlamına gelmektedir. Ayrıca birleştirilmiş soğutma ve durulama teknikleriyle de enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
Klasik taşırmalı yöntemle karşılaştırıldığında, hem "akıllı durulama", hem de doldurup boşaltma yöntemlerinin bir temel özelliği de, kullanılmış konsantre boyama flotteleriyle durulama sularının ayrı ayrı muhafaza edilmesinin mümkün olmasıdır. Bu özellik, bu flottelerin yeniden kullanılabileceği veya en azından ayrı ayrı işleme alınabileceği ve böylece ısı enerjisi geri kazanımının sağlanabileceği anlamına gelmektedir.

İşlemsel veriler

Herhangi bir verimliliği arttırma çalışmasında olduğu gibi, yeni ekipmanın yararlarından tam anlamıyla yararlanılabilmeyi sağlamak için ilk adım, olanakların tam bir denetiminin (ve olası iyileştirilmenin) yapılması olmalıdır [205, M. Bradbury, 2000].

Yan etkileşimler

Oluşması beklenmemektedir.

Uygulanabilirlik

Doldurup boşaltma tekniği genel olarak, hem yeni, hem de kullanılmakta olan makinelere uygulanabilmektedir, fakat düşük flotte oranlarında çalışan ve zaman tasarrufu sağlayıcı son sistemlerle (güçlü doldurma ve boşaltma, birleştirilmiş soğutma ve durulama, tam hacimli ısıtmalı tanklar, vs.) donatılmış makinelerde daha etkili olmaktadır.

Akıllı durulama konsepti, özellikle kumaş durulama işlemleri ile ilgili problemlerin çözülmesi için geliştirilmiştir.

Günümüzde, hemen hemen tüm yeni jet ve overflow makinelerinde hem "akıllı durulama", hem de "hızlı doldurup boşaltma" sistemleri bulunabilmektedir [288, MCS, 2002].

Aynı durum "birleştirilmiş soğutma ve durulama" sistemleri için de geçerlidir. Yeni boyama makinelerinin çoğu, kumaşa soğutma ve durulama işlemlerinin aynı anda uygulanmasını sağlamak için birtakım sistemlere (örneğin, dahili ısı eşanjörlerine sahip ve makinenin nominal çalışma hacmini besleyebilecek büyüklükteki stok tankları) sahiptir.

Ekonomiklik

"Akıllı durulama" ve "hızlı doldurup boşaltma" yöntemleri, sadece su ve enerjinin etkili kullanımını sağlayarak değil, aynı zamanda işlem süresini kısaltarak da, toplam üretim maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadırlar.

Klasik doldurup & boşaltma tekniğinin uygulanmasının kolaylığına (yani yeni makine yatırımına gerek olmamasına) karşılık, bu teknik tek başına işlem süresinde düşüş ve verimlilikte artış sağlayamamaktadır.

Uygulama için itici güçler

İlk seferde doğru üretim performansından fedakârlık yapılmaksızın, üretim süresinde düşüş (verimlilikte artış) sağlanması, yöntemin uygulanması için temel itici güçtür.

Referans işletmeler

Dünya çapında birçok işletme.

Referans literatür

[205, M. Bradbury, 2000], [176, VITO, 2001], [288, MCS, 2002].

4.9.2 Kontinü (kesintisiz) yıkama ve durulamalarda su ve enerji tasarrufu

Tanımlama

Bir önceki bölümde değinildiği gibi, terbiye işlemlerinin çoğu yıkama ve durulama adımlarını içermektedir. Özellikle kontinü çalışmalarda, boyama, baskı, vs. sonrası yapılan yıkamalar, boyama ve baskı adımlarının kendilerinden daha fazla miktarda su tüketmektedirler.

Su (ve enerji) tasarrufu, yıkama verimliliğinin arttırılması ile sağlanabilmektedir, ancak basit düşük teknoloji (iyi kullanım) önlemlerinin uygulanması ile de genellikle önemli gelişmeler elde edilebilmektedir.

A) Su akışının kontrolü

Pratikte, işletmeler su kullanımını nadiren ölçmekte ve kontrol altına almaktadırlar. Her işletmenin, su kullanımını belgelemek ve değerlendirmek için, makinelerin her birine monte edilebilen su sayaçları bulunmalıdır. Tecrübeler, yıkama makinelerine ucuz akış kontrol cihazlarının montajından sonra su miktarında belirgin azalmalar meydana geldiğini göstermiştir [167, Comm., 2000]. Ürün kalitesinin istenen seviyeyi sağlaması için gerekli optimum akışın belirlenmesi amacıyla, sistematik bir prosedür uygulanabilmektedir.

Sistemdeki ana tahrik mekanizmasını su akışına bağlayan otomatik durdurma valfleri, bir duruş gerçekleştiği anda su akışını keserek önemli ölçüde su ve enerji tasarrufu sağlamaktadırlar. Manuel kontrol ile 30 dakikayı geçmeyen duruşlarda su akışı kesilmeyebilmektedir [146, Energy Efficiency Office UK, 1997].

B) Yıkama verimliliğinin artırılması

Birçok faktör yıkama verimliliğini etkilemektedir (örneğin, sıcaklık, işlem süresi, flotte/madde değişimi, vs.). Yıkama makinelerinde uygulanan teknikler, büyük ölçüde yıkanacak kumaşın tipine (örneğin, hafif veya ağır gramajlı kumaşlar, vs.) bağlıdır. Modern yıkama makinelerinde uygulanan iki temel prensip/strateji: ters akım prensibi ve carry-over'ın (kumaştaki kirli suyun/flottenin) azaltılmasıdır.

Ters akım prensibi, son yıkama teknesindeki en az kirlenmiş suyun sondan bir önceki teknede tekrar kullanılması ve suyun bu yöndeki hareketinin boşaltılacağı ilk tekneye ulaşıncaya kadar devam etmesi anlamına gelmektedir. Bu yöntem nispeten basit ve ucuzdur ve kesintisiz haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma, boyama veya baskı işlemlerinden sonraki yıkamalarda uygulanabilmektedir [11, US EPA, 1995].

Dahili ters akım (ve geri dönüşüm) imkanlarına sahip bir yıkama makinesi konfigürasyonu, tekrar sirküle edilen suyu kumaşa püskürten ve merdaneler yardımıyla sıkılarak kumaştan bir kartere akan atık suyun filtre edildikten sonra tekrar sirküle edildiği ters akımlı dikey yıkama makinesidir. Bu konstrüksiyon, düşük su kullanımı ile verimliliği yüksek bir yıkama sağlamaktadır. Daha az miktarda su ısıtılacağından, enerji kullanımı da önemli ölçüde azalmaktadır [11, US EPA, 1995].

Carry-over'ın azaltılması, diğer temel faktördür. Kumaşta kalan kirli su/flotte, bir sonraki durulama adımına taşınarak (carry-over) yıkama verimini düşürmektedir. Yıkama adımları arasında etkili flotte ayrımı şarttır. Kontinü yıkama makinelerinde işlem süresindeki

gereksiz uzamayı ve carry-over'ı azaltmak için, sıkma silindirleri veya vakumlu emme donatımları (daha etkilidirler) kullanılmaktadırlar [11, US EPA, 1995].

Kumaşın banyo içerisinden geçmediği, püskürtme ve vakum tertibatlarından oluşan baskı sonrası yıkama makinelerinin yanı sıra, içerisinde vakum tertibatının bulunduğu yıkama tekneleri de mevcuttur [11, US EPA, 1995].

C) Isı geri kazanım sistemleri

Bir kontinü yıkama makinesine ısı geri kazanım sistemi kurmak, eş zamanlı su giriş ve çıkışları depo ihtiyacını ortadan kaldırdığından, genellikle basit fakat etkili bir önlemdir. Bu makinelerden çıkan atık sular lifli materyallerle kirlenebilmektedirler, dolayısıyla bu tür yükleri tutabilme yeteneğine (örneğin, otomatik temizlenen elemanlara) sahip ısı eşanjörlerinin kurulması önemlidir [146, Energy Efficiency Office UK, 1997].

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Sözü edilen tüm önlemler, toplam su ve enerji tüketiminin azaltılmasına katkı sağlamaktadırlar. Yeni geliştirilmiş yıkama makineleri ile amaçlanan faydalara tam erişimi sağlayabilmek için, önce düşük teknoloji önlemlerinden tam anlamıyla yararlanmayı iyi bilmek gerekmektedir.

İşlemsel veriler

Aşağıdaki tablo, pamuklu ve viskon dokuma kumaşların ve bunların sentetikler ile karışımlarının yıkama işlemlerinde sağlanabilen su tüketim seviyelerini göstermektedir. Toplam su tüketimini saptamak için, farklı prosesler için verilen değerlerin toplanması gerekmektedir. Bu değerler makine üreticilerinin verdiği değerler olup, bazı terbiye işletmelerince teyit edilmiştir.

Sağlanabilen performansların, tamamlayıcı tekniklerden faydalanma derecesinden etkilendiğini belirtmekte fayda vardır. Düşük su tüketim değerleri, kumaşın hazırlanmasından başlayarak tüm işlem zincirinde mümkün olan farklı önlemlerin (örneğin, haşıl maddeleri için az flotte aldırma yöntemleri, yıkamayla kolay uzaklaştırılabilme özelliklerine sahip boyarmaddelerin seçimi, vs.) sinerjistik kombinasyonu ile sağlanabilmektedir.

	Su tüketimi (l/kg)	
	TOPLAM	**Bunun SICAK SU'ya ait kısmı**
Ön terbiye işlemleri		
Haşıl sökme amaçlı yıkama	3-4	3-4
Hidrofilleştirme sonrası yıkama	4-5	4-5
Ağartma sonrası yıkama	4-5	4-5
Soğuk bekletme ile yapılan ağartma sonrası yıkama	4-6	4-6
Merserizasyon sonrası yıkama - NaOH'ı uzaklaştırmak için yapılan yıkama - kurutma olmaksızın nötralizasyon - nötralizasyon ve kurutma	 4-5 (sıcak) 1-2 (soğuk) 1-2 (ılık)	 4-5 saptanmadı <1
Boyama sonrası yıkamalar		
Reaktif boyarmaddeler	10-15	4-8
Küp boyarmaddeleri	8-12	3-7
Kükürt boyarmaddeleri	18-20	8-10
Naftol boyarmaddeleri	12-16	4-8
Baskı sonrası yıkamalar		
Reaktif boyarmaddeler	15-20	12-16
Küp boyarmaddeleri	12-16	4-8
Naftol boyarmaddeleri	14-18	6-10
Dispers boyarmaddeler	12-16	4-8
Kaynak: [179, UBA, 2001]		

Tablo 4.38: Pamuklu, viskon veya bunların sentetik liflerle karışımlarını içeren dokuma kumaşların açık en terbiye işlemleri sırasındaki kontinü yıkama işlemleri için elde edilebilen özgül su tüketim değerleri

Yan etkileşimler

Düşük su tüketimine sahip oldukça yoğun ve etkili yıkama yöntemleri, emme gibi yoğun mekaniksel yıkama şartlarını gerektirmektedir. Ancak bu şartlardaki yıkamaların da elektrik tüketimleri bir miktar daha yüksek olabilmektedir. Bununla birlikte bu gereksinim, sözü edilen önlemlerin zaten bir parçası olan ısıl enerji geri kazanım önlemlerinin uygulanması sonucu elde edilen enerji tasarrufları ile büyük ölçüde dengelenmektedir [179, UBA, 2001].

Uygulanabilirlik

Yüksek verimliliğe sahip yıkama makinelerine özgü performansların sağlanması, yeni ekipman yatırımlarını gerektirmektedir. Ancak, akış kontrol cihazları, otomatik valfler vs. gibi düşük teknoloji önlemlerinin uygulanması da, su ve enerji tüketiminde bir kısım azalma sağlayabilmektedir.

Ekonomiklik

Detaylı bilgi mevcut değildir. Büyüklük derecesi hakkında bir fikir vermek gerekirse, çeşitli teknik optimizasyon önlemlerinin kombine uygulaması sayesinde, pamuklu kumaşlar için en az su tüketimini (toplamda 9 l/kg, koku giderme ve uçuntu uzaklaştırma dahil) sağlayan kontinü bir IPPC-kapasite hazırlama hattının 2,5 milyon Euro'ya mal olduğu söylenebilir [247, Comm., 2001].

Uygulama için itici güçler

Bahsedilen yöntemlerin uygulanması için ana itici etkenler, su tedariğinin ve atık su arıtma işlemlerinin artan maliyetleri ve yüksek verimlilik istekleridir (yüksek verimliliğe sahip yeni yıkama makineleri söz konusu olduğunda).

Referans işletmeler

Birçok işletme.

Referans literatür

[167, Comm., 2000], [179, UBA, 2001], [11, US EPA, 1995], [146, Energy Efficiency Office UK, 1997]

4.9.3 Organik çözgenler ile kumaş yıkanmasında (temizlenmesinde) tam kapalı-devre sistemlerin kullanımı

Tanımlama

Açık en kumaşlar için kontinü çözgenle yıkama sistemleri 1960'ların sonlarından beri bilinmektedir. Bu makineler daha ziyade, kumaş temizlenmesiyle ilgili teknik ve kalitatif problemlerin çözümünde organik çözgenlerin suya göre daha avantajlı olmaları nedeniyle, tekstil terbiye sektöründe değişik üretim proseslerinde 30 yılı aşkın süredir kullanılmaktadırlar.

PER'in (perkloretilen, en yaygın olarak kullanılan çözgen) özgül ısısı, suyunkinin yaklaşık 1/5'i kadardır ve buharlaşma gizli ısısı 10 kere daha düşüktür. Dolayısıyla buharlaşma için gerekli toplam ısı da, PER lehine yaklaşık % 90 daha düşük olmaktadır. Bu da kurutma sırasında çok daha hızlı ve daha ucuz bir buharlaşma sayesinde, süre ve enerjiden önemli ölçüde tasarruf sağlanması anlamına gelmektedir.

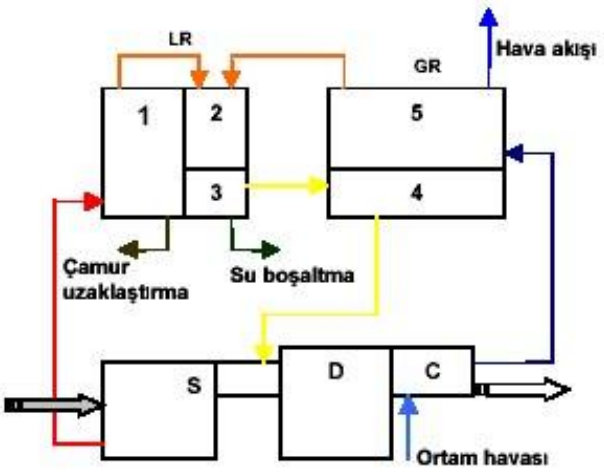
Yüzey geriliminin daha düşük olması nedeniyle, PER liflere daha hızlı ve daha derin bir şekilde nüfuz etmekte ve böylece her türlü temizleme ve terbiye işlemleri daha düzgün ve tam olarak gerçekleşmektedir.

Ancak PER aplikasyonu, bunun çevre ve insanlar için zararlılık potansiyelini azaltmak ve minimize etmek için, yüksek ölçüde dikkat ve karmaşık teknikler gerektirmektedir.

Aşağıda, geleneksel tiplerle mukayeseli olarak, çözgenle işlem sistemlerinin teknolojik olarak geliştirilmiş yeni jenerasyonlarının özellikleri hakkında bilgi verilmektedir.

Genel olarak, aşağıdaki diyagramda (bkz. Şekil 4.32) şematik olarak gösterilen 1970'lerin tipik bir sisteminin elemanları şöyledir:
S. yıkama ünitesi
D. kurutma ünitesi
C. soğutma bölümü

Çözgen geri kazanım ekipmanı:
LR sıvı geri kazanımı/çamur uzaklaştırma (1 destilasyon, 2 kondenzasyon, 3 su ayırımı, 4 çözgen tankı)
GR gaz geri kazanımı (5 açık-devre aktif kömür filtreleri)



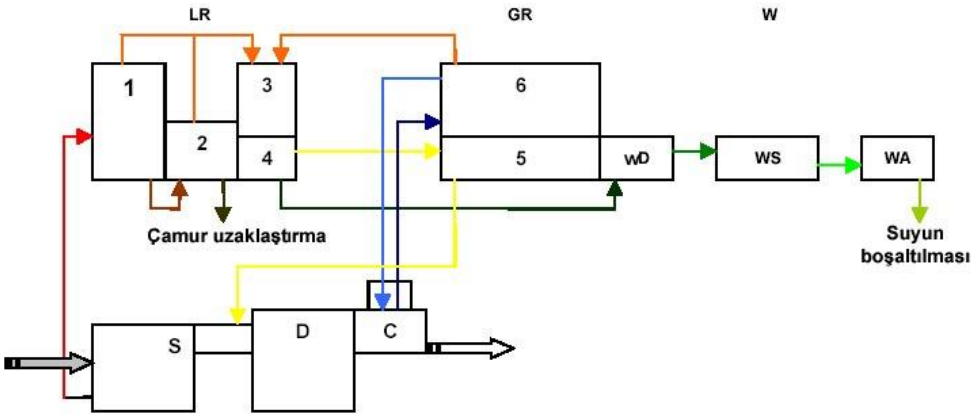
Şekil 4.32: Geleneksel bir çözgenle yıkama sisteminin genel şeması
[197, Comm., 2001]

Aşağıdaki şekilde (bkz. Şekil 4.33) şematik olarak gösterilen tipik bir modern sistemin elemanları şöyledir:

S. yıkama ünitesi
D. kurutma ünitesi
C. soğutma bölümü

Çözgen geri kazanım ekipmanı:

LR sıvı geri kazanımı/çamur uzaklaştırma (1 ana destilasyon, 2 çamur destilasyonu, 3 kondenzasyon, 4 su ayırımı, 5 çözgen tankı)
GR gaz geri kazanımı (6 kapalı-devre aktif kömür filtreleri)
W su arıtma işlemi:
WD dekantasyon
WS hava uzaklaştırma
WA aktif kömür absorpsiyonu



Şekil 4.33: Modern bir çözgenle yıkama sisteminin genel şeması
[197, Comm., 2001]

Yeni jenerasyon ekipmanlarda temel emisyon ve kirlenme kaynaklarına karşı aşağıdaki çözümler geliştirilmiştir.

Hava emisyonları (Dış atmosfer)

Problem
Hava akımının temizlenmesinde kullanılan açık-devre aktif kömür filtreleri, ekipmanın büyüklüğüne de bağlı olarak, dış atmosfere 500-1000 g/h PER yaymaktadır (çözgen konsantrasyonu 500-600 mg/m^3 civarında olduğunda).

Çözüm
Yeni sistemler, kapalı-devre aktif kömür filtreleri ile donatılmışlardır. Egsoz çıkışı elimine edilmiştir ve artık arıtılan hava, makinenin kumaş koku giderme/soğutma bölümüne gönderilmektedir. Bu sistem, dış atmosfere herhangi bir hava akımının gönderilmesini önlemektedir.

Üstelik, kapalı-devre filtreler ile birlikte makinelerin giriş ve çıkış kısımlarında, daha verimli kapatma sistemlerinin tekrar dizayn edilmesi ve böylece çalışma yeri için önemli faydalar sağlanması da mümkün olmuştur.

Su emisyonları

Problem
"Seperasyon suyu" olarak nitelendirilen ve çözgen geri kazanım sisteminde 0,5 m^3/sa civarındaki ortalama akış ile oluşan ve yaklaşık 150-200 g/m^3 civarında PER içeriğine sahip olan su, 75-125 g/sa'lik PER emisyonuna neden olmaktadır. Bu atık su, (en kötü ihtimalle) kanalizasyona boşaltılmakta veya merkezi su arıtma tesisine gönderilmektedir. Bu çözgen biyolojik olarak parçalanabilir olmadığından, bir kere yer altı su tabakalarına ulaştı mı, orada birikmeye başlamakta ve mevcudiyeti belirsiz bir süre devam etmektedir.

Çözüm
Ekipmanın içine monte edilebilen özel bir donatım, artık aşağıdaki iki adımlı işlem vasıtasıyla, suda çözülmüş olarak bulunan PER'in büyük kısmının ön işlem, ekstraksiyon ve geri kazanımını sağlayabilmektedir:
1. bir hava akımı yardımı ile ayrıştırma
2. periyodik olarak değiştirilebilen ve yeniden şarj edilebilen aktif kömür kartuşları vasıtasıyla absorpsiyon.

Tekrar etmek gerekirse, kapalı-devre aktif kömür filtreleri, 1. adımdan gelen kirlenmiş atık havanın saflaştırılmasını ve ayrılan çözgenin geri kazanılmasını gerçekleştirmektedirler.

Sistem, atık sudaki PER kalıntısı miktarının 1 mg/l'den (suya yüklemenin ≤ 0,5 g/sa PER) yüksek olmamasını sağlayabilmektedir.

Bununla birlikte, su akışı oldukça düşük olduğundan (≤ 0,5 m^3/sa), böyle düşük su akışları, işletmede ileri oksidasyon işlemlerinin (örneğin, Fenton prosesi) uygulanması için uygundurlar [281, Belgium, 2002].

Eski, ya da yeni olsun çözgen sistemleri, yukarıda bahsedilen kontakt-su boşaltması dışında başka bir atık su açığa çıkarmamaktadırlar.

Atık

Problem
Çamurun yüksek su içeriği ve ağırlığının % 5'inden fazla olan PER konsantrasyonu, bu atığın tesis imkanlarıyla işlenmesini güçleştirmekte ve çoğu kollektörler tarafından da istenilmemektedirler. Yeraltına gömme, toprağın veya yer altı su tabakalarının kirlenmesine neden olmakta ve PER yeraltı gazı ile birlikte halâ atmosfere yayılabilmektedir. Atıkların

gömülmesine dair Direktif 99/31/EC'nin uygulanmasıyla, bu maddenin gelecekte yeraltına gömülmesinin önlenmesi de mümkündür.

Çözüm
Ana destilasyon grubunun ("tahrikli sirkülasyon" tipinin) ve özellikle çamur destilatörünün ('ince tabaka buharlaştırıcı' tipinin) komple yeni dizaynı, kuru, kalın bir atık oluşturarak, çamurdaki çözgen kalıntısı miktarını kesinlikle 10000 mg/kg (% 1)'ın altına düşürmektedir. Bu da toplama ve uzaklaştırma problemlerini ve maliyeti azaltmaktadır.

Çalışma çevresi

Problem
Çözgen liflere absorbe olarak kalmaktadır ve bunun miktarı % 0,1-1,0 civarındadır. Bu çözgenin çevreye yayılmasının kontrolü zordur. Bu durum ayrıca kurutma/ısıl işlem makinelerinin bacalarından çıkan atık hava kalitesini de etkilemektedir.

Çözüm
Makine giriş ve çıkış kısımlarındaki kapatma sistemleri, çözgen buharlarının alınma verimliliğini daha da geliştirmek için yeniden dizayn edilmişlerdir. Bu gelişim sayesinde daha sağlıklı bir çevre ve insan sağlığının daha iyi korunabilmesi sağlanmaktadır. Tesisin tümündeki tipik bir TLV-TWA değeri artık 50 mg/m^3'ün üstüne çıkmamaktadır.

Genel olarak, çözgenle muamele tesislerinin toplam çözgen tüketimi, geleneksel ekipmanlar için tipik değer olan % 3-5'ten (kumaş ağırlığı üzerinden) % 0,8-1,5'lere düşürülmüştür. Yakın gelecekte daha ileri gelişmelerin sağlanması beklenmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Organik çözgen ile temizlemenin çevresel faydaları aşağıdaki noktalarda yatmaktadır:
- kurudan kuruya işlem ve suyla kıyaslandığında çözgenin buharlaşması için gerekli olan ısının düşük olması nedeniyle, hem su, hem de enerji tüketiminde azalma
- yardımcı madde kullanımında azalma (örneğin, deterjan olarak kullanılan yüzeyaktif maddeler, emülsifiye edici maddeler, vs.). Elastan liflerinde bulunan silikon yağları gibi uzaklaştırılması zor olan ve su kullanılarak yapılan yıkamalarla tamamen uzaklaştırılmaları mümkün olmayan preparasyon maddeleri için yüksek miktarda yardımcı maddeye gereksinim vardır. Bunun sonucu olarak, malda kalan preparasyon maddesi kalıntıları, takip eden ısıl işlemlerde ramözlerden atılan havaya karışmaktadır
- atık su arıtma tesislerine gönderilen sudaki organik yükün azaltılması (yabancı maddeler konsantre bir formda çamur halinde uzaklaştırılmaktadır).

Yan etkileşimler

Halojenlenmiş organik çözgenler, biyolojik olarak parçalanamayan ve dayanıklı maddelerdir. Dökülmelerden, hidrofilleştirme-ünite filtrelerinden, kumaştan, vs. kaynaklanan çeşitli kayıplar, yer altı suları ve toprak kirlenmesine yol açan emisyonlara neden olabilmektedirler. Birleşik Krallık'ta, belediye sularının, bu yolla kirlenen yer altı su tabakalarından çekilmesi durdurulmuştur ve tazminat talepleri, işletmelerin ekonomik hayatlarını sürdürebilmelerini tehdit etmektedir.

Bunlara ilaveten, perkloretilen ile işlem gören tekstiller, bu maddeyi sonraki ısıl işlemler sırasında ortama yayma potansiyeline de sahiptirler. Direkt ısıtmalı ramözlerde, dioksinler ve furanlar oluşabilmektedir. Almanya'da, PER ile ön temizleme yapılmış olan tekstil malzemelerinin direkt ısıtmalı ramözlerde veya benzer ekipmanlarda işlem görmesi kanunen yasaktır. Bazı tesislerin baca gazlarında, yüksek PER emisyonu belirlenmiştir (0,1-0,8 g PER/kg tekstil materyali ve 0,3 kg PER/sa'a kadar çıkan emisyon kütle akışları) ve bu

durum emisyon limit değerlerini sağlamada güçlükler yaratmaktadır [280, Germany, 2002].

Çözgenin lifler tarafından alıkoyulması problemine gelince, çözgen içeriğinin kumaşın ısı ve nem koşullarındaki son bir işlemi sayesinde azaltılmasının amaçlandığı çalışmalar ve deneyler sürmektedir. Kumaşta kalan çözgen miktarı % 90'dan fazla azaltılabilecek gibi görünmektedir.

Uygulanabilirlik

Tekstillerin çözgenlerle işlem görmeleri, çözgenin (PER) özellikle hidrofob maddeleri çözebilme gücü açısından sudan daha iyi performans gösterdiği tüm uygulamaları kapsamaktadır. Haşıllama maddesi gibi bazı hidrofilik maddelerin bulunmaması koşuluyla, dokumadan gelen ham bezlerin boyama veya baskı işlemlerine bir ön hazırlık olarak yapılan temizleme işlemleri, bu tekniğin en tipik uygulama alanını oluşturmaktadır.

Çözgenlerin asıl uygulama alanını ise, örgü kumaşlar ve özellikle de sentetik liflerden örülmüş kumaşlar oluşturmaktadır.

Elastik örgü kumaşlarda (elastan karışımlı lifler) çözgenlerle yapılan ön işlemlere özellikle dikkat çekilmektedir, çünkü bunlar elastomerik liflerde bulunan silikon yağlarını etkili bir şekilde uzaklaştırırlarken, optimal çekme özellikleri de sağlamaktadırlar. Bu nedenle çözgenle hidrofilleştirme işlemi, bir çok durumda pamuk/elastan karışımları için de tavsiye edilmektedir.

Dokuma kumaşların terbiyesinde, haşıl maddesi bulunmaması koşuluyla, ham ya da tops/iplik boyalı, kamgarn veya ştrayhgarn yünlü kumaşların çözgenlerle işlem görmesi, yaygın olarak uygulanmaktadır.

Daha güncel olan yünlü elastik kumaş (elastan/yün ve yün-poliester karışımları) üretimi, kumaş renk haslıklarını arttırmak için, boyama sonrasında bir çözgen işlemi yapılmasını gerektirmektedir.

Özellikle strayhgarn kumaşlar söz konusu olduğunda, çözgenlerle yapılan hidrofilleştirme işlemi sulu karbonizasyon işlemi ile tek bir işlem hattında kombine edilebilmektedir (bkz. Bölüm 2.6.2.1).

Ekonomiklik

Aşağıdaki tablolar, çözgen sistemini, aynı kumaş kalitesi ve aynı üretim hızındaki paralel bir sulu sistem işlemiyle kıyaslayarak, ekonomiklik durumunu değerlendirmeye çalışmaktadır.

Aynı lif içeriğine ve farklı konstrüksiyona sahip iki (biri örme, diğeri dokuma kumaş) kumaş seçilmiştir. Kumaşların her ikisi de, iki sistemle de 55 m/dk'lık eşit hızla, yaklaşık 0,8 ton/saat üretim yapılmasını sağlayan, orta-düşük gramaj seviyesindedirler (240 g/m).

İki sistemdeki makineler de, 1 ton/saat'e kadar çıkan nominal üretim kapasitesine sahip olduklarından, kıyaslama % 80 verim için yapılmıştır.

Her iki sistem de, bir yıkama sistemi ile bir ısıl fiksaj sistemi içermektedirler, ancak:
- sulu işlem, ısıl fiksaj sistemini kurutma için de kullanmaktadır
- içinde kurutma ünitesi bulunan çözgen işlemi ise, ısıl fiksaj sistemini sadece bu amaçla kullanmaktadır.

Tüketim rakamları, ilgili makine üreticilerinden temin edilen teknik özelliklerden alınmıştır (Çözgen sistemi için Sperotto Rimar Spa ve yıkama ünitesi ile ramöz (gergefli kurutucu) için Santex AG).

Tüketim/sa		**Sulu sistem**			**Çözgen sistemi**		
Yapılanlar	**Birim**	**Yıkama makinesi**	**Ramöz**	**Toplam**	**Çözgenle yıkama ünitesi**	**Ramöz**	**Toplam**
Çalışma	Sa	1	1	2	1	1	2
Elektrik	kW/h	94	158	252	81	158	239
Isı enerjisi	MJ/sa	2160	6669	8860	2282	4867	7149
Buhar	kg/sa	950	2940	3890	1000	2130	3130
Su	m^3/sa	8		8	23(1)		23(1)
Atık su	m^3/sa	8		8			
Deterjan	kg/sa	16		16			
PER	kg/sa				8		8
Çamur	kg/sa				16		16
Kaynak: [197, Comm., 2001] (1) tamamen geri kazanılabilen 40-45 ^oC'daki soğutma suyu							

Tablo 4.39: Tüketim verileri: sulu sistem ve çözgen sistemi

Üretim maliyetleri/sa		**Sulu sistem**			**Çözgen sistemi**		
Yapılanlar	**Euro/ birim**	**Yıkama makinesi**	**Ramöz**	**Toplam**	**Çözgenle yıkama ünitesi**	**Ramöz**	**Toplam**
Çalışma	16/sa	16,00	16,00	32,00	16,00	16,00	32,00
Elektrik	0,10/kWh	9,40	15,80	25,20	8,10	15,80	23,90
Buhar	0,03/kg	28,50	88,20	116,70	30,00	63,90	93,90
Su	0,30/m^3	2,40		2,40	6,90		6,90
Atık su	0,78/m^3	6,24		6,24			
Deterjan	1,55/kg	24,80		24,80			
PER	0,40kg				3,20		3,20
Çamur	0,78kg				12,48		12,48
Toplam	Euro/sa	87,34	120,00	207,34	76,68	95,70	172,70
Kaynak: [197, Comm., 2001]							

Tablo 4.40: Bir saatlik maliyet rakamları: sulu sistem ve çözgen sistemi

Isı enerjisi tüketimi rakamları, ısıtma kapasitesi performanslarından hesaplanmıştır ve daha basit bir maliyet saptaması için buhar tüketimi olarak ifade edilmiştir.

Sulu sistem için deterjan kullanımı ve çözgen sistemi için PER kullanımı "kimyasal madde" tüketimi olarak sınıflandırılmıştır.

Sulu sistemde atık suyun arıtılması, büyük ölçüde çözgen sistemindeki çamur uzaklaştırılmasına karşılık gelmektedir.

Daha önce de ifade edildiği gibi, çözgen sistemindeki su kullanımı sadece soğutma amaçlıdır ve temizdir, dolayısıyla boyahanede tekrar kullanılmak için tamamen geri kazanılabilmekte, veya uygun bir şekilde soğutulduktan sonra çözgen sisteminde kullanılabilmektedir.

Üretim maliyetleri, zaman içerisinde dalgalanmasına ve tekstil tipine bağlı olarak farklılık göstermesine rağmen, İtalya'daki güncel fiyatlarla hesaplanmıştır. İstenildiğinde hesaplar kolayca yerel fiyatlarla da yapılabilmektedir.

Çamur uzaklaştırma maliyeti, aşağıdaki birimlerde sağlanabilen tasarruflarla dengelenmektedir:
- ısıtma enerjisi (buhar)
- toplam su (tedarik+arıtma)
- kimyasallar (deterjan yerine PER)

Toplam olarak çözgen sistemi yaklaşık % 17'lik bir tasarruf sağlayabilmektedir ve bu da 35 Euro/çalışma saatine karşılık gelmektedir.

Yüksek yatırım maliyetleri kimi zaman caydırıcı olabilmektedir, fakat özellikle orta-büyük sistemler ve yıllık üretimleri en az 3000 ton kumaş olan büyük firmalar için kısa bir geri ödeme süresi (genellikle 2-3 yıldan daha uzun değil) söz konusudur [197, Comm., 2001].

Referans işletmeler

Günümüzde dünya çapında çalışan eski veya yeni en az 200 işletme bulunduğu tahmin edilmektedir [197, Comm., 2001].

Uygulama için itici güçler

Günümüzde yatırım kararı için öncelik olarak, zararlı maddelerin hava emisyonlarının azaltılması görünmektedir. İkincisi, yeni tekstil ürünleri geliştirildikçe çözgen sistemlerinin gelişimi için istek yaratan, pazar gereksinimleridir. Çalışma maliyetindeki düşüşler de bir faktördür.

Referans literatür

[197, Comm., 2001] ve bunda atıfta bulunulan:
"Paolo Zanaroli, Sperotto Rimar S.p.A., Malo, Italy; Optimisation of wool cloth processing with solvent: scouring and carbonising in perchloroethylene - Proceedings of the Aachen Textile Conference, November 1997, pages 417 – 424"

4.10 Nihai atığı/emisyonu azaltma yöntemleri

4.10.1 Tekstil atık sularının düşük besin/mikroorganizma oranına sahip aktif çamur sisteminde arıtılması

Tanımlama

Karma tekstil atık sularının arıtılmasında geniş ölçüde aerobik biyolojik arıtma teknikleri kullanılmaktadır. Bir çok durumda, tam karışımlı aktif çamur sistemleri kullanılmaktadır. Bu tip bir tekniğin açıklaması ve performansı detaylı olarak başka bir BREF'te ([196, EIPPCB, 2001]) incelenmektedir.

Tekstil atık suları kabaca biyolojik olarak kolayca parçalanabilen, biyolojik olarak zor parçalanabilen (inatçı, dayanıklı) ve biyolojik olarak parçalanamayan şeklinde sınıflandırılabilen, bir çok değişik kimyasal bileşiğin bir karışımıdır. Aktif çamur sistemlerinde, biyolojik olarak kolayca parçalanabilen bileşikler mineralize edilebilirlerken, biyolojik olarak zor parçalanabilen bileşikler: düşük besin/kütle oranı (F/M) (< 0,15 kg $BOİ_5$/kg MLSS·d, veya hatta optimum sıcaklığın altındaki mineralizasyon için < 0,05),

adaptasyon (bileşikler çok düzenli olarak boşaltıldıklarında) ve sıcaklığın 15 ^{o}C'dan yüksek olması (tekstil atık suyu için normal bir durum) gibi, özel koşullar gerektirmektedirler.

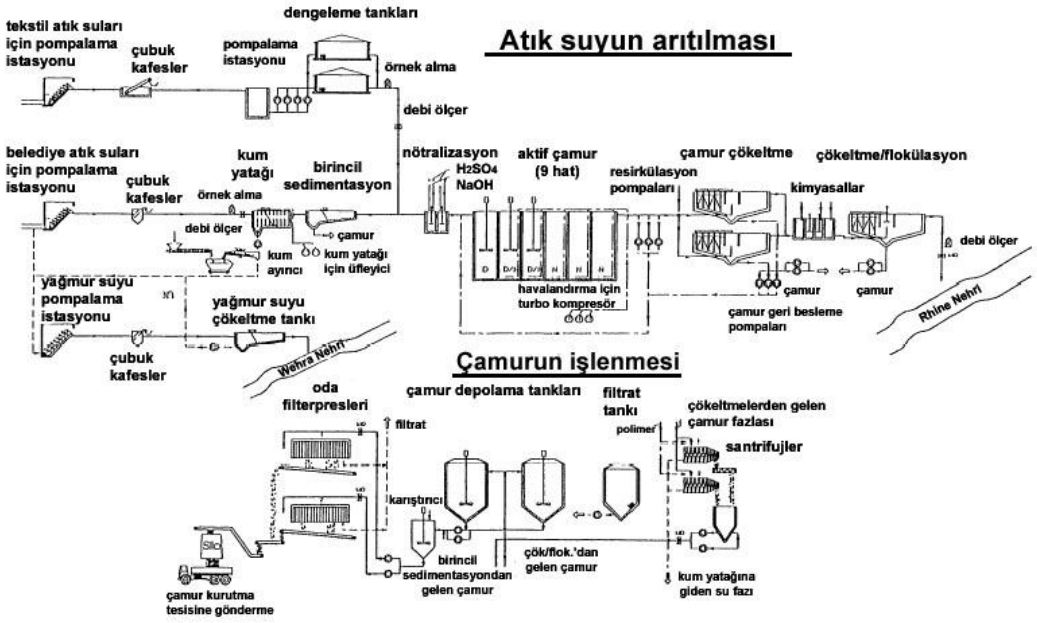
F/M en uygun dizayn parametresidir. Bahsedilen F/M değerinin altında kalındığı taktirde, nitrilotriasetat (NTA) ("GDCh, 1984"), m-nitrobenzensülfonat ve bunun aminleri ("Kölbener, 1995"), polivinil alkol (PVA) ("Schönberger, 1997") ve fosfonatlar ("Nowack, 1998") gibi, biyolojik olarak zor parçalanabilen kimyasallar da parçalanmakta ve mineralize olmaktadırlar.

Günümüzde, birçok aktif çamur sistemi, neredeyse tam nitrifikasyonu da mümkün kılan bu sistem koşullarını sağlamaktadırlar (bkz. aşağıdaki örnekler). Bu koşullarda, biyolojik olarak hem kolay parçalanabilen, hem de zor parçalanabilen bileşikler parçalanabilmektedirler. Bunun tersine, biyolojik olarak parçalanamayan bileşik içeren atık suların kaynakta (bkz. Bölüm 4.10.7) arıtmaya/ön arıtmaya tabi tutulmaları gerekmektedir, ancak bu sadece birkaç işletmede yapılmaktadır. Bir çok durumda, aktif çamura ek olarak, flokülasyon/sedimentasyon (çökeltme), koagülasyon/adsorpsiyon/sedimentasyon, aktif karbona adsorpsiyon ve ozonlama gibi başka işlem adımları da uygulanmaktadır.

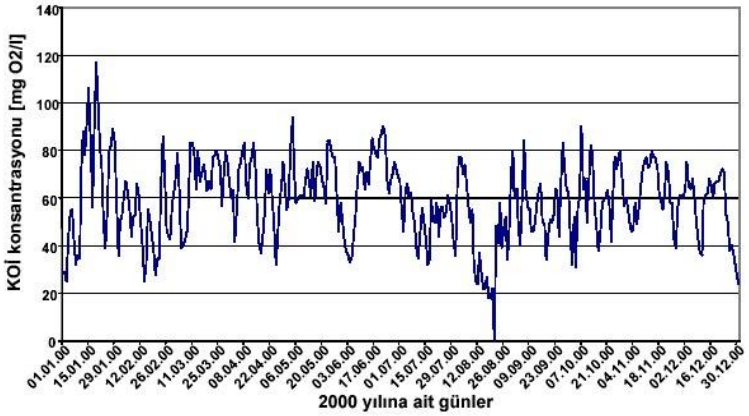
Diğer yöntemler, biyolojik olarak parçalanma işlemini, fiziksel adsorpsiyon, koagülasyon ve ileri oksidasyon işlemleri ile kombine etmektedirler. Bu yöntemler Bölüm 4.10.3'te anlatılmaktadırlar.

İşletme 1

Arıtma tesisine, belediye atık suyu ve dört büyük tekstil terbiye fabrikasından gelen atık sular ulaşmaktadır. Tekstil atık suları dengelenmekte ve ardından ön arıtmadan geçirilmiş olan belediye atık suyu ile karıştırılmaktadır. Tekstil atık suları, hidrolik yükün yaklaşık % 45'ini ve KOİ yükünün de yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır. Ön arıtma ve dengeleme sonrasında, nitrifikasyon/denitrifikasyonu da içeren biyolojik arıtma ve son basamak olarak da $FeCl_3$ ile flokülasyon uygulanmaktadır ($FeCl_3$, korozyon problemine neden olan klor iyonları açığa çıkarma dezavantajına sahiptir). Sistem Şekil 4.34'te görülebilmektedir. Şekil 4.35 da nihai atık suyun ortalama KOİ konsantrasyonunun günlük ölçümlerini göstermektedir. Hafta içindeki dalgalanmaları, yağmurlu günler (fırtına suları aynı kanalizasyona aktığından) ve tatil zamanlarındaki (firmaların tatil zamanına denk geldiği için Ağustos ayının sonunda çok düşük değerler kaydedilmiştir) düzensiz değişimleri yansıtan değerler, önemli ölçüde oynamalar göstermektedirler..



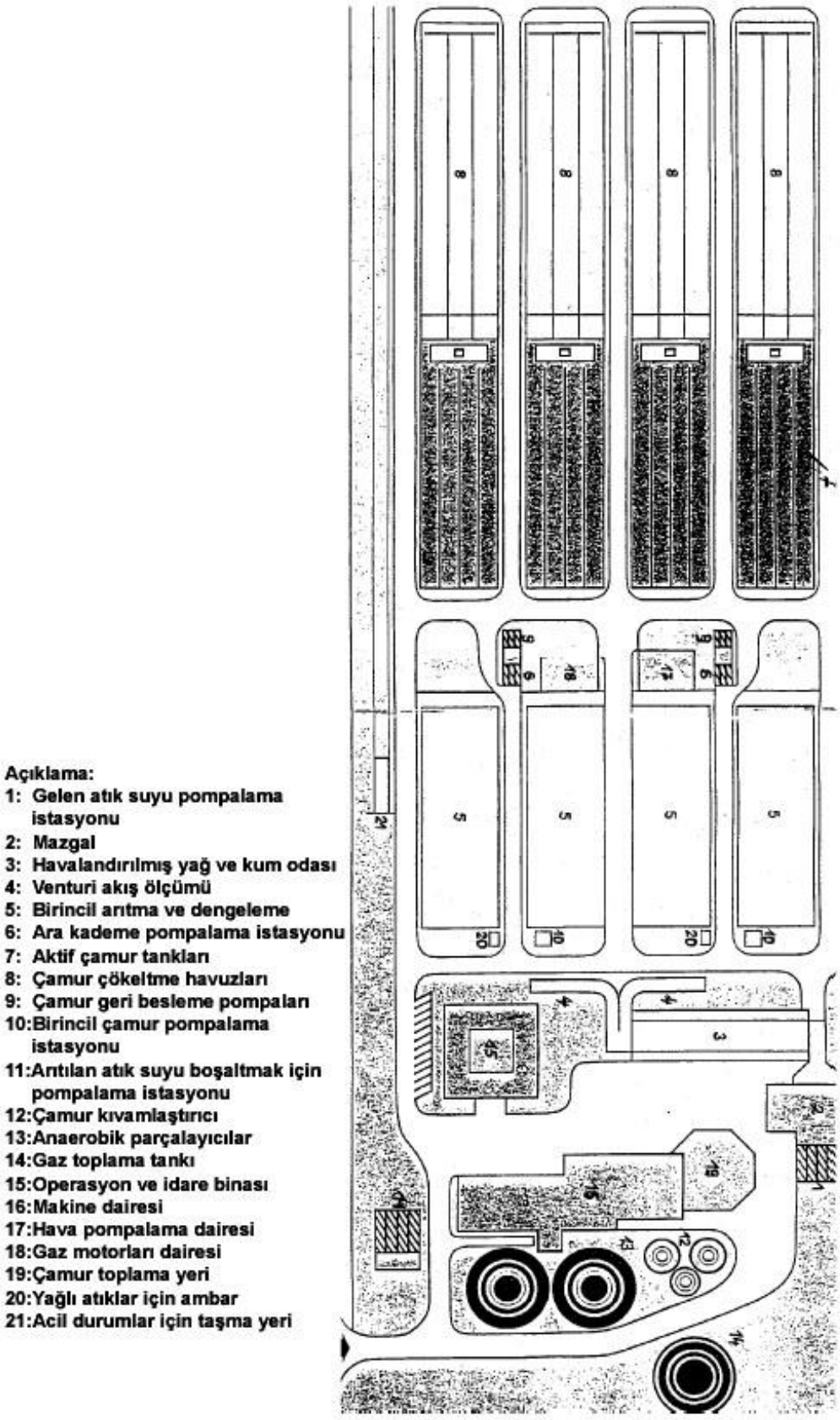
Şekil 4.34: İşletme 1– tekstil atık suyunun ve belediye atık suyunun kombine arıtılması
[179, UBA, 2001]



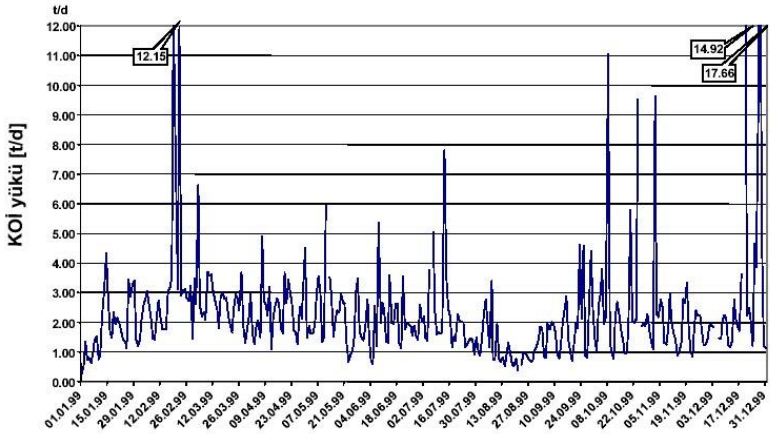
Şekil 4.35: 2000 yılında İşletme 1'in nihai atık suyunda ölçülen günlük ortalama KOİ konsantrasyonları
[179, UBA, 2001]

İşletme 2

Bu büyük işletmede, iki şehirden ve bazı köylerden gelen atık sular ile dört büyük tekstil terbiye işletmesinden gelen ve hidrolik yükün % 40'ı ile KOİ yükünün % 65'ini oluşturan tekstil atık suları birlikte arıtılmaktadırlar. Belediye atık suları ile tekstil atık suları henüz genel kanalizasyondayken birbirleriyle karışmaktadırlar. Şekil 4.36, işletmenin planını göstermektedir. Birincil işlem için kullanılan tanklar aynı zamanda gelen atık suların dengelenmesi için de kullanılmaktadır. Aktif çamur işleminden sonra, organik bileşiklerin ve rengin giderilmesi için ek bir işlem uygulanmamaktadır. İşletme çıkışındaki suyun KOİ yükünün günlük değişimleri, Şekil 4.37'de görülebilmektedir. Sağanak yağmur sularının yüksek akışından ötürü, şekilde yüksek pikler bulunmaktadır. Bu durumlarda kalış süresi kısaldığından, uzaklaştırma verimliliği de azalmaktadır. İşletme 1 örneğinde olduğu gibi, sanayideki tatil zamanı süresince (Ağustos), KOİ yükü belirgin derecede düşük çıkmaktadır.



Şekil 4.36: İşletme 2 – tekstil atık suyunun ve belediye atık suyunun kombine arıtılması [179, UBA, 2001]

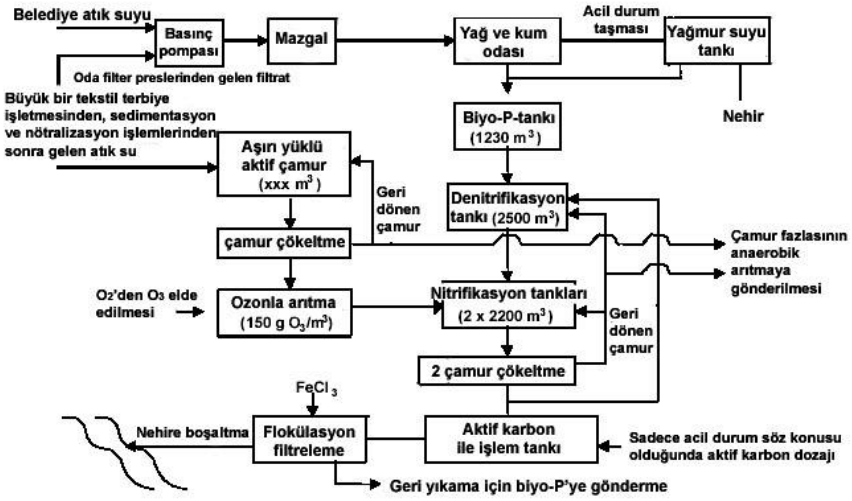


Şekil 4.37: 1999 yılında İşletme 2'nin nihai atık suyunda ölçülen günlük ortalama KOİ konsantrasyonları
[179, UBA, 2001]

İşletme 3

Bu örnek de belediye ve tekstil atık sularının birlikte arıtılmasını göstermektedir. İşletmenin planı, aşağıdaki şekilde gösterilmektedir. Büyük bir tekstil firmasının nötralize edilen ve dengelenen atık suyu, arıtma tesisine ayrı bir kanal ile gönderilmektedir. Su, yüksek ölçüde yüklenmiş aktif çamur sisteminde F/M oranı 1,1 kg $BOİ_5$/kg MLSS·d olacak şekilde özel bir ön işlem görmektedir. Bu şartlar altında tekstil atık suyunda yüksek konsantrasyonda bulunan PVA hiçbir suretle parçalanmamaktadır. PVA'nın % 90'ından fazlasının uzaklaştırılması, F/M oranı 0,05 kg BOD_5/kg MLSS·d olan takip eden (ikinci) aktif çamur sistemi adımında gerçekleştirilebilmektedir.

Tekstil atık suyunun ozonlanması, rengi yeterli ölçüde yok etmekte, fakat düşük ozon dozajı (yaklaşık 50 g/m^3) nedeniyle KOİ oldukça küçük (<% 10) bir azalma göstermektedir. Bununla birlikte, biyolojik olarak parçalanabilirliğin arttığı kabul edilmektedir. Aktif karbon işlemi sadece standartlara uymamazlık durumunda uygulanmakta olup, böyle bir durumla son üç yıl içerisinde karşılaşılmamıştır. KOİ'nı % 10-20 oranında azaltan ve rengi de bir miktar uzaklaştıran flokülasyon/filtrasyon adımı, işin cilasıdır.

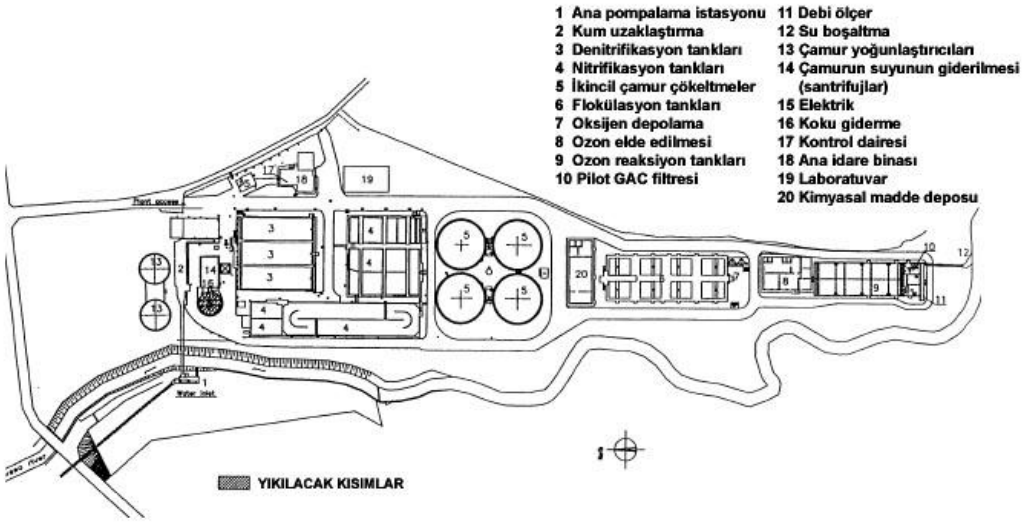


Şekil 4.38: İşletme 3 – tekstil atık suyu ve belediye atık suyunun kombine arıtılması
[179, UBA, 2001]

İşletme 4

Bu büyük işletme, yaklaşık 150 tekstil ünitesinden gelen atık suyun arıtılması için kurulmuştur. Hidrolik yükün % 55'i tekstil atık sularından, yaklaşık % 23'ü belediye atık sularından kaynaklanmaktadır ve sızıntı suları ile sağanak yağmur suları da kalan kısmını oluşturmaktadır. İşletmenin planı aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

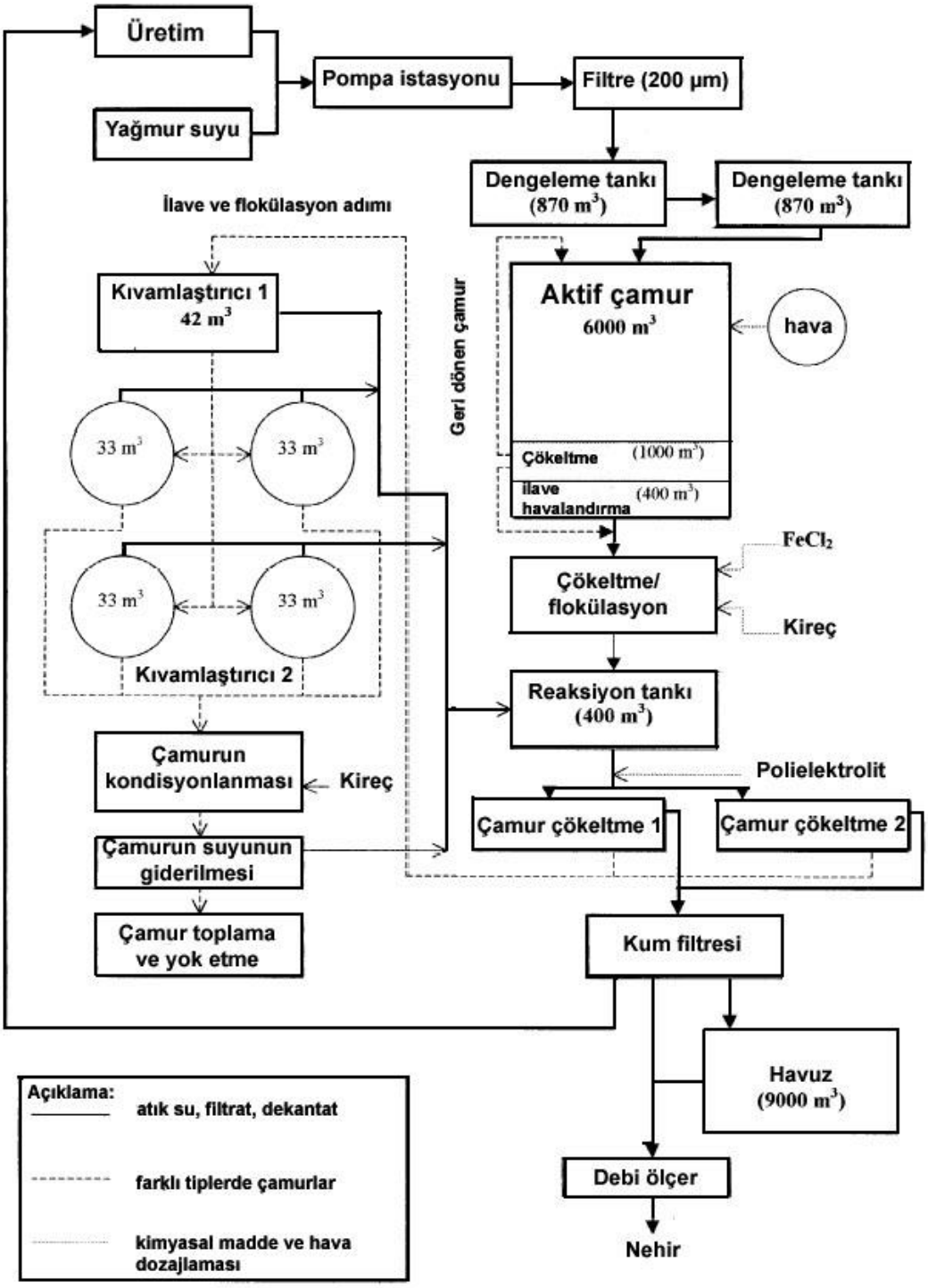
Karışık atık su, nitrifikasyon/denitrifikasyon işlemlerini de içeren biyolojik arıtmadan sonra KOİ'nın daha da azaltılması için çökeltmeye/flokülasyona tabi tutulmaktadır ve ardından da rengin ve inatçı yüzeyaktif maddelerin giderilmesi için ozon ile muamele edilmektedir. F/M oranı 0,15 kg $BOİ_5$/kg MLSS·d'den daha yüksektir ve bu da tam bir nitrifikasyonun sağlanamadığı ve biyolojik olarak zor parçalanabilen bileşiklerin daha düşük F/M oranlarındaki kadar uzaklaştırılamadığı anlamına gelmektedir.



Şekil 4.39: İşletme 4 – tekstil atık suyu ve belediye atık suyunun kombine arıtılması [179, UBA, 2001]

İşletme 5

İşletme 5'te, bir tekstil terbiye fabrikasından gelen atık sular arıtılmaktadır. Firma ağırlıklı olarak, ön terbiye (haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma), boyama (soğuk bekletme ve çektirme yöntemlerine göre), baskı (ağırlıklı olarak pigment baskı patları ile) ve bitim işlemlerini içeren pamuklu kumaş terbiyesi yapmaktadır. Arıtılan atık suyun yaklaşık % 5'i yıkama ve temizleme işlemleri için (zemin yıkaması ve pompalar, borular, rakleler ve şablonlar gibi baskı ekipmanlarının temizliği) geri dönüştürülmektedir. Aktif çamur sisteminde kalış süresi oldukça yüksektir. Renk giderimi, boyarmaddelerdeki azo gruplarının bir demir(II) tuzu vasıtasıyla redüktif olarak parçalanması yoluyla sağlanmaktadır. Şekil 4.40 işletmenin planını göstermektedir.

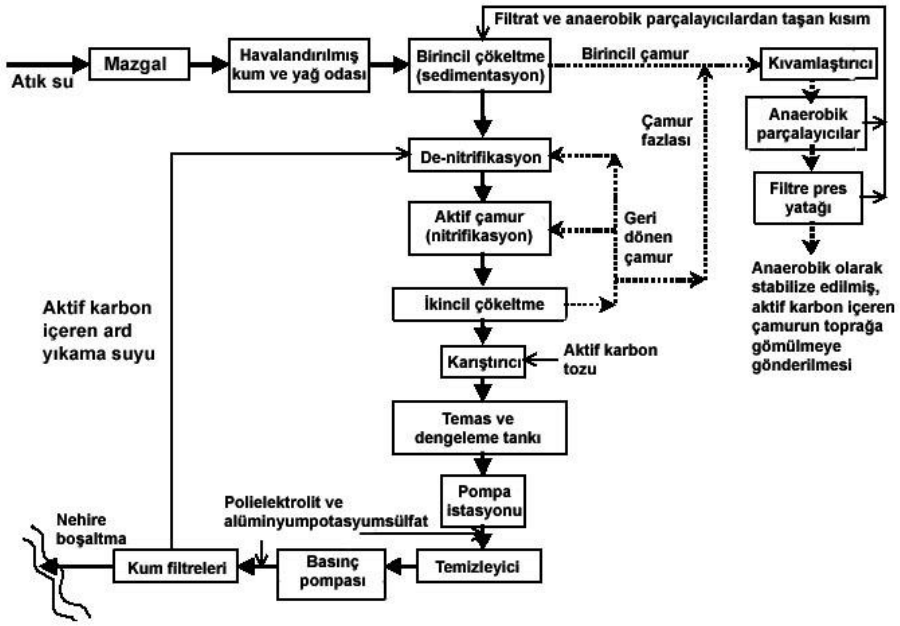


Şekil 4.40: İşletme 5 – bir tekstil işletmesinden gelen atık suyun % 5 su geri dönüşümü ile arıtılması
[179, UBA, 2001]

İşletme 6

Şekil 4.41'de gösterilen işletmede 30 tekstil terbiye ünitesinden gelen atık su ile belediye atık suyu birlikte arıtılmaktadır. Tekstil atık suyu, hidrolik yükün yaklaşık % 30'unu ve KOİ'nın da % 40'ından fazlasını oluşturmaktadır. Tekstil terbiye işletmeleri, atık sularını genel kanalizasyona, işletmede yaptıkları bir nötralizasyon işleminin ardından boşaltmaktadırlar. Çeşitli işletmeler, özellikle pigment baskı işletmeleri, baskı ekipmanının

temizliğinden gelen atık suyu flokülasyon/çökeltme yoluyla arıtan ön arıtma ünitelerine sahiptirler. İşletme, mazgallar, havalandırılmış kum ve yağ odası, birincil temizleyici, denitrifikasyon ve nitrifikasyon adımları ile tipik bir plana sahiptir. Sistem, nihai atıktaki KOİ ve rengi minimize etmek için aktif karbon tozu ile ek bir işlemin varlığı konusunda ayrıcalıklıdır. Aktif karbon tozunun dozaj seviyesi yaklaşık 30 g/m^3'tür ve suda süspansiyon halinde bulunan karbon moleküllerinin tamamen uzaklaştırılması için kullanılan alüminyumpotasyumsülfat ve polielektrolitin dozaj seviyesi ise 3 g/m^3'tür. Aktif karbon içeren ard yıkama suyu aktif çamur sistemine beslenmektedir (belirgin bir stabilize etkisine sahiptir). Kalan KOİ oldukça düşüktür (20 mg/l'den az, yıllık ortalaması 11 mg/l). Nihai atık su renksizdir.



Şekil 4.41: İşletme 6 – bir tekstil terbiye işletmesinden gelen atık suyun arıtılması [179, UBA, 2001]

Sağlanan emisyon seviyeleri

Aşağıdaki tablo, sözü edilen altı işletmenin giren ve çıkan atık sularına ait değerleri ve F/M oranlarını göstermektedir. Kombine işlem yapan bazı işletmelerde, tekstil atık suları ile belediye atık suları, işletmeye farklı kanalizasyon hatları ile gönderilmektedirler. Bu işletmeler için giren su değerleri ayrı ayrı gösterilmektedir. Tekstil ve belediye atık sularının önceden kanalizasyonda karıştığı durumlarda, giren atık su değerleri "giren atık su (tekstil atık suyu)" başlığı altında verilmektedir.

F/M oranlarının 0,15 kg $BOİ_5$/kg MLSS·d'nin altında olması, nitrifikasyonun tama çok yakın oranda (arta kalan amonyak konsantrasyonu 0,5 mg/l'den daha düşüktür) gerçekleşmesini sağlamaktadır.

İşletme 4'ün F/M oranı 0,2'dir, bu da daha yüksek amonyak konsantrasyonu ve daha düşük $BOİ_5$ uzaklaştırma etkinliği sonucunu doğurmaktadır.

Kapsam/öğe	birim	İşletme 1	İşletme 2	İşletme 3	İşletme 4	İşletme 5	İşletme 6
		2000 yılı için yıllık ortalama değerler	1999 yılı için yıllık ortalama değerler	2000 yılı için yıllık ortalama değerler	1998 yılı için yıllık ortalama değerler	2000 yılı için yıllık ortalama değerler	2000 yılı için yıllık ortalama değerler
Toplam akış	(m^3/gün)	8377±1431	47770±24500	6690	25000	2070	38750±16790
Şehir atık suyu akışı	(m^3/gün)	4562±2018		4865			
Tekstil atık suyu akışı	(m^3/gün)	3685±1431		1825			
Besin/mikroorganizma oranı (F/M)	kg$BOİ_5$/kg MLSS.d	0,1	0,1	1,1 ve 0,05	0,2	0,1	0,1
Giren atık su (şehir atık suyu)							
pH		8±0,4		8,1			
KOİ	(mg O_2/l)	443±200		336			278±86
$BOİ_5$	(mg O_2/l)	114±50		144			138±49
NH_4-N	(mg N/l)	30±14		31			12,5±4,8
N-org	(mg N/l)	18±7		15,9			s.
Toplam P	(mg P/l)	6±2		6,2			3,7±1,2
Giren atık su (tekstil atık suyu)							
pH		9,2±0,8	8,4±0,4	8,7	s.	9-9,5	
KOİ	(mg O_2/l)	791±281	349±129	967	950	1200-1500	
$BOİ_5$	(mg O_2/l)	157±57	145±49	336	400	400-500	
NH_4-N	(mg N/l)	2,6±2,0	26±8	5,6	s.	11-25	
N-org	(mg N/l)	19,5±7,0	6±3	9,5	50	30-40	
Toplam P	(mg P/l)	3,8±1,2	5±2	2,2	s.	10-25	
PVA	(mg/l)	28-138	s.	53	s.	s.	
Çıkan arıtılmış su							
pH		7,2±0,2	8,2±0,3	7,4	s.	7,8-8,6	6,8-7,5
KOİ	(mg O_2/l)	59±16	46±23	54	60-110	90-110	11±1,3
$BOİ_5$	(mg O_2/l)	3±2	4,4±3,8	3	10-40	<5	3±0,7
NH_4-N	(mg N/l)	0,1±0,2	0,2±0,9	0,12	5-15	0,3-1,6	0,4±0,3
NO_3-N	(mg N/l)	2,9±1,9	3,6±1,1	5,4	1-10	<2	6,8±1,0
N-org	(mg N/l)	1,7±0,5	s.	s.	8-15	5-10	s.
Toplam P	(mg P/l)	0,2±0,2	0,9±0,7	0,6	n.a.	1-2,5	0,15±0,015
AOX	(mg Cl/l)	0,06-0,08	0,06-0,1	s.	s.	<0,04-0,15	s.
PVA	(mg/l)	0,6-7,8	s.	3	s.	s.	s.
SAC (435 nm)	(l/m)	8,3±3	s.	2,4	0,02	5-7	0,42±0,08
SAC (525 nm)	(l/m)	6,8±2,9	s.	0,9	s.	1,5-5	0,31±0,08
SAC (620 nm)	(l/m)	2,9±1,4	s.	0,9	s.	1-3,5	0,18±0,05
Uzaklaştırma etkinlikleri							
KOİ	(%)	90±4	84,4	89	91	92,5	96
$BOİ_5$	(%)	97±2	96,2	98	93,5	99	98
azot	(%)	88±6	88	78	77	82	47
fosfor	(%)	96±3	79	88	s.	90	96
s.: saptanmadı							

Tablo 4.41: Altı arıtma tesisi için atık su (giren ve çıkan) parametrelerinin özellikleri [179, UBA, 2001]

Uygulanabilirlik

Düşük F/M oranlı aktif çamur sistemleri, her türlü tekstil atık suyu için, hem yeni, hem de mevcut işletmelerde uygulanabilmektedir. Bu sistemler, bir veya daha fazla terbiye işletmesinin atık suyunun arıtıldığı tamamen endüstriyel arıtma tesislerinde olduğu kadar, düşük ve yüksek oranlarda tekstil atık suyu içeren belediye atık su arıtma tesislerinde de uygulanabilmektedirler.

Bir aktif çamur işleminde, düşük F/M oranı koşulları yalnızca hidrolik kalış süresinin artırılması ile sağlanamamaktadır. Aşağıdaki örneklerde olduğu gibi, diğer metotlar da uygulanabilmektedir:

- aktif çamurdan besin maddelerinin uzaklaştırılması (örneğin, Bölüm 4.10.3'te anlatılan yöntemde olduğu gibi)
- seçilmiş konsantre akımların yükünün bir ön işlem ile azaltılması (bkz. Bölüm 4.10.7)
- aktif çamur sistemindeki biyokütlenin arttırılması (örneğin, biyo-membran reaktörü, biyo-flotasyon)

Yan etkileşimler

Tek başına, düşük F/M koşullarındaki aktif çamur sistemi ile yapılan bir arıtma, biyolojik olarak parçalanamayan tehlikeli kimyasalların oluşturduğu KOİ fraksiyonunu uzaklaştırmada yetersiz kalmaktadır. Bu maddelerin transferini, ya da daha iyisi dönüşümlerini sağlamak için farklı, ya da ek işlemler gerekli olmaktadır.

Ekonomiklik

F/M oranı düşük koşulların kalış süresi arttırılarak sağlanması, daha yüksek yatırım maliyetlerine neden olan daha büyük havalandırma tanklarının kullanılması anlamına gelmektedir. Genel olarak, aktif çamur sistemlerinin büyüklüğü, F/M oranı ile ters orantılıdır. Yatırım maliyetlerine ait kesin veriler mevcut değildir. Ek havalandırma için ek maliyet yaklaşık 0,3 Euro/m^3'tür.

Referans literatür

[179, UBA, 2001]

4.10.2 Karma atık suların yaklaşık % 60'lık su geri dönüşümü ile arıtılması

Tanımlama

Burada sunulan örnek ([179, UBA, 2001]), karma tekstil atık sularının, atık suyun kısmi geri dönüşümü de içeren arıtma işlemi ile arıtılmasını anlatmaktadır.

Akış şeması Şekil 4.42'de gösterilmektedir.

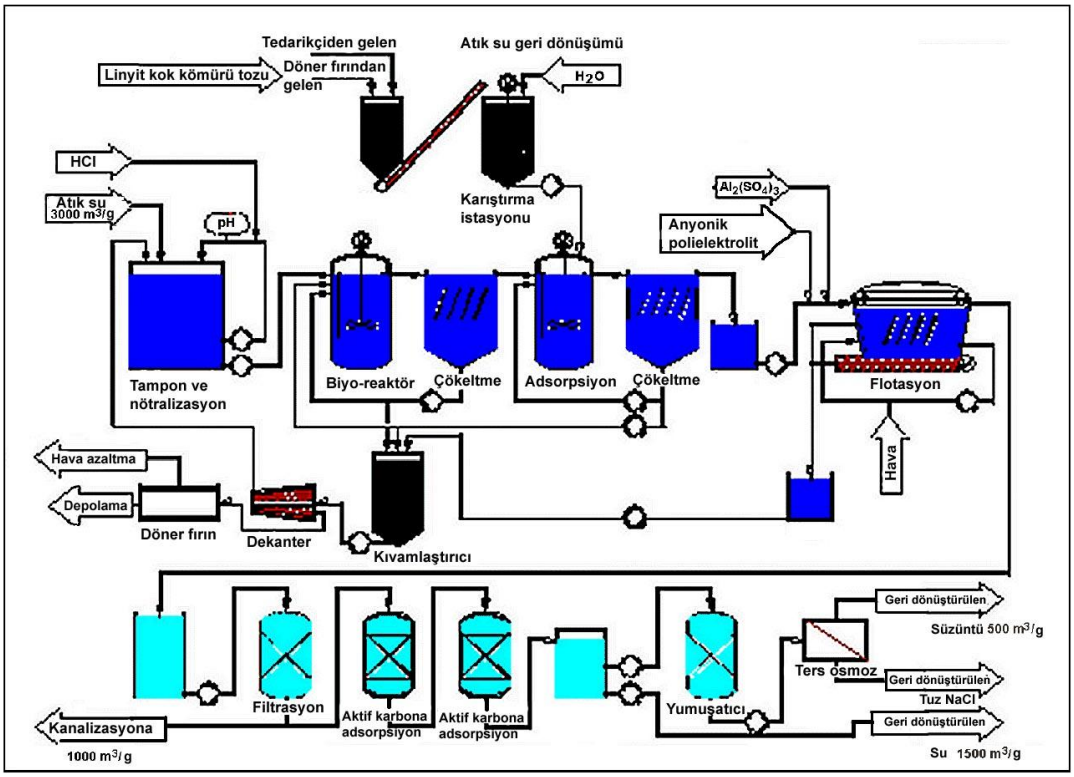
İşlemden önce, sıcak atık sular (>40 ^oC) ısı geri kazanımı için kullanılmaktadırlar. Ardından da karma atık su için aşağıdaki basamaklar uygulanmaktadır:

- dengeleme (yaklaşık 20 saat dengeleme) ve nötralizasyon
- devre reaktörlerinden (reaktördeki kuru madde içeriği: yaklaşık 35g/l) ve temizleyicilerden (şekilde gösterilmemektedir) oluşan özel bir sistemde aktif çamur işlemi. Burada biyolojik olarak parçalanabilen bileşikler tamamen uzaklaştırılmaktadır (5 mg/l). Biyolojik olarak parçalanma etkinliği, hem organik bileşikler hem de oksijen için geçici adsorbant görevi yapan linyit kok kömürü tozu ile geliştirilmekte ve stabilize edilmektedir (tampon etkisi). Ek olarak, linyit kömürü tozu üzerinde gelişen mikroorganizmalar sistemde zenginleşebilmektedir
- adsorpsiyon adımı: boyarmaddelerin ve diğer biyolojik olarak zor parçalanan veya parçalanmayan bileşiklerin uzaklaştırılmaları için linyit kok kömürü tozu (300 m^2/g'lık spesifik bir yüzey ile), yaklaşık 0,8-1 kg/m^3'lük bir dozaj ile ilave edilmektedir (reaktördeki kuru madde miktarı yaklaşık 40 g/l'dir). Sedimentasyondan sonra, linyit kok kömürü tozu, adsorberlere ve de aktif çamur devre reaktörlerine geri gönderilmektedir

- flokülasyon/çökeltme ve çamurun flotasyon ile uzaklaştırılması: bu basamak, linyit kömürü tozunun tamamen uzaklaştırılmasını sağlamak için gereklidir (aksi takdirde partiküllerin küçük boyutları nedeniyle tam bir uzaklaştırma sağlanamamaktadır). Flokülantlar olarak alüminyumpotasyumsülfat ve bir organik polielektrolit ilave edilmektedir (yaklaşık 180 g/m^3). Ek olarak, renkteki özellikle kırmızılardaki mahalli limitlere uymazlığı önlemek için (boyarmaddelerin sülfo grupları ile suda çözünmeyen iyon çiftleri oluşturan) bir katyonik flokülant ilave edilmektedir
- suda süspansiyon halinde bulunan katıları ve bazı organik bileşikleri uzaklaştırmak için sabit yataklı bir kum filtresinde filtrasyon.

Ardından, suyun yaklaşık 1/3'ü akarsuya boşaltılmakta ve kalan 2/3'ü ilk önce kalan organik madde zerrelerini uzaklaştırmak için aktif karbon filtresinde işleme tabi tutulmakta ve ardından bir ters osmoz ünitesinde tuzsuzlaştırılmaktadır.

Ters osmoz ünitesinde (her biri 4 spiral modül içeren on modülden oluşan) süzüntü (permeat) temiz su ile karıştırılmakta ve tüm terbiye işlemleri için kullanılmaktadır, tuzlu konsantrat da reaktif boyama için gerekli olan tuz çözeltisinin hazırlanmasında tekrar kullanılmaktadır.

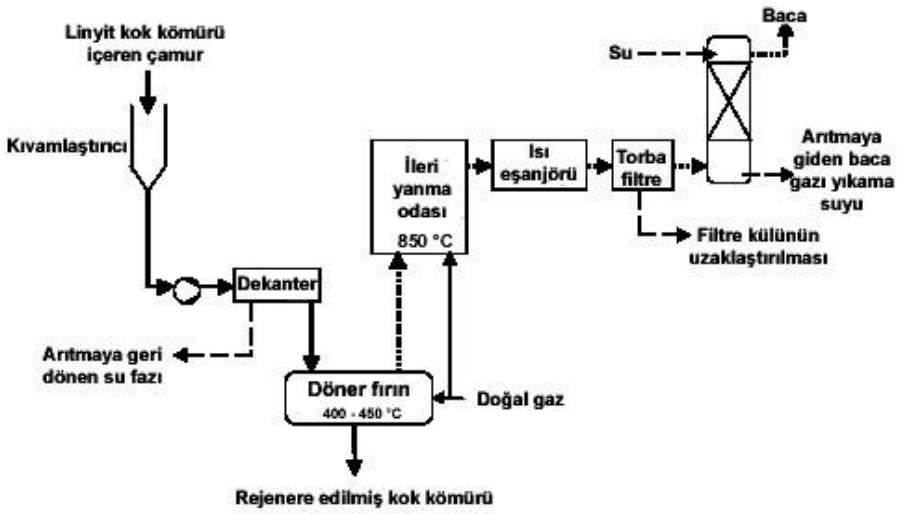


Şekil 4.42: Karma tekstil atık sularının, arıtılan atık suyun kısmi geri dönüşümü sağlanacak şekilde işletme içerisinde arıtılması
[179, UBA, 2001]

Arıtılan atık su, bir tankta depolanmakta ve herhangi bir biyolojik aktiviteyi önlemek için ozon ile (yaklaşık 2 g/m^3) kondisyonlanmaktadır. Arıtmadan gelen bu su renksizdir ve inorganik ve organik yükü oldukça düşüktür.

Aktif çamur sisteminden gelen çamur fazlasıyla birlikte, filtrasyondan gelen çamur, bir yoğunlaştırıcı (kıvamlaştırıcı) ve dekanterde susuzlaştırılmakta ve bir döner fırındaki ısıl işlem ile rejenere edilmektedir (Şekil 4.43). Fırından çıkan gazın sıcaklığı yaklaşık 450 ^{o}C'tur. Bu baca gazı bir ard yanmaya tabi tutulmakta (yaklaşık 850 ^{o}C) ve buradan çıkan

baca gazındaki ısı ise, bir ısı eşanjöründe geri kazanılmaktadır (dışarıya atılan havanın nihai sıcaklığı 120 ^{o}C'tur).



Şekil 4.43: Aktif çamur işleminden gelen çamur fazlasının ve flotasyondan gelen çamurun ısıl işlemi
[179, UBA, 2001]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Açıklanan işlem, arıtılan atık suyun yaklaşık olarak % 60'ının geri dönüşümünü sağlayarak atık su akışının önemli ölçüde azaltılmasını mümkün kılmaktadır. Buna ilaveten, nötr tuzun yaklaşık % 50'si geri kazanılmakta ve çektirme yöntemine göre boyamalarda tekrar kullanılmaktadır. Geri dönüştürülemeyen su çok düşük organik madde içeriği ile bir nehire boşaltılmaktadır.

Uygulanabilirlik

Açıklanan yöntem, her türlü tekstil atık suyuna uygulanabilmektedir. Yöntem, bir pilot tesisle (1 m³/sa), baskı ünitesi bulunan, ya da bulunmayan dokuma kumaş ve örgü kumaş terbiyesi veya iplik terbiyesi yapan tekstil işletmelerinden gelen atık sular için test edilmiştir [179, UBA, 2001].

Yan etkileşimler

İşlem, önemli miktarlarda enerji gerektirmektedir (daha ziyade ters osmoz tesisi için)

Referans işletmeler

A) Schiesser'in, D-09243 Niederfrohna (1995'ten beri faal), 2500 m^3/gün'lük planlı atık su akışı için projelendirilmiş atık su arıtma ve geri dönüşüm tesisi. Bu firma yalnızca pamuklu örgü kumaş terbiyesi uygulamakta ve neredeyse sadece reaktif boyarmaddelerle boyama yapmaktadır. Mevcut atık su akışı yaklaşık olarak 1300 m^3/gün'dür. Aktif çamur işlemi ve adsorpsiyon için iki hat bulunmaktadır; normal olarak hatlardan birisi çalışmakta, diğeri de akışın arttığı durumlarda devreye girmek üzere yedek olarak bekletilmektedir.

B) İkinci bir işletme de 1999'dan beri faal olan Palla Creativ Textiltechnick GmbH, D-09356 St. Egidien'dir. Buradaki arıtma tesisi 3000 m^3/gün akış kapasitesi ve % 60'lık geri dönüşüm oranı için projelendirilmiştir. Bu işletme ağırlıklı olarak yünlü dokuma kumaş terbiyesi yapmaktadır.

İşlemsel veriler

Schiesser firmasının performansı aşağıdaki tablolarda belirtilmektedir.

Arıtılan atık sudaki KOİ, $BOİ_5$, TOK, deterjanlar, renk ve ağır metal iyonu değerlerinin oldukça düşük olması (aşağıdaki tabloya bakınız), geri dönüşüm için herhangi bir kısıtlamanın olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte daha önce de görüldüğü gibi, tuz ve sertlik oluşturan iyonları (pamuktan gelen kalsiyum iyonları başta olmak üzere) uzaklaştırmak için ek bir işlem (iyon değiştirici ve ters osmoz) gerekmektedir.

Parametre	Birim	Giren atık su	Filtrasyondan sonra, adsorpsiyondan önceki atık su	Ters osmoz sonrası geri dönüştürülen su akımı
pH		7,3	7,2	7,0
İletkenlik	(mS/cm)	5,9	6,2	0,8
Sıcaklık	(^oC)	26,2	22,9	
KOİ	(mg O_2/l)	515	20	10
$BOİ_5$	(mg O_2/l)	140	<0,1	<0,1
TOK	(mg C/l)	135	4,8	3
AOX	(mg Cl/l)	0,56	0,2	
Anyonik deterjanlar	(mg/l)		0,02	
Katyonik deterjanlar	(mg/l)		0,02	
Sertlik	(^{o}dH)	2,5	13,6	
Amonyak	(mg N/l)	0,3	<0,01	
Nitrat	(mg N/l)	2,5	0,9	
Toplam demir	(mg/l)		<0,01	
Toplam alüminyum	(mg/l)		<0,01	
Klorür	(mg/l)	1750	1710	
Sülfat	(mg/l)	163	188	
o-Fosfat	(mg/l)	0,7	<0,01	
436 nm'deki SAC	(l/m)	13	0,04	0
525 nm'deki SAC	(l/m)	16,2	0,04	0
620 nm'deki SAC	(l/m)	24,5	0,04	0

Tablo 4.42: Schiesser, D-Niederfrohna arıtma tesisindeki farklı su akımlarının (ortalama değerler) tipik özellikleri
[179, UBA, 2001]

Çamurdaki linyit kok kömürünün rejenerasyonu ile ilgili olarak aşağıdaki emisyon değerleri elde edilmiştir.

Parametre	birim	Sağlanan değer
		11 hacimde-%O_2
Partikül halindeki madde toplamı (toz)	(mg/Nm^3)	9,2
Karbonmonoksit	(mg/Nm^3)	9,3
Toplam organik karbon	(mg/Nm^3)	<3,0
Gaz halindeki inorganik klor bileşikleri	(mg/Nm^3)	<1,0
Kükürtdioksit	(mg/Nm^3)	<1,4
Azotoksitleri (NO_2 gibi)	(mg/Nm^3)	190
PCDD/PCDF	(ng I-TEQ/Nm^3)	0,004

Tablo 4.43: Emisyon değerlerinin ölçümleri: ısıl rejenerasyon tesisinden çıkan baca gazları için
[179, UBA, 2001]

Aşağıdaki tabloda, ilk defa kullanılan ve rejenere edilmiş linyit kok kömürlerinin içerikleri gösterilmektedir. Rejenere edilmiş kok kömürünün karbon içeriği biraz daha yüksektir, ancak kül içeriği yaklaşık % 30 daha düşüktür. Böylece sınırlama olmaksızın geri dönüşüm

yapmak mümkün olmaktadır. Ayrıca rejenere kok kömürü partiküllerinin boyut dağılımı da ilk defa kullanılan kömürünkine çok benzemektedir.

Parametre	İlk defa kullanılan linyit kok kömürü (ağırlıkça %)	Rejenere edilmiş (450 °C'da) linyit kok kömürü (ağırlıkça %)
C	88,5	90,5
H	0,4	0,3
N	0,4	0,028
Toplam Si	0,5	0,59
Kül	9,0	6,63

Tablo 4.44: İlk defa kullanılan ve rejenere edilmiş linyit kok kömürünün elementel analiz sonuçları
[179, UBA, 2001]

Isı geri kazanımından sonra baca gazından ayrılan külün tehlikeli atık olarak uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun özgül miktarı, 5 g/m^3 atık sudur.

Ekipmanın paslanmaz çelikten yapılmış olmasına rağmen, Schiesser işletmesinde korozyon problemleriyle karşılaşılmıştır; fakat besleme borularının plastik olanlarla değiştirilmesi ve reaktörlerin poliüretanla kaplanması ile bu sorun çözülmüştür.

1998'den bu yana, yüksek çalıştırma maliyeti ve gerçek akışın planlanana göre oldukça daha düşük olması nedeniyle işletmenin % 60 geri dönüşüme ihtiyaç duymamasından ötürü bu ters osmoz işletmesi çalıştırılmamaktadır. Böylece, şu anda % 25'lik geri dönüşüm oranı yeterli olmaktadır.

Palla Creativ Textiltechnik GmbH'de bulunan tesise ait veri mevcut değildir.

Ekonomiklik

Bu tür bir tesisin yatırım maliyeti çok yüksektir. Schiesser için yatırım maliyeti, 2,0 milyonu bina konstrüksiyonu, 7,4 milyonu teknik malzeme ve 0,7 milyonu da planlama, bilimsel araştırma vs. için olmak üzere toplam 10,1 milyon Euro'dur. Fabrika, federal ve eyalet hükümetinden büyük ölçüde teşvik almıştır (yaklaşık % 80). Aşağıdaki tablo, hükümet yardımlarını dikkate almaksızın, yani sermaye ile ilgili sabit giderlerin tamamını göz önüne alarak, yıllık maliyeti ve birim özgül maliyetini (1 m^3 suyun arıtılma maliyetini) göstermektedir.

Maliyet faktörü	Yıllık maliyet (EUR/yıl)	Birim özgül maliyet (EUR/m^3)
Sermaye giderleri (% 6,88'lik bir faiz oranıyla 10 yıllık a-amortisman)	876260	1,46
Personel giderleri	78000	0,13
Bakım giderleri	63000	0,105
İşletme giderleri		
-Linyit kok kömürü	60000	0,1
-Asetik asit	9000	0,015
-Polielektrolit	6000	0,01
-Alüminyumpotasyumsülfat	30000	0,05
-Katyonik organik flokülant	15000	0,025
-Islatıcı	15000	0,025
-Membranlar için temizleme maddesi (asidik)	3000	0,005
-Membranlar için temizleme maddesi (bazik)	3000	0,005
-Elektrik (1,51 kWh/m^3)	63000	0,105
-Kok kömürünün rejenerasyonu için doğal gaz	57000	0,095
-Baca gazı temizleme işleminden gelen külün uzaklaştırılması	1650	0,0019
Atık su boşaltma ücreti	18000	0,03
Toplam	1297910	2,16
Isı geri kazanımı sayesindeki geri ödeme	538200	0,9
Toplam maliyet	**759710**	**1,27**

Tablo 4.45: Schiesser tesisinin sabit ve değişken giderleri; maliyetler, tasarlanan 2500 m^3/gün ve 600000 m^3/yıl'lık akış miktarına göre hesaplanmıştır
[179, UBA, 2001]

Toplam birim özgül maliyetin, bunun alternatifi olan atık suyun belediye atık su arıtma tesisine gönderilmesi maliyeti ile karşılaştırılması gerekmektedir.

Buna ek olarak, firmaya günde yalnızca 1000 m^3 yer altı suyu kullanma izni verildiğine göre, firmanın tasarlanan tüketimi (2700 m^3/gün) karşılamak için, günde 1700 m^3 suyu yerel su tedarikçisinden satın alması gerekecekti. Bu durumda da firma m^3 başına 2,90 Euro ödeme yapmak zorunda kalacaktı. Böylece, 1,63 Euro/m^3'lük bir tasarruf sağlanabilecektir ki, bu da yılda yaklaşık bir milyon Euro'luk bir tasarruf anlamına gelmektedir.

Palla Creativ Textiltechnik GmbH'de bulunan tesise ait veri mevcut değildir.

Uygulama için itici güçler

Yeraltı kaynakları sınırlıdır. Bu da atık suların geri dönüşümünü sağlayan tekniklerin uygulanması için önemli bir nedendir. Çok yüksek olan yatırım maliyeti, devlet desteğinin oldukça yüksek olması sayesinde, kabul edilebilmiştir.

Referans literatür

[179, UBA, 2001]

4.10.3 Karma atık suların biyolojik, fiziksel ve kimyasal olarak kombine arıtılması

Tanımlama

Aktif çamur sisteminde, düşük F/M oranı koşullarında işlem (Bölüm 4.10.1), biyolojik olarak hem kolayca parçalanabilen hem de zor parçalanabilen bileşiklerin parçalanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu yöntem, biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerin parçalanması, ya da elimine edilmesi için yeterli olmamaktadır. Biyolojik olarak parçalanamayan madde içeren atık suların, bu maddeleri uzaklaştırmak, ya da yok etmek için ek işlemlerden geçirilmeleri gerekmektedir.

Bu tip işlemlerin tercihen son biyolojik işlemden önce uygulanmaları gerekmektedir (bkz. Bölüm 4.10.7), fakat pratikte bu sadece birkaç işletmede yapılmaktadır.

Bir çok durumda, bu ilave ardışık işlemler aktif çamur işleminden sonra, flokülasyon/çökeltme, koagülasyon/adsorpsiyon/çökeltme, ozonlama şeklinde uygulanmaktadırlar. Her ne kadar ozonlama arıtma işleminin sonunda uygulandığında, kimyasalları parçalanma ürünlerine ayrıştırma etkisine sahipse de, yukarıda listelenen diğer işlemler, sonuçta sadece biyolojik olarak parçalanamayan maddelerin çamura transferini sağlamaktadırlar.

Aktif çamur sisteminin performansının geliştirilmesi için diğer bir yaklaşım da, Tozlaştırılmış Aktif Karbon İşlemi (PACT-Powdered Activated Carbon Treatment)'dir. Değişik teknolojilerin (biyolojik, fiziksel, kimyasal) kombinasyonundan oluşan bu yöntem, eş zamanlı biyolojik parçalanma, adsorpsiyon ve koagülasyonu mümkün kılmaktadır. İşlem yetmişli yılların başında ortaya çıkmış ve ticari olarak PACT ve PACT® sistemleri adı altında ticarileştirilmiştir.

PACT sisteminde, simbiyotik aktivitenin gerçekleşmesi için tozlaştırılmış aktif karbon ve bakteriler bir aerobik/anoksik işleme tabi tutulmaktadırlar [292, US Filter-Zimpro, 2002].

PACT® sisteminde, aerobik havalandırıcıdan gelen çamur fazlası (kullanılmış toz karbon ve biyokütlenin bir karışımı) hidrotermal işlem (yaş oksidasyon) yoluyla rejenere edilmektedir. Bu işlem, suda çözünebilen veya süspansiyon haline gelebilen oksitlenebilir yabancı maddeleri oksitlemek için suda çözünmüş oksijeni (ya da havayı) kullanan bir sıvı faz reaksiyonudur. Oksijen kaynağı olarak hava kullanıldığında, işlem, "Yaş Hava Oksidasyonu" olarak adlandırılmaktadır. Oksidasyon reaksiyonu, 150-315 ^{o}C'luk ılıman sıcaklıklarda ve 10'dan 207 bar'a kadar basınçlarda yürütülmektedir. İşlem, atık sudaki büyük molekülleri çoğunlukla, karbondioksit, su ve biyolojik olarak kolayca parçalanabilen ve biyolojik işlem için daha uygun olan kısa zincirli organik asitlere dönüştürerek parçalamaktadır. Bu rejenerasyon işlemi, aktif karbonun sürekli olarak tekrar kullanılabilmesini sağlamakta ve atık suların yüksek seviyede arıtılmasını mümkün kılmaktadır.

PACT® sisteminin Avrupa tekstil sanayiindeki ilk uygulaması 1975'te ortaya çıkmıştır (Desso, Belçika). Proses, daha sonra eşzamanlı koagülasyon işleminin de eklenmesi ile geliştirilmiştir (sistem ilk gelişmeyi belirtmek için şifreli bir terim olan PACT+ olarak isimlendirilmiştir).

İkinci bir gelişme (PACT++ olarak bilinmektedir), ancak geleneksel aktif çamur işlemini, nitrifikasyon/denitrifikasyon adımı ile ve ardından suda süspansiyon halinde bulunan katıları alıkoymak için bir filtreleme işlemi ile değiştirerek ve uzatarak sağlanabilmiştir.

Diğer bir yöntem de PACT3+ sistemidir. Bu kavram, PACT® sisteminin performansını, esnekliğini ve ekonomikliğini önemli ölçüde geliştirmeyi amaçlayan, değişik uygun tekniklerin bir kombinasyonudur.

PACT3+ sisteminde, aktif karbon aerobik havalandırıcıya, fosfatı çöktürmek için koagülant olarak kullanılan ve boyanın çamura yapışmasını artıran demir ile birlikte beslenmektedir. Toz karbon ve demir içeren atık çamurların reaktivasyonu, hidrojenperoksit kullanıldığında düşük sıcaklıklarda (130 ^{o}C'un altında) yapılmaktadır ("katalitik aktif karbon yaş peroksidasyonu" olarak adlandırılan bir proses). Konsantre haldeki, ya da adsorplanmış maddeler, Fenton reaksiyonu (H_2O_2, Fe^{+2}, pH 3'te) için gerekli şartları oluşturacak şekilde hidrojenperoksit kullanılarak yapılan ileri oksidasyon ile yok edilmektedirler. Bu işlemin prensipleri Bölüm 4.10.7'de anlatılmaktadır. Hem yeniden aktive edilen karbon, hem de demir aerobik sisteme geri kazandırılmaktadır.

Bu geliştirilmiş işlemde, oksijen (saf oksijen ya da hava) ilavesi gerekli değildir, çünkü biyokütlede oksijen zaten mevcuttur.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Sözü edilen ön işlem yöntemleri, aktif karbon işleminin performansını artırmaktadır.

Biyolojik işlemin ardından uygulanan ardışık üçüncül işlemlere göre başlıca avantajları şöyledir:

- çamur fazlasının üretimi azalmaktadır
- tercihen, potansiyel olarak tehlikeli olan (biyolojik olarak parçalanamayan, birikebilen, toksik) maddeler uzaklaştırılmakta ve yok edilmektedirler
- aktif çamur sistemi şok yüklemelere karşı daha iyi korunmaktadır ve adsorplanmış madde azaldığı için boyaların ve diğer adsorplanmış maddelerin yer değiştirme riski, ard-adsorpsiyonda (örneğin granüler aktif karbon) görülenden oldukça daha düşüktür
- ortaya çıkan katı fazlalıkları kıvamlıdırlar ve madde artıklarını tutmaktadırlar. Böylece bunların susuzlaştırma (anaerobik) ve yakarak uzaklaştırma işlemine gönderilmeleri daha kolay olmaktadır
- organik zararlı maddelerin mineralizasyonu gelişmektedir
- havalandırmadaki enerji kullanımı daha düşük olmaktadır.

İşlemsel veriler

PACT® ve PACT3+ işlemlerinde, çamurun işlem görmüş atık sudan etkin bir şekilde ayrılması için iyi bir filtrasyon oldukça önemlidir.

Uygulanabilirlik

Bu yöntem, biyolojik işlemin mümkün olduğu ve katıların çöktürme havuzlarında tamamen tutulduğu, mevcut ve yeni tesislerde uygulanabilmektedir. Katıların arıtılmış su ile birlikte kaçma riski varsa, bir mikrofiltrenin eklenmesi gerekmektedir.

Adsorbantın (aktif karbon) ve koagülantın ilavesi, çalışmanın en etkili olduğu (maliyet, performans) herhangi bir noktada yapılabilmektedir ve doğrudan aerobik havalandırıcıya ilavesi şart değildir, çünkü koagülasyon, adsorpsiyon ve filtrasyondan gelen ters akım, sudan uzaklaştırılan maddeleri içeren adsorbant ve koagülantın biyolojik sisteme geri dönmesini sağlamaktadır.

Hidrojenperoksit kullanılan reaktivasyon, karbonun ve demirin tekrar kullanımına izin vermektedir. Bu yöntem, sıcak konsantratların ön arıtılması (Bölüm 4.10.7'de anlatılan yöntem ile bir dereceye kadar kıyaslanabilmektedir, fakat ondan daha basittir, çünkü

oksijen gazı enjekte etmeye gerek yoktur) ve biyolojik, fiziksel ve koagülasyon işlemlerinden gelen çamurun tekrar aktive edilmesi açısından çok ilginçtir.

Ekonomiklik

Aşağıdaki ek ekipmana ihtiyaç vardır:
- toz karbon ve demirsülfat için dozajlama sistemi
- peroksit için dozajlama sistemi
- mikrofiltrasyon
- derişik akımların tekrar aktivasyonu için reaktör.

En iyi performansı, aktif karbonun özel tiplerinin sağladığı bilinmektedir. Maliyet, dozaja bağımlıdır (aktif karbonun tekrar aktivasyonu yapılıyorsa, 100 g/m^3 karma atık su'dan daha az aktif karbona ihtiyaç duyulmaktadır).

Derişik maddelerin biyolojik olarak parçalanabilen maddelere dönüşümü için stokiyometrik miktarlarda hidrojenperoksit tüketilmektedir (optimal pH ve sıcaklık koşullarında).

Demir, demirsülfat halinde ilave edilmektedir. Koagülant olarak tanıtılmaktadır, ancak ayrıca besin, çöktürücü ve sülfürler ile fosfatlar için katalizör olarak da etki göstermektedir.

Uygulama için itici güçler

PARCOM Recommendations 94/5, PACT prosesinin kritik bir değerlendirmesinin ardından, PACT3+ sisteminin uygulanmasını, en ümit verici müstakbel teknolojilerden biri olarak desteklemektedir (90'ların teknolojisi olan ileri oksidasyon prosesleri bazında).

Referans işletmeler

Boyarmadde içeren atık suları arıtmak için, dünyanın çeşitli yerlerinde PACT prosesleri uygulanmaktadır.

PACT® sistemi, tekstil atık sularının arıtılması için 1980'den bu yana Vernon şehrinde kullanılmaktadır.

PACT+ sistemi, PACT++ sistemini de geliştiren Desso tarafından uygulanmaktadır (geleceğe ait bilgi bulunmamaktadır).

PACT3+ uygulanan mevcut yöntemleri kombine eden bir konsepttir.

Referans literatür

[314, L. Bettens, 2002], [292, US Filter-Zimpro, 2002].

4.10.4 Tekstil atık suyunun, seçilmiş atık su akımlarının membran teknikleriyle arıtılması yolu ile geri dönüşümü

Tanımlama

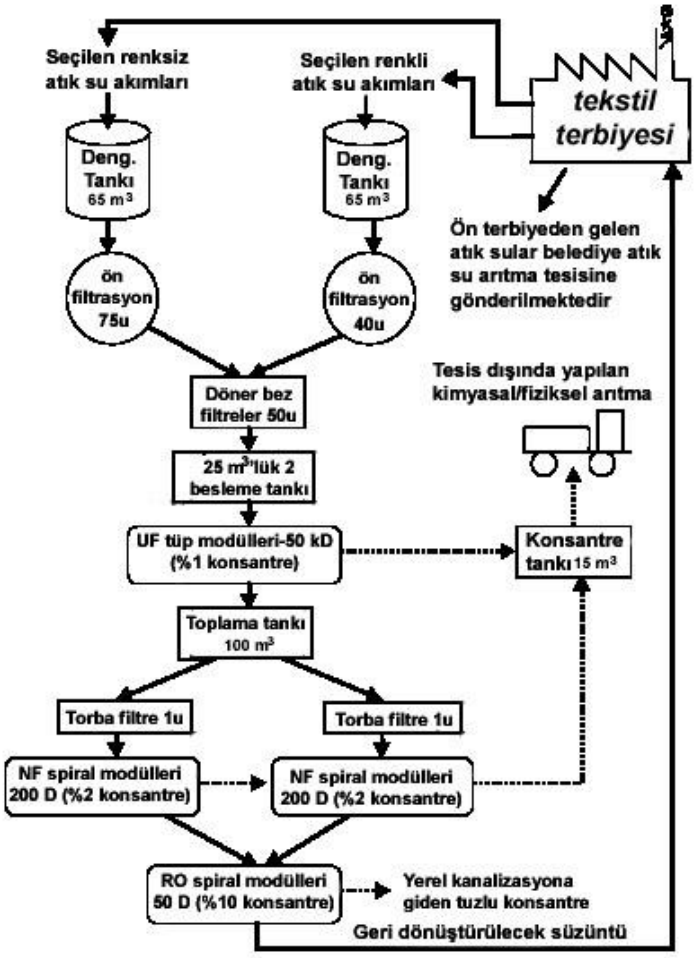
Membran yöntemleri, ayrılmış atık su akımlarının arıtılmasında prosesle sıkı bir entegrasyon içerisinde suyun geri dönüşümünü ve tekrar kullanımını sağlamak için, çok çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Boyama işlemlerinden gelen atık sulara membran tekniklerinin uygulandığı iki vak'a çalışması anlatılmaktadır. Ancak bu vak'a çalışmaları yalnızca birer örnektir. Membran teknikleri, nişasta ve modifiye nişasta haşılları ile işlem gören kumaşların enzimatik haşıl sökümünden kaynaklanan atıkları da içeren haşıl sökme

atık suları (bkz. Bölüm 4.5.1) gibi diğer atık su tiplerinde de uygulanabilmektedir [192, Danish EPA, 2001].

İşletme A) [179, UBA, 2001]

Firma, ağırlıklı olarak pamuklu dokuma kumaş ile çalışmaktadır. İşlem sırası, ön terbiye, boyama (soğuk bekletme), pigment baskı ve bitim işlemleri (yumuşatıcıların ya da florkarbon reçinelerinin aplikasyonu) şeklindedir. Atık suyun büyük bir kısmı durulama işlemleri sırasında ortaya çıkmaktadır.

Aşağıdaki şema, ayrılmış atık su akımlarına uygulanan işlemlerin akış şemasını göstermektedir. Uygulanan membran teknikleri ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters osmozu içermektedir.



Şekil 4.44: Seçilen ayrılmış atık su akımlarının bir seri membran tekniği (ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (RO)) kullanılarak arıtılması – ayrılan konsantreler Dalton(D) olarak ifade edilmektedir
[179, UBA, 2001]

Atık suyun tamamı geri dönüştürülmemektedir. Ön terbiyeden (hidrofilleştirme ve ağartma) ve bitim işlemlerinden (emdirme flottesi artıkları) gelen atık sular membran tesisinde arıtılmamakta, nötralizasyonun ardından belediye atık su arıtma tesisine gönderilmektedirler.

Tekrar kullanım potansiyelini belirlemek için, işlem akımları teker teker dikkatlice analiz edilmiş ve membran işlemi için uygunluklarına göre ayrılmışlardır. Örnek olarak, pigment

baskı patları içeren atık sular membranlar ile arıtılamamaktadırlar, çünkü binderler ekipmanda temizlenemeyen tortuların oluşmasına neden olmaktadırlar. Bunun dışında, bazı işlem modifikasyonları gerekli olmuştur. Örneğin, soğuk bekletme yöntemine göre boyamalarda cam suyu kullanımının durdurulması gerekmiştir, çünkü silikatlar da membranları tıkamaktadırlar.

İlk membran adımı, tüm atık partikülleri ve polimerleri uzaklaştırmak için gerekli olan tüp şeklinde bir seramik ultrafiltrasyon modülüdür.

İşlemlerin çoğunluğunda, beslenen suyun yaklaşık % 90'ı geri dönüştürülmektedir. Bununla birlikte, arıtılmış suyun tekrar kullanımı dikkatli bir şekilde belirlenmelidir. Örneğin, temiz su ve geri dönüştürülmeyen su ağartma, boyama ve bitim işlemleri flottelerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır.

İşletme B) [192, Danish EPA, 2001]

İkinci örnek de pamuklu kumaş terbiyesi yapan bir işletmeye aittir. Önlemler şunları içermektedir:

- yüksek ölçüde renkli ve tuzlu boya flottesi ile reaktif boyarmaddelerle boyamanın ardından yapılan ilk durulama suyunun aktif karbon ile geri kazanılması ve tekrar kullanımı; karbon, boyarmaddeleri ve diğer organik kimyasalları tutmakta ve tekrar kullanılabilecek sodyumklorür ve sodyumhidroksit içeren berrak sıcak su temin etmektedir
- boyama sonrası durulama sularının membran filtrasyonu yoluyla (nanofiltrasyon veya ters osmoz ile) geri kazanımı ve tekrar kullanımı.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

A işletmesinde, su tüketiminde ve atık su boşaltımında yaklaşık % 60'lık bir azalmanın olduğu bildirilmektedir [179, UBA, 2001]. Belediye arıtma tesisine gönderilen atık suyun KOİ yükü de yaklaşık % 50 kadar azalmıştır. İkinci örnek işletmede de su tüketiminde ve kimyasal (özellikle tuz) boşaltımında benzer düşüşlerin olduğu ileri sürülmektedir [192, Danish EPA, 2001].

İşlemsel veriler

A işletmesi 1995 yılının sonlarında faaliyete geçmiştir. Özellikle liflerin ve partiküllerin (örneğin yakmadan gelen toz) uzaklaştırılması ve membranlarda tortu oluşturan kimyasalların belirlenmesi gibi birçok problemin çözülmesi gerekmiştir. Ultrafiltrasyon adımının, spiral modülden, tortulanmaya karşı daha az hassas olan seramik tüp modülüne dönüştürülmesi gerekmiştir.

Süzüntü (permeat) akışları için referans verileri şöyledir:

- ultrafiltrasyon (UF): 85-130 l/m^2 x sa
- nanofiltrasyon (NF): 12-17 l/m^2 x sa
- ters osmoz (RO) : 11-17 l/m^2 x sa

Tesis haftada yaklaşık olarak 900 m^3 atık su arıtmakta (tüm atık su akışının yaklaşık % 70'i) ve haftada yaklaşık 800 m^3 su geri dönüşümü sağlamakta ve bu da her türlü yıkama/durulama işlemlerinde kullanılabilmektedir.

Tesis çektirme yöntemine göre çalışmaktadır. Konsantrat, işletme haricindeki bir tesiste fizikokimyasal olarak arıtılmaktadır. Optimizasyonu geliştirmek için, flotteyi buharlaştırma (% 15 su içeriğine düşürmek amacıyla) ve ardından yakmaya gönderme planları da mevcuttur.

Danimarka tarafından rapor edilen *İşletme B,* yarı-endüstriyel ölçekli bir test denemesidir. Aktif karbon test ünitesinin boyutsal parametreleri, 2 saatlik işlem süresi ve 4 kg karbon/kg boyarmadde kapasitesidir. Kullanılan karbon çeşidi Chemviron Carbon'dan temin edilen F400'dür. Tam endüstriyel ölçekli bir tesis, birbirine seri bağlanmış ve akım yönü tersine çevrilebilen iki kolondan oluşabilecektir ve dolayısıyla boya doyma noktasına ulaşıldığında tekrar yükleme için kapasite mevcut olacaktır.

Test boyamaları, ılık, tuzlu ve renksiz boya flottelerinin, kumaşın renk tonuna ve haslıklarına hiçbir olumsuz etkisi olmadan tekrar kullanımının mümkün olduğunu göstermiştir.

Spiral sarılmış elementlerden oluşan test ünitesinde yapılan membran işleminin boyutsal parametreleri, 25 ^{o}C'da, 7-10 bar basınçta ortalama 25 l/m^{2}sa üretimdir. Kullanılmak üzere seçilen elementler OSMONICS DESAL'den temin edilen 50 mil Duratherm elementleridir.

Yan etkileşimler

Önemli ölçüde enerji tüketimi olacağı düşünülmektedir. İşletme A için, membran tesisinin enerji tüketiminin 1 m^3 arıtılmış atık su başına yaklaşık 20 kWh olduğu bildirilmektedir. Üstelik, membran ile arıtma işlemi, bir ayırma tekniği olduğundan, konsantratın doğru bir şekilde yok edilmesi de çok önemli bir noktadır.

İkinci vak'a çalışması için hiçbir enerji tüketim verisi bildirilmemiştir.

Uygulanabilirlik

Yöntem, uygun atık su ayırma işlemi yapıldığı ve membranla geçinirliği iyi olan atık su hatlarının seçimi yapıldığı taktirde, tüm tekstil terbiye işletmelerinde uygulanabilmektedir. Reçeteler, membranla geçinirlik açısından kontrol edilmeli ve gerekli olduğunda değiştirilmelidir (bkz. yukarıdaki açıklama).

Mevcut işletmelerde, atık suyun ayrılması için ilave boru hatlarının inşası gibi yapısal değişiklikler gerekli olmaktadır. Ara depolamalar için ilave tankların (yer gereksinimi) kurulması gerekmektedir.

Başlangıçtan itibaren suyun içerisinde tuz bulunacağından, bu tuzlu suyun tekrar kullanımı için (İşletme B) "her şeyi baştan koyma (all in)" olarak bilinen her şeyin baştan itibaren konulduğu boyama metodunun uygulanması gerekmektedir. Bu yöntem, boyarmaddenin tuz ilavesinden önce düzgün olarak dağıtılmasının sağlandığı normal boyama yöntemlerinin tersidir (bkz. Bölüm 2.7.3 "Reaktif boyalar").

Ekonomiklik

10 m^3/sa'lik bir membran ekipmanı (işletme A) için yapılacak yatırım yaklaşık 1 milyon Euro'dur. Sermaye maliyeti ve işletme maliyetleri (işçilik, enerji, membranı temizlemek için kullanılan kimyasallar, bakım ve konsantre atığın yok edilmesi) göz önüne alındığında, özgül maliyet 4,5 Euro/m^3 geri dönüştürülmüş su olmaktadır (sabit giderler: 1,3 Euro/m^3, işletme giderleri: 3,2 Euro/m^3) [179, UBA, 2001].

İşletme B'de geri ödeme süresinin, boya flottesinin aktif karbon sistemi ile arıtılarak geri kazanımı için 5 yıl, ve boyama sonrasındaki durulama sularının membran ile arıtılarak geri dönüşümü için 8 ay olduğu bildirilmektedir [192, Danish EPA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Temiz suyun ve atık su arıtmasının yüksek maliyetleri, ana itici güçlerdir.

Referans işletmeler

Ayrılmış atık su akımlarının arıtılması için kullanılan membran teknikleri, Avrupa'da bir çok işletmede uygulanmaktadır. Burada özel olarak bahsedilen iki örnek şunlardır:
İşletme A: Fa. Van Clewe GmbH & Co.KG, D-46499 Dingden, tasarlanan akış 10 m^3/sa
İşletme B: Martensens A/S, DK-7330 Brande

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [192, Danish EPA, 2001].

4.10.5 Pigment baskı patı içeren atık suların arıtılması ve geri dönüşümü

Tanımlama

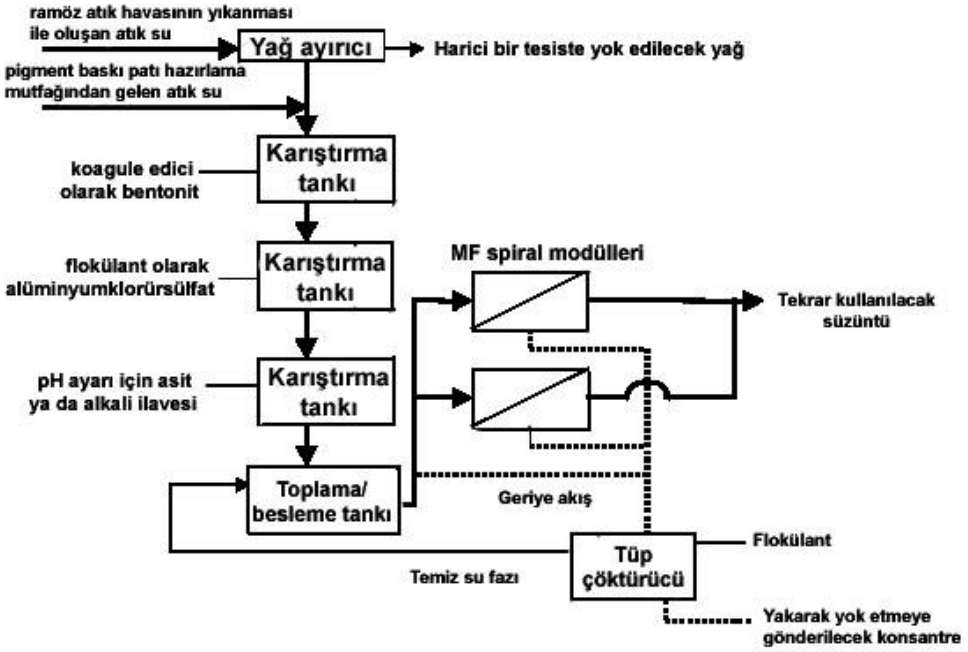
Bu yöntem, pigment baskı patları içeren atık suların membran tekniğine göre arıtılmasını ve meydana gelen süzüntünün tümüyle tekrar kullanımını konu etmektedir.

Burada bahsedilen örnekte, atık su pigment baskı patı hazırlama mutfağından (esas itibariyle karıştırıcıların, kazanların temizlenmesi ile ortaya çıkan) gelmektedir. Pigment baskı patları, organik boya pigmentleri, organik kıvamlaştırıcılar (genellikle poliakrilatlar), organik binderler (kopolimerizatlar), fiksaj maddeleri (organik reçineler), katalizörler ve yumuşatıcılar içermektedirler.

İşlem (bkz. şekildeki akış şeması) aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:
- organik boyaların, binderlerin ve fiksatörlerin de-aktivasyonu için koagülasyon (polialüminyumklorür-sülfat ilave edilmektedir)
- meydana gelen koagülatların pH 6'da bentonit ile çöktürülmesi
- çökeltinin mikrofiltrasyonu. Kullanılan membranlar polipropilenden oluşmaktadırlar ve 0,2 μm'lik kesite sahiptirler. Konsantre atıktaki süspansiye olmuş katılar, tüp çöktürücüde flokülant ilave edilerek uzaklaştırılmaktadırlar

Çamur, fizikokimyasal işlem görmek üzere sistemden ayrılmaktadır. Yakın gelecekte, bu çamurun yakarak yok etmeye gönderilmesi planlanmaktadır. Süzüntü, asılı katılardan tamamen arındırılmıştır ve temizleme işlemleri için tekrar kullanılabilmektedir.

Şekil 4.45, pigment baskı patı hazırlama istasyonundan gelen atık suyun yanı sıra, sulu yıkayıcılardan gelen atık suyun da (üç ramözden atılan atık gazların temizlenmesi) membranlara gönderildiğini göstermektedir. Sistemin özünü, her birisinde 400 spiral membran tüpü bulunan iki mikrofiltrasyon modülü oluşturmaktadır.



Şekil 4.45: Pigment baskı patı hazırlama mutfağından gelen atık suyun arıtıldığı ve geri dönüştürüldüğü tesisin şeması (yıkama kulelerinden gelen su da aynı tesiste arıtılmaktadır) [179, UBA, 2001]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Suyun % 90'ından fazlası geri dönüştürülebilmektedir. Organik kıvamlaştırıcılar, binderler ve fiksaj maddeleri gibi biyolojik olarak parçalanamayan bileşikler, tümüyle uzaklaştırılmakta ve ardından yakarak yok etme ile mineralize edilmektedirler (yakarak yok etme bu bölümde sözü edilen örnekte uygulanmamakta olup, yakın gelecek için planlanmaktadır). Bununla birlikte, klorürlerin varlığından ötürü, çamur yakıldığında tehlikeli maddelerin (dioksinlerin ve furanların) oluşma potansiyeline dikkat edilmelidir [281, Belgium, 2002]. Günümüzde bu emisyonları önlemek için, katalitik ve yüksek sıcaklık fırınları bulunmaktadır.

İşlemsel veriler

Arıtma tesisine giren suyun KOİ değerleri 4000 ila 10000 mg/l arasında değişmektedir. Süzüntünün KOİ değeri ise yaklaşık 600 mg/l'dir, bu da yaklaşık % 90 uzaklaştırma etkinliği anlamına gelmektedir.

Organik binderlerin ve fiksaj maddelerinin varlığından dolayı, koagülasyon çok dikkatli bir şekilde yapılmalı ve kontrol edilmelidir. Eğer bu bileşikler tamamen inaktif hale gelirlerse, membranın üzerinde birikmeye başlayarak membranı kısa zaman içerisinde tıkayacaklardır.

Mikrofiltrasyondaki basınç farkı yaklaşık 1 bar'dır.

Yan etkileşimler

Atık suyun arıtılması ve geri dönüşümü için enerji gerekmektedir [179, UBA, 2001]. Tüketim seviyeleri hakkında hiçbir veri bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Yöntem, kaplama veya baskı işlemleri için pigment patları hazırlayan mevcut ve yeni işletmelere uygulanabilmektedir.

Ekonomiklik

Bahsedilen 2,5 m^3/sa'lik akışa sahip (sözü edilen iki atık su hattını da kapsayan) tesisin kurulması, yaklaşık 180000 Euro'luk bir yatırım gerektirmiştir. Konsantratın dışarıda yok edilmesini de içeren (en önemli kısmını bu oluşturmaktadır) işletme maliyeti, yaklaşık 4 Euro/m^3'tür.

Uygulama için itici güçler

Bu örnekte göz önünde tutulan işletme, atık sularını, atık su akışına ve KOİ değerlerine sıkı sınırlamalar uygulanan bir belediye atık su arıtma tesisine göndermektedir.

Referans işletmeler

1,25 m^3/sa'lik akışa sahip bir tesis 2001'den bu yana van Clewe GmbH, D-46495 Dingden'de çalıştırılmaktadır. İşletmede ramöz atık havasının temizlenmesinden gelen suyla kombine bir arıtma yapılmaktadır (buradan da 1,25 m^3/sa'lik ek bir akış gelmektedir).

Referans literatür

[179, UBA, 2001]

4.10.6 Emdirme flottesi ve baskı patı artıklarındaki boyarmaddelerin anaerobik olarak uzaklaştırılmaları

Tanımlama

Baskı patları ile kontinü ve yarı-kontinü boyamaların emdirme flotteleri, yüksek konsantrasyonlarda boyarmadde içermektedirler (bkz. Bölüm 3.3.3.5.4). Arta kalan emdirme flotteleri ve baskı patları, tercihen biyolojik arıtmadan gelen birincil ve artık çamurla ko-fermantasyona tabi tutularak anaerobik parçalayıcılarda arıtılabilmektedirler. Pratikte, artıklar belediye atık su arıtma işletmelerindeki anaerobik parçalayıcılara beslenmektedir.

Azo boyarmaddeleri, anaerobik şartlarda işleme tabi tutulduklarında, azo grupları (bu tip boyarmaddelerin karakteristik gruplarıdırlar) tersinir olmayacak şekilde parçalanmaktadırlar, bu da boyarmaddelerin rengini kaybetmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte, kalan aromatik sistemler halâ ışığı absorbe edebildiklerinden, genellikle hafif sarımtırak bir renk kalmaktadır.

Suda çözülen parçalanma ürünleri (sülfonik gruba sahip olanlar) su fazında bulunmaktadırlar ve hem anaerobik parçalayıcılardan taşarak, hem de çamurun susuzlaştırılmasından gelen filtrat olarak aktif çamur işlemine ulaşmaktadırlar. Daha fazla substitue olmuş naftalin türevleri biyolojik olarak zor parçalanmaktadırlar ve nihai atıkta halâ bulunabilmektedirler. Bu nedenle supernatant'ın (berrak sıvı fazın) daha sonra bir aktif çamur sisteminde arıtılması gerekmektedir.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Anaerobik arıtma işlemleriyle azo boyarmaddelerinde % 90'ın üzerinde bir renk uzaklaştırma etkinliğine ulaşılmaktadır (436, 526 ve 620 nm dalga boylarında spektral absorpsiyon katsayılarındaki küçülme olarak belirlenmektedir) [179, UBA, 2001].

Ayrıca, aljinatlar ve galaktomannanlar gibi doğal kıvamlaştırıcılar içeren baskı patlarında, bu biyopolimerlerin parçalanması sayesinde biyogaza dönüşüm de söz konusu olmaktadır.

Bahsedilen konsantre atıkların miktarı, boşaltılan toplam atık suyun küçük bir yüzdesini temsil etmesine rağmen (büyük işletmeler için bile haftada birkaç ton), arıtma tesislerinden çıkan atık suda kalan toplam rengin yaklaşık % 50 kadar azaltılabildiği durumlar da bulunmaktadır.

İşlemsel veriler

Anaerobik işlemlerden en yüksek faydayı sağlamak için, bu tekniğin baskı patı artıklarını en aza indirmeyi amaçlayan prosese-entegre yöntemlerle kombine olarak uygulanması gerekmektedir. Daha da önemlisi, emdirme flottesi artıklarının konsantre halde tutulabilmesi için, bu flottelerin baştan itibaren diğer atık sulardan ayrılmaları gerekmektedir.

Reaktif baskı patı dozajının, anaerobik arıtma işlemlerinde inhibitör etkisinin olması nedeniyle, 10 g/kg çamuru geçmemesi gerekmektedir. İnhibitör etkilerinin belirlenmesinde laboratuvar testleri yardımcı olabilmektedir.

Anaerobik arıtma işleminde oluşan çamur, yakılmadığı ya da uygun yer altına gömme depolarına (bkz. Landfill Directive 99/31/EC) gönderilmediği sürece, içerisinde ağır metal içeren boyarmaddeler bulunan emdirme flottelerinin ve baskı patlarının ayrılmaları gerekmektedir.

Yan etkileşimler

Azo gruplarının redüktif olarak parçalanması, aromatik aminlerin oluşmasına neden olmaktadır. Kanserojen aromatik aminlerin ortaya çıkma potansiyeline gelince, sürdürülen araştırmalar şimdiye dek bu endişeyi teyit etmemiştir [179, UBA, 2001] (ve bunda atıfta bulunulan "Kolb, 1988"). Bununla birlikte, anaerobik arıtmadan gelen süpernatant, normal olarak aktif çamur ile arıtılmaktadır.

Uygulanabilirlik

Teknik, hem yeni hem de mevcut tesislere uygulanabilmektedir.

Anaerobik arıtma işlemleri, özellikle günümüzde piyasada mevcut renklendiricilerin % 50'sini oluşturan azo boyarmaddeleri için uygundurlar.

Buna karşın, diğer kromoforik sistemler yeterince arıtılamamaktadırlar. Örneğin küp boyaları renksiz şekle indirgenebilmektedirler, ancak bu işlem tersinirdir.

Pigment baskı patları anaerobik parçalayıcılarda arıtılamamaktadırlar, çünkü pattaki komponentlerin tamamı biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerdir ve polimer binderler nedeniyle tıkanma problemleri ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, anaerobik arıtmada azo boyarmaddeleri ile % 90 etkinliğe ulaşılsa bile, bu yöntem, çok çeşitli boyaları kullanan işletmeler için toplamda vasat bir etkinliğe sahiptir.

Ekonomiklik

Belediyelere ait anaerobik parçalayıcılarda yapılan anaerobik arıtmaların bilinen maliyeti, 30 ila 60 Euro/t emdirme flottesi veya baskı patı arasında değişmektedir [179, UBA, 2001].

Uygulama için itici güçler

Arıtma tesislerinden gelen atık suların renginin mevcut standartlara uymamasından doğan baskılar.

Referans işletmeler

Almanya'da baskı patı artıkları, Ravensburg, D-Ravensburg ve Bändlegrund, D-Weil'deki belediye atık su arıtma tesislerinin anaerobik parçalayıcılarında arıtılmaktadırlar. Boyamalardan arta kalan emdirme flotteleri ise, Heindenheim, D-Heindenheim'daki belediye atık su arıtma tesislerinin anaerobik parçalayıcılarında arıtılmaktadırlar.

Referans literatür

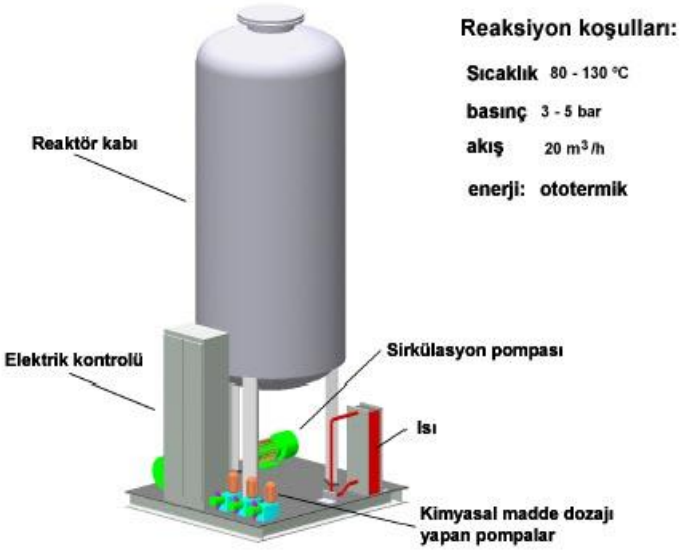
[179, UBA, 2001]

4.10.7 Biyolojik olarak parçalanamayan maddeler içeren, seçilmiş ve ayrılmış atık su akımlarının kimyasal oksidasyon ile arıtılmaları

Tanımlama

Yüksek konsantrasyondaki atık su akımları, tekstil terbiye zincirinin çeşitli işlemleri sonucu meydana gelmektedirler. Yıkama makinelerinin etkinliğine (su tüketimi) ve kumaş üzerindeki haşıl maddelerinin yüküne bağlı olarak, haşıl sökme flottelerinin KOİ konsantrasyonlarının 20000 mg/l'ye kadar çıktığı gözlenebilmektedir. Boyarmadde sınıfına bağlı olarak, kullanılmış boyama flottelerinin KOİ konsantrasyonlarının 1000 ila 15000 mg/l arasında olması mümkündür. Boyama ve bitim işlemlerinden arta kalan emdirme flotteleri ve baskı patı artıkları ise, çok daha yüksek KOİ konsantrasyonları göstermektedirler.

Biyolojik olarak parçalanamayan haşıl maddelerinin bulunduğu haşıl sökme flotteleri ve kullanılmış boyama flotteleri, özel bir reaktörde, 100-130 ^{o}C'da ve yaklaşık 3 bar basınçta (maks. 5 bar) yapılan bir oksidasyon işlemi ile arıtılabilmektedirler. Ana oksidasyon maddesi moleküler oksijendir. Hidrojenperoksit, yalnızca oksidasyon reaksiyonunu başlatmakta ve devam etmesini sağlamaktadır (reaktif oksijenin 1/5'ini temin etmektedir). Katalizör olarak, asidik ortamda demir(II)-tuzu ilave edilmektedir. Beslenen atık suyun KOİ değeri 2500 mg/l'nin üzerinde olduğunda, reaksiyon ekzotermiktir. Bu proses, "Isıl Fenton Prosesi" olarak adlandırılmaktadır. Aşağıdaki şekil, reaktörü ve reaksiyon koşullarını göstermektedir. İleri oksidasyon işlemi ve Fenton reaksiyonu hakkında daha fazla bilgi Bölüm 14'te verilmektedir.



Şekil 4.46: Bazı yüksek konsantrasyondaki ayrılmış atık su akımlarının O_2/H_2O_2 ile katalitik oksidasyon yoluyla arıtılması için kullanılan reaktörün şeması; solda, Schoeller AG, CH-Sevelen'de bulunan ve 1996'dan bu yana çalışmakta olan reaktörün resmi görülmektedir [179, UBA, 2001]

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Kalış süresi, uygulanan sıcaklık ve basınç ile arıtılacak atık suyun içerisindeki bileşiklerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak, % 70-85'lik bir KOİ uzaklaştırma etkinliği sağlanmaktadır.

Arta kalan KOİ, bileşiklerin oksidasyon esnasındaki modifikasyonu nedeniyle, büyük oranda biyolojik olarak parçalanabilir yapıdadır. Atık suların bunun ardından birçok durumda biyolojik arıtmaya da tabi tutulduğu (normal olarak belediye atık su arıtma işletmesinde) göz önüne alınırsa, KOİ uzaklaştırma etkinliklerinin yüksek olması (% 95 veya daha yüksek) sağlanabilmektedir. Bu uzaklaştırma, organik bileşiklerin tamamen parçalandığı gerçek bir mineralizasyondur. Renk giderme derecesi % 90'ın üzerindedir ve arıtılan çektirme yöntemine göre boyama flotteleri hemen hemen renksizdir.

İşlemsel veriler

Değişik işlemlerden (farklı bileşikler ve konsantrasyonlar) gelen atık sular, işletme maliyetlerini minimize etmek için sırasıyla arıtılmaktadırlar. Arıtma işlemi, kontinü olarak yapılmaktadır ve tamamen otomatiktir. Çalıştırmak için gereksinim duyulan insan gücü oldukça düşüktür.

Demir katalizörünün geri dönüşümü mümkün olsa da, her zaman gerekli olmamaktadır. Örneğin, su arıtma tesisinde yapılacak bir sonraki işlemde demir, fosfat uzaklaştırılmasında veya en azından çamur suyunun uzaklaştırılmasında kullanılıyorsa, geri dönüşüme gerek yoktur.

Oksidasyon prosesi için tipik kimyasal madde dozajı (örneğin, 8500 mg/l KOİ için) şu şekildedir:
- 13 l H_2O_2 çözeltisi (% 35'lik)/m^3 atık su (1,53 l H_2O_2 çözeltisi/m^3 ve 1000 mg/l)
- 35 ml H_2SO_4 (% 30'luk)/m^3 atık su
- 120 g Fe^{+2}/m^3 atık su.

Yan etkileşimler

Oksidasyon reaktörünün çalıştırılması için elektrik enerjisine gereksinim vardır, fakat kullanılan miktar önemsizdir.

Uygulanabilirlik

Oksidasyon tekniği, hem yeni hem de mevcut tesislere uygulanabilmektedir.

Seçilen akımların ayrılması için (tercihen otomatik olarak) gerekli boru hatları ve dengeleme tanklarının yapılması gerekmektedir. Oksidasyon reaktörü ve kimyasal besleme tankları için yer gereksinimi önemsizdir ve bir kısıtlamaya neden olmamaktadır.

Ekonomiklik

4-5 m^3/sa'lik akış kapasiteli bir reaktörün yatırım maliyeti (reaktör, hidrojenperoksit ve katalizör için dozajlama sistemi, ısı eşanjörü, katalizör hazırlama ünitesi, otomatik kontrol ve boruları içermektedir) yaklaşık 230000 Euro'dur. Yukarıda bahsedilen kimyasalların dozajını, bakımını, işçilik ve elektrik enerjisini içeren işletme maliyeti yaklaşık 3 Euro/m^3'tür. Bu rakamın, seçilen yüksek-yüklü atık suların arıtılması için söz konusu olduğunu ve karma atık suyun tamamı için olmadığını vurgulamakta fayda vardır.

Uygulama için itici güçler

KOİ yükü, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve toksisite açısından belediye atık su arıtma tesisleri tarafından istenen standartlara uymadaki güçlükler.

Referans işletmeler

Schoeller Textil AG, CH-9475 Sevelen'de 1996'dan beri faaliyette olan 4-5 m^3/sa akışlı bir tesis bulunmaktadır. İkinci ve üçüncü tesisler Tintoria di Stabio SA, CH-6855 Stabio ve Givaudan Vernier SA, CH-1214 Vernier'de kurulma aşamasındadırlar [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[51, OSPAR, 1994], [179, UBA, 2001]

4.10.8 Flokülasyon/çökeltme ile atık su arıtılması ve elde edilen çamurun yakarak yok edilmesi

Tanımlama

Tekstil atık sularının, bunların organik yükünü ve özellikle rengini azaltmak amacıyla çökeltme/flokülasyon yoluyla arıtılmaları, 100 yıldan fazla bir süredir uygulanmaktadır. Bununla birlikte, üretilen çamurun miktarını en aza indiren ve bunların yok edilmesi ile ilişkili olumsuz etkileri azaltan teknikler yeni tarihlidirler. Günümüzde çamur, toprak altına gömülerek yok edilmek yerine, en yeni teknolojilerle yakılarak yok edilebilmektedir.

Modern işletmelerde çökeltinin sulu fazdan ayrılması yalnızca sedimantasyon ile yapılmamakta, ayrıca çözülmüş hava flotasyonu da kullanılmaktadır. Flokülasyon maddeleri KOİ'nı ve rengin uzaklaştırılmasını maksimize etmek ve çamur oluşumunu en aza indirmek için özel olarak seçilmektedirler. Bir çok durumda en iyi performans, alüminyumsülfat, katyonik organik flokülasyon maddesi ve oldukça az miktarda anyonik polielektrolit'in bir kombinasyonu ile sağlanmaktadır.

Yüksek konsantrasyonlardaki (>500 mg/l) sülfatların betona zarar vermesine rağmen, klorür yerine sülfat kullanımı tercih edilmektedir. Sülfatların sudan uzaklaştırılması, klorürlere nazaran daha kolaydır. Üstelik sülfatların kullanılması, atık sulara ve yakılarak yok edilecek çamura klorür bileşiklerinin karışmasını da önlemektedir [281, Belgium, 2002].

Demirsülfat, hem KOİ'nın uzaklaştırılmasında, hem de koagülant olarak etkili olmaktadır (örneğin, özellikle pigment baskı atık sularından akrilatların ve diğer maddelerin uzaklaştırılmasında etkilidir). Demir kullanımının bazı avantajları vardır (redoks prosesinin aktivasyonundan sorumludur, geri dönüştürülebilmektedir, vs.), fakat çözeltide kalarak, çözeltiye hafif sarımtrak kahverengi bir renk veren renkli kompleksler oluşturmaktadır [281, Belgium, 2002].

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Normal olarak sağlanan KOİ uzaklaştırılması yalnızca % 40-50 kadardır. Eğer atık su yüksek miktarda suda çözünmeyen bileşikler içeriyorsa (örneğin, pigment baskı bölümlerinden gelen atık su), KOİ uzaklaştırması daha yüksek olmaktadır. Renk giderme ise % 90'dan daha yüksektir.

Çamur, yakarak yok etme tesisinde tamamen mineralize olmaktadır.

İşlemsel veriler

Flokülasyon/çökeltmeden önce, tekstil atık suyu dengelenmektedir. Ancak dengeleme süresi, biyolojik arıtmadakinden daha kısa olabilmektedir (yaklaşık 12 saat). Lifler bir elek vasıtasıyla sudan ayrılmaktadırlar.

Flokülantların dozajı (örneğin, yaklaşık 1000 mg/l KOİ'na sahip karma bir atık su için) yaklaşık olarak:
- alüminyumsülfat: 400-600 mg/l
- katyonik organik flokülant: 50-200 mg/l
- anyonik polielektrolit: 1-2 mg/l

Elde edilen çamur miktarı, yaklaşık 0,7-1 kg kuru madde/m^3 arıtılmış atık su'dur. Çamur, genellikle, kuru madde içeriği yaklaşık % 35-40 olabilecek şekilde bir filterpres'te susuzlaştırılmaktadır (bu nedenle 0,5 kg KOİ uzaklaştırılması için, 3 kg çamur üretilmektedir).

Yan etkileşimler

Organik bileşiklerin önemli bir miktarı sulu fazdan çamura taşınmaktadır. Bununla birlikte, çamur yakılmakta ve böylece mineralize olmaktadır.

Susuzlaştırma, taşıma ve yakarak yok etme için enerji harcanmaktadır.

Uygulanabilirlik

Yöntem, hem yeni, hem de mevcut tesislere uygulanabilmektedir

4.10.9 Hava emisyonlarını azaltma yöntemleri

Tanımlama

Tekstil terbiyesinde aşağıdaki baca gazı emisyonunu azaltma yöntemleri kullanılabilmektedir:

- oksidasyon teknikleri (ısıl yakma, katalitik yakma)
- yoğuşturma teknikleri (örneğin, ısı eşanjörleri)
- absorpsiyon teknikleri (örneğin, sulu yıkayıcılar)
- partiküllerin ayrılması teknikleri (örneğin, elektrostatik çöktürücüler, siklonlar, kumaş filtreleri)
- adsorpsiyon teknikleri (örneğin, aktif karbon adsorpsiyonu).

Bu yöntemlerin tanımı ve performansı, başka bir BREF'te detaylı olarak işlenmektedir ([196, EIPPCB, 2001]). Hava akımı ve zararlı maddelerin tipine bağlı olarak, yukarıdaki yöntemler tek başlarına ya da kombine olarak uygulanabilmektedirler. Uygulanan tipik sistemler şöyledir:

- sulu yıkayıcılar
- sulu yıkayıcı ve elektrostatik çöktürme kombinasyonu
- ısı eşanjörü, sulu yıkayıcı ve elektrostatik çöktürme kombinasyonu
- ısı eşanjörleri (esas olarak enerji tasarrufu için kullanılmaktadırlar ancak bazı zararlı maddelerin kısmen yoğuşması da sağlanmaktadırlar)
- aktif karbon adsorpsiyonu.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Koku sorununun en aza indirilmesine ilaveten, atık havadaki uçucu organik karbonun (UOK), partiküllerin ve özel toksik maddelerin azaltılması.

İşlemsel veriler

Yüksek çalıştırma güvenilirlikleri sağlamak için, uygun çalıştırma koşullarının düzenlenmesi ve ekipman bakımının doğru yapılması (bazı durumlarda donanımın haftada bir kontrol edilmesi ve temizlenmesi) hayati önem taşımaktadır [179, UBA, 2001].

Yan etkileşimler

Yüksek enerji gereksinimi ve buna paralel olarak ısıl ve katalitik yakma sonucu meydana gelen yüksek miktardaki CO_2'in belirtilmesi gerekmektedir (sera etkisi). Bununla birlikte, organik bileşiklerin uzaklaştırılması ile sağlanan faydanın, bu dezavantajdan daha ağır bastığı da göz önünde bulundurulmalıdır [179, UBA, 2001].

Sulu yıkayıcılarda, zararlı maddeler baca gazından atık suya taşınmaktadırlar. Etkili bir atık su arıtması (örneğin, su/yağ ayırıcıları, biyolojik olarak atık su arıtılması) gerekmektedir.

Uygulanabilirlik

Atık havanın temizlenmesi sistemi, hem yeni, hem de mevcut tesislerde kurulabilmektedir. Bununla birlikte, mevcut makine parkının değişikliğe uğratılması gerekiyorsa, uygulanabilirlik ekonomik, teknik ve lojistik faktörlerce kısıtlanabilmektedir.

Atık hava temizleme sistemlerinin kurulması için, her bir durumda yukarıda bahsedilen teknikler kullanılarak o tesise özgü çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, genel olarak değişik emisyon azaltma yöntemlerinin uygulanabilirliği hakkında aşağıdaki görüşlerin bilincinde olmak gerekmektedir:

Oksidasyon teknikleri

Isıl yakmanın sakıncası, atık havanın en az 750 ^{o}C'a kadar ısıtılması için gerekli olan yüksek enerji tüketimidir. Yakma işleminden sonra temizlenen atık havanın sıcaklığı 200-400 ^{o}C civarındadır. Tekstil sanayii bu ölçüde bir ısı enerjisine gereksinim duymamaktadır, dolayısıyla bu enerjinin büyük bir kısmı boşa gitmektedir.

Diğer bir problem, tekstil terbiyesi sonucu oluşan atık havanın tipik gaz-hava karışımından ileri gelmektedir. Tekstil sanayiinde temizlenecek emisyonların çoğunluğu için, yüksek atık hava akımlarına karşılık nispeten düşük yük miktarları karakteristiktir.

Ayrıca, atık havanın özelliklerinin genellikle dalgalanması, ısıl yakmanın verimsiz olmasına da neden olmaktadır.

Katalitik yakmada, fosfor bileşikleri, halojenler, silikonlar ve ağır metaller katalizörü zehirleyebilmektedirler. Bu bileşikler ise tekstil sanayiinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar ve bu nedenle, bu sektörde katalitik oksidasyon tekniğinin uygulanması özel dikkat gerektirmektedir.

Bazı işletmelerde yakma (gazeleme) işleminde açığa çıkan baca gazlarının arıtılmasında tam ısı geri kazanımlı katalitik oksidasyon uygulanmaktadır (bkz. Bölüm 2.6.1.1). Katalitik ard yakma beklerinin çıkışındaki sıcak gaz, sıcak hava ile suyun ısıtıldığı ısı eşanjörlerine gönderilmektedir: soğutma işlemi sonucu elde edilen sıcak su, ön terbiye işlemlerinde kullanılmaktadır. Eşanjörden geçirilen atık hava (kalan ısıl içeriğiyle birlikte) ayrıca, ön terbiye işleminden sonraki kurutma basamağında da kullanılmaktadır [281, Belgium, 2002].

Yoğuşturma teknikleri

Yüksek uçuculuğa sahip ve bir çok durumda ağır kokulu olan zararlı maddeler uzaklaştırılmaktadır.

Absorpsiyon teknikleri

Tekstil terbiyesinde kullanılan sulu yıkayıcıların etkinliği, prosese-özgü parametrelerle yakından ilgilidir. Normal olarak etkinlik % 40-60 civarındadır. Suda çözünmeyen zararlı maddeler için uygulanabilirliği sınırlıdır.

Elektrostatik çöktürme

Elektrostatik çöktürücüler, 0,01-20 μm büyüklüğündeki tozları ve aerosolleri çöktürebilmektedirler. Maksimum etkinlik 0,1 μm ila 1,5 μm civarında sağlanmaktadır. Bu nedenle, üreticiler elektrostatik filtreden önce, 20 μm'den büyük partiküllerin çoğunu tutan bir mekanik filtre monte edilmesini tavsiye etmektedirler.

Elektrostatik çöktürücülerin, partikül büyüklüğündeki katılar ve zararlı sıvı maddeler için etkinlikleri % 90-95 civarındadır. Gaz halindeki zararlı maddeler ve kötü kokulu maddeler çöktürülememektedirler. Bu yüzden, en yüksek toplam etkinliğin sağlanması için, aerosol halindeki yoğuşabilen maddelerin mümkün derece büyük kısmının, elektrostatik çöktürücüye ulaşmadan önce uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu ise, ısı eşanjörleri veya sulu yıkayıcılar ile sağlanabilmektedir.

Elektrostatik çöktürmenin ısı eşanjörleri veya sulu yıkayıcılar ile kombinasyonu, kumaşların termofiksaja tabi tutulduğu ramözlerden çıkan atık havanın temizlenmesinde başarı ile uygulanmaktadır.

Elektrostatik çöktürmenin ısı eşanjörleri ile kombinasyonu (kuru elektrofiltrasyon), özellikle termofiksaj yıkamadan önce ilk işlem olarak yapıldığında avantajlıdır. Ham kumaştaki yağlar ve preparasyon maddeleri buharlaşmakta ve koku emisyonlarının yanı sıra da koyu bir dumanın oluşmasına neden olmaktadırlar. Bu atık hava dört adımda arıtılabilmektedir:

1) mekanik filtrasyon
2) soğutma ve yoğuşturma (süspansiye olmuş yoğuşabilir bileşikler yağ damlacıkları halinde ayrılmaktadırlar ve ısı enerjisi geri kazanılmaktadır)
3) iyonizasyon/elektrofiltrasyon
4) yoğuşan maddelerin toplanması ve yağ fazının bir statik dekanterde su fazından ayrılması.

Bu kuru elektrofiltrasyon sisteminin bir avantajı da yoğuşan yağlı maddelerin (madeni yağlar, silikon yağları, vs.) ayrı bir yerde toplanarak, suya transfer edilmeden (örneğin, sulu yıkayıcılar kullanıldığında olduğu gibi) geri kazanılmasıdır. Enerji geri kazanımı da bu yöntemin bir avantajıdır. Geri kazanılan enerji (mevcut miktarın % 35-40'ı) ramöze beslenen temiz havanın ön ısıtmasında veya işletme suyunun ısıtılmasında kullanılabilmektedir.

Ekonomiklik

Yatırım ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle ekipman bakım maliyetleri ve enerji göz önünde bulundurulmalıdır. Maliyetler hakkında detaylı bilgi başka bir BREF'te ([196, EIPPCB, 2001]) verilmektedir. Yukarıda bahsedilen yöntemler arasında, oksidasyon teknikleri, diğerlerine kıyasla büyük bir farkla en yüksek yatırım ve işletme maliyetine sahiptirler.

Bir kuru elektrofiltrasyon (ısı eşanjörü ve elektrostatik çöktürme kombinasyonu) ünitesine ait özel bilgiler mevcut doküman için temin edilmiştir. 3 yıldan daha kısa bir geri ödeme süresine sahip olan 10000 m^3/sa kapasiteli bu ünite için gerekli yatırım miktarının 70000 Euro olduğu bildirilmektedir [44, Comm., 2000].

Uygulama için itici güçler

Hava kirlenmesi bakımından çevresel yasa standartlarına uymak ve kötü koku sorunu açısından çevresel performansı geliştirmek için duyulan gereksinim.

Referans işletmeler

Bir çok işletme. Isı eşanjörleri, sulu yıkayıcılar ve elektrostatik çöktürme sistemleri ağırlıktadır [179, UBA, 2001].

Referans literatür

[179, UBA, 2001], [281, Belgium, 2002], [44, Comm., 2000].

4.10.10 Yapak yıkama tesislerinde atık suyun arıtılması

Tanımlama

INTERLAINE raporu, yapak yıkama tesislerinden açığa çıkan su emisyonlarının idaresi için uygun olan bir dizi seçenekten bahsetmektedir. Doğaldır ki, bu seçeneklerin hepsi BAT olarak mütalâa edilememektedirler. Bununla birlikte, aşağıdaki senaryoların her birinin çevresel performanslarının ve ekonomik kapsamlarının tartışılmasında fayda vardır:

A. işletme dışında şehir kanalizasyon şebekesi arıtma tesisinde arıtma. Atık suyun filtre edilerek büyük katıların (>3mm) uzaklaştırılması, gerektiğinde suyun soğutulması,

ve/veya pH'ının kanalizasyon şebekesine verilmesi için istenilen değerlere ayarlanması ile atık suyun kanalizasyona gönderilmesini içermektedir

B. entegre bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinde yapılan bir arıtmadan sonra belediye kanalizasyonuna boşaltma. İşletmenin, yün yağlarının % 25'ini geri kazanan ve kirin % 50'si ile atıktaki yağların % 10'unu da çamur halinde uzaklaştıran bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresi kurduğu kabul edilmektedir
C. koagülasyon/flokülasyon ile arıtmanın ardından şehir kanalizasyon şebekesine boşaltma. Bu yöntemde, küçük yıkayıcıların, bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresi kurmak yerine, atık sularını önce işletmede basit bir şekilde koagülasyon/flokülasyon yöntemiyle arıttıkları farz edilmektedir. Bu ön arıtmadan çıkan su kanalizasyona gönderilmektedir
D. şehir kanalizasyon şebekesine boşaltmadan önce, entegre bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinde ve onu izleyen koagülasyon/flokülasyon ile arıtma (B+C)
E. buharlaştırma yoluyla arıtma. Bu yöntem, atık suyun buharlaştırılmasını, eğer uygulanabiliyorsa yoğuşan suyun geri dönüşümünü ve arta kalan konsantre veya çamurun uzaklaştırılmasını içermektedir. Araştırma çerçevesinde incelenen buharlaştırıcı kullanan işletmelerin hepsinde yoğuşan suyun geri dönüşümü uygulanmamaktadır. Araştırma çerçevesinde incelenen ve kondensat geri dönüşümü uygulayan iki işletmede, atık su arıtma devresinde buharlaştırmanın yanı sıra, biyolojik arıtmanın da kullanılması önemli bir noktadır. İşletmelerden birisi buharlaştırmadan önce anaerobik havuzlama, diğeri de buharlaştırmadan sonra hızlı bir biyo-reaktör kullanmaktadır. Biyolojik işlemlerin, kötü kokuların oluşmasından sorumlu olan bileşikleri yok etmesi mümkün olmaktadır
F. buharlaştırma ile kombine olarak entegre bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinde arıtma (B+E)
G. biyolojik arıtma (bu yöntemle ilgili mevcut bilgi bulunmamaktadır)

Sağlanan emisyon seviyeleri

Önerilen yöntemlerin çevresel performansları aşağıdaki varsayımlara dayalı olarak tahmin edilmektedir:

- yağıltılı kaba yapak için: 315 g/kg KOİ ile 50 g/kg yağ ve 150 g/kg kir
- yağıltılı ince yapak için: 559 g/kg KOİ ile 130 g/kg yağ ve 150 g/kg kir
- arıtılmamış atık su liflerden gelen KOİ'nın ve kirlerin % 95'ini içermektedir
- şehir kanalizasyon şebekesi arıtma tesisleri, gelen KOİ'nın % 80'ini uzaklaştırmaktadır
- kir/yağ geri kazanım devreleri yağın % 25'ini geri kazanmakta ve kirin %50'sini uzaklaştırmaktadır. Kanalizasyona boşaltılmadan önce, yağın % 10'unun daha çamur olarak atık sudan uzaklaştırıldığı kabul edilmektedir. Kir/yağ geri kazanımı devresine sahip yıkama hatları için, 6 l/kg yağıltılı yapak'lık bir net su tüketimi kabul edilmektedir, fakat 2-4 l/kg seviyeleri de mümkün olmaktadır
- koagülasyon/flokülasyon işlemleri, yağların % 89'unu ve atık suda asılı katı halinde bulunan katıların % 86'sını uzaklaştırmaktadır
- kir/yağ geri kazanımı devresinin bulunmadığı tesislerde, atık su hacminin 13 l/kg yağıltılı yapak olduğu varsayılmaktadır
- buharlaştırma, zararlı maddeleri tamamen uzaklaştırmamaktadır. Burada, buharlaştırıcının yağların % 99,3'ünü ve asılı katıların % 99,9'unu uzaklaştırdığı kabul edilmektedir. Bir işletmedeki denemelerde, koyun ektoparazitisitlerinin uzaklaştırılma oranları şu şekildedir: OC'lar % 96,5, OP'lar % 71,5 ve SP'ler % 100. Buharlaştırıcıdan gelen su geri dönüştürülebilmektedir. Kondensattaki KOİ'nın (200-900 mg/l) ve asılı katıların (20-40 mg/l), geri kazanılan bu suyun durulama teknelerinde kullanılmasına herhangi bir olumsuz etkisi yoktur (son durulama teknesi bile bundan çok daha yüksek kirlilik seviyelerinde çalışmaktadır). Diğer yandan, yıkamaya geri taşınan amonyak ve kötü kokulu bileşiklerden sakınmak için, geri dönüşüm sisteminde ekstra bir arıtma işleminin yapılması gerekmektedir. Yoğuşan suların geri dönüşümü ile sağlanabilen su tasarrufları aşağıdaki tablolarda dikkate alınmamaktadır.

Kaba ve ince yapaklar için hesaplanan değerler, sırasıyla Tablo 4.46 ve Tablo 4.47'de bildirilmektedir.

Kaba yapak Birim/t yağıltılı yapak	**Kanalizasyona boşaltma**	**Kir/yağ devresi**	**Flokülasyon**	**Kir/yağ devresi + flokülasyon**	**Buhar-laştırma**	**Kir/yağ devresi + buharlaştırma**
	A	B	C	D	E	F
Net su tüketimi (m^3)	13	6(1)	13	6(1)	13	6
İşletmeden gelen KOİ (kg)	299	203(3)	93(4)	81	3,2	2,7
Çevreye KOİ (kg)	60	41	19	16	0,6	0,5
Uzaklaştırılacak çamur(2) -geri dönüşüm devresinden gelen (kg) -flokülasyondan gelen (kg) -buharlaştırmadan gelen(kg)		152	329	152 186	378	152 212
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999] (1) 2-4 l/kg mümkündür (2) yaş ağırlık (% 50 kuru ağırlık) (3) devrede yağın % 35'inin ve kirin % 50'sinin uzaklaştırılması, gelen yapaktaki 315 kg/t olan KOİ'yi, atık suda 203 kg/t olacak şekilde azaltmaktadır (4) yağın % 89'unun ve kirin % 86'sının uzaklaştırılması, gelen yapaktaki 315 kg/t olan KOİ'yi, atık suda 93 kg/t olacak şekilde azaltmaktadır.						

Tablo 4.46: Atık su arıtma teknikleri: Çevresel performans – kaba yapak

İnce yapak Birim/t yağıltılı yapak	**Kanalizasyona boşaltma**	**Kir/yağ devresi**	**Flokülasyon**	**Kir/yağ devresi + flokülasyon**	**Buhar-laştırma**	**Kir/yağ devresi + buharlaştırma**
	A	B	C	D	E	F
Net su tüketimi (m^3)	12	6(1)	12	6(1)	12	6(1)
İşletmeden gelen KOİ (kg)	529	352	118	97,4	4,8	3,7
Çevreye KOİ (kg)	106	71	24	19,5	1,0	0,7
Uzaklaştırılacak çamur(2) -geri dönüşüm devresinden gelen (kg) -flokülasyondan gelen (kg) -buharlaştırmadan gelen(kg)		167	464	167 287	529	167 326
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999] (1) 2-4 l/kg mümkündür (2) yaş ağırlık (% 50 kuru ağırlık)						

Tablo 4.47: Atık su arıtma teknikleri: Çevresel performans – ince yapak

Biyolojik işlemlerle atık su arıtılması hakkında kesin bilgi temin edilememiştir. Avrupa'da, atık sularını arıtmak için, esas yöntem olarak biyolojik arıtmayı kullanan yapak yıkamacılarının bulunduğu bilinmektedir. Yapak yıkama atık sularının biyolojik olarak arıtılması özellikle İtalyan yıkamacılar arasında yaygındır. Orta büyüklükteki bir İtalyan işletmesinin, atık suyun arıtılmasını gerçekleştirebilmek için, birbiri ardınca anaerobik biyolojik arıtma, flokülasyon ve uzatılmış aerobik biyolojik arıtma (toplam biyolojik arıtma

süresi yaklaşık 7 gündür) uyguladığı bilinmektedir. Bu işletme, daha sonra kanalizasyona boşalttığı suyun yalnızca 650 mg/l KOİ içerecek şekilde arıtıldığını iddia etmektedir. Diğer bir İtalyan işletmesi de, kanalizasyona boşalttığı suyun 1000-1200 mg/l KOİ içerecek şekilde arıtılması için, ardından koagülasyon/flokülasyon ($FeCl_3$) işlemi gelen 3 günlük bir anaerobik arıtma uygulamaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

Uzakta bulunan birkaç Avustralya işletmesi atık suyu arıtmak için anaerobik/aerobik havuzlama kullanmaktadırlar, fakat herhangi bir Avrupa işletmesinin bu tip bir işlem için yeterli alana sahip olup olmadığı şüphelidir ve ayrıca rahatsız edici koku oluşma potansiyeli nedeniyle havuzların yakınında komşu bulunmaması gerekliliği de vardır [187, INTERLAINE, 1999].

İşlemsel veriler

Buharlaştırmadan sonra oluşan konsantrat, ya da çamur, kir ve yağın yanı sıra, yün teri de içermektedir. Koagülasyon/flokülasyon'dan elde edilen çamurlar ise yalnızca yağ ve kir içermektedirler, çünkü yün terinin sudaki çözünürlüğü oldukça yüksek olduğundan yumaklaşmamaktadır. Yün terinin varlığı (çoğunlukla potasyum tuzları), buharlaştırma sonucu oluşan çamurun fiziksel özelliklerinin değişmesine yol açmaktadır. Floküle olmuş çamur küreklenebilecek yapıdadır ve kıvamı su içeriğine bağlı olarak, nemli toprağa benzer bir durumdan, yarı sıvı çamura kadar değişebilmektedir. Buharlaştırıcı kalıntıları ise, nispeten yüksek sıcaklıklarda sıvı ve ortam sıcaklığında katı halde bulunabilmektedirler. Buharlaştırıcıdaki mevcut sıcaklıklarda yün teri tuzlarının akıcılık sağlayıcı madde gibi davrandığı görülmektedir. Bu da buharlaştırıcıda oluşan çamurun toplanmasını ve yok edilmesini zorlaştırmaktadır.

Çamurun, ısıtılmış sıvıları da kabul eden bir toprağa gömerek yok etme deposuna ısıtmalı bir tankerle sıvı halde taşındığı bildirilmektedir ([187, INTERLAINE, 1999]). Bununla birlikte, Temmuz 2001'den itibaren Toprağa Gömerek Yok Etme Direktifinin (Council Directive 1999/31/EC) uygulamaya girmesiyle, sıvıların (ve diğer sorunlu atıkların) toprağa gömülmesinin durdurulması gerekmektedir. Dolayısıyla bunun yerine: yakarak yok etme, toprağa gömmeden önce kabul edilebilir katı bir forma getirebilmek için ön işlem uygulama (örneğin, gübreleştirme yolu ile, bkz. Bölüm 4.10.11), veya gübreleştirme ve tarlalarda kullanma (bkz. Bölüm 4.10.11) veya tuğla yapma (bkz. Bölüm 4.10.12) gibi başka alternatiflerin bulunması gerekmektedir.

Yan etkileşimler

Atık suyun, kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresi olmadan, işletme içerisinde veya işletme dışında belediye arıtma tesislerinde arıtıldığı seçeneklerde, organik yükün sadece sıvı fazdan çamur fazına geçişi sağlanmaktadır.

Buharlaştırma işleminde, hem mekaniksel enerji, hem de ısı enerjisi kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kullanılan mekaniksel enerji fazla değildir ve iyi dizayn edilmiş bir buharlaştırıcıda ısı enerjisinin büyük kısmı geri kazanılmaktadır [187, INTERLAINE, 1999].

Uygulanabilirlik

Sadece atık suyun kanalizasyona boşaltılmasının çevresel zarara yol açmayacağı durumlarda (küçük bir yıkamacının, atık suyunu büyük bir şehir kanalizasyon şebekesi arıtma tesisine göndermesi) uygulanabilen A seçeneğinin (işletme dışında şehir kanalizasyon şebekesinde arıtma) dışında kalan diğer seçenekler, her türlü yapak yıkama işletmesinde uygulama alanı bulabilmektedirler.

Ekonomiklik

Önerilen seçeneklerin her birine ait ekonomik hususlar detaylı olarak tartışılmıştır ([INTERLAINE, 1999 #187]). Tablo 4.49 ve Tablo 4.50, bu referans kaynaktaki kaba yapak yıkaması yapan küçük bir yıkama işletmesi (3500 ton/yıl) ile orta büyüklükte bir işletmeye (15000 ton/yıl) ait bilgileri özetlemektedir. İnce yapak yıkamacılarında da, ince yapağının daha yüksek yağ içeriğine bağlı faktörler haricinde, benzer sonuçlara ulaşılabilmektedir. Daha fazla yağ içerme, yağ geri kazanımı içeren tüm seçeneklerde, toplam işletme maliyetlerini negatif yönde (tasarruf yönünde) etkilemektedir. 15000 ton/yıl'dan daha yüksek üretime sahip işletmeler için, büyük ölçekli üretimden sağlanacak avantajların çok fazla artması beklenmemektedir.

Kullanılan kir/yağ devrelerinin kurulması için gerekli yatırım maliyeti, aşağıdaki tablolarda küçük işletme için 412500 Euro ve orta büyüklükteki işletmeler için 825000 Euro'dur. Büyük işletmelerdeki devrelerde daha yüksek akımlar taşınmaktadırlar ve dolayısıyla bu maliyetlerin gerçekçi olduğu düşünülmektedir. Büyük işletmelerdeki flokülasyon tesislerinin yatırım maliyetlerinin yaklaşık 275000 Euro olduğu düşünülmektedir ve daha düşük kapasiteli bir tesisin de bundan çok daha ucuz olacağına inanılmamaktadır.

Buharlaştırıcıların yatırım maliyetleri biraz daha spekülatiftir. Aşağıdaki maliyetler tahmin edilmektedir: 21000 m^3/yıl'lık kapasite için maliyet 1,2 milyon Euro, 45500 m^3/yıl'lık kapasite için maliyet 1,8 milyon Euro, 60000 m^3/yıl'lık kapasite için maliyet 2,4 milyon Euro, 90000 m^3/yıl'lık kapasite için maliyet 3,0 milyon Euro, 120000 m^3/yıl'lık kapasite için maliyet 3,6 milyon Euro.

Yün yağı geri kazanımı devrelerinin kurulduğu bazı durumlarda negatif maliyetlerin (tasarrufların) ortaya çıkması nedeniyle, fabrikada gerçekleştirilen arıtmaların işletme maliyetleri, yağ satışlarının gelirleri düşüldükten sonraki net maliyetler olarak saptanmaktadır. Hesaplamalar Tablo 4.48'deki birim maliyetler esas alınarak yapılmıştır.

Fabrikadaki arıtmalar için birim maliyetler	Euro
Su	0,68/m^3
Isı	0,51/m^3
İşlem kimyasalları	
- Deterjan	1400/t
- Soda	268/t
Yağ (1)	380/t
İşletme maliyetleri (kir/yağ geri kazanımı devresi için)	
- Elektrik	0,56/m^3
- İşçilik	18000/yıl
- Bakım	45000/yıl
İşletme maliyetleri (flokülasyon tesisi için)	
- Kimyasallar	2,74/m^3
- Elektrik	0,28/m^3
- İşçilik	12000/yıl
- Bakım	22500/yıl
İşletme maliyetleri (buharlaştırma ünitesi için)	
- Elektrik	1,82/m^3
- İşçilik	18000/yıl
- Bakım	65000/yıl
Çamur (%50 kuru ağırlık) uzaklaştırma maliyetleri	
- Flokülasyon ve kir/yağ geri kazanımından gelen çamur	41/t
- Buharlaştırıcıdan gelen konsantre	95/t
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999]	
(1) Geri kazanılan yağın fiyatı oldukça değişkendir. Bölüm 4.4.1'deki hesaplamalar için 2 Euro/kg'lık bir fiyat (I.M. Russell kişisel iletişim) kabul edilmiştir.	

Tablo 4.48: Birim maliyetler

Çamur uzaklaştırma maliyetleri, yeraltına gömmek için Birleşik Krallık'ta halen geçerli olan maliyetlerdir (flokülasyon ve kir/yağ geri kazanımı tesisinden gelen yaş çamur için 41 Euro/ton, buharlaştırıcıdan gelen konsantrat için 95 Euro/ton). Bu maliyetlere toprağa gömme vergisi (ton başına 15 Euro) ve taşıma maliyetleri de dahildir.

Çamur uzaklaştırma maliyetleri, Yeraltına Gömme Direktifi'nin uygulanması ile ortaya çıkan herhangi bir değişikliği göz önünde bulundurmamaktadır.

Atık su uzaklaştırma maliyetleri de Birleşik Krallık değerlerine göre belirlenmektedir (standart Modgen kuvvet formülüne göre hesaplanmaktadır) ve toplam ekonomik maliyeti yansıttığına inanılmaktadır [187, INTERLAINE, 1999]

Kalem	**Atık su arıtma tekniği**					
	Kanalizasyona boşaltma	**Kir/yağ devresi**	**Flokülasyon**	**Kir/yağ devresi + flokülasyon**	**Buhar-laştırma**	**Kir/yağ devresi + buharlaştırma**
Maliyet Birimi: Euro						
İlk yatırım maliyeti	0	412500	250000	662500	1812500	1612500
Yıllık sabit giderler	0	41250	25000	66250	181250	161250
Fabrikadaki yıllık işletme giderleri	0	17304	166072	115224	139972	118524
Yıllık çamur uzaklaştırma giderleri (%50 kuru ağırlık)	0	21812	47305	48498	125845	92576
Yıllık atık su uzaklaştırma giderleri	694515	413775	181982	133450	28881	14900
Yıllık toplam maliyet	694515	494121	420359	363422	475948	387250
Maliyet/ton yün	198	141	120	104	136	111
10 yıllık nakit akışının NPV'si[(a)]	6,1 m	4,4 m	3,7 m	3,3 m	4,4 m	3,6 m
Kaynak:[187, INTERLAINE, 1999] [(a)] % 3'lük faiz oranına göre 10 yıllık nakit akışının günümüzdeki net değeri						

Tablo 4.49: 3500 t/yıl kaba yapağı işleme kapasitesine sahip bir yapak yıkama tesisi için atık su arıtma seçeneklerinin maliyetleri

Kalem	Atık su arıtma tekniği					
	Kanalizasyona boşaltma	Kir/yağ devresi	Flokülasyon	Kir/yağ devresi + flokülasyon	Buhar-laştırma	Kir/yağ devresi + buharlaştırma
Maliyet Birimi: Euro						
İlk yatırım maliyeti	0	825000	275000	1075000	3625000	3225000
Yıllık sabit giderler	0	82500	27500	107500	362500	322500
Fabrikadaki yıllık işletme giderleri	0	(315615)	300480	(99915)	204980	(123415)
Yıllık çamur uzaklaştırma giderleri (% 50 kuru ağırlık)	0	102828	285932	279953	754418	567415
Yıllık atık su uzaklaştırma giderleri	4203305	2559983	876175	644386	92852	53648
Yıllık toplam maliyet	4203305	2429696	1490086	931564	1414749	820148
Maliyet/ton yün	280	162	99	62	94	55
10 yıllık nakit akışının NPV'si[(a)]	36,9m	21,4m	13,1m	8,3m	12,9	7,6m
Kaynak:[187, INTERLAINE, 1999] [(a)] % 3'lük faiz oranına göre 10 yıllık nakit akışının günümüzdeki net değeri						

Tablo 4.50: 15000 t/yıl kaba yapağı işleme kapasitesine sahip bir yapak yıkama tesisi için atık su arıtma seçeneklerinin maliyetleri

Ekonomik bakış açısından, kaba yapak yıkayan küçük işletmeler için, bir kir/yağ devresi ve bir flokülasyon tesisinin kurulması en iyi seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. Hızlı geri ödeme sağlanmaktadır (kanalizasyona boşaltmaya kıyasla) ve bu seçenek 10 yıllık nakit para akışının en düşük net mevcut değerine (NPV'ne) sahip olduğu kadar, 10 yıllık süre için en düşük toplam maliyete de sahiptir.

Buharlaştırma tesisinin çevresel performansı, flokülasyon tesisininkinden çok daha yüksektir. Buna karşılık, buharlaştırma tesisinin başlangıç maliyeti çok daha yüksektir ve kendini 4-5 yıldan önce geri ödememektedir (kanalizasyona boşaltmaya kıyasla).

Bir kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinin kıymeti, daha düşük yağ içeren yapağıyı işleyen bu küçük işletme için dahi, maliyetlerde açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bir buharlaştırıcı ile kombine edilerek kullanıldığında, devre, yatırım harcamalarında da bir azalma sağlamaktadır, zira bu taktirde daha küçük bir buharlaştırıcının kullanılması yeterli olabilmektedir.

Orta büyüklükteki işletmeler için, buharlaştırma 10 yıllık bir sürede flokülasyondan biraz daha ucuzdur ve daha yüksek çevresel performansa sahiptir. Tekrar etmek gerekirse, kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinin kullanılması, daha küçük bir buharlaştırıcıyla çalışılmasına olanak sağlamakta ve böylece başlangıç yatırım harcamalarını azaltmaktadır.

Ayrıca, kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devresinin kullanımı, geri kazanılan yağın satılması sayesinde, işletme maliyetlerinde de bir azalma sağlamaktadır. Bu etki, iyi kalitede yağın yüksek oranda geri kazanıldığı ince yapak yıkama tesislerinde çok daha belirgindir. Devre, buharlaştırıcı ile birlikte kullanıldığında, çamur uzaklaştırma maliyetlerinin düşürülmesinde de önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Zira, buharlaştırıcıdan çıkan konsantratın fiziksel özellikleri, taşınmasını ve yok edilmesini zorlaştırdığından ve pahalı hale getirdiğinden, mümkün derece çok miktarda katı maddenin buharlaştırmadan önce atık sudan uzaklaştırılmasında yarar vardır.

Referans literatür

[187, INTERLAINE, 1999]

4.10.11 Yapak yıkama sularının arıtılması ile oluşan çamurun tarımsal arazilere dökülmesi

Tanımlama

Üye ülkelerin çoğunluğunda, mevcut talimatlarda yer alan şartlar, yapak yıkama çamurlarının tarımsal arazilere dökülmeden önce bir ön işlem görmelerini gerektirmektedir. Ön işlem olarak, anaerobik parçalama da (yayılan metanın kazanılmasını da içeren) olası bir alternatif olarak kabul edilmekteyse de, genellikle tercih edilen işlem gübreleştirmedir.

Gübreleştirilecek[9] maddenin, ideal olarak, 25-30:1'lik bir C:N oranına sahip olması istenmektedir, bu da yapak yıkama çamurlarına karbonca zengin bir maddenin ilave edilmesini gerektirmektedir. Bunun için yeşil atıklar, talaş, odun kırıntıları ve samanın iyi sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Yardımcı gübreleştirme maddelerinin içerisinde, havanın serbest girişini sağlamak amacıyla bazı "yapısal maddeler"in (50 mm'nin üzerinde büyüklüğe sahip) bulunması da gerekmektedir. Gübreleştirme için kullanılacak maddenin optimum nem içeriği % 50-60'tır.

Gübreleştirme oranını ve dolayısıyla sıcaklığı kontrol etmek için havalandırma işlemi kullanılmaktadır. Başlangıçtaki termofilik fazda 45-60 ^{o}C'luk bir sıcaklık optimum iken, daha sonraki mezofilik fazda daha düşük sıcaklıklar (20-45 ^{o}C) tercih edilmektedir.

Ticari üretimde bir çok gübreleştirme yöntemi mevcuttur. Bunlar, aşağıda bahsedilen yöntemleri içermektedirler:

- açık hava, kapalı rüzgar kanalları
- açık hava, güçlendirilmiş havalandırma
- kapalı bina, güçlendirilmiş havalandırma
- basit tünel, dönüşsüz
- kompleks tünel, dönüşlü
- kapalı salon, eksi basınç altında çalışan
- reaktör sistemleri.

Kapalı ya da kap içerisinde gübreleştirme sistemleri, açık hava sistemlerine göre bazı avantajlara sahiptirler, bu da kapların içerisinde gübreleştirmeyi özellikle endüstriyel atıklar için uygun hale getirmektedir. Birincisi, proses kontrolü geliştirilmiştir ve bu da daha yüksek sıcaklıklar ve daha yüksek gübreleştirme oranlarına izin vermektedir. İkincisi de, kokular, toz ve süzüntüler daha iyi kontrol edilebilmektedir, bu da işlemin endüstriyel atık kaynaklarının daha yakınında çalıştırılabilmesini sağlamaktadır. Kapalı sistemlerin dezavantajı, daha yüksek olan başlangıç maliyetleridir.

Gübreleştirmeden sonra, gübre birkaç hafta süreyle olgunlaşmaya bırakılmalıdır. Bu süre içerisinde, gübreyi amaca daha uygun hale getiren biyo-kimyasal değişimler gerçekleşmektedir.

[9] *The State of Composting in the UK and A Guide to In-Vessel Composting plus a Directory of Systems*, The Composting Association, Ryton Organic Gardens, Coventry CV8 3LG, UK.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Gübreleştirmenin, sürdürülebilir bir yapak yıkama çamuru uzaklaştırma ve aynı zamanda toprak için faydalı bir katkı maddesi sağlama olanağı olduğuna inanılmaktadır. Gübreleştirme işlemi ile ayrıştırılan karbon, metandan ziyade (yeraltına gömmede olduğu gibi), aerobik olarak karbondioksite dönüştürülmektedir. Karbondioksit, metandan çok daha düşük güçte bir sera gazıdır [187, INTERLAINE, 1999].

İşlemsel veriler

Yapak yıkama çamurları için gübreleştirmenin amacı, tarımsal araziye yayılması istenmeyen komponentlerin mümkün derece yok edilmesidir. Genel olarak bunlar yün yağı ve ektoparazitisit artıklarıdır. Bu nedenle, yün yağı içeren karışımlardan üretilen gübrelerin, yağ ve ektoparazitisit içeriği bakımından periyodik olarak kontrol edilmeleri gerekmektedir.

Birleşik Krallık'ta[10] yapılan gübreleştirme denemeleri, 10 tonluk bir açık rüzgar kanallı gübreleştirme tesisinde 6-7 haftada elde edilen sonuçlar ile kapalı tünel gübreleştirme tesisinde 14 günlük sürede elde edilen gübreleştirme sonuçlarının benzer olduklarını göstermiştir. Çamurun yağ, organik klor ve sentetik piretroid ektoparazitisit içerikleri % 60 ve organik fosfat ektoparazitisit içeriği de % 80 kadar azalmıştır. Azalmanın olgunlaştırma fazında da devam etmesi beklenmektedir, fakat izlenmeye devam edilmemiştir. İlginç olan bir husus da, bu denemede ek gübreleştirilebilir madde olarak kullanılan odun kırıntıları ve talaşın, lindan (OC) ile kirletilmiş olduklarının tespit edilmesidir. [187, INTERLAINE, 1999].

Yan etkileşimler

Gübreleştirme, kötü kokular ve toz nedeniyle hava kirlenmesine, süzüntüler yolu ile de su kirlenmesine yol açabilmektedir. Fakat, iyi kontrol edilen bir gübreleştirme işleminde bu problemlerin ortaya çıkmaması gerekmektedir. Eğer ektoparazitisit artıkları mevcut ise, gübrenin toprak katkısı olarak kullanılması da su kirlenmelerine neden olabilmektedir. Bununla birlikte, kirdeki koyun ektoparazitisitlerinin topraktaki nispeten zayıf hareketlilikleri nedeniyle, gübreler dikkatli bir şekilde kullanıldıklarında, bunun pek ihtimal dahilinde olmadığı düşünülmektedir [187, INTERLAINE, 1999].

Uygulanabilirlik

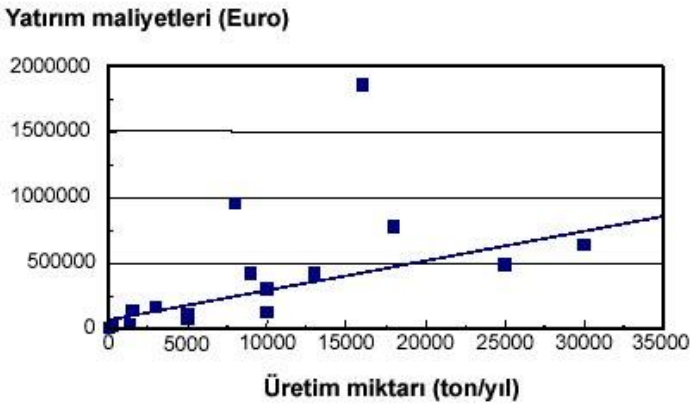
Bu önlem, gerekli alana sahip olan yıkamacılar için işletmede uygulanabilmektedir. Ayrı bir yerde uygulamak ise, her ne kadar taşıma maliyetleri (tüccar gübreleştiricilere olan mesafe nedeniyle) bazı yıkamacılar için bir sorun olabilse de, genellikle mümkündür.

Bu seçeneğin, hem işletmelerdeki, hem de gübreleştiricilerdeki kullanılabilirliğinin, Yeraltına Gömme Direktifi (1999/31/EC)'nin uygulanmasından sonra artmış olması mümkündür.

Ekonomiklik

Gübreleştirme ucuz bir yöntem değildir. Yeni kurulan tesisler için yatırım maliyetleri Şekil 4.47'de görülmektedir. Tablo 4.51 de kap içerisindeki gübreleştirme sistemleri hakkında bilgi vermektedir.

[10] M Maden, ENco, personal communication, 1998



Şekil 4.47: Birleşik Krallık'ta en son kurulan gübreleştirme tesislerinin yatırım maliyetleri. (Kaynak: The Composting Association, UK)
[187, INTERLAINE, 1999]

Sistem	Gübreleştirme süresi gün	Olgunlaştırma süresi gün	Sermaye maliyeti Euro/10000t/yıl	İşlem maliyeti Euro/t
Bölme	7-36	0-120	450-2250K	9-75
Koyteynır	10-20	30-100	450-1500K	15-45
Tünel	6-30	0-56	75-3000K	9-45
Kaynak: [187, INTERLAINE, 1999] ve bunda atıfta bulunulan "The Composting Association, UK"				

Tablo 4.51: Üç farklı tipteki kap içerisinde gübreleştirme tesisinin, gübreleştirme ve olgunlaştırma süreleri ile yatırım ve işletme maliyetleri

Gübre için emin bir pazar yoktur. Gübreleştirme Kurumu (Birleşik Krallık), ülkedeki hiçbir gübreleştirme tesisinin gübre satmak yoluyla maliyetlerini karşılayamadığını bildirmektedir. Aslında, çoğu tesis, ürünleri için hiçbir ödeme alamamaktadır. Bu nedenle gübreleştirme maliyetlerinin gümrük vergileri üzerinden veya yerel makamların şehir atıklarını gübreleştirdiği durumlarda yerel vergilerden karşılanmaları gerekmektedir.

Bu tekniğin uygulanması için itici güçler

Yeraltına Gömme Direktifi'nin uygulanmaya başlamasıyla, sıvıların yeraltına gömülmesi durdurulacaktır. Çamur gömülmesinin geleceği ise belirsizdir. Gübreleştirme, kullanılabilir ya da yeraltına gömerek uzaklaştırma için daha uygun bir madde üreterek, yapak yıkama çamurunun nispeten düşük teknoloji ve düşük maliyet ile işlenmesine olanak sağlamaktadır.

Referans işletmeler

Çalışmanın 3.2.1. Bölümünde bildirilen C, F, G ve M işletmeleri, çamur uzaklaştırılmasında bu yöntemi kullanmaktadırlar.

Referans literatür

[187, INTERLAINE,1999]

4.10.12 Yapak yıkama çamurunun tuğla yapımında kullanılması

Tanımlama

Tuğla yapımında kullanılan kilin belirli bir miktarda organik madde içermesi gerekmektedir. Bu maddelerin tuğla pişirme işlemi esnasındaki oksidasyonu, elde edilen tuğlanın kalitesini geliştirmektedir. Bazı killerin organik madde içeriği yetersizdir ve bir ilaveye gereksinim duyulmaktadır. Yapak yıkama çamurları bu uygulama için mükemmeldirler.

Sağlanan başlıca çevresel faydalar

Çamur, işe yarar bir ürünün imalatında kullanılmaktadır ve çamur kullanılmadığı taktirde kille karıştırılması gereken organik maddeler muhtemelen fosil kaynaklarından elde edilecektir.

İşlemsel veriler

Tuğla işletmeleri hava emisyonlarının olumsuz olarak etkilenip etkilenmediğinden emin olmak için, yapak yıkama çamurlarının kullanıldığı deneme pişirmelerinin izlenmesi gerekli olabilmektedir.

Yan etkileşimler

Hava emisyonlarının artma olasılığı vardır, ancak bunun gerçekleşeceğine pek inanılmamaktadır. Eğer çamurlar uzak mesafelere taşınmak zorunda ise, taşımadan kaynaklanan kirlenme sorununu göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu işlemin uygulamasında karşılaşılan problemler teknik olmaktan ziyade lojistiktir. Zorluk, yapak yıkamacısının çamur üretimi ile tuğla imalatçısının ihtiyaçlarının ve konumunun uyuşmasındadır.

Ekonomiklik

Ekonomiklik, büyük ölçüde yıkamacı ile tuğla imalatçısı arasındaki pazarlığa ve mevcut uygun alternatif organik madde kaynaklarının tuğla imalatçısına maliyetine bağlıdır. Bu tekniğin yer altına gömme, gübreleştirme veya yakarak yok etmekten daha ucuz olması, olası görünmektedir.

Bu tekniğin uygulaması için itici güçler

Yıkamacılar için itici güç maliyetlerdir. Tuğla imalatçıları için itici güç ise, uygun bir maddenin oldukça tutarlı bir kaynağının var olmasıdır (muhtemelen ücretsiz olarak temin edilebilen).

Referans işletmeler

Bölüm 3.2.1'de bildirilen çalışmadaki L ve N işletmeleri, ürettikleri çamurun bir kısmını uzaklaştırmak için bu yöntemi kullanmaktadırlar. Bu tekniğin bazı İtalyan yapak yıkamacıları tarafından kullanıldığı da bilinmektedir.

Referans literatür

[187, INTERLAINE, 1999]

5 EN UYGUN TEKNİKLER (BAT)

Tercüme eden: Arş.Gör. Şule Soykan (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

Bu bölümün ve içeriğinin doğru anlaşılması için, okuyucuların dikkati bu dokümanın önsözüne ve özellikle önsözün 5. bölümü olan "Bu doküman nasıl anlaşılmalı ve kullanılmalıdır"a çekilmektedir. Bu bölümde sunulan teknikler ve ilgili emisyon ve/veya tüketim seviyeleri veya bu seviyelerin aralıkları, aşağıdaki adımları içeren çok aşamalı bir proses ile değerlendirilmişlerdir:

- sektör için anahtar çevresel sorunların belirlenmesi
- bu anahtar konularla en alakalı tekniklerin incelenmesi
- Avrupa Birliği ve dünya çapında ulaşılabilen mevcut veriler temel alınarak, en iyi çevresel performans seviyelerinin belirlenmesi
- bu performans seviyelerinin gerçekleştirildiği tekniklerin uygulanması ile ilgili maliyetler, yan etkileşimler, ana itici güçler gibi koşulların incelenmesi
- bu sektör için en uygun tekniklerin (BAT) ve Direktif'in Madde 2(11) ve Ek IV'ündeki genel kararlara göre, ilgili emisyon ve/veya tüketim seviyelerinin seçimi.

Avrupa IPPC Bürosu'nun ve ilgili Teknik Çalışma Grubu'nun (TWG) uzman görüşleri, bu adımların her birinde ve bilgilerin buradaki sunuluş şeklinde anahtar bir rol oynamışlardır.

Bu değerlendirme temel alınarak, bu bölümde sunulan tekniklerin ve BAT'ın kullanımı ile ilgili olası emisyon ve tüketim seviyelerinin, sektörün tümü için uygun olduğu düşünülmekte olup, bu seviyeler birçok durumda sektör içindeki bazı tesislerin şu andaki performansını yansıtmaktadır. "En uygun tekniklerle ilgili" emisyon ve/veya tüketim seviyelerinin belirtildiği yerlerde, bu seviyelerin uygulanma sonucunda erişilmesi beklenen çevresel performansı gösterdikleri anlaşılmaktadır. Bu sektör için tanımlanan tekniklerin uygulanmasında, BAT'ın tanımında yer alan maliyetler ve avantajlar dengesinin akılda tutulması gerekmektedir. Ancak bu değerler, ne emisyon, ne de tüketim sınır değerleridir ve bu şekilde de anlaşılmamalıdırlar. Bazı durumlarda teknik olarak daha iyi emisyon veya tüketim seviyelerine ulaşmak mümkün olabilmektedir, fakat söz konusu ilgili maliyetler veya yan etkileşim endişeleri nedeniyle, bunların sektörün bütünü için BAT olarak uygun olduğu düşünülemez. Fakat özel itici güçlerin söz konusu olduğu daha özel durumlarda, bu seviyelerin savunulması da düşünülebilmektedir.

BAT kullanımı ile ilişkili emisyon ve tüketim seviyeleri, belirtilmiş herhangi bir belirli referans koşul ile birlikte değerlendirilmelidir (örneğin, dengeleme süreleri).

Yukarıda tanımlanan "BAT ile ilişkili seviyeler" kavramı, bu dökümanın herhangi bir yerinde kullanılan "ulaşılabilir seviye" terimiyle karıştırılmamalıdır. Bir seviyenin, belirli bir teknik veya teknikler kombinasyonunu kullanarak "ulaşılabilir" olarak tanımlandığı yerlerde, iyi bakılan ve işletilen bir tesiste veya bu teknikleri kullanan bir işlemde, uzunca bir zaman dilimi sonunda bu seviyeye ulaşılabilmesinin beklendiği anlaşılmalıdır.

Mevcut olması durumunda harcamalar ile ilgili veriler, bir önceki bölümde sunulan tekniklerin tanımı ile birlikte verilmiştir. Bunlar söz konusu maliyetlerin büyüklüğü hakkında kaba bir bilgi vermektedir. Buna rağmen, bir tekniğin uygulanmasının gerçek maliyeti, büyük ölçüde vergiler, ücretler, ilgili tesisin teknik karakteristikleri gibi özel durumlara bağlı olmaktadır. Bu dokümanda, bu şekildeki işletmenin yerine özgü faktörleri, tam olarak değerlendirmek mümkün değildir. Maliyetlerle ilgili verilerin yokluğunda, tekniklerin ekonomik rantabiliteleriyle ilgili sonuçlar, mevcut tesislerdeki gözlemlerden çıkarılmaktadırlar.

Bu bölümde yer alan genel BAT'ların, mevcut bir tesisin şimdiki performansının veya yeni bir tesise ait bir önerinin değerlendirilmesinde referans noktası olması amaçlanmaktadır. Bu yolla, bunlar tesis için uygun "BAT esaslı" koşulların belirlenmesinde veya Madde 9(8)'e göre genel bağlayıcı kuralların oluşturulmasında yardımcı olacaklardır. Burada sunulan genel BAT seviyelerini veya bu BAT seviyelerinden daha iyisini bile gerçekleştirmek için yeni tesislerin tasarlanılabileceği öngörülmektedir. Her bir durumda, tekniklerin ekonomik ve teknik uygulanabilirliğinin etkisine de bağlı olarak, mevcut tesislerin genel BAT seviyeleri veya daha iyisi yönünde hareket edebileceği de düşünülmektedir.

BAT referans dokümanları hukuki bağlayıcılığı olan standartlar getirmemekte olup, belirlenmiş teknikleri kullanırken ulaşılabilecek emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında sanayiye, Üye Ülkeler'e ve halka bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Herhangi bir özel durum için, uygun sınır değerlerin belirlenmesinde, IPPC Direktifi hedeflerinin ve yerel mülâhazaların göz önünde bulundurulmaları gerekmektedir.

5.1 Genel BAT (tüm tekstil sanayii)

Tekstil Sanayii, çok sayıda alt sektörden oluşan, parçalara ayrılmış ve heterojen bir sektördür. Oluşan atığın yapısı, tekstil tesisinin tipine, uygulanan işlemlere ve kullanılan liflere bağlıdır. Bu kompleks yapısına rağmen, bir çok teknik, kullandıkları yöntemlere veya ürettikleri ürünlere bağlı olmaksızın, her çeşit tekstil işlemine uygulanabilen genel BAT olarak tanımlanabilmektedir.

Yönetim

Teknoloji, kendi başına yeterli değildir; çevresel yönetim ve iyi çalıştırma ile birlikte yürütülmeye gereksinim duymaktadır. Kirletme potansiyeline sahip işlemleri kullanan bir tesisin yönetimi, Çevresel Yönetim Sistemi (EMS) elementlerinin birçoğunun uygulanmasını gerektirmektedir.

BAT:
- çevresel bilinçlenmeyi etkin kılmak ve eğitim programlarında buna yer vermektir
- bakım ve temizlik için doğru uygulamalar yapmaktır (bkz. 4.1.1)
- her bir kimyasal maddeyi üreticiler tarafından verilen Madde Güvenlik Veri Yaprakları'ndaki talimatlara göre saklamak ve depolama hakkındaki yatay (yazım sırasında hazırlanmakta olan) BREF'te belirtilen hususlara uymaktır
- kimyasalların ve proses sıvılarının dökülmelerini engelleyecek önlemleri uygulamaya koymaktır. Eğer dökülme meydana gelirse, bunların güvenle temizlenmelerini ve uzaklaştırılmalarını sağlayarak olumsuz etkiyi azaltıcı prosedürler oluşturmaktır. Dökülen şeylerin yüzey sularına ve lağım sularına sızması olasılığını ortadan kaldırmaktadır
- tekstil hammaddeleri, kimyasallar, ısı, enerji ve su girdilerini ve ürün, atık su, hava emisyonları, çamurlar, katı atıklar ve yan ürünler çıktılarını içeren proses girdi ve çıktıları (hem çevre, hem de proses düzeyinde) için bir kontrol sistemi kurmaktır. Proses girdilerinin ve çıktılarının iyi bilinmesi, çevresel performansı geliştirmek için öncelik alanlarını ve seçeneklerini belirlemede bir ön şarttır.

Kimyasalların dozajlanması ve dağıtılması (boyalar hariç)

BAT, gerekli kimyasalları ve yardımcı maddeleri tam istenilen miktarlarda ölçen ve bunları insan eli değmeden boru sistemi ile çeşitli makinelere direkt olarak gönderen otomatik dozajlama ve dağıtım sistemleri kurmaktır. Flotte miktarı hesaplanırken, hazırlık kabı ve besleme borularının yıkanması için kullanılan su miktarları da hesaba katılmaktadır. Sevk edilecek ürünlerin her biri için ayrı boru hatlarının kullanıldığı sistemler de vardır. Bu sistemlerde kimyasallar, aplikatör veya makine içine girmeden önce birbirleriyle

karıştırılmamaktadırlar ve dolayısıyla tankların, pompaların ve boruların müteakip işlemden önce temizlenmesine gerek kalmamaktadır. Otomatik dozajlama ve dağıtım sistemleri hakkında daha fazla bilgi Bölüm 4.1.3'te verilmektedir.

Kimyasalların seçimi & kullanımı

BAT, kimyasalların seçiminde ve bunların kullanımlarının yönetiminde belirli genel prensipleri izlemektir:

- kimyasalların kullanımı olmaksızın istenilen işlem sonuçlarına ulaşmanın mümkün olduğu yerlerde, bunların hiçbirinin kullanılmaması
- bunun mümkün olmadığı yerlerde, en düşük toplam çevresel riski sağlamak amacıyla, kimyasalların ve bunların çalışma modlarının seçiminde risk esaslı yaklaşımın benimsenmesi.

Kimyasallar için bir çok liste ve sınıflandırma araçları vardır. Kimyasalların suya ve havaya olan etkilerine göre seçilmesinde/değerlendirilmesinde kullanılan araçlara ait bazı örnekler Bölüm 4.3.1 ve 4.3.2'de açıklanmaktadır. En düşük toplam riski sağlayan çalışma modları, kapalı devre çalışma ve kirletici maddelerin devre içinde yok edilmesi gibi teknikleri içermektedir. Tabii ki, ilgili yerel yasama uygulamalarına gereken önemin verilmesi gerekmektedirler.

Bu prensiplerin ardından, bir çok ayrıntılı BAT sonuçları ortaya çıkmaktadır. Bunlar aşağıda listelenmektedir.

Yüzeyaktif maddeler için BAT, alkilfenoletoksilatlar ve diğer tehlikeli yüzeyaktif maddeler yerine, atık su arıtma tesislerinde kolayca biyolojik olarak parçalanabilen veya biyolojik olarak elimine edilebilen ve zehirli metabolitler oluşturmayan (Bölüm 4.3.3'te açıklandığı gibi) ürünleri kullanmaktır.

Kompleks oluşturucu maddeler için BAT:

- aşağıda sayılan hususları kombine ederek, kompleks oluşturucu maddelerin ön terbiye ve boyama işlemlerinde kullanımını engellemek veya azaltmaktır:
  - işlem suyundan demiri ve sertlik veren alkali toprak katyonlarını uzaklaştırmak için temiz suyun yumuşatılması
  - ağartmadan önce kumaştaki kaba demir partiküllerini uzaklaştırmak için kuru bir işlemin uygulanması (Bölüm 4.5.6'da açıklandığı gibi kontinü ön terbiye hatlarına manyetik dedektörler takılmaktadır). Bu işlem, proses bir oksidatif/haşıl sökme adımı ile başlıyorsa uygundur, aksi halde yaş proseste kaba demir partiküllerini çözmek için büyük miktarlarda kimyasala ihtiyaç duyulacaktır. Ancak ağartmadan önce ilk adım olarak bir alkali yıkama işlemi gerçekleştirilirse, bu adım gerekli değildir
  - ağır şekilde kirletilmiş kumaşların ağartılmasından önce, asidik demineralizasyon veya daha iyisi tehlikeli olmayan indirgen maddeler (bkz. Bölüm 4.5.6) kullanarak, liflerin içindeki demirin uzaklaştırılması
  - Bölüm 4.5.6'da açıklandığı gibi, hidrojenperoksidin optimal kontrollü koşullar altında aplike edilmesi
- Biyolojik olarak parçalanabilen veya biyolojik olarak elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddeleri (Bölüm 4.3.4'te açıklandığı gibi) seçmektir.

Köpük önleyici maddeler için BAT:

- bunların kullanımlarını aşağıda belirtildiği şekilde engellemek veya azaltmaktır:
  - flottenin kumaş hareketi ile çalkalanmadığı yerlerde flottesiz air-jetlerin kullanması
  - işlem flottesinin tekrar kullanılması
- Bölüm 4.3.5'te açıklandığı gibi, yüksek derecedeki biyolojik olarak elimine edilme oranları ile karakterize edilen ve mineral yağ içermeyen köpük önleyici maddeleri seçmektir.

Kullanılan lif ham maddelerinin seçimi

Günümüzde tekstil üreticileri, yapılan önceki işlemler sırasında liflere uygulanan maddelerin (örneğin, preparasyon maddeleri, pestisitler, örgü yağları) kalitesi ve miktarı hakkında, tedarikçileri tarafından iyi bilgilendirilmemektedirler. Üreticilerin, bu maddelerden meydana gelecek çevresel etkileri kontrol edebilmesini ve önleyebilmesini sağlamak için, bu özellikler hakkında bilgilendirilmeleri gerekmektedir.

BAT, tekstiller için bir çevresel sorumluluk zinciri yaratmak amacıyla, tekstil zincirinin önceki ortakları ile işbirliği aramaktır. Ürünün yaşam sürecinin her bir aşamasında, liflere eklenen ve bunların üzerinde kalan kimyasalların tipi ve yükü hakkında bilgi alışverişi yapılması arzu edilmektedir. Özel sözleşme koşullarının yanında, pamuk için organik belgelendirme, giysiler için Almanya'da uygulanan belgelendirme planı, vs. gibi çok sayıda plan mevcuttur. Terbiye işlemine girmeden önce lif üzerindeki kirletici maddelerden ortaya çıkabilecek çevresel etkiyi, kaynağında önlemek amacıyla bazı ham materyaller için tanımlanan BAT, aşağıdaki tabloda listelenmektedir. Tüm önlemler, terbiyecilerin kirletici maddelerin tipleri ve miktarları hakkında uygun bilgi edinebilmelerini sağlamak için, tekstil üretiminde kullanılan elyaf ham maddelerinin herhangi bir kalite güvence planına uygun olarak üretildiklerini farz etmektedirler.

Ham madde	BAT
Kimyasal lifler	▪ düşük-emisyonlu ve biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen preparasyon maddeleri ile işlem görmüş materyalleri seçmek (bkz. 4.2.1)
Pamuk	▪ az madde aplikasyonu yöntemine göre (bkz. Bölüm 4.2.5, çözgü ipliklerinin ön-ıslatılması) ve biyolojik olarak yüksek derecede elimine edilebilen haşıl maddeleri ile haşıllanmış materyalleri seçmek (bkz. 4.2.4) ▪ PCP gibi çok zararlı kimyasallar ile kirletilmiş lif maddelerinin işlenmesini engellemek için, mevcut bilgileri kullanmak ▪ pazar koşulları izin verdiğinde, organik olarak yetiştirilmiş pamuk kullanmak
Yün	▪ OC pestisit artıkları (bkz Bölüm 4.2.7) gibi çok zararlı kimyasallar ile kirletilmiş lif maddelerinin işlenmesini önlemek için, mevcut bilgileri kullanmak ▪ tüm üretici ülkelerde yün üretimi ve pazarlanmasından sorumlu yetkili kurumlar ile devamlı görüşerek (bkz. Bölüm 4.2.8) ve düşük pestisit kalıntılı yapak elde edilmesini cesaretlendirerek, yasal olarak kullanılan her türlü koyun ektoparazitisitlerini kaynağında en aza indirmek ▪ madeni yağ esaslı ve/veya APEO (bkz. Bölüm 4.2.2) içeren formülasyonlar yerine, biyolojik olarak parçalanabilen harman yağları kullanılarak eğrilmiş yün ipliklerini seçmek

Tablo 5.1: Kullanılacak lif ham maddelerinin seçimi için BAT

Su & enerji yönetimi

Tekstil sanayiinde genellikle su ve enerji tasarrufları birbirleri ile ilişkilidirler, zira enerjinin başlıca kullanımı, işlem banyolarının ısıtılması içindir. Aşağıdakiler su ve enerji tasarrufu için seçilen BAT'ın bir özetidir. Listelenmiş tekniklerin uygulanabilirliğindeki sınırlamalar, parantez içerisinde belirtilen referans bölümlerinde tartışılmaktadır.

BAT:

- daha önceden bahsedildiği ve Bölüm 4.1.2'de açıklandığı gibi, çeşitli proseslerdeki su&enerji tüketimini kontrol etmektir
- kontinü makinelere otomatik kapatma vanaları ve akış kontrol cihazları monte etmektir (Bölüm 4.1.4 ve 4.9.2)
- çektirme makinelerinde, hacmi ve banyo sıcaklığını kontrol etmek için otomatik kontrol donanımları monte etmektir (Bölüm 4.1.1 ve 4.6.19)
- uygun olmayan çalışmalarla kaynakların israfını engellemek amacıyla iyi dökümante edilmiş üretim prosedürlerini yerleştirmektir (Bölüm 4.1.4)
- üretimde programlamayı optimize etmek ve ön terbiyedeki prosesleri, ileriki işlem adımlarındaki proseslerin kalite ihtiyaçlarına göre ayarlamaktır (Bölüm 4.1.1)
- farklı işlemleri tek adımda birleştirme olanaklarını araştırmaktır (Bölüm 4.1.1 ve 4.1.4)
- çektirme proseslerinde, düşük ve ultra-düşük flotte oranlı makinaları kullanmaktır (Bölüm 4.6.21)
- kontinü proseslerde, az madde aplikasyonu tekniklerini kullanmaktır (Bölüm 4.1.4)
- Bölüm 4.9.1 ve 4.9.2'de açıklandığı gibi, hem çektirme, hem de kontinü işlemlerde yıkama etkinliğini geliştirmektir
- soğutma sularını proses suyu olarak tekrar kullanmaktır (aynı zamanda ısı geri kazanımı sağlayarak) (Bölüm 4.1.1)
- çeşitli atık sularda bulunan maddelerin halâ değerli olduğu ve/veya ürünün kalitesi ile çatışmadığı prosesleri belirlemek amacıyla, çeşitli proses atık sularının kalite ve hacimlerinin sistematik tanımlanması ile suyun tekrar kullanımı ve geri dönüşümü için olasılıkları incelemektir. Kesintili işlemlerde geri dönüşüm amacı için, atık suların geri kazanımını ve tekrar kullanımını ve kolaylaştıran özelliklerle donatılmış makineleri kullanmak uygundur. Suyun tekrar kullanımı için örnek seçenekler, Bölüm 4.5.8 ve 4.6.22'de anlatılmaktadırlar
- buhar kayıplarına engel olmak için, makinelerin tam kapanmasını sağlayan kapaklar kullanmaktır (Bölüm 4.1.1 ve 4.6.19)
- ısı kayıplarını en aza indirmek için, boruları, vanaları, tankları ve makineleri izole etmektir (Bölüm 4.1.5)
- yanma gazlarından ısı geri kazanımı, havanın ön ısıtılması, buhar kondenzatlarının tekrar kullanımı gibi uygulamalarla kazan dairelerini optimize etmektir (Bölüm 4.1.1, 4.4.3 ve 4.8.1)
- ısı geri kazanımından önce, sıcak ve soğuk atık suları birbirlerinden ayırmak ve sıcak atık sulardan ısı geri kazanmaktır (Bölüm 4.1.1 ve 4.6.22)
- atık gazlar için ısı geri kazanım sistemleri kurmaktır (Bölüm 4.1.1, 4.4.3 ve 4.8.1)
- frekans kontrollü elektrik motorları kullanmaktır (Bölüm 4.1.1).

Atık suların yönetimi

BAT :

- önlenemeyen katı atıkları ayrı olarak toplamaktır
- hacimli ve geri dönüşümlü konteynırlar kullanmaktır.

5.2 Birim işlemler ve operasyonlar için işlem ile bütünleştirilmiş önlemler

Bu bölüm, bu dökümanda yer alan işlemler ve operasyonlar için işlem ile bütünleştirilmiş önlemleri açıklamaktadır. Sondaki azaltma önlemleri, gelecek bölümde açıklanmaktadır. Sunumda, birim işlem esaslı yaklaşım izlenmekte ve gerekli durumlarda, özel önlemlerin uygulanabilirliğinde sınırlamaların söz konusu olduğu fabrika bölümleri/kategorileri de tartışılmaktadır.

5.2.1 Yapak yıkama

Yün yıkaması su (en yaygın durum) veya organik çözgen kullanılarak yapılabilmektedir. Bazı taleplerin sağlanması şartıyla, her iki metot da BAT olarak tanımlanmaktadırlar.

Su ile yapak yıkaması
BAT :

- Tablo 5.1'te belirtilen BAT önlemlerine uygun ham yün elyafını seçmektir
- Bölüm 4.3.3'te tanımlanmış BAT önlemlerine göre, alkilfenoletoksilat deterjanları yerine toksik metabolitlere neden olmayan alkol etoksilatları veya diğer biyolojik olarak kolayca parçalanabilen ürünleri kullanmaktır
- Bölüm 4.4.1'de tanımlandığı gibi yüksek kapasiteli kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devrelerini kullanmaktır (ince ve ekstra ince yapaklar için yün yağı geri kazanımı devreleri, ayrı ve sürekli çamur akış çıktısına sahip makineler kullanıldığında, kir uzaklaştırma için ayrı bir devreye ihtiyaç olmaksızın, çok ince kir parçalarının uzaklaştırılmasını da sağlamaktadır). Su tüketimi için BAT ile ilgili değerler, orta ve büyük ölçekli fabrikalar (yılda 15.000 ton yağıltılı yapak işleyen) için 2-4 l/kg, küçük ölçekli fabrikalar için ise 6 l/kg yağıltılı yapaktır. Yağ geri kazanımı için ilgili değerler, yıkanan yapakta bulunduğu tahmin edilen yağın % 25'i ile % 30'u arasındadır
- enerji tüketimini, aşağıdaki tekniklerin (yukarıda bahsedilen yağ geri kazanımı devresine ek olarak) uygun kombinasyonu ile yaklaşık olarak 3,5 MJ/kg termal enerji ve 1 MJ/kg elektrik enerjisinden oluşan 4–4,5 MJ/kg yağıltılı yapağıya indirmektir:
  - ısı kayıplarını önlemek için yıkama teknelerinin tam olarak örtülmesi
  - kurutma işleminden önce suyun mekanik uzaklaştırılmasını arttırmak için, son sıkma silindirlerinin performansının optimize edilmesi
  - son teknenin nispeten yüksek sıcaklıkta çalıştırılması. Son teknede peroksit ağartması yapılması durumu haricinde, en uygun sıcaklık 65 ^{0}C olarak belirtilmektedir. Peroksit ağartması yapılması durumunda en uygun ağartma sıcaklığı 48 ^{0}C'dur
  - yapaktaki veya kurutucu atmosferindeki nemi ölçen sensörler vasıtasıyla kurutucudaki nemin otomatik olarak kontrol edilmesi
  - kurutuculara ısı geri kazanım üniteleri monte edilmesi.

Veri eksikliği nedeniyle, su ve enerji tüketimi ile ilgili olarak yukarıda verilen BAT değerlerinin ekstra ince yapaklara da (tipik olarak lif çapı 20 μm'den küçük) uygulanıp uygulanamayacağını belirtmek mümkün olmamaktadır.

Organik çözgenlerle yıkama
Kazalardan ve sızıntılardan kaynaklanabilecek olası yer altı suyu kirliliğini önlemek ve kaçak kayıplarını en aza indirmek için Bölüm 2.3.1.3'de açıklanan tüm önlemlerin alınması şartıyla, organik çözgenlerle yıkama BAT olarak tanımlanmaktadır.

5.2.2 Tekstil terbiyesi ve halı sanayileri

ÖN TERBİYE

Örgü yağlarının kumaştan uzaklaştırılması
BAT aşağıdakilerden birisini yapmaktır:

- konvansiyonel madeni yağ esaslı lubrikantların (bkz. Bölüm 4.2.3) yerine, biyolojik olarak parçalanabilen ve suda çözülebilen lubrikantların kullanıldığı işlemlerle üretilmiş örgü kumaşların seçilmesi. Bunların, suyla yıkayarak giderilmesi. Sentetik liflerle yapılmış örgü kumaşlarda yıkama adımının termofiksaj öncesi yapılması gerekmektedir (yağlardan arındırmak ve bunların hava emisyonları şeklinde yayılmalarını önlemek için)

- termofiksaj işleminin yıkama öncesinde gerçekleştirilmesi ve ramözden çıkan hava emisyonlarının, yağların ayrı olarak toplanmasına ve enerji geri kazanımına izin veren kuru elektrofiltrasyon sistemleri ile işleme tabi tutulması. Bu atık suların kirliliğini azaltacaktır (bkz. Bölüm 4.10.9)
- suda çözünmeyen yağların, organik çözgenlerle yıkama yaparak uzaklaştırılması. Dirençli kirleticilerin devre içinde parçalanması (örneğin, ileri oksidasyon prosesleriyle) için alınan önlemler dahil olmak üzere, Bölüm 4.9.3'te belirtilen taleplerin karşılanması. Böylece yer altı sularının kazalar veya sızıntılardan oluşabilecek muhtemel kirlenmeleri engellenecektir. Bu teknik, kumaşta silikon yağları gibi diğer suda çözülmeyen preparasyon maddelerinin varlığı durumunda uygun olmaktadır.

Haşıl Sökme

BAT aşağıdakilerden birini yapmaktır:

- haşıl maddelerinin biyolojik olarak elimine edilebilirliğini geliştirmek için, düşük madde aplikasyonu gerektiren tekniklerin (örneğin, çözgü ipliklerinin ön ıslatılması, bkz. Bölüm 4.2.5) uygulanması ile biyolojik olarak parçalanabilen daha verimli haşıl maddelerinin (bkz. Bölüm 4.2.4) kullanımının, düşük F/M atık su teknikleri (F/M < 0,15 kg $BOİ_5$ / kg MLSS-d, 15 ^{0}C'ın üstünde sıcaklık ve aktif çamurun kabulü – bkz. Bölüm 4.10.1) ve haşıl sökme için verimli yıkama sistemlerinin kullanımı ile kombine edilmeleri
- hammadde kaynağının kontrol edilemediği durumlarda oksidatif yolun takip edilmesi (bkz. Bölüm 4.5.2)
- Bölüm 4.5.3'te tanımlandığı gibi, haşıl sökme/yıkama ve ağartmanın tek bir adımda birleştirilmesi
- Bölüm 4.5.1'de tanımlandığı gibi, haşıl maddelerinin ultrafiltrasyon ile geri kazanılması ve yeniden kullanılması.

Ağartma

BAT:

- tercih edilen ağartma maddesi olarak hidrojenperoksit ağartmasının kullanılması ve Bölüm 4.5.6'da belirtildiği gibi hidrojenperoksit stabilizatörlerinin kullanımını en aza indirmek için geliştirilen tekniklerin uygulanması veya Bölüm 4.3.4'te tanımlanan biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddelerin kullanılmasıdır
- tek başına hidrojenperoksit ile ağartılamayan keten ve sak lifleri için sodyumkloritin kullanılmasıdır. 2 adımlı bir hidrojenperoksit–klordioksit ağartması tercih edilen bir seçenektir. Elementel klor içermeyen klordioksit kullanıldığından emin olunmalıdır. Klor içermeyen klordioksit, sodyumklorat için, indirgen madde olarak hidrojenperoksit kullanılarak elde edilmektedir (bkz. Bölüm 4.5.5)
- sodyumhipoklorit kullanımının, sadece yüksek beyazlığın istendiği durumlar ve kırılgan ve depolimerizasyona uğrayabilen kumaşlarla sınırlı tutulmasıdır. Bu özel durumlarda da zararlı AOX oluşumunu azaltmak için, sodyumhipoklorit ağartması ilk adımda peroksidin, ikinci adımda hipokloritin kullanıldığı, 2 adımlı bir ağartma şeklinde uygulanmalıdır. Hipoklorit ağartmasından gelen atık su, zararlı AOX oluşumunu azaltmak amacıyla, diğer atık su akımlarından veya karma atık sulardan ayrı tutulmalıdır.

Merserizasyon

BAT:

- Bölüm 4.5.7'de tanımlandığı gibi, merserizasyon durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması ve tekrar kullanılmasıdır
- veya alkali içeren atık suyun diğer hazırlık işlemlerinde tekrar kullanılmasıdır.

BOYAMA

Boya formülasyonlarının dozajlanması ve dağıtımı

BAT aşağıdakilerin tümünü yapmaktır:

- boya sayısını azaltmak (boya sayısını azaltmanın bir yolu, trikromatik sistemlerin kullanılması ile olmaktadır)
- boyaların dozajlanması ve dağıtımı için otomatik sistemleri kullanmak ve sadece seyrek olarak kullanılan boyalar için manuel işlemleri kullanmak
- dağıtım hatlarındaki ölü hacmin fulard hacmine yakın olduğu uzun kontinü hatlarda, farklı kimyasalların boyalar ile işlemden önce karışmadığı ve tam otomatik olarak temizlenen merkezi olmayan otomatik istasyonları tercih etmek.

Çektirme yöntemine göre boyama işlemleri için genel BAT

BAT:

- doldurma seviyesi, sıcaklık ve diğer boyama parametreleri için otomatik kontrol mekanizmaları, indirekt ısıtma&soğutma sistemleri buhar kayıplarını en aza indirmek için başlıklar ve kapaklar ile donanmış makinelerin kullanılmasıdır
- tasarlandığı nominal flotte oranları aralığında çalışmasını sağlamak için, işlenecek lot büyüklüklerine en uygun olan makinelerin seçilmesidir. Modern makineler nominal kapasitelerinin % 60'ı (veya iplik boyama makineleri nominal kapasitelerinin % 30'u) seviyesine kadar düşük bir seviyede yüklendiklerinde bile, yaklaşık olarak sabit bir flotte oranında çalıştırılabilmektedirler (bkz. Bölüm 4.6.19)
- Bölüm 4.6.19'da tanımlanan ihtiyaçlara mümkün derece uygun olan yeni makinelerin seçilmesidir:
  - düşük veya ultra düşük flotte oranı
  - flottenin maldan, işlem sırasında ayrılabilmesi
  - işlem flottesi ile yıkama flottelerinin ayrılabilmeleri
  - carry-over'ı azaltmak ve yıkama etkinliğini geliştirmek için mekaniksel flotte ayrımı
  - işlem sürelerinin kısaltılması.
- overflow-taşar yıkama yöntemi yerine, Bölüm 4.9.1'de tanımlanan doldurmalı-boşaltmalı veya diğer yöntemlerin (kumaşlar için akıllı durulama) uygulanmasıdır
- teknik mülâhazalar izin verdiğinde, ilaveler yapılarak boya banyosunun tekrar kullanılması ve durulama suyunun bir sonraki boyama için tekrar kullanılmasıdır. Bu tekniği (bkz. Bölüm 4.6.22), üstten yüklemeli makinelerin kullanıldığı açık elyaf boyamacılığında uygulamak daha kolaydır. Elyaf taşıyıcılar, flotte boşaltılmadan modern boyama makinelerinden uzaklaştırılabilmektedirler. Ancak çektirme yöntemine göre çalışan kesintili boyama makineleri, durulama suyundan konsantratların kesintisiz şekilde otomatik ayrımına izin veren depolama tankları ile donatılmaktadırlar.

Kontinü boyama işlemleri için BAT

Kontinü ve yarı-kontinü boyama işlemleri, çektirme yöntemine göre yapılan kesintili boyamalardan daha az su tüketmekte, fakat yüksek derecede konsantre kalıntılar oluşmaktadırlar.

BAT, konsantre flotte kayıplarını aşağıda belirtildiği şekilde azaltmaktır:

- az madde aplikasyonu sistemlerinin kullanılması ve emdirme ile boyama teknikleri kullanıldığında emdirme teknesinin hacminin en aza indirilmesi
- kimyasalların ayrı hatlarla on-line olarak dağıtıldığı ve aplikatöre beslenmeden hemen önce karıştırıldığı, dağıtım sistemlerinin benimsenmesi
- emdirme flottelerinin, alınan flotte miktarlarının ölçümü esas alınarak dozajlanması için, aşağıdaki sistemlerden birinin kullanılması (bkz. Bölüm 4.6.7):

  - işlenen kumaşın miktarını (kumaş uzunluğu ile özgül ağırlığın çarpımı) referans alarak, tüketilen boyama flottesi miktarını ölçmek; sonuç değerler otomatik olarak işlenmekte ve daha sonraki benzer partinin hazırlanması için kullanılmaktadır
  - bir partinin boyamasına başlamadan önce tüm parti için flotte hazırlamak yerine, boyarmadde çözeltisinin flotte alınma oranı ölçümleri esas alınarak, tam zamanında ve çok aşamada on-line olarak hazırlandığı hızlı parti boyama tekniklerini kullanmak. Bu ikinci teknik ekonomik imkanlar izin verdiğinde tercih edilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.7)
- ters akım yıkama prensiplerine göre ve Bölüm 4.9.2'de anlatıldığı şekilde carry-over'ı azaltarak yıkama etkinliklerini arttırmak.

<u>PES & PES karışımlarının dispers boyalarla boyanması</u>
BAT:
- zararlı carrierlarin kullanımından aşağıdaki şekillerde (öncelik sırasına göre) kaçınmaktır:
  - ürün pazarı mülâhazaları izin verdiğinde, Bölüm 4.6.2'de açıklandığı gibi carriersız boyanabilen poliester liflerinin (modifiye edilmiş PET veya PTT tiplerinin) kullanılması
  - HT koşullarında carrier kullanmaksızın boyama yapılması. Bu teknik, PES/WO ve elastan/WO karışımlarına uygulanamamaktadır
  - WO/PES karışımları boyanırken, klasik boya carrierları yerine, benzilbenzoat ve N-alkilftalimid esaslı bileşiklerin kullanılması (bkz. Bölüm 4.6.1)
- Önerilen iki teknikten birisini uygulayarak, PES ard-işlemlerinde sodyumditiyonit kullanımını ikame etmektir (Bölüm 4.6.5'te anlatıldığı şekilde):
  - sodyumditiyonit yerine sulfinik asit türevleri esaslı indirgen maddelerin kullanılması. Bu önlem, sadece boyarmaddeyi indirgemek için gerekli olan kadar indirgen madde tüketilmesini sağlamak için alınacak önlemler (örneğin, flotte ve makinedeki havadan oksijenin uzaklaştırılması için azot kullanarak) ile birlikte uygulanmalıdır
  - indirgenme yerine, alkali ortamda hidrolitik solubilizasyon ile temizlenebilen dispers boyaların kullanılması (bkz. Bölüm 4.6.5)
- Bölüm 4.6.3'te tanımlandığı gibi, yüksek derecede biyolojik elemine edilebilirliğe sahip dispergatörler içeren optimize edilmiş boya formülasyonlarını kullanmaktır.

<u>Kükürt boyalarıyla boyamalar</u>
BAT (bkz. 4.6.6):
- klasik toz ve sıvı kükürt boyalarının yerine, stabilize edilmiş ön-indirgenmemiş sülfür içermeyen boyarmaddelerin veya sülfür içeriği %1'den az olan ön-indirgenmiş sıvı boya formülasyonlarının kullanılması
- sodyum sülfürün yerine öncelikle kükürt içermeyen indirgen maddelerin veya bu olmuyorsa sodyumditiyonitin kullanılması
- sadece boyarmaddenin indirgenmesi için gerekli olacak kadar indirgen maddenin kullanılmasını sağlamak amacıyla gerekli önlemlerin alınması (örneğin, makine içindeki flotteden ve havadan oksijenin uzaklaştırılması için azot kullanılması)
- oksitleyici olarak tercihen hidrojenperoksidin kullanılmasıdır.

<u>Reaktif boyalarla kesintili boyamalar</u>
BAT:
- Bölüm 4.6.10 ve 4.6.11'de tanımlandığı gibi, yüksek fiksaj sağlayan, düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyaların kullanılması
- boyama sonrasındaki durulama ve nötralizasyon adımlarında deterjan ve kompleks oluşturucu maddelerin kullanımından kaçınarak, sıcak durulama uygulanması ve sıcak durulama atık sularından ısı enerjisinin geri kazanılmasıdır (bkz. Bölüm 4.6.12).

Reaktif boyalarla pad-batch (soğuk bekletme) yöntemine göre boyamalar

BAT, Bölüm 4.6.13'te tanımlananlarla eşit seviyelerde gerçekleştirilen boyama tekniklerinin kullanılmasıdır. Tanımlanan teknik, toplam işlem maliyetleri açısından, pad-batch yöntemine göre boyamalara nazaran daha düşük maliyetlidir. Fakat yeni teknolojiye geçiş için gerekli başlangıç yatırım miktarı yüksektir. Bununla beraber yeni tesisler için ve cihaz değiştirme arayışında olanlar için maliyet faktörü o kadar önemli değildir. Tüm durumlar için BAT, üre kullanımından kaçınılması ve silikat içermeyen fiksaj yöntemlerinin kullanılmasıdır.

Yünlülerin Boyanması

BAT:

- krom boyalarının yerine reaktif boyaların kullanılması veya bunun mümkün olmadığı durumlarda Bölüm 4.6.5'te tanımlandığı gibi, aşağıdaki taleplerin tümünü karşılayan ultra-düşük kromlama metotlarının kullanılmasıdır:
  - 1:10 flotte oranında çalışıldığında, kullanılmış kromlama banyosunda 5 mg/l krom konsantrasyonuna eşit olan, bir kg işlem görmüş yün için 50 mg krom emisyon faktörüne ulaşılmalıdır.
  - atık sularda (0,1 mg/l'den düşük konsantrasyondaki Cr (VI)'yı tespit edebilen standart bir metot kullanıldığında) krom (VI) bulunmamalıdır.
- yünün metal kompleks boyalarla boyanmasında atık suların ağır metallerle yüklenmesinin en az seviyede olmasının sağlanmasıdır. BAT değerlerine ilişkin emisyon faktörleri, 1:10 flotte oranında çalışıldığında kullanılmış kromlama banyosunda 1-2 mg/l krom konsantrasyonuna eşit olan, bir kg işlem görmüş yün için 10-20 mg kromdur. Bu performanslara şu şekilde ulaşılabilmektedir:
  - boya alımını arttıran yardımcı kimyasalların kullanılması; örneğin, Bölüm 4.6.17'de yapak ve topslar için tanımlanan işlem gibi
  - diğer yünlü mamullerde nihai flotte alınımını en üst seviyeye çıkarmak için pH kontrollü metotların kullanılması
- pH ile kontrol edilebilen boyalar (asit boyaları ve bazik boyalar) ile boyama yapıldığında, pH-kontrollü yöntemleri tercih ederek, en az seviyede organik egaliz maddesi kullanaraktan, haşerelere karşı koruyucu maddelerin ve boyaların lifler tarafından en üst düzeyde alındığı düzgün boyamaların elde edilmesidir (bkz. Bölüm 4.6.14).

BASKI

Genel olarak işlemler

BAT:

- rotasyon baskıda, baskı patı kayıplarının aşağıdaki şekillerde azaltılmasıdır:
  - baskı patı besleme sistemlerinin hacminin en aza indirilmesi (bkz. 4.7.4)
  - Bölüm 4.7.5'te tanımlanan tekniğin benimsenmesi ile her çalışma sonunda besleme sistemlerindeki baskı patlarının geri kazanılması
  - artık baskı patlarının geri dönüşümü (bkz. Bölüm 4.7.6)
- aşağıdaki işlemlerin kombinasyonu sayesinde temizleme işlemleri için su tüketiminin azaltılmasıdır (bkz. Bölüm 4.7.7):
  - baskı blanketinin temizlenmesinin başla/dur kontrolü ile yapılması
  - raklelerin, şablonların ve kapların temizlenmesindeki durulama sularının en temiz kısımlarının tekrar kullanılması
  - baskı blanketinin temizlenmesindeki durulama sularının tekrar kullanılması
- ürün pazar koşulları izin verdiğinde (bkz. Bölüm 4.7.9) düz kumaşların kısa metrajlı (100 m'den daha az) üretimleri için dijital ink-jet baskı makinelerinin kullanılmasıdır. Baskı makinesinin kullanılmadığı durumlarda, tıkanmayı engellemek için çözgen ile yapılan temizleme BAT olarak düşünülmemektedir.
- reserve ve aşındırma baskılar ile benzer durumlar haricinde, halı ve hacimli kumaşların baskısı için Bölüm 4.7.8'de tanımlanan dijital baskı makinelerinin kullanılmasıdır.

Reaktif baskılar
BAT:
- nemin ya köpük olarak ya da belirli bir miktar sis (bkz. Bölüm 4.7.1) halinde püskürtüldüğü, kontrollü olarak nem ilave edilen tek adımlı baskı yöntemi

ya da
- iki adımlı baskı yönteminden (bkz. 4.7.2)

birini uygulayarak üre kullanımını engellemektir.

İpek ve viskon için düşük nem ilavesi gerektiğinden, tek adımlı işlemle püskürtme tekniği, bu lifler için güvenilir bir teknik değildir. Ürenin tamamen ortadan kaldırıldığı köpükle aplikasyon tekniğinin viskon için uygun olduğu bilinmektedir, fakat ipek için henüz kesin değildir. Günde yaklaşık 80000 metreye çıkan bir üretim kapasiteli köpükle kaplama makinesi için, yaklaşık 200000 Euro gibi, yüksek bir başlangıç yatırım maliyeti bulunmaktadır. Bu teknik, günlük kapasitesi yaklaşık olarak 30000, 50000 ve 140000 metre olan fabrikalarda rantabıl bir şekilde uygulanmıştır. Daha küçük fabrikalar için bu tekniğin rantabıl olup olmadığıyla ilgili bir soru işareti bulunmaktadır.

Köpükle aplikasyon tekniğinin kullanılmadığı yerlerde, tüketilen üre miktarı ipek için yaklaşık 50 g/kg ve viskon için 80 g/kg baskı patına düşürülebilmektedir.

Pigment baskılar
BAT, aşağıdaki talepleri karşılayan, optimize edilmiş baskı patlarının kullanılmasıdır (bkz. 4.7.3):
- uçucu organik karbon emisyonu düşük (veya herhangi uçucu çözgen içermeyen) kıvamlaştırıcılar ve formaldehitçe fakir binderler. İlgili hava emisyon değerleri: bir kg tekstil ürünü için < 0,4 g Org.-C'dur (bir kg tekstil ürünü için 20 m^3 hava kullanımı varsayıldığında)
- APEO içermeme ve biyolojik olarak elimine edilebilirliğin yüksek olması
- azaltılmış amonyak içeriği. İlgili emisyon değeri: bir kg tekstil ürünü için 0,6 g NH_3 (bir kg tekstil ürünü için 20 m^3 hava kullanımı varsayıldığında).

APRE

Genel olarak işlemler
BAT:
- Artık flotte miktarının :
  - az flotte aldırma aplikasyon tekniklerini kullanarak (köpükle aplikasyon, püskürtme) veya emdirme cihazlarının hacmini küçülterek
  - kaliteyi etkilemiyorsa, emdirme flottesini tekrar kullanarak

  en aza indirilmesi
- ramözlerdeki enerji tüketiminin:
  - ramöze gelen kumaştaki su miktarını azaltmak için, mekaniksel ön kurutma cihazlarını kullanarak
  - ramözden hava çıkışını optimize ederek dengeli koşullara ulaşılması için gerekli zamanı da göz önünde bulundurarak, çıkış neminin 1 kg kuru havada 0,1–0,15 kg su buharı arasında olmasını otomatik olarak sağlayarak
  - ısı geri kazanım sistemleri kurarak
  - en iyi şekilde yalıtarak
  - direkt ısıtmalı ramözlerde beklerin optimal bakımını sağlayarak

  en aza indirilmesi (bkz. Bölüm 4.8.1)
- havaya düşük emisyonlu optimize edilmiş reçetelerin kullanılmasıdır. Apre reçetelerinin sınıflandırılması/seçilmesine bir örnek, Bölüm 4.3.2'de tanımlanan "Emisyon faktörü konsepti"dir.

Kolay-bakım işlemleri

BAT, halı sektöründe formaldehit içermeyen çapraz-bağ oluşturucu maddelerin kullanılması ve tekstil sanayiinde (bkz. Bölüm 4.8.2) formaldehit içermeyen veya formaldehitçe fakir (formülasyonda < % 0,1 formaldehit içeren) çapraz bağ oluşturucu maddelerin kullanılmasıdır.

Güve-yemezlik işlemleri

- Genel olarak işlemler

BAT:

- materyalin hazırlanmasıyla ilgili olarak Bölüm 4.8.4.1'de tanımlanan uygun önlemlerin alınması
- aplikasyonun (haşerelere karşı koruyucu maddenin liflere geçmesi) % 98 verimle sağlanması
- haşerelere karşı koruyucu madde bir boya banyosunda aplike ediliyorsa, aşağıdaki ek önlemlerin alınması:
  - işlem sonunda pH < 4,5 olmasının sağlanması ve bu mümkün değilse, haşerelere karşı koruyucu maddenin ayrı bir adımda uygulanması ve flottenin tekrar kullanılması
  - taşma sonucu dökülmeleri engellemek için, haşerelere karşı koruyucu maddenin boya flottesinin genleşmesinden sonra ilave edilmesi
  - boyama işlemi sırasında haşerelere karşı koruyucu maddenin lifler tarafından alımını geciktirmeyen ve engellemeyen boyama yardımcı maddelerinin seçilmesidir (bkz. Bölüm 4.8.4.1).

- Kuru iplik eğirme yöntemiyle üretilen ipliklerin güve-yemezlik işlemleri

BAT, bu tekniklerin (Bölüm 4.8.4.2'de tanımlanan) bir veya her ikisinin de kullanılmasıdır:

- asidik ard işlemle (güve-yemezlik sağlayıcı aktif maddenin alımını arttırmak için) durulama flottesinin bir sonraki boyama adımında tekrar kullanımının kombine edilmesi
- büyük lif partilerinin % 5'ine, orantılı bir şekilde fazla güve-yemezlik maddesi aplikasyonu ile, aktif maddelerin suya emisyonlarını en aza indirmek için tasarlanmış boyama makinelerinin ve atık su geri kazanım sistemlerinin kullanımlarının kombine edilmesi

- Yapak boyalı /iplik yıkamalı ipliklerin güve-yemezlik işlemleri

BAT (bkz. Bölüm 4.8.4.3):

- iplik yıkama makinesinin sonuna yerleştirilen özel olarak tasarlanmış düşük-hacimli aplikasyon sistemlerinin kullanılması
- düşük-hacimli işlem flottelerinin, partiler arasında geri dönüşümü ve aktif maddelerin kullanılmış işlem flottelerinden uzaklaştırılması için özel olarak tasarlanmış işlemlerin kullanılması. Bu teknikler adsorbe edici veya parçalayıcı işlemleri içerebilmektedirler.
- (güve-yemezlik işlemi halı üretimi sırasında yapıldığında) güve-yemezlik sağlayıcı maddenin köpükle aplikasyon teknolojisini kullanarak, direkt olarak halı havlarına uygulanmasıdır.

- İplik halinde boyanan ipliklerin güve-yemezlik işlemleri

BAT (bkz.Bölüm 4.8.4.4):

- güve yemezlik sağlayıcı maddenin lifler tarafından alımı için gerekli optimum koşulların altındaki koşullarda gerçekleştirilen boyama işlemlerinde, oluşan emisyonları en aza indirmek için ayrı bir ard-işlemin uygulanması
- yarı kesintisiz düşük–hacimli aplikasyon makinelerinin veya modifiye edilmiş santrifüjlerin kullanılması
- düşük-hacimli işlem flottelerinin partiler arasında geri dönüşümü ve aktif maddelerin kullanılmış işlem flottelerinden uzaklaştırılması için özel olarak tasarlanmış işlemlerin kullanılması. Bu teknikler adsorbe edici veya parçalayıcı işlemleri içerebilmektedirler.

- (güve-yemezlik işlemi halı üretimi sırasında yapıldığında) güve-yemezlik sağlayıcı maddenin köpükle aplikasyon teknolojisini kullanarak direkt olarak halı havlarına uygulanmasıdır.

- Yumuşatma işlemleri

BAT, işlemin kesintili yönteme göre çalışan boyama makinelerinde çektirme yöntemine göre gerçekleştirilmesi yerine, yumuşatıcıların fulardlarda veya daha iyisi püskürtme ya da köpükle aplikasyon sistemleriyle uygulanmasıdır (bkz. Bölüm 4.8.3).

YIKAMA

BAT:
- taşırarak yıkama/durulama yerine, doldurmalı/boşaltmalı metotların veya Bölüm 4.9.1'de tanımlandığı gibi "akıllı durulama" tekniklerinin kullanılmasıdır
- kesintisiz işlemlerde su & enerji tüketiminin aşağıda belirtilen olanaklarla azaltılmasıdır:
  - Bölüm 4.9.2'de tanımlanan prensibe uygun yüksek etkinliğe sahip yıkama makinelerini kullanarak. Açık en selülozik ve sentetik kumaşların kesintisiz yönteme göre yüksek etkinlikte yıkanmasına ait değerler, Tablo 4.38'de bildirilmektedir
  - ısı geri kazanım cihazlarından faydalanarak
- halojenlenmiş organik çözgenlerin kullanımından kaçınılamadığında (örneğin, su ile uzaklaştırılması zor olan silikon yağları gibi preparasyon maddeleriyle yüksek oranda yüklenmiş kumaşlarda) tam kapalı devre cihazların kullanılmasıdır. Cihazın Bölüm 4.9.3'te tanımlanan talepleri yerine getirmesi gerekmektedir ve yeraltı sularının kirliliğin yayılmasıyla veya kazalardan kaynaklanan olası kirlenmelerini engellemek amacıyla dayanıklı zararlı maddelerin devre içerisinde yok edilmesi için gerekli koşulların sağlanmasıdır.

5.3 Atık su arıtma işlemleri ve atıkların uzaklaştırılması

ATIK SU ARITMA İŞLEMLERİ

Atık su arıtma işlemleri en az üç farklı strateji izlemektedir:
- işletme içinde merkezi bir biyolojik atık su arıtma tesisinde arıtma
- işletme dışında merkezi belediye atık su arıtma tesisinde arıtma
- birbirleriyle karıştırılmamış ayrı atık su akımlarının işletme içinde (veya dışında) merkezi olmayan arıtma tesislerinde ayrı ayrı arıtılmaları

Atık suların gerçek durumlarına uygun şekilde uygulandıklarında, bu stratejilerin üçü de BAT seçenekleridir. Atık su yönetimi ve arıtma işlemi için kabul görmüş genel prensipler şunları içermektedirler:
- işlemler sonucunda ortaya çıkan farklı atık su akımlarının tanımlanmaları (bkz. Bölüm 4.1.2)
- atık suların kaynağında, diğer atık su akımlarıyla karışmadan önce, kirlilik tipi ve yüküne göre ayrılması. Bu uygulama, bir arıtma tesisine sadece başa çıkabileceği zararlı maddelerin gelmesini sağlamaktadır. Üstelik bu uygulama, atık suyun geri dönüşümünü veya tekrar kullanımını mümkün kılmaktadır.
- kirli atık su akımlarının kendileri için en uygun arıtma işlemlerine gönderilmesi
- sistemin bozulmasına neden olabilecek bileşenlerin biyolojik işlem sistemlerine girişinin engellenmesi
- önemli miktarda biyolojik olarak parçalanmayan madde içeren atık su akımlarının bir nihai biyolojik arıtma işleminden önce veya bu işlemin yerine, uygun teknikler ile işleme alınmasıdır.

Bu yaklaşıma göre tekstil terbiyesi ve halı sanayiinden gelen atık suların arıtılması için genel olarak aşağıdaki teknikler BAT olarak belirlenmiştir:

- biyolojik olarak parçalanamayan bileşik içeren konsantre akımların ayrı olarak ön işlem görmesi ön şartıyla, Bölüm 4.10.1'de tanımlanan düşük gıda/mikro organizma oranlı aktif çamur sisteminde atık su arıtma işlemi
- biyolojik olarak parçalanamayan bileşikler içeren yüksek miktarda yüklü (KOİ > 5000 mg/l), diğerlerinden ayrılmış ve seçilmiş tek atık su akımlarının kimyasal oksidasyon (örneğin, Bölüm 4.10.7'de tanımlanan Fenton reaksiyonu gibi) ile ön işlemi. Bunun için aday atık su akımları: yarı kesintisiz veya kesintisiz boyama ve apre işlemlerinden gelen emdirme flotteleri, haşıl sökme flotteleri, baskı patları, halılarda sırt kaplama artıkları, çektirme yöntemine göre boyama ve apre flotteleridir.

Baskı patları ve emdirme flotteleri artıkları gibi belirli özel işlem atıkları aşırı yüklüdürler ve mümkün olduğu takdirde yerlerde atık su akımlarına karıştırılmamalıdırlar.

Bu artıklar uygun bir şekilde uzaklaştırılmalıdırlar; yüksek ısıtıcı değerleri nedeniyle, bunun için uygun metotlardan birisi de ısıl oksidasyondur.

Pigment baskı patları veya halı sırt kaplama işleminden gelen lateks içeren atık sular gibi özel durumlar için, çöktürme/flokülasyon ve meydana gelen çamurun yakılarak kül haline getirilmesi, kimyasal oksidasyona (Bölüm 4.10.5'te tanımlanan) karşı geçerli bir alternatiftir.

Azo boyalarında baskı patlarının ve emdirme flottelerinin aeorobik işlemden önce Bölüm 4.10.6'da tanımlandığı gibi anaeorobik bir işleme tabi tutulması, rengin giderilmesi için etkili olabilmektedir.

Biyolojik olarak parçalanamayan bileşik içeren konsantre atık su akımları ayrı olarak işleme tabi tutulamadıklarında, toplam eşdeğer bir performans sağlayabilmek için ek fiziksel-kimyasal işlemler gerekebilmektedir. Bunlar :

- biyolojik işlemi takiben üçüncül işlemler. Buna bir örnek: aktif karbonda adsorbsiyon ve aktif karbonun aktif çamur sistemine geri dönüşümüdür: bu işlemi, adsorbe edilmiş biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerin, yakıp kül haline getirilerek veya çamur fazlasının serbest radikallerle (örneğin, OH^*, O_2^{*-}, CO_2^{*-} oluşturan yöntemler) işleme sokularak parçalanması reaksiyonu takip etmektedir (Bölüm 4.10.1'de tesis 6'ya bkz.)
- Bölüm 4.10.3'de tanımlandığı gibi aktif çamur sistemine aktive edilmiş karbon tozlarının ve demir tuzlarının eklenmesi ile çamur fazlasını "yaş oksidasyon" veya "yaş peroksidayon" (eğer hidrojenperoksit kullanılırsa) reaktive ederek, kombine biyolojik, fiziksel ve kimyasal arıtma sağlanması
- Aktive edilmiş çamur sisteminden önce inatçı bileşiklerin ozanasyonu (bkz. Bölüm 4.10.1'de tesis 3)

seçeneklerini içermektedirler.

Yün yıkama sektöründe atık su arıtma işlemleri için (su bazlı işlemler)
BAT:

- 1) yeni işletmeler 2) işletme içinde atık su arıtma tesisi olmayan işletmeler 3) çalışma ömrü dolan atık su arıtma tesisini değiştirme arayışında olan işletmeler için kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı devreleri ile buharlaştırmayla atık su arıtma işleminin kombine edilmesi ve meydana gelen çamurun yakarak kül haline dönüştürülmesi ve su ve enerjinin tamamının geri dönüşümüdür. Bu teknik, Bölüm 4.4.2'de tanımlanmaktadır.
- halen atık sularını aerobik biyolojik arıtma işlemi uygulanan kanalizasyon sistemlerine boşaltan mevcut işletmelerde koagülasyon/flokülasyon işleminin kullanılmasıdır.

Biyolojik işlemlerin BAT olarak sayılıp sayılmayacağı, bunların maliyetleri ve performansları hakkında daha iyi bilgiler toplanana kadar, kesin karar verilmeyecek bir husus olarak mütalâa edilmelidir.

ÇAMURUN UZAKLAŞTIRILMASI

Yün yıkama atık suyunun işleminden gelen çamur için:
BAT:

- çamurun tuğla yapımında (bkz. 4.10.12) kullanılması veya diğer uygun geri dönüşüm metotlarının benimsenmesi
- SO_x, NO_x ve toz emisyonlarının kontrol edilmesi ve çamurda muhtemelen bulunan pestisitlerin oluşturacağı organik bağlı klordan açığa çıkan dioksin ve furan emisyonlarından kaçınmak için önlemlerin alınması şartıyla, çamurun, ısı geri kazanılaraktan yakılıp kül haline getirilmesidir.

6 YENİ GELİŞEN TEKNİKLER

Tercüme eden: Arş.Gör. Şule Soykan (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

Bu bölümdeki tüm bilgiler, aksi belirtilmediği sürece, [179, UBA, 2001] ve [77, EURATEX, 2000] kaynaklarından sağlanmıştır.

Enzim ile katalizlenen terbiye işlemleri

Enzimler, aksi halde daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacak olan kimyasal reaksiyonları başlatan ve hızlandıran biyokatalizörler olarak görev yapan proteinlerdir. Bunların mükemmel materyal seçicilikleri, bunlarla klasik işlemlere nazaran daha ılımlı işlem koşullarında çalışılmasına izin vermektedir. Enzimler, bakterilerde, mayalarda ve mantarlarda bulunmaktadırlar.

Günümüzde enzimler sadece doğal lifler için kullanılmakta ve incelenmektedirler. Literatürde enzimlerin sentetik liflerde kullanımından bahsedilmemektedir. Bazı enzimler, haşıl sökme işlemindeki amalizlar gibi, uzun süredir yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Diğer enzimler de halâ araştırılmaktadırlar. Tablo 6.1'de tekstil sektöründe halen kullanımda olan veya yeni gelişen başlıca enzimatik işlemler listelenmektedir.

Lif	İşlem	Enzimler	Materyal	Gelişme derecesi
Pamuk	Haşıl sökme	Amilazlar, amiglukosidazlar	Nişasta	Yaygın kullanımda
	Hidrofilleştirme	Pektinazlar	Pamuk liflerindeki yan ürünler	Mevcut
	Hidrofilleştirme	Enzimatik karışım	Pamuk liflerindeki yan ürünler	Yeni
	Ağartma	Lakkazlar, Glukozeosidazlar	Linyin, boyarmaddeler, glukoz	Yeni
	Ağartma sonrası kalan H_2O_2'in parçalanması	Peroksidazlar	H_2O_2	Mevcut
	Biyo-parlatma	Selülazlar	Selüloz	Mevcut
	Biyo-taşlama	Selülazlar	Selüloz	Mevcut
Yün	Yıkama	Lipazlar	Lanolin	Yeni
	Keçeleşmezlik	Özel enzimler		Yeni
İpek	Serizin uzaklaştırma	Serizinazlar	Serizin	Yeni
Keten	Yumuşatma	Pektinstearazlar	Keten liflerindeki yan ürünler	Yeni
Jüt	Ağartma, yumuşatma	Selülaz, Ksilanazlar	Jüt liflerindeki yan ürünler	Yeni

Tablo 6.1: Tekstil terbiyesi için enzimatik işlemler
[77, EURATEX, 2000], [179, UBA, 2001]

Bazı durumlarda zararlı/zehirli maddelerin yerine kullanılabilmeleri avantajının yanında, enerji tasarrufu (düşük işlem sıcaklıkları) sağlanabilmesi ve daha düşük miktarlarda su tüketilmesi (durulamaların azaltılması), enzimatik işlemlerin ümit veren avantajlarından bazılarıdır. Enzimlerin, reaksiyonun başlamasına yetecek kadar az (katalitik) miktarlarda kullanılabilme ve biyokatalizör olarak geri kazanılabilme avantajları da vardır.

Plazma teknolojisi

Plazma kısmen iyonlaşmış gazların bir karışımı olarak tanımlanabilmektedir. Plazmada atomlar, radikaller ve elektronlar bulunabilmektedirler. Düşük sıcaklık plazmalarındaki elektronlar, kovalent kimyasal bağları koparabilmekte ve böylece işlem gören materyalin yüzeyinde fiziksel ve kimyasal modifikasyonlar oluşturmaktadırlar.

Genellikle 2 çeşit plazma kullanılmaktadır: korona plazması ve düşük-basınç plazması.

Plazma işlemi, sentetik lifler kadar doğal liflere de, aşağıdaki özelliklerin sağlanabilmesi için uygulanabilmektedir:

- yün yağının uzaklaştırılması
- haşıl sökme
- lif ıslanabilirliğinin değiştirilmesi (hidrofilik, hidrofobik özellikler)
- boyarmaddelere afinitenin arttırılması
- geliştirilmiş boya düzgünleştirme özellikleri
- yünde keçeleşmezlik bitim işlemleri
- sterilizasyon (antibakteriyel işlemler), vb.

Yünde keçeleşmezlik bitim işlemi etkileri, tekstil sektöründe plazma teknolojisinin en fazla incelenen uygulamalarından birisidir. Klasik keçeleşmezlik bitim işlemi (bkz. Bölüm 2.9.2.8) yerine plazma işleminin uygulanması çok daha caziptir, çünkü bu teknik yün liflerini daha az yıpratmakta ve atık suda AOX oluşumunu engellemektedir.

Genel olarak plazma teknolojisinin temel avantajlarını, su ve çözgenlerin kullanılmaması ve az miktarda kimyasal madde gerektirmesi veya hiç gerektirmemesi ile birlikte, aşırı derecedeki kısa işlem süreleri ve düşük aplikasyon sıcaklıkları oluşturmaktadır.

Elektron-ışın işlemi

Elektron ışınları, monomerler veya ön-polimerler ile ön-kaplaması yapılmış tekstillerin aşı kopolimerizasyon reaksiyonları ile kaplama ve laminasyonların serbest-radikaller tarafından başlatılan polimerizasyon reaksiyonları için kullanılmaktadırlar.

Termal kondenzasyon reaksiyonlarına nazaran avantajları çözgensiz formülasyonların kullanılabilmesidir. Bu durum kurutma işlemi sırasında UOB (VOC) emisyonlarının oluşumunu azaltmaktadır. Halen bu teknik diğer sektörlerde kullanılmaktadır ve dolayısıyla gelecek 5 yıl içerisinde tekstil sektöründe de uygulanabileceği tahmin edilmektedir.

Boyama işlemlerinde süperkritik CO_2'in kullanımı

Süperkritik akışkanlar, düşük-orta polaritedeki organik molekülleri çözebilme yeteneğine sahiptirler.

CO_2'in diğer gazlara nazaran, yanıcı, patlayıcı ve zehirli olmama avantajları vardır.

PES ve PP liflerin CO_2'li ortamda boyanması, endüstriyel ölçekte uygulanmaktadır, ancak yün, PA ve pamuk liflerinin boyanmasında kullanılan boyarmaddelerin polar yapıları nedeniyle, bu tekniğin bu liflere uygulanması hala sorunludur.

PES ve PP'in CO_2'li ortamda boyanması 120 ve 300 °C'da, optimal izotermal ve izobarik koşullar altında yapılabilmektedir. Boya alımı ve haslık özellikleri, sulu ortamda yapılan boyamalara çok benzemektedir. Ancak bazı önlemlerin alınması gerekmektedir.

Boyama ortamında çözülen boya fazlası, boyama sonunda taze süperkritik CO_2 ile ekstrakte edilmelidir.

Sonuç olarak, süperkritik CO_2'de sadece özel boya formülasyonları kullanılabilmektedir. Çünkü klasik boya formülasyonlarında tipik olarak bulunan dispergatörler ve diğer yardımcı kimyasallar, süperkritik CO_2'li ortamdaki boya alımını büyük ölçüde etkilemektedirler.

Süperkritik CO_2'te çözünebilir özellikte olmaları nedeniyle, hidrofobik preparasyon maddelerinin, boyama öncesinde ekstrakte edilmeleri gerekmektedir. Bunlar boyama işlemi sırasında önce liflerden ekstrakte edilmekte ve daha sonra işlem sonunda yağ damlacıkları olarak çökmektedirler.

CO_2'li ortamda boyamanın bir çok avantajı bulunmaktadır:
- neredeyse sıfır su tüketimi
- sıfır gaz emisyonu (CO_2 geri dönüştürülebilmektedir)
- boyama sonrasında kurutma adımı gerekmemektedir
- egalizatör ve dispergatör kullanımına gerek yoktur veya bazı durumlarda çok az miktarlarda eklenmektedirler
- flottede kalan boyarmadde artıkları geri dönüştürülebilmektedir.

Buna karşılık, tesis için gerekli yatırım maliyeti yüksektir ve özellikle PES'den oluşan tekstillerin normal olarak düşük fiyatlı ürünler olduğu da düşünülürse, bu önemli bir dezavantajdır.

Ultrasonik işlemler

Ultrasonik işlemler, boyarmaddelerin ve yardımcı kimyasalların dispersiyonunu geliştirmekte ve bunların emülsifiye olma ve çözünme yeteneklerini arttırmaktadır. Bu durum da, daha yüksek flotte alımlarına ve düzgün boyama özelliklerine yol açan flotte homojenasyonunun gelişmesini sağlamaktadır. Ek olarak ultrasonik dalgalar, banyoda ve kumaş üzerinde bir hava uzaklaştırıcı etki sağlamaktalardır ki, bu normal olarak özel yardımcı kimyasalların (hava uzaklaştırıcı maddelerin) eklenmesi ile elde edilmektedir.

Tekstil terbiyesinde ultrasonik işlemler ile kazanılabilecek ana çevresel faydalar:
- Enerji tasarrufu (daha düşük işlem sıcaklıkları ve daha kısa işlem süreleri)
- Yardımcı kimyasalların tüketiminde azalma

Elektrokimyasal boyama

Küp ve kükürt boyamalarının her ikisi de, kimyasal oksidantlar ve indirgen maddeler ile yapılan indirgeme ve oksitleme adımlarını içermektedirler. Bu kimyasalların kullanımı ile ilgili çevresel endişeler, Bölüm 2.7.8.1'de tanımlanmaktadırlar. Boyaları elektrokimyasal yöntemler vasıtasıyla indirgemek ve yükseltgemek, cazip bir alternatif tekniktir.

Direk elektroliz ile boyanın kendisi katodun yüzeyinde indirgenmektedir. Dolaylı elektrolizde ise, katodun indirgeyici gücü çözülebilen tersinir bir redoks sistemi ile (örneğin, antrakinon kimyası veya demir kompleksleri esasına dayanan) çözeltiye transfer edilmektedir. Bu tersinir redoks sistemi ile indirgen madde katotta sürekli olarak yenilenmekte ve böylece boya banyosunun ve indirgen maddenin tam olarak geri dönüşümü kazanılması mümkün olmaktadır.

Elektrokimyasal bir hücrede direkt katodik indirgeme, kükürt boyalarına uygulanabilmektedir. Küp boyaları dolaylı elektroliz ile indirgenmektedirler.

Alternatif tekstil yardımcı kimyasalları

Kompleks oluşturucu maddeler

Klasik dispergatörler ve kompleks oluşturucu maddelerin yerine poliasparjinik asidin kullanımı üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Çapraz-bağ oluşturucu maddeler

Formaldehit açığa çıkaran N-metilol esaslı çapraz bağ oluşturucu maddelere bir alternatif olarak, polikarboksilli asitler kullanılabilmektedirler.

Biyopolimerler

Selülozun yanında ikinci ana biyopolimer, eklembacaklı kabukluların (yengeç, ıstakoz, vb.) ve böceklerin ana yapısal bileşeni olan çitindir. Daha yüksek çözünürlüğe sahip olması nedeniyle, bunun deasetillenmiş türevi olan çitosanın işlenmesi daha kolaydır ve çitosan gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

Çitosanın ve türevlerinin tekstil sektöründeki potansiyel aplikasyonlarına ait bazı örnekler aşağıda belirtilmektedir:

- Tekstil ürünlerinin antimikrobiyal işlemleri: kalıcı bir etki, pamuk liflerine % 10 çitosan liflerinin karıştırılması ile veya dokusuz yüzey kumaşlar üzerine çitosan çözeltilerinin püskürtülmesi ile elde edilebilmektedir. Genel olarak kullanılan diğer antimikrobiyotikler ile karşılaştırıldığında, çitosan sulu ortamdaki canlılara ve insanlara karşı zehirli değildir (bundan dolayı özellikle deri ile yakın temasta olan kumaşlar için ilginçtir).
- direkt boyalar ile yapılan boyamaların haslık özelliklerini geliştirmek için uygulanan ard işlemler: bu uygulama için katyonik modifiye edilmiş çitosan türevlerinin uygun olduğu bildirilmektedir.

Bunlara ilaveten çitosan, boyarmadde alımını arttırmakta ve dokusuz yüzey kumaşlar için binder veya yumuşatıcı olarak da rol oynayabilmektedir. Baskı patlarında ve haşıllama maddelerinde katkı maddesi olarak da kullanılabilmektedir. Atık su arıtma işlemlerinde uygulanması da ilgi çekicidir.

Fuzzy mantığı

Fuzzy mantığı (örneğin algoritmalar ile bilgilerini genişleterek kendi öğrenebilen bilgisayar sistemlerine dayalı uzman sistemleri) yardımıyla, işlem güvenilirliğinde önemli gelişmeler gerçekleştirilebilmektedir. Birçok araştırma projesinin amacı, fuzzy mantığının tekstil sanayiinde uygulanması üzerinedir. Haşıllama işleminin kontrolü ve çapraz bağlayıcı maddelerin kondenzasyon reaksiyonlarının kontrolü ile ilgili 2 örnek bildirilmektedir.

Beklenen en temel avantajlar, işlem kontrolünün geliştirilmesi ve bu sayede verimliliğin ve nihai ürün kalitesinin arttırılmasıdır.

Dolaylı olarak sağlanan çevresel faydalar, işlem kontrolünün geliştirilmesi sayesinde, enerji ve kimyasal madde tasarrufu sağlanması potansiyelidir.

Bu uzman sistemlerin tekstil sanayiinde uygulanmasındaki temel kısıtlayıcı unsur, çoğu zaman güvenilir bir veri tabanının bulunmamasıdır.

On-line izleme

On-line izleme ile işlem kontrolü, işlemlerin "ilk seferde doğru üretim" yönündeki güvenilirliklerini arttırmaktır.

Bu alanda devam eden araştırmalardan örnekler:

- *boyama*: kesintili boyama işlemlerinde yıkama ve durulama işlemleri sırasında KOİ (boyarmadde konsantrasyonu ile ilgili) konsantrasyonu, on-line olarak ölçülmektedir. Durulama banyosundaki boyarmadde konsantrasyonu ihmal edilebilecek seviyelere düştüğünde, durulama işlemi otomatik olarak durdurulmaktadır. Bu *teknik önemli su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.*
- *boyama* ve ağartma: özel bir ampermetrik sensör kullanımı ile kumaş üzerindeki indirgen veya yükseltgen maddelerin konsantrasyonu on-line olarak kontrol edilebilmektedir. Örneğin, ağartma sonrasında H_2O_2 kalıntılarının uzaklaştırılmasının tamamlanması veya küp boyamalarda indirgen madde konsantrasyonu izlenerek, kimyasal maddelerin aşırı kullanımı engellenmektedir.
- *küp boyaları ile boyama:* redoks potansiyelinin izlenmesi ile indirgen maddenin tamamen giderildiği noktanın tam olarak tespit edilmesi mümkün olmaktadır. Bu noktaya ulaşıldığında durulama işlemi durdurularak, banyoya yükseltgen madde eklenebilmektedir.

Tekstil Sanayiinde İleri Oksidasyon İşlemlerinin Geleceği

İleri oksidasyon işlemleri tekstil sanayiinde halen uygulanmaktadır (bkz Bölüm 4.10.7) ve bu konudaki araştırmalara devam da edilmektedir. BIOFL-UV projesi buna bir örnektir. Bu araştırmanın amacı, biyoflotasyon (atık organik yükün bozuşturulması için) işlemi ile kombine edilmiş ve hidrojenperoksidin UV ile aktive edilmiş fotolizi (kullanılan flottenin renksizleştirilmesi için) esasına dayanan bir atık su arıtma işlemini test etmek ve geliştirmektir. Atık su arıtma işlemlerinin bu kombinasyonuyla, her türdeki yaş işlemlere (terbiye, ağartma, boyama, vs.) ait işlem sularında, tam bir renk gidermenin gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Bu proje aynı zamanda, yapay sinir şebekesi ve sistem dinamiklerine dayalı bir işlem-kontrol yazılımı geliştirip uygulayacaktır. Esas amaç, işlem suyunun % 75'inin filtrasyonundan ve boyanın bozuşturulmasından sonra geri dönüşümünün sağlanmasıdır [313, BIOFL-UV, 2002].

Atık su arıtma işlemleri için sazlık yatağı sistemleri

Çok uzun zamandır araştırmacılar doğal çevrenin (toprak, bataklıklar vs.) yüksek arıtma kapasitesine dikkat çekmekte ve temizlemek veya en azından atık su temizleme işlemini tamamlamak için, böyle çevrelerin (ekosistemlerin) kullanılabilirliğini incelemektedirler. Bu prensipleri, oluşturulan tesislerde (yapay olarak tekrar oluşturulmuş ve sınırlanmış) kullanan temizleme teknikleri, genellikle "sazlık yatağı sistemleri" veya "oluşturulmuş bataklık arazileri" olarak tanımlanmaktadırlar. İşlemde her zaman bitkiler baş role sahip olmasalar da, bu teknikler atık su arıtma işlemi için bitkilerin kullanımını içermektedirler. Aslında zararlı maddelerin uzaklaştırılması ve akabinde gerçekleşen atık su temizleme işlemleri, zemin, mikroorganizmalar ve bitkiler arasındaki reaksiyonları ve etkileşimleri içeren bir seri işlemin sonucunda sağlanabilmektedir.

Günümüzde yapılan endüstriyel kontroller, sazlık yatağı tekniklerinin ve bitkilerin, sanayi, belediye ve zooteknoloji atık sularının hem ikincil, hem de üçüncül işlemleri için uygulanabileceğini göstemektedir.

İtalya'da iki terbiye işletmesi (Belluno'da Prisma Ricerche ve Treviso bölgesinde Filati di Ziche), bu tekniği değerlendirmektedirler. Bir fabrikada, (tüm lif tipleri ve boya gruplarıyla çalışan) boyahaneden gelen atık su, dengelemeden sonra arka arkaya 5 tanklı sazlık yatağı

sisteminde işlem görmektedir. KOİ'nda % 90 oranında azalmanın gerçekleştiği bildirilmektedir [106, Vekos,2001].

Diğer şirket, aktif çamur siteminden gelen atık sulara bu işlemi uygulamaktadır. Böylece, kalan KOİ miktarında % 51'lik bir azalma daha sağlanmaktadır [106, Vekos, 2001].

7 SON SÖZ

Tercüme eden: Arş.Gör. Şule Soykan (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

7.1 Çalışmanın zamanlanması

Bu BAT Referans dokümanı ile ilgili çalışmalar, TWG'nin (Teknik Çalışma Grubu) 12-13 Şubat 1998 tarihindeki ilk toplantısı ile başlamıştır. İlk tasarı Şubat 2001'de Teknik Çalışma Grubu'na müzakare için gönderilmiş, ikinci tasarı Kasım 2001'de oluşturulmuş ve çalışma 6-8 Mayıs 2002'deki ikinci TWG toplantısı ile sonuçlanmıştır. İkinci TWG toplantısından sonra, Bölüm 4 ve Bölüm 5'in revize edilen kısımları ve yeni bölümler olan Bölüm 6 "Yeni Teknikler", Bölüm 7 "Son Söz" ve Yönetici Özeti üzerinde kısa konsültasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu konsültasyon çalışmalarından sonra nihai taslak oluşturulmuştur.

7.2 Bilgi kaynakları

EIPPC Bürosu'na, BREF'in geliştirilmesi için hedeflenen bilgiyi sağlamak amacıyla, sanayi ve yetkililer tarafından bir çok ayrıntılı rapor hazırlanmıştır. Almanya [179, UBA, 2001], İspanya [180, Spain, 2001], Danimarka [192, Danish EPA, 2001], Belçika [18, VITO, 1998] ve Euratex [77, EURATEX, 2000] tarafından sunulan raporlar, tekstil terbiyesi ile ilgili bölümlerin temel yapı taşları olarak düşünülebilirler. Yapak yıkama bölümü, daha ziyade Interlaine [187, INTERLAINE, 1991] tarafından sunulan dokümanı temel alırken, halı sektörü için bilgi çoğunlukla GuT ([63, Gut/ECA, 2000], [171, GuT, 2001]) ve ENco'dan [32, ENco, 2001] toplanmıştır. VITO tarafından birçok farklı konuda sağlanan katkılar, diğer kaynaklardan alınan bilgileri geliştirmek ve hatta tekstil sektöründe OSPAR Forum tarafından ulaşılan sonuçlar arasındaki bağlantıyı kesinleştirmek için temel alınmıştır.

TWG dışındaki çeşitli katılımcılardan da (iki örnek olarak İtalya'dan CRAB-Biella [193, CRAB, 2001] ve Avustralya temsilcilerinden [201, Wooltech, 2001]) değerli ek katkılar alınmıştır. Özellikle emisyon ve tüketim seviyeleri hakkındaki yararlı bilgiler, Avrupa Komisyonu'ndaki IPTS'in desteklediği "Sıfır Atığa Doğru" (TOWEFO) projesinin katılımı sayesinde sağlanabilmiştir. TOWEFO projesinin parçası olarak araştırmaya katılan şirketler, Teknik Çalışma Grubu tarafından sağlanan bilgileri tamamlayan verileri toplamışlardır.

7.3 Ortak karar aşaması

Bilgi değişim işlemi başarılı olmuş ve Teknik Çalışma Grubu'nun ikinci toplantısı sonunda büyük ölçüde anlaşmaya varılmıştır. Son müzakere sırasında hiçbir görüş ayrılığına rastlanılmamıştır. Ancak aşağıdaki noktaların altının çizilmesi gerekmektedir:

1. BAT'ın uygulanma hızı: Tekstil sanayii sadece fabrika büyüklükleri açısından değil, yürütülen işlemlerin kombinasyonları ve olası nihai-ürünler açısından da çok kompleks ve farklılıklar gösteren bir sektördür. Teknolojik seviyede, halâ manuel işlemlerin baskın olduğu imalathanelerden, yüksek derecede otomatikleşmiş fabrikalara kadar çok çeşitlidir. BREF'te belirtilen BAT sonuçları, çevresel beklentileri iyi bir şekilde karşılamaktadır, fakat birçok durumda gerekli olan başlangıç yatırım sermayesi nedeniyle bazı sanayi temsilcileri endişelerini belirtmişlerdir. Ancak belirlenen BAT'ın büyük bir kısmı, verimliliğin arttırılması ve atıkların azaltılması sonucu maliyet tasarrufu sağlayan işlemlere-entegre tekniklerdir. Bu nedenle, uygulanma hızı bu sanayi için özellikle hassas bir konu olacaktır.

2. Gelen lif ham maddelerinin seçimi: Tartışmaların önemli bir noktasını, gelen ham elyafın çevresel kriterlere göre seçimini içeren tekniklerin BAT olarak belirlenmesi hususundaki endişeler oluşturmuştur.
   Başlangıçtan itibaren sanayi, kir yükünün büyük kısmının daha önceden uygulanan işlemlerden geldiğini göstermek için güçlü kanıtlar ileri sürmüştür. TWG tarafından mevcut önleyici faaliyetlerle ilgili birçok teknik sunulmuş ve bunlar Bölüm 4'te anlatılmışlardır. İmalatçıların, ürünün kullanım süresinin her adımında, life eklenen ve lif üzerinde kalan kimyasalların yükü ve çeşidi hakkında bilgi vermeleri esasına dayanan bu teknikler genel yaklaşımın bir parçası olmalıdır.

   Bu önleyici yaklaşımın genel prensipleri büyük ölçüde kabul görmektedir. Ancak terbiyecilerin elyaf üzerinde ne olduğunu bilmelerindeki zorluk ve bu yaklaşımın, zincirin diğer bölümleri ile karşılaştırıldığında, terbiyeciler (özellikle fason terbiyeciler) üzerinde aşırı baskı oluşturma olasılığı, bazı sanayi temsilcilerinin itiraz etmesine neden olmuştur.

   Belirli şirketlerin ham lif materyalinin kaynağının seçiminde/kontrolünde karşılaştıkları mevcut zorluklar dikkate alınarak, IPPC izinleri için uygun bir başvuru formu oluşturmak amacıyla, gelen tekstil maddeleri için bir kalite güvence sisteminin gerekli olduğu fark edilmiştir.

   Tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin toplam çevresel etkileri hakkında daha ilgili oldukları da açıktır. Bu durum, isim olmuş markaları (üretimlerini fason olarak yaptıran), üretimlerinde, tasarımdan mağazaya kadar tüm üretim zinciri sırasında etik ve çevresel ihtiyaçların karşılanmasını sağlatma hususunda cesaretlendirmektedir.

   Tekstilde çevresel bir sorumluluk zinciri yaratmak için, tekstil zincirinin daha önceki adımlarındaki ortaklarla, sadece işletmeler bazında değil, ticari birlikler gibi daha üst kademelerde de işbirlikleri oluşturmak, BAT yaklaşımına uygundur.

7.4 Gelecekteki çalışmalar için öneriler

BREF çalışmasının başlangıcında, mevcut tüketim ve emisyon seviyeleri hakkında ve özellikle de atık sular için BAT'ın belirlenmesinde göz önüne alınacak tekniklerin performansları hakkında sınırlı bilgi bulunmaktaydı. Su emisyonları için analitik ölçümler, atık su arıtma tesisindeki (böyle bir tesis mevcutsa) karışmış nihai atık sulara uygulanmaktadır, ancak bu şekilde elde edilen veriler BREF'in gereksinimleri için yararlı değildirler.

TWG'nin bazı üyeleri, seçilmiş tekstil fabrikalarında araştırmalar ve analitik çalışmalar yürütmek için büyük bir çaba sarf etmişlerdir ve bu çalışmaların sonuçları sayesinde bu dokümanda bildirilen veriler yüksek değer taşımaktadırlar. Bununla beraber gelecekteki BREF incelemeleri için, kullanılan teknoloji ve kimyasallar ile işlemin çevresel performansı arasındaki ilişkiyi mümkün olduğunca değerlendirmek amacıyla, tüm TWG ve ilgili kuruluşlar, en problemli işlemler için veri toplamaya devam etmeli veya başlamalıdırlar. Ayrıca bu amaçla yapılacak girişimler ve çalışmalar da cesaretlendirilmelidirler.

Gelecekte tekstil fabrikalarında, girdilerin ve çıktıların işleme özel seviyede sistematik bir şekilde izlenmelerinin gerçekleştirilmesi ile daha fazla veri gelmesi de beklenmektedir.

Gelecekteki çalışmalar için başka bir genel görüş de, ekonomik veriler ile ilgilidir. Bazı durumlarda, alınan bilgiler, ilgili maliyetler ve tasarruflar arasında kesin bir denge kurmak açısından, oldukça belirsiz kalmışlardır. Gelecekte maliyetler ve tasarruflar hakkında daha

kapsamlı verilerin sağlanması, BAT'ın belirlenmesine yardımcı olmak açısından yararlı olacaktır.

Bu genel düşüncelerden ayrı olarak, veri ve bilgilerin eksik olduğu özel alanlar aşağıda belirtilmektedirler:

- yapak yıkama atık suları için biyolojik arıtma teknikleri: performans verileri eksiktir
- ekstra ince yapağıların yıkanması: BREF'te bildirilen özel tüketim ve emisyon seviyeleri, kullanılan teknoloji ile ilgili değildirler ve BAT ile ilgili değerler hakkında sonuca varmakta kullanılamamaktadırlar
- fonksiyonel bitim işlemleri: Bölüm 4'te kolay bakım, güve yemezlik ve yumuşatma işlemleri için bir çok teknik tanımlanmaktadır. Ancak diğer fonksiyonel bitim işlemleri için BAT'ın belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak teknikler hakkında, az bir bilgi verilmektedir
- halı sektörü (halı ipliği yaş işlemleri hariç): hava emisyonları haricinde, yaş işlemlerin (örneğin, boyama, baskı, vs.) tüketim ve emisyon seviyeleri hakkında çok az veri sağlanmıştır
- ipek, keten: bu liflerle ilgili genel olarak çok az bilgi verilmiştir
- sanayiye özgü izleme hususları.

7.5 Gelecekteki Ar-Ge projeleri için önerilen konular

Gelecekteki Araştırma-Geliştirme projeleri için aşağıdaki konular göz önünde bulundurulabilirler:

Proses bilgisi/izlenmesi

- işlemlerin on-line izlenmesini ve anlaşılmasını geliştiren teknikler: şu anda tekstil işlem parametreleri, gerçek fiziksel/kimyasal temellerden ziyade, insanların deneyimlerine dayalı olarak belirlenmektedirler
- tekstil sektöründe kullanılan patentli kimyasal ve yardımcı maddeler için, en çevre dostu seçeneklerin seçimini engelleyen, birbirleriyle bağlantılı iki veri problemi bulunmaktadır:
  - kolay-karşılaştırılabilir çevresel veriler
  - formülasyonlarda bulunan tek komponentler, ana safsızlıklar ve yan ürünler hakkında bilgi.

  Belirli ticari güven problemleri bulunmakla birlikte, bu problemler gelecekteki gelişmeleri ve diyalogları engellememelidirler.

Özel prosesler/işlemler

- haşıl sökme: haşıl geri kazanımının daha yoğun bir şekilde uygulanmasını sağlamak amacıyla, dokuma ve haşıl sökmenin aynı fabrikada yapılması
- membran teknikleri: ayrılmış belirli atık su akımlarının, membranlarda tıkanmalara/kirlenmelere veya hatta bozulmalara neden olabilen kimyasal bileşiklere hakim olunabilen membran teknikleriyle işleme alınabilirlik çalışmaları
- pestisitler: bazı pestisitler UV ışığı ile doğal olarak parçalanmaktadırlar. Açılmış yapaklara, bu parçalanmayı hızlandıran yapay UV ışığının uygulanması, üzerinde daha fazla çalışılması gereken bir tekniktir
- sentetik lifler için avivaj ve preparasyon maddeleri: bu alandaki son gelişmelere rağmen, kolay uzaklaşabilen ve hem hava, hem de suda azaltılmış çevresel etkiye sahip alternatif bileşiklerin geliştirilmesi için daha fazla çalışma yapmak gerekmektedir.

Atık sular

- önemli derecede biyolojik olarak parçalanamayan madde içeren atık su akımları, son biyolojik işlem yerine veya son biyolojik işlemden önce uygun teknikler ile işlem görmelidirler: hedeflenmiş işlemler veya etkili geri kazanımları maksimize edebilmek için, bu şekildeki suları oluştukları yerlere mümkün derece en yakın noktalarda

ayırabilecek tekniklerin geliştirilmesi gerekmekte ve bu teknikler için Ar-Ge çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır

- tekstil sanayiinden gelen atık sular, organik ve inorganik maddelerin kompleks karışımlarıdırlar. Bir çok durumda test organizmalarına karşı akut toksisite, biyolojik işlemler ile önemli ölçüde azaltılmaktadır. Bileşiklerin olası sinerjik etkisi ile birlikte, bu tip karışık atık suların çevresel etkilerini belirlemek zorlaşmaktadır. İki alanda çalışmalar gerekmektedir:
  - karışık atık sularda Direkt Toksisite Değerlendirilmesinin (DTA) sürekli bir şekilde geliştirilmesi
  - arıtma işlem(ler)inden sonra toksisite kalıntılarına (bazen yüksek) sahip olan bileşiklerin belirlenmesi.

Avrupa Komisyonu sahip olduğu RTD programları kanalıyla, temiz teknolojiler, yeni atık su arıtma işlemleri ve geri kazanım teknolojileri ve yönetim stratejileri ile ilgili bir seri projeyi başlatmakta ve desteklemektedir. Bu projeler ileriki BREF incelemelerine yararlı katkılar sağlama potansiyeline sahiptirler. Bu nedenle okuyucular, bu dokümanın (dokümanın önsözüne de bakınız) faaliyet alanı ile ilgili araştırma sonuçları hakkında EIPPCB'ye bilgi vermeye davet edilmektedirler.

REFERANSLAR

3 RIZA, (1998). "Dutch notes on BAT for the textile and carpet industry", .

4 Tebodin, (1991). "Technical and economic aspects of measures to reduce water pollution from the textile finishing industry", .

5 OSPAR (1994). "PARCOM Recommendation 94/5 concerning Best Available Techniques and Best Environmental Practice for Wet Processes in the Textile Processing Industry".

7 UBA, (1994). "Reduction of Waste Water in the Textile Industry", Texte 3/94.

8 Danish EPA, (1997). "Environmental Assessment of Textiles", Environmental Project n. 369.

11 US EPA, (1995). "Manual - Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry", .

18 VITO, J. B. D. G. D., (1998). "Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de Textielveredeling (BAT for the textile processing)", .

31 Italy, (2000). "Information submitted by Italy - Emission and Consumption Levels in Prato District", .

32 ENco, D. A., (2001). "Best Available Techniques in Wool and Wool Blend Carpet Yarn Wet Processing", .

36 BASF, (2000). "Technical Information about BASF Products for Resin Finishing", TI/T 344.

37 TEGEWA, (2000). "Presentation of the "Method of Classification of Textile Auxiliaries according to their Relevance to Water"", .

44 Comm., P., (2000). "Technical information submitted by HRS Engineering about HRS technology for waste fumes treatment (condensing + dry electrostatic cleaning)", .

48 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about spin finishes and lubricants", .

50 OSPAR, (1997). "PARCOM Recommendation 97/1 Concerning Reference values for Effluent Discharges from Wet Processes in the Textile Processing Industry", Annex 12.

51 OSPAR, (1994). "PARCOM Recommendation 94/5 Concerning Best Available Techniques and Best Environmental Practice for Wet Processes in the Textile Processing Industry", Annex 9.

52 European Commission (1999). "Commission Decision of 17 February 1999 establishing the ecological criteria for the award of the Community eco-label to textile products".

59 L. Bettens, (2000). "A summary of findings of the assessed documentation, including conlusions and proposals", .

61 L. Bettens, (1999). "Evolution in Chemical Use since 1992 within the Textile Processing Industry", .

63 GuT/ ECA, (2000). "Production Process for Textile Floorcoverings (draft) - Contribution for the IPPC BREF (Chapter 1-2)", .

64 BASF, (1994). "Products for Textile Finishing: Ecological Evaluation", .

65 TEGEWA, (2000). "International Textile Auxiliaries Buyers' Guide", .

66 CRIT, P., (1999). "IPPC - Italian Wool Textile Industry", .

69 Corbani, F. (1994). "Nobilitazione dei tessili", .

71 Bozzetto, (1997). "Servizio Informazioni Tecniche: Tintura della lana", .

76 Colorservice, (2001). "Technical information submitted by Colorservice about automatised dosing and laboratory linked on line with the dyeing department", .

77 EURATEX, E.-D. , (2000). "Textile Industry BREF document (Chapter 2-3-4-5-6)", .

78 Danish EPA, (1999). "Cleaner Technology Transfer to the Polish Textile Industry", .

97 CSIRO (2000). "Technical brochure about Wool Residue Testing".

102 ETAD, (2001). "Guidance for the User Industry on the Environmental Hazard Labelling of Dyestuffs", .

103 G. Savage, (1998). "The Residue Implications of Sheep Ectoparasiticides", .

106 Vekos, (2001). "Information brochure about waste water treatment systems (Reed Bed Systems, Bi-Air Float, Bi-Sand Filter)", .

113 EURATEX, (1997). "Importance of the Textile and Clothing Industry in Europe", .

116 MCS, (2001). "Information brochure about "Multiflow"", .

120 Brazzoli, (2001). "Information brochure about "Sirio" dyeing machines", .

127 Loris Bellini, (2001). "Information brochure about "Loris Bellini" dyeing machines (General Catalogue)", .

146 Energy Efficiency Office UK, (1997). "Good Practice Guide 168 - Cutting your energy costs - A guide for the textile dyeing and finishing industry", .

161 Comm., P., (2001). "Information submitted by CRAB - Biella about "Low-chrome dyeing techniques"", .

163 Comm., P., (2001). "Information submitted by CRAB about "Sostituzione dei coloranti al cromo con coloranti reattivi per la tintura della lana"",

167 Comm., P., (2000). "Information submitted by Vincenzo Bellini - Texcel about "Washing Efficiency in Discontinuous, Semi- and Continuous Processes for Cotton and Cotton Blends fabric" (II document)",

169 European Commission, (2001). "The European Eco-Label at a Glance", .

171 GuT, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of GuT about "Carpet Manufacturing"", .

176 VITO, (2001). "Information and comments submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Discontinuous Dyeing"",

177 Comm., P., (2001). "Information submitted by MCS about the "Multiflow Dyeing Machine"", .

178 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about CORTERRA PTT", .

179 UBA, (2001). "BAT Reference Document - Germany", .

180 Spain, -. P. J. M. C., Mr. L. Alier, Ms. Cristina Canal, (2001). "Information submitted by Spanish TWG "Posición Técnica Española en relacion al 1 Draft of the BREF on Textiles" including "Nuevas Aportaciones a los Capítulos 4 Y 5 del Draft 1 Documento BREF"", .

181 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Reducing Agents"", .

182 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Alkalidischargeable azo disperse dyes containing phthalimide moieties"", .

183 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Ecological Sulphur Dye & Dyeing Techniques"", .

185 Comm., P., (2001). "Information submitted by Vincenzo Bellini - Texcel about "Efficienza di asciugamento, ottimizzazione dell'aria di espulsione da un tipico asciugatoio e da una rameuse"",

186 Ullmann's (2000). "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", .

187 INTERLAINE, (1999). "Best Available Techniques in Wool Scouring", .

188 VITO, (2001). "Information and comments submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Wool Chrome Dyeing Techniques"",

189 D. Levy, (1998). "Peroxide desizing: a new approach in efficient, universal size removal", .

190 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Fibre reactive dye(ing)"", .

191 VITO, (2001). "Information and comments submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Wool chrome dyeing or reactive dyeing?"",.

192 Danish EPA, (2001). "Danish experiences: Best Available Techniques - BAT- in the clothing and textile industry - Preliminary Version - Document prepared for the European IPPC Bureau and theTWG on Textiles", .

193 CRAB, (2001). "Information submitted by CRAB about Emission and Consumption Levels in some Textile Finishing & Wool Scouring Mills in the Region of Biella-Italy",.

194 Comm., P. (2001). "Information submitted by BOZZETTO about "Typical add-on and COD content of the preparation agents applied on the fibre and yarn during the production process"".

195 Germany, (2001). "Comment to the First Draft of the BREF about "Softeners"", .

196 EIPPCB, (2001). "Draft Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector", .

197 Comm., P., (2001). "Information submitted by Paolo Zanaroli - Sperotto Rimar, Italy about "The Use of Fully Closed-Loop Solvent Treamtent Installations for Continuous Textile Webs"",

198 TOWEFO, -. E.--., (2001). "Questionnaires submitted textile mills within the TOWEFO Project (VK1-CT-2000-00063 - Evaluation of the effect of the IPPC directive on the sustainable waste management in textile industries)",.

199 Italy, (2001). "Information submitted by Italy about Emission and Consumption Levels in one Textile Finishing Mill", .

200 Sweden, (2001). "Information submitted by Sweden about Emission and Consumption Levels in some Textile Finishing Mills", .

201 Wooltech, (2001). "Detailed description of Wooltech Processes and Techniques - Document A1", .

202 Ian M. Russel, C.-T. a. F. T. (2000). "Meeting the IPPC needs of European Processors: An Australian Perspective by Ian M. Russell - Commercial technology Forum – Nice meeting, Novembre 2000".

203 VITO, (2001). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "The Application of the Oxidative Route"", .

204 L. Bettens, (2000). "OSPAR POINT 2000-Conclusions", .

205 M. Bradbury, (2000). “Smart rinsing: a step change in reactive dye application technology" JSDC Volume 116 May/June 2000, , .

206 Italy, (2001). "Comments made by Italy to the First Draft of the BREF on textiles - Information submitted about "Pretreatment of silk"", .

207 UK, (2001). "Comments made by UK to the First Draft of the BREF Textiles",.

208 ENco, (2001). "Comments made by ENco to the First Draft of the BREF Textiles", .

209 Germany, (2001). "Comments made by Germany to the First Draft of the BREF Textiles", .

210 L. Bettens, (1995). "Environmentally Friendly Bleaching of Natural Fibres by Advanced Techniques (SYNBLEACH EV5V -CT 94 - 0553)" European Workshop on Technologies for Environmental Protection, .

211 Kuster (2001). "Dye/ finish applicators - Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO".

218 Comm., P., (2000). "Comments and contributions submitted by Bozzetto about "Applied Processes and Techniques in the Textile Sector"",.

247 Comm., P., (2001). "Comment made by L. Bettens about the "BAT Document" submitted by UBA - Germany",

278 EURATEX, (2002). "Information submitted by EURATEX about the Textile Finishing Sector (data source: CRIET - European Textile Finishing Association)",

279 L. Bettens (2001). "Comments made by L. Bettens to the First Draft of the BREF on Textiles".

280 Germany (2002). "Comments made by Germany to the Second Draft of the BREF Textiles".

281 Belgium (2002). "Comments made by Belgium to the Second Draft of the BREF".

287 Germany, (2002). “Comments to the Second Draft of the BREF on Textiles – Emission Concept Factor" , , .

288 MCS, (2002). "Personal communication submitted by MCS about "Low liquor ratio machinery" and "New development on rinsing techniques"",

289 Comm., P., (2002). "Contribution given by Color Service about "Application of automated dosing and dispensing systems for chemicals and dyes in IPPC companies" - Answer to the comments made by the TWG on the Second Draft of the BREF",

292 US Filter-Zimpro, (2002). "PACT systems", , .

293 Spain, (2002). "Comments made by Spain to the First Draft of the BREF",

294 ETAD, (2001). "Comment made by ETAD to the First Draft of the BREF",

295 Spain, (2002). "Contribution made by Spain to the Second Draft of the BREF: "Substitution of conventional lubricants with hydrosoluble oils in knitted fabric manufacturing"", .

297 Germany, (2002). "Contribution by Germany after the second TWG meeting – Answers to open questions on "Alkali Clearable Dyestuffs", "Sulphur Dyestuffs", "Hot rinsing of reactive dyestuffs", "Econtrol process"",

298 Dyechem Pharma, (2001). "Textile Softeners", , .

299 Environment Daily 1054, (2001). “MEPs demand broad flame retardant ban - Environment Daily 06/09/01" Environment Daily, , .

301 CIA, C. I. A., (2002). "Comments made by CIA on the Second Draft of the BREF",

302 VITO, (2002). "Information provided by L. Bettens on behalf of VITO about Flame Retardants",

303 Ullmann's (2001). "Flame retardants".

304 Danish EPA, C. L., S. Lokke, et al., (1999). "Brominated Flame Retardants – Substance Flow analysis and Assessment of Alternatives", Environment Project 494.

308 Spain, (2002). "Attachment to comments made by Spain to the Second Draft of the BREF - Annex I - Contribution for Chapter 4", .

311 Portugal, (2002). "Comments made by Portugal to the Second Draft of the BREF",

312 ANT, A. T. I., (2002). "Urea consumption levels collected in three printing houses in Italy for silk and viscose",

313 BIOFL-UV, (2002). "Textile water recycling by means of bio-flotation and UV irradiation treatments - Proposal for financial support from the EC for SME specific measures COOPERATIVE RESEARCH CRAFT", .

314 L. Bettens, (2002). "Information submitted by L. Bettens on behalf of VITO about "Combined biological, physical and chemical treatment of mixed waste water effluent "",

315 EURATEX, (2002). "Data submitted by EURATEX - Share of the EU-15 Textile and Clothing Industry Sector in the Manufacturing Industry (data 2000 source: EUROSTAT)",

316 Sweden, (2001). "Comments made by Sweden to the First Draft of the BREF",

317 Comm., P., (2002). "Information submitted by Wooltech - Economic data for the Wooltech Technology",

318 Sperotto Rimar, (2002). "Comments made by Sperotto Rimar - Italy to the Second Draft of the BREF",

319 Sweden, (2002). "Comments made by Sweden to the Second Draft of the BREF",

320 Comm., P., (2002). "Information provided by Germany - "Lanaset TOP" process",

321 CEN Draft, (1999). "European Standard Draft prEN 13725 - Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactomethy", .

SÖZLÜK

Adsorbable Organic Halogens (AOX)
(Adsorbe Edilebilen Organik Halojenler) (AOX)

Suda bulunan organik olarak bağlı adsorbe edilebilen halojenler için bir ölçek. Analitik test, su örneğinde bulunan organik maddelerin aktif kömürde (halojen içermeyen) adsorbe edilmelerini içermektedir. Kömür daha sonra klorür iyonlarını (organik olarak bağlı olmayan halojenleri) tamamen uzaklaştırmak için sodyumnitrat çözeltisi ile işlem görmektedir. Ondan sonra da kömür, oksijen akımında yakılmakta ve oluşan hidrojenklorür miktarı kantitatif olarak saptanmaktadır. Bu analitik yöntemle, sadece klor, brom ve iyot (ekolojik olarak önemli olan flor bileşikleri değil) saptanmaktadır. Brom ve iyot da Cl olarak hesaplanmaktadır. Analitik değerler:

- suda mg Cl/l AOX
- maddede mg Cl/g AOX

olarak ifade edilmektedirler.

Aquatic toxicity
(Sulu ortam toksisitesi)

Belirli bir zararlı maddenin sulu ortamdaki canlılara olan etkilerinin ölçeği. En yaygın parametreler:
IC_{10}= bakteriyel gelişimi önleme konsantrasyonu (% 10 önleme). IC_{10} değeri üzerindeki konsantrasyonlar, biyolojik arıtma tesisinin verimliliğini büyük ölçüde etkileyebilmekte ve hatta aktif çamuru tamamen zehirleyebilmektedir de.
LC_{50}= öldürücü konsantrasyon (% 50 ölüm oranı). Balıklar için kullanılmaktadır ve verilen bir maddenin sudaki hangi konsantrasyonunun, popülasyonun % 50 oranında ölümüne neden olacağını ifade etmektedir.
EC_{50}= etki konsantrasyonu (% 50 etki). Deniz yosunu ve su piresi gibi özellikle hassas organizmalar için kullanılmaktadır. Belirli bir kirleticinin sulu ortam toksisitesi düzeyi, aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

- yüksek deredede toksik: <0,1 mg/l
- çok toksik: 0,1-1 mg/l
- toksik: 1,0-10 mg/l
- az toksik: 10-100 mg/l
- toksik değil: >100 mg/l

Biochemical Oxygen Demand (BOD)
(Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) (BOİ)

Suda bulunan organik maddeleri biyokimyasal olarak karbondioksit ve suya oksitlemek için, bakteriler tarafından tüketilen oksijen miktarının ölçeği.
Organik yük ne kadar fazla ise, tüketilen oksijen miktarı da o kadar fazla olmaktadır. Dolayısıyla atık sudaki yüksek organik madde konsantrasyonları sonucunda, sudaki oksijen miktarı, sudaki yaşam için kabul edilebilir seviyelerin altına düşebilmektedir.
BOİ testleri, seyreltik çözeltide 20 °C'da yapılmaktadır ve tüketilen oksijen miktarı 5, 7 gün veya daha az yaygın olarak 30 gün sonra belirlenmektedir. Bunlara karşılık gelen parametreler $BOİ_5$, $BOİ_7$ ve $BOİ_{30}$ olarak adlandırılmaktadırlar.
Analitik değerler genellikle aşağıdaki şekilde ifade edilmektedirler:

- mg O_2/l (atık sudaki) veya
- mg O_2/g (maddedeki).

Biodegradability (Biyolojik olarak parçalanabilirlik)	Organik bir maddenin bakteriler tarafından biyolojik olarak oksitlenme yeteneğinin ölçeği. BOİ testleri (OECD testleri 301 A'dan F'ye kadar) ile ölçülmektedir ve biyolojik atık su arıtma çalışmalarında meydana gelen biyolojik parçalanma mekanizmaları ile bağlantılıdır. Genellikle, % (maddenin) olarak ifade edilmektedir.
Bioeliminability (Biyolojik olarak elimine edilebilirlik)	Organik maddelerin, bir biyolojik arıtma tesisinde oluşabilen tüm eliminasyon mekanizmaları (biyolojik olarak parçalanmayı da içermektedir) sonucunda, atık sudan uzaklaştırılma yeteneğinin ölçeği. Bir biyolojik arıtma tesisindeki tüm eliminasyon mekanizmalarının toplam etkisini belirleyen, OECD 302 B biyo-eliminasyon testi ile ölçülmektedir: - biyolojik parçalanma (özel olarak ortama alıştırılmış ve bunları sindirme yeteneğine sahip bakterilerin oluşmasını gerektiren maddelerin biyolojik parçalanmalarını da hesaplara katabilmek için uzun bir sürede-28 güne kadar-ölçülmektedir - aktif çamur tarafından adsorbsiyon - uçucu maddelerin çıkarılması - hidroliz ve çöktürme işlemleri Genellikle, % (maddenin) olarak ifade edilmektedir.
Bleaching agent (Ağartma aktif maddesi)	Ağartma etkisini sağlayan aktif madde. Ağartma aktif maddesi, ağartıcıyı aktive ederek oluşturulmakta/ üretilmektedir.
Bleach (Ağartma maddesi)	Ağartma işleminde kullanılan formülasyon.
Chemical Oxygen Demand (COD) (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) (KOİ)	Sudaki organik veya inorganik maddeleri kimyasal olarak oksitlemek için gerekli oksijen miktarının ölçeği. KOİ testleri, 150 °C'da güçlü bir oksitleyicinin (genellikle potasyumdikromatın) varlığında yapılmaktadır. Oksijen tüketimini değerlendirmek için, krom III'e indirgenen krom VI miktarı belirlenmekte ve elde edilen değer oksijen eşdeğerine dönüştürülmektedir. Analitik değerler genellikle aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir: - mg O_2/l (atık sudaki) veya - mg O_2/g (maddedeki).
Dye (Boya)	Boyarmadde ile birlikte diğer boyama yardımcı maddelerini de içeren formülasyon (ticari ürün).
Dyestuff (Boyarmadde)	Boya formülasyonundaki renklendirici madde: ışık ile etkileşim yeteneğine sahip kromor grubu/grupları içeren planar bir molekül.

DDT	Birçok Avrupa ülkesinde yasaklanmış olan bir organik klor pestisiti. Pestisit olarak kullanılan izomer: p,p'-DDT 1,1,1-triklor-2,2-bis(4-klorfenil)etan'dır. Üretim işleminde yan ürün olarak o,p'-DDT de oluşmaktadır. DDT ve bunun metabolitleri olan DDE (1,1-diklor-2,2-bis(4-klorfenil)etilen) ve DDD (1,1-diklor-2,2-bis(4-klorfenil)etan) hormonal etkileri ispat edilmiş dayanıklı bileşiklerdir.
EMAS (Eko Yönetim ve Denetleme Sistemi)	Eko-Yönetim ve Denetleme Sistemi. Şirketler ve diğer organizasyonların çevresel performanslarını değerlendirmeleri, raporlamaları ve geliştirmeleri için kullanılan bir yönetim aracıdır. AB'nde 29 Haziran 1993 tarih 1836/93 sayılı Konsey Regülasyonu (AET) sonrasında 1995'ten beri uygulanan sistem, başlangıçta imalat sanayii ile kısıtlı kalmıştır. 2001'den beri EMAS, özel ve kamu hizmetlerini de içeren tüm ekonomik sektörlere açılmıştır (Avrupa Parlamentosu'nun ve Konseyi'nin 19 Mart 2001 tarih ve (EC) 761/2001 sayılı Regülasyonu). Ek olarak EMAS, kendisi tarafından istenen çevre yönetim sistemi EN/ISO 14001'in entegrasyonu ile güçlendirilmiştir. Katılım isteğe bağlı olup, Avrupa Birliği ve Avrupa Ekonomik Alanı'nda (EEA) -İzlanda, Liechtenstein ve Norveç- işletilen özel ve kamu kuruluşlarını kapsamaktadır.
European Odour Unit (Avrupa Koku Birimi)	Kokulu bir maddenin, bu madde standart koşullarda 1 metreküp nötr gaz içerisinde buharlaştırıldığında, bunun bir uzman grubu (paneli) tarafından, fizyolojik olarak algılanabildiğindeki (saptanabilen eşik değeri) ve bir Referans Koku Kütlesi, standart koşullarda bir metreküp nötr gaz içerisinde buharlaştırıldığında algılananla eşdeğer bulunduğundaki miktarı [321, CEN Draft, 1999].
Finishing (Tekstil terbiyesi, bitim işlemi)	Bu terim, hem liflere istenen rengi ve nihai özellikleri vermek için yapılan ardışık yaş işlemleri, hem de fonksiyonel bitim işlemi etkileri (kolay-bakım, keçeleşmezlik, güve yemezlik, vs.) sağlamak için uygulanan herhangi bir özel işlemi ifade edebilmektedir.
Fixation rate (Fiksaj derecesi, oranı)	Liflere fikse olan boyanın, aplike edilen toplam boya miktarına oranı.
Fixation efficiency (Fiksaj verimi)	Liflere fikse olan boyanın, flotteden çekilen boya miktarına oranı.
Liquor ratio (Flotte oranı)	Çektirme yöntemine göre bir boya makinesi içerisindeki toplam kuru mal ağırlığı ile toplam flotte ağırlığı arasındaki oran. Örneğin, 1:10 flotte oranı (veya 10 l/kg), her 1 kg tekstil materyali için 10 litre flottenin bulunduğunu göstermektedir.
Hazardous substances (Zararlı maddeler)	Toksisite, dayanıklılık ve biyolojik olarak birikebilme gibi, bir ya da daha fazla tehlikeli özelliğe sahip veya Direktif 67/548'e (Tehlikeli Maddeler Direktifi) göre, insanlar ve çevre için tehlikeli olarak sınıflandırılan madde veya madde grupları.

Make-up (Bulunuş şekli)	Tekstil sanayiinde, tekstil ürünlerinin bulunabileceği farklı şekilleri adlandırmak için kullanılan genel bir terim. Örnekler, flok, iplik, dokuma ve örme kumaşlardır.
Nylon (Naylon, poliamid)	Poliamid lifleri için kullanılan genel bir terim.
Odour concentration (Koku konsantrasyonu)	Standart koşullarda 1 metreküp gaz içinde bulunan Koku Birimi sayısı [321, CEN Draft, 1999].
Odour Unit (Koku Birimi)	1 metreküp kokulu gazda (standart koşullar altında) bulunan kokulu maddelerin (karışımlarının), panel tarafından saptanabilme eşiğindeki miktarı [321, CEN Draft, 1999].
Rayon (Sun'i ipek, floş)	Rejenere selülozdan elde edilen kesiksiz filament kimyasal elyaf için kullanılan genel terim. Rayon terimi, hem kupra-amonyum, hem de viskoz yöntemleriyle üretilen lifler için kullanılmaktadır.
Referans Odour Mass (Referans Koku Kütlesi)	Bir Referans Koku Kütlesi, 123 µg n-bütanol'e eşdeğerdir. Bu, 1 metreküp nötr gazın içinde buharlaştırıldığında, 0,040 µmol/mol'lük bir konsantrasyon meydana getirmektedir [321, CEN Draft, 1999].
Scouring (Yünde: yapak yıkama Pamukta: hidrofilleştirme Genel: yıkama-temizleme)	Tekstil mamullerinden yabancı maddelerin uzaklaştırılması işlemi. Yün de bu terim, hem ham yapaktaki yağ ve kirin uzaklaştırılmasını (yapak yıkama işlemi), hem de boyama işlemi öncesi yapılan yaş işlemlerde iplik veya kumaşlardaki harman yağları ve yabancı maddelerin uzaklaştırılmasını ifade etmektedir.
Texturised fibres (Tekstüre iplikler)	Liflere, aynı liflerin konvansiyonel ipliklerinden daha yüksek bir hacim ve yüzey avantajı sağlamak amacıyla özel bir işlem görmüş filament iplikler.
Top (Tops)	Yün liflerinin büküm verilmemiş kesintisiz band veya şeritleri.

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
AC	Selülozasetat
AC	Absorbsiyon katsayısı
AE	Alkol etoksilatlar
AOX	Adsorbe edilebilen organik halojenler
APE	Alkilfenol etoksilatlar
APEO	Alkilfenol etoksilatlar
BAT	En Uygun Teknikler
BOD	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)
BREF	BAT referans dokümanı
C.I.	Colour Index
CMC	Karboksimetilselüloz
CO	Pamuk
COD	Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Conc.	Konsantrasyon
CSIRO	Commonwealth Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Organizasyonu
CT	Selüloztriasetat
CU	Kupro
CV	Viskoz
DAF	Çözülmüş hava flotasyonu
DOC	Çözülmüş Organik Karbon (ÇOK)
DTPA	Dietilentriaminpentaasetat
DTPMP	Dietilentriaminpenta(metilenfosfonik asit)
EDTA	Etilendiamintetraasetat
EDTMP	Etilendiamintetra(metilenfosfonik asit)
E-Fac	Emisyon faktörü
EL	Elastan
EPER	Avrupa Zararlı Madde Emisyon Kütüğü (2000/479/EC Konsül Kararı'nda tanımlanmış)
EO/PO	Etilenoksit/propilenoksit (kopolimerler grubu)
ETAD	Boyarmadde İmalat Sanayiinin Ekoloji ve Toksikoloji Derneği
EUR	Euro, Avrupa para birimi
EVA	Etilenvinilasetat
FR	Güç tutuşurluk (sağlayıcı) madde(si)
HC	Hidrokarbonlar
HCH	Hegzaklorçiklohegzan (pestisit)
HT	Yüksek sıcaklık (işlem, makine)
IGR	Haşere gelişimi regülatörleri (pestisit grubu)
IK	Indantren soğuk (küp boyası grubu)
IN	Indantren normal (küp boyası grubu)
IR	Kızıl ötesi (ışık)
IW	Indantren ılık (küp boyası grubu)
L.R.	Flotte oranı (F.O.)
MEL	Minimum Etki Seviyesi
n.a	Temin edilemiyor
n.d.	Saptanmadı
NPE	Nonilfenol etoksilatlar
NRA	Ulusal Kayıt Kurumu (Avustralya)
NTA	Nitriltriasetat
o.w.b.	Flotte ağırlığı bazında
o.w.f.	Lif ağırlığı bazında
OC	Organik klor bileşikleri (pestisit grubu)
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Organizasyonu
OEL	İzlenebilir Etki Seviyesi
OP	Organik fosfat bileşikleri (pestisit grubu)
PA	Poliamid lifleri
PAC	Poliakrilnitril lifleri
PBT	Polibütilentereftalat
PCP	Pentaklorfenol
PE	Polietilen
PES	Poliester lifleri
PET	Polietilentereftalat
PP	Polipropilen
PTT	Politrimetilentereftalat
PU	Poliüretan
PVA	Polivinil alkol
PVC	Polivinilklorür
Qww	Atık su akışı

RBS	Reed bed system (Sazlık yatağı sistemi)
SBR	Stirenbütadien kauçuğu
SI	İpek
SP	Sentetik piretroidler (pestisit grubu)
SS	Askıda katılar
TEGEWA	Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoff-Industrie e.V. (Sanayi Birliği)
TFI	Tekstil terbiye sanayii
TOC	Toplam organik karbon (TOK)
UF	Ultra filtrasyon
ULLR	Çok düşük flotte oranı
US EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
UV	Mor ötesi (ışık)
VOC	Uçucu organik bileşikler (UOB)
WO	Yün
WW	Atık su
x-SBR	Karboksilatlanmış SBR

8 EK I TEKSTİL YARDIMCI MADDELERİ

Tercüme edenler: Arş.Gör. Deniz Köksal (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Uzm. Tuba Ilgaz (Türkiye Tekstil Terbiye Sanayicileri Derneği)

8.1 Yüzeyaktif maddeler

Yüzeyaktif maddeler, yardımcı maddelerin bir sınıfından ziyade, organik bileşiklerin bir sınıfını temsil ettikleri için, bu bölümdeki tanımlanmaları alışılmış olandan farklı olmaktadır. Bu bileşiklere ayrı bir bölüm ayrılmasının nedeni, bunların tekstil sanayiinde birçok değişik amaç (örneğin, lubrikantlar, antistatikler, ıslatıcılar, vs.) için kullanılmalarıdır. Yüzeyaktif maddelerin buradaki gibi ortak bir bölümde ele alınması, ekin diğer kısımlarında tekrarların meydana gelmesini önlemektedir.

Yüzeyaktif maddeler, bir tekstil yardımcı maddesinin temel aktif maddesini oluşturabilecekleri gibi, yardımcı maddeler, boyarmaddeler, baskı patları ve kaplama pastalarının formülasyonlarında katkı maddeleri (örneğin, boyarmaddeler içindeki dispergatörler, preparasyon maddelerindeki emülgatörler, vs.) olarak da kullanılabilmektedirler.

Tekstil sanayiinde kullanılan yüzeyaktif maddeler: yıkama maddeleri, boya flottesi katkı maddeleri, yumuşatıcılar ve antistatik maddeler olmak üzere, dört ana başlık altında sınıflandırılmaktadırlar.

Yüzeyaktif maddeler, moleküllerinde en az bir hidrofob ve bir hidrofil grup içeren organik polar bileşiklerdir. Yüzeyaktif maddeler kimyasal yapılarına göre: non-iyonik, anyonik, katyonik ve amfoterik olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Non-iyonik yüzeyaktif maddeler

Non-iyonik yüzeyaktif maddeler, tekstil sanayiinde çeşitli amaçlar için (örneğin, yıkama/ dispergir maddeleri olarak, egalize maddeleri olarak, vs.) yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Genellikle kullanılan non-iyonik yüzeyaktif maddelere bazı örnekler:

- yağ alkol etoksilatlar
- yağ aminleri etoksilatlar
- yağ asitleri etoksilatlar
- trigliserit etoksilatlar
- alkilfenol etoksilatlar
- etilenoksit/propilenoksit katılım ürünleridir.

Etoksillenmiş yağ alkolleri, asitler ve trigliseritler, genellikle biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedirler. Diğer taraftan, etilenoksit/propilenoksit katılım ürünleri, yağ aminleri ve alkilfenol etoksilatlar (APEO) biyolojik olarak zor bozunan yüzeyaktif maddelerdir ve sudaki çözünürlüklerinden dolayı bunların elimine edilmeleri de zor olmaktadır.

Alkilfenol etoksilatlar grubundaki en çok kullanılan ve bilinen yüzeyaktif maddeler olan nonilfenol etoksilatlar (NPE), ciddi çevresel sorunlar ortaya çıkarmaktadırlar. APEO, etoksi gruplarının adım adım uzaklaşması şeklinde parçalanmaktadır. Bu yolla sonuçta, lipofil karakterleri ve zor parçalanabilirlikleri nedeniyle biyolojik birikim gösteren alkilfenoller oluşmaktadır. Alkilfenoller (özellikle oktil- ve nonilfenoller) suda yüksek derecede toksik etki göstermekte olup, bunların suda yaşayan canlıların endokrin sistemlerini bozarak üremelerini etkiledikleri bildirilmektedir.

Yalnızca önemsiz miktarda APEO'ın veya bunların metabolitlerinin su ortamına girmesine izin veren yüksek etkili atık su arıtma sistemlerinde ise, çamur oluşumu nedeniyle sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu çamur, organik materyalleri tamamen bozuşturabilen yakma veya piroliz gibi işlemlere maruz bırakılmadıkça, işlem görmüş veya görmemiş çamurların zirai alanlara yayılmasından veya çürütme ve toprağa gömerek depolama ünitelerinden gelen sızıntılar nedeniyle, APEO veya bunların metabolitleri yüzey veya yer altı sularına karışabilmektedirler.

Birçok ülkede NPE kullanımına sınırlamalar getirilmiştir. Ayrıca bu yüzeyaktif maddeler, Su Çerçeve Direktifi kapsamında öncelikli olarak düzenlenmeleri hedeflenen "Öncelikli Tehlikeli Maddeler" listesinde yer almaktadırlar.

Anyonik yüzeyaktif maddeler

Tekstil işlemlerinde yaygın olarak kullanılan anyonik yüzeyaktif maddeler:
- sülfatlar (örneğin, alkol etoksisülfatlar, alkanolamid sülfatlar, sülfatlanmış bitkisel yağlar)
- sülfonatlar (örneğin, alkilbenzensülfonatlar, sülfonatlanmış bitkisel yağlar, naftalin sülfonatlar, linyinsülfonatlar)
- alkil eterfosfatlar
- karboksilatlardır (yağ asidi kondenzasyon ürünleri, yağ asitlerinin alkali tuzları).

Bunların en yaygın olarak kullanılanları, düz zincirli ve biyolojik olarak büyük ölçüde parçalanabilen bileşiklerdir (örneğin, alkilbenzensülfonatlar, yağ alkilsülfatlar, vs.). Dayanıklı anyonik yüzeyaktif maddelere en iyi örnekler, küp, kükürt ve dispers boyaları için dispergatör olarak çokça kullanılan linyinsülfonatlar ve naftalinsülfonik asidin formaldehit ile oluşturduğu kondenzasyon ürünleridir.

Anyonik yüzeyaktif maddeler birçok avantaja sahiptirler: bunlar iyi yağ emülgatörleri ve boya dispergatörleridirler ve mükemmel ıslatıcılar olmalarının yanı sıra, pahalı da değildirler. Buna karşılık, yüksek seviyede köpük oluşturmaktadırlar ve sülfat esaslı yüzeyaktif maddeler kalsiyum ve mağnezyuma karşı hassas olabilmektedirler [11, US EPA, 1995].

Katyonik yüzeyaktif maddeler

Katyonik yüzeyaktif maddeler tekstil işlemlerinde oldukça az kullanılmaktadırlar. Bunlara bir örnek olarak, suda çözünebilen dayanıklı maddeler olan ve katyonik boyalarda retarder olarak kullanılan kuarterner amonyum bileşikleri (tuzları) verilebilmektedir. Katyonik yüzeyaktif maddeler, tüm yüzeyaktif madde sınıfları içerisinde, büyük farkla en yüksek toksisiteye sahip olanlardır [179, UBA, 2001].

Amfoterik yüzeyaktif maddeler

Amfoterik yüzeyaktif maddeler, tekstil sanayiinde yaygın olarak kullanılmamaktadırlar. Bunların esas avantajı, asidik ve bazik ortamlarda ve hem katyonik hem de anyonik yüzeyaktif maddeler ile birlikte kullanılabilme özellikleridir.

Kuarterner amonyum bileşiği türevleri çok nadir olarak kullanılırlarken, diğer düşük-toksisite tiplerinin kullanımı artmaktadır. Bunlara örnek olarak:
- betain türevleri
- imidazolinler
- modifiye yağ aminoetilatlar (bunlar, poliester liflerinin indirgen yıkanmasında oligomerlerin uzaklaştırılması için, çok yüksek emülsifiye ve çözme kapasitesine sahiptirler)

verilebilmektedir.

Amfoterik yüzeyaktif maddeler pahalıdırlar ve sadece büyük oranda geçinirliğin gerekli olduğu özel durumlarda kullanılmaları söz konusu olmaktadır.

8.2 Lif ve iplik üretiminde kullanılan yardımcı maddeler ve terbiye maddeleri

Bu sınıftaki maddeler, liflere, üretimleri ve iplik oluşum prosesleri esnasında uygulanan organik bileşikleri içermektedirler. Bu bölümde yardımcı maddeler için kullanılan isimler, TEGEWA nomenklaturundan alınmıştır ("TEGEWA nomenclature, 1987"). Bunlar aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadırlar:

- lif çekim çözeltisi katkı maddeleri, lif çekimi katkı maddeleri ve lif çekim banyosu katkı maddeleri
- lif çekimi (primary spinning) için preparasyon maddeleri
- iplik eğirme (secondary spinning) için preparasyon maddeleri (kondisyonlama maddeleri ve lubrikantlar)
- bobin yağları, çözgü yağları ve büküm yağları.

Bu maddeler, tekstil ön terbiyesi sırasında uzaklaştırıldıklarından ve pek çok durumda terbiye işletmelerinde önemli derecede havaya ve suya emisyonlara neden olduklarından, özel bir dikkat gerektirmektedirler.

İplik ve lif preparasyon maddelerinin genel kimyasal kompozisyonu 4 ana bileşen sınıfını esas almakta ve aşağıda belirtilen özel preparasyon maddelerinin işlevine bağlı olarak, oranları değişmektedir:

- lubrikantlar
- emülgatörler
- ıslatıcılar
- antistatik maddeler
- katkı maddeleri (örneğin, biyositler, antioksidantlar, ipliğe kompakt yapı kazandırmak için kullanılan maddeler).

Lubrikantlar

Uygulanan tipik lubrikantlar:

- madeni yağlar
- ester yağları
- sentetik lubrikantlar (sentetik esterler, EO/PO katılım ürünleri, silikonlar, vs. gibi).

"Madeni yağlar" terimi, rafine edilmiş ham petrolden elde edilen lubrikantları ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu maddeler, C_{12}-C_{50} zincir uzunluğuna sahip, kaynama noktaları 220-450 ^{0}C arasında değişen hidrokarbonların karışımlarıdırlar. Madeni yağlar, istenmeyen ve dayanıksız safsızlıkların varlığı nedeniyle, yüksek-sıcaklıktaki işlemler sırasında duman çıkarmakta ve havaya emisyonların artmasına yol açmaktadırlar.

Madeni yağlar biyolojik olarak zor parçalanmakta ve sadece absorpsiyon yoluyla uzaklaştırılabilmektedirler. Bununla birlikte, su kirliliği konusunda asıl sorun, poliaromatik hidrokarbonların (bu bileşikler, Su Çerçeve Direktifi kapsamında, AB çapındaki önlemlerle kontrol edilmesi gerekli öncelikli zararlı maddeler listesinde yer almaktadırlar) varlığından oluşmaktadır.

Madeni yağlardaki poliaromatik bileşiklerin miktarı, seçilen rafine işlemine göre değişmekte ve yağlar daha az polidispers oldukça azalmaktadır (rafine edilmiş madeni

yağlar, genellikle beyaz yağlar olarak bilinmektedirler). Eczacılık alanında kullanılan madeni yağlar, 0,1 ppm'den daha az poliaromatik hidrokarbon içermektedirler, fakat bunlar konvansiyonel madeni yağlara nazaran yaklaşık üç kat daha pahalıdırlar.
Madeni yağların kullanımı azalmaktadır. Ancak düşük maliyetleri nedeniyle, ucuz ürünlere ihtiyaç duyulan uygulamalarda halâ oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (daha ziyade bobinleme yağları olarak ve günümüzde az miktarda yün işleme yardımcı maddeleri olarak).

Ester yağları genellikle, yağ alkolleri, alkoller veya polihidroksilik alkoller ile esterlenmiş yağ asitleridirler. Bunlar genel olarak, doğal katı veya sıvı yağların sabunlaştırılmasıyla elde edilmektedirler.

Ester yağları, madeni yağlara alternatif lubrikantlar olarak kullanılmaktadırlar. Ester yağları madeni yağlara kıyasla, daha yüksek ısıl dayanıma sahip, biyolojik olarak parçalanabilen ve daha kolay emülsifiye olan yağlardır. Bunlar, lif çekiminde gün geçtikçe madeni yağların yerini almakta ise de, madeni yağlar iplik eğirmede halâ en yüksek pazar payına sahiptirler.

Sentetik lubrikantlar (sentetik yağlar olarak da isimlendirilmektedirler), özellikle yağlama fonksiyonu için geliştirilmiş sentetik bazlı akışkanlardır. Sentetik yağlar, ağırlığı ve yapısı aynı olan moleküllerden oluştuklarından, 200 ^{0}C'u aşan sıcaklıklara karşı dayanabilmekte ve dolayısıyla madeni yağlara nazaran daha yüksek oksidatif ve termal stabiliteye sahip olmaktadırlar. Bu sebeplerle, sentetik yağlar birçok yönden madeni yağ bazlı ürünlerden üstündürler ve daha yüksek işlem sıcaklıklarında, daha az lubrikant kayıplarıyla ve geniş işlem koşulları aralığında daha gelişmiş esneklikte çalışmayı mümkün kılmaktadırlar.

Sentetik yağlar, metal, kükürt, fosfor ve vaks içermemektedirler. Belirli lubrikantlar, biyolojik olarak yüksek derecede parçalanabilmekte ve bu nedenle çevreye daha az negatif etki göstermektedirler.

Sentetik lubrikantlar birkaç ana sınıftan oluşmaktadırlar:
- en yaygın tip olan polialfaolefinler (PAO) ve dialkillenmiş benzenler gibi, sentetik hidrokarbonlar
- dikarboksilli asitler ve poliolesterler gibi sentetik esterler
- poliglikoller
- silikonlar.

Sentetik esterler, yüksek performanslı yağlamalar için özel olarak tasarlanmış ve önceden belirlenmiş moleküler yapıları üretmek için, oldukça saf ve basit başlangıç maddelerinden sentezlenmektedirler. Bu moleküllerin büyüklükleri, doğal katı ve sıvı yağlardan elde edilen ester yağlarına nazaran daha uniformdur ve bu nedenle bunların termal ve oksidatif dayanımları daha yüksek olmaktadır.

EO/PO kopolimerleri, madeni yağlar gibi prosese karışmadıklarından, tekstüre sentetik iplikler için kullanılmaktadırlar.

Bu sentetik lubrikantların kimyasal yapısı aşağıdaki gibi şematize edilebilmektedir:

$S\text{-}(EO)_x\text{-}(PO)_y\text{-}B$

S = kısa zincirli alkoller (örneğin, C_4-), polioller, organik asitler veya birincil aminler gibi başlangıç bileşenleri;
B = eterler (OR), esterler (COOR), asetaller CH (OR_2) veya OH gibi blok bileşenleri

Yüksek moleküllü EO/PO katılım ürünleri (EO ve PO birimlerinin toplamı 15 molden daha fazla ve PO birimleri sıralaması 5'ten daha yüksek) biyolojik olarak parçalanamamakta veya zor parçalanabilmektedirler.

Silikonlar, elastan ve poliamid gibi liflerin üretimleri dahil, birçok alanda lubrikant olarak kullanılmaktadırlar. Bunlar, kimyasal olarak inert, toksik olmayan, güç tutuşan ve su itici özelliklere sahip maddelerdir. Silikonlar, yüksek oksidatif ve termal stabilite gerektiren yüksek sıcaklıklardaki uygulamalar için büyük değer taşımaktadırlar.

Silikonlar, tüm lubrikantlar arasında en yüksek KOİ değerine sahip olanlardır ve biyolojik olarak zor parçalanabilmektedirler. Fakat biyolojik olarak elimine edilebilmeleri nedeniyle, sudaki yaşam için tehlike oluşturmamaktadırlar. Bunların asıl dezavantajı, emülsifiye olmalarının ve liflerden uzaklaştırılmalarının zor olmasıdır. Liflerden uzaklaştırılmaları için genellikle APEO kullanılmakta ve yıkamadan sonra bunların oldukça yüksek bir miktarı (yaklaşık % 40´ı) liflerin üzerinde kalmaktadır. Bu da daha sonraki yüksek sıcaklık gerektiren işlemlerde havaya emisyonların yüksek olmasına neden olmaktadır.

Emülgatörler

Lubrikantların suda çözünmediği durumlarda, preparasyon maddelerinin sulu sistemde uygulanabilmesini sağlamak için genel olarak formülasyonda bir emülgatör bulunmaktadır. Emülgatör olarak, anyonik ve non-iyonik yüzeyaktif maddeler kullanılmaktadırlar. Kullanılan başlıca yüzeyaktif maddeler:

Anyonik yüzeyaktif maddeler:	- sülfonlanmış ve sülfatlanmış bitkisel sıvı yağlar
Non-iyonik yüzeyaktif maddeler:	- etoksillenmiş yağ alkolleri - etoksillenmiş yağ asitleri - etoksillenmiş sorbitan esterleri - alkilfenol etoksilatlar (APEO) - kısmi gliseritler ve etoksillenmiş trigliseritler

Islatıcılar

Bunlar genellikle kısa-zincirli alkilfosfatlardır.

Antistatik maddeler

Anyonik yüzeyaktif maddeler, anti-elektrostatik özelliklere de sahiptirler. Özel anti-elektrostatik maddeler olarak, fosfor pentaoksitlerin mono ve diesterleri (genellikle bunların potasyum tuzları) ile bazı amfoterik yüzeyaktif maddeler (sarkositler, aminoksitler ve sülfosüksinatlar gibi) kullanılmaktadırlar.

Katkı maddeleri

Sulu sistemlerde bakteriler üreyebildiğinden, sisteme bunları önleyici bir madde (bakterisit) ilave edilmelidir. Liflere, koruyucu olarak 50 mg/kg kadar formaldehit içeren bileşikler gibi biyositler, aplike edilmektedirler. 2 mg/kg kadar heteroçiklik bileşenlerin (imidazolinon ve izodiazolinon türevlerinin) aplike edildiği durumlara da rastlanılmaktadır.

Preparasyon maddeleri, sulu emülsiyonları yerine, uygun bitkisel yağlar veya yeterince stabil çözeltiler halinde uygulanırlarsa, depolanma sırasında ipliklerin korunması amacı hariç, biyosit ilavesine gerek kalmayabilmektedir.

Liflere aplike edilen aktif maddelerin miktarları ve uygulanan formülasyonların bileşimleri, liflerin tipine ve nihai kullanım amacına bağlı olarak, büyük farklılıklar gösterebilmektedirler. Tablo 8.1'de genel bir özet verilmekte olup, kullanılan tipik formülasyonlar ve liflere aplike edilen miktarlar hakkında daha detaylı bilgi takip eden bölümlerde ([7, UBA, 1994]'in güncelleştirilmiş versiyonunu esas alarak) verilmektedir. Tablo 8.1'de, liflerin farklı tipleri arasında bir ayırım yapılmamış, liflere aplike edilen yüksek miktarlardan dolayı sadece elastomerik lifler ve örgü kumaşların üretimi için kullanılacak lifler ayrı olarak ele alınmışlardır. Ayrıca, "İplik üretimi" sütunun altında verilen aplikasyon rakamları, lif üretiminden sonra liflere aplike edilen toplam preparasyon maddesi (bobinleme yağları, büküm yağları, tekstüre işleminden sonra filamentlere aplike edilen yağlar, vs. dahil) miktarını belirtmektedir.

		Lif üretimi		**İplik üretimi**		**Toplam**	
		g/kg lif	**KOİ mg O_2/g**	**g/kg lif**	**KOİ mg O_2/g**	**g/kg lif**	**KOİ mg O_2/g**
Düz filamentler	Non-elastomerik	10	2000	20	3000	30	2700
	Elastomerik	100	1000	50	1000	150	1000
	Örme kumaşlar için filament	10	2000	30	3000	40	2750
Tekstüre filamentler	Non-elastomerik	8	2000	20	3000	28	2700
	Örme kumaşlar için filament	8	2000	30	3000	38	2800
Kesikli lifler	Non-elastomerik	3	2000	20	3000	23	2850
	Elastomerik	50	1000	50	1000	100	1000
	Örme kumaşlar için filament	3	2000	30	3000	33	2900
Kaynak:[194, Comm., 2001]							

Tablo 8.1: Üretim prosesi sırasında liflere ve ipliklere aplike edilen yardımcı maddelerin yüklerine genel bakış

8.2.1 Lif çekim çözeltisi katkı maddeleri, lif çekimi katkı maddeleri ve lif çekim banyosu katkı maddeleri

Bu grup yardımcı maddelerden, sadece ön terbiye işlemleri sırasında yıkanarak uzaklaştırılanlara değinilmektedir. Bu bakımdan, viskoz lifleri üretimi sırasında kullanılan ve "modifikatör" olarak adlandırılan katkı maddeleri önemlidirler. Uygulama alanına bağlı olarak aplike edilen miktar, kg lif başına 5 mg ile birkaç gram arasında değişmektedir. Bunlar özellikle, molekül ağırlığı 1500 civarında olan etoksillenmiş yağ aminleri veya polietilenglikol eterlerden oluşmaktadırlar. Ön terbiye işlemleri sırasında, bu maddelerin % 90´ından fazlası yıkanarak uzaklaştırılmaktadırlar.

8.2.2 Lif çekimi için preparasyon maddeleri

Bu preparasyon maddeleri (özellikle sulu çözeltiler olarak), kimyasal liflerin üretimi sırasında, lif çekiminin hemen ardından uygulanmaktadırlar (bkz. Bölüm 2.2). Bunlar, daha sonra yapılan gerdirme, büküm, çözgü çekme, tekstüre ve iplik eğirme işlemlerini (kesikli liflerden iplik üretimini) kolaylaştırmaktadırlar.

Preparasyon maddeleri, sadece lifler arasında değil, aynı zamanda lifler ile makinelerin kılavuz elemanları arasında da, kimyasal liflere gerekli özellikleri (optimal sürtünme, elektrostatik yüklenmenin önlenmesi ve multifilament ipliklerde kohezyon) kazandırmaktadırlar.

Genellikle formülasyonlarda emülgatörler zaten bulunduğu için veya lubrikant moleküllerinin kendileri emülsifiye etme sistemleri olduklarından, kullanılan maddeler suyla yüksek afiniteye sahiptirler.

Aplike edilen miktarlar ve uygulanan formülasyonların özellikleri:
- tekstüre olmayan filament lifler için (Tablo 8.2)
- tekstüre filament lifler için (Tablo 8.3)
- kesikli lifler için (Tablo 8.4)

verilmektedir.

Tekstil lifi	Aplike edilen miktar (g/kg tekstil lifi)	Açıklamalar
PES	5-10	% 40 - 70'ini lubrikantların kendileri oluşturmakta, geri kalan kısmını da, emülgatörler (yağ alkolleri ve yağ asitleri etoksilatlar, sülfolanmış bitkisel yağlar gibi non-iyonik ve anyonik yüzeyaktif maddelerin karışımları), ıslatıcılar (kısa zincirli alkilfosfatlar) ve antistatik maddeler (örneğin, fosforpentaoksitlerin mono ve diesterleri, sarkositler, aminoksitler ve sülfosüksinatlar) oluşturmaktadır
PA	8-12	Yukarıdaki ile aynı bileşimde
CA CV	20 10	Formülasyonlardaki lubrikant oranı yaklaşık % 60 - 85'dir. PES ve PA lifleri için kullanılanlardan daha düşük derecede rafine edilmiş madeni yağlar kullanılabilmektedir
PP	5-15	Preparasyon maddeleri, % 100 yüzeyaktif maddelerden (tipik olarak % 90 alkoksitlenmiş bileşenler ve % 10 da anti-elektrostatik olarak fosforik esterler ve katkı maddelerinden) oluşmaktadırlar
EL	30-70	Preparasyon maddeleri, ağırlıklı olarak dimetil polisiloksanlardan oluşmaktadırlar
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Belirtilen aplikasyon miktarları, aplike edilen sulu emülsiyonların miktarlarını değil, aktif madde miktarlarını belirtmektedirler		

Tablo 8.2: Tekstüre olmayan filament ipliklere (düz ipliklere) aplike edilen preparasyon maddesi miktarları

Tekstil lifi	Aplike edilen miktar (g/kg tekstil lifi)	Açıklamalar
PES	3 - 8	Lif çekimi preparasyon maddeleri, % 50-90 EO/PO katkı ürünlerinden oluşmaktadırlar. Düz filamentlerde olduğu gibi, bunlar da non-iyonik ve anyonik bileşenler içermektedirler (bkz. Tablo 8.2)
PA	3,5 - 5,5 7 - 12	Preparasyon maddeleri, ester yağları esaslı veya EO/PO katılım ürünleri esaslıdırlar (madeni yağlar kullanılmamaktadır). Halı ipliklerine aplike edilen miktar. Eskiden preparasyon maddeleri emülsifiye olmuş madeni yağlardan oluşmaktaydılar, fakat bugün bu formülasyonlar çok nadir olarak kullanılmaktadırlar. Bunların yerini, non-iyonik yüzeyaktif maddeler ile birlikte uygulanan ester yağları (trimetilolpropan ester ve pentaeritril ester) almışlardır
PP	8 - 12 8 - 15	Preparasyon maddeleri, % 100 yüzeyaktif maddelerden oluşmaktadırlar (düz filamentlerde kullanıldığı gibi-bkz. Tablo 8.2) Halı ipliklerine aplike edilen miktar
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Belirtilen aplikasyon miktarları, aplike edilen sulu emülsiyonların miktarlarını değil, aktif madde miktarlarını belirtmektedirler		

Tablo 8.3: Tekstüre filament ipliklere (tekstüre ipliklere) aplike edilen preparasyon maddesi miktarları

Tekstil lifi	Aplike edilen miktar (g/kg tekstil lifi)	Açıklamalar
PES - CO-tipi - WO-tipi	 1 - 1,8 2 - 2,5	Bunlar, % 50-80 fosforik esterler ve bunların tuzlarından ve % 20-50'de yağ asit etoksilatları ve yağ alkol etoksilatları gibi non-iyonik yüzeyaktif maddeler ve çok az miktarlardaki çeşitli katkı maddelerinden oluşmaktadırlar
PA	4 - 6	Kesikli PA lifleri genellikle halı iplikleri için kullanılmaktadırlar. Bunlar için kullanılan preparasyon maddeleri, PES için kullanılanlara benzer bileşimlere sahiptirler. Reçetelerde madeni yağlar ve ester yağları da bulunabilmektedir
CV	3-6	Non-iyonik yüzeyaktif maddeler (yağ asit etoksilatlar) kullanılmaktadırlar; yağ asidi sabunları ve fosforik ester tuzları da tipik ilave bileşen örnekleridirler
PP	5-10	Filament iplikler için kullanılan formülasyonlar ile aynı bileşime sahiptirler (bkz. Tablo 8.2)
PAC	3-8	Çeşitli tiplerde formülasyonlar kullanılmaktadır (örneğin, poliamin yağ kondensatları, kısa zincirli kuarterner amonyum bileşikleri). Bu bileşikleri daha sonraki işlemlerde uzaklaştırmak zordur. Hem anyonik sistemler, hem de non-iyonik sistemler kullanılmaktadır (PES için kullanılanlarla aynı olarak)
Kaynak: [179, UBA, 2001] Notlar: Belirtilen aplikasyon miktarları, aplike edilen sulu emülsiyonların miktarlarını değil, aktif madde miktarlarını belirtmektedirler		

Tablo 8.4: Kesikli kimyasal liflere aplike edilen preparasyon maddesi miktarları

8.2.3 İplik eğirme için preparasyon maddeleri (kondisyonlama maddeleri ve harman yağları)

Bu maddeler için açık bir tanımlama yoktur. Aşağıda yün için preparasyon maddeleri "harman yağları" olarak adlandırılırlarken, sentetik kesikli liflerden ve pamuktan iplik üretimi için kullanılan preparasyon maddeleri, kondisyonlama maddeleri olarak adlandırılmaktadırlar.

Lifler önceden ağartma veya boyama işlemlerine maruz kalmışlar ise, sentetik liflerden iplik eğrilmesi sırasında da kondisyonlama maddelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Zira liflere başlangıçta uygulanan miktar, ağartma veya boyama işlemleri sırasında kayba uğramaktadır.

Sentetik lifler için kullanılan kondisyonlama maddelerinin kimyasal bileşimi, kesikli liflerin lif çekiminde kullanılan preparasyon maddelerinin bileşimine benzemektedir (bkz. Tablo 8.4). Aplike edilen miktarlar ise 1 kg elyaf için 1 ile 10 g arasında değişmektedir.

İplik üretimi sırasında mekanik işlemlerin etkinliğine yardımcı olmak için, yün liflerine harman yağları aplike edilmektedir. Bunlar, genellikle sulu emisyon halinde aplike edilmektedirler ve bu nedenle, emülgatör ile biyolojik saldırılardan korunmak için de biyosit içermektedirler. Emülsifikasyon sistemleri, çoğunlukla APEO esaslıdırlar [66,CRIT,1999], fakat diğer kaynaklara göre ([32, ENco, 2001]) artık büyük tedarikçiler, alkilfenol etoksilatların yerine düz zincirli alkol etoksilatları kullanarak, bunları elimine etmeye çalışmaktadırlar.

Harman yağları, yünün sentetik lifler ile karışımlarına uygulandığında, bir antistatik maddeye de ihtiyaç duyulmaktadır.

Yün ve yünün sentetik liflerle karışımları ile ilgili olarak kullanılan harman yağlarının dört ana tipi tanımlanabilmektedir [32, ENco, 2001]:

- rafine edilmiş madeni yağlar (<% 1 poliaromatik içerikli) ile bir emülsifikasyon sisteminin karışımından oluşan, emülsifiye olabilen madeni yün yağları
- rafine edilmiş madeni yağlar ile sabunlaşabilen yağların ve bir emülsifikasyon sisteminin karışımından oluşan, suda disperse olabilen yağlar (bazen "Süper Madeni Yağlar" veya "Yarı Sentetikler" olarak adlandırılmaktadırlar). Bu formülasyonlar, emülsifiye olabilen yün yağlarından daha yüksek oranda emülgatör içermektedirler
- polietilen-polipropilenglikollerden oluşan, suda çözünebilir sentetik yağlar. Bu yağlar, özellikle ipliklerin ön terbiyesi boyama banyosunda yapılacaksa kullanışlı olmakta, fakat ön terbiyesi ayrı bir işlemle yapılacak olan ipliklerde de kullanılabilmektedirler
- diğerlerinden farklı olarak daha az miktarlarda kullanılan ve iplikler halı haline getirildikten sonra da liflerin üzerinde kalan, kuru eğirme yağları (sadece halı iplikleri için - bkz. Bölüm 2.14.5.1). Bu materyaller genellikle daha yüksek oranlarda antistatik madde içermektedirler.

Pamuk, viskon ve yün için uygulanan aplikasyon miktarları, Tablo 8.5'te verilmektedir.

Tekstil lifi	Aplike edilen miktar (g/kg tekstil lifi)	Açıklamalar
WO ve CV-yün-tipi; (şapel lif uzunluğu > 60 mm)	30 - 50	Karde ipliklerin "yağlı eğrilmeleri" sırasında uygulanan aplikasyon miktarı
	8 - 10	Ardından boyama yapılmayan karde ipliklerin "kuru eğrilmeleri" sırasında uygulanan aplikasyon miktarı
	<10	Yarı-kamgarn ipliklerin eğrilmesi sırasında uygulanan aplikasyon miktarı (% 1'den daha az düzeydeki yağ, normal olarak boyama öncesinde iplikten uzaklaştırılmamaktadır)
CO veya CV	4	Çoğunlukla beyaz yağ ve ester yağları (% 30 - 40) ve non-iyonik yüzeyaktif madde içeren pek çok reçete kullanılmaktadır. Madeni yağ içermeyen sistemler de mevcuttur.
Kaynak:[179, UBA, 2001] Notlar: Belirtilen aplikasyon miktarları, uygulanan sulu emülsiyon miktarlarına değil, aktif madde miktarlarını belirtmektedirler		

Tablo 8.5: Pamuk, viskon ve yüne uygulanan kondisyonlama maddeleri ve lubrikant miktarları

Boyanmış ipliklere veya elyafa başka işlemlerin uygulanması planlanıyorsa, tekstil terbiye işletmesinde, boyama çıkışında kesintili olarak ilave kondisyonlama maddesi (3-5 g/kg) aplike edilmektedir. Bu uygulamada, PES ve PA için çektirme oranları çok düşük (% 10-30) olabilmektedir. Diğer taraftan, bu oran CO ve PAC için nispeten yüksektir (>% 80).

8.2.4 Bobinleme yağları, çözgü ve büküm yağları

Kesikli liflerden üretilen ipliklerde olduğu kadar, düz ve tekstüre filament ipliklerin de, bobinleme, büküm ve çözgü çekme gibi işlemleri için, yüzey düzgünlüğünü arttırmak, yağlama etkisi ve antistatik özellikler sağlamak amacıyla kimyasal maddelerin kullanılması gerekmektedir.

Bobinleme, çözgü çekme ve büküm işlemlerinde ve tekstüre işleminden sonra filamentlere aplike edilen yağlar (bazen overlay yağları olarak isimlendirilen), % 70-95 beyaz yağ ile özellikle yağ alkolleri ve yağ asidi etoksilatları olmak üzere, % 5-30 kadar da non-iyonik yüzeyaktif madde içermektedirler. Büküm yağları, genellikle beyaz yağlara nazaran biyolojik olarak daha fazla parçalanabilen ester yağlarından oluşmaktadırlar. Ester yağları özellikle, termofiksaj sırasında buharlaşmanın önlenmesinin veya azaltılmasının istendiği durumlarda kullanılmaktadırlar.

Büküm yağlarının aplikasyon miktarı, daha sonraki işlemlere ve ipliğin hacmine bağlıdır. Bu miktar, PES için 5-30 g/kg arasında (ortalama 15 g/kg) değişmektedir. Normal PA tipleri için aplikasyon miktarı 5 g/kg iken, yüksek elastikiyetli PA tipleri için aplikasyon miktarı ise, 15-20 g/kg'dan daha yüksektir. İthal edilen kumaşlardaki bobinleme yağı aplikasyon miktarlarının, 50 g/kg'ın üzerinde olabildiği bildirilmektedir.

Çözgü yağları ve büküm yağları için aplikasyon miktarları yaklaşık 5 g/kg'dır.

8.2.5 Örgü yağları

Örgü makinesi iğnelerinin, örgü makinesi yağı denilen yağlarla yağlanmaları gerekmektedir. Makinedeki kayıplardan dolayı, bu yağlar örgü kumaşta kalmaktadırlar (lif

ağırlığının yaklaşık % 4-8'i kadar). Bugün artık sentetik yağ bazlı ürünlerin kullanılıyor olması gerekiyorsa da, pratikte madeni yağ bazlı formülasyonların kullanımı da halâ yaygındır. Bu da, bunların emülsifiye olabilmeleri için yıkama banyolarına yüzeyaktif madde ilave edilmesi gerekliliği anlamına gelmektedir.

8.3 Haşıl maddeleri

Bu bölümde bulunan bilgiler:
- en yaygın haşıl maddelerinin özellikleri
- farklı liflere uygulanılan haşıl maddelerinin tipik miktarları (Tablo 8.6)
- en yaygın haşıl maddeleri için özgül KOİ ve $BOİ_5$ değerleridir (Tablo 8.7).

Nişasta

Nişasta, en yaygın doğal haşıl maddesidir ve başta mısır ve patates olmak üzere, çeşitli maddelerden elde edilebilmektedir. Bu haşıl maddesi, yüksek performanslı dokuma fabrikaları için her zaman uygun değildir. Düşük sıcaklıklarda bekletildiklerinde, bu maddeler katılaşarak pelte oluşturma ve hidratasyon suyunu kaybetme eğilimindedirler (retrogradasyon). Bu retrogradasyon, kötü depolama özelliklerine, kabuk oluşumuna, silindirlerde tortuların oluşumuna ve yapışma dayanımının düşük olmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak doğal nişasta, formülasyonlarda yaygın olarak diğer haşıl maddeleri ile birlikte kullanılmaktadır [186, Ullmann's, 2000].

Nişasta, biyolojik olarak tamamen uzaklaştırılabilmektedir, fakat suda az olarak çözülebildiğinden hayvansal ve bitkisel enzimlerin etkisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu enzimler, nişastayı, hidrofilleştirmeden önce yıkanarak uzaklaştırılabilen suda-çözülebilir şekerlere ayrıştırmaktadırlar. Sonuç olarak nişasta geri dönüştürülememektedir ve terbiye işlemleri atık sularındaki KOİ yükünün büyük bir kısmından sorumlu olmaktadır. Bunun dışında nişasta, diğer haşıl maddeleri ile kıyaslandığında, zayıf haşıllama etkisi sebebiyle, karboksimetilselüloz miktarının yaklaşık iki katı kadar aplike edilmekte ve bu nedenle de atık sulardaki KOİ değerlerinin yüksek olmasına yol açmaktadır.

Nişasta türevleri

Nişasta türevleri, dekstrinler, nişasta esterleri ve nişasta eterlerini içermektedir. Bunların retrogradasyon eğilimleri nişastaya nazaran önemli miktarda daha düşük olduğundan, giderek doğal nişastanın yerini almaktadırlar.

En yaygın olarak kullanılan nişasta esterleri, fosforik asitli (fosfat nişastaları) ve asetik asitli esterlerdir (asetil nişastaları).

En önemli üç nişasta eteri, hidroksietil, hidroksipropil ve karboksimetilnişastalardır.

Eter esaslı nişastalar biyolojik olarak daha zor parçalanırlarken, ester esaslı nişasta türevleri biyolojik olarak büyük ölçüde azaltılabilmektedirler. Buna rağmen, uygulanabilen kimyasal modifikasyonlar sayesinde, biyolojik olarak tamamen parçalanan iyi haşıllama maddelerinin üretimi de mümkün olmaktadır.

Doğal nişastaya benzer şekilde, nişasta türevlerinin de CMC veya sentetik haşıl maddeleri miktarlarının yaklaşık iki katı kadar aplike edilmeleri gerekmektedir. Bu da, atık sulardaki KOİ yüklerinin daha yüksek olmasına yol açmaktadır.

Selüloz türevleri (karboksimetilselüloz)

Sodyumkarboksimetilselüloz (CMC), suda çözülebilir haşıl maddesi olarak kullanılan tek selüloz türevidir. CMC, selülozun sodyumhidroksit ve sodyumkloroasetat ile reaksiyona girmesi ve bu esnada selüloz polimerlerinin kısmen depolimerize olmaları sonucunda oluşmaktadır.

CMC, pamuk için kullanılan nişasta haşıllarının adhezyonunu arttırmak için tercih edilen bir katkı maddesidir. Bunun zincir uzunluğu ve substitüsyon derecesi, biyolojik olarak indirgenme derecesini etkilemektedir. Buna rağmen, karboksimetilselülozun (CMC), çok zor parçalanabilenler sınıfında yer alması gerekmektedir.

UBA'ya göre, yedi günün sonunda başlangıç miktarının sadece % 20'si elimine edilmektedir. Ancak, CMC'un uzun bir adaptasyon periyodundan sonra (>4 hafta) ve uygun koşullarda (özellikle yüksek sıcaklıklarda) parçalanabildiği bildirilmektedir [7, UBA, 1994]. UBA tarafından bildirilen diğer kaynaklarda, yedi günün sonunda biyolojik olarak parçalanma oranının % 60'a eriştiği ifade edilmektedir.

Galaktomannan türevleri

Hidroksipropil- ve karboksimetilgalaktomannan türevleri suda çözülebilmekte ve bunların yıkanarak uzaklaştırılmaları kolay olmaktadır. Genel olarak biyolojik parçalanma oranları da yüksek seviyelere (% 90'dan daha yüksek) ulaşabilmektedir. Ancak, diğer özellikleri gibi, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri de molekül ağırlıkları ve mannoz/galaktoz oranı ile önemli miktarda değişebilmektedir.

Polivinilalkoller (PVA)

Vinilalkol monomerleri var olmadığından, poli(vinilalkol), poli(vinilasetat)ın hidrolizi yoluyla üretilmektedir.

Haşıllama özelliklerini belirleyen parametreler, polimerizasyon derecesi ve hidroliz derecesidir. Yaklaşık % 88 hidroliz derecesi ile kısmen hidrolize olmuş ve yaklaşık % 98 hidroliz derecesi ile tamamen hidrolize olmuş tip olmak üzere, iki tipi bulunmaktadır.

Suda maksimum çözünürlük gösterdikleri ve PES gibi polar olmayan liflere kuvvetli bir şekilde tutunduklarından, haşıl maddesi olarak kısmen hidrolize olmuş PVA tiplerinin kullanılması tercih edilmektedir. Haşıl maddesi olarak bu konvansiyonel poli(vinilalkol) tiplerine ek olarak, metilmetakrilat veya karboksil grupları içeren komonomerler ile oluşturulan kopolimerler de kullanılmaktadırlar.

Polimerizasyon derecesi ve hidroliz derecesi, çeşitli polivinilalkol tiplerinin biyolojik olarak parçalanabilirlikleri arasında önemli farklılıklara neden olmaktadır. PVA, mikroorganizmalar için kuvvetli toksik etkiye sahip değildir ve nitrifikasyona yol açmamaktadır. PVA, çamurun adaptasyonundan sonra biyolojik parçalanmayla tamamen elimine edilebilmektedir. % 90'lık bir indirgenme için gerekli koşullar: nispeten yüksek konsantrasyonlar (20 mg/l), 18 ^{0}C'un üzerindeki sıcaklıklar ve uzun bir süre için düzenli bir yüktür (kış aylarında ve tatiller sırasında problemler meydana gelebilmektedir) [7, UBA, 1994]. Bu tür adaptasyonlar gerçekleştirildiğinde, PVA biyolojik olarak iyi elimine edilebilirliğe sahip olarak sınıflandırılabilmektedir.

Poli(met)akrilatlar

Poli(met)akrilatların kimyasal yapıları önemli farklılıklar göstermektedir (polimeri oluşturabilen bloklar: akrilik asit, akrilik esterler, akrilamid, akrilonitril, metakrilik asittir)

ve bu nedenle çok geniş bir uygulama alanına sahiptirler. Metakrilik asit ve tuzları ile akrilamid gibi hidrofilik monomerler, polar liflere iyi adhezyon göstermekte ve bunların yıkanarak uzaklaştırılmaları kolay olmaktadır. Akrilik esterler gibi hidrofobik monomerler ise, haşıl filminin elastikiyetini artırmakta ve atık sudan uzaklaştırılmayı kolaylaştırmaktadırlar.

Poli(metakrilatlar), bir adaptasyon periyodundan sonra bile biyolojik olarak parçalanmamaktadırlar. Hidrofilik polielektrolitler olarak davrandıkları için, hidrofilik ürünler sulu fazdan elimine bile edilememektedirler.

Ester bazlı poli(metakrilatlar), bir gelişme göstermektedirler. Bu durumda poli(metakrilatlar), hidrofobik grupların varlığı nedeniyle, 6-9 saatlik bir süre sonunda (daha uzun süreler işlemi garantilemektedir) çamura adsorbsiyon sayesinde biyolojik olarak % 90 elimine edilebilmektedirler [18, VITO, 1998]. Ancak biyo-eliminasyon eğrisinin, eliminasyon mekanizmaları ile ilgili bazı sorunları (eliminasyon mekanizmaları açık değildir) akla getirdiğini vurgulamakta fayda vardır.

Poliesterler

Poliesterler, genellikle dioller (örneğin, etilenglikol, dietilenglikol) ile aromatik dikarboksilli asitlerin ve sülfolanmış aromatik dikarboksilik asitlerin (bunlar, suda çözünürlük ve disperse olabilirliği sağlamakta ve daha ziyade boyanabilirliği geliştirmek amacıyla katılmaktadırlar) kondenzatlarıdır.

Bunların biyolojik olarak parçalanabilirlikleri iyi değildir, fakat biyolojik olarak belirli derecede elimine edilmektedirler [77, EURATEX, 2000]. Ağırlıklı olarak düz filament ipliklerin haşıllanmasında kullanılmaktadırlar. Bunlar poliester karışımlarından oluşan ştapel iplikler için kullanılan haşıllarda diğer haşıl maddeleriyle birlikte de kullanılmaktadırlar.

Tekstil lifi	Aplike edilen miktar (g/kg çözgü ipliği)	Açıklamalar
Stapel lifler		
- CO ve CO/PES	80-200	Haşıl maddesi olarak, nişasta ve nişasta türevleri, bir çok durumda PVA, CMC veya poliakrilatlar ile birlikte kullanılmaktadırlar. Bu uygulamalarda nişasta/nişasta türevlerinin sentetik haşıl maddelerine oranı genellikle 3:1 ve hava jetli dokuma makineleri için de 1:1 olmaktadır. Uygulanan miktarlar özellikle çözgü ipliklerinin yoğunluğuna ve haşıl maddesinin cinsine bağlıdır (nişasta/nişasta türevleri için önemli derecede (150-200 g/kg) daha yüksektir).
- CV	40-120	Uygulanan miktar ortalama 60 g/kg'dır. Genellikle mevcut tüm haşıl maddelerinin kombinasyonları uygulanmaktadır, örneğin, poliakrilatların CMC ve/veya nişasta türevleri ile birlikte kullanılması gibi
- WO	0-20 (2)	Yün içeren dokuma kumaşlar genellikle katlı bükümlü iplik ile üretildiklerinden, dokuma prosesi için çözgü ipliklerinin haşıllanmasına ihtiyaç yoktur. Tek katlı ipliklerde (pratikte çok önemli değil) 200 g/kg'a kadar nişasta/nişasta türevleri (%80) ile sentetik haşıl maddeleri birlikte uygulanmaktadırlar.
Filament iplikler		
- PES	40-60	Düz PES ipliklerin % 90'ı için poliester haşıl maddeleri (disperse olabilen) kullanılmakta; geriye kalan kısım da, modifiye PVA ve poliakrilatlar ile haşıllanmaktadır.
	80-120	Tekstüre iplikler için uygulanan miktardır; poliester haşıl maddeleri yaklaşık 80 g/kg, PVA yaklaşık 120 g/kg ve poliakrilatlar da yaklaşık 100 g/kg olarak uygulanmaktadırlar
- PA	20-50	Haşıl maddesi olarak poliakrilik asit kullanılmaktadır; 50 g/kg, sadece çok ince kumaşlar için uygulanmaktadır
- CV	15-30	Çoğunlukla, haşıl maddesi olarak poliakrilatların kullanıldığı astarlar için
- CA	15-60	Poliakrilatlar ve polivinilasetat kullanılmaktadır.

Kaynak: [179, UBA, 2001]
Notlar:
(1)rakamlar % 60 çözgü ipliği ile dokunan kumaşlara aittir.
(2)parafin olarak

Tablo 8.6: Farklı tekstil maddelerine uygulanan haşıl maddesi miktarları

Farklı tekstil maddeleri için kullanılan haşıl maddelerinin aplikasyon miktarlarının bilinmesi durumunda, özgül $BOİ_5$ ve KOİ değerleri de mevcutsa, organik yüklerin $BOİ_5$ ve KOİ olarak hesaplanmasını/tahminlenmesini yapmak da mümkün olmaktadır. Bu değerler Tablo 8.7'de verilmektedir.

Haşıl maddesi cinsi	Özgül KOİ-değeri (mg O_2/g)	Özgül $BOİ_5$ –değeri (mg O_2/g)
Nişasta	900-1000 *1	500-600
CMC	800-1000 *1	50-90
PVA	yaklaşık 1700 *1	30-80 *2
Poliakrilatlar	900-1650	< 50
Galaktomannanlar	1000-1150 *1	400
PES-dispersiyonları	1450-1700	<50
Protein haşıllama maddeleri	1200	700-800
Kaynak:[179, UBA, 2001] Notlar: *(1)Ürünün normal nem içeriği göz önünde tutularaktan *(2)Adapte olmamış "aşı" için		

Tablo 8.7: En yaygın haşıl maddeleri için özgül KOİ ve $BOİ_5$ değerleri

8.4 Deterjanlar/ ıslatıcılar

Bu yardımcı maddeler, ağırlıklı olarak ön terbiye işlemlerinde (hidrofilleştirme, merserizasyon, ağartma):

- tekstil materyalinin tam olarak ıslatılmasını
- lipofilik safsızlıkların emülsifikasyonunu
- çözünmeyen maddelerin ve parçalanma ürünlerinin dispersiyonunu

sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar.

Bu amaçla daha sıkça kullanılan bileşikler, non-iyonik ve anyonik yüzeyaktif maddelerdir (bkz. Bölüm 8.1). Piyasada mevcut bazı ürünler için örnekler Tablo 8.8'de listelenmektedirler.

Sınıf	Piyasada mevcut ürünlere örnekler	Biyolojik olarak parçalanabilirlik (1)	Biyolojik olarak elimine edilebilirlik (2)
Non-iyonik	Alkol ve yağ alkolleri etoksilatlar	> % 90	% 80 – 85
	Yağ asitleri etoksilatlar	> % 90	% 80 - 85
	Alkilfenol etoksilatlar (APEO'lar)	~ % 60	% 54 -58 (toksik metabolitler)
	Yağ aminleri etoksilatlar	% 60 - 80	% 72 - 73
Anyonik	Alkilsülfonatlar	> % 98	
	Alkilarilsülfonatlar	> % 98	
	Alkilsülfatlar	> % 98	
	Dialkilsülfosüksinatlar	> % 98	
	Alkilkarboksilatlar (örneğin sodyum palmitat,-stearat)	> % 98	
	Sülfatlanmış alkanolamidler	saptanmadı	
Notlar: (1) OECD-testi 301E (2) OECD-testi 302B Kaynak: [77, EURATEX, 2000], [218, Comm., 2000]			

Tablo 8.8: Deterjan/ıslatıcı olarak kullanılan tipik bileşikler

8.5 Kompleks oluşturucu maddeler içeren yardımcı maddeler

Toprak alkali metallerin (kalsiyum ve mağnezyum) ve/veya diğer metallerin (özellikle demir) iyonlarının varlığı, sadece ön terbiye işlemlerinde değil, boyama da dahil çeşitli yaş

işlemlerde önemli olumsuz etkilere neden olabilmektedirler. Tekstil terbiye işletmelerinde saflaştırılmış ve yumuşatılmış su kullanılmaktadır, fakat genellikle bu da yeterli olmamakta ve flottelere kompleks oluşturucu maddeler içeren özel yardımcı madde formülasyonlarının katılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu etkiye sahip yardımcı maddeler, çoğunlukla uygulandıkları özel işleme göre sınıflandırılmaktadırlar (*ekstraktantlar, kompleks oluşturucu maddeler/dispersantlar, vs.*). Genellikle kullanılan kompleks oluşturucu maddeler, EDTA, NTA, DTPA, fosfonik asit ve glukonik asit türevleridir.

Kompleks oluşturucu maddeler içeren yardımcı maddelerin diğer bir önemli kategorisini de *hidrojenperoksit stabilizatörleri* oluşturmaktadırlar. Hidrojenperoksidin kontrolsüz bozuşması, OH^* radikalleri oluşumunu arttırmaktadır. Bu radikaller selüloz liflerine zarar vermekte, hidroksil gruplarının oksidasyonu ile başlayan ve sonuçta polimerizasyon derecesini düşüren reaksiyonlarla, selüloz moleküllerinin parçalanmasına neden olmaktadırlar. Bu reaksiyonlar, demir, mangan, bakır ve kobalt gibi ağır metaller tarafından katalizlenmektedirler.

Bu reaksiyonları engellemek için, genellikle kompleks oluşturucu maddeler içeren ağartma stabilizatörleri kullanılmaktadır. Tipik stabilizatörler, EDTA, DTPA, NTA, glukonatlar, fosfonatlar ve poliakrilatlardır.

Kompleks oluşturucu maddelerle ilgili çevresel problemler, kompleks oluşturucuların kullanılma amaçları ile aynı olan, yani ağır metaller ile kararlı kompleksler oluşturabilme yetenekleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Özellikle EDTA, NTA ve DTPA çok kararlı metal kompleksleri oluşturmaktadırlar. EDTA ve DTPA, ayrıca elimine edilebilirlikleri zayıf olan bileşiklerdir. Bu nedenle, bunların genel atık su arıtma sisteminden parçalanmadan geçebilmeleri ve sonuçta arıtmadan çıkan su içerisinde metallerin serbest kalması veya ağır metallerin sulu ortam kalıntılarında yeniden harekete geçebilmeleri riskleri bulunmaktadır.

NTA biyolojik olarak parçalanabilmektedir (atık su arıtma tesislerinde nitrifikasyon koşulları altında işleme tabi tutulduğunda) ve son çalışmalar bunların sulu ortam kalıntılarında ağır metallerin yeniden harekete geçmesi olayında hiç veya küçük bir role sahip olduklarını göstermiştir [280, Germany, 2002].

Kompleks oluşturucu maddeler olarak kullanılan diğer organik maddelerle ilgili olarak, glukonatlar biyolojik olarak parçalanabilmekte iken; fosfonatlar biyolojik olarak parçalanamamakta, fakat biyolojik olarak elimine edilebilmektedirler (fotokatalitik parçalanma da gözlenmektedir [77, EURATEX, 2000]).

8.6 Boya yardımcı maddeleri

8.6.1 Genel özellikler ve çevresel yaklaşımlar

Yardımcı maddeler, boyama işlemlerinde kullanılmaları zorunlu olan bileşiklerdir. Bu bölümde, boyama işlemine yardımcı olmak için en yaygın olarak kullanılan yardımcı maddeler tanımlanmaktadırlar. Boyama işlemindeki görevlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilmektedirler:

- ıslatıcılar, penetrasyon maddeleri
- dispergatörler
- egaliz maddeleri
- pH ayarlayıcı maddeler
- köpük önleyici maddeler
- carrierlar

Örneğin, boyama işlemlerinde genellikle kullanılan, fakat aynı zamanda diğer işlemlerde de karşılaşılan kompleks oluşturucu maddeler gibi diğer yardımcı maddeler, bu ekin diğer bölümlerinde açıklanmaktadırlar.

Ticari ürünler, genelde çeşitli bileşikler içeren preparatlardır. Bunlar ağırlıklı olarak yüzeyaktif maddelerdir, ancak suda çözülebilen polimerler, oligomerler ve polimer dispersiyonları gibi yüzeyaktif olmayan maddeler de sıkça kullanılmaktadırlar.

Boya yardımcı maddeleri, birkaç istisna dışında, atık sulara bırakılmaktadırlar. Bunlardan bazıları biyolojik olarak parçalanabilirlerken (örneğin, yağ alkol etoksilatları, düz zincirli alkilbenzen sülfonatlar), diğerlerinin biyolojik olarak parçalanabilirlikleri zayıftır, ancak bunlar suda az miktarda çözünmekte ve bu nedenle atık su arıtma tesislerindeki aktif çamurlara adsorbe olarak yüksek oranda elimine edilmektedirler. Bununla beraber, suda çözünebilen ve atık su sistemlerinde iyi elimine edilemeyen maddelerin bir listesi de bulunmaktadır. Bu kategoriye ait olan ve boya yardımcı maddeleri olarak sıklıkla karşılaşılan bileşikler aşağıda listelenmektedirler:

	Ek açıklamalar
- Beta-naftalin sülfonik asitler ve formaldehitin kondenzasyon ürünleri	Formaldehit ile naftalin sülfonik asidin modifiye kondenzasyon ürünlerinin, OECD 302 B test metoduna göre, biyolojik olarak % 70 civarında elimine edilebildikleri bildirilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.3)
- Linyin sülfonatlar	
- Akrilik asit-maleik asit kopolimerleri	Eliminasyon oranı, atık sudaki Ca^{++} iyonlarının içeriğine bağlıdır
- o-fenilfenol türevleri - metilnaftalin türevleri	Sulardaki canlı türleri için de toksiktirler
- Siyanamid-amonyum tuzu kondenzasyon ürünleri	
- Polivinilpirolidonlar	
- Kuarterner amonyum bileşikleri	Sulardaki canlı türleri için de toksiktirler
- Etoksillenmiş yağ aminleri	
- Alkilfenol etoksilatlar	Alkilfenol etoksilatların metabolitlerinin, sudaki canlı türlerinin endokrin sistemlerini bozarak üremelerini etkiledikleri bildirilmektedir (bkz. Bölüm 8.1)
- Triklorbenzenler veya diklortoluenler gibi klorlanmış aromatik bileşikler (carrierlar)	Yüksek toksisite ile de karakterize edilmektedirler
- Bifenil türevleri (carrierlar)	Yüksek toksisite ile de karakterize edilmektedirler

8.6.2 Islatma, penetrasyon ve hava giderme maddeleri

Bu grup ürünleri teknik görevleri açısından tanımlamak oldukça zordur. Islatıcılar ve hava giderme maddeleri genellikle aynı görevi gerçekleştirmektedirler: bunlar, boya banyosuna sokulan tekstil ürünündeki havanın uzaklaştırılmasını sağlamaktadırlar. Penetrasyon maddelerinin kullanımı, yüksek bükümlü ipliklerin boyanmasında, boyanın ipliklerin içine nüfuzunu arttırmak için gerekmektedir. Bu bakımdan, penetrasyon maddelerinin aslında egaliz maddeleri olduğu da söylenebilmektedir. Bu sınıftaki tüm ürünler, daima güçlü yüzeyaktif maddelerdir.

Yaygın olarak kullanılan ticari ürünler, alkol poliglikol eterler ve esterler (alkansülfonlar ile karışım olarak da) gibi, daha ziyade biyolojik olarak elimine edilebilen bileşiklerdir, ancak etoksillenmiş aminler gibi, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri zayıf ürünlerle de karşılaşılabilmektedir.

8.6.3 Dispergatörler

Küp, dispers ve kükürt boyalarının formülasyonlarında, bu renklendiricilerin sulu dispersiyonlar halinde aplike edilmelerini sağlayan dispergatörler bulunmaktadır. Dispersiyonların stabilitesini boyama (veya baskı) işlemi süresince sürdürebilmek için, genellikle boyama işleminin sonraki adımlarında da flotteye dispergatörler ilave edilmektedir.

Genellikle dispergatörler olarak kullanılan maddeler, naftalin sülfonik asit ile formaldehitin kondenzasyon ürünleri ve linyinsülfonatlardır. Anyonik ve non-iyonik yüzeyaktif maddeler de (örneğin, etoksillenmiş alkoller, fosfatlanmış alkoller ve naftalinsülfonatlar) aplike edilmektedirler. Bu maddelerin çevresel davranışları Bölüm 8.6.1'de bildirilmektedir. Yüzeyaktif maddeler hakkında daha fazla genel bilgi ise Bölüm 8.1'de bulunmaktadır. Günümüzde bazı boya formülasyonları için, biyolojik olarak elimine edilebilirlikleri geliştirilmiş dispergatörler de bulunmaktadır (bkz. Bölüm 4.6.3).

8.6.4 Egaliz maddeleri

Egaliz maddeleri, kesintili boyama işlemlerinde boyaların liflerin içerisinde daha uniform şekilde dağılımlarını sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Düzgünsüz boyamaların ticari bir değer taşımaması ve düzeltilmelerinin çok zor olması nedeniyle, bu maddeler boyama yardımcı maddelerinin belki de en önemli sınıfını oluşturmaktadırlar. Bunlar, farklı lif tipleri için kullanılmaktadırlar ve bu nedenle de kullanılan maddeler farklı olabilmektedir. Bununla birlikte, egaliz maddelerinin liflere afinitesi olan ürünler ve boyarmaddelere afinitesi olan ürünler şeklinde iki esas grubu bulunmaktadır. Liflere afinitesi olan ürünler, liflerdeki boyaların yerleşebileceği bölgeler için boya ile rekabet etmektedirler. Böylece, bu tip maddeler, boyanın adsorpsiyon hızını düşürmekte ve migrasyonunu arttırmaktadırlar. Boya ile gevşek bağlı kompleksler oluşturan ikinci gruba dahil maddeler, boyaların hareket kabiliyetlerini azaltmakta ve bazı durumlarda boya ve lif arasındaki elektrostatik çekim kuvvetlerini nötralize etmektedirler.

En fazla kullanılan egaliz maddeleri, aşağıda uygulandıkları lif cinsi ve boyarmadde sınıfı esasına göre ayrılarak belirtilmektedirler.

Lif	Boya	Olası bileşikler
Selüloz lifleri	Küp boyaları	Yağ alkol etoksilatlar Yağ amin etoksilatlar Poliamid aminleri Polivinilpirolidonlar
	Direkt boyalar	Etoksillenmiş yağ alkolleri, yağ aminleri, alkil fenoller, veya propilenoksit polimerleri gibi non-iyonik yüzeyaktif maddeler Yağ alkol sülfatlar ve alkilarilsülfatlar gibi anyonik yüzeyaktif maddeler Polivinilpirolidonlar
Yün	Asit, metal kompleks ve reaktif boyalar	Etoksillenmiş yağ aminleri Kuarterner amonyum bileşikleri Bisülfat anyonları $(HSO_4)^-$ Özel ürünlerde, etoksillenmiş yağ alkolleri, yağ asitleri, alkilfenol ve yağ merkaptanları gibi diğer non-iyonik yüzeyaktif maddeler de bulunabilmektedirler
Poliamid	Asit ve metal kompleks boyalar	Yün için kullanılan anyonik, katyonik ve non-iyonik yüzeyaktif maddeler Aromatik sülfonik asitlerin, alkilsülfatların kondenzasyon ürünleri (aynı zamanda PA reserve edici/ bloke edici maddeler olarak da adlandırılmaktadırlar)
	Dispers boyalar	Non-iyonik yüzeyaktif maddeler
Poliester	Dispers boyalar (HT koşullarında)	Etoksillenmiş hint yağı, stearik asit, alkilfenoller Alkoller, esterler veya orta zincir uzunluğundaki ketonların emülsifiye edici sistemlerle karışımları Eskiden egaliz maddesi olarak zararlı carrierlar kullanılmaktaydılar, bugün ise yüksek sıcaklıktaki boya proseslerinde artık kullanılmamaktadırlar
Poliakrilnitril	Bazik boyalar	C_{12}–C_{14} yağ alkil zincirlerine sahip kuarterner amonyum tuzları (retarder olarak bilinen)
		Aromatik halka sistemlerine sahip kuarterner amonyum tuzları

Tablo 8.9: Egaliz maddelerinde karşılaşılan tipik bileşikler

Bu bileşiklerin kullanımı ile ilgili çevresel etkilerin değerlendirilmesi hakkında bilgi, Bölüm 8.6.1'de verilmekte ve yüzeyaktif maddeler hakkında daha fazla genel bilgi de Bölüm 8.1'de bulunabilmektedir.

8.6.5 pH ayarlayıcı maddeler

pH ayarlayıcı veya asit donoru olarak isimlendirilen maddeler, boya banyolarının pH'ını değiştirmek için tasarlanmış sofistike ürün formülasyonlarını içermektedirler. Bunlar, hidrolize olabilen asit esterleridirler ve boyama sırasında bozuşarak progresif olarak pH'ı düşürmektedirler. pH değişimi, ısıtma sırasındaki hidroliz sonucu asit oluştukça veya asit/baz bileşenlerinden biri lif veya hava gibi diğer bir faza transfer oldukça, örneğin, amonyumsülfattan havaya amonyak çıktığında, meydana gelmektedir.

Bu maddeler, anyonik boyaların liflere absorpsiyonunu kontrol amacıyla, poliamid ve/veya yün lifleri için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bunlar, pamuk ve poliester karışımlarının reaktif ve dispers boyalar ile tek banyoda tek adımlı boyamalarında da kullanılmaktadırlar.

Ticari ürünlerde yaygın olarak, organik asit esterleri, yağ alkol etoksilatları ve aromatik sülfonatlar bulunmaktadırlar. Bunlar, genellikle biyolojik olarak iyi elemine edilebilmektedirler.

8.6.6 Köpük önleyici maddeler

Köpük oluşumunu kontrol altına almak için geliştirilen ve boyamaların nihai kalitesini etkilemeyen formüle edilmiş ürünler kullanılmaktadırlar. Çoğunlukla silikon türevi esaslıdırlar.

8.6.7 Carrierlar

Sentetik liflerin (özellikle poliester liflerinin) çektirme yöntemine göre boyamalarında kullanılan boyama hızlandırıcıları (carrier olarak isimlendirilen), dispers boyaların düşük sıcaklık koşulları altında, liflere adsorbsiyonunu ve difüzyonunu arttırmak için kullanılmaktadırlar. Bunlar, yünün yüksek sıcaklık (100 ^{0}C'ın üzerinde) koşulları altında boyamaya dayanıksız olması nedeniyle, yün/poliester lif karışımlarının boyanması için halâ önemlidirler. Tipik carrier formülasyonları, % 60-80 aktif madde ve % 10-30 emülgatör ve bazen düşük oranda organik çözgen içermektedirler.

Boya hızlandırıcıları için tipik aktif maddeler:
- halojenlenmiş benzenler (1,2 diklorbenzen; 1,2,4 –triklorbenzen; diklortoluen)
- alfa- ve beta-metilnaftalin, difenil, trimetil, benzen, vs. gibi aromatik hidrokarbonlar
- o-fenilfenol, benzilfenol, vs. gibi fenoller
- karboksilik asitler ve bunların metil, bütil ve benzilbenzoat gibi esterleri, metilsalisilat, ftalik asit, dimetilftalat, dibütilftalat ve dietilhegzilftalat
- N-butilftalimid gibi alkilftalamidlerdir.

Yukarıda bahsedilen maddelerin pek çoğu insanlar, su ortamı organizmaları ve atık çamurları için zehirlidirler. *Hidrofobik* carrierlar yaklaşık % 75-90 oranında lif üzerine geçerlerken, fenoller (örneğin, o-fenilfenol), benzoat türevleri, N-alkilftalimidler ve metilnaftalin gibi *hidrofilik* carrierlar ağırlıklı olarak atık suda bulunmaktadırlar. Benzoatlar (biyolojik olarak parçalanabilen) ve N-alkilftalimid türevleri (biyolojik olarak elemine edilebilen) haricinde, diğerlerinin hepsinin parçalanabilirlikleri kötüdür ve atık su arıtma tesislerinden parçalanmadan geçebilmektedirler. Diğer taraftan, tekstil materyali üzerinde kalan carrierlar (hidrofobik tipler), daha sonraki ısıl işlemler sırasında kısmen uçtuklarından, havaya emisyonlara neden olmaktadırlar.

Bugün Avrupa'da en yaygın olarak kullanılan carrierlar, karboksilik asit esterleri ve alkilftalimid türevleridirler. Ancak, metilnaftalin, mono-, di-, tri-klorbenzen, bifenil, ortofenilfenol ve benzil alkol gibi carrierların halâ kullanılmakta oldukları da bildirilmektedir [61, L. Bettens, 1999].

8.7 Baskı yardımcı maddeleri

8.7.1 Boyalarla baskı için yardımcı maddeler

Kıvamlaştırıcı maddeler

Kıvamlaştırıcı maddeler baskı patlarının önemli bileşenleridirler. Bunlar, kumaşın iplikleri arasındaki kılcal akışı önlemekte ve böylece boya difüzyonunu engellemektedirler. Geçmişte kıvamlaştırıcı olarak kullanılan yağ/su emisyonlarının yerini bugün büyük ölçüde, çözgü ipliklerinin haşıllanmasında kullanılanlara benzer formülasyonlar almışlardır. Modern kıvamlaştırıcıların standart bileşenleri, modifiye edilmemiş ve kimyasal olarak

modifiye edilmiş doğal polisakkaritler (örneğin, tohum türevleri, nişasta parçalanma ürünleri, aljinatlar) ile tamamıyla sentetik (ağırlıklı olarak poliakrilik asit esaslı) polimerlerdir. Başlangıç maddelerinin özelliklerindeki gelişmeler sayesinde, günümüzde piyasada bulunan kıvamlaştırıcıların neredeyse tamamı soğukta çözünebilir tipte kıvamlaştırıcılardır.

8.7.2 Pigment baskı için yardımcı maddeler

Kıvamlaştırıcılar

Geçmişte kıvamlaştırıcı olarak yaygın bir şekilde yağ da su emülsiyonları kullanılmaktaydı. Emülsiyon patları % 70'e kadar varan oranlarda white spirit (C_{12}–C_{50} zincir uzunluğunda alifatik hidrokarbonların karışımı) içermekteydiler ve bunlar da kurutma ve kondenzasyon fırınlarının atık havalarında uçucu organik karbon emisyonlarına neden olmaktaydılar. Yarı emülsiyon (su da yağ) baskı patları, günümüzde halâ nadir de olsa durumlarda kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte, modern kıvamlaştırıcılar da halâ % 10 kadar madeni yağ içerebilmektedirler ve bunlar da sonuçta atık havaya karışmaktadır. Uçucu çözgen içermeyen yeni nesil kıvamlaştırıcılar da geliştirilmiştir. Bunlar piyasa da tozutmayan granüller şeklinde bulunmaktadırlar [64, BASF, 1994].

Binderler

Pigmentlerin liflere afinitesi bulunmamaktadır. Bu nedenle, pigmenti kaplamak ve mekaniki aşınmalardan korumak amacıyla, baskı patlarına binderler katılmaktadır. Binderler genellikle kendi molekülleri arasında çapraz bağlar oluşturabilen ve fiksaj adımı sırasında ağımsı bir yapı oluşturan polimerlerdirler. Bunlar piyasada, ağırlıklı olarak akrilat ve nadiren bütadien ve vinilasetat esaslı sulu polimer dispersiyonlar şeklinde bulunmaktadırlar.

Fiksaj maddeleri

Özellikle PES gibi düz liflerde yaş haslıkları artırmak için bazen fiksaj maddeleri ilavesi de gerekli olabilmektedir. Bunun için melamin-formaldehit kondenzatları kullanılmaktadırlar. Formaldehit açığa çıkmasını azaltmak amacıyla günümüzde yaygın olarak, aynı kimyasal tipteki az formaldehit içeren modifiye bileşikler kullanılmaktadırlar.

Plastifiye edici maddeler

Plastifiye edici maddeler, kuru sürtme haslığını arttıran ve kumaşa pürüzsüz, kuru bir tutum kazandıran silikonlar veya yağ asidi esterleridirler.

Emülgatörler

Çok veya az çözgen (white spirit) içeren pigment baskı patlarında, çözgeni stabilize etmek için emülgatörler kullanılmaktadırlar. Bu maddeler, çözgen içermeyen pigment baskıda patlarında da, pigmentin aglomerasyonunu, şablonların tıkanması ve baskı patı bileşenlerinin ayrışmasını engellemek için kullanılmaktadırlar [186, Ullmann's, 2000]. Bu amaçla, aril- ve alkil poliglikol eterler gibi non-iyonik yüzeyaktif maddeler yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

8.8 Bitim işlemleri yardımcı maddeleri

8.8.1 Kolay-bakım bitim işlemi maddeleri

Kolay bakım bitim işlemi maddeleri, pamuk, diğer selülozik lifler ve bunların sentetik lifler ile karışımlarını içeren dokuma ve örme kumaşlara uygulanan kimyasal bitim işlemi maddeleridir. Bunların görevleri, yaş veya kuru koşullarda işlem gören selüloz içerikli kumaşların buruşma eğilimlerini azaltmak ve bu kumaşları yıkamalar sırasındaki çekmelere karşı stabilize etmektir. Bu maddeler, pamuğun ve viskozun selüloz molekülleri arasında çapraz bağlar (köprü bağları) oluşturmakta ve böylece liflerin şişme ve esneme yeteneklerini azaltmaktadırlar (kumaş, çapraz bağların oluşturulduğu andaki kırışıksız durumuna geri dönme eğilimindedir).

Bu bitim işlemlerinin çok sık kullanılan diğer adları: reçine apresi, yıka ve giy bitim işlemi, no-iron (ütülemeye gerek yok), buruşmazlık bitim işlemi (yüksek terbiyesi), vs.'dir.

Reçine bitim işlemi flotteleri için reçeteler, genellikle çapraz bağ oluşturucu bir madde, bir katalizör, bir ıslatıcı/emülgatör (ağırlıklı olarak non-iyonik yüzeyaktif madde) ve çeşitli katkı maddeleri içeren sulu çözeltiler veya dispersiyonlardan oluşmaktadırlar.

Kumaşın tutumunu geliştirmek veya çapraz bağ oluşturucu maddelerin olumsuz etkilerini karşılamak veyahutta nihai tekstil mamulüne ilave özellikler kazandırmak için kullanılan (örneğin, su-geçirmezlik maddeleri, hidrofilleştirici maddeler, vs.) katkı maddeleri arasında bir ayrım yapılması gerekmektedir. Bu bölümde sadece ilk grup katkı maddeleri tartışılmakta olup, bu bitim işlemleri için daha az spesifik olan diğer katkı maddeleri ise, bu Ek'in diğer bölümlerinde açıklanmaktadırlar.

Çapraz bağ oluşturucu maddeler

Bitim işlemlerinde asıl rolü çapraz bağ oluşturucu maddeler oynamaktadırlar: bunlar, aynı zamanda formülasyondaki en önemli bileşenlerdir (toplam preparasyonun yaklaşık % 60-70'ini oluşturmaktadırlar).

Kimyasal açıdan üç ana grup bulunmaktadır:
- melamin ve formaldehit esaslı çapraz bağ oluşturucu maddeler
- üre ve formaldehit esaslı çapraz bağ oluşturucu maddeler
- üre, formaldehit bazlı heteroçiklik maddeler ile diaminler ve özellikle glioksal gibi çeşitli diğer çapraz bağ oluşturucu maddeler.

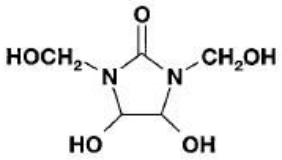
Tüm bu ürünler, serbest formaldehit ve metanol içeren emisyonlara neden olabilmektedirler. Özellikle formaldehitin kanserojen etki gösterdiği şüphesi söz konusudur. Bu nedenle, bitim işlemi maddelerinde formaldehit bulunması, sadece atık su ve atık hava için değil, ayrıca çalışma alanı için ve tekstil ürününün son kullanıcısı için de potansiyel bir risk oluşturmaktadır.

Üreticiler serbest formaldehit içeriği düşük veya çok düşük olan çapraz bağ oluşturucu maddelerin üretimi için çok çaba göstermişlerdir ve piyasada formaldehit içermeyen bir bileşik de bulunmaktadır.

Bu nedenle piyasada bulunan çapraz bağ oluşturucu maddeleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak daha doğru olmaktadır:
- formaldehitçe zengin
- az veya çok az formaldehit içeren
- formaldehitsiz.

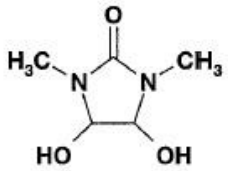
İlk grup, hidroksimetil-üre ($HOCH_2$-NH-CO-NH-CH_2OH) ve (bis(metoksimetil))-üre (CH_3OCH_2-NH-CO-NH-CH_2OCH_3) veya benzer melamin türevleri (hidroksimetil-melamin ve bis(metoksimetil)-melamin) gibi bileşikler ("kendi molekülleri arasında çapraz bağ oluşturan; reçine oluşturan" maddeler olarak adlandırılan) içermektedir.

Düşük veya çok düşük serbest formaldehit içerikleri, ağırlıklı olarak bis(hidroksimetil)-dihidroksietilen-üre (bkz. alttaki Formül) olarak bilinen molekülün türevleri esasına dayalı heteroçiklik bileşiklerle ("reaktant çapraz bağ oluşturucu" maddeler olarak adlandırılan), sağlanabilmektedir.



Bu bileşiklerin metanol ve dietilenglikol ile modifiye edilmiş türevleri, serbest formaldehit içerikleri çok düşük olan (< % 0,5, fakat şimdi < % 0,1 olan bazı ürünler de bulunmaktadır) ürünler arasında yer almaktadır.

Formaldehitsiz çapraz bağ oluşturucu madde olarak pazarda, sadece dimetil-üre ve glioksal esaslı bileşikler (bkz. alttaki Formül) küçük bir pay bulmuştur [36, BASF, 2000]. Ortamda fiksaj maddeleri ve koruyucu maddeler gibi diğer formaldehit kaynakları da bulunmadığında, bu çapraz bağ oluşturucu maddelerin kullanımıyla yapılan bitim işlemleri sonucunda, formaldehit oluşmamaktadır.



Formaldehit, metanol ve diğer uçucu organik maddelerin atık havadaki (kondenzasyon ve kurutma işlemlerinden gelen) ve çalışma alanındaki (özellikle melamin reçineleri ile) emisyonları, bu maddelerin uygulanmasında temel çevresel sorunları oluşturmaktadırlar.

Bu aktif maddeler (etilenüre ve melamin türevleri), çapraz bağ oluşturmamış formda bulunduklarında su içerisinde çözünebildiklerinden ve genellikle biyolojik olarak parçalanmaları da zor olduğundan dolayı, su kirliliği bakımından da önemli bir sorun oluşturmaktadırlar. Bu problem artık flottelerle ilgili bir sorun olup, bu şekildeki derişik flottelerin atık suları aşırı kirletmesini önlemek için, kural olarak bunların atık sulara karıştırılmamaları gerekmektedir.

Katalizör

Kolay bakım bitim işlemi reçetelerindeki katalizörlerin görevi, fiksaj işleminin genel olarak uygulanan fiksaj sıcaklıklarında (130-180 ^{0}C) ve süresinde gerçekleşmesini sağlamaktır.

Yaygın olarak kullanılan katalizör mağnezyumklorürdür. Pek çok durumda, mağnezyumklorür ve organik asitler (örneğin, alfa-hidroksikarboksilik asitler) veya inorganik Lewis asitleri esaslı sıvı karışımlar kullanılmaktadırlar.

Amonyum tuzları (örneğin, klorür, sülfat ve nitrat) geçmişte üre ve formaldehit veya melamin esaslı çapraz bağlayıcılarla birlikte yaygın olarak kullanılmaktaydılar. Ancak bugün, bu tip çapraz bağ oluşturucu maddelerin önemindeki düşüşe paralel olarak, amonyum tuzlarının kullanımı da giderek azalmaktadır.

Katkı maddeleri (yumuşatıcılar, sertleştirici maddeler, vs.)

Yukarıda da belirtildiği gibi, kolay bakım bitim işlemi reçeteleri farklı amaçlarla kullanılan katkı maddeleri içermektedirler. Burada, sadece aşağıda belirtilenlere değinilecektir:

- liflerde çapraz bağlanma reaksiyonlarının ikincil etkisi olarak görülen, yumuşaklıktaki, kopma mukavemetindeki ve aşınma direncindeki azalmaları dengede tutmak amacıyla, kolay bakım reçetelerine ilave edilen ürünler (kolay bakım reçetelerinde genellikle % 10-40 oranında bulunmaktadırlar): bunlar, poliakrilatların, polisiloksanların, polietilen vaksların (kısmen okside polietilenler) ve poliüretanların dispersiyonları olabilmektedirler
- kumaşın tutumunu geliştirmek için yumuşatıcı olarak katılan ürünler: yağ asidi kondenzasyon ürünleri (katyonik yumuşatıcılar) en önemli grubu oluşturmaktadırlar. Bunlar piyasada diğer ürünler (örneğin, polietilen vaksı) ile emülsifiye olmuş karışımlar olarak da bulunmaktadırlar
- sertleştirici, tutum geliştirici olarak kullanılan ürünler: bunlar polivinilasetat ve poliakrilat türevlerinin dispersiyonları olabilmektedirler.

Bu maddeler, fiksaj ve kurutma işlemlerinde uçucu organik karbonların (UOB'lerin) atık havaya emisyonlarına neden olmaktadırlar.

Su kirliliği değerlendirilirken, yukarıda değinilen polimer dispersiyonlarının biyolojik olarak zor parçalanabilme durumları da göz önüne alınmalıdır.

8.8.2 Biyositler

Biyositler, ağırlıklı olarak halı sanayiinde, yün liflerini bir kısım tekstil zararlılarına karşı kalıcı olarak korumak amacıyla uygulanmaktadırlar. Bu yardımcı maddeler genellikle güve-yemezlik maddeleri olarak bilinmektedirler.

Halen kullanılan güve-yemezlik maddeleri, aşağıdaki aktif maddelerden formüle edilmektedirler :

- permetrin (sentetik piretroid)
- siflutrin (sentetik piretroid)
- sulkofuron (halojenlenmiş difenilüre türevi).

Pazarın yaklaşık olarak % 90'nına, permetrin esaslı formülasyonlar sahiptirler. Sulkofuron esaslı ürünler halen önemli miktarlarda kullanılmazlarken, siflutrin esaslı ürünler de sadece Birleşik Krallık'ta kullanılmaktadırlar.

Permetrin ve sentetik piretroidlerin, genellikle insanlara karşı düşük zehirliliğe, fakat yüksek sulu ortam toksisitesine neden oldukları belirtilmektedir. Difenilüre türevleri düşük sulu ortam toksisitesi göstermekle beraber, bazı durumlarda bunların biyolojik olarak parçalanabilirlikleri iyi değildir [11, US EPA, 1995].

Diğer biyosit tipleri, tekstil sanayiinde ağırlıklı olarak antimikrobiyal bitim işlemi maddeleri olarak (örneğin, tıbbi tekstil malzemeleri) veya çoraplar ve külotlar için koku giderici olarak kullanılmaktadırlar. Bu amaçla en fazla kullanılan aktif maddeler [77, EURATEX, 2000]:

- organik çinko bileşikleri
- organik kalay bileşikleri
- diklorfenil(ester) bileşikleri
- benzimidazol türevleri
- triklosanlar
- izotiazolinonlardır (bugün en çok kullanılanlar).

Sulu ortamdaki hayat için toksik etki göstermelerinden dolayı, tüm biyositler atık suya boşaltıldıklarında çevresel sorunlara neden olmaktadırlar.

8.8.3 Antistatik maddeler

Bu bölümde, statik elektriklenmenin istenmediği ortamlarda kullanılan tekstil materyallerine, fonksiyonel bitim işlemi maddeleri olarak uygulanan antistatik maddeler üzerinde durulmaktadır. Bu maddeler genellikle halı sanayiinde kullanılmaktadırlar.

Kimyasal açıdan ürünlerin formülasyonları genellikle :
- kuarterner amonyum bileşikleri
- fosforik asit ester türevleri

esaslıdırlar.

Kuarterner amonyum bileşikleri, sulu ortamdaki hayat için yüksek derecede toksiktirler. Ayrıca, kuaterleşmenin tamamlanmaması nedeniyle (genellikle başlangıç reaktifleri olarak epiklorhidrin ve klormetan kullanılmaktadır) bu maddelerin atık suya deşarjı, AOX seviyesinin artmasına neden olmaktadır.

Antistatik maddeler olarak kullanılan alkilfosfatlar ve alkileterfosfatlar suda çözünebilen ve arıtılması zor olan ve dolayısıyla atık su sistemlerinden bozunmadan geçebilmesi mümkün olan maddelerdir. Bununla birlikte, antistatik bitim işlemlerinde fosforik asit esterlerin kullanımı, bu maddelerin kirliliğe neden olabilecek diğer potansiyel kaynaklarına nazaran ihmal edilebilir derecede düşük emisyon yüklerine sebep olmaktadır. [77, EURATEX, 2000]'e göre ve preparasyon maddelerindeki antistatik maddelerden kaynaklanabilen ön terbiye işlemleri sırasında açığa çıkan kirlilik yükü, antistatik bitim işlemleri atık sularına boşaltılan antistatik maddelerden kaynaklanabilen kirlilik yükünden 100 kat daha fazladır.

Diğer yandan fosforik ester esaslı antistatik maddelerin kullanımı, havaya emisyon olarak, reaksiyona girmeyen alkollerin (genellikle, kokusu çok yoğun olan n-bütanol) ve fosforik asidin (korosif) açığa çıkmasına neden olmaktadır.

8.8.4 Güç tutuşurluk maddeleri (FR)

Güç tutuşurluk (alev almayı geciktirici) bitim işlemlerinden bahsedilirken, yıkamaya dayanıklı ve dayanıksız işlemler arasında ayrım yapılmasında fayda vardır. Dayanıklı güç tutuşurluk maddeleri, liflerle reaksiyona girmekte ve böylece işlem görmüş ürüne kalıcı bir güç tutuşurluk özelliği kazandırmaktadırlar. Aynı durum, iyi etkiler sağlamalarına rağmen, yıkama esnasında uzaklaştırılan dayanıksız güç tutuşurluk maddeleri için geçerli değildir. Bu nedenle bu tip maddeler, sadece çok seyrek yıkanan ya da hiç yıkanmayan ürünler ile yıkama yapıldıktan sonra tekrar işlem görebilen ürünler için kullanılmaktadırlar.

Güç tutuşurluk (FR) maddeleri, kimyasal özelliklerine bağlı olarak farklı mekanizmalara göre etki göstermektedirler. Tekstil sektöründe en çok kullanılan FR maddeleri, aşağıdaki kimyasal sınıflara dahildirler:
- anorganik bileşikler
- halojenlenmiş organik bileşikler
- organik fosfor bileşikleri

İnorganik FR maddeleri

Selüloz lifleri için kullanılan inorganik FR maddeleri, diamonyumfosfat, alüminyumsülfat, amonyumsülfat, vs. gibi suda çözünebilen tuzlardır. Bunlar, ardından kurutma yapılan, sulu çözeltiyle emdirme, ya da püskürtme yöntemi ile aplike edilmektedirler. Bu maddeler, yıkamaya dayanıksız güç tutuşurluk maddeleridirler, başka bir deyişle mamule, yıkanana

veya başka bir şekilde suya maruz bırakılana kadar güç tutuşurluk etkisi sağlayan maddelerdirler.

Anorganik FR maddelerinin başka bazı tipleri, yünlü halı sanayiinde kullanılmaktadırlar. Yün, genellikle yanmaya karşı dirençli kabul edilse de, uçaklardaki ve kamu hizmet binalarındaki yer kaplamaları için getirilen ağır yanmazlık standartları, bazı özel durumlarda FR maddelerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu özel pazarın ihtiyaçlarını karşılamak üzere, zirkonyum ve titanyum tuzları geliştirilmişlerdir. Bu amaçla en yaygın kullanılanlar, genellikle "Zirpro uygulamaları" olarak bilinen (potasyumhegzaflorzirkonat) zirkonyum tuzlarıdır. Bu maddeler önemli düzeyde su kirliliğine yol açmamaktadırlar. Ancak, yüksek su tüketimi (klasik IWS yöntemi için 4 durulama banyosu gerekmektedir) ile birlikte zirkonyum ve flor içeren bileşiklerin emisyonları da göz önünde bulundurulmalıdır [281, Belgium, 2002].

Halı sanayiinde sıkça kullanılan bir diğer güç tutuşurluk maddesi de alüminyumhidroksittir ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$). Bu madde çoğunlukla halının köpük kaplanması sırasında ilave edilmekte ve kısmen $CaCO_3$'ın (aktif olmayan dolgu maddesi) yerini almaktadır. Alüminyumhidroksit, 180 ile 200 ^{0}C arasında parçalanmakta, endotermik bir reaksiyonla alüminyumoksit oluşmaktadır. Alüminyumhidroksit uygulamaları çevreyle ilgili herhangi ciddi bir sorun yaratmamaktadır.

Halojenlenmiş FR maddeleri

Halojenlenmiş güç tutuşurluk maddeleri, gaz fazında serbest radikal oluşumunu engelleyerek etki göstermektedirler. Yanma süresince oluşan hidrojen ve hidroksil serbest radikallerinin enerjisi yüksektir ve yüksek düzeyde ekzotermik radikal zincir reaksiyonlarına sebep olmaktadırlar (alev yayılımı). Halojenlenmiş güç tutuşurluk madddeleri, bu radikal reaksiyonlarını durdurabilmektedir. Halojenler gaz fazındaki serbest radikalleri, reaksiyon (1)'e göre etkisiz hale getirmektedirler:

(1) $HX + OH^* = H_2O + X^*$ (oluşan X* radikalinin enerjisi çok düşüktür)

Halojen içeren güç tutuşurluk maddelerinin etkinliği: F< Cl < Br < I dizilimine göre artmaktadır. Ancak uygulamada sadece bromlanmış ve klorlanmış bileşikler kullanılmaktadırlar. Doğru zamanda yanma sürecine dahil olamamaları nedeniyle (halojen atomu ile karbon atomu arasındaki bağ, flor için çok kuvvetli ve iyot için de çok zayıftır), flor ve iyot bazlı güç tutuşurluk maddeleri tercih edilmemektedirler.

Bromlanmış bileşikler, bunlar içinde en etkili olanlarıdırlar. Brom, alifatik veya aromatik olarak bağlanabilmektedir; ancak yüksek termal stabiliteleri nedeniyle, aromatik bileşikler daha yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Klorlanmış güç tutuşurluk maddeleri, klorlanmış alifatik ve çikloalifatik bileşikleri içermektedirler. Klorlanmış güç tutuşurluk maddeleri, benzer bromlanmış güç tutuşurluk maddelerine göre daha ucuz olmakla birlikte, aynı performansın/verimin sağlanması için daha fazla miktarda aktif maddeye ihtiyaç duyulmaktadır. Klorlanmış bileşiklerin bromlanmış bileşiklere nazaran termal stabiliteleri daha düşüktür ve ekipman üzerindeki korozif etkileri daha yüksektir.

Halojenlerle birlikte *antimuantrioksit* (Sb_2O_3) kullanılan bileşikler, bir diğer halojen içeren FR maddeleri grubunu temsil etmektedirler. Antimuantrioksit tek başına kullanıldığında hemen hemen hiç etki göstermemektedir. Ancak, özellikle klor ve brom gibi halojenlerle birlikte iyi bir sinerjetik etki sergilemektedir. Antimuantrioksit radikal yakalayıcı bir görev görmekte ve HBr ile birlikte, ateşin önündeki oksijeni tüketerek alevi söndüren yoğun beyaz bir duman ($SbBr_3$) oluşturmaktadır [303, Ullmann's, 2001]. Sinerjetik etki gösteren

maddeler olarak en fazla: dekabromdifenil eter, hekzabromçiklodekan ve klorparafinler kullanılmaktadırlar.

Halojenlenmiş güç tutuşurluk maddeleri, son yıllarda yoğun bir çevresel inceleme altına alınmışlardır. Bunların çevre üzerindeki özellikleri ve etkileri, kullanılan kimyasalların türüne göre farklılıklar göstermektedir.

Polibromlanmış güç tutuşurluk maddeleri, aşağıdaki bileşikleri içermektedirler:

- polibromlanmış difenil eterler (PBDE, bazen PBBE olarak da ifade edilmektedirler)
  - pentabromdifenil eter (penta-BDE)
  - oktabromdifenil eter (okta-BDE)
  - dekabromdifenil eter (deka-BDE)
- Polibrombifeniller (PBB)
  - dekabrombifenil
- Tetrabrombisfenol A (TBBA)

Tekstil uygulamaları için kullanılan polibromlanmış FR maddeleri, çoğunlukla difenil eterlerdirler. Ticari olarak bulunabilen teknik düzeydeki PBDE'ler karışımdırlar ve farklı sayıda brom atomu içeren moleküllere sahiptirler. Örneğin, teknik düzeydeki oktabromdifenil eter, düşük konsantrasyonlarda penta-BDE ve hepta-BDE içermektedir.

Penta-BDE, biyolojik olarak birikme tehlikesi bulunan dayanıklı bir maddedir. Mevcut maddelerin risk değerlendirmesi ve kontrolüne dair 793/93 nolu Konsey Regülasyonu (EEC) kapsamında yürütülmekte olan risk değerlendirmesine göre, penta-BDE'in çevre açısından oluşturduğu riski azaltmak için belirli önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu risk değerlendirmesinin bir sonucu olarak, halen penta-BDE'i yasaklayan bir AB anlaşması bulunmaktadır. Bu karar, bu maddenin, Su Çerçeve Direktifi 2000/60/EC kapsamında, öncelikli denetim uygulamalarına tabi olan "Öncelikli Tehlikeli Maddeler" grubuna dahil edilmesi ile de doğrulanmaktadır.

Penta-BDE, tekstil sanayiinde kullanılmamaktadır. Ancak tekstil uygulamalarında temel PBDE olarak kullanılan deka-BDE ile okta-BDE'in çevreye salınmalarından sonra, parçalanarak penta-BDE ve tetra-BDE şekline dönüşebilecekleri konusunda şüpheler bulunmaktadır. Bu teori, AB risk değerlendirmesinin ve OSPAR Çalışma Grupları'nın konusuna girmektedir. Bu bileşiklere yönelik resmi AB risk değerlendirmesi sonuçlarını takiben, deka-BDE ve okta-BDE maddeleri için bir yasaklama getirilmesi hakkında karara varılacaktır. Deka-BDE, 1 Ocak itibariyle yasaklanmaktadır [299, Environment Daily 1054, 2001]. Üye Ülkeler düzeyinde bakıldığında, İsveç, Hollanda ve Norveç halihazırda ihtiyatî tedbir olarak, BDE'in okta ve deka formlarına geniş kapsamlı pazarlama sınırlamaları uygulanması için harekete geçmişlerdir.

Klorlanmış güç tutuşurluk maddeleri olarak, kısa zincirli-(SCCP C10-13) ve orta zincirli (MCCP C14-17) klorlanmış parafinler, 793/93 nolu Konsey Regülasyonu kapsamındaki risk belirlenmesinin kapsamına girmektedirler. SCCP ve MCCP, su yaşamı için ciddi oranda toksiktirler. SCCP için aljinat, balık ve midyelerde uzun vadede toksisite gözlenmektedir. Orta zincirli klorlanmış parafinler, su pirelerine karşı toksik etkiye sahiptirler, fakat şu ana kadar yapılan deneylerde, balıklar ve diğer omurgasızlar veya aljinatlar üzerinde toksik etkiye sahip oldukları gözlemlenmemiştir. Her iki bileşiğin hayvanlar üzerinde gözlemlenen hormonal etkilerinin, insanlar için geçerli olmadığı düşünülmektedir [301, CIA, 2002]. Uzun-zincirli klorlanmış parafinler konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Kısa-zincirli klorparafinler (C_{10-13}), Su Çerçeve Direktifi 2000/60/EC kapsamında öncelikli denetime tâbi tutulan "Öncelikli Tehlikeli Maddeler" olarak tanımlanmışlardır. Buna

ilaveten, hem SCCP, hem de MCCP, OSPAR Konvansiyonu ile belirlenen öncelikli denetim gerektiren tehlikeli maddeler arasında yer almaktadırlar.

Tekstil terbiye işlemlerinde atık suya halojenlenmiş FR maddelerinin deşarjı, flotte fazlası depolamalarından, işi bitmiş flottelerin ya da yıkama sularının boşaltılmalarından dolayı ortaya çıkmaktadır.

Deka-BDE suda düşük çözünürlüğe sahiptir ve büyük ölçüde atık su arıtma sistemindeki çamurda kalmaktadır. Klorlanmış parafinler de çamur tarafından adsorbe edilerek biyolojik olarak elemine edilebilmektedirler (atık su arıtma işlemleri sırasında % 93 oranında uzaklaştırılabildikleri rapor edilmiştir) [301, CIA, 2002]. Buna karşın, kumaşa aplike edilen aktif madde miktarı/yükü, tipik olarak ağırlıkça % 20-30 civarında olduğundan, çamur tarafından tutulmayan ve dolayısıyla çevreye verilen FR maddesi miktarı yine de ciddi oranlarda olabilmektedir. İşlemlerin tasarımı ve uygulanmaları, konsantre flottelerin atık suya deşarjından kaçınacak, atık sulara aktarılan kayıpları en aza indirecek ve atık su arıtma işletmelerinde çamur tarafından adsorbsiyonunun etkin bir şekilde meydana gelmesini sağlayacak şekilde olmalıdır.

Ayrıca bu halojenlenmiş bileşikleri içeren çamurun ve katı atıkların yok edilmesi için özel ihtimam gösterilmelidir. Bütün halojenlenmiş FR maddeleri (alifatik türevler daha az olmak üzere) yüksek sıcaklıklardaki işlemlere tâbi tutulduklarında, dioksin ve furan oluşumuna neden olmaktadırlar. Dioksinler ve furanlar, az miktarda bu bileşiklerin sentezi sırasında ve bir yan reaksiyon olarak da, imha edilmeleri için yakma/kül haline getirme işlemleri sırasında oluşabilmektedirler [302, VITO, 2002]. Bu nedenle yakarak yok etme işlemleri, gereğine uygun olarak hazırlanmış fırınlarda ve optimal koşullarda yürütülmelidir.

Yaygın olarak kullanılan antimuan-organik-halojen FR sistemlerinde, yukarıda bromlanmış ve klorlanmış bileşikler için belirtilen sorunlara ek olarak, kurutulmuş patlarda ve bitmiş kumaşlara uygulanan mekaniksel işlemler (kesim, vs.) sırasında oluşan Sb_2O_3 tozu emisyonları da (kanserojen), ayrıca dikkate alınmalıdır.

Fosfor-organik FR maddeleri

Fosfor bazlı FR maddeleri, buhar fazında veya yoğuşma fazında aktif olabilmektedirler. Fosfinoksitlerin ve fosfat esterlerin, buhar fazında, yanmanın hızlı bir şekilde ilerlemesine neden olan radikalleri (OH* ve H*) yok eden PO* radikalleri oluşturarak etki gösterdikleri düşünülmektedir. Yoğuşma fazı mekanizması, güç tutuşurluk maddesinden termal olarak fosforik asitlerin (örneğin, polifosforik asit veya fosforik asidin) oluşması esasına dayanmaktadır. Bu asitler, polimer üzerinde dehidratasyon maddesi etkisi göstermektedirler (bu asitler, su buharı ve fosforik oksitler oluşturacak şekilde parçalanmakta ve daha sonra polimer matriksi ile reaksiyona girerek polimer matriksini dehidratasyona uğratıp, yeniden fosforik asit oluşturmaktadırlar). Güç tutuşurluk etkisi, polimerin termal parçalanmasının değişmesi ve polimer ile ısı kaynağı ara yüzeyinde çok yüksek erime noktasına sahip bir yanma kalıntısının oluşumu ile sağlanmaktadır [303, Ullmann's, 2001].

Tekstil uygulamalarında (özellikle pamuklular için) kullanılan organik-fosfor bileşikleri, piyasada reaktif (dayanıklı) ve reaktif olmayan (dayanıksız) sistemler olarak bulunmaktadırlar.

Reaktif organik-fosfor FR maddelerinin iki temel kimyasal tipi bulunmaktadır. Bunların her ikisi de halojensiz formülasyonlardır.

Birinci tip (lif- reaktif sistemler), piyasada Pyrovatex® ve Spolapret® markaları altında yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Bu fosfor-organik bileşikler, fosfonik asit ve (2-((hidroksimetil)karbamil)etil)-dimetil ester molekülleri ile temsil edilmektedirler.

FR maddesi pamuğa, melamin reçinesi, kumaş yumuşatıcısı ve fosforik asit ile birlikte emdirme-kurutma-kondenzasyon tekniği ile aplike edilmektedir. Emdirmenin ardından kumaş kurutulmakta ve fiksaj termal kondenzasyon ile sağlanmaktadır. Kondenzasyon işleminde amonyak kullanılmamaktadır. Çapraz bağ oluşturucu maddeler olarak melamin reçineleri kullanıldıklarından, formaldehit ve metanol atık gaz olarak yayılmaktadırlar (emisyonlar genelde atık hava yıkayıcısı kullanılarak azaltılmaktadırlar). Kondenzasyon işlemini takiben, kumaş yıkanmakta ve bunun sonucunda, işleme girmemiş P-içeren maddeler atık suya deşarj edilmektedir. Bu bileşikler biyolojik olarak kolay parçalanamamakta ve suda çözünmektedirler (çamur adsorbsiyonu yoluyla biyolojik olarak elimine edilememektedirler). Bir kaynağa göre, bu ürünler su ortamında yaşayan canlılar için zararlı ya da toksik değildirler ve biyolojik olarak birikme potansiyelleri bulunmamaktadır [301, CIA, 2002]. Diğer bir kaynak ise, insan sağlığına yönelik risk belirlenmesinin yapılabilmesi için, bu bileşiğin toksikolojisi hakkında çok az veri olduğunu belirtmektedir. Aynı kaynak, çevresel toksisite ve etki hakkında bilgilerin bulunmadığını belirtmektedir [304, Danish EPA, Lokke et al., 1999].

Bu tipteki organik-fosfor güç tutuşurluk maddeleri içeren terbiye flottesi artıkları ve durulama suları, ayrı olarak toplanmalı ve atık su arıtma işlemlerindeki diğer atık sularla karıştırılmamalıdırlar [200, Sweden, 2001].

Diğer reaktif organik-fosfor FR maddesi tipinde (kendi içinde reaktif sistem), kumaş fosfonyum tuzu ve üre ön kondenzatı ile emdirilmektedir. Müteakiben yapılan kurutma işlemi sırasında tam bir kurutma istenmemektedir. İşlem sıcaklıkları bu nedenle düşük (60 ^{0}C ile 100 ^{0}C arasında) tutulabilmektedir. Kurutmanın ardından, lif içerisinde suda çözünmeyen bir polimer oluşturmak amacıyla, kumaş amonyakla muamele edilmektedir. Kumaş, daha sonra da hidrojenperoksitle okside edilmekte ve yıkanmaktadır. Bu proseste, amonyakla muamele dışında, başka bir kondenzasyon işlemi uygulanmamaktadır.

Kurutma sırasında yayılan formaldehit seviyelerinin, işçilerin 8 saat maruz kalması durumu için OEL limitleri içinde ve 15 dakikalık referans süresinde de maksimum konsantrasyon limitleri içinde kaldığı belirtilmektedir [301, CIA, 2002]. Aynı kaynağa göre, formaldehit için belirlenmiş olan atmosferik emisyon limitleri (20 mg/m^3), çoğu terbiye işletmesinde atık hava yıkayıcısı donanımına gerek duyulmadan da tutturulabilmektedir.

Emisyonlarda metanol bulunmamakta ve işlemde melamin reçineleri veya çapraz bağ oluşturucu maddeler kullanılmamaktadır.

Fosfonyum tuzu ve üre ön kondenzatları ile % 95 veya üzerinde fiksaj oranları sağlanmaktadır [301, CIA, 2002]. Buna karşın, bu güç tutuşurluk maddeleri ile çalışırken işleme girmemiş maddeleri ve yan ürünleri uzaklaştırmak için yıkama gerekli olduğundan, bazı fosfor organik bileşik artıkları atık su arıtma tesislerine gitmektedirler. Bu bileşikler biyolojik olarak kolay parçalanamamakta ve suda da çözünebildiklerinden, atık su arıtma sisteminden parçalanmadan geçebilmektedirler.

Bu tipteki organik-fosfor güç tutuşurluk maddeleri içeren konsantre emdirme flotteleri ve durulama suları ayrı olarak toplanmalı ve atık su arıtma işlemlerindeki diğer atık sularla karıştırılmamalıdırlar [200, Sweden, 2001].

FR maddesi üreticilerine göre, arıtmadan geçen bu fosfor bileşikleri, biyolojik olarak birikebilme yeteneğine sahip değildirler. Ayrıca bu atık suların, inorganik fosfor içeren atık sulara dönüştürülebileceği de belirtilmektedir [301, CIA, 2002]. Bu yolla, fosfor, fosfat olarak uzaklaştırılabilmekte ve bu da doğaya, organik-fosfor bileşiklerinin salınmasını engellemektedir.

Yıkamaya dayanıksız organik-fosfor güç tutuşurluk maddeleri liflerle reaksiyona girmemektedirler. İçlerinden bazılarının, glikol, alkol, glikol eter veya aktif maddelerin bazı parçaları gibi uçucu organik bileşikler açığa çıkardıkları rapor edilmiştir [77, EURATEX, 2000]. Bu bilgi, EFRA ve CIA GT maddesi üreticilerinin, EFRA ve CIA'e üye firmaların ürettiği bu kategoriye giren dayanıksız güç tutuşurluk maddelerinin, yukarıda adı geçen bileşikleri açığa çıkarmadığını belirten iddialarıyla çelişmektedir. [301, CIA, 2002].

Dayanıksız organik-fosfor güç tutuşurluk maddeleri uygulanan mallar, terbiye işlemlerinin ardından yıkanmamaktadırlar (ayrıca nihai ürün de nadiren yıkanmaktadır), bu da P içeren maddelerin atık sulara verilme oranlarını en aza indirmektedir [301, CIA, 2002].

8.8.5 Hidrofobik/Oleofobik maddeler

En sık uygulanan ticari formülasyonlar aşağıdaki kategoriler altında toplanmaktadırlar:
- vaks esaslı su itici maddeler (parafin-metal tuz formülasyonları)
- reçine esaslı su itici maddeler (modifiye yağ melamin reçineleri)
- silikon esaslı su itici maddeler
- perfloralkil bileşikleri esaslı su-yağ itici maddeler.

Vaks esaslı su itici maddeler

Bu formülasyonlar, yaklaşık % 25 parafin ve % 5-10 zirkonyum-, alüminyum- bazlı tuzlar içermektedirler. Bunlar çoğunlukla doğal ya da sentetik liflere kondenzasyon yapılmadan, sadece emdirme ve kurutma işlemleriyle aplike edilmektedirler. Flotte artıklarının deşarjı, metal emisyonlarına neden olmaktadır. Bazı durumlarda konsantrasyonlar yüksek olabilmektedir. Ancak genel bir bakış açısıyla bakıldığında, deşarj edilen miktarlar boyama ve baskı işlemlerinden gelen metal emisyonlarıyla karşılaştırıldığında, göz ardı edilebilir değerlerdedirler.

Buna ek olarak, Zr ve Al gibi metaller, boyama işlemlerinde kullanılan ve daha zararlı olan Cu, Ni, Co, Cr gibi metallerle karıştırılmamalıdırlar (Zr ayrıca halılarda "Zirpro işlemi"nde de kullanılmaktadır-bkz. Bölüm 8.8.4) [281, Belgium, 2002].

Atık hava emisyonlarına gelince, parafin vakslarının mevcudiyeti, ısıl işlemler sırasında duman ve yüksek düzeyde uçucu organik karbon oluşmasına neden olabilmektedir.

Reçine esaslı su itici maddeler

Reçine esaslı iticiler (genellikle "extender" olarak uygulanan), yağ bileşiklerinin (asitler, alkoller ve aminler gibi) metilollenmiş melaminler ile kondenzasyonu sonucunda elde edilmektedirler. Formülasyonlar ayrıca, bir çok durumda parafin vaksı da içermektedirler. Bu maddeler, çoğunlukla çapraz bağ oluşturucu maddelerle birlikte, bir katalizör de ilave edilerek emdirme-kurutma-kondenzasyon işlemleriyle aplike edilmektedirler.

Çapraz bağ oluşturma reaksiyonunun tamamlanma derecesine ve ısıl işlemlerde uygulanan sıcaklığa bağlı olarak, atık havada farklı seviyelerde formaldehit ve alifatik alkol bulunabilmektedir. Parafin vaksının bulunması, emisyonlarda artan düzeylerde uçucu organik karbon oluşumuna neden olmaktadır.

Silikon esaslı su itici maddeler

Bu ürünler genellikle, polisilokzan-aktif maddeleri (dimetilpolisilokzan ve bunun modifiye türevleri), emülgatörler, hidrotropik maddeler (glikoller) ve su içeren sıvı emülsiyonlar halinde tedarik edilmektedirler.

Reaktif fonksiyonel gruplara sahip modifiye polisilokzanlar kullanıldığında, kurutma ve kondenzasyon koşullarına bağlı olarak, atık havaya çiklik dimetilsilokzanlar verilebilmektedirler.

Perfloralkil bileşiği esaslı su-yağ itici maddeler

Bu maddeler, diğer su itici maddelere nazaran daha pahalı olmalarına rağmen, hem yağ, hem de su iticilik etkileri sağlamaları ve sağladıkları etkilerin dayanıklı olması nedeniyle daha başarılıdırlar.

Ticari perfloralkil bileşiği esaslı su-yağ itici ürünler, çoğunlukla floralkil-akrilatların ve metakrilatların kopolimerleridirler. Pazarlanan formülasyonlar, aktif maddenin yanında emülgatörler (etoksillenmiş yağ alkolleri ve asitler, ama yağ aminleri ve alkilfenoller de) ile aşağıda belirtilen çözgenlerden oluşan diğer yan ürünleri de içermektedirler:

- asetik asit esterleri (örneğin, bütil/ etil asetat)
- ketonlar (örneğin, metiletil keton ve metilisobütil keton)
- dioller (örneğin, etandiol, propandiol)
- glikol eterler (örneğin, dipropilenglikol).

Perfloralkil bileşikleri esaslı ürünler, genellikle diğer bitim işlemleri maddeleriyle birlikte emdirme-kurutma-kondenzasyon prosesi ile aplike edilmektedirler. Pek çok durumda, kendileri de su itici maddeler olan "extenderler" (örneğin, melamin reçineleri esaslı su itici maddeler veya poliizosiyanatlar) ile beraber uygulanmaktadırlar. Bu "extenderler"in kullanımı ile, gerekli olan perfloralkil bileşiği miktarı azalmakta ve dolayısıyla işlemin toplam maliyeti de düşmektedir.

Perfloralkil ürünleriyle yapılan bitim işlemleri, atık havada uçucu organik bileşik emisyonlarına neden olmaktadır. Bu emisyonlar:

- formülasyonların içinde yer alan çözgenler (ketonlar, esterler, alkoller, dioller, vs. gibi)
- yüksek sıcaklık koşullarında, alkol, keton ve oksimler, özellikle de bütanoksim (kanserojendir) gibi parçalanmış yan ürünler açığa çıkaran "extenderler"
- parçalanmış organik-flor yan ürünleri açığa çıkaran organik-flor bileşiklerinden

kaynaklanmaktadırlar.

Su kirliliği bakımından, polisilokzanların, melamin ve florkarbon reçinelerinin hepsinin biyolojik olarak parçalanabilirliklerinin ve elemine edilebilirliklerinin zayıf olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

8.8.6 Yumuşatıcılar

Bu gruptaki kimyasallar, kumaşların tutum modifikasyonu için tasarlanmaktadırlar. Yumuşatıcılar, lif/lif sürtünmesini azaltarak "yumuşak ve pürüzsüz" olarak tanımlanan bir tutum etkisi sağlamaktadırlar.

Genellikle yumuşatıcılar, reçineler ve/veya optik beyazlatıcılarla ve bazen de karışık bitim işlemi reçeteleri ile birlikte kullanılmaktadırlar.

Kumaş yumuşatıcıları, aşağıda bazı örnekleri belirtilen suda çözünmeyen aktif maddelerin su-bazlı emülsiyonları veya dispersiyonlarıdırlar:

- non-iyonik yüzeyaktif maddeler
- katyonik yüzeyaktif maddeler
- parafin ve polietilen vakslar
- organik olarak modifiye edilmiş silikonlar.

Ftalatlar, örneğin PVC için, plastifiye edici maddelerdir, ancak tekstilde hiçbir zaman yumuşatıcı olarak kullanılmamaktadırlar [195, Germany, 2001].

Yukarıda bahsedilen ürünlerin formülasyonları, emülgatörler ve uyumlaştırıcılar (örneğin, glikoller) gibi katkı maddelerinin ilavesini de gerektirmektedirler. Avrupalı üreticiler, artık sorun oluşturan APEO emülgatörlerini kullanmamaktadırlar.

Günümüzde yüzeyaktif-tipteki yumuşatıcılar için eğilim, non-iyonik ve katyonik bileşiklere doğrudur.

Non-iyonik yumuşatıcıların liflere substantifliği bulunmamaktadır ve yıkamaya dayanıklılıkları katyonik bileşiklerinki kadardır. Buna rağmen, daha dayanıklı ve buruşmazlık özelliği geliştirilmiş kumaşların miktarı arttıkça, bunların kullanımı da artmaktadır. Yağ asitleri, yağ esterleri ve yağ amidleri gibi non-iyonik yüzeyaktif maddeler bu gruba girmektedirler.

Katyonik yumuşatıcılar, substantifliklerinden dolayı non-iyonik bileşiklerden daha kalıcı bir yumuşaklık etkisi sağlamaktadırlar. Ayrıca, bunların daha düşük konsantrasyonlarıyla bile daha yüksek etkiler sağlanabilmektedir. Bunların substantiflikleri, sentetik hidrofob lifler için sınırlı olmakla birlikte, belirtilen sıralamaya göre artmaktadır: poliester, poliamid, asetat, pamuk, viskoz ve yün. Katyonik maddelerin dezavantajı, deterjan, sabun, vs. olarak kullanılan tipik anyonik bileşikler ile geçinirliklerinin iyi olmamasıdır. Bu nedenle katyonik yumuşatıcılar, anyonik deterjanların kumaştan tamamen uzaklaştırılmasından sonra uygulanmaktadırlar [298, Dyechem Pharma, 2001].

Yumuşatıcı olarak kullanılan katyonik maddeler [298, Dyechem Pharma, 2001]:

- stearil veya distearildimetil amonyumklorür gibi kuarterner amonyum bileşikleri
- bir yağ asidi veya gliserit ile substitüe olmuş veya olmamış kısa zincirli bir poliaminin (örneğin, dietilentriamin, N,N-dietil etilendiamin) reaksiyonu ile oluşan amido aminler. Böylece oluşan amidin, asetik asit veya hidroklorik asit ile kuartenize edilmesi sonucu da katyonik yumuşatıcı (özellikle klorlanmış yün için kullanılan) oluşmaktadır
- etilen oksit ile asetillenebilen veya reaksiyona girebilen imidazolinlerdir.

Polietilen vaks emülsiyonları giysilik kumaşlardan ziyade, hacimli bir tutum gerektiren havlu kumaşlar için yaygın bir kullanım alanı bulmaktadırlar. Avantajları olarak, katyonik, non-iyonik ve anyonik yumuşatıcılarla uyumlulukları gösterilebilmektedir [298, Dyechem Pharma, 2001].

Emülsiyon olarak veya diğer yumuşatıcılara katkı maddesi olarak kullanılan silikon yumuşatıcılarının önemi gittikçe artmaktadır. Bunlar iyi bir etkinliğe sahip olmalarının yanı sıra, kumaşa yumuşaklık dışında su iticilik gibi ilave özellikler de kazandırmaktadırlar.

Yumuşatıcılar, yüksek konsantrasyonlu flottenin tamamının kuvvet uygulanarak kumaşa transfer edildiği aplikasyon yöntemleriyle (emdirme, püskürtme) aplike edilmektedirler [195, Germany, 2001].

Kesintili işlemlerde yumuşatıcılar, genellikle jet, overflow veya haspel gibi makinelerde seyreltik flottelerden çektirme yöntemiyle aplike edilmektedirler. Burada atık su yüküyle ilgili ekolojik mülâhazalar çektirme oranı ile ilişkilidir. Çok kısa flotte oranlarında çalışabilen makine teknolojisi ve geliştirilmiş ürün formülasyonları, aktif madde kayıplarının minimize edilmesine yardımcı olmaktadırlar [195, Germany, 2001].

Yumuşatıcıların atık sulara karışımları durumunda, bunların biyolojik atık su arıtma işlemlerindeki davranışları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yağ türevleri, genellikle biyolojik olarak çok iyi parçalanabilmektedirler. Katyonik yumuşatıcıların, sulu ortamdaki canlılar için toksik etkisi bulunduğu bilinmektedir. Silikonlar ve vakslar, stabilize edici emülgatörlerin parçalanmasından sonra, çamura adsorbe olarak atık sudan kısmen uzaklaşmaktadırlar.

Yumuşatıcı formülasyonlarındaki aktif bileşikler, yüksek molekül ağırlıklarına sahip kimyasallar (hatta polimerler) olduklarından, bunların uçuculukları düşüktür. Silikonların uçucu yan ürünleri (çiklikler), yumuşatıcının üretiminden önce uzaklaştırılmaktadırlar. Ancak ramöz sıcaklıkları çok yüksek olduğunda, bazı vakslar veya yağ bileşikleri parçalanma eğilimi gösterebilmektedirler [195, Germany, 2001].

8.9 Kaplama ürünleri ve yardımcı maddeleri

Kaplama maddeleri, kimyasal kompozisyonlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilmektedirler [179, UBA, 2001].

Kaplama tozları

Bunlar, poliolefinler (özellikle polietilen), poliamid 6, poliamid 6.6, kopoliamid, poliester, poliüretan, polivinilklorür, politetrafloretilen esaslı olabilmektedirler.

Kaplama patları

Bunlar, yukarıda belirtilen kimyasal maddeler esaslı olmakla birlikte, aşağıdaki katkı maddelerini de içermektedirler:
- dispergatörler (yüzeyaktif maddeler, birçok durumda alkilfenoletoksilatlar)
- solubilizasyon maddeleri (glikoller, N-metilpirolidon, hidrokarbonlar)
- köpük oluşturucu maddeler (madeni yağlar, yağ asitleri, yağ asidi amonyum tuzları)
- yumuşatıcılar (özellikle ftalatlar, sülfonamidler)
- kıvamlaştırıcılar (poliakrilatlar)
- amonyak.

Polimer dispersiyonları (sulu formülasyonlar)

Bunlar yaklaşık % 50 su içermektedirler ve:
- poli(met)akrilat (bütil, etil, metil, vs.)
- poliakrilik asit
- poliakrilnitril
- poliakrilamid
- 1,3-polibütadien
- polistiren
- poliüretan
- polivinilklorür
- polivinilasetat
- ve yukarıda bahsedilen polimerlerin kopolimerleri

esaslı olmaktadırlar.

Kaplama patları için belirtilen katkı maddelerini de içermektedirler.

Melamin reçineleri

Bu maddeler, melamin ve formaldehitin reaksiyonu ve ardından bunun sulu ortamda (% 50-70 su içeren) metanol ile eterleştirilmesi sonucunda üretilmektedirler.

Polimer dispersiyonları (organik çözgen-bazlı formülasyonlar)

Bunlar, organik çözgende disperse olmuş poliüretan ve silikon esaslıdırlar.

9 EK II BOYARMADDELER VE PİGMENTLER

Tercüme edenler: Arş.Gör. Deniz Köksal (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Teks.Müh. Güneş Durak (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi)

Tekstil boyaları, kimyasal bileşimlerine (azo, antrakinon, kükürt, trifenilmetan, indigo, ftalosiyanin, vs.) veya uygulanma şekillerine göre sınıflandırılabilmektedirler. Sanayide ikinci yöntem tercih edilmektedir.

9.1 Asit boyaları

Uygulanabilirlik

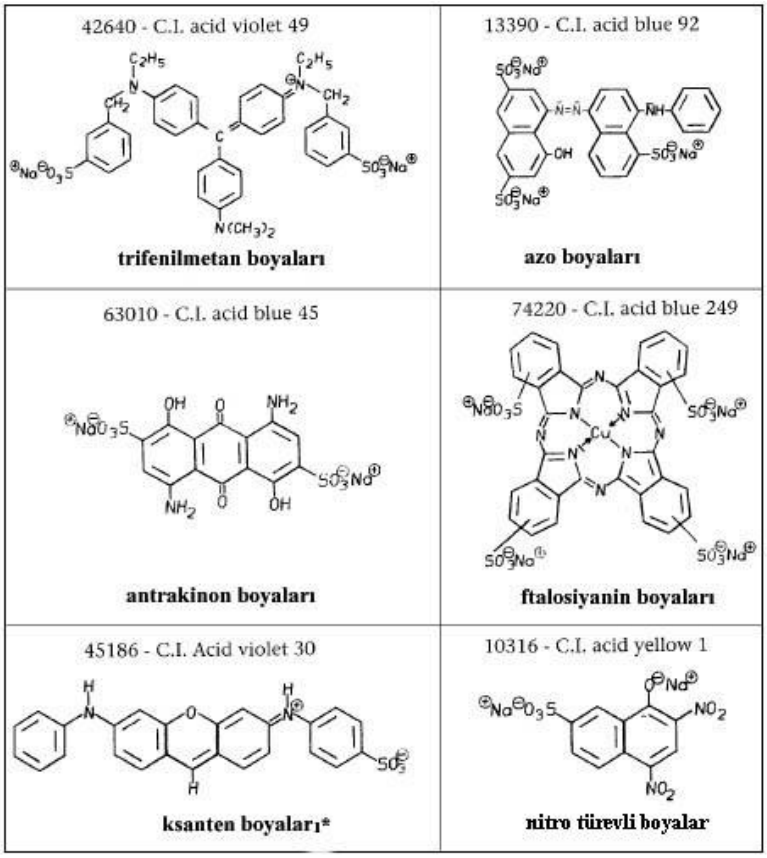
Asit boyaları daha ziyade poliamid (% 70-75) ve yüne (% 25-30) uygulanmaktadırlar. Bu boyalar ipek ve bazı modifiye akrilik lifler için de kullanılmaktadırlar. Asit boyaları, selüloz ve poliester liflerine karşı ise düşük afinite göstermektedirler.

Özellikler

Renkler genellikle canlıdır ve ışık ve yıkama haslıkları, boyarmaddenin kimyasal yapısına bağlı olarak zayıftan mükemmele kadar değişebilmektedir.

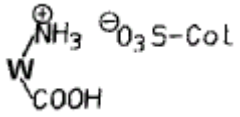
Kimyasal özellikler ve genel uygulama koşulları

Asit boyaları, moleküllerinde dörde kadar çıkabilen sayıda sülfonat grubu içermelerinden dolayı, suda çözünebilen, azo (en büyük grup), antrakinon, trifenilmetan, Cu ftalosiyanin kromofor sistemleridirler.

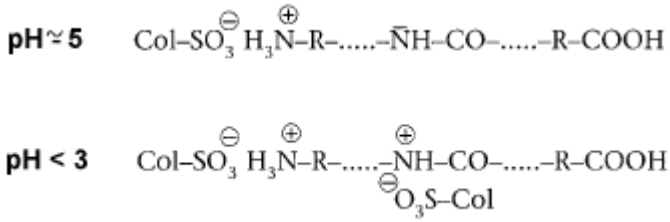


Şekil 9.1 Asit boyalarına örnekler

Bunların liflere bağlanmaları aşağıda yün için gösterildiği gibi, sülfonat anyonları ile lifin amonyum grupları arasında oluşan iyonik bağlara dayanmakta olup,



poliamid içinse farklı pH koşullarında aşağıda gösterildiği şekilde oluşmaktadır.



Ayrıca Van der Waals çekim kuvvetleri gibi ikincil çekim kuvvetlerinin de lif/boya etkileşiminde rolü vardır. İkincil çekim kuvvetleri, özellikle liflere afinitesi yüksek olan agregatlar oluşturan, daha yüksek molekül ağırlığına sahip boyalarda önem taşımaktadırlar.

Asit boyaları genel terimi birçok ayrı boya sınıfını birden içerdiğinden, uygulamada asit boyaları, kimyasal bileşimlerinden ziyade, boyama davranışlarına ve yaş haslık özelliklerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Haslık artışına göre yapılan resmi olmayan sınıflandırma:

- kuvvetli asidik ortamda boyamaya uygun veya egalizasyon tipi asit boyaları
- orta kuvvetteki asidik ortamda boyamaya uygun asit boyaları, yarı dinkleme tipi veya ter haslığı yüksek boyalar
- dinkleme tipi asit boyaları
- süper dinkleme tipi asit boyaları

şeklindedir.

Kuvvetli asidik ortamda boyamaya uygun veya egalizasyon tipi asit boyaları, monosülfonat tipi (ağırlıklı olarak PA için) ve disülfonat tipi (ağırlıklı olarak yün için) olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmaktadırlar. Liflere karşı afiniteleri düşük olduğundan, bunlar çok iyi sonradan düzgünleşme özelliklerine sahiptirler. Ancak bunların düşük olabilen yaş haslıkları, kullanımlarını açık/orta tonlardaki boyamalarla sınırlı tutmaktadır.

Orta kuvvetli asidik ortamda boyamaya uygun asit boyaları (yarı dinkleme tipi boyalar veya ter haslığı yüksek boyalar olarak da bilinen), sadece PA için kullanılmaktadırlar. Bunlar genellikle monosülfonat tipidirler ve bunlar migrasyon yeteneklerini kısmen muhafaza ederlerken, egalizasyon tipi asit boyalarına göre daha iyi haslık özellikleri göstermektedirler. Bunların renk gamları egalizasyon ve dinkleme tipi boylarınki kadar geniş değildir, o nedenle daha ziyade alternatiflerinin daha düşük renk haslıklarına sahip oldukları durumlarda kullanılmaktadırlar.

Dinkleme tipi asit boyaları, yünlü kumaşların dinklenmesi (ılıman keçeleştirme) sırasında uygulanan yaş işlemlere karşı yüksek derecede haslıklara sahip olmaları nedeniyle, bu şekilde adlandırılmaktadırlar. Bu sınıf, kromofora bağlı uzun alkil zincirleri nedeniyle yaş haslıkları iyi olan süper dinkleme tipi boyaları gibi alt gruplara da ayrılmaktadır. Yüksek molekül ağırlıkları nedeniyle, bunların liflere karşı afiniteleri yüksektir ve kaynama sırasında yer değiştirmemektedirler. Dinkleme tipi asit boyaları, daha ziyade yünlüler için iyi yaş haslıklarının gerekli olduğu durumlarda, örneğin, daha sonra çile yıkama işleminde bir yaş işleme tabi tutulacak açık elyafın boyanmasında, kullanılmaktadırlar.

Asit boyaları, ait oldukları sınıfa bağlı olarak kuvvetli asidik ortamdan nötr ortamlara (3-7,5) kadar değişen pH koşullarında uygulanabilmektedirler. Düşük afiniteye sahip

boyalarda, boya alımının arttırılması amacıyla lifin katyonizasyon derecesinin arttırılması (asitleme ile) gerekmektedir. Diğer taraftan molekül ağırlığı yüksek olan ve yüksek afiniteye sahip boyalar, kuvvetli asidik koşullarda aplike edildiklerinde, liflere aşırı hızlı bir şekilde adsorbe olmaktadırlar.

Asit boyaları ile *boyama yapılırken* en fazla kullanılan *kimyasallar ve yardımcı maddeler:*

- sodyumsülfat (kuvvetli asidik ortamda ve orta kuvvetli asidik ortamda boyamaya uygun asit boyaları için), sodyumasetat ve amonyumsülfat (dinkleme tipi asit boyaları için)
- pH düzenleyicileri: asetik, formik ve sülfürik asit, ayrıca (tipik olarak halı sanayiinde PA için) NaOH, NH_3 tuzları, fosforik asit tuzları ve yüksek (hidroksi)karboksilatlar
- egaliz maddeleri, ağırlıklı olarak etoksillenmiş yağ aminleri gibi katyonik bileşiklerdir.

Asit boyaları ile *baskıda* en fazla kullanılan *kimyasallar ve yardımcı maddeler* :

- kıvamlaştırıcılar
- üre, tiyoüre, tiyoglikol, gliserin gibi solubilizasyon maddeleri
- asit donorları: amonyumsülfat, tartarat veya okzalat
- köpük önleyiciler (örneğin, silikon yağları, organik ve inorganik esterler) ve "baskı yağları" (ağırlıklı olarak madeni yağlar)
- aromatik sülfonik asit-formaldehit kondenzatları gibi, ard-işlem maddeleridirler.

Çevresel sorunlar

Asit boyalarının çevresel özellikleri, aşağıdaki parametrelerle incelenmektedir. Aşağıdaki tabloda, boyama işleminde kullanılan kimyasallar ve yardımcı maddelerle ilgili çevresel konulara değinilmediğine dikkat etmek gerekmektedir.

İlgili parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	
Organik halojenler (AOX)	
Ekolojik-toksisite	Asit boyaları genelde toksik değildirler. Ancak iki boya (Acid orange 156 ve Acid orange 165), ETAD tarafından toksik olarak sınıflandırılmıştır. Acid Violet 17'nin (trifenilmetan boyası) *alerjik etkiye* sahip olduğu bildirilmektedir
Ağır metaller	
Aromatik aminler	
Fikse olmamış renklendiriciler	Çektirme yöntemine göre boyamalarda, fiksaj derecesi, monosülfonat tipi boyalar için % 85-93 arasında ve di- ve tri-sülfonat tipi boyalar içinse % 85-98 arasında değişebilmektedir
Boya formülasyonundaki katkı maddeleri tarafından atık suların kirletilmesi	

Tablo 9.1: Asit boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış

9.2 Bazik (katyonik) boyalar:

Uygulanabilirlik

Bazik boyalar ilk olarak ipek ve yünün boyanmasında (mordan kullanılarak) kullanılmaktaydı, fakat bunlar düşük haslık özellikleri göstermekteydi. Günümüzde bu boyalar çoğunlukla akrilik liflerinin, modifiye poliamid liflerinin ve karışımların boyanmasında kullanılmaktadırlar.

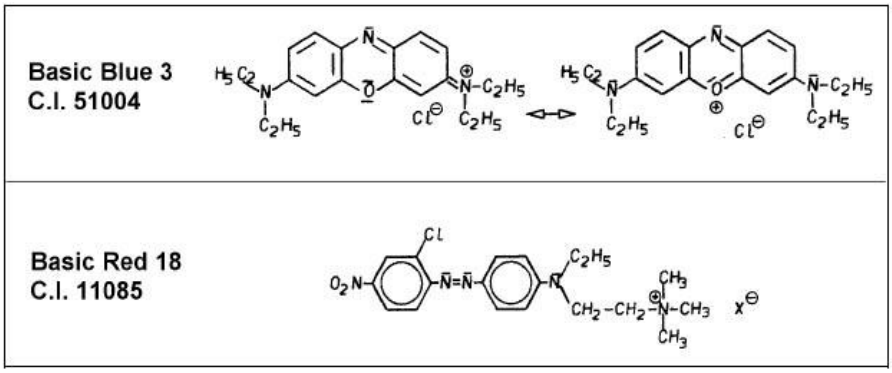
Özellikler

Akrilik liflerinde mükemmel haslık performansları göstermektedirler.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Katyonik boyalar, konjuge sistemin önemli bir parçası olan (daha yaygın) veya olmayan bir kuarterner amino grubu içermektedirler. Bazen azot yerine pozitif yüklü oksijen veya kükürt atomları da bulunabilmektedir.

Boyalardaki katyon ile liflerdeki anyonik gruplar arasında iyonik bağlar oluşmaktadır.



Şekil 9.2: Tipik bazik boya örnekleri

Katyonik boyalar asetik asit, etanol, eter ve diğer çözgenlerde daha yüksek bir çözünürlük gösterirlerken, suda az miktarda çözünmektedirler. Boyama işlemlerinde, zayıf asidik koşullarda aplike edilmektedirler. Bazik boyalar liflere kuvvetli bir şekilde bağlanırlar ve kolayca yer değiştirmezler. Düzgün bir boyama elde edebilmek için, genellikle (retarder olarak da isimlendirilen) özel egaliz maddeleri kullanılmaktadır (pH kontrollü absorpsiyon yöntemi uygulanmadığında). Retarderların en önemli grubunu, uzun alkil zincirli kuarterner amonyum bileşikleri oluşturmaktadır (katyonik retarderler). Elektrolitler ve formaldehidin naftalinsülfonik asit ile oluşturduğu anyonik kondenzasyon ürünlerine de rastlanılmaktadır.

Çevresel sorunlar

Birçok bazik boya yüksek sulu ortam toksisitesi göstermektedir, fakat uygun bir şekilde uygulandıklarında % 100'e yakın oranda liflere fikse olmaktadırlar. Problemler daha ziyade, doğru çalışmama ve temizleme ameliyeleri ile diğer olumsuzluklardan ileri gelmektedir [11, US EPA, 1995].

Aşağıdaki boyarmaddeler ETAD tarafından toksik olarak sınıflandırılmışlardır:
- Basic Blue 3,7,81
- Basic Red 12
- Basic Violet 16
- Basic Yellow 21.

9.3 Direkt (substantif) boyalar

Uygulanabilirlik

Direkt boyalar, pamuk, viskoz, keten, jüt, ipek ve poliamid liflerinin boyanmasında kullanılmaktadırlar.

Özellikler

Renkler parlak ve dolgundur, fakat ışık haslıkları boyarmaddeye bağlı olarak çok fazla değişebilmektedir. Tekstil materyaline ard işlem uygulanmadığında, yıkama haslığı özellikleri de sınırlıdır. Direkt boyalar, direkt baskı işlemlerinde nadiren kullanılmaktadırlar.

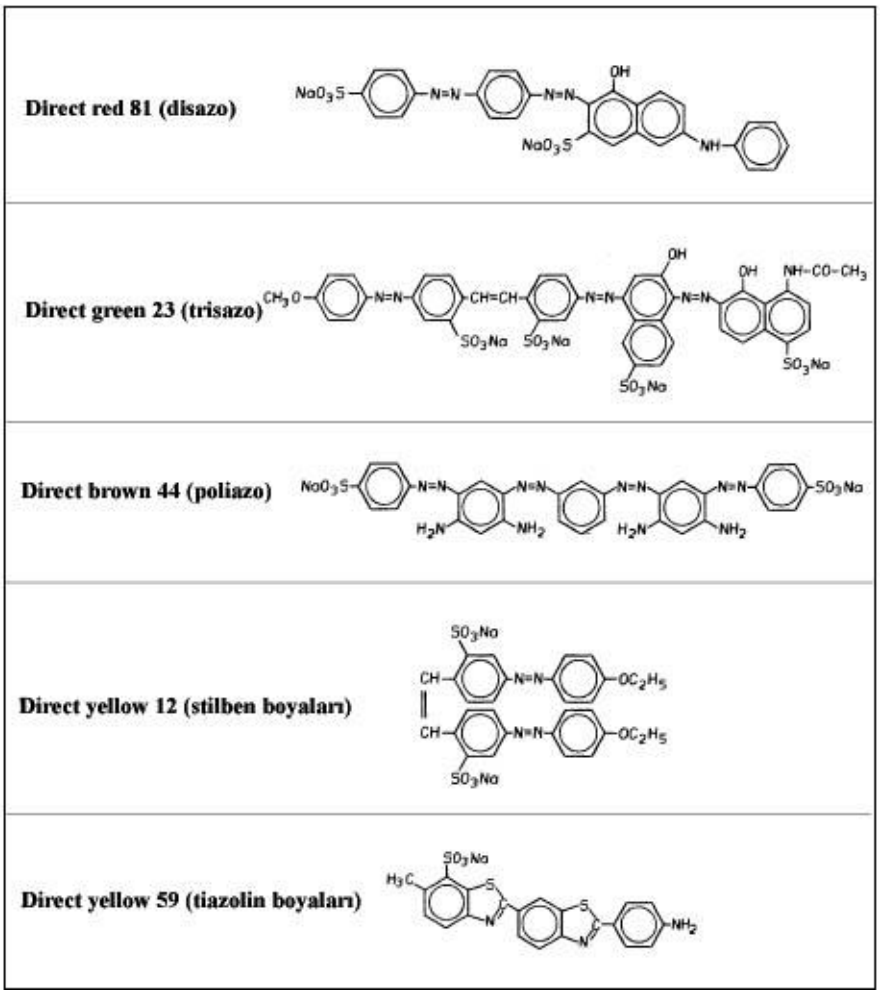
Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Direkt boyalar (substantif boyalar olarak da isimlendirilirler), azo bileşikleri, stilben, oksazin veya ftalosiyanin esaslı olabilmektedirler. Hepsi, sulu çözeltilerde iyonlaşarak çözünürlük kazandıran gruplar (çoğunlukla sülfonik asit grupları, ayrıca karboksil ve hidroksil grupları da olabilir) içermektedirler.

Direkt boyalar için, düz selüloz makromoleküllerine paralel şekilde yerleşmelerini ve bunlara daha ziyade Van der Waals kuvvetleri ve H köprüleriyle tutunmalarını sağlayan uzun plenar bir molekül yapısı karakteristiktir.

Direkt boyalarla tatmin edici *boyamalar* elde edebilmek için aşağıdaki *kimyasal maddeler* ve *yardımcı maddelerin* kullanılmasına ihtiyaç bulunmaktadır:

- elektrolitler, genellikle sodyumklorür veya sodyumsülfat. Bunların görevi, lif üzerindeki boya iyonlarının asosiyasyonunu desteklemektir
- ıslatıcılar ve dispergatörler: bu amaçla non-iyonik ve anyonik yüzeyaktif maddelerin karışımları kullanılmaktadır
- ard işlem maddeleri: yaş haslıkları geliştirmek için kullanılmaktadırlar. Katyonik fiksatörler olarak adlandırılan maddeler, en yaygın kullanılanlarıdır. Bunlar genellikle uzun hidrokarbon zincirli kuarterner amonyum bileşikleridir. Formaldehidin, aminler, polinükleer aromatik fenoller, siyanamid veya disiyanamid ile oluşturduğu kondenzasyon ürünleri de bu amaçla kullanılabilmektedirler.



Şekil 9.3: Tipik direkt boya örnekleri

Çevresel sorunlar

Direkt boyaların çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.2'de, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler ile ilgili olan çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için, değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	
Organik halojenler (AOX)	
Eko-toksisite	Direct Orange 62, ETAD tarafından toksik olarak sınıflandırılmaktadır
Ağır metaller	
Aromatik aminler	Direkt boyaların araştırılmasında üzerinde durulan en önemli nokta, muhtemelen kanserojen olan benzidin boyalarının yerini alacak boyaların geliştirilmesidir [186, Ullmann, 2000]
Fikse olmamış boyarmaddeler	Çektirme yöntemine göre boyama işleminde fiksaj derecesi % 64-96 civarındadır. [77, EURATEX,2000] ([11, US EPA,1995]'e göre % 70-95)
Boya formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık su kirliliği	

Tablo 9.2: Direkt boyaların ekolojik özelliklerine genel bakış

9.4 Dispers boyalar

Uygulanabilirlik

Dispers boyalar, özellikle poliester için, fakat selüloz (asetat ve triasetat), poliamid ve akrilik lifleri için de kullanılmaktadırlar.

Özellikler

Yıkama haslığı özellikleri büyük ölçüde boyanan lifin cinsine bağlı iken, ışık haslıkları genelde oldukça iyidir. Özellikle poliamid ve akrilik liflerinde, koyu tonlardaki boyamalarda renk oluşumu sınırlı ve yıkama haslıkları düşük olduğundan, çoğunlukla pastel tonlarda kullanılmaktadırlar.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Dispers boyalar, çözünürlük sağlayan grup içermemeleri ve düşük molekül ağırlıkları ile tanımlanmaktadırlar. Kimyasal olarak, dispers boyalarının % 50'sinden fazlasını basit azo bileşikleri, yaklaşık % 25' ini antrakinonlar ve geri kalanını da metin, nitro ve naftokinon boyaları oluşturmaktadır.

Boya-lif afinitesi, farklı tipteki çekim kuvvetlerinin sonucudur:
- hidrojen bağları
- dipol-dipol çekim kuvvetleri
- Van der Waals çekim kuvvetleri.

Dispers boyalar moleküllerinde, lifteki oksijen ve azot atomları ile hidrojen bağları oluşturabilen hidrojen atomlarına sahiptirler.

Dipol-dipol çekim kuvvetleri boya moleküllerinin, boya moleküllerindeki dipoller ile liflerdeki polarize olmuş gruplar arasındaki elektrostatik etkileşimleri mümkün kılan asimetrik yapılarından ileri gelmektedirler.

Van der Waals çekim kuvvetleri, lif makromolekülleri ve boyarmadde molekülleri birbirlerine paralel şekilde iyice yaklaştıkları zaman oluşmaktadır. Bu kuvvetler, lifteki ve boyarmaddelerdeki aromatik gruplar arasında oluşabildikleri için, poliester liflerinde çok önemlidirler.

Dispers boyalar toz ve sıvı ürünler halinde bulunabilmektedirler. Sıvı formdaki boyalar % 10–30 kadar dispergatör içerirlerken, toz halindeki boyalar % 40–60 kadar dispergatör içermektedirler. Bu amaç için, formaldehit kondenzasyon ürünleri ve linyinsülfonatlar yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Dispers boyalar ile *boyama* için aşağıdaki kimyasallar ve yardımcı maddelerin kullanılmasına ihtiyaç duyulabilmektedir:
- dispergatörler: tüm dispers boyalar zaten yüksek miktarda dispergatör içermelerine rağmen, boyama flottesine ve son yıkama adımına da dispergatör ilave edilmektedir
- carrier'lar: bazı liflerin dispers boyalar ile 100 ^{0}C'un altındaki sıcaklıklarda boyanmasında carrier kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum, kaynama noktası altındaki sıcaklıkta dispers boyalarının liflere düzgün bir şekilde nüfuz edebilmesini sağlamak için carrier'ların yardımına ihtiyacı olan, poliester liflerinde söz konusudur. Bu kimyasal maddelerin kullanımı ile ilgili çevresel sorunlar nedeniyle, poliester tercihen carrier kullanılmadan, > 100 ^{0}C sıcaklıklarda, basınç altında boyanmaktadır. Ancak, yünün 100 ^{0}C'un oldukça üzerindeki sıcaklıklarda yaş işleme sokulmaması

gerektiğinden, carrier boyamacılığı poliester-yün karışımları için halâ önem taşımaktadır
- kıvamlaştırıcılar: emdirme yöntemlerinde boya çözeltisine genellikle poliakrilatlar veya aljinatlar ilave edilmektedir. Bunların görevi, kurutma sırasında boya flottesinin yüzey migrasyonunu önlemektir
- indirgen maddeler (genellikle sodyumhidrosülfit): son yıkama adımında çözeltiye alkali ile birlikte ilave edilmektedirler.

Dispers boyaları sadece boyamada değil, ayrıca sentetik liflerin baskısı için de yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Çevresel sorunlar

Dispers boyaların çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.3'te, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddelerle ilgili olan çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	Sudaki çözünürlüklerinin düşük olmasından dolayı, atık su arıtma tesisinde aktif çamurda absorpsiyon yoluyla büyük oranda uzaklaştırılabilmektedirler
Organik halojenler (AOX)	Bazı dispers boyaları organik halojen içerebilmektedirler, fakat bunların atık su arıtma işleminden çıkan atık suda bulunması beklenilmemektedir (çünkü bunlar aktif çamurda absorpsiyon yoluyla kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedirler) (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1)
Toksisite	Aşağıdaki dispers boyalarının potansiyel olarak alerjik etkileri vardır: Disperse Red 1, 11, 17, 15; Disperse Blue 1, 3, 7, 26, 35, 102, 124; Disperse Orange 1, 3, 76; Disperse Yellow 1, 9, 39, 49, 54, 64.
Ağır metaller	
Aromatik aminler	Bu boyalar bazı Uzak Doğulu satıcılar ve üreticiler tarafından hala piyasaya sürülmektedirler [294, ETAD, 2001]
Fikse olmamış boyarmaddeler	Fiksaj dereceleri, kontinü boyamalar için % 88-99 ve baskılar için % 91-99 seviyesindedir
Boya formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık su kirliliği	Geleneksel dispergatörlerin (formaldehit kondenzasyon bileşikleri, lignosülfonatlar vs.) biyolojik olarak parçalanabilirlikleri zayıftır ([186, Ullmann, 2000]'e göre < % 30, [18, VITO, 1998]'e göre yaklaşık % 15' tır). Bazı boyalar daha kolay elimine edilebilen dispergatörler ile formüle edilmişlerdir (gerçi tüm formülasyonlar için geçerli değildir). Daha fazla bilgi Bölüm 4.6.3'te verilmektedir

Tablo 9.3: Dispers boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış

9.5 Metal-kompleks boyaları

Uygulanabilirlik

Metal-kompleks boyaları (önceden metallenmiş veya hazır metal-kompleks boyalar olarak da adlandırılmaktadırlar), protein liflerine karşı yüksek afiniteye sahiptirler. Metal-kompleks boyalarından 1:2 metal-kompleks boyaları, poliamid lifleri için de uygundurlar.

Bugün yünün % 65'inden fazlası krom boyaları (bundan sonraki bölüme bakınız) veya metal-kompleks boyalarıyla ve PA'in de yaklaşık % 30'u 1:2 metal-kompleks boyaları ile boyanmaktadırlar.

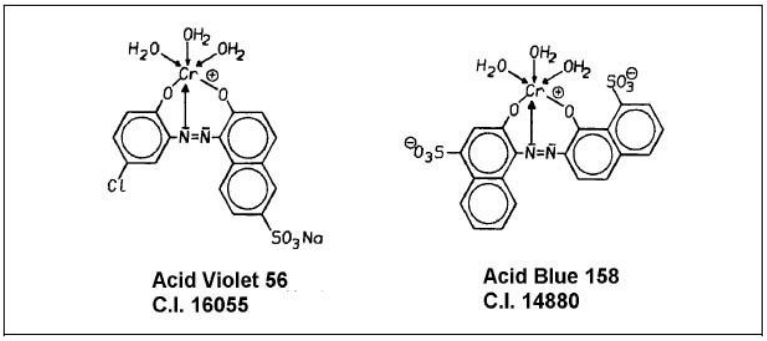
Özellikler

Yıkama haslıkları krom boyalarınınki kadar iyi değilken (özellikle koyu tonlarda), ışık haslıkları mükemmeldir.

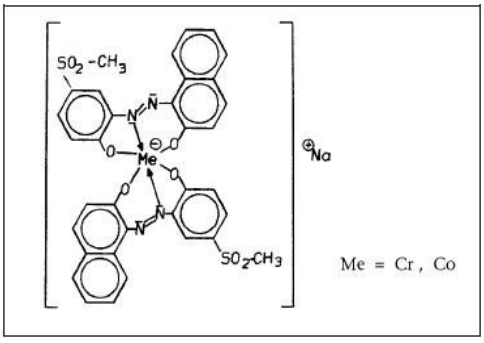
Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Metal-kompleks boyaları genel olarak 2 sınıfa ayrılabilmektedirler: bir metal atomunun bir boya molekülü ile kompleks oluşturduğu 1:1 metal kompleksler ve bir metal atomunun iki boya molekülü ile kompleks oluşturduğu 1:2 metal kompleksler. Boya molekülleri, krom, kobalt, nikel ve bakır başta olmak üzere, yan grup metal iyonları ile kuvvetli koordinasyon kompleksleri oluşturma yeteneğine sahip olan hidroksil, karboksil veya amino grupları içeren tipik bir monoazo yapısına sahiptirler. Ftalosiyanin boyalarının metal-kompleks boyaları olarak sınıflandırılamayacağına dikkat edilmelidir.

Önceden metallenmiş boyaların tipik örnekleri Şekil 9.4 ve Şekil 9.5'te gösterilmektedir.



Şekil 9.4: 1.1 metal-kompleks boyaları için tipik molekül strüktürü örnekleri



Şekil 9.5: 1.2 metal-kompleks boyaları için tipik bir molekül strüktürü

Metal-kompleks boyaları özel bir boya aplikasyon sınıfını temsil etmemektedirler. Metal-kompleks boyaları aslında birçok boya aplikasyon sınıfına aittirler (örneğin, asit, direkt ve reaktif boyaları arasında bulunabilmektedirler). Metal-kompleks boyaları boyama işlemlerinde kullanılırlarken, pH koşulları, aplikasyon sınıfına ve lif tipine göre (yün, poliamid, vs.) ayarlanmaktadır. Yün için pH seviyesi, kuvvetli asidik ortam (1:1 metal-kompleks boyaları için 1,8-4) ile zayıf asidik-nötr ortam (1:2 metal-kompleks boyaları için 4-7) arasında değişmektedir. Poliamid lifleri için daha yüksek pH seviyeleri gittikçe yaygınlaşmaktadır.

1:1 metal-kompleks boyaları, mükemmel düzgün boyama ve liflerin içine nüfuz etme özellikleri göstermektedirler. Bu boyalar tekstil materyalindeki düzgünsüzlükleri kapatma yeteneğine sahiptirler. Bunların ışık ve yaş haslık özellikleri, koyu tonlarda bile iyidir. Özellikle iplik ve karbonize olmuş yünlü kumaşların boyanmaları için uygundurlar.

1:2 metal-kompleks boyaları, hem yün, hem de poliamid için kullanılmaktadırlar. Bunlar, bu sınıf içindeki en önemli grubu oluşturmakta olup iki alt gruba ayrılabilmektedirler:

- zayıf polar 1:2 kompleksler – komplekslerin doğal anyonikliği veya metilsülfon (-SO_2CH_3) gibi non-iyonik hidrofilik substitüyentler içermeleri sayesinde çözünmektedirler. Bu boyalar ışığa ve yaş işlemlere karşı mükemmel haslıklara sahiptirler ve liflere nüfuz etme özellikleri de mükemmeldir.
- kuvvetli polar 1:2 kompleksler – bir veya daha fazla sülfonik veya karboksilik asit grubu içermeleri sayesinde çözünmektedirler. Bu boyalar yukarıda bahsedilen zayıf polar boyalardan daha düşük düzgünleşme özelliklerine, fakat daha iyi yaş haslık özelliklerine sahiptirler ve genellikle mordan boyalarının kullanıldığı yerlerde kullanmak için uygundurlar. Bu ikinci grup boyalar, poliamid liflerinin boyanması için de birinci gruba nazaran daha uygundurlar.

Metal-kompleks boyaları ile *boyama* için aşağıdaki *kimyasalların* ve *yardımcı maddelerin* kullanımına ihtiyaç duyulabilmektedir:

- pH ayarlayıcılar: sülfirik, formik, asetik asit
- elektrolitler: sodyumsülfat, amonyumasetat ve sülfat
- egaliz maddeleri: anyonik ve non-iyonik yüzeyaktif maddelerin karışımları (pH kontrollü adsorpsiyon boyama teknikleri kullanıldığında bu yardımcı maddelere gerek yoktur).

Çevresel sorunlar

Metal-kompleks boyalarının çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.4'te, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddelerle ilgili olan çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için, değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	Boyadan boyaya büyük farklılıklar (biyolojik olarak elimine edilebilirlikleri <% 50 olabilir)
Organik halojenler (AOX)	Bazı ürünler organik halojen içermektedirler: Bu nedenle atık sulardaki AOX miktarı ilgili boyanın elimine edilebilmesine bağlı olmaktadır (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1)
Eko-toksisite	
Ağır metaller	Fikse olmamış boyadan dolayı atık suda metaller bulunabilmektedir. Ancak, metal-kompleks boyalarında kullanılan Cr III ve diğer yan grup metalleri kromoforun bir parçasıdır (bkz. Bölüm 2.7.8.1 "ağır metaller")
Aromatik aminler	
Fikse olmamış boyarmaddeler	Fiksaj dereceleri, ortadan mükemmele kadar değişmektedir (% 85 ile 98 ve bazı durumlarda daha yüksek)
Boya formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık su kirliliği	Toz boyaların hazırlanmasında inorganik tuzlar bulunmaktadır. Ancak, bu tuzlar, ekolojik veya toksikolojik problemler göstermemektedirler [64, BASF, 1994]

Tablo 9.4: Metal-kompleks boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış

9.6 Mordan boyaları (krom boyaları)

Uygulanabilirlik

Mordan boyarmaddeleri genellikle protein (yün ve ipek) lifleri için kullanılmaktadırlar. Aslında bunlar poliamid lifleri için veya basmacılıkta pek kullanılmamaktadırlar.

Özellikleri

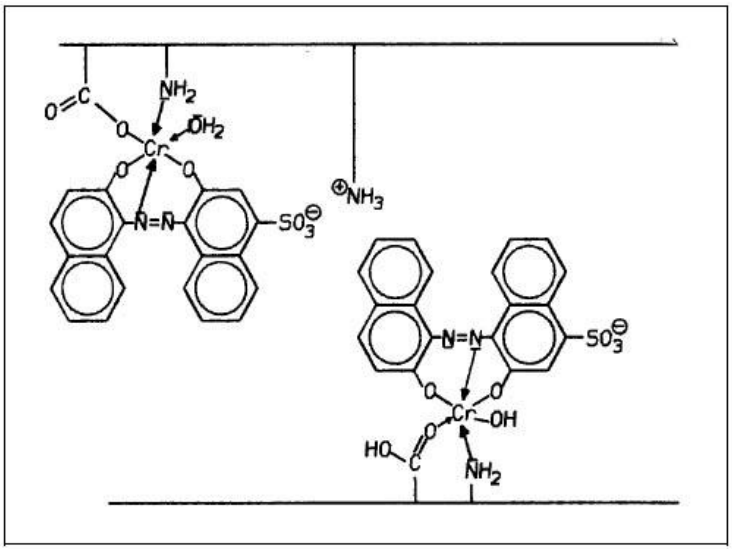
İyi düzgünleşme özellikleri ve kromlamadan sonraki çok iyi yaş haslıkları sayesinde, krom boyaları esas olarak koyu tonları (yeşiller, maviler ve siyahlar) vasat maliyetler elde etmek için kullanılmaktadırlar. Ancak kullanımlarında bazı dezavantajlar vardır: uzun boyama süreleri, renk tutturmadaki zorluklar, kromlama sırasında liflerin kimyasal zarar görme riski ve atık suda krom açığa çıkması potansiyeli.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Colour Index, bu renklendiricileri mordan boyaları olarak sınıflandırmaktadır, fakat neredeyse tüm dünyada kullanılan tek mordan kromdur ve bu nedenle bunlara yaygın olarak krom boyaları denilmektedir.

Kimyasal bir açıdan bakıldığında, bu boyalar, krom ile metal kompleksler oluşturabilme yeteneğine sahip uygun fonksiyonel gruplar içeren, asit boyarmaddeleri olarak düşünülebilmektedirler. Bunlar moleküllerinde krom içermemektedirler. Bunun yerine, boyanın fikse olmasını sağlamak için dikromat veya kromat tuzları ilave edilmektedir.

Liflere bağlanma, renklendiricinin anyonik grupları ve lifte bulunabilen amonyum katyonları arasında oluşan iyonik bağlar sayesinde oluşmaktadır. Buna ek olarak krom da, boyanın life bağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu sayede oluşan çok kuvvetli bağlanma da, mükemmel haslık özelliklerine sahip olunmasını sağlamaktadır. Şekil 9.6, yün lifleriyle oluşan iyonik ve koordinasyon bağlarını göstermektedir.



Şekil 9.6: Yün ve krom boyaları arasındaki olası iyonik ve koordinasyon bağlarının gösterimi [69, Corbani, 1994]

Krom boyalarının kullanıldığı *boyama* işlemlerinde aşağıdaki kimyasalların ve yardımcı maddelerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır:

- potasyum- ve sodyum-dikromat veya kromat

- pH ayarlayıcısı olarak formik veya asetik asit
- tartarik ve laktik asit gibi diğer organik asitler. Bunlar Cr VI'nın Cr III'e dönüşüm miktarını arttırmak için kullanılmaktadırlar
- sodyum veya amonyumsülfat.

Çevresel sorunlar

Krom boyalarının çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.5'te, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddelerle ilgili olan çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için, değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	
Organik halojenler (AOX)	
Eko-toksisite	
Ağır metaller	Nihai renklendiricide bulunan krom, başlangıçta boya molekülünde bulunmamaktadır, bunun yerine boyama işlemi sırasında boyanın fikse olmasını sağlamak için dikromat veya kromat tuzları eklenmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1)
Aromatik aminler	
Fikse olmamış boyarmaddeler	
Boyarmadde formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık su kirliliği	

Tablo 9.5: Krom boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış

9.7 Naftol boyaları (lifte inkişaf ettirilen azo boyaları)

Uygulanabilirlik

Naftol boyaları olarak da bilinen azo boyaları, selüloz lifleri (özellikle pamuk) için kullanılmaktadırlar, fakat viskoz, selülozasetat, keten ve bazen poliestere de aplike edilebilmektedirler.

Özellikler

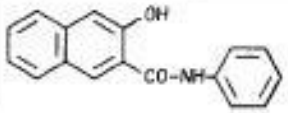
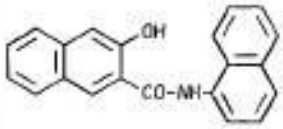
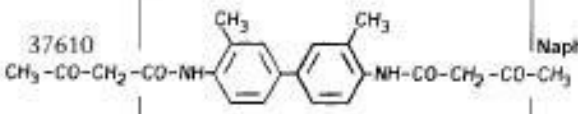
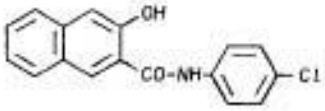
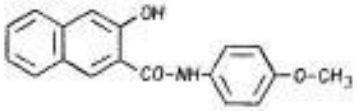
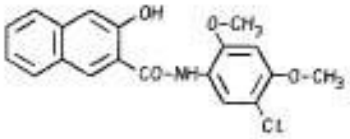
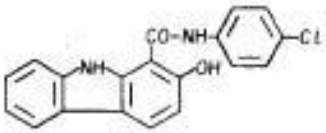
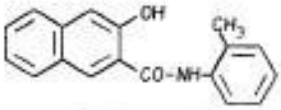
Azo boyaları mükemmel yaş, iyi ışık, klor ve alkali haslıklarına sahiptirler, ancak sürtünme haslıkları zayıftır.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Kimyasal açıdan bakıldığında naftol boyaları azo boyalarına çok benzemektedirler. Ana farklılık çözünürlük sağlayıcı sülfonat gruplarının bulunmamasıdır.

Bunlar, iki adımlı bir işlemle kumaşa aplike edilen iki kimyasal reaktif bileşikten oluşturulmaktadırlar. Çözünmeyen boya molekülleri, diazolanmış baze (inkişaf maddesi) ile kenetleme komponenti (naftolat) arasındaki kenetleme reaksiyonu sayesinde, doğrudan liflerin içerisinde oluşturulmaktadırlar.

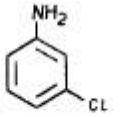
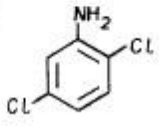
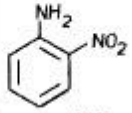
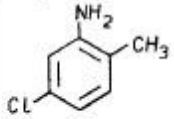
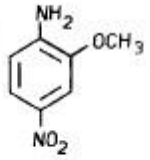
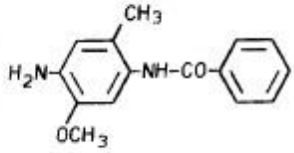
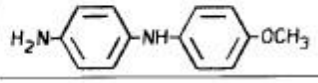
Kenetleme komponentleri genellikle 2-hidroksil-3-naftoik asit anilidlerinin (naftol AS olarak da adlandırılan) türevleridirler. Bu naftoller toz formda veya sıvı formda (bu durumda çözelti ayrıca sud kostik içermekte ve naftol konsantrasyonu % 30 ile % 60 arasında değişmektedir) bulunabilmektedirler.

Colour index III baskı		Formül	Ürünün ticari adı
Kenetleme komponenti no	Kimyasal bileşimi no		
2	37505		Naphthol AS (P,L)
4	37560		Naphthol AS-BO (P,L)
5	37610		Naphthol AS-G (P)
10	37510		Naphthol AS-E (P)
11	37535		Naphthol AS-RL (P)
12	37550		Naphthol AS-ITR (P,L)
15	37600		Naphthol AS-LB (P,L)
18	37520		Naphthol AS-D (P,L)

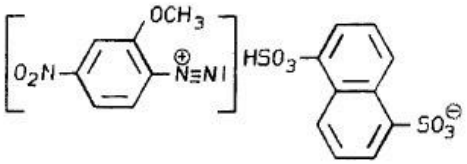
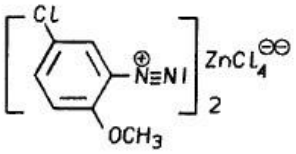
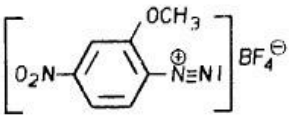
Şekil 9.7: Naftol boyaları için tipik kenetleme komponenti örnekleri

İnkişaf maddeleri, anilin, toludin, orto ve metaanisidin, difenilamin türevleri olabilmektedirler. Bunlar piyasada:

- serbest bazeler (has boya bazeleri)
- sıvı bazeler (bu formülasyonlar aromatik aminlerin sulu dispersiyonlarıdır, bunların aplike edilmeleri katı bazelerinkinden daha güvenli ve daha basittir)
- has boya tuzları (bunlar piyasada zaten stabil formda satılan diazolanmış diazonyum bileşikleridirler ve boyamada kullanılmadan önce diazolanmalarına gerek kalmamaktadır: (Şekil 9.9'da bazı örnekler verilmiştir)

Colour index		Formül
Diazo komponenti no	Kimyasal bileşim no	
2	37005	
3	37010	
6	37025	
32	37090	
5	37125	
41	37165	
35	37255	

Şekil 9.8: Naftol boyaları için tipik inkişaf yardımcı maddelerine (has boya bazelerine) örnekler

1,5 naftalindisülfonik asit ile tuz formunda stabilize edilmiş C.I. Azoik Diazonyum komponenti 5	
Çinkoklorür ile tuz formunda stabilize edilmiş C.I. Azoik Diazonyum komponenti 10	
Bortetraflorür ile tuz formunda stabilize edilmiş C.I. Azoik Diazonyum komponenti 34	

Şekil 9.9: Tipik has boya (hazır diazonyum) tuzlarına örnekler

Azo boyarmaddelerinin aplikasyonu birkaç adımdan oluşmaktadır:

- naftolat çözeltisinin hazırlanması: naftol diazonyum tuzu ile kenetlenebilen formdaki naftolata dönüştürülmektedir
- naftolatın life aplikasyonu
- diazolanmış bazenin hazırlanması: kenetleme reaksiyonunu gerçekleştirebilmek için, bazenin ilk önce soğukta, sodyumnitrit ve hidroklorik asit kullanılarak diazolanması gerekmektedir (has boya tuzları kullanıldığında bu adıma gerek kalmamaktadır)
- liflerin içerisinde azo boyasının oluşması.

Çevresel sorunlar

Naftol boyalarının çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.6'da, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddeler ile ilgili olan çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için, değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	
Organik halojenler (AOX)	
Eko-toksisite	
Ağır metaller	
Aromatik aminler	İnkişaf maddelerinin hepsi, diazolanabilir aminler veya diaminler veya substitue anilinler, toluidinler, anisidinler, azobenzenler veya difenilaminlerdir. Bu aminlerin bazıları ve özellikle, p-nitroanilin, kloranilin ve β–naftilamin 1980 US EPA öncelik listesinde zararlı kirletici maddeler olarak yer almaktadırlar ve bunların kullanımları yasaklanmıştır
Fikse olmamış boyarmaddeler	Fiksaj dereceleri, kesintisiz boyama işlemlerinde % 76- 89 arasında ve baskı işlemlerinde % 80-91 arasında değişmektedir [77, EURATEX, 2000]
Boya formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık kirliliği	

Tablo 9.6: Naftol boyalarının ekolojik özelliklerine bakış

9.8 Reaktif boyalar

Uygulanabilirlik

Reaktif boyalar esas olarak pamuk ve viskoz gibi selüloz liflerinin boyanması için kullanılmaktadırlar, fakat yün ve poliamid lifleri için de gittikçe artan bir önem kazanmaktadırlar.

Özellikler

Bunlar yüksek yaş haslıklar sağlamaktadırlar (daha ucuz olan direkt boyalardan daha iyi), fakat bunların kullanımları, düzgün boyama eldesindeki zorluklar nedeniyle her zaman kolaylıkla gerçekleştirilememektedir. Ağır koşullar altında ışık haslıklarında olduğu gibi, klor haslıkları da küp boyalarından biraz daha düşüktür.

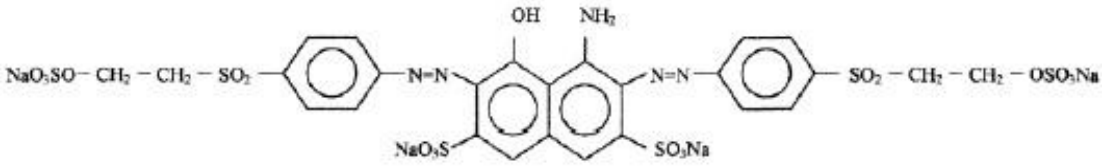
Bilinen reaktif boya paleti çok geniştir ve çok sayıda boyama tekniğinin kullanımına imkan tanımaktadır.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Reaktif boyalar, tekstil materyali ile kovalent bağ oluşturabilme yeteneğine sahip özel kimyasal grup içeren tek boya sınıfıdır.

Bu bağların kopması için gerekli enerji materyalin kendisinin parçalanması için gerekli olanla aynıdır ve bu durum bu boyaların yüksek yaş haslıklarının nedenini açıklamaktadır.

Tüketim miktarı bakımından en önemli reaktif boyarmaddelerden birisi olan Reactive Black 5'in yapısı Şekil 9.10' da gösterilmektedir.

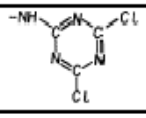
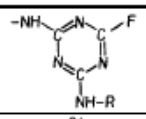
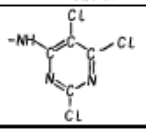


Şekil 9.10: Reactive Black 5

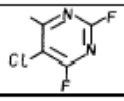
Reaktif boyaların kimyasal yapısı şematik olarak **Col-B-R** formülü ile gösterilebilmektedir: Bu formülde:

- Col, genelde monoazoik, antrakinon, ftalosiyanin ve metal-kompleks bileşiklerinden oluşan kromofordur
- B, kromofor ve reaktif grup arasında köprü görevi gören gruptur
- R, reaktif grubu göstermektedir (ayrılacak olan grubu da içeren çıpa sistemi). Çıpa sistemleri reaktiflikleri ile karakterize edilmektedirler. Buna dayanarak, sıcak, ılık veya soğuk boyalar olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Selüloz, yün veya poliamid lifleri için reaktif sistemlerin bazı tipik örnekleri, aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

Çıpa Sistemi	Sınıfı	Ticari Adı
	Di-klor-s-triazin (soğukta boyayan)	Procion MX
	Amino-flor-s-triazin (ılık boyayan)	Cibacron F
	Triklor-primidin (sıcakta boyayan)	Cibacron T-E Dimaren X, Z
$-SO_2-CH_2-CH_2-O-SO_3Na$	Beta-sülfat-etil-sülfon (ılık boyayan)	Remazol

Tablo 9.7: Selüloz lifleri için tipik çıpa sistemi örnekleri

Çıpa Sistemi	Sınıfı	Ticari Adı
	2,4 diflor 5-klor primidin	Verofix Drimalan F
$-SO_2-CH_2-CH_2-O-SO_3Na$	Beta-sülfat-etil-sülfon	Remazolan
$-SO_2-NH-CH_2-CH_2-O-SO_3H$	Sülfat-etil-sülfonamid	Levafix
$-NHCO-CBr=CH_2$	Bromakrilamid	Lanasol

Tablo 9.8: Yün ve poliamid lifleri için tipik çıpa sistemi örnekleri

Boyarmaddenin reaktif grupları, protein ve poliamid liflerinde liflerin amino gruplarıyla, selüloz liflerinde de hidroksil grupları ile tepkimeye girmektedirler.

Her iki durumda da, çıpa sistemine bağlı olarak, iki reaksiyon mekanizması oluşabilmektedir: nükleofilik substitusyon mekanizması veya nükleofilik katılma mekanizması.

Reaktif boyalar söz konusu olduğunda dikkate alınması gerekli olan önemli bir konu, boyama sırasında her zaman iki rakip reaksiyonun var olması olgusudur:
1. alkoliz: boyarmadde + lif → boya life fikse olmaktadır
2. hidroliz: boyarmadde + su → hidrolize olmuş boya; boyama sonrası yıkamada uzaklaştırılmaktadır (istenmeyen reaksiyon)

Bu gerçek, özellikle selüloz lifleri konusunda önemli sonuçlara sahiptir. Aslında, reaktif boyaların selüloz lifleri ile reaksiyona girdiği alkali koşullar, hidroliz reaksiyonunun hızını da arttırmaktadır. Hidrolize olmuş boyanın özellikleri, boyanın artık reaktif bir madde olmaması ve bu nedenle de atık suya deşarj edilmesidir.

Selüloz liflerinin reaktif boyalarla *boyanması*, aşağıdaki *kimyasalların* ve *yardımcı maddelerin* kullanımını içerebilmektedir:
- alkali (sodyumkarbonat, bikarbonat ve sud kostik)
- tuz (özellikle sodyumklorür ve sülfat)
- kesintisiz işlemlerde tek adımlı metotta emdirme flottesine üre ilave edilebilmektedir (alternatif teknikler bkz. Bölüm 4.6.13)
- soğuk pad-batch (bekletme) metodunda sodyumsilikat ilave edilebilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 4.6.9).

Reaktif boyalar yün veya poliamid liflerine farklı koşullar altında aplike edilmektedirler. *Yün ve poliamid liflerindeki* amino gruplarının reaktiflikleri, selülozdaki hidroksil gruplarınınkinden oldukça daha yüksektir.

Düzgünleştirme özelliği, çoğunlukla özel amfoter egaliz maddelerinin kullanımı ile sağlanmaktadır.

Reaktif boyalar genellikle, amonyumsülfat ve yukarıda açıklanan özel egaliz maddelerinin varlığında, renk koyuluğuna bağlı olarak, pH 4,5-7 arasındaki değerlerde aplike edilmektedirler.

Selüloz baskıcılığında, genellikle orta derecede reaktifliğe sahip reaktif boyalar kullanılmaktadırlar (özellikle monoklortriazin sistemleri). Bazen, yüksek derecede reaktif sülfoetilsülfonlar da kullanılmaktadırlar.

Reaktif boyalarla baskı işlemlerinde aşağıda belirtilen kimyasal maddelerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır:
- kıvamlaştırıcı pat maddeleri (özellikle poliakrilatların aljinatlar ile kombinasyonu)
- üre
- alkali (örneğin, sodyumkarbonat ve bikarbonat)
- oksidasyon maddeleri (özellikle benzensülfonik asit türevleri): hassas boyaların buharlama sırasında indirgenmesini önlemek için kullanılmaktadırlar.

Çevresel sorunlar

Zayıf boya fiksajı, özellikle boya alımını (ve dolayısıyla boya fiksajını) arttırmak için önemli miktarda tuzun ilave edildiği, selüloz liflerinin reaktif boyalarla çektirme yöntemine göre boyamacılığında uzun süredir bir problem oluşturmaktadır. Diğer taraftan, en etkin boyalar (yüksek derecede alınan ve yüksek fiksaj hızına sahip) kullanılarak "ilk seferde doğru" üretim yapılmasının önündeki en önemli engeller, renk tonunun aynen tekrarlanabilirliği ve düzgün boyama problemleriydi.

Araştırma ve geliştirmeler, bugün için hepsi başarılı bir şekilde hal edilmiş veya edilmekte olan bir seri hedefe yönelmişlerdir. Bunlar şunları içermektedirler [190, VITO, 2001]:
- tek tek boyaların ve boya kombinasyonlarının (trikromatik sistemler) dayanıklılıklarının arttırılması
- en yaygın uygulanan boyama yöntemlerinde kullanılan trikromatik kombinasyonların aynen tekrarlanabilirliklerinin arttırılması
- tuz tüketiminin ve/veya atık sulardaki kullanılmamış boya miktarının azaltılması
- haslık özelliklerinin geliştirilmesi (örneğin, ışık haslığı, tekrarlı yıkamalara karşı haslık).

Komplike molekül mühendisliği teknolojilerinin kullanımıyla, geleneksel reaktif boyalardan daha yüksek performansa sahip reaktif boyaların (örneğin, bifonksiyonel boyaların ve düşük-tuz tüketimli reaktif boyaların) üretimi mümkün olmuştur. Bu son gelişmeler, Bölüm 4.6.10, 4.6.11 ve 4.6.13'te daha ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadırlar.

Reaktif boyaların çevresel özellikleri Tablo 9.9'da değerlendirilmektedir. Bu sorunlar özel bir ekte ele alındıkları için, tabloda boyama işleminde kullanılan kimyasallar (örneğin, tuz) ve yardımcı maddelerle ilgili çevresel sorunlara değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	Hem fikse olmamış reaktif boyaların ve hem de boyaların hidrolize olmuş şekillerinin, suda rahatça çözünebilmelerinden dolayı, bunların biyolojik atık su arıtma tesislerinde uzaklaştırılmaları zordur
Organik halojenler (AOX)	Birçok reaktif boya organik halojenler içermektedirler. Ancak, kromofora bağlı halojenler ile çıpa grubuna bağlı halojenler arasında ayrım yapılmalıdır (daha ayrıntılı bilgi için bkz. Bölüm 2.7.8.1).
Eko-toksisite	
Ağır metaller	Ağır metaller hem üretim işleminden ileri gelen safsızlıklar olarak (limitler ETAD tarafından belirlenmiştir) hem de kromoforun bir parçası olarak bulunabilmektedirler. Kromoforun bir parçası olma durumu, özellikle mavi ve turkuaz tonlarda geniş bir şekilde kullanılan ftalosiyanin boyaları ile ilgilidir (bunların yerini alacak boyalar halen bulunmamıştır) (ayrıca bkz. Bölüm 2.7.8.1)
Aromatik aminler	
Fikse olmamış boyarmaddeler	Fiksaj oranı kötü olabilmektedir (1) (ayrıca Bölüm 2.7.8'deki bilgilere de bkz.). Fiksaj derecesini arttırmak için gayret gösterilmektedir. Bazı reaktif boyalar selüloz liflerinde bile > % 95 fiksaj derecelerine ulaşabilmektedir (son gelişmeler için bkz. Bölüm 4.6.10 ve 4.6.11)
Boyalarda bulunan katkılardan ve dispergatörlerden kaynaklanan atık su kirliliği	
Notlar: (1) [77, EURATEX, 2000] Fiksaj derecesi: - pamuk emdirme boyama: % 50 - 80 - yün emdirme boyama: % 90 - 97 - baskı (genel) : % 60	

Tablo 9.9: Reaktif boyaların ekolojik özelliklerine genel bakış

9.9 Kükürt boyaları

Uygulanabilirlik

Kükürt boyaları özellikle pamuk ve viskoz materyaller için kullanılmaktadırlar. Bunlar, selüloz liflerinin, poliamid ve poliester dahil, sentetik liflerle olan karışımlarının boyanması için de kullanılmaktadırlar. Nadiren ipeğin boyanmasında da kullanılmaktadırlar. Kükürt boyaları, siyah tonlar hariç, tekstil baskıcılığında neredeyse hiç rol oynamamaktadırlar.

Özellikler

Işık haslıkları ortayla iyi arasında değişirken, ağartma ve yıkama haslığı özellikleri çok iyidir. Geniş bir renk gamları bulunmasına rağmen, açık tonların ışık ve yıkamaya karşı dayanımları zayıf olduğundan, kükürt boyaları çoğunlukla koyu tonların boyanmasında kullanılmaktadırlar. Kükürt boyaları diğer boya sınıflarına nazaran daha donuk nüanslarda boyamalar sağlamaktadırlar.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Kükürt boyaları, kükürt veya sülfürlerin aminler ve fenoller ile reaksiyonu sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerden oluşmaktadırlar. Piyasada moleküllerinde kükürt içeren birçok renklendirici bulunmaktadır, ancak bunlardan yalnızca alkali koşullar altında

sodyumsülfür ile reaksiyon sonucu suda çözünebilir hale gelen boyarmaddeler, kükürt boyaları olarak adlandırılabilmektedirler.

Bunlar yüksek derecede kompleks moleküllerin karışımları oldukları için, kesin kimyasal yapıları her zaman tam olarak bilinememektedir. Amino türevleri, nitrobenzenler, nitro ve aminobifeniller, substitue fenoller, substitue naftalinler, kondanze aromatik bileşikler, indofenoller, azinler, oksazinler, tiazol, azin ve tiazin halkaları bu bileşiklerin bir parçası olabilmektedirler. Kükürt boyaları, hem kromoforun bir parçası olarak, hem de polisülfür yan zincirlerinde kükürt içermektedirler.

Daha önce de açıklandığı gibi, kükürt boyaları suda çözünmemektedirler, fakat alkali koşullar altında indirgendikten sonra suda çözünebilen ve liflere karşı yüksek afiniteye sahip olan leyko formuna dönüşmektedirler. Bunlar liflerin içine absorbe olduktan sonra yükseltgenmekte ve tekrar başlangıçtaki çözünmeyen duruma dönüşmektedirler.

Kükürt boyaları aşağıdaki isimler altında sınıflandırılan çeşitli modifikasyonlarda bulunabilmektedirler:

- kükürt boyaları – amorf tozlar veya disperse olabilen pigmentler halinde bulunmaktadırlar. Amorf tozlar suda çözünemezler veya kısmen çözünürler ve sodyumsülfür ve su ile kaynatılarak çözünür hale getirilmektedirler. Disperse olabilen pigmentler, dispergatör de ilave edilerek emdirme yöntemlerine göre boyamalarda kullanılabilmektedirler. Bunlar formülasyonlarında belli miktarda indirgen madde içerebilmektedirler ve bu durumda "kısmen indirgenmiş pigmentler" olarak adlandırılmaktadırlar
- leyko-kükürt boyaları (kullanıma hazır boyalar) – sıvı formda bulunmaktadırlar ve boyama için gerekli indirgen maddeyi de içermektedirler. Bu nedenle, kullanımdan önce basit bir şekilde su ile seyreltilmeleri yeterli olmaktadır. Ayrıca piyasada düşük sülfür tipleri de bulunmaktadır
- suda çözünebilen kükürt boyaları– suda çözünemeyen formdaki boyanın (Col-S-S-Col) sodyumhidrosülfit ile işlenmesiyle oluşan Bunte tuzları ($Col\text{-}S\text{-}SO_3Na$) yapısında bulunmaktadırlar. Bunlar sıcak suda çözünebilmektedirler, fakat liflere karşı afiniteye sahip değildirler. Flotteye alkali ve indirgen madde ilavesi, bunları liflere karşı substantif hale getirmektedir.

Boyayı çözünür hale getirmek için, genellikle indirgen madde olarak sodyumsülfür ve sodyumhidrojensülfür kullanılmaktadır (kullanıma hazır kükürt boyaları kullanılmadıysa). Alternatif indirgen maddeler olarak, glikoz ile sodyumditiyonit (hidrosülfit) veya tiyoüredioksitten oluşan ikili sistemler de kullanılmaktadırlar.

Tüm işlemlerde boya sonunda materyale oksidasyon yoluyla fiske olmaktadır. Halen oksidasyon maddesi olarak, hidrojenperoksit veya bromat, iyodat ve klorit gibi halojen içeren bileşikler yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Kükürt boyaları ile boyamalarda yukarıda değinilen indirgen ve yükseltgen maddeler dışında, aşağıdaki kimyasalların ve yardımcı maddelerin kullanımına da ihtiyaç duyulmaktadır:

- alkali (özellikle sud kostik)
- tuz (sodyumklorür ve sülfat)
- dispergatörler: bunlar genellikle naftalinsülfonik asit-formaldehit kondenzatları, linyinsülfonatlar ve sülfonlanmış yağlardır
- kompleks oluşturucu maddeler: bazı durumlarda, toprak alkali iyonların varlığından kaynaklanan negatif etkilerin önlenmesi için EDTA ve polifosfatlar kullanılmaktadırlar.

Çevresel sorunlar

Kükürt boyalarının çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.10'da, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddelerle ilgili çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için, değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	Kükürt boyalarının çoğu oksidasyondan sonra suda çözünmemektedirler ve bundan dolayı atık su arıtma tesislerindeki aktif çamurda absorbe olarak büyük oranda uzaklaştırılabilmektedirler
Organik halojenler (AOX)	
Eko-toksisite	
Ağır metaller	
Aromatik aminler	
Fikse olmamış boyarmaddeler	Fiksaj dereceleri kesintisiz boyamalarda % 60–90 ve baskıda % 65-95 arasında değişmektedir [77, EURATEX, 2000]
Boya formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık su kirliliği	Biyolojik olarak çok az parçalanabilen dispergatörler bulunmaktadır. Piyasada artık daha yüksek oranda elimine edilebilen (> % 70) yeni formaldehit kondenzasyon ürünleri de bulunabilmektedir (bkz. Bölüm 4.6.3)

Tablo 9.10: Kükürt boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış

9.10 Küp boyaları

Uygulanabilirlik

Küp boyaları daha ziyade pamuk ve selüloz liflerinin boyanmasında ve basılmasında kullanılmaktadırlar. Ayrıca poliamid ve poliesterin selüloz lifleri ile karışımlarının boyanmasında da kullanılabilmektedirler.

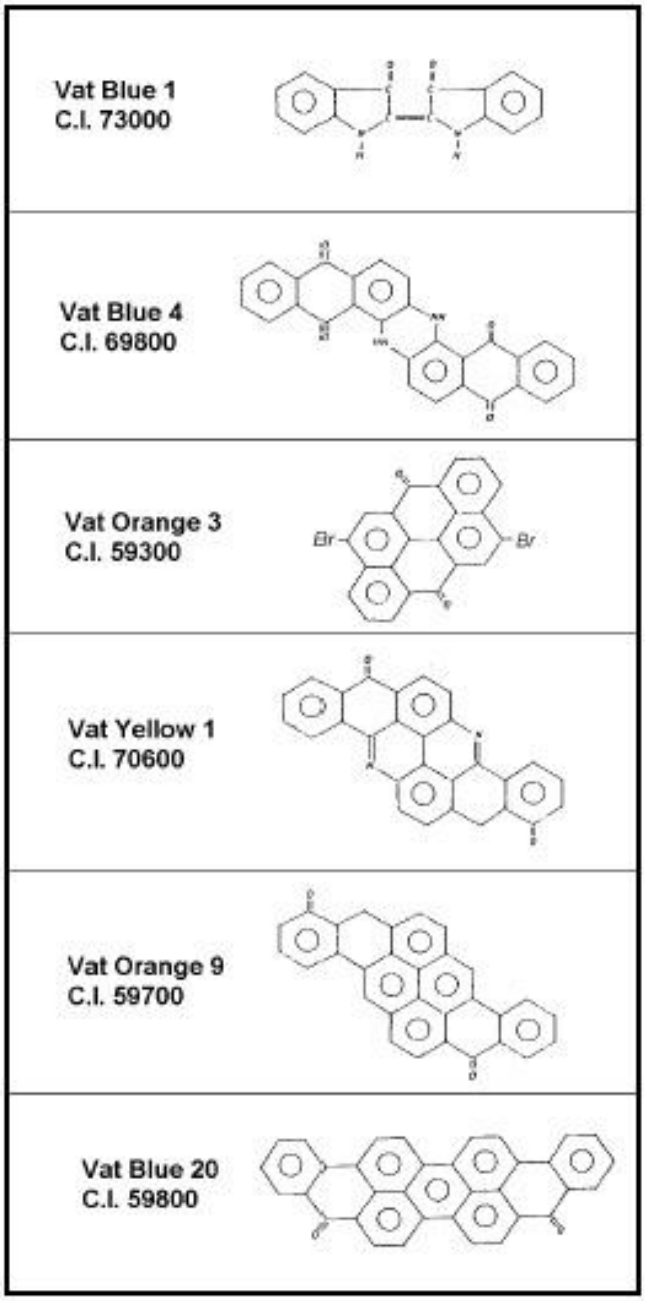
Özellikler

Küp boyaları, doğru bir şekilde seçildiklerinde, mükemmel haslık özelliklerine sahiptirler ve sık olarak ağır yıkama ve ağartma koşullarına maruz kalacak kumaşlar (havlu kumaşlar, endüstriyel ve askeri üniformalar vs.) için kullanılmaktadırlar. Renk gamları geniştir, fakat renk tonları genellikle donuktur.

Kimyasal özellikler ve genel aplikasyon koşulları

Kimyasal açıdan bakıldığında, küp boyalarını iki gruba ayırmak mümkündür: indigoid küp boyaları ve antrokinoid boyalar. İndigo boyalarının neredeyse tamamı, mavi denim üretiminde çözgü ipliklerinin boyanması için kullanılmaktadırlar.

Kükürt boyalarında olduğu gibi, küp boyaları da genellikle suda çözünmezler, fakat alkali koşullar altında indirgendikten (küpleme) sonra suda çözünmekte ve liflere karşı substantif hale gelmektedirler. Bunlar daha sonra oksidasyon yoluyla tekrar asıl çözünemeyen yapıya dönüştürülmekte ve bu yolla liflere fikse olmaktadırlar.



Şekil 9.11: Tipik küp boya örnekleri

Küp boyaları, esasında küplenebilir renklendirici pigmentler ile dispergatör (özellikle formaldehit kondenzasyon ürünleri ve ligninsülfonatlar) içeren preperasyonlardır. Genellikle toz, granül ve macun formunda temin edilmektedirler.

Küp boyaları ile renklendirme işleminde, çok sayıda değişik teknikler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, tüm işlemler üç adımdan oluşmaktadırlar:

- küpleme
- oksidasyon
- ard işlem.

Boyarmaddenin indirgenerek leyko formuna dönüşmesi adımına *küpleme* denilmektedir. Küp boyalarının indirgenmesi, genellikle kükürt boyalarınınkinden daha zordur. Çeşitli indirgen maddeler kullanılmaktadır. Sodyumditiyonit (hidrosülfit), bazı sınırlandırmaları olmasına rağmen, halen en fazla kullanılanıdır. Sodyumditiyonit boyanın indirgenmesiyle

ve ayrıca hava oksijeni ile reaksiyona girerek de tüketilmektedir ve bundan dolayı indirgen madde fazlası kullanmak gerekmektedir. Bu kayıpları azaltmak için çeşitli teknikler önerilmektedir (ayrıca bkz. Bölüm 4.6.6). Bir de, sodyumditiyonit, hassas boyalar ile aşırı indirgenmeye neden olacağından, yüksek sıcaklık gerektiren boyamalarda veya pad-steam boyama işlemlerinde de kullanılamamaktadır. Bu aplikasyon koşullarında ve ayrıca baskı işlemlerinde, indirgen madde olarak genellikle sülfoksilik asit türevleri tercih edilmektedirler.

İndirgen madde olarak bazen tiyoüredioksit de kullanılmaktadır, fakat bunun indirgeme potansiyeli hidrosülfitinkinden çok daha yüksek olduğu için aşırı indirgenme riski bulunmaktadır. Bundan başka, tiyoüredioksitin oksidasyon ürünleri, atık suların azot ve kükürt kirliliklerini arttırmaktadırlar.

Artan çevresel baskıların etkisiyle artık günümüzde, hidroksiaseton gibi biyolojik olarak uzaklaştırılabilen ve kükürt içermeyen organik indirgen maddeler de piyasada bulunabilmektedir. Fakat bunların indirgeme etkileri hidrosülfitinkinden daha zayıftır ve bundan dolayı, tüm uygulamalarda hidrosülfitin yerini alamamaktadırlar. Bununla birlikte, hidroksiaseton, hidrosülfit ile kombine bir şekilde kullanılabilmekte ve böylece atık sudaki sülfit yükü bir dereceye kadar düşürülebilmektedir.

Liflere absorpsiyondan sonra boya *oksidasyon* yoluyla çözünebilir leyko formundan asıl pigment formuna dönüştürülmektedir. Bu işlem, yaş işlemler sırasında flotteye hidrojenperoksit, perborat veya 3-nitrobenzensülfonik asit gibi oksidasyon maddeleri ilave ederek gerçekleştirilmektedir.

Son adım, kaynama sıcaklığında yıkama maddesi içeren zayıf alkali çözeltiyle yapılan bir *ard işlem*dir. Bu sabunlama işlemi, sadece pigment partiküllerini uzaklaştırmak amacıyla değil aynı zamanda amorf boya partiküllerinin kristalizasyonunu da sağlayarak, materyale son rengini ve küp boyalarının tipik haslık özelliklerini kazandırmak amacıyla da yapılmaktadır.

Kullanılan boyaların yapısına bağlı olarak küp boyamalarda uygulanan sıcaklık, gerekli tuz ve alkali miktarı büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle küp boyaları liflere olan afiniteleri ve boyama için gerekli alkali miktarına göre aşağıdaki gruplara ayrılabilmektedirler:

- IK boyaları (I = İndantren, K = soğuk) düşük afiniteye sahiptirler, 20-30 ^{0}C'da boyanmaktadırlar ve boya absorpsiyonunu artırmak için tuza ve az miktarda alkaliye ihtiyaç duymaktadırlar
- IW boyaları (W = ılık) daha yüksek afiniteye sahiptirler, daha fazla alkali ve tuzsuz veya az tuzla 40-45 ^{0}C'da boyanmaktadırlar
- IN boyaları (N = normal) yüksek derecede substantiftirler ve tuz ilave edilmeden, yüksek miktarda alkaliyle 60 ^{0}C'da boyanmaktadırlar.

Boyama işlemleri için aşağıdaki *kimyasallar* ve *yardımcı maddeler* kullanılabilmektedir:

- indirgen madde olarak, sodyumditiyonit, tiyoüredioksit ve sülfonik asit türevleri
- sud kostik
- sodyumsülfat
- emdirme işlemlerinde anti-migrasyon maddesi olarak, poliakrilatlar ve aljinatlar
- dispergatör olarak, naftalinsülfonik asit formaldehit kondenzasyon ürünleri ve linyinsülfonatlar
- egaliz maddesi olarak, yüzeyaktif maddeler (etoksilenmiş yağ aminleri dahil) ve betainler, polialkilenaminler, polivinilpirrolidon gibi diğer bileşikler
- oksidasyon maddesi olarak, hidrojenperoksit, perborat, 3-nitrobenzensülfonik asit
- sabun.

Baskı işlemleri için aşağıdaki *kimyasallar* ve *yardımcı maddeler* kullanılabilmektedir:
- kıvamlaştırıcı maddeler (tohum unu türevleri ile nişasta esterleri)
- indirgen maddeler: baskı metoduna (her şeyin baştan konulduğu veya iki fazlı yöntem), boya seçimine ve buharlama koşullarına bağlı olarak, çeşitli kimyasallar kullanılmaktadırlar. Sülfoksilik asit türevleri en yaygın olanıdır, ancak hidrosülfit de kullanılabilmektedir (iki fazlı yöntemde çok kısa buharlama süreleri istendiğinde)
- alkali: potasyumkarbonat, sodyumkarbonat, sodyumhidroksit
- oksidasyon maddeleri (boyama için kullanılanla aynı)
- sabun.

Çevresel sorunlar

Küp boyalarının çevresel özellikleri aşağıdaki parametreler altında değerlendirilmektedir. Ancak Tablo 9.11'de, boyama işleminde kullanılan kimyasal maddeler ve yardımcı maddelerle ilgili çevresel sorunlara, bu sorunlar özel bir ekte ele alındığı için, değinilmediğine dikkat edilmelidir.

İncelenen parametreler	Yorumlar
Biyolojik olarak elimine edilebilirlik	Küp boyaları suda çözünmediklerinden ve bundan dolayı atık su arıtma tesisindeki aktif çamurda büyük oranda adsorbe edildiklerinden, yüksek derecede elimine edilebilir olarak değerlendirilmektedirler.
Organik halojenler (AOX)	
Eko-toksisite	Suda çok az çözündüklerinden biyolojik olarak etkili değildirler [64, BASF, 1994]
Ağır metaller	Küp boyaları üretim işlemlerinden kaynaklanan ağır metal kirliliği (Cu, Fe, Mn, Ba ve Pb) içerebilmektedirler (bazı durumlarda bu limitleri ETAD standartlarının altında tutmak halâ çok zordur) [64, BASF, 1994]
Aromatik aminler	
Fikse olmamış boyarmaddeler	Küp boyaları yüksek alınım seviyeleri göstermektedirler (kesintisiz boyama işlemlerinde % 70–95 ve baskılarda % 70–80)
Boya formülasyonundaki katkılardan kaynaklanan atık su kirliliği	Boya formülasyonunda dispergatörler bulunmaktadırlar. Bunlar suda çözünebilir ve zayıf bir şekilde parçalanabilir olduklarından, atık sularda bulunmaktadırlar. Yüksek derecede uzaklaştırılabilen (> % 70) yeni formaldehit kondenzasyon ürünleri halen piyasada mevcuttur ve daha kolaylıkla uzaklaştırılabilen ürünler de geliştirilmektedir [186, Ullmann, 200] (bkz. Bölüm 4.6.3)

Tablo 9.11: Küp boyalarının ekolojik özelliklerine genel bakış

9.11 Pigmentler

Pigmentler baskı işlemlerinde geniş çapta kullanılmaktadırlar (pigment baskı).

Pigmentler suda ve organik çözgenlerde çözünmemektedirler. Organik pigmentlerin büyük bir çoğunluğu benzoidlerden türetilmektedirler. İnorganik pigmentler, titanyum, çinko, baryum, kurşun, demir, molibden, antimon, zirkonyum, kalsiyum, mağnezyum, kadminyum ya da krom gibi metallerin türevleridirler.

10 EK III YAŞ İŞLEMLER: MAKİNELER VE YÖNTEMLER

Tercüme eden: Teks.Müh. Ali Osman Tikveşli (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi)

10.1 Açık Elyaf

10.1.1 Otoklav

Liflerin, açık elyaf halinde terbiye işlemlerine tabi tutulması için farklı tipte makineler kullanılmaktadır. Bunlar, konik kazanlar, armut şekilli makineler ve radyal akım makinelerini içermektedirler. Bu makineler ön terbiye, boyama, bitim işlemleri ve yıkama gibi tüm yaş işlemlerde kullanılmaktadırlar.

Konik kazan makinelerinde (Şekil 10.1) elyaf, teknenin alt kısmındaki, merkezi girişin üzerine oturtulan, çıkarılabilir elyaf taşıyıcısının içerisine yerleştirilmektedir. Flotte sirkülasyonu, bu bağlantı aracılığıyla harici pompa tarafından sağlanmaktadır. Boru bağlantıları, flottenin elyaf paketinin hem altından, hem de üstünden sirkülasyonuna olanak sağlamaktadır.

Armut şekilli makineler, içerisinde flottenin pervane ile sirküle edildiği ve bir su haznesinden taşarak boyama teknesine geri döndürüldüğü, çıkarılabilir delikli alt tablalara sahip makinelerdir. Elyaf, bu makinelerin içerisine doğrudan yerleştirilmekte ve diğer delikli bir tablada üstte bulunmaktadır. Flotte sirkülasyonu, elyafı iki tabla arasında makinenin alt kısmında toplamaktadır. Makineyi boşaltmak için, her iki tabla da vinç yardımıyla çıkarılmakta ve elyaf elle dışarı boşaltılmaktadır.

Radyal akım makineleri, merkezinde delikli bir kolon bulunan ve flottenin buradan elyaf paketi içerisinden geçerek taşıyıcının delikli duvarlarına doğru hareket ettiği bir elyaf taşıyıcısı ile karakterize edilmektedirler.

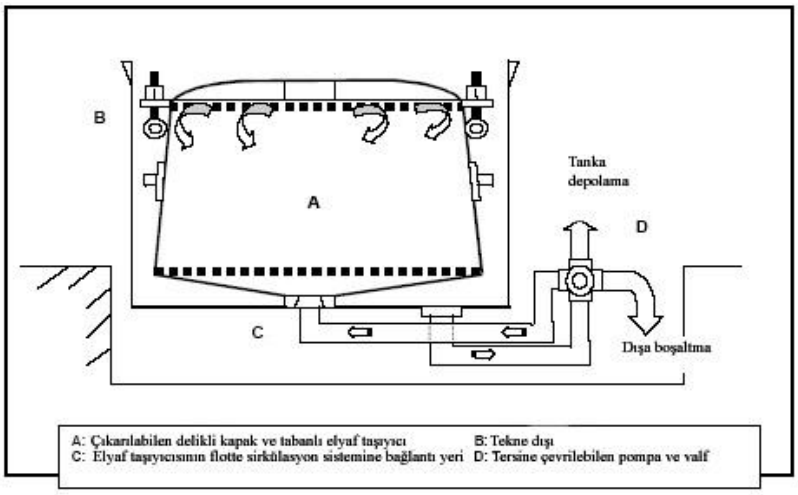
Açık elyaf genellikle bu makinelerin içerisine elle yerleştirilmektedir. Bir kg lif için 7-10 litre aralığındaki çalışma hacmi ile kapasiteleri 200-300 kg arasında değişmektedir. Bu makinelerdeki, düşük elyaf yoğunluğu, flottenin elyaf içerisinden düşük basınçlarda kolayca sirkülasyonunu mümkün kılmakta ve böylece hem düzgün boyama sağlanmakta, hem de elyafa zarar verme tehlikesi en aza indirilmektedir.

Flotte, makinenin alt kısmındaki kapalı buhar serpantinleri vasıtasıyla ısıtılmaktadır. Birçok durumda, bu makinelerdeki otomasyon seviyesi düşüktür ve sıcaklık basit buhar valfleriyle, elle kontrol edilmektedir. Fakat süre/sıcaklık ve flotte sirkülasyon yönünü ayarlamak için elektro/pnömatik programlar veya bilgi işlemcili kumanda üniteleriyle donatılmış makineler de bulunmaktadır.

Otoklavlar, yüksek basınçtaki işlemler için uygun şekilde de konstrükte edilebilmektedirler (yün liflerinin boyanmasında kullanılanlar için bu geçerli değildir).

Tüm otoklav modellerine, en azıyla boyama teknesi hacmindeki bir harici ilave tankı monte edilebilmektedir. Bu tanklar, flottenin birden fazla boyamada tekrar kullanılabilmesini sağlamaktadırlar. Bazen de ortak bir tanka birden çok boyama teknesi bağlanarak, flottenin tekneler arasında ortak kullanımına imkan tanınmaktadır.

Açık elyaf için flotte oranı, makine tipine, makinenin doldurulma derecesine, elyaf tipine vs. bağlı olarak 1:4 ile 1:12 arasında değişmektedir [32, ENco, 2001].



Şekil 10.1:Konik kazan açık elyaf boyama makinesinin şematik görünümü [32, ENco, 2001]

10.2 İplik

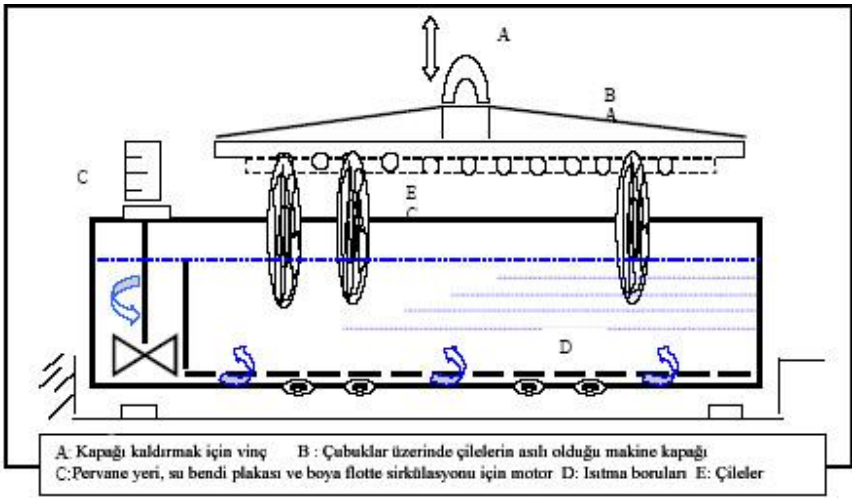
İplikler, ya çile halinde, ya da bobin halinde işleme alınabilmektedirler. Seçilen yönteme bağlı olarak farklı makineler kullanılmaktadır. Söz konusu makineler, ön terbiye, boyama, bitim işlemleri ve yıkama gibi tüm yaş işlemlerde kullanılmaktadırlar.

10.2.1 Çile boyama makineleri (aparatları)

Çile boyama makineleri, çoğunlukla çilelerin boyama teknesi kapağının üzerindeki çıkarılabilir çubuklara alttan asıldığı, tek çubuklu (Hussong) yapıdadırlar (Şekil 10.2). Kapak, delikli bir tabana sahip basit bir kutu şeklindeki boyama teknesinin üstüne dikey olarak indirilmektedir. Flotte sirkülasyonu, makinenin bir ucundaki haznenin içine dikey olarak yerleştirilen ve dönüş yönü değiştirilebilen bir pervane tarafından sağlanmaktadır. Isıtma, genellikle delikli tabanın altındaki kapalı buhar serpantinleriyle ile sağlanmakta ve daha küçük makinelerde direkt buhar enjeksiyonu şeklinde de yapılabilmektedir. Sıcaklık kontrolü, elektro mekanik veya programlanabilen bilgi işlemcili kontrol panelleri ile sağlanmaktadır. Bu aygıtlar ayrıca kimyasal madde ve boyarmadde ilavelerinin zamanlamalarını ve gerekli soğutma işlemlerini zamanlayabilmekte/kontrol edebilmektedirler. Makine kapasiteleri, 10 kg'lık numune makinelerden 1000 kg'lık makinelere kadar değişebilmektedir. Bu büyük makineler, boru hattı bağlantılarıyla birbirlerine bağlanabilmekte ve böylece 1000 kg'lık mamul boyama esnekliğini kaybetmeden, bir partide 4000 kg'a kadar mamul yüklenip boyanabilmesi de mümkün olmaktadır.

Bu makinelerin (aparatların) farklı bir varyasyonunda haznenin tabanındaki sızdırmaz salmastra bölmesi içerisinden geçen yatay bir sirkülasyon pervanesi kullanabilmektedir. Bu makineler istisnasız olarak elyaf/flotte oranını az da olsa düşürdüğü ve sirkülasyonun daha iyi olmasını sağladığı söylenen, konkav bir tabana sahiptirler [32, ENco, 2001].

Bu makineler için flotte oranı, genellikle 1:15 ile 1:25 arasında değişmektedir.



Şekil 10.2: Hussong tipi çile boyama makinesinin şematik diyagramı
[32, ENco, 2001]

10.2.2 Bobin boyama makineleri (aparatları)

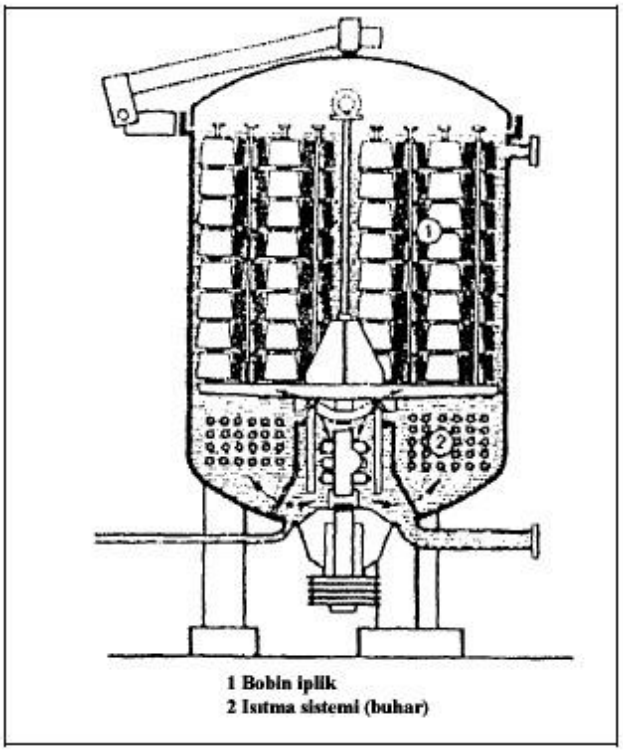
Yün ipliklerin bobin halinde boyanması için üç tip makine kullanılabilmektedir: yatay veya dikey sütunlu makineler veya tüp şeklinde makineler.

Yatay sütunlu makineler, çile boyama makinelerine benzer şeklinde, dikdörtgensel yapıda olabilmekte fakat bobinlerin yatay olarak takıldığı taşıyıcıların yerleştirilebileceği şekilde modifiye edilebilmekte veya alternatif olarak da bobin taşıyıcılarının ön taraftan sürülerek içine yerleştirildiği yatay otoklav yapıda da olabilmektedirler. Her iki tip de, boya flottesinin iyi bir sirkülasyonunu sağlamak için gerekli olan, güçlü pompalarla çalışmaktadırlar. Bu makineler genellikle, boya flottesinin nüfuzunu arttırmak için yumuşak sarım uygulanan hacimli iplikler için kullanılmaktadırlar.

En fazla kullanılan makine tipi **dikey sütunlu makinelerdir** (bkz. Şekil 10.3). Bunlarda bobinler, kapasiteyi arttırmak, boya flotte sirkülasyonuna yardım etmek ve flotte oranını en aza indirmek için, dikey taşıyıcı kollara takıldıktan sonra preslenmektedirler.

Tüp şeklinde makineler, içerisine bobin taşıyıcılarının yerleştirildiği dikey ve yatay tüplerden oluşmaktadırlar. Tüp şeklindeki boyama aparatları, ortak boru hatları ve sirkülasyon pompaları ile birbirleriyle bağlantılıdır. Bu makineler, yukarıda anlatılan makine tiplerine göre daha esnek bir yapıya sahiptirler, çünkü makinenin toplam kapasitesini istenilen şekilde ayarlamak amacıyla istenildiği kadar tüp işlem dışı bırakılabilmektedir.

Bobin boyamada flotte oranı yaklaşık 1:12 civarında olmaktadır (genellikle 1:8 ile 1:15 arasında değişmektedir). Kapasitesi 500 kg'a kadar olan makineler, halı ipliklerinin boyanmasında kullanılmakta ve büyük partilerin boyanmasında iki veya daha fazla makineyi birbirine bağlama imkanı bulunmaktadır [32, ENco, 2001].



Şekil 10.3: Bobin boyama makinesinin şematik görünümü
[186, Ullmann's, 2000]

10.3 Halat halindeki kumaşlar

Halat halindeki kumaşlarda, yaş işlemler, hem kesintili ve hem de kesintisiz yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir.

10.3.1 Kesintili Yöntemler

10.3.1.1 Haspel

Bütün haspellerde bulunan ortak eleman, kumaşın hareket ettirilmesinde kullanılan çıkrık mekanizmasıdır. Çıkrık, kumaşı sevk silindiri üzerinden banyonun dışına çekmekte ve banyo içerisine katlı biçimde geri göndermektedir. Klasik haspellerde (bkz. Şekil 10.4), flotte hareketsiz olup, kumaş makinenin üst kısmında bulunan bir çıkrık tarafından hareket ettirilmektedir. Modern haspellerde, banyo ve kumaşın her ikisi de sirküle edilmekte ve böylece banyonun homojenliği ve kumaşla flotte arasındaki değişim gelişmektedir.

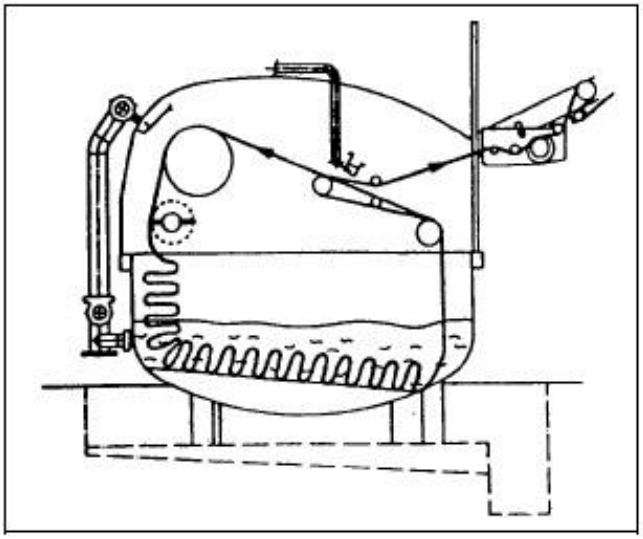
Ham kumaşlar, haspel içerisine halat halinde veya enine açık vaziyette yüklenebilmektedirler, bu da haspellerin 5-6 metre genişliğinde olmaları zorunluluğu anlamına gelmektedir. Boyanacak kumaşların uçları birbirine dikilip, çıkrık üzerinde sonsuz bir halka halinde dönmeleri sağlanmaktadır.

Haspeller, öncelikli olarak boyama için kullanılan makinelerdir, fakat uygulamadaki nedenlerden dolayı, normal olarak hem ön terbiye, hem de boyama işlemleri aynı makinede yapılmaktadır.

Bu makineler esas itibariyle atmosferik basınçta çalışmaktadırlar, ancak sentetik liflerin gelişimiyle, basınçlı makineler de (HT makineleri 130-140 ºC'a çıkabilmektedirler) üretilmeye başlanmıştır.

Haspel çok yönlü bir makine olup, tüm kumaş tiplerinde kullanılabilmektedir. Halı boyamada da çok kullanılan bir makine tipidir (bunlar genellikle enine açık vaziyette boyanmaktadırlar).

Genellikle flotte oranı 1:15 ile 1:40 arasında değişmektedir (halı sektöründe genellikle 1:30'dur) [171, GuT, 2001], dolayısıyla bunların kullanımı yüksek su ve enerji tüketimine bağlı olarak oldukça pahalıya mâl olmaktadır. Bunun yanında, bunların çevresel performanslarını arttırmak için yeni teknolojik gelişmeler de yapılmıştır (bkz. Bölüm 4.6.20).



Şekil 10.4: Haspel boyama makinesinin şematik gösterimi
[186, Ullmann's, 2000]

10.3.1.2 Jet

Jet makineleri, (bkz. Şekil 10.5) haspellerin kullanımında karşılaşılan problemlerin bir kısmını ortadan kaldırmak amacıyla dizayn edilmişlerdir.

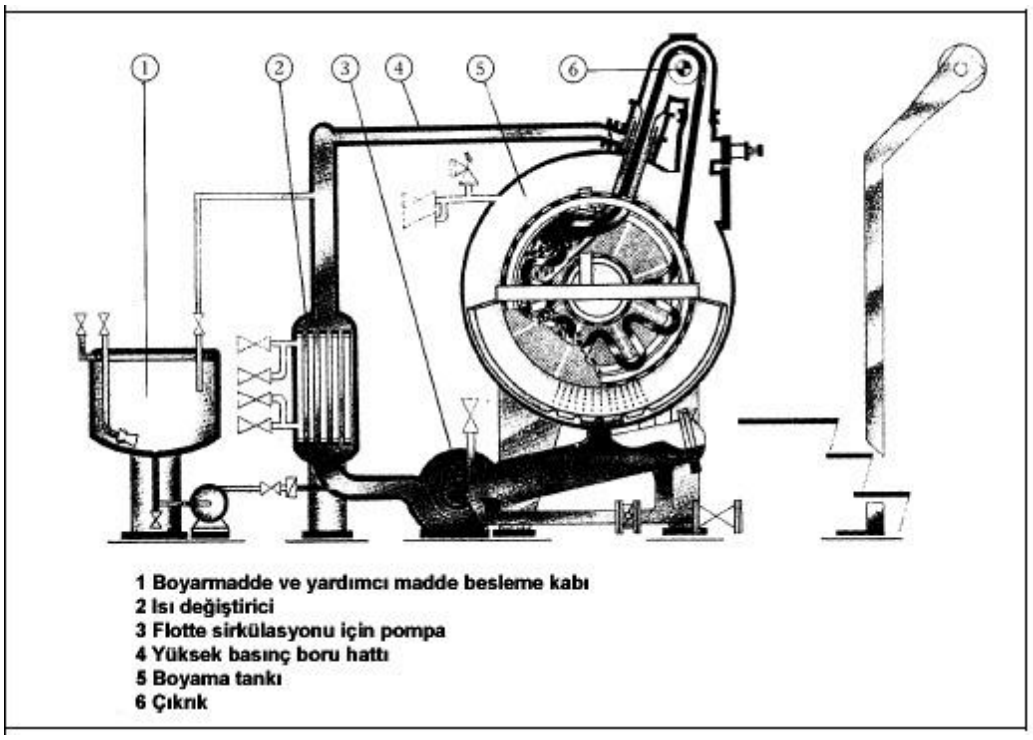
Çıkrık ortadan kaldırılmakta ve kumaş kapalı bir tüp şeklindeki sistemin içine yerleştirilmektedir. Kumaşın tüp içerisindeki hareketi, boya flottesinin düze içerisinden püskürtülmesi ile sağlanmaktadır. Püskürtme ile oluşan türbulans, boya banyosunun kumaşa nüfuzuna yardımcı olmakta ve kumaşın tüp çeperlerine çarpmasını önlemektedir.

Kumaşın taşıyıcı tüpler içerisinde yüksek flotte konsantrasyonlarına birçok kere maruz kalması nedeniyle, teknenin alt kısmında sadece kumaşın arkadan öne doğru düzgün hareketini sağlamak için yeterli olacak kadar, oldukça az miktarda boya flottesine ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla bu makinelerin avantajları, düşük su tüketimi ve kısa işlem süresidir (örneğin kısa boyama süresi). Genellikle flotte oranları 1:4 ve 1:20 arasında değişmekte olup, kumaşlar için bu oran 1:4'ten 1:10'a kadar ve halılar için de 1:6'dan 1:20'ye kadar olmaktadır (genellikle yüksek değerler pamuklulara, düşük değerler de sentetiklere aittir) [171, GuT, 2001].

Jetlerde genellikle yüksek sıcaklıklarda işlem yapılabilmektedir ve bu nedenle poliester liflerinin boyanması için çok uygundurlar. Buna karşılık bir dezavantajı ise, kumaş ve flotte arasındaki hız farkının sebep olduğu, tekstil mamulü üzerindeki yüksek mekaniksel zorlamadır. Bu sebepten dolayı jetler, bazı hassas kumaşlar için uygun değillerdir.

Kumaş bekletme bölmesinin şekline (uzun tip makine veya J-box kompakt makine), düzenin tipine ve pozisyonuna (flotte seviyesinden yukarıda veya aşağıda) bağlı olarak

jetlerin çeşitli tipleri bulunmaktadır. Overflow, soft-flow ve airflow boyama makineleri, klasik jetlerin daha gelişmiş türleri olarak mütalâa edilebilmektedirler. Bu makinelerin başlıca özellikleri izleyen bölümlerde anlatılmakla birlikte, bu boyama teknolojisindeki en son gelişmeler Bölüm 4.6.21'de daha ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.



Şekil 10.5 : Jet boyama makinesinin şematik gösterimi
[186, Ullmann's, 2000]

10.3.1.3 Overflow

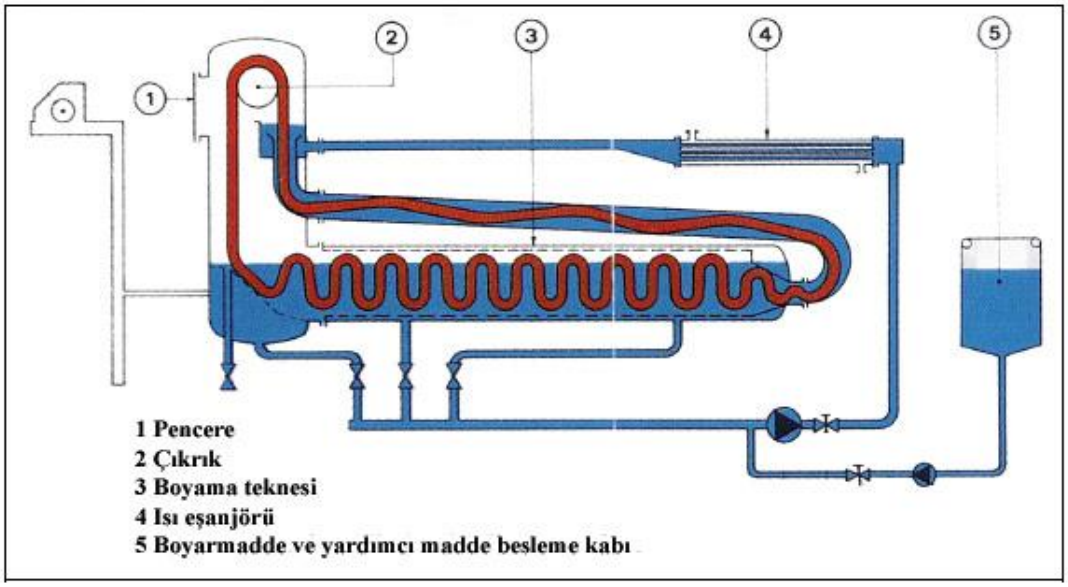
Overflowlar (bkz. Şekil 10.6) sentetik ve doğal liflerden yapılmış hassas örgü ve dokuma kumaşlar için dizayn edilmişlerdir. Bunlar halı sektöründe de kullanılmaktadırlar.

Jet ve overflow boyama makineleri arasındaki başlıca fark, jet makinelerinde kumaşın flottenin düze içerisinden yüksek hızdaki akışıyla taşınmasına karşılık, overflowlarda kumaşın taşan flottenin yerçekimi kuvvetiyle taşınmasıdır.

Çıkrık (genellikle motor tahrikli değildir), makinenin üst kısmında yer almakta ve kumaş bunun üzerinden geçirilmektedir. Çıkrığın çıkış kısmından sarkan kumaş uzunluğu, giriş kısmındakine nazaran daha uzundur. Yer çekimi kuvveti, sarkan uzun kumaş kolunu kısa kola göre daha büyük bir kuvvetle aşağıya doğru çekmektedir. Dolayısıyla kumaş flotteye gerilimsiz bir şekilde daldırılmaktadır (taşıma çok ılımandır).

Piyasada farklı tasarımları bulunmaktadır ve bunlardan bazıları basınç altında ve dolayısıyla yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedirler.

Overflowlar için tipik flotte oranları 1:12 ile 1:20 arasında değişmektedir.



Şekil 10.6: Overflow boyama makinesinin şematik gösterimi
[69, Corbani, 1994]

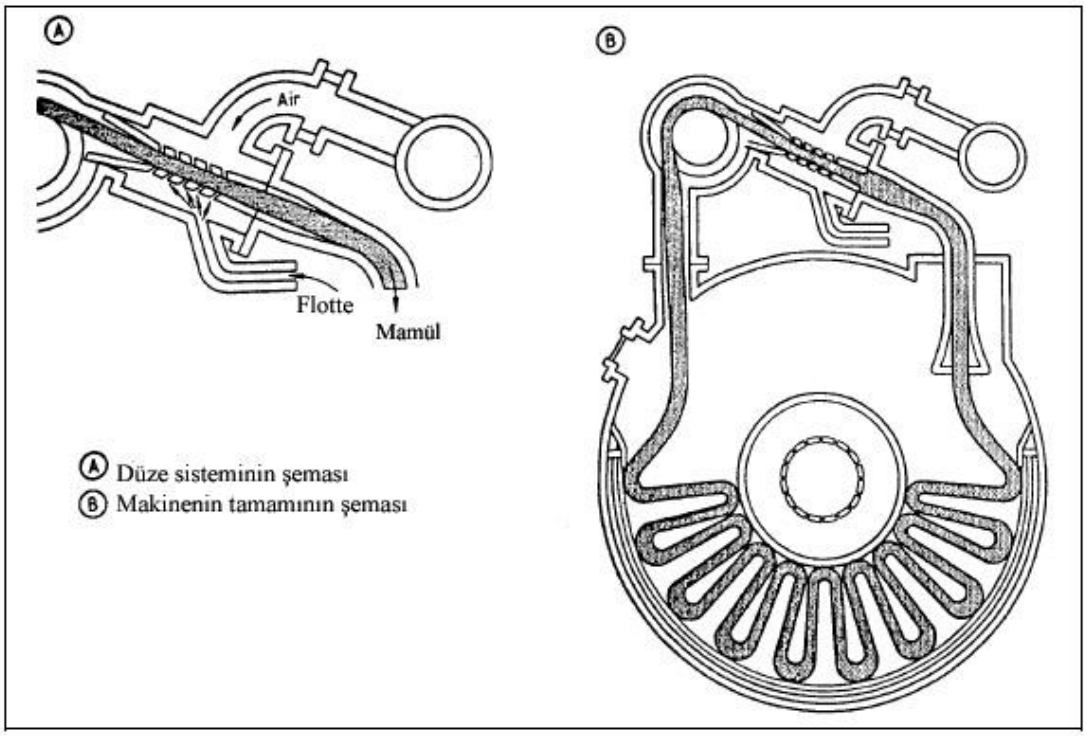
10.3.1.4 Soft-flow

Soft-flow olarak adlandırılan makinelerde de, overflow makinelerinde olduğu gibi kumaşın boya flottesinin akışıyla taşındığı taşıma tüpü prensibi kullanılmaktadır. Overflow makinelerindeki çıkrığın motor tahrikli olmamasına karşılık, soft-flow donanımlarında, kumaşı bekletme bölmesinden alıp, taşıma kanalı içinde yüksek konsantrasyondaki flotte ile işleme tabi tutup, daha sonra da teknenin arka kısmına geri göndermek için, jet ile çıkrık sabit bir uyumla çalışmaktadır. Soft-flow makineleri, kumaşlara karşı, klasik overflow tipi jet makinelerinden daha ılıman bir şekilde etki göstermektedirler.

10.3.1.5 Airflow

Air-jetler ile jet makineleri arasındaki fark, air-jet makinelerinde kumaşın belli bir devirde döndürülmesinin su jeti yerine, hava jetiyle sağlanmasıdır. Kumaş, çok az miktarda serbest flotte içeren yığılma bölmesi içerisinden geçmektedir. Sonuç olarak, su, enerji ve kimyasal tüketiminde azalma sağlanabilmektedir.

Çok kısa flotte oranlarında çalışılabilmesi (1:2 den 1:5'e kadar) nedeniyle, kullanılacak boyaların sudaki çözünürlüklerinin yüksek olması gerekmektedir.



Şekil 10.7: Jet boyama makinesinin şematik gösterimi
[186, Ullmann's, 2000]

10.3.2 Kesintisiz işlemler

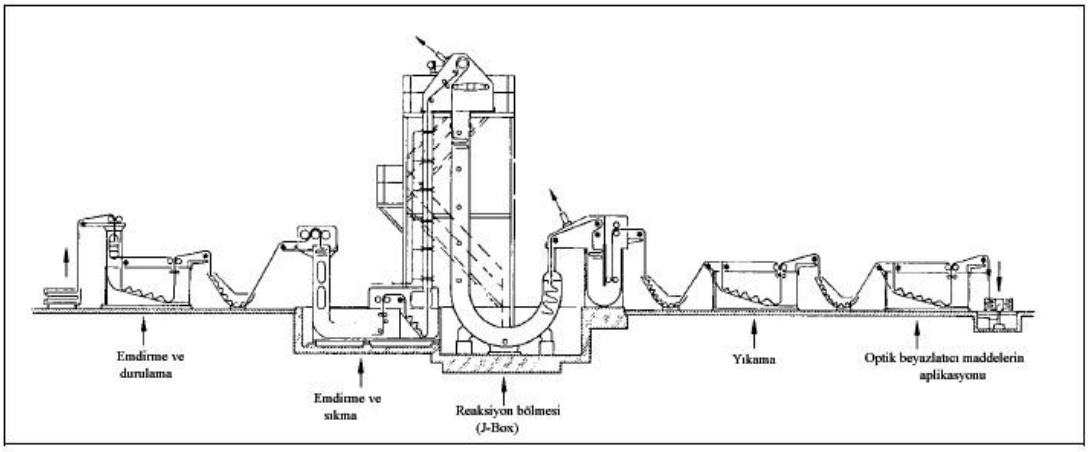
Halat halindeki kumaşların kesintisiz yönteme göre işleme alındığı makineler, temel olarak aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadırlar:

- flottenin halat halindeki kumaşa emdirilmesi için emdirme ünitesi
- aplike edilen kimyasalların fiksajı için kumaş bekletme bölmesi
- halat halinde kumaş yıkama makinesi.

Emdirme ünitesi, uzun bir tekne ile girişte iki veya üç, çıkışta da iki tane döner merdaneden oluşmaktadır. Teknede, aplike edilmesi gereken (haşıl sökme maddeleri, ağartma maddeleri, vs.) yardımcı madde ve kimyasalların derişik bir çözeltisi bulunmaktadır. Kumaş girişte kimyasal maddelerin kumaş tarafından homojen şekilde alımını sağlamak ve içindeki havayı uzaklaştırmak için merdaneler arasında sıkılmaktadır. Diğer iki merdane, kumaşı sadece sıkmaktadır. Sıkma işleminden sonra, kumaş üzerinde oldukça az miktarda flotte kalmaktadır. Dolayısıyla kimyasalların yüksek konsantrasyonlarda kullanılması gerekmekte olup, istenmeyen oksidasyon reaksiyonları vs.'yi engellemek için çözeltilerin yeterince stabilize edilmesi de gerekmektedir.

Kumaş bekletme bölmesi (reaksiyon bölmesi olarak da adlandırılmaktadır) farklı şekillere sahip olabilmektedir: tipik bir model J-Box'dır. J-Box, kapasitesinin 1/3'üne kadar işlem flottesiyle doldurulmaktadır.

Bu tekniğin en önemli avantajı yüksek üretim kapasitesidir. Diğer taraftan boyama işlemlerini olumsuz etkileyebilen, boylamasına kırıkların oluşması tehlikesi söz konusudur. Bu nedenle daha ziyade, beyaz nihai ürünlerin ön terbiye işlemlerinde (örneğin, ağartma) uygulanan bir yöntemdir.



Şekil 10.8: Örgü kumaşlar için halat halinde kesintisiz işlem örneği [69, Corbani, 1994]

10.4 Açık en kumaşlar

10.4.1 Kesintili işlemler

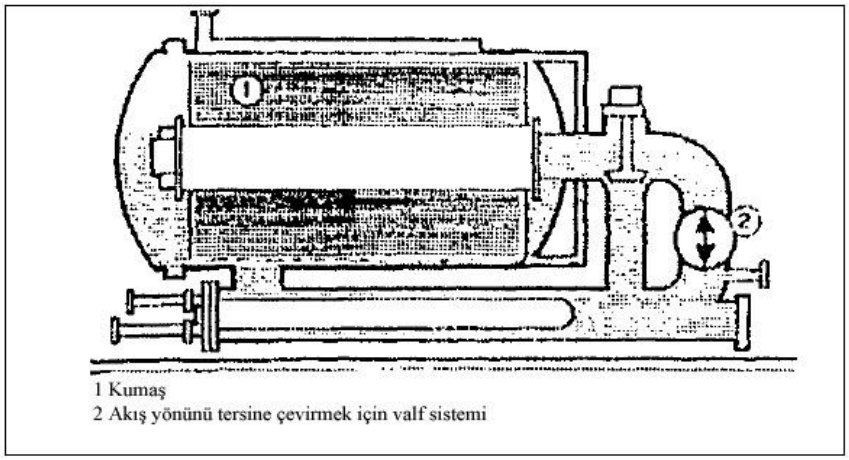
10.4.1.1 Kumaş levendi

Kumaş, enine açık vaziyette levent adı verilen delikli silindirlere sarılmaktadır (bkz. Şekil 10.9). Kumaş sabit durmakta ve flotte levent içerisinden pompalanmaktadır. Flotte akış yönü genellikle, kumaş sargısının içinden dışına doğrudur.

Flottenin kısa devre dolaşımını engellemek için, kumaş sarılmadan önce, levendin uçlarındaki açıkta kalan delikli kısımlar metal manşonlarla kapatılmaktadır.

Kumaş levendi boyama aparatlarında, basınç altında veya atmosferik basınçta çalışılabilmektedir.

Bu makineler, kaynatma ve ağartma gibi ön terbiye işlemleri için ve ayrıca geniş endeki düşük gramajlı, hassas kumaşların boyanması için uygundurlar. Bir dezavantajı ise, işlemlerde kullanılan yardımcı madde ve kimyasalların kumaşa homojen olarak nüfuz etmeme riskine sahip olmalarıdır.



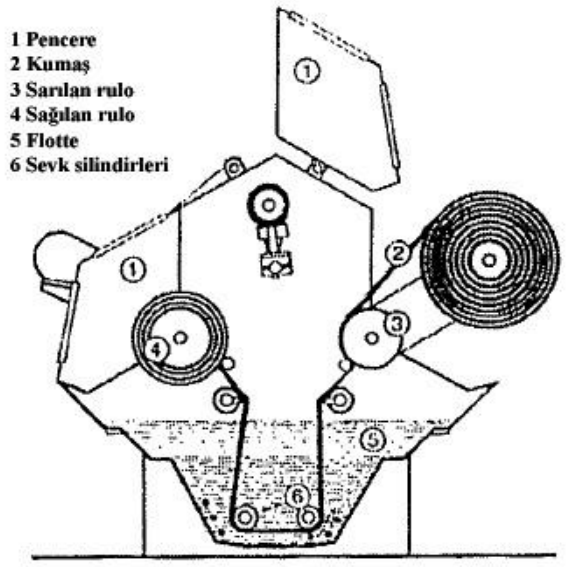
Şekil 10.9: Kumaş levendi boyama makinesinin şematik gösterimi [18, VITO, 1998]

10.4.1.2 Jigger

Jigger (bkz. Şekil 10.10), kumaşın değişimli olarak üzerlerine sarıldığı iki silindir ve içerisinde flotte bulunan ikizkenar yamuk şeklindeki bir tekneden oluşmaktadır. Bu tip makinelerde, kumaş hareketliyken, flotte sabit durmaktadır. Başlangıçta birinci silindire sarılı durumda bulunan kumaş, flotte içerisinden geçerek diğer silindire sarılmaktadır, sonra hareket yönü tersine dönmekte ve döngü böylece devam etmektedir. Kumaş, birkaç küçük sevk silindirleri tarafından yönlendirilmektedir.

100 °C'un üzerinde çalışabilen HT Jiggerler de üretilmektedirler. Bu tip makineler, sadece boyamalar için değil, açık-en kumaşların çeşitli yaş işlemlerinde de kullanılmaktadırlar.

Bu sistemin başlıca dezavantajı, kumaş rulosunun başı ile sonu arasında farklılık oluşma riskinin bulunmasıdır. Bu da, işlem süresince besleme hızının ve kumaş geriliminin veya banyodaki kimyasal konsantrasyonunun ve sıcaklığın, değişiklik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, özel donanımlar sayesinde modern jiggerlerde kumaşın gerilimi tüm işlem boyunca sabit tutulmaktadır.



Şekil 10.10 : Jiggerin şematik gösterimi
[18, VITO, 1998]

10.4.2 Kesintisiz ve yarı kesintisiz işlemler

En sık kullanılan kesintisiz ve yarı kesintisiz yöntemlerden bazıları:
- emdirme-bekletme (pad-batch)
- emdirme-termo bekletme (pad-roll)
- emdirme-jiggerden geçirme (pad-jig)
- emdirme-buharlama
- emdirme-kurutma
- termosol'dür.

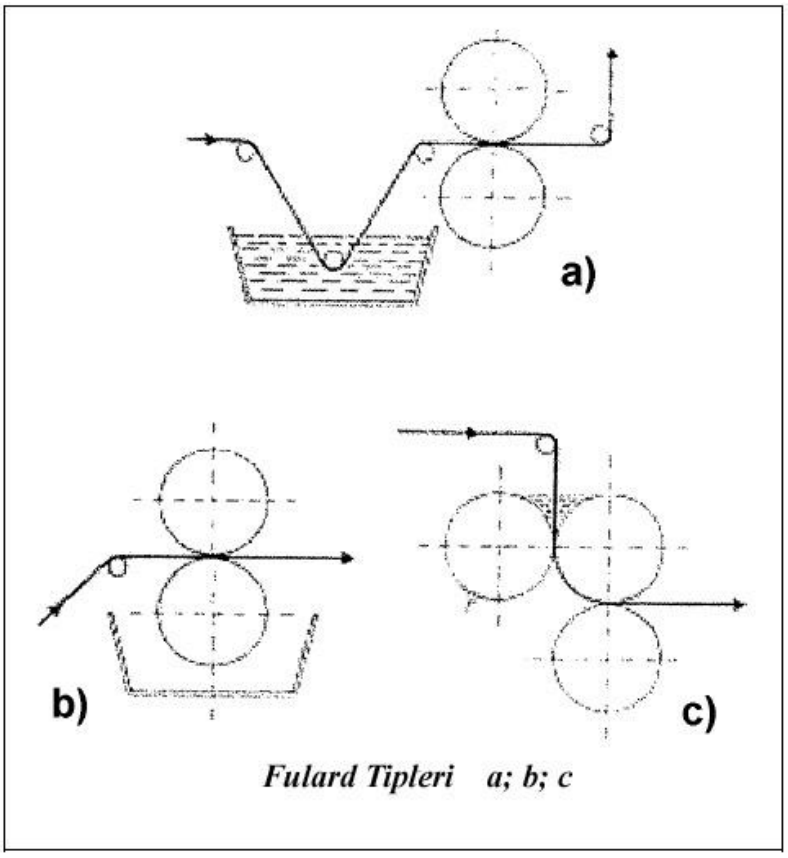
Bunlar, izleyen bölümlerde kısaca açıklanmaktadırlar.

Kesintisiz ve yarı kesintisiz yöntemlerin her ikisinde de bulunan tipik işlem basamakları:
- boya veya apre maddelerinin kumaşa emdirme yöntemi ile (fulardlarda) veya diğer aplikasyon sistemleriyle aplikasyonu (bkz. Şekil 10.12)

- uygulanan yönteme bağlı olarak farklı şekillerde yapılabilen bekletme/fiksaj (örneğin kuru ısı, buhar)
- enine açık vaziyette kesintisiz olarak yıkamadır.

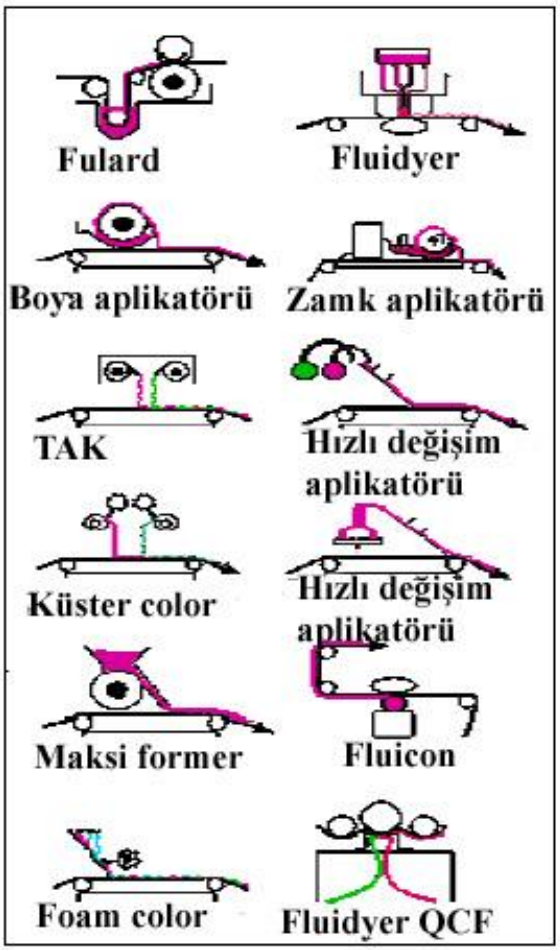
Açık en halindeki kumaşlara boyarmadde ve kimyasal maddelerin aplikasyonu için, emdirme makineleri (fulardlar) kullanılmaktadırlar. Kumaş emdirme teknesinden geçerken flotteyi emmektedir. Emdirme teknesinden çıkan kumaş, sert lastik kaplı merdaneler arasında sıkılmaktadır. Alınan flotte miktarı, başta iki merdane arasındaki sıkma basıncına, sonra da kumaşın geçiş hızına ve kumaş tipine bağlı olarak değişmektedir. Kumaş tarafından alınan flotteye rağmen flotte seviyesi otomatik olarak sabit tutulmaktadır. Sıcaklık ve/veya konsantrasyon farklılıklarını önlemek için flotte sirküle edilmektedir.

Fulardların farklı dizaynları bulunmaktadır: Şekil 10.11'de bazı fulard örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 10.11: Fulard tipleri
[18, VITO, 1998]

Tekstil terbiyesinde kullanılan en yaygın aplikasyon tekniği emdirmedir. Diğer aplikasyon sistemleri (bkz. Şekil 10.12) daha çok halı sektöründe uygulanmaktadırlar. Yüksek ekolojik performansları sayesinde, bunlardan bazılarının tekstil terbiye sektöründeki kullanımı da artmaktadır.



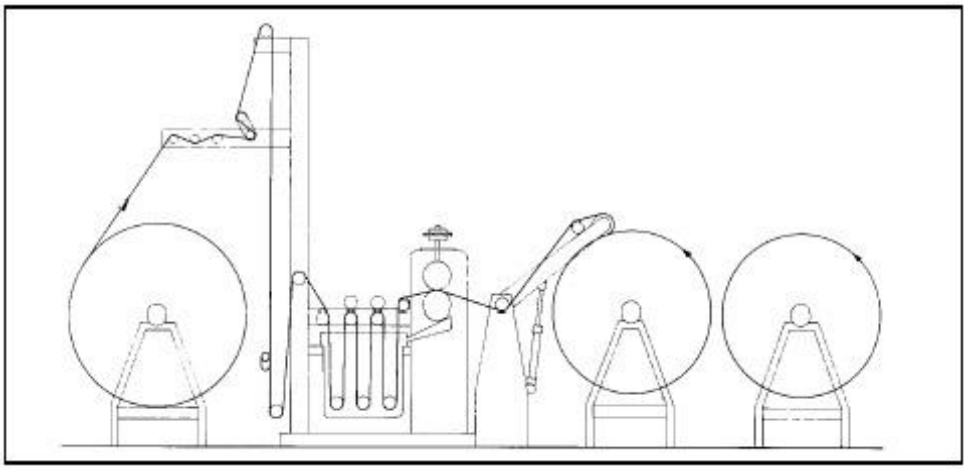
Şekil 10.12: En önemli boya/apre aplikatörlerinden birkaçının gösterimi [211, Kuster, 2001]

10.4.2.1 Pad-batch (Soğuk bekletme) yöntemi (yarı kesintili)

Bu işlem, fulardda yapılan bir emdirme adımını içermektedir.

Kumaş sıkıldıktan sonra bir doka sarılmakta ve oda sıcaklığında bekletilmektedir. İstenilen kimyasal reaksiyonlar (örneğin, boyarmaddenin fiksajı, vs.) tamamlanana kadar, dok yavaş bir şekilde döndürülmektedir. Sonunda kumaş, bir açık-en yıkama makinesinde yıkanmaktadır.

Bu yöntem genellikle ön terbiye (örneğin, haşıl sökme) ve boyama (özellikle reaktif ve direkt boyalarla) için kullanılmaktadır. Bu yöntemin karakteristik özellikleri, düşük su ve enerji tüketimi (klasik sistemlerden yaklaşık olarak % 50-80 daha az) ile iyi tekrarlanabilirliktir.



Şekil 10.13: Bir pad-batch tesisinin şematik gösterimi
[69, Corbani, 1994]

10.4.2.2 Pad-roll yöntemi (yarı kesintili)

Bu yöntem pad-batch yöntemine benzemektedir, fakat burada kumaş emdirmeden sonra, bir enfraruj (IR) fırınından geçirilmektedir. Daha sonra sıkılmakta ve bir sıcak buhar odasında fiksaj veya diğer kimyasal işlemler tamamlanana kadar yavaşça döndürülerekten bekletilmektedir. Kumaş bunun ardından bir açık-en yıkama makinesinde yıkanmaktadır.

10.4.2.3 Pad-jig yöntemi (yarı kesintili)

Bu işlem genellikle boyama tekniği olarak kullanılmakta ve özellikle de ağır gramajlı kumaşların direkt ve reaktif boyalarla boyanmasında uygulanmaktadır.

Bu işlemde kumaş, boyama flottesinin emdirildiği bir fularddan geçirildikten sonra, boyarmadde jiggerde fikse olmaktadır.

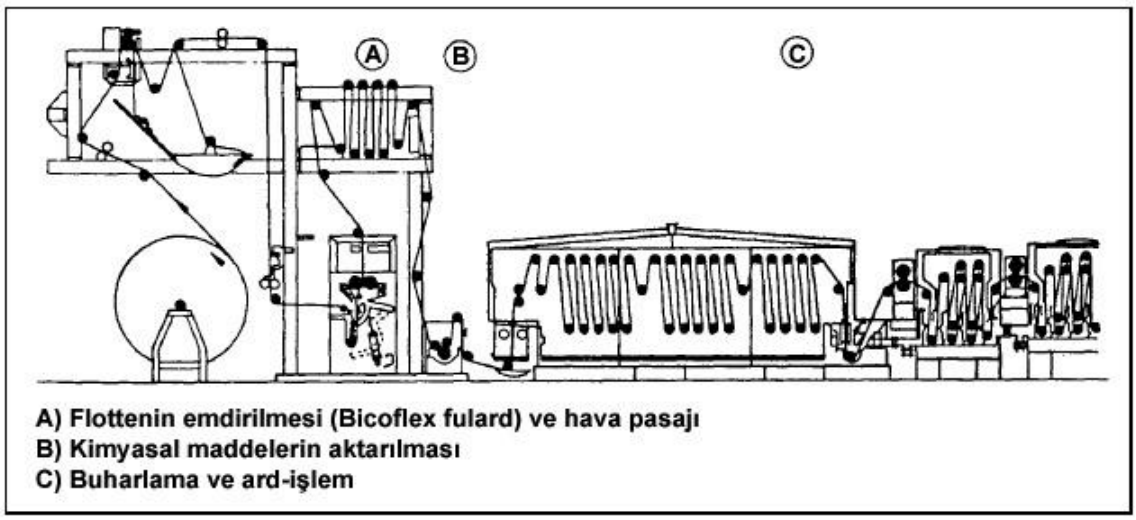
Bazen kumaş, emdirmeden sonra, jiggere girmeden önce, bir hot-flue kurutucusunda kurutulabilmektedir.

Boyarmaddenin emdirme ile aplikasyonu, geleneksel jigger boyamalarına nazaran daha homojen bir boyama ve zaman tasarrufu sağlamaktadır.

10.4.2.4 Emdirme-buharlama yöntemi (kesintisiz)

Bu teknik, daha ziyade boyacılıkta ve dokuma kumaşların kasar işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu yöntem özellikle direkt, küp, kükürt ve reaktif boyarmaddelerin aplikasyonu için uygundur.

Yöntem aşağıdaki basamakları içermektedir:
- fulardda emdirme
- buharlama (yaklaşık 100 ˚C'da)
- kumaşın, inkişaf maddeleriyle (örneğin, küp veya kükürt boyamada indirgen maddelerle) emdirilmesi
- yıkama ve durulama.



Şekil 10.14: Küp boyalarla boyama için bir emdirme-buharlama tesisinin (yaş buhar) şematik gösterimi
[186, Ullmann's, 2000]

10.4.2.5 Emdirme-kurutma yöntemi (kesintisiz)

Bu yöntem aşağıdaki basamakları içermektedir:
- fulardda emdirme
- ara kurutma (isteğe bağlı)
- hot-flue'da fiksaj
- yıkama.

10.4.2.6 Termosol işlemi (kesintisiz)

Bu yöntem, poliester veya pamuk/poliester karışımlarının dispers boyarmaddeleriyle boyanması için özel bir uygulamadır.

Yöntem aşağıdaki basamakları içermektedir:
- fulardda boya flottesiyle emdirme
- bir infraruj kanalında ön kurutma
- hot-flue'da kurutma
- dispers boyaların PES'e 200 ˚C'daki termal fiksajını sağlamak için ramöz içerisinden geçirme.

Daha sonra bir alkali indirgen ard-işlem gerçekleştirilebilmekte veya pamuk/poliester karışımlarıyla çalışılması durumunda, emdirme-buharlama (pad-steam), emdirme jigger (pad-jig) veya emdirme-bekletme (pad-batch) yöntemlerinden birine göre ikinci bir boyanın fiksajı sağlanmaktadır.

11 EK IV: TEKSTİL SEKTÖRÜNDEKİ TİPİK REÇETELER (BAZI İLGİLİ EMİSYON FAKTÖRLERİ İLE)

Tercüme edenler: Arş.Gör. İbrahim Bahtiyari (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü), Teks.Müh. Güneş Durak (Tübitak Tekstil Araştırma Merkezi)

İzleyen açıklamalar [179, UBA, 2001] ve bunda atıfta bulunulan:
[7, UBA, 1994]
Schönberger, H.; Kaps, U.
Reduktion der Abwasserbelastung in der Textilindustrie
UBA-Texte 3/94 (1994)'e dayanmaktadır.

11.1 Ön terbiye

11.1.1 Pamuk ve pamuklu karışımlar

DOKUMA KUMAŞLAR

Enzimatik haşıl sökme

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Enzim	5	
Kompleks oluşturucu	1	
Yüzeyakif madde	1-8	Kesintili işlemler de, örneğin, flotte oranı 1:20 olan bir haspelde yapılan haşıl sökme işlemi için, 30 g madde/kg tekstil materyaline kadar çıkabilen miktarlarda aplike edilebilmektedir
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	4-6	

Tablo 1: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşların enzimatik haşıl sökme işlemleri için standart reçete

Suda çözülmeyen haşıl maddelerinin soğuk oksidatif haşıl sökme işlemi ile uzaklaştırılması

Bu yarı kesintili bir işlemdir. Oksidatif haşıl sökme flottesi, bir fulardda oda sıcaklığında ve A_F % 70- 80 olacak şekilde emdirilmektedir. Reaksiyon, 16–24 (max. 72 saat) saatlik bekletme sırasında gerçekleşmektedir. Daha sonra kumaş iyi bir şekilde durulanmaktadır.

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)		Açıklamalar
	Kesintisiz ve optimum işlem	Kesintili işlem	
NaOH (%100)	10 - 20		Genellikle % 33'lük veya % 50' lik çözeltiler halinde uygulanır
H_2O_2 (% 100)	15 - 25		Genellikle % 33' lük veya % 50' lik çözeltiler halinde uygulanır
Yüzeyaktif maddeler	1,5 – 3		Yüzeyaktif madde olarak non-iyonik (yaklaşık ortalama % 70, örneğin etoksillenmiş yağ alkolleri) ve anyonik yüzeyaktif madde (yaklaşık % 30, özellikle alkilsülfonatlar, ancak alkil sülfatlar ve lineer alkilbenzensülfonatlar da) karışımları uygulanmaktadır
Kompleks oluşturucular	2 - 4		Kompleks oluşturucu madde olarak poliakrilatlar ve fosfonatlar uygulanmakta, EDTA veya DTPA uygulanmamaktadır
$MgSO_4$ (% 100)	0,15 - 0,3		Genellikle % 40' lık çözeltiler halinde uygulanır
Su camı (% 100)	5 - 8		Genellikle % 40' lık çözeltiler halinde uygulanır
Na-peroksidisülfat (% 100)	3 - 6		Genellikle % 20' lik çözeltiler halinde uygulanır
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	4 – 6 veya 8 - 12		Suyun tekrar kullanımı durumunda veya yüksek verimlilikteki yıkama makineleri ile 4 - 6 l/kg, aksi takdirde 8-12 l/kg

Tablo 2: Suda çözünmeyen haşıl maddeleri ile haşıllanmış pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşların haşıl sökme işlemleri için standart reçete

Suda çözülebilen haşıl maddelerinin uzaklaştırılması

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)		Açıklamalar
	Kesintisiz ve optimum işlem	Kesintili işlem	
Kompleks oluşturucular	1	3 - 15	Kompleks oluşturucu olarak poliakrilatlar ve fosfonatlar uygulanmakta, EDTA veya DTPA uygulanmamaktadır
Yüzeyaktif maddeler	1 - 3	4 - 20	Yüzeyaktif madde olarak non-iyonik (yaklaşık ortalama % 70, örneğin etoksillenmiş yağ alkolleri) ve anyonik yüzeyaktif madde (yaklaşık % 30, özellikle alkilsülfonatlar, ancak alkilsülfatlar ve lineer alkilbenzensülfonatlar da) karışımları, ayrıca çok az miktarlarda da olsa alkiletersülfatlar ve alkiletoksi-fosforik esterler uygulanmaktadır. Haşıl maddelerinin geri kazanılması istenildiğinde, haşıl sökme işlemi yüzeyaktif maddeler kullanılmadan gerçekleştirilmektedir; fakat % 1,2'den daha az haşıl maddesi artığının kalmasını sağlamak için daha fazla yıkama teknesine ihtiyaç duyulmaktadır. Genelde yüzeyaktif madde formülasyonları zaten köpük kesici madde (0,1 - 1 g/kg) içermektedirler. Eğer içermiyorlarsa, köpük kesici madde ilavesi gerekmektedir. Genelde polisiloksanlar (çok düşük dozlarda) ve daha seyrek olarak da, hidrokarbonlar (daha yüksek dozlarda) ve trialkilfosforik esterler kullanılmaktadırlar
Soda veya NaOH (% 100)	0 – 3 0 - 2	0 – 3 0 - 2	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	4-6 veya 8-12	ykl. 50 (haspel)	Suyun tekrar kullanımı durumunda 4-6 l/kg, aksi takdirde 8-12 l/kg; kesintisiz işlemlerde haşıl sökme için, ağartma ve/veya hidrofilleştirmeden gelen su kullanılmaktadır

Tablo 3: Suda çözünebilen haşıl maddeleri ile haşıllanmış pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşların haşıl sökme işlemleri için standart reçete

Hidrofilleştirme

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)		Açıklamalar
	Kesintisiz ve optimum işlem	Kesintili işlem	
NaOH (% 100)	20 – 80	20 – 80	Miktar, hem karışımdaki pamuk yüzdesine, hem de uygulanan yönteme bağlıdır.
Kompleks oluşturucular	1 – 6	3 – 30	Bazı tedarikçiler kesintisiz işlemler için 2 g/kg' dan daha fazla kompleks oluşturucu tavsiye etmemektedirler. Kompleks oluşturucu aplikasyonu, kalsiyumun ekstrakte edilmesi için gereklidir. Bu amaç için NTA yeteri kadar etkili değildir. Normalde fosfonatlar, glukonatlar, polifosfatlar, NTA, poliakrilatlar (bazı durumlarda EDTA ve DTPA halâ kullanılmaktadır) gibi farklı kompleks oluşturucuların karışımları kullanılmaktadır. Eğer hidrofilleştirmeden önce bir asitleme işlemi gerçekleştirilirse, kompleks oluşturucu kullanımı önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Almanya'da bu imkan çok seyrek uygulanmaktadır). Bazı durumlarda kompleks oluşturucu maddelerle indirgen maddelerin kombinasyonları kullanılmaktadır.
Yüzeyaktif maddeler	5 – 6	5 – 30	Bazı tedarikçiler kesintisiz işlemler için 2–4 g/kg tavsiye etmektedirler. Kompozisyonu, suda çözülebilen haşıl maddelerinin sökülmesi için verilen ile aynıdır (bkz. Tablo 3)
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	8 – 10	ykl. 50	Durulama dahildir; kesintisiz işlemler için tüketim, eğer suyun geri dönüşümü gerçekleştirilirse daha düşük olmaktadır.

Tablo 4: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşların hidrofilleştirme işlemi için standart reçete

Ağartma

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)		Açıklamalar
	Kesintisiz ve optimum işlem	Kesintili işlem	
H_2O_2 (% 100)	5 – 15	5 – 15	Fosforik asit ve organik stabilizatörlerle stabilize edilmiş
NaOH (% 100)	4 – 10	4 – 30	Ağartma prosesinin başlangıcında fosforik asit nötralize olmakta ve stabilize etme etkisini kaybetmektedir
Kompleks oluşturucu maddeler (1)	0 – 2	0 – 2	Kalsiyum ve ağır metal iyonlarını kompleks olarak tutmak için hidrofilleştirme işleminde kullanılanlarla aynı bileşikler kullanılmaktadır; magnezyumla kompleks oluşturulmayabilir, çünkü H_2O_2'in stabilizasyonu için gereklidir
Organik stabilizatör (1)	0 – 10	0 – 20	H_2O_2'in stabilizasyonu için, glikonat, NTA/EDTA/DTPA, poliakrilatlar ve fosfanatlar gibi kalsiyum ve ağır metal iyonlarıyla kompleks oluşturabilen maddeler içeren bir çok ürün mevcuttur. Almanya'da DTPA artık kullanılmamakta ve EDTA da çok düşük oranlarda kullanılmaktadır.
Yüzeyaktif maddeler	2 – 5	2 – 10	Haşıl sökme ve hidrofilleştirme için kullanılanlarla aynı bileşikler kullanılmaktadır (bkz. Tablo 3 ve 4)
Sodyumsilikat (1)	8 – 20		Sodyumsilikat, pH tamponu, alkali tedarikçisi, anti-katalit ve stabilizatör olarak etki göstermektedir
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	6 – 12	ykl. 50	Durulama dahildir
(1) Kompleks oluşturucular ile organik ve inorganik (silikat) stabilizatörlerin tüketimi, toplam olarak 0 – 20 g/kg arasında değişmektedir. Hidrofilleştirme işleminde olduğu gibi, asidik bir ön işlem uygulandığında tüketim önemli ölçüde azaltılabilmektedir.			

Tablo 5: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşların ağartılması için standart reçete

Merserizasyon

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
NaOH (% 100)	200-300	
Islatıcı	0-10	Islatıcı, sadece kurudan yaşa merserizasyon yapıldığında (ham merserizasyon) kullanılmaktadır. Alkilsülfatlar gibi kısa zincirli anyonik bileşikler içermektedir
Kompleks oluşturucu	2	Sadece ham merserizasyon için. Hidrofilleştirme için kullanılanlarla aynı kimyasallar kullanılmaktadır (bkz. Tablo 4).

Tablo 6: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşlar için standart merserizasyon reçetesi

Kostikleme

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
KOH (% 100) veya NaOH (%100)	200-300 60-230	
Sandofleks A	60 –80 ml	Ürün, % 50 aktif bileşik içeren sıvı bir formülasyondur. Sülfürik asit esterleri, bir yağ asidi türevi ve alkilsülfonattan oluşmaktadır
Islatıcı	5	

Tablo 7: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan dokuma kumaşlar için standart kostikleme reçetesi

ÖRME KUMAŞLAR

Haşıl maddeleri bulunmadığından dolayı, örme kumaşların ön terbiyesinde haşıl sökme işlemine gerek yoktur.

Örneğin koyu tonlarda (siyah, kahverengi, lacivert veya turkuaz, vs.) boyanacak mallarda olduğu gibi, ağartma işlemi gerekli olmadığında, şeker kasar uygulanmaktadır. Şeker kasara aynı zamanda "alkali ön yıkama"da denilmekte olup, bunun için kesin bir tanımlama bulunmamaktadır.

Genellikle ağartma, sadece boyanmayacak olan tam beyaz kalitelere, yani veya açık ve orta tonlarda boyanacak mallara uygulanmaktadır. Fakat bazı işletmeler, lojistik nedenleriyle, her kalite malı ağartmaktadırlar. Kesintisiz işlemlerde ağartma genellikle tek adımda yapılmaktadır. Perasetik asit/hidrojenperoksit/optik beyazlatıcılı kombine ağartma prosesinin uygulandığı istisnai durumlar da mevcuttur.

Sodyumhipoklorit ve hidrojenperoksitli iki adımlı ağartma kombinasyonlarının yerini, çoğu durumda iki adımlı hidrojenperoksit ağartmaları ve indirgen maddelerle tek adımda ağartmalar almıştır. Pamuk veya pamuklu karışımı dokuma kumaşlarda olduğu gibi, izleyen ağartma adımında daha az miktarlarda kompleks oluşturucu kullanılarak çalışılabilmesini sağlayan asetik ön işlemler, genellikle tek adımda uygulanmaktadırlar.

Örme kumaşların ön terbiyesi için gerekli kimyasal madde tüketimleri, dokuma kumaşlar için olanlara benzerdir.

Nötr/asidik demineralizasyon

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
İnorganik veya organik asit	0-2	
Kompleks oluşturucular	1-3	Dokuma kumaşların hidrofilleştirilmesi için kullanılanlarla aynı kimyasallar kullanılmaktadır (bkz. Tablo 4)
Yüzeyaktif maddeler	1-3	Suda çözülebilir haşıl maddelerinin sökülmesi için kullanılanlarla aynı kimyasallar kullanılmaktadır (bkz. Tablo 3)
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 8: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan örme kumaşların nötr/asidik demineralizasyonu için standart reçete

"Şeker kasar" işlemi (alkali ön yıkama)

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Soda veya NaOH (% 100 olarak)	ykl. 50 ykl. 50	Kullanılan alkali miktarları çok geniş bir aralıkta değişmektedir
Yüzeyaktif madde	1-3	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 9: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan örme kumaşların "şeker kasarı" için standart reçete

Hipoklorit ile ağartma

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)		Açıklamalar
	Kesintisiz ve optimize edilmiş işlem	Kesintili işlem	
NaOCl (aktif klor olarak)	5-6	ykl. 30	
NaOH (% 100)	1-3	5-15	
Yüzeyaktif madde	2-5	2-10	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	saptanmadı	

Tablo 10: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan örme kumaşların hipoklorit ile ağartılması için standart reçete

Hidrojenperoksit ile ağartma

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)		Açıklamalar
	Kesintisiz ve optimize edilmiş işlem	Kesintili işlem	
H_2O_2 (% 100)	5-15	5-15	
NaOH (% 100)	4-10	4-30	Genellikle daha düşük dozajlar kullanılmaktadır, çünkü örme kumaşlarda çöpeller daha önceden büyük oranda uzaklaştırılmaktadır.
Kompleks oluşturucular	0-2	0-2	bkz. Tablo 5
Organik stabilizatörler	0-10	0-20	bkz. Tablo 5
Yüzeyaktif madde	2-5	2-10	bkz. Tablo 5
Sodyumsilikat	8-20	0-20	bkz. Tablo 5
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	saptanmadı	

Tablo 11: Pamuk ve pamuklu karışımlarından oluşan örme kumaşların hidrojenperoksit ile ağartılması için standart reçete

11.1.2 Viskon

DOKUMA KUMAŞ

Genellikle viskon alkali ile muamele edilmektedir. Bu işlemden sonra, sadece özel durumlarda hidrojenperoksit ağartması yapılmaktadır. Viskon, uzaklaştırılması gereken doğal yan ürünler içermediğinden, kullanılan kimyasal madde miktarı pamuğa nazaran daha az olmaktadır.

Alkali işlem

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
NaOH (% 100)	40-60	Normalde uygulanan sud kostik çözeltisi 6 ^{o}Bé' liktir
Yüzeyaktif madde	3-20	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 12: Viskon dokuma kumaşların alkali işlemi için standart reçete

Hidrofilleştirme

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
NaOH (% 100)	ykl. 30	Hidrofilleştirme işlemi tek adımda uygulandığında
Yüzeyaktif madde	3-20	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	ykl. 10	

Tablo 13: Viskon dokuma kumaşların hidrofilleştirme işlemi için standart reçete

ÖRME KUMAŞLAR

Örme viskon kumaşlar, pek yaygın bir ürün tipi değildirler. Ağartma işlemi için standart reçete, pamuğunkine benzemektedir. Fakat, sud kostik ve hidrojenperoksit miktarları % 40-70'e düşürülmektedir.

11.1.3 Sentetik lifler (dokuma ve örme kumaşlar)

Sentetik liflerden yapılmış dokuma ve örme kumaşlar genellikle, normal olarak suda çözülebilir özellikte olan haşıl ve preparasyon maddelerini uzaklaştırmak için yıkanmaktadırlar. Hidrofilleştirme işlemi yapılmamaktadır. PES ve PAN'ın kloritle ağartılma işlemi artık yaygın değildir.

YIKAMA İÇİN STANDART REÇETELER (KESİNTİSİZ VE KESİNTİLİ İŞLEMLER)

Dokuma kumaş

Kimyasallar	(g madde/ kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Alkali	0-2	Kullanılan haşıl maddesinin cinsine bağlı olarak pH ayarlamak için; genellikle NaOH, soda veya amonyak ve nadiren de sodyumfosfat kullanılmaktadır
Kompleks oluşturucular	0,5-15	
Yüzeyaktif madde	0,5-30	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	4-8	Mikrofiberlerde 60 l/kg'a kadar çıkabilmektedir

Tablo 14: Sentetik liflerden oluşan dokuma kumaşların yıkanması için standart reçete

Örme kumaş

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Kompleks oluşturucular	0-10	Ağırlıklı olarak poliakrilatlar, daha az olarak da polifosfatlar kullanılmaktadır
Yüzeyaktif madde	2-20	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 15: Sentetik liflerden oluşan örgü kumaşların yıkanması için standart reçete

AĞARTMA

Poliamidin indirgen ağartması

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Sodyumditiyonit içeren formülasyon	10-30	
Optik beyazlatıcı	5-15	
Yüzeyaktif madde	1-2	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 16: Poliamidin indirgen ağartması ve optik beyazlatılması için standart reçete

PES veya PAN'ın sodyumkloritle ağartılması

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
$NaClO_2$ (% 100)	5-15	
Formik asit pH 2,5-3,5 veya oksalik asit pH 2,5	saptanmadı	Ayrıca tampon tuzları ve stabilizatör içermektedir
Korozyon inhibitörü (Kimyası)	10-20	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 17: PES ve PAN'ın sodyum klorit ile ağartılması için standart reçete

11.1.4 Yün

Ham yapak yıkanması

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Soda	saptanmadı	
Yüzeyaktif madde	saptanmadı	Non-iyonik tiptekiler
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	ykl. 4	Optimize edilmiş kesintisiz işlem için

Tablo 18: Ham yapak yıkanması için standart reçete

Karbonizasyon

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
H_2SO_4 (%100)	35-70	
Yüzeyaktif madde	1-3	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	ykl. 3	Optimize edilmiş kesintisiz işlem için

Tablo 19: Yün karbonizasyonu için standart reçete

Yıkama ve keçeleştirme

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Soda veya amonyak (%100)	0-5 ykl. 2,5	
Yüzeyaktif madde	3-20	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	Saptanmadı	

Tablo 20: Yünlerin yıkama – keçeleştirme işlemi için standart reçete

Ağartma

Yün ağartmasında, tam beyaz kaliteleri için standart işlem, oksidasyon (hidrojenperoksit) ve ardından indirgen ağartma (3 g/l indirgen madde, örneğin, stabilize sodyumditiyonit ve 0,5 g/l yüzeyaktif madde) şeklinde yapılan bir kombinasyonun uygulanmasıdır. Yünlülerin ön ağartması için, hidrojenperoksit veya indirgen maddeler kullanılabilmektedir. Yün ağartması standart reçetesiyle ilgili olarak, kullanılacak kimyasal madde miktarlarının işlemin süresine ve sıcaklığına bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği vurgulanmalıdır.

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
H_2O_2 (% 100)	50-75	Kullanılan yüksek miktarlardan dolayı işlem çoğunlukla duran banyoda gerçekleştirilmektedir
Kompleks oluşturucu madde (stabilizatör)	5-30	
Amonyak (% 100)	0-20	Tampon sistemi (genellikle sodyumtripolifosfat esaslı) ile pH 8-9
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	Saptanmadı	

Tablo 21: Yünün ağartılması için standart reçete

Bazı durumlarda asidik hidrojenperoksit ağartması uygulanmaktadır. Bu takdirde stabilizatör yerine aktivatör kullanılmaktadır. Ağartmadan sonra durulama yapılmakta ve 60 ^{o}C'da 30 dakika süreli bir indirgen ağartma (40–80 g indirgen madde/kg yün) gerçekleştirilmektedir. Son olarak optik beyazlatıcılar ilave edilebilmektedir.

Genel olarak fakat özellikle de iplik ve örme kumaşların hidrojenperoksit ile ağartılması için, protein türevleri ve modifiye fosforik esterleri (lesitin tipleri) esaslı stabilizatörler kullanılmaktadırlar. Bu stabilizatörler aynı zamanda dispergatör olarak da etki göstermektedirler. Yağ asit amidleri de kullanılmakta olup, bunlar ağartma banyosunu yalnızca stabilize etmemekte, aynı zamanda yumuşatıcı olarak da etki göstermektedirler.

Hercosett keçeleşmezlik bitim işlemi

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
NaOCl (aktif klor olarak)	saptanmadı	
H_2SO_4 (% 100)	saptanmadı	
Yüzey aktif madde	saptanmadı	
Soda	saptanmadı	
Na_2SO_3	saptanmadı	
Poliamid reçine	saptanmadı	
Yumuşatıcı	saptanmadı	
$NaHCO_3$	saptanmadı	
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 22: Yünün Hercosett keçeleşmezlik bitim işlemi için standart reçete

Baskı için ön terbiye

Klor içeren maddelerle ön terbiye

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Diklorizosiyanürat (% 1,2 - 3,8 aktif klor)	20-60	
Formik/asetik/sülfürik asit	10-30	
Sodyumdisülfit veya ditiyonit	20-40	
Yüzeyaktif madde	2-5	
Polimerler (% 100)	10-30	Daha ziyade katyonik ürünler
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 23: Basılacak yünlülerin klor içeren maddelerle ön terbiye işlemleri için standart reçete

Klor içermeyen maddelerle ön terbiye

Kimyasallar	(g madde/kg tekstil materyali)	Açıklamalar
Peroksimonosülfat	20-60	
Sodyumsülfit veya ditiyonit	20-60	
Yüzeyaktif madde	2-5	
Polimerler (%100)	10-30	Daha ziyade katyonik polimerler, ancak anyonik polimerlerle emdirme de yaygındır. Katyonik ve anyonik polimerler ön-oksidasyon olmadan da uygulanmaktadırlar
Su tüketimi (l/kg tekstil materyali)	saptanmadı	

Tablo 24: Başlıca yünlülerin klor içermeyen maddelerle ön terbiye işlemleri için standart reçete

11.2 Boyama

Bileşen	(ml/l)	Açıklamalar
Reaktif boyarmaddeler	x (g/l)	
38 °Bé NaOH	20 – 40	
37-40 °Bé su camı	30 – 50	Günümüzde su camı olmadan sadece alkalinin kullanıldığı reçeteler mevcuttur.
Islatıcı	1 – 2	
Kompleks oluşturucu ve iyon tutucu	1 – 3	Silikat birikimini en aza indirmek için daha ziyade fosfonatlar ve akrilatlar
Üre (%45)	yaklaşık 200 g/l	Sudaki çözünürlüğü kısmen düşük olan reaktif boyarmaddeler için uygulanmaktadır

Tablo 1: Selülozik liflerin (CO ve CV) reaktif boyarmaddelerle soğuk bekletme yöntemine göre boyanmasında kullanılan emdirme flottesi için tipik reçete

Bileşen	(g/l)
Kükürt boyarmaddeleri	x
38 °Be NaOH	20 – 30
Köpük önleyici	1 - 2
Islatıcı	1,5 -3
İndirgen madde (sıvı)	20 – 30

Tablo 2: Kükürt boyarmaddelerinin aplikasyonu için tipik emdirme flottesi reçetesi (selülozik liflerin (CO ve CV) boyanmasında)

Bileşen	(g/l)
Küp boyarmaddeleri	x
Islatıcı	1 -2
İyon tutucular	1 -3
Anti-migrasyon maddesi	10 -15
İndirgeme için	
38 °Bé NaOH	60 – 120
Na-ditiyonit	60 – 100
Islatıcı	1 - 2

Tablo 3: Küp boyarmaddelerinin aplikasyonu için tipik emdirme flottesi reçetesi (selülozik liflerin (CO ve CV) boyanmasında)

Bileşen	(g/l)
Küp ve dispers boyarmaddeleri	x
Islatıcı	1 -2
İyon tutucular	1 -3
Anti-migrasyon maddesi	10 -15
Asetik asit (% 60)	0,5 - 1

Tablo 4: Küp ve dispers boyarmaddelerinin aplikasyonu için tipik emdirme flottesi reçetesi (tek emdirme flottesiyle selülozik/PES karışımlarının boyanması)

11.3 Baskı

Bileşen	% Bileşim
Sıvı reaktif boyarmadde	7
Aljinat esaslı kıvamlaştırıcı	2
Ludigol	1
$NaHCO_3$	3
Su	88

Tablo 1: Reaktif boyarmadde baskı patlarının tipik bileşimi (KOİ: yaklaşık 55000 g/kg)

Bileşen	% Bileşim
Sıvı küp boyarmaddesi	4,3
Kıvamlaştırıcı	5,0
Rongalit C	10,6
K_2CO_3	11
Üre	2
Sorbit	5
Hava giderici madde	0,2
Su	61,9

Tablo 2: Küp boyarmaddesi baskı patlarının tipik bileşimi (KOİ: yaklaşık 160000 g/kg)

Bileşen	% Bileşim
Pigment macunu	4
Akrilat esaslı kıvamlaştırıcı	3
Emülgatör	1
Binder	12
Çapraz bağ oluşturucu madde	1
Yumuşatıcı	1
Su	78

Tablo 3: Pigment baskı patlarının tipik bileşimi (KOİ: yaklaşık 300000 g/kg)

Bileşen	% Bileşim
Dispers boyarmaddesi	2,6
Tamarin esaslı kıvamlaştırıcı	7,0
Dispergatör	0,5
Monosodyumfosfat	2,8
Su	87,1

Tablo 4: Dispers boyarmadde baskı patlarının tipik bileşimi

11.4 Bitim işlemleri

Tablo 2'den Tablo 7'ye kadar "Textile Auxiliaries Buyers' Guide"da ([65, TEGEWA, 2000]) listelenmiş bazı yaygın yardımcı madde formülasyonları için maddelerin havaya emisyon faktörleri verilirken, Tablo 1'de de tekstil bitim işlemleri emdirme flotteleri için tipik reçeteler özetlenmektedir.

Etki	Tekstil Materyali	İşlem Sıcaklığı (^{0}C)	Reçete
Yumuşatma	PES/CV/CO	150	Yumuşatıcı: 130 g/l Köpük oluşturucu madde: 15 g/l
Yumuşatma	PES	170	Yumuşatıcı: 40 g/l
Yumuşatma	CO/PES	160	Yumuşatıcı: 20 g/l
Yumuşatma	PES/WO	130	Yumuşatıcı: 5 g/l
Yumuşatma, optik beyazlatma, antielektrostatik	PES	185	Yumuşatıcı: 5 g/l Optik beyazlatıcı: 19 g/l Anti-elektrostatik madde: 6 g/l Islatıcı: 2 g/l Egaliz maddesi: 2 g/l
Yumuşatma, sertleştirme	CO	120	Nişasta: 50 g/l Yumuşatıcı 1: 30 g/l Yumuşatıcı 2: 15 g/l Islatıcı: 2 g/l
Su iticilik, kondisyonlama	PES	160-190	Hidrofobik madde: 52 g/l Kondisyonlama maddesi: 27 g/l
Su iticilik	PES	160-190	Hidrofobik madde: 90 g/l
Su iticilik	PAC/PES	180	Hidrofobik madde: 40 g/l Asetik asit: 2 g/l
Kaymayı önleme	PAC	160	Kaymayı önleyici madde: 50 g/l
Kaymayı önleme	PES/WO	130	Kaymayı önleyici madde: 30 g/l
Kolay bakım	CO/PES	130-170	Çapraz bağ oluşturucu madde: 50 g/l Katalizör: 7 g/l Asit: 0,5 g/l
Kolay bakım	PES	155	Buruşmazlık maddesi (formaldehit içermeyen): 25 g/l Kolay bakım için katkı maddesi: 10 g/l Dispergatör: 1 g/l Egaliz maddesi: 5 g/l
Kolay bakım, yumuşatma, optik beyazlatma	CO	100-150	Yumuşatıcı: 35 g/l Kondisyonlama maddesi: 10 g/l Optik beyazlatıcı: 25 g/l Çapraz bağ oluşturucu madde: 50 g/l
Kolay bakım, yumuşatma, boyama ard işlemi	CO/EL	170	Yumuşatıcı: 30 g/l Çapraz bağ oluşturucu madde: 20 g/l Boyama ard işlem maddesi: 10 g/l Katalizör: 8 g/l Asetik asit: 1 g/l
Kolay bakım, yumuşatma, optik beyazlatma	CO	150	Çapraz bağ oluşturucu madde: 100 g/l Yumuşatıcı 1: 40 g/l Yumuşatıcı 2: 40 g/l Katalizör 1: 20 g/l Katalizör 2: 5 mg/l Optik beyazlatıcı: 2 g/l
Kolay bakım, yumuşatma	CV/PA 6	180	Çapraz bağ oluşturucu madde: 65 g/l Katalizör 1: 20 g/l Katalizör 2: 0,2 mg/l Yumuşatıcı 1: 50 g/l Yumuşatıcı 2: 15 g/l
Kolay bakım, yumuşatma, kaymazlık	LI/CO	180	Çapraz bağ oluşturucu madde: 70 g/l Katalizör: 40 g/l Kaymazlık maddesi: 35 g/l Yumuşatıcı 1: 10 g/l Yumuşatıcı 2: 40 g/l Hava giderici madde: 2 g/l
Anti-elektrostatik, kaymazlık	PES	100	Kaymazlık maddesi: 90 g/l Anti-elektrostatik madde: 5 g/l
Anti-elektrostatik, optik beyazlatma	PES	190	Optik beyazlatıcı: 9 g/l Anti-elektrostatik madde: 7 g/l
Güç tutuşurluk	CO	145	Güç tutuşurluk sağlayıcı madde: 160 g/l

Tablo 1: Tekstil bitim işlemlerindeki tipik reçeteler

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Madeni yağlar	500-800	190 ^{0}C; 2 dk (PES)
B	Konvansiyonel yağ asidi esterleri	100-250	190 ^{0}C; 2 dk (PES)
C	Sterik olarak hareketliliği engellenmiş yağ asidi esterleri	50-100	190 ^{0}C; 2 dk (PES)
D	Poliesterler	20-200	190 ^{0}C; 2 dk (PES)
E	Poliester-/polieterkarbonatlar	10-50	190 ^{0}C; 2 dk (PES)

Tablo 2: Preparasyon maddelerindeki çeşitli bileşiklerin, belirli koşulardaki tekstil materyaline özgü emisyon faktörleri

	Organik-C (g/kg)	Formaldehit (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	14	4	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
B	15	5	170 ^{0}C; 3 dk (CO/PES)
C	2	6	180 ^{0}C; 1,5 dk (CO)
D	15	4	170 ^{0}C; 3 dk (CO/PES)
E	20	4	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
F	5	15	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
G	23	3	150 ^{0}C; 2 dk (CO)
H	5	3	170 ^{0}C; 3 dk (CO)

Tablo 3: Dimetiloldihidroksietilenüre türevleri esaslı kolay bakım bitim işlemi maddelerinin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri (organik karbon ve formaldehit)

	Organik-C (g/kg)	Formaldehit (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	13	6	160 ^{0}C; 4 dk (PES)
B	33	19	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
C	24	31	170 ^{0}C; 1,5 dk (CO)
D	21	51	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
E	7	5	150 ^{0}C; 3 dk (CO)
F	11	4	170 ^{0}C; 3 dk (CO)

Tablo 4: Melamin türevleri esaslı kolay bakım bitim işlemi maddelerinin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri (organik karbon ve formaldehit)

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Yağ asidi etoksilat, hidrokarbonlar	112	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
B	Silikonlar	22	160 ^{0}C; 2 dk (PES)
C	Hidrokarbonlar (%80)	573	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
D	Hidrokarbonlar	737	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 5: Köpük kesici maddelerin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Yağ alkol etoksilatları	64	150 ^{0}C; 2 dk (WO)
B	Yağ alkol türevleri	31	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
C	Tribütilfosfatlar	239	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
D	Tribütilfosfatlar	228	140 ^{0}C; 4 dk (CO)
E	Tribütilfosfatlar	335	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
F	Fosforik asit esterleri	45	170 ^{0}C; 4 dk (BW)
G	Yağ alkol etoksilatları	81	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
H	Yağ alkol etoksilatları	294	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
I	Alkansülfonatlar	142	150 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 6: Islatıcı maddelerin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Polisiloksanlar	19	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
B	Polisiloksanlar	10	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
C	Polisiloksanlar	3	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
D	Polisiloksanlar	17	160 ^{0}C; 0,5 dk (CO)
E	Polisiloksanlar, polietilen	0,6	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
F	Polisiloksanlar	17	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
G	Yağ asidi türevleri	1,9	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
H	Yağ asidi türevleri	4	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
I	Yağ asidi türevleri	5	170 ^{0}C; 2 dk (CO)
K	Yağ asidi türevleri	2	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
L	Yağ asidi türevleri	1	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
M	Yağ asidi türevleri, vakslar	38	180 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 7: Yumuşatıcıların tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Aromatik karboksilik asit türevleri	357	150 ^{0}C; 4 dk(PES)
B	Aromatik esterler	219	190 ^{0}C; 1 dk (PES)
C	o-fenilfenol	354	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 8: Carrierların tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Fosfonik asit türevleri	124	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
B	Fosfonik asit türevleri	37	100 ^{0}C; 1 dk (PES)
C	İnorganik tuzlar	2	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
D	Organik-P-bileşiği	19; formaldehit: 30 g/kg	160 ^{0}C; 0,5 dk (CO)
E	Organik-P-bileşiği	0,2; formaldehit: 3,6 g/kg	120 ^{0}C; 2 dk (CO)
F	Alkilfosfatlar	109	150 ^{0}C; 2 dk (PES)
G	İnorganik tuzlar/organik tuzlar	12	110 ^{0}C; 2 dk (PES)
H	Organik-P-bileşiği	24	175 ^{0}C; 1 dk (PES)
I	N- ve P- içeren bileşik	0,2	150 ^{0}C; 3 dk (CO)
K	İnorganik/organik tuzlar	3	110 ^{0}C; 2 dk (PES)
L	N- ve P-içeren bileşik	30	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 9: Güç tutuşurluk maddelerinin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Florokarbon reçinesi	43	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
B	Florokarbon reçinesi	47 42	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES) 170 ^{0}C; 4 dk (CO)
C	Florokarbon reçinesi	23	150 ^{0}C, 4 dk (CO)
D	Florokarbon reçinesi	19 9	150 ^{0}C; 3 dk (CO) 170 ^{0}C; 3 dk (PES)
E	Florokarbon reçinesi	22	150 ^{0}C; 3 dk (PES)
G	Çeşitli. Florokarbon reçineleri (aynı üretici)	13; 15; 5; 7 22; 8; 13; 37	170 ^{0}C; 4 dk (CO) 190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
H	Parafin, inorganik tuz	43	120 ^{0}C; 2 dk (CO)
I	Parafin, Zr-tuzu	15	150 ^{0}C; 4 dk (CO)
K	Parafin	29	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
L	Polisiloksanlar	37	150 ^{0}C; 3 dk (CO)
M	Poliüretan türevi	25	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
N	Melamin türevi	19; formaldehit: 2 g/kg	140 ^{0}C; 4 dk (CO)

Tablo 10: Yağ itici maddelerin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Parafin, polietilen	75	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
B	Yağ asit esteri	13	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
C	Vaks	67	190 ^{0}C; 1,5 dk (PS)
D	Parafin	79	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
E	Vaks	172	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
F	Yağ asidi türevi	5	170 ^{0}C; 1,5 dk (CO)
G	Yağ asidi türevi	2	140 ^{0}C; 2 dk (CO)
H	Yağ asidi türevi	3	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 11: Kondisyonlama maddelerinin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Diaminostilben disülfonik asit	2	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
B	Pirazolin türevi	32	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
C	Diaminostilben disülfonik asit	3	170 ^{0}C; 3 dk (CO)
D	Benzoksazol türevi	2	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
E	Distrilbenzen türevi	18	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
F	Piren ve oksazol türevi	22	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
G	Benzoksazol türevi	11	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 12: Optik beyazlatıcıların tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Org. Tuz	72	150 ^{0}C; 3 dk (PES)
B	Alkilfosfatlar	27	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
C	Poliglikoleter	7	150 ^{0}C; 3 dk (PES)
D	Org. P-bileşiği	14	170 ^{0}C; 1 dk (PES)
E	Kuarterner amonyum bileşiği	4	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
F	Alkilfosfatlar	5	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
G	Kuarterner amonyum bileşiği	24	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 13: Anti-elektrostatik maddelerin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Polivinilalkol	3	170 ^{0}C; 1,5 dk (CO)
B	Nişasta türevi	1	160 ^{0}C; 4 dk (CO)
C	Poliakrilatlar	2	170 ^{0}C; 1,5 dk (CO)

Tablo 14: Sertleştirici ve dolgu maddelerinin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Kuarterner amonyum bileşiği	3	170 ^{0}C; 1,5 dk (CO)
B	Kuarterner amonyum bileşiği	3	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
C	Kuarterner amonyum bileşiği	< 1	180 ^{0}C; 1 dk (CO)
D	Kuarterner amonyum bileşiği	17	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 15: Haslıkları geliştirmek için kullanılan ard-işlem maddelerinin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Heteroçiklik bileşikler	5	170 ^{0}C; 4 dk (CO)
B	Aromatik bileşikler	47 241	170 ^{0}C; 4 dk (CO) 190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
C	İzotiazolinon	55	190 ^{0}C; 1,5 dk (PES)
D	İzotiazolinon	46 302	170 ^{0}C; 4 dk (CO) 190 ^{0}C; 1 dk (PES)

Tablo 16: Antimikrobiyotiklerin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

	Aktif bileşenler	Organik-C (g/kg)	Test koşulları (Fiksaj sıcaklığı (^{0}C); Fiksaj süresi (dk)); Tekstil materyali
A	Silisik asit	0,6 3,7	100 ^{0}C; 0,5 dk (CO) 170 ^{0}C; 3 dk (PES)
B	Silisik asit	1,3 2,8	170 ^{0}C; 3 dk (CO) 170 ^{0}C; 1,5 dk (PES)

Tablo 17: Kaymayı ve örgü kaçığını önleyici maddelerin tekstil materyaline özgü havaya emisyon faktörleri

12 EK V: TEKSTİL PROSESLERİNDEN KAYNAKLANAN HAVA EMİSYONLARINDAKİ TİPİK KİRLİLİKLER (VE MUHTEMEL KAYNAKLARI)

Tercüme eden: Arş.Gör. Çiğdem Karadağ (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

Madde	**Muhtemel Kaynaklar**
Alifatik hidrokarbonlar (C1-C40)	Preparasyon maddeleri, ıslatıcılar, baskı patları
Aromatik hidrokarbonlar	Carrierlar, makinelerin temizlenmesi
Ketonlar	Çeşitli ürünler
Alkoller (düşük moleküllü)	Çeşitli ürünler
Esterler (düşük moleküllü)	Çeşitli ürünler
Siloksanlar	Yumuşatıcılar
Karboksilik asitler (örneğin, asetik asit)	pH-ayarlanması
Yağ asitleri	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Yağ alkolleri	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Yağ esterleri	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Yağ aminleri	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Amino alkoller	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Dioller, polioller	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Gliko eter	Yüzeyaktif maddelerdeki yan ürünler
Alifatik, aromatik eterler	Çeşitli ürünler

Tablo 1: Atık gazlarda bulunabilen fazla tehlikeli olmayan özellikteki kimyasal bileşikler [179, UBA, 2001]

Madde	**Muhtemel Kaynaklar**
Asetaldehit	Polivinilasetat, asetik asit
Akrolein	Gliserolün parçalanması
Akrilatlar (metil, etil, bütil)	Non-wovenlar için kaplama maddeleri ve binderler
Akrilik asit	Polimerler, kıvamlaştırıcılar
Alifatik aminler	Polimerler (özellikle poliüretanlar)
Amonyak	Köpük maddeleri, kıvamlaştırıcılar
2-aminoetanol	Islatıcılar, yumuşatıcılar
Benzilalkol	Carrierlar
Bifenil	Carrierlar
Bis- (2-aminoetil)-1,2-etandiamin, N, N	Yumaşatıcılar
Bütin-1,4 diol	Florkarbon reçineleri
Kaprolaktam	Poliamid 6 tozları/tekstiller
Klormetan (metilklorür)	Kuaterner amonyum bileşikleri
Klorlanmış aromatik hidrokarbonlar	Carrierlar
Kloretanol	Güç tutuşurluk maddelerinin parçalanma ürünleri (klorlanmış P-esteri)
Klorparafinler	Güç tutuşurluk maddeleri
Dikloreten	Polivinilidenklorit
Diklormetan	Çözgenle temizleme
Dietilentriamin	Yumuşatıcılar
Di(etilhegzil)ftalat	Boya yardımcı maddeleri/polimer dispersiyonları
Diglisidileter	Epoksi reçineleri
Diizosiyanattoluen 2,4	Florkarbon reçinesi- ekstender
Diizosiyanattoluen 2,6	Florkarbon reçinesi- ekstender
N,N-dimetilaseteamid	Lif çözgeni (poliamid 6.6, metaramid)
Dimetiletilamin, 1,1-	Nadiren
Dioksan,1,4-	Yüzeyaktif maddeler (etoksilat)
Difenilmetan-2,4 diizosiyanat	Ekstender, poliüretanlar

Madde	Muhtemel Kaynaklar
Difenilmetan-4,4 diizosiyanat	Ekstender, poliüretanlar
Dipropilententriamin	Yumuşatıcılar
Epoksi-1-propanol, 2,3-	Bazı antistatik maddeler
Asetik asit-(2-etoksietil)-esteri	Yumuşatıcılar/florkarbon reçineleri
Etoksietanol	Yumuşatıcılar/florkarbon reçineleri
Etandialdehit (glioksal)	Çapraz bağ oluşturucu maddeler
Etilendiamin	Yumuşatıcılar
Flororganik bileşikleri, düşük moleküllü	Florkarbon reçineleri
Formaldehit	Çapraz bağ oluşturucular, konserve edici maddeler, ramöz atık gazları
Formik asit	Çeşitli reçeteler
Hegzametilendiamin	Polikondenzasyon ürünleri
Hegzametilendiizosiyanat	Florkarbon reçineleri, poliüretan
Hegzanon, 2-	Florkarbon reçineleri
Hidrojenklorür	Katalizör
İzosiyanatmetil-3,5,5-trimetilçiklohegzil-İzosiyanat,3	Florkarbon reçineleri, poliüretan
Metoksi-1-propanol, 2-	Nadiren
Metoksipropilasetat	Nadiren
Monoklorasetik asit, Na-tuzu	Nadiren
Monoklorasetik asit, 1-metiletil esteri	Nadiren
Monoklorasetik asit, etil esteri	Nadiren
Monoklorasetik asit, metil esteri	Nadiren
N-alkilmorfolin	Non-woven kaplamaları
Sodyumtriklorasetat	Nadiren
Okzalik asit	Ağartma yardımcı maddeleri
Tetrakloreten	Kuru temizleme
Tiyoüre	Boya yardımcı maddeleri
Triklorasetik asit	Nadiren
Trietilamin	Özel çapraz bağ oluşturucu maddeler
Trikresilfosfat (ooo, oom, oop, omm, omp, opp)	Güç tutuşurluk maddeleri
Trimetilfosfat	Güç tutuşurluk maddeleri
Kalay türevleri, organik, inorganik	Florkarbon reçineleri, Hidrofobluk maddeleri, biyositler
Vinilasetat	Polivinilasetat

Tablo 2: Atık gazlarda bulunabilen daha tehlikeli özellikler sahip olan maddeler [179, UBA, 2001]

Madde	Muhtemel Kaynaklar
Poliçiklik aromatik hidrokarbonlar	Atık gazdaki parçalanma ürünleri (çok düşük)
PCDD/PCDF (Br, Cl, F)	Atık gazdaki parçalanma ürünleri (çok düşük)
Bisklormetileter	Formaldehit ve hidrojenklorür ile çalışıldığında kendiliğinden oluşan en güçlü sentetik kanserojen (çok düşük)
Arsentrioksit/antimontrioksit	Güç tutuşurluk maddeleri
Dimetilsülfat	Kuaterner amonyum bileşikleri
Etilenimin	Güç tutuşurluk maddeleri
Akrilnitril	Polimer dispersiyonları
1,3-bütadien	Polimer dispersiyonları
2-vinilçiklohegzen	Polimer dispersiyonları
Epiklorhidrin	Polikondenzasyon ürünleri
1,2-epoksipropan (propilenoksit)	Yüzeyaktif maddeler (propoksilat)
Etilenoksit	Yüzeyaktif maddeler (etoksilat)
Vinilklorür	Polimer dispersiyonları, PVC
Akrilamid	Reaktif polimerler, güç tutuşurluk maddeleri
Bütanonoksim	Florkarbon reçineleri, poliüretanlar

Madde	Muhtemel Kaynaklar
Pentaklorfenol	Pestisit
Propilenimin	Güç tutuşurluk maddeleri ve poliüretan çapraz bağlayıcılar
N-vinilpirolidon	Polivinilpirolidon dispersiyonları

Tablo 3: Atık gazlarda bulunabilen kanserojen özellikteki maddeler
[179, UBA, 2001]

13 EK VI: YARDIMCI MADDELER İÇİN SINIFLANDIRMA ARAÇLARI

Tercüme edenler: Arş.Gör. Aslı Korkmaz (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)
Arş.Gör. Şule Soykan (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

13.1 Tegewa Şeması

"Tekstil yardımcı maddelerinin atık suyla ilişkilerine göre sınıflandırılma yöntemi", tekstil yardımcı maddelerinin bir mantık sistemi içerisinde 3 ilişki grubunda sınıflandırılmasını sağlamaktadır:

Sınıf I	Atık suyla az ilişkili
Sınıf II	Atık suyla ilişkili
Sınıf III	Atık suyla yüksek derecede ilişkili

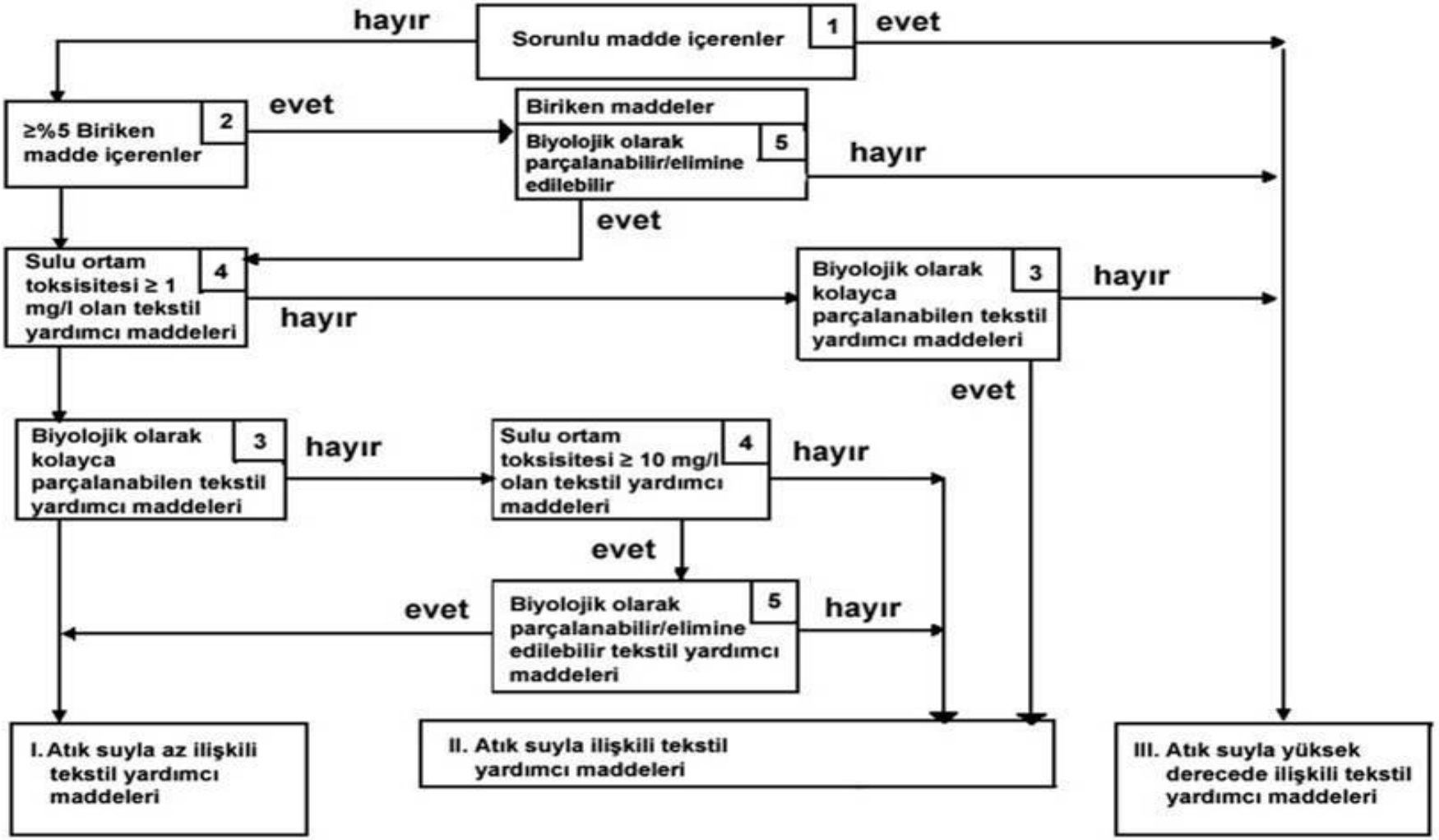
Sınıflandırma için esas kriterler: satılan ürünlerdeki, belirli zararlı maddelerin (biyolojik olarak birikenler-biyoakümülatif olanlar-dahil) miktarı ve bunların biyolojik olarak parçalanabilirlikleri veya elimine edilebilirlikleri ve sudaki toksisiteleridir (bkz. izleyen sayfadaki şema).

Sınıflandırma kavramının ortaya konması, esas olarak aşağıdaki temellere dayanmaktadır:

- TEGEWA olarak adlandırılan (TEGEWA=Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-,GErbstoff- und WAschrohstoff-Industrie e.V., D.-60329 Frankfurt) tekstil yardımcı madde tedarikçileri birliğinin rehberliğinde, üreticilerin kendi sorumlulukları altında yaptıkları sınıflandırma.
- Tekstil yardımcı maddelerinin 3 sınıf içerisinde doğru sınıflandırılıp sınıflandırılmadığının bir uzman tarafından taranması.
- Gönüllü katılımcılık etkinliği çerçevesinde yetkililere bildirilecek bir gözlem raporu. Bu amaçla, sınıf I, II ve III'de yer alan ve Avrupa'da satılan tekstil yardımcı maddelerinin sayısı ve miktarı, tarafsız bir danışman tarafından imalatçılardan toplanmaktadır
- Çevresel olarak daha güvenilir ürünlerin geliştirilmesine yönelik pazar mekanizmalarının harekete geçirilmesi.

Bu sınıflandırma konseptinin, tekstil yardımcı maddelerinin ayrıntılı bir ekotoksikolojik değerlendirmesinin yapılmasını sağladığı iddia edilmemektedir. Sınıflandırma konseptinin amacı, kullanıcıların tekstil yardımcı maddelerini seçerken ekolojik yönden de değerlendirme yapabilmelerini sağlamaktır. Ekolojik rekabetin, çevresel olarak daha uygun tekstil yardımcı maddelerinin geliştirilmesine yönelik bir eğilimi tetiklemesi amaçlanmaktadır. Alman Tekstil Terbiye Sanayicileri Birliği (TVI-Verband, D-Eschborn) bu konsepti resmi olarak desteklemektedir ve tekstil terbiye sanayiinde sadece sınıflandırılmış ürünlerin ve tercihen de sınıf I ve II'ye giren ürünlerin kullanmasını öneren bir gönüllü katılım belgesini imzalamış ve yayınlamıştır ("TVI-Verband, 1997").

Tekstil yardımcı maddelerinin, hem hazırlanmaları ile ilgili veriler temel alınarak, hem de içerdikleri öğelerin ortalama değerleri hesaplanarak bulunan veriler temel alınarak sınıflandırması mümkündür. Yeni belirlenecek veriler için, bu verilerin öğeler temel alınarak belirlenmesi önerilmektedir.


hayır
Sorunlu madde içerenler
1
evet
≥%5 Biriken madde içerenler
2
evet
Biriken maddeler
Biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir
5
hayır
evet
Sulu ortam toksisitesi ≥ 1 mg/l olan tekstil yardımcı maddeleri
4
hayır
Biyolojik olarak kolayca parçalanabilen tekstil yardımcı maddeleri
3
hayır
evet
Biyolojik olarak kolayca parçalanabilen tekstil yardımcı maddeleri
3
hayır
Sulu ortam toksisitesi ≥ 10 mg/l olan tekstil yardımcı maddeleri
4
hayır
evet
evet
Biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir tekstil yardımcı maddeleri
5
hayır
I. Atık suyla az ilişkili tekstil yardımcı maddeleri
II. Atık suyla ilişkili tekstil yardımcı maddeleri
III. Atık suyla yüksek derecede ilişkili tekstil yardımcı maddeleri

Sınıflandırma şemasında yer alan dipnotlar:

1. Sorunlu maddeler şunlardır:
   67/548/EEC-Yönetmeliği-Ek 1'e göre CMR maddeleri:
   - R45 (Kansere neden olabilir) veya R49 (Solunum yoluyla kansere neden olabilir) ile etiketlendirilen ve "kanserojen" kategori 1 veya kategori 2 olarak sınıflandırılanlar,
   - R46 (Kalıtsal genetik hasara neden olabilir) veya R 60 (doğurganlığa zarar verebilir) ile etiketlendirilen ve "mutajenik" kategori 1 veya kategori 2 olarak sınıflandırılanlar,
   - R61 (Doğmamış bebeğe zarar verebilir) ile etiketlendirilen ve "üreme için zehirli" kategori 1 veya kategori 2 olarak sınıflandırılanlar.

   Sulu ortam toksisitesi (tanım için bkz. dipnot 4) 0.1 mg/l'den daha az olan ve biyolojik olarak kolayca parçalanamayan ögeler (tanım için bkz. dipnot 3),
   Düşük moleküllü halojen hidrokarbonlar (halojen oranı > %5, zincir uzunluğu C1-C12),
   Arsenik ve arsenik bileşikleri,
   Kurşun ve kurşun bileşikleri,
   Kadmiyum ve kadmiyum bileşikleri,
   Tri ve tetra-organotin bileşikleri,
   Civa ve civa bileşikleri,
   APEO,
   EDTA, DTPA
2. Tek başına R-53 "Sulu ortamda, uzun süreli zararlı etkilere neden olabilir" simgesi veya diğer R-simgeleri ile birlikte R53 olarak etiketlendirilmiş olan maddeler, bu gönüllü katılım çerçevesinde yapılan sınıflandırma ile bağlantılı olarak "biriken – (akümülatif) " olarak dikkate alınacak maddelerdir.
3. Biyolojik olarak kolayca parçalanabilen = OECD testleri 301 A-F'ye göre % 60'dan büyük BOİ/KOİ veya CO_2 oluşumu, yani 28 gün içerisinde % 70'den büyük ÇOK (Çözülmüş Organik Karbon) azalması ile.
4. Tekstil yardımcı maddelerinin sulu ortam zehirliliği = LC 50 su piresi (daphnia) (mevcut değilse yerine balık olabilir).
5. Biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir = OECD test 302 B'ye göre: 28 gün içerisinde % 70'den fazla ÇOK (Çözülmüş Organik Karbon) azalması, ya da OECD test 302 C'ye göre, % 60'dan yüksek O_2 tüketimi, ya da sıvı atık arıtma tesislerinin normal çökelmesinde % 70'den fazla bir azalma olduğunun kanıtlanması.

Not:
Tekstil yardımcı maddeleri için "biyolojik olarak kolayca parçalanabilir (3)", "sulu ortam toksisitesi" (4) ve "biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir" (5) değerlendirilmeleri, sadece kullanıma hazır preparatın verilerine göre değil, aynı zamanda çeşitli öğelerin ortalama değerlerini hesaplayarak elde edilen geçerli veriler temel alınarak da yapılabilmektedir.

13.2 Puanlama (SCORE) Sistemi

1. ÖZET

Puanlama sistemi, kimyasalların, özellikle kimyasal madde tedarikçilerinin spesifikasyon formlarından elde edilen bilgiler temel alınarak değerlendirilmelerini sağlayan bir yönetimsel metottur. Değerlendirme, güncel tüketimler ve çevresel davranışlar hakkındaki bilgiler nedeniyle, daha yakın bir incelemeye tabi tutulması gereken kimyasalların öncelik sıralamasının yapılmasına izin vermektedir.

Puanlama sistemi, endüstriyel atık suların çevresine zararlı olan maddelerin karakterizasyonu için en ilginç olarak mütalâa edilen parametrelere dayanmaktadır. A parametresi, çevreye atık su olarak boşaltılan kimyasalların miktarı hakkında hesaplanan bir puandır. B, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve C biyoakümülasyon hakkındaki puanlardır. Puanlama sisteminin yapısı, Bölüm 2'deki tabloda görülmektedir.

A, B, ve C birlikte, maddelerin çevrede bulunma potansiyellerini göstermektedir; (maruz kalma); sulu ortamda maddenin ne kadarı, ne kadar süreyle ve nasıl bulunmaktadır. B, C'nin etkisini etkilerken, A, B ve C'nin etkisini etkilemektedir. A, B ve C puanlarını çarparak elde edilen toplam puan, maruz kalma puanı olarak nitelendirilmektedir.

Kimyasal maruz kalma etkileri kimyasal maddelerin toksisitesine bağlıdır. Toksisitenin de (D), maruz kalmayla orantılı olarak, birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Her bir parametreye, 4 en kritik çevresel etkiyi göstermek üzere, 1 ile 4 arasında sayısal bir değer verilmektedir. Eksik bilgi durumunda, en yüksek puan verilmektedir. Sonuçta, her maddeye, maruz kalmaya ilişkin (AxBxC) ve bundan bağımsız olarak toksisitesine ilişkin (D) birer puanın verilebilmektedir. Daha sonra da, kimyasalların bir sıralamasını yapmak mümkün olacaktır.

Sistemin uygulanması, sistemin şirketlerin atık su izinleri veya çevresel onaylarıyla birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Bundan sonra şirketler, çevreye ilişkin verilerin yanında, kimyasalların tüketimine ilişkin bilgileri de vermekle yükümlü olmalıdırlar. İlk seferinde, kullanılan tüm kimyasallar hakkında bilgi sunulmalıdır, ama daha sonraki beyanlarda yeni kimyasalların bildirilmesi ve bunların kullanımı hakkında bilgi sunulması yeterlidir. Tüketim beyanları yılda en az bir kez güncellenmelidir.

Danimarka Tekstil ve Giyim Sanayicileri Federasyonu, firmalara "danışman" olarak hizmet vermek için hazırlanmıştır ve kimyasallar hakkındaki bilgilerin depolanması ve puanların hesaplanması için bir veri tabanı yönetim sistemi kurmuştur. Bu veri tabanı olanakları sayesinde, her bir işletme için özel olarak hesaplanmış puanların (bir Puan Raporu) listesini çıkarmak mümkün olacaktır. Bu listeye daha sonra yüksek puan almış olan kimyasalların detaylı birer analizi de eklenebilecektir.

Bugün için mevcut olan bilgiler, çevre yetkililerinin (belediye ve vilayet) olası "müdahaleler" için değerlendirmelerinin temelini oluşturmalıdır.

2. PUAN SİSTEMİNİN TANIMI

Puan sistemi, kimyasalların, özellikle kimyasal madde tedarikçilerinin spesifikasyon formlarından elde edilen bilgiler temel alınarak değerlendirilmelerini sağlayan bir yönetimsel metottur. Değerlendirme, güncel tüketimleri ve çevresel davranışları hakkındaki bilgiler nedeniyle, daha yakın bir incelemeye tabi tutulması gereken kimyasalların öncelik sıralamasının yapılmasına izin vermektedir.

Puanlama sistemi, endüstriyel atık suların çevresine zararlı olan maddelerin karakterizasyonu için en ilginç olarak mütalâa edilen parametrelere dayanmaktadır.

A Atık madde miktarı
B Biyolojik olarak parçalanabilirlik
C Biyoakümülasyon
D Toksisite

A-puanı, çevreye atık su olarak boşaltılan kimyasalların hesaplanan miktarına dayanmaktadır. B-puanı biyolojik olarak parçalanabilirliğe ve C-puanı biyoakümülasyona dayanmaktadır.

A, B ve C parametreleri birlikte, maddenin çevrede bulunma *(maruz kalma)* potansiyelini; sulu ortamda maddenin ne kadarının, ne kadar süreyle ve nerede bulunduğunu göstermektedir. B, C'nin etkisini etkilerken, A da, B ve C'nin etkisini etkilemektedir. Böylece,

maruz kalma puanı A, B ve C 'nin çarpılması suretiyle elde edilmektedir.

Bir maddenin çevrede bulunmasının etkisi, onun toksisitesine (D) bağlıdır. **Toksisite puanının,** maruz kalma puanından ayrı bir şekilde, fakat bununla aynı zamanda ve orantılı olarak hesaplanması gerekmektedir.

Her bir madde için maruz kalma puanı (AxBxC) ile toksisite puanı (D) hesaplanmaktadır. Daha sonra, bunların yardımıyla kimyasalların bir sıralamasını yapmak mümkün olmaktadır.

Puan sistemi nasıl kullanılmalıdır?

Özellikle tedarikçilerin spesifikasyon formlarından elde edilen bilgiler temel alınarak her bir parametreye, 4 en kritik çevresel etkiyi göstermek üzere, 1 ile 4 arasında değişen sayısal bir değer verilmektedir. Eksik bilgi durumunda, en yüksek puan verilmektedir.

Puanlamada temel olarak kullanılan verilerin, uluslararası olarak onaylanmış inceleme metotlarına göre elde edilmesi tavsiye edilmektedir.

B ve C ve D parametrelerinde, farklı seviyelerdeki veriler kullanılmaktadır. En yüksek seviye, doğal sulu ortama en fazla benzeyen inceleme koşullarında elde edilen verileri temsil etmektedir. C parametresi ile ilgili olarak, balık ile yapılan standardize edilmiş biyoakümülasyon testlerinden ele edilen veriler, iki fazlı oktanol/su karışımındaki madde dağılımının belirlenmesine dayalı incelemelerden elde edilen verilerden (Pow-verileri) daha gerçekçi olmaktadır. Bununla birlikte Pow, çözünürlük verilerinden ziyade biyoakümülasyon ile doğrudan bir korelasyona sahiptir.

MARUZ KALMA PUANI (AxBxC)

PUANLAMA RAKAMI: PARAMETRE	1	2	3	4
A Boşaltılan madde miktarı kg/hafta kg/yıl	 <1 <50	 1-10 50-500	 >10-100 >500-5000	 >100 >5000
B Biyolojik olarak parçalanabilirlik Yüzey suyu (%) Çamur kültürü (%) BOİ/KOİ oranı	 >60 (50-100)	 10-60 >70 >0,5	 <10 20-70	 <20 ≤ 0,5
C Biyoakümülasyon Biyokonsantrasyon Faktörü **(BCF)** Veya **C1, C2, C3**	 <100			 ≥100
C1 MA> 1000 g/mol ise	*			
C2 500 = veya <MA= veya <1000 g/mol ise Pow verileri Suda çözünürlük g/l	 <1000 >10	 ≥1000 10-2	 <2	
C3 MA<500 g/mol ise Pow verileri Suda çözünürlük g/l	 <1000 >10	 100-2	 <2-0,02	 ≥1000 <0,02
Bilgi yok				*

TOKSİSİTE PUANI (D)

PUANLAMA RAKAMI: PARAMETRE	1	2	3	4
D Etki konsantrasyonu bölü atık konsantrasyonu	>1000	1000-101	100-10	<10
Bilgi yok				*

Uygulama

Sistemin uygulanması, sistemin şirketlerin atık su izinleri veya çevresel onaylarıyla birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Bundan sonra, şirketler çevresel verilerin yanında kimyasalların tüketimine ilişkin bilgileri de göndermekle yükümlü olmalıdırlar. İlk seferinde kullanılan tüm kimyasallar hakkında bilgi sunulmalıdır, ama daha sonraki beyanlarda kimyasallar ve bunların kullanımı hakkında bilgi sunulması yeterlidir. Tüketim beyanları yılda en az bir kez güncellenmelidir.

Danimarka Tekstil ve Giyim Sanayicileri Federasyonu firmalara "danışman" olarak hizmet vermek için hazırlanmıştır ve kimyasallar hakkındaki bilgilerin depolanması ve puanların hesaplanması için bir veri tabanı yönetim sistemi kurmuştur. Bu veri tabanı olanakları sayesinde, her bir işletme için kullanılan kimyasalların ve özel olarak hesaplanmış puanlarının (bir *Puan Raporu*) listesini çıkarmak mümkün olacaktır. Bu listeye daha sonra, yüksek puan almış olan kimyasalların detaylı birer analizi de eklenebilecektir.

Puan Raporu, çevre yetkililerinin (belediye ve vilayet) firmalarla diyaloglarının ve olası müdahalelere ilişkin değerlendirmelerinin temelini oluşturmaktadır.

Bilgi

Puanlama sistemi, Danimarka'nın Ringkøbing vilayetindeki belediyelerin ve valiliğin temsilcileri ile Danimarka Tekstil ve Giyim Sanayicileri Federasyonu temsilcilerinden oluşan bir çalışma grubu tarafından geliştirilmiştir.

Puanlama sistemi 1992'de Ringkøbing vilayetinde yürürlüğe konularak ve firmaların atık su ruhsatları ve çevresel onaylar için kullanılmaya başlanmıştır. Okuyucular, sistem ve sistemin kullanımı ile ilgili deneyimler hakkında bilgi almak için Ringkøbing vilayeti, Damstræde 2, 6950, Danimarka ile temasa geçebilirler.

Kimyasalların Sıralanması için Sıralama Sistemi Kılavuzu ile Elkitabı'nı içeren bilgi, web sitesinden de temin edilebilmektedir.

13.3 Hollanda Genel Politika Şeması/Genel Politikasına İlişkin Şema

Özet

Hollanda Yüzey Suları Kirliliği Yasası uyarınca bir izin almak için gereken başvuru süreci 3 aşamadan oluşmaktadır: bilgi sağlanması, emisyonları kontrol amacıyla ölçütlerin oluşturulması, oluşabilecek kalıntı emisyonlarının belirlenmesi. Maddelerin ve preparatların değerlendirilmesi, daha ziyade "bilgi sağlama" aşaması ile ilgilidir. Bununla birlikte, bir madde veya preparatı değerlendirmek için gerekli veriler, kalıntı emisyonlarının (immission değerlendirmesi) değerlendirilmesini de ilgilendirmektedir. Yüzey Suları Kirliliği Yasası'nın uygulanması, her bir kimyasal madde veya preparatın sulu ortama olan zehirlilik etkisinin bilinmesini gerektirmektedir.

Bu rapor, hem genel değerlendirme yönteminin, hem de ilgili mercilerin (kullanıcı vasıtasıyla) maddelerin ve preparatların su toksisiteleri hakkında bilgilendirilmeleri için prosedürü tanımlamaktadır. Genel değerlendirme yöntemi, Yüzey Sularının Kirliliği Yasası uyarınca yapılan doğrudan ve dolaylı deşarjları kapsayacak biçimde tasarlanmıştır, ancak Çevre Koruma Yasası kapsamına giren dolaylı deşarjlarda bulunan maddelerin ve preparatların değerlendirmesinde de kullanılabilmektedir. Yöntem, maddelerin ve preparatların sınıflandırılmasına ve özelliklerine ilişkin Avrupa düzenlemeleri ile uyumlu parametreler ve ölçütler kullanmaktadır, ancak burada maddelerin özellikleriyle birlikte kirliliği kaynağında sınırlandırmaya yönelik çabaların seviyesi hakkında değerler de yer almaktadır. Yöntem, maddeler ve preparatların su toksisitesini belirlemek için gerekli olan her yerde kullanılabilmektedir.

Bu durum, firmaların bu raporu, daha önce değinilen iki yasa çerçevesinde izin veya ruhsat uygulamaları için ilgili mercilere madde ve preparatlar hakkında bilgi sağlamak veya örneğin, belirli bir madde veya preparatı kullanma kararının, çevre üzerinde devam etmekte olan baskının azalmasına katkıda bulunacağını göstermek için kullanabilecekleri anlamına gelmektedir.

Genel değerlendirme yönteminin, maddelerin sulu ortam toksisitelerine göre sınıflandırılmasında, bunların çeşitli özelliklerinin kullanıldığı bir yol olduğu akıldan çıkartılmamalıdır. Bu yöntem, emisyonları önlemek veya azaltmak için özel bir durumda hangi önlemlerin alınması gerektiğini göstermeyeceği gibi, kalıntı emisyonlarını değerlendirmek için de kullanılamayacaktır.

Prosedüre ilişkin olarak, söz konusu yasalar çerçevesinde ilgili merciye bilgi sağlama sorumluluğunun halâ, izin veya ruhsat için başvurana ait olduğu vurgulanmalıdır. Bu, genel kapsamlı bir kuraldır ve bu nedenle her türlü temel veya yardımcı maddeler ile atık suya karışma olasılığı bulunan tüm ara veya nihai ürünler hakkındaki bilgileri de kapsamaktadır.

Bununla birlikte, preparatlarının kompozisyonunu güvenilir bir şekilde korumak isteyen üreticiler, kullanıcılara daima tüm bilgiyi sağlamamaktadırlar. Bu da, kullanıcıların ilgili mercilere gerekli bilgileri verememeleri anlamına gelmektedir.

Bu sebeple ve verimlilik bakımından, üreticilerin genel değerlendirme metodunu kullanarak, maddeleri ve preparatları değerlendirmeleri ve değerlendirme sonuçlarını ilgili maddeler ve preparatlar hakkındaki bilgilerle birlikte, toptancılara ve kullanıcılara sunmaları beklenmektedir. Bu uygulama, kimya sanayiinde geniş ölçüde desteklenen "sorumlu bakım" ve "ürün danışmanlığı" programlarıyla paralellik göstermektedir. Özel sektör, çok sayıdaki maddenin toksisitelerini değerlendirmek için gerekli eksik verileri tanımlamak amacıyla uluslararası programlar başlatmaktadır.

Bu raporda tanımlanan prosedür, başvuru sahiplerinin Yüzey Suları Kirliliği Yasası çerçevesinde izin alabilmek için preparatların toksisitesi hakkında bilgi gereksinimleriyle, üreticilerin preparatlarının bileşimi hakkındaki bilgiyi koruma istekleri arasındaki ikilemi çözmek için kullanılabilmektedir. Prosedürün tanımlanmasına paralel olarak, olası kontrol ve zorlama yollarının tartışılması da yapılmaktadır.

Genel değerlendirme metotlarının ve prosedürün tanımlanmasının yanında, rapor bunların uygulanması ile ilgili noktalar üzerinde yoğunlaşmakta ve sonuçlar ve öneriler ile sona ermektedir.

1 Prosedür

Su deşarjı politikasının uygulanması çerçevesinde, maddelerin ve preparasyonların değerlendirilmesi.

Bu bölüm, maddeler ve preparasyonlar hakkındaki bilgilerin yetkililere kullanıcılar vasıtasıyla sağlanması için prosedür ile ilgilenmektedir.

Anahtar konular, sağlanması zorunlu bilgiler, bu bilgilerin doğruluğu ve prosedürün uygulanabilirliğidir.

1.1 Giriş

Yüzey Suları Kirliliği Yasası, bu yasa kapsamında bir izin için başvuran herhangi bir kimsenin, yetkililere uygulamanın incelenmesi için gerekli bilgiyi sağlamaya zorunlu tutulmasını şart koşmaktadır. Bu zorunluluk, şirketler tarafından kullanılan ve yüzey suyuna boşaltılabilen ham ve yardımcı maddeler ile bitmiş ve kısmen işlenmiş ürünler hakkındaki bilgileri de kapsamaktadır. Preparasyonların kompozisyonu hakkındaki bilgilerin gizliliği nedeniyle, üreticiler ve tedarikçiler bu bilgiyi sağlamaya her zaman istekli değildirler. Bu durumda müşteri tam bilgiye sahip olmamaktadır. Kullanıcıların izin başvurusunun bir kısmı için gizliliğe uyulması istekleri bu problemi çözmemektedir, çünkü su kalite yöneticisine başvurunun gizli bölümündeki preparasyonlar hakkında herhangi bir bilgi sunulamamaktadır.

Bu dar boğazı çözmek için, üretici veya tedarikçilere karşı bilginin gizliliğini garanti ederken, kullanıcılara yardımcı olmak ve yetkililerin ve üçüncü tarafların madde veya preparasyonun su çevresine zararları ile ilgili yeterli bilgi edinmesini sağlamak amacıyla, bir prosedür tasarlanmıştır.

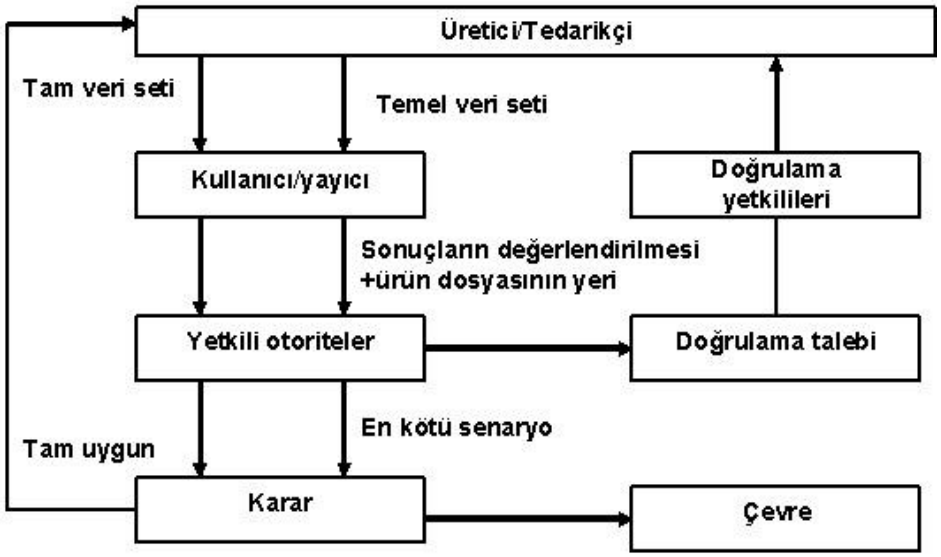
Bilginin sağlanmasında ve maddelerin ve preparasyonların GAM'a uygun olarak değerlendirilmesinde, maddelerin ve preparasyonların üreticileri ve tedarikçileri önemli bir rol oynamaktadırlar. Yüzey Suları Kirliliği Yasası altında onaylanan izinlerle ilgili yasamanın değiştirilmesinin pazar üzerine etkileri ile ilgilenen çalışma grubu belirli alt sektörlerde (sektör ortak kuruluşlarına danışaraktan), izin-uygulama prosedürü ile ilgili ham ve yardımcı materyaller hakkında tüm standart bilgilerin, ilgili tüm taraflara ulaşabilir olmasını sağlayacak bir sistem kurulmasını cesaretlendirmeyi tavsiye etmektedir. Bu çalışma grubu, Bütünleştirilmiş Su Yönetimi Komitesi tarafından alınan inisiyatiflerle bağlantı kurulmasını önermektedir. Hollanda Kabinesi bu öneriyi benimsemiştir.

1.2 Prosedür

Prosedürde madde ve preparasyon üreticileri önemli bir rol oynamaktadırlar. Gerçekten de maddeler ve preparasyonlar hakkında mevcut herhangi bir detay varsa, bu bilgiye büyük bir olasılıkla üreticiler sahiptirler. Bunun yanında, çok sayıda kullanıcının aynı madde ve preparasyonların özellik verilerini toplamaları, verimli bir davranış değildir. En akıllı

yaklaşım, üreticilerin/tedarikçilerin verileri toplaması ve maddeleri değerlendirmesidir. Bu, deneysel ve bilimsel amaçlar için kullanılan hayvanların korunması hakkındaki Direktif 86/609/EEC'ye de uygun düşmektedir. Prosedür, maddeler ve preparasyonlar hakkındaki tam bilgi seti ile temel set3 arasında ayrım göstermektedir.

İzleyen şekil, önerilen prosedürü diyagram şeklinde göstermektedir.



1.2.1 Tam veri seti

Maddelerin ve preparasyonların değerlendirilmesi için tam veri seti, aşağıdaki soruların cevaplarıyla birlikte değerlendirmenin sonuçlarını içermektedir. Bu bilginin, ticari zincir kanalıyla kullanıcıya temin edilmesi gereklidir ve kullanıcı da bunu izinlerle uğraşan yetkililere aktarabilmelidir.

Maddeler

GAM'ı karşılaması istenilen her bir maddenin detayları:

- Bilindiği kadarıyla madde kanserojen (R-45) midir?
- Bilindiği kadarıyla madde mutajenik (R-46) midir?
- Su organizmalarına akut toksisitesi nedir (LC50), tercihen 4 besinsel seviye için, fakat her halukârda kabuklular veya balıklar için.
- Biyolojik olarak parçalanabilirlik derecesi nedir?
- Log Pow'u nedir?
- BCF'si nedir? (ihtiyari)
- Su organizmalarına karşı akut toksisitesi belirlenemiyorsa, sudaki çözünürlüğü nedir.

Preparasyonlar

Preparasyonlar için GAM sonuçları ile birlikte preparasyonun tam kompozisyonu ve her bir komponentin maddeleri hakkında bilgilerin verilmesi gerekmektedir.

! Temel set, Maddeler Direktifi Ek 7'ye göre Esas-set ile karıştırılmamalıdır. Su deşarj politikasının uygulanması kapsamında maddeler ve preparasyonların değerlendirilmesi

1.2.2 Temel veri seti

Maddeler ve preparasyonlar GAM'a uygun olarak değerlendiriliyorlarsa, üreticiler, maddeler veya preparasyonun kompozisyonu hakkında sadece temel set bilgilerini sağlayabilirler.

Maddeler

Üretici/tedarikçi maddeyi değerlendirip, sadece bir temel bilgi seti sağlayabiliyorsa, prensip olarak maddenin suya zararlılığını ve (onaylama) yetkililerinin teftişi için madde dosyasına ulaşabilecek yeri belirtmesi yeterli olmaktadır. Bu durumda yetkililer, su kalite testini, bu kategoride sonuçlanmış en zararlı özellikleri esas alan en kötü-durum yaklaşımına göre (örneğin, artık deşarjı değerlendirmesinin btm/bpm girişinden sonra yapılması) uygulayacaklardır. Diğer bir deyişle, eğer bir madde GAM'a göre sulara zararlılık kategorisi {6}'ya giriyorsa, maddenin 1 mg/l'sinin su organizmalarına karşı akut toksisiteye sahip olduğu ve dayanıklı olduğu kabul edilmektedir. Eğer bundan ek arındırma önlemleri gerekliliği sonucuna varılıyorsa, üreticiler maddenin özellikleri hakkında daha geniş veri sağlarlarsa, daha ayrıntılı bir su kalitesi testi yapılabilmektedir.

Preparasyonlar

Prensipte kullanıcılara preparasyonlar için aşağıdaki ana veri setinin sağlanması gerekmektedir:

- preparasyonun GAM'a göre değerlendirme sonuçları
- suya zararlılığın 'kara listedeki madde, kalıtsal zarara ve/veya kansere neden olabilen' kategorisinde yer alan komponentler ve preparasyonu oluşturan komponentlerin yaklaşık miktarları
- preparasyondaki azaltma gayreti A olan komponentler ve bu komponentlerin yaklaşık miktarları
- (onaylama) yetkililerinin teftişleri için madde dosyasının bulunacağı yer

Preparasyonun tam doğru kompozisyonu, sadece üreticiler veya tedarikçiler tarafından bilinmektedir.

Preparasyonlarda da, üreticilerin preparasyonların doğru kompozisyonunu belirtmede yetersiz kaldıkları durumlarda, yetkililer, su kalitesi testini, su zararlılığı kategorisine neden olan en zararlı özellikleri baz alarak uygulayacaklardır.

Eğer bundan ek arındırma önlemleri gerekliliği sonucuna varılırsa, üreticilerin preparasyonun özellikleri hakkında daha geniş veri sağlayarak, daha ayrıntılı bir su kalitesi testinin yapılmasını sağlayabilmeleri gerekmektedir.

1.3 Doğrulanabilirlik

Maddeleri ve preparasyonları değerlendirmek için bilgi gerekmektedir. Fakat sağlanan tüm bilgilerin doğru olup olmadığını saptamak imkansızdır.

Kullanıcılar ve yetkililer değerlendirmenin doğru bilgiye dayandığına ve değerlendirmenin doğru olarak yapıldığına güvenebilmelidirler. Değerlendirmeyi yapan, madde ve preparasyonların üreticileri, bundan sorumludurlar. Maddelerin özelliklerinin detayları, üreticiler tarafından veya onların sorumluluğu altında belirlenmektedir.

Mevcut birçok madde için, veritabanında saklanan bilgiler kullanılabilmektedir. Her iki durumda da, detayların tercihen akredite olmuş laboratuvarlarda (İyi Laboratuvar Uygulaması) standart metotlara göre doğrulanmaları gerekmektedir. Özellikler ve maddeler

hakkında standart test metotlarından ve GLP yürürlüğe girmeden öncesine ait herhangi bir değerlendirme bilgisi mevcutsa ve eğer bu bilgiler baz alınarak geçerli sonuçlar çıkarılabiliyorsa kullanılabilmektedirler. Bu uygulama, Direktif 93/67/EEC'deki teknik uygulama esasları ile yeni ve mevcut maddelerin risk değerlendirmeleri için Regülasyon 1488/94'e göre yapılmaktadır.

Değerlendirmede hata riskini azaltmak için, GAM'in bir bilgisayar uygulaması yapılmıştır. Ancak hem sektör üst kuruluşları, hem de hükümet, çeşitli yollardan gerçekleştirilebilen bir doğrulama şekline daha fazla değer vermektedirler.

1.3.1 Yetkililer tarafından doğrulanma

Şüpheli bir durumda (ama aynı zamanda bir rasgele test olarak da) yetkililer, sağlanan bilgilerin doğru olup olmadığını ve değerlendirmenin doğru olarak yapılıp yapılmadığını doğrulayabilmelidirler. Bilgilerin doğrulanmasında, insan ve çevre üzerine etkilerin değerlendirilmesi için uygulanan ile aynı prosedürün kullanılması önerilmektedir. Diğer bir deyişle, talep etmeleri halinde, yetkililerin (örneğin, Çevre Müfettişliklerinin) ürün dosyasını incelemelerine izin verilecektir. Tabii ki kullanıcıların ve yetkililerin, ürün dosyasının nerede ve kimin tarafından sakladığını bilmeleri gerekmektedir. Bu dosyanın, preparasyonların değerlendirilmeleri için kullanılan bilgileri de içermesi şarttır.

1.3.2 Sektör üst kuruluşları tarafından doğrulanma

Yetkililerden ayrı olarak, sektör üst kuruluşları doğrulanmayı kendileri de organize edebilmektedirler. Örneğin, değerlendirmeleri yapmak veya doğrulamak için, bağımsız akredite edilmiş bir kuruluş görevlendirilebilmektedir. Bu değerlendirme, onaylanması gerekebilecek iş çalışmasının bir bölümünü de oluşturabilmektedir. Bunun anlamı, sertifikasyon kapsamı içinde yapılacak çevresel denetimlerde denetçi, değerlendirmenin doğru olarak yapılıp yapılmadığını doğrulayacaktır. Ancak bunun için gerekli protokollerin önceden düzenlenmesi gerekmektedir.

1.3.3 Ürün sorumluluğu

Bundan ayrı olarak, sağlanan bilgilerin doğruluğu bakımından her zaman için üreticiler sorumludurlar. Diğer taraftan, müşteriler de bilginin doğru olup olmadığını, örneğin diğer ürünlerin özellikleriyle karşılaştırarak, kontrol etmelidirler. Böylece, üreticiler tarafından yanlış olarak sınıflandırılan tehlikeli bir ürünün kullanıcısı, ürünün yanlış kullanımını önleyebilmektedir.

Ancak ürün kullanıcısı, tedarikçisi tarafından yanıltılmışsa ve kullanıcının normal olarak bunu bilebilmesi mümkün değilse, bu taktirde üretici sorumlu tutulabilmektedir. Ceza yasasına göre, daima kullanıcı sorumlu olacaktır. Medeni hukukta ise, kullanıcı, herhangi bir zararı ürün sorumluluğu ilkesine dayanarak üreticiye tazmin ettirebilmektedir.

Hollanda'da Çevre Müfettişliği sağlanan bilginin doğru olup olmadığını doğrulamaktadır. Eğer yanlış bilgiler sağlanmışsa, önlemler alınabilmektedir. Avrupa Birliği üyesi ülkeler, Avrupa Birliği ülkesi şirketlerin karıştığı olaylar için anlaşmalar yapmışlardır.

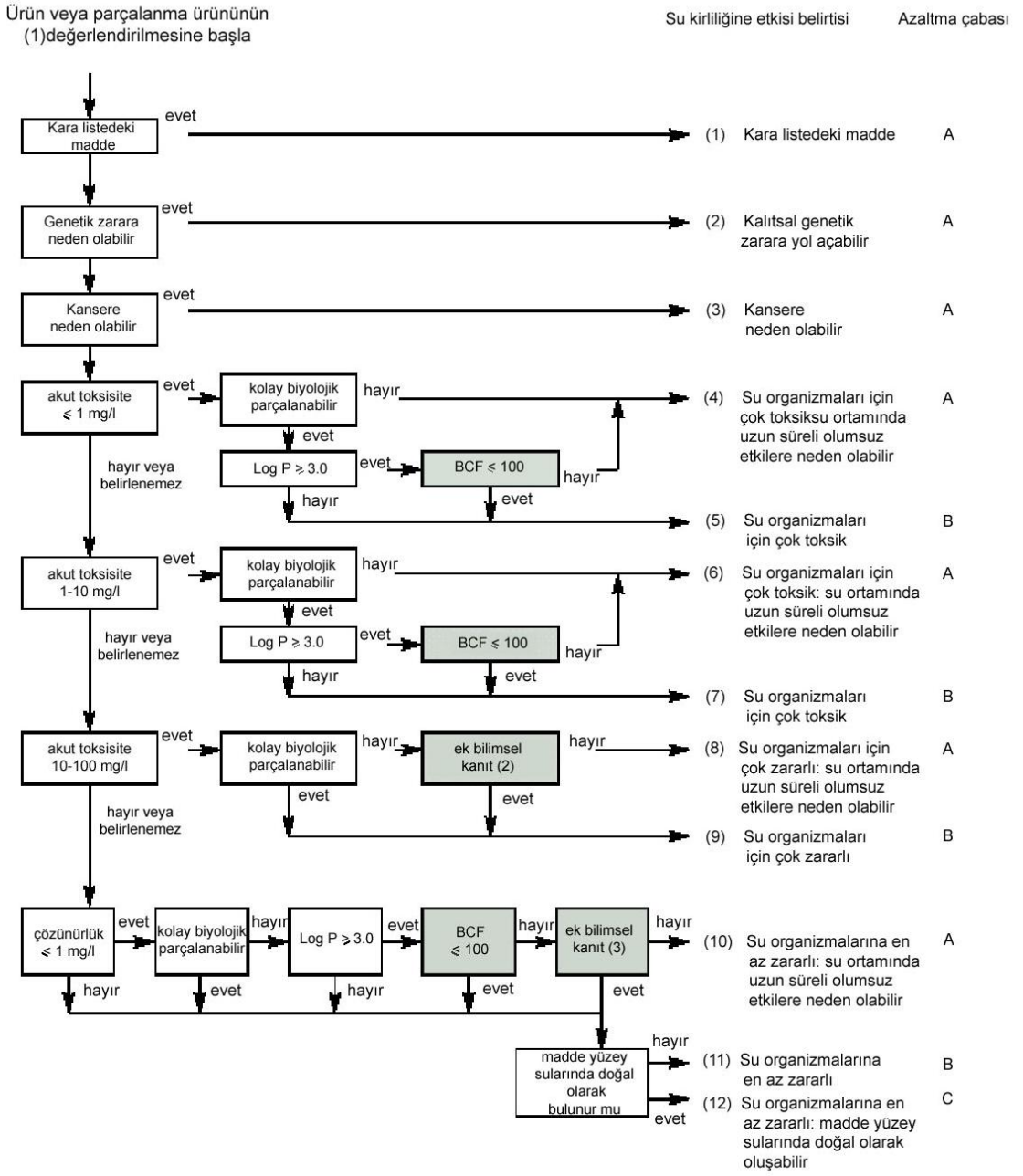
1.4 Zorunlu Uygulanabilirlik

Ruhsat-başvurusu prosedüründe sağlanan bilgiler doğrulanmalıdır; genellikle izin veren kuruluşlar (yetkili otoriteler) bilgiyi de kendileri doğrulamaktadırlar. Bundan sonra, ruhsatın kapsam ve içeriği, onun zorunlu uygulanabilirliğini de belirlemektedir. Örneğin, ruhsat metni öyle düzenlenmelidir ki ruhsatta belirtilenlerden başka maddeler boşaltıldığında da önlemlerin alınabilmesi için açık bir yasal ortam sağlanmalıdır. Ruhsat

koşullarının zorunlu olarak uygulanmasında, örneğin, şirket tarafından kullanılan ve atık suya boşaltılabilen kısmen işlenmiş ve bitmiş ürünler kadar, ham ve yardımcı maddeler hakkındaki bilgilerin elde edilebilirliğine de özel bir dikkat gösterilmesi gerekmektedir.

Eğer ruhsatta ruhsat sahibine, yetkililere önceden veya sonradan bilgi vererek herhangi bir hammaddeyi veya yardımcı maddeyi değiştirme yetkisi verilmişse, uygulatıcı yetkililerin özellikle dikkatli olmaları gerekmektedir.

Tablo B - 4.1
Maddeler için tehlike tanımlama testleri



(1) Araştırma ve/veya literatürde parçalanma ürünlerinin veya maddenin zararlı olduğunu gösteriyorsa bu ürünler tehlike belirleme testine de girmek zorundadırlar

(2) Madde bozulma ürünü su çevresine potansiyel uzun süreli ve/veya gecikmiş tehlike arz etmiyorsa. Azaltma çabası A geçersiz olabilir. Ek bilimsel kanıt aşağıdaki çalışmaları kapsayabilir

i. Su çevresinde hızlı biyolojik parçalanma kanıtı
ii. 1 mg/l konsantrasyonda kronik toksiklik etkisi yok
(Ek bilimsel kanıt notlarına bakınız)

(3) 1 mg/l yerine çözülebilirlik limitinde kronik toksiklik etkisi yoktur.
(Ek bilimsel kanıt notlarına bakınız)

Seçili test yolların takibi için yeterli bilgi yoksa

Azaltma çabası A : Kara listedeki maddeler veya karşılaştırılabilir özellikteki maddeler için yaklaşım

Azaltma çabası B : Nispeten tehlikeli maddeler için yaklaşım

Azaltma çabası C : Nispeten zararsız maddeler için yaklaşım

Tablo B – 5.1
Preparasyon için Genel Değerlendirme Metodolojisi

Maddenin Kategorisi	Preparasyonun Sınıflandırılması (Su zarar kategorisi ve arındırma kabiliyeti)											
	Kara listede yer alan madde içerir	Mutajenik	Kanserojen	Su organizmaları için çok toksik; su ortamı için zararlı maddeler içerir	Su organizmaları için çok toksik	Su organizmaları için toksik; su ortamı için zararlı maddeler içerir	Su organizmaları için toksik	Su organizmaları için zararlı; su ortamı için zararlı maddeler içerir	Su organizmaları için zararlı	Su organizmaları için biraz zararlı; su ortamı için zararlı maddeler içerir	Su organizmaları için biraz zararlı	Su organizmaları için biraz zararlı; yüzey sularında doğal olarak oluşabilen maddeler içerir
	A	A	A	A	B	A	B	A	B	A	B	C
(1) Kara listedeki madde	≥ % 0,1										< 0,1	
(2) Kalıtsal genetik zarara neden olabilir		≥ % 0,1									< 0,1	
(3) Kansere neden olabilir			≥ % 0,1								< 0,1	
(4) Su organizmaları için çok toksik, su ortamında uzun süreli olumsuz etkilere neden olabilir				≥ % 25		2,5 ≤ konsantrasyon < % 25		2,5 ≤ konsantrasyon < % 25			<% 0,25	
(5) Su organizmaları için toksik ((4) numaralı madde ile birlikte)					≥ % 25		2,5 ≤ konsantrasyon < % 25		2,5 ≤ konsantrasyon < % 25		<% 0,25	
(6) Su organizmaları için toksik su ortamında uzun süreli ters etkilere neden olabilir ((4) numaralı madde ile birlikte)						≥ % 25		2,5 ≤ konsantrasyon < % 25			< % 2,5	
(7) Su organizmaları için toksik ((4), (5) ve (6) numaralı maddelerle birlikte)							≥ % 25		2,5 ≤ konsantrasyon < % 25		< % 2,5	
(8) Su organizmaları için zararlı; su ortamında uzun süreli ters etkilere neden olabilir ((4) ve (6) numaralı maddelerle birlikte)								≥ % 25			< % 25	
(9) Su organizmaları için zararlı ((4), (5), (6), (7) ve (8) numaralı maddelerle birlikte)									≥ % 25		< % 25	
(10) Su organizmaları için biraz zararlı; su ortamında uzun süreli olumsuz etkilere neden olabilir										≥ % 25	< % 25	
(11) Su organizmaları için biraz zararlı											≥ % 1	
(12) Su organizmaları için biraz zararlı; yüzey sularında doğal olarak oluşabilir												

14 İLERİ OKSİDASYON YÖNTEMLERİ (FENTON REAKSİYONU)

Tercüme eden: Arş.Gör. Şule Soykan (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

Fenton reaksiyonu, bir ileri oksidasyon işlemini içermektedir. İleri oksidasyon işlemleri (kimyasal oksidasyon işlemlerinin özel bir durumudurlar), güçlü ve temiz oksitleyiciler olarak reaksiyona giren aktif oksijen türleri üreten oksidasyon işlemleridirler.

Fenton işlemi, hidrojenperoksidin OH^* radikali oluşturan redoks oksidasyonuna dayanmaktadır. H_2O_2'den OH^* radikali oluşturan diğer metotlar, örneğin, H_2O_2 ve UV, ozon/H_2O_2 ve ozon/UV'dir.

Fenton reaksiyonu, pH 3'te H_2O_2 ve Fe^{+2} iyonları esasına dayanmaktadır. pH 3'te, ferri iyonunun ilk hidrolize şekli ($Fe(OH)^{++}$) su ile denge halindedir ve böylece H_2O_2'in parçalanması sonucu oluşan serbest OH^* radikalinin oluşum hızını kontrol etmektedir.

Son çalışmalar ileri oksidasyon işlemlerinde aşağıdaki yolun izlendiğini ispatlamaktadır: $Fe^{+2} + HO\text{-}OH \rightarrow Fe(OH)^{++} + OH^*$.

Oluşturulan OH^* radikalleri, organik bileşiklerin yokluğunda yavaş bir şekilde hidrojenperoksit tüketerekten reaksiyona girmeye devam etmektedirler. Ancak, ortamda organik bileşiklerin (R-H) mevcut olmaları durumunda aşağıdaki reaksiyonlar oluşmaktadır:

1. $$R\text{-}H + OH^* \rightarrow R^* + H_2O$$

Kompleks zincir mekanizmaları ile reaksiyona giren veya deaktivasyon veya radikal-radikal kombinasyonu ile sona eren organik radikaller oluşmaktadırlar. Bu işlem oksijen (O_2) gazı varlığında veya yokluğunda da oluşabilmektedir. Oksijen gazı varlığında, ileri oksidasyon ile üretilen alkil radikalleri (R^*) çok hızlı olarak reaksiyona girmekte ve peroksil radikalleri oluşmaktadır:

2. $$R^* + O_2 \rightarrow ROO^*$$

(Daha pahalı hidrojenperoksitten oluşan oksijen yerine normal moleküler oksijen tüketilmektedir).

Peroksil radikalleri dayanıklı olabilir veya olmayabilirler (bu da oksidasyon işlemini yavaşlatabilir). Her halukârda, oksijen, organik moleküllerle kimyasal olarak işleme girerek ve böylece tüketilerek, organik moleküllerin daha hidrofilik ve genellikle biyolojik olarak daha iyi parçalanabilen ara mamullere oksidasyonunu sağlamaktadır. Bu temiz bir yol olarak bilinmektedir (klor atomlarının organik moleküllerle işleme sokulduğu klorlama işlemlerinden farklı olarak).

OH^* radikali (flordan sonra) doğadaki en güçlü oksitleyicidir ve seçici olmadan en az bir hidrojen atomu içeren tüm maddelerle reaksiyona girmektedir.

Fenton reaksiyonu ile herhangi bir oksijen birikimi riski yoktur. Bu nedenle uçucu organik bileşiklerin varlığında söz konusu olabilen tehlikeli reaksiyonlar oluşmamaktadırlar. H_2O_2 çok düşük konsantrasyonlarda (yaklaşık % 0,1) bulunduğundan, patlayıcı karışımların meydana gelmesi de asla mümkün olmamaktadır. Buna karşılık, yukarıda bahsedilen koşullardaki reaksiyonlarla O_2 tüketilmektedir.

OH^{*}'in çok güçlü bir oksitleyici olduğu daha önce de belirtilmişti. Ancak diğer gruplara göre daha yavaş reaksiyona giren bazı boyarmaddeler ve gruplar bulunmaktadır (örneğin, antrakinon boyaları, azo boyarmaddelerine göre 100 kez daha yavaş reaksiyona girmektedirler, çünkü bozunma ürünü orijinal ürüne rejenere olmaktadır). Ancak Fenton reaksiyonuyla ilgili ilginç bir husus, OH^{*} radikali ile yavaş veya verimsiz olarak reaksiyona giren boyaların, çoğu kez Fenton işleminin bir reaksiyon ürünü olan demir (III) ile çökelti veya kompleks oluşturarak uzaklaşabilmeleridir. Sonuç olarak daha az demir (II) tüketilmektedir, bir hiç için!

Bunlara ilaveten, yoğunlaştırılmış sistemlerde (Yoğunlaştırılmış Termal Fenton ETF ve Yoğunlaştırılmış Foto Fenton) reaktantları konsantre etmek ve demir (III)'ü indirgeyerek tekrar aktif hale getirmek (termal olarak, UV-VIS radyasyon yolu veya elektrokimyasal yol ile) amaçlanmaktadır.

Sonuç olarak Fenton Reaksiyonu, biyolojik olarak kolay parçalanamayan maddelerle yüksek derecede yüklenmiş, yüksek konsantrasyondaki ayrılmış akımları arıtmak için çok etkili bir işlemdir.