



**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
ÇEVRE YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**KAĞIT ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINA UYGUN ARITMA
TEKNOLOJİLERİNİN BELİRLENMESİ VE TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT
DURUMUN ANALİZİ**

**ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK UZMANLIK TEZİ
Lütfiye DUMLU**

**Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Su ve Toprak Yönetimi Dai. Başk.**

Temmuz 2014

**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
ÇEVRE YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**KAĞIT ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINA UYGUN ARITMA
TEKNOLOJİLERİNİN BELİRLENMESİ VE TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT
DURUMUN ANALİZİ**

**ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK UZMANLIK TEZİ
Lütfiye DUMLU**

Temmuz 2014

i

Canım Aileme,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye’de işletmeye alınmış ve uygulama projesi hazırlanmış Kağıt ve Karton Endüstrisi atıksu arıtma tesislerinin atıksu miktarları, atıksu kaynakları, tercih edilen arıtma teknolojileri, ilk yatırım ve işletme maliyetleri debiye bağlı olarak incelenmiş olup özellikle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından proje onaylarında kullanılacak gerçek verilere dayanan rehber bir kaynak olacağını düşünmekteyim.

Tez çalışmamın yürütülmesi ve yönlendirilmesinde bana yardımcı olan ve çalışmaktan gurur duyduğum birim amirlerime ve mesai arkadaşlarıma,

Bu günlere gelmemde büyük katkıları olan, hayatım boyunca her konuda maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan, bana her şeyden çok güvenen ve inanan aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Temmuz, 2014

Lütfiye DUMLU
Çev. ve Şeh. Uzm. Yard.
(Çevre Yük. Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ve SİMGELER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAĞIT ENDÜSTRİSİ	2
2.1. Endüstrinin Tanımı	2
2.2. Kağıt Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler	3
3. KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÜRETİM PROSESLERİ	5
3.1. Ön İşlemler	5
3.2. Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri	6
3.2.1. Mekanik Selüloz Üretimi	6
3.2.2. Kimyasal Selüloz Üretim	8
3.2.2.2. Sülfüt Prosesi	10
3.3. Atık Kağıttan Selüloz Üretimi	11
3.4. Ağartma İşlemi	13
3.5. Kağıt Üretiminde Kullanılan Yardımcı Maddeler	15
Kağıt üretiminde kullanılan diğer yardımcı maddeler aşağıda açıklanmıştır.	15
4. KAĞIT SANAYİNDE SU TÜKETİMİ ve ATIKSU KARAKTERİZASYONU.	16
4.1. Kağıt Hamuru ve Su Tüketimi	16
4.2. Kağıt Endüstrisi Atıksularındaki Kirletici Parametreler	20
4.2.1. Biyolojik oksijen ihtiyacı	21
4.2.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı	22
4.2.3. Askıda Katı Madde	22
4.2.4. Çökebilir Katı Madde	23
4.2.5. Renk	23
4.2.6. Adsorplanabilen Organik Halojenler (AOX)	24
4.3. Atıksu Karakterizasyonu	24
5. KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE ATIKSU ARITMA TEKNOLOJİLERİ	29
5.1. Fiziksel Arıtma Metotları	29
5.1.1. Kaba Izgara	30
5.1.2. İnce Izgara	30
5.1.3. Ön Çökeltim Havuzları	30

5.2. Aktif Çamur Sistemleri	31
5.2.1. Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Prosesi	32
5.2.2. Ardışık Kesikli Reaktörler (AKR)	33
5.3. Aerobik Lagünler	33
5.4. Anaerobik Arıtma Prosesleri	34
5. 5. Fizikokimyasal Arıtma Prosesleri	38
5.5.1. Koagülasyon/Çöktürme	38
5.5.2. Adsorpsiyon	38
5.5.3. Elektrokimyasal	39
5.5.4. Ozon	40
5.5.5 Membran Filtrasyon	40
6. TÜRKİYE’DE KAĞIT SANAYİ ve ARITMA TESİSLERİNİN MEVCUT DURUMU	46
6.1. Ülkemizde Kağıt ve Karton Üretimi Yapan Sanayi Tesisleri	46
6.1.1. Ak Gıda San. ve Tic. A.Ş.	46
6.1.2. Dentaş Ambalaj ve Kağıt San. A.Ş.	47
6.1.3. Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Tic. A.Ş.	47
6.1.4. Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Havacılık Tur. San. ve Tic. A.Ş.	48
6.1.5. Torbalı Renk Oluklu Mukavva ve Kutu San. ve Tic. A.Ş.	48
6.1.6. Sun-Ka Kağıt ve Karton San. Tic. Ltd. Şti.	49
6.1.7. Çopikas Kağıt ve Oluklu Mukavva Kutu San. Tic. A.Ş.	50
6.1.8. Mondi Tire Kutsan Oluklu Mukavva ve Kağıt San. A.Ş.	50
6.1.9. Zigana Kağıt Ambalaj Mak. Nak. Pazar. San. ve Tic. Ltd. Şti.	51
6.1.10. Modern Karton ve San. Tic. A.Ş.	51
6.1.11. Modern Oluklu Mukavva Ambalaj San. ve Tic. A.Ş.	52
6.1.12. Kipaş Kağıt San. İşletmeleri	52
6.1.13. Hayat Kağıt ve Enerji San. Tic. A.Ş.	53
6.1.14. Levent Kağıt San. ve Tic. A.Ş.	53
6.1.15. Marmara Kağıt ve Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş.	54
6.1.16. Oyka Kağıt Ambalaj Sanayii ve Tic. A.Ş.	54
6.1.17. Mopak Kağıt-Karton Sanayi ve Ticaret AŞ	55
6.1.18. Viking Kağıt ve Selüloz A.Ş.	55
6.1.19. Tezol Tütün Kağıt San. ve Tic. A.Ş.	56
6.1.20. Olmuksa -International Paper Ambalaj San. Tic. A.Ş.	57
6.2. Türkiye’deki Mevcut Atıksu Arıtma Tesislerinin Durumu	57
6.2.1. Gerçekleştirilen İlk Yatırım Maliyeti ile Debi Bağlantısı	61

6.2.3. Gerçekleştirilen İşletme Maliyeti ile Debi Bağlantısı	62
7. ATIKSU İLE İLGİLİ ÜLKEMİZDEKİ MEVCUT STANDARTLAR ve YÖNETMELİKLER	66
7.1. 2872 Sayılı Çevre Kanunu	66
7.2. 25687 Sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	67
7.3. 2014/7 Sayılı Atıksu Arıtma/Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi	69
7.4. Çevre Kanununun 29uncu Maddesi Uyarınca Atıksu Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik	69
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR ve SİMGELER

- SGW:** Stone Ground Wood
TMP: Thermomechanical Pulp
CTMP: kimyasaltermomekanik
RCF : Geri dönüşümlü liflerin
TOCl :Total Organik Klorür
SKKY: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
AOX : Adsorbe Edilebilen Organik Halejen
AKM: Askıda Katı Madde
BOİ: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MBR: Membrane Biyoreaktör
AKR: Ardışık Kesikli Reaktör
TOK: Toplam Organik Karbon
UF: Ultrafiltrasyon
NF: Nanofiltrasyon
UHAC: Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi
ÇŞB: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
UV : Ultraviole Işınması
AAT: Atıksu Arıtma Tesisi
N: Azot
S: Kükürt
P: Fosfor

ÇİZELGELER LİSTESİ

Tablo 3.1. Ağartma aşamaları ve Sembolleri.....	14
Tablo 4.1. Kağıt hamuru ve kağıt üretim proseslerinde ihtiyaç duyulan su kalitesi.....	17
Tablo 4.2. Kağıt Hamuru ve geri kazanılmış kağıt üretimi proseslerinde su tüketimi.....	18
Tablo 4.3. Tipik olarak farklı üretim proseslerinden kaynaklı atıksuların karakterizasyonu.....	27
Tablo 4.4. Kağıt hamuru ve kağıt üretim prosesi atıksuyu karakterizasyonu.....	28
Tablo 5.1. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrileri için uygulanan anaerobik arıtma tipleri ve arıtma verimleri.....	36
Tablo 5.2. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrileri için uygulanan aerobik arıtma tipleri ve arıtma verimleri.....	37
Tablo 5.3. Kağıt Sanayi Atıksularında Fizikokimyasal Proseslerin Kullanımı ile Kirlilik Konsantrasyonların Giderimine İlişkin Literatür Verileri.....	45
Tablo 6.1. Ülkemizde alıcı ortama deşarj eden ve atıksu arıtma tesisine sahip işletmeler.....	60
Tablo 7.1. SKKY’de yer alan Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin atık sularının alıcı ortama deşarj standartları.....	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1:Lignoselülozik yapı ve bileşenleri.....	4
Şekil 3.1:Taş Değirmende kütük öğütülmesi.....	7
Şekil 3.2: Rifayner tip öğütücü.....	8
Şekil 4.1: Bir kağıt fabrikasında temiz su ihtiyacının bulunduğu prosesler..	19
Şekil 4.2: Üretilen kağıt türüne göre su tüketimleri.....	20
Şekil 4.3: Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinin çeşitli proseslerinden kaynaklanan atıksular ve içerikleri.....	25
Şekil 5.1: Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi kullanılan arıtma teknolojileri	29
Şekil 5.2: Uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesi akış diyagramı.....	32
Şekil 5.3: Bir MBR membran kaseti	41
Şekil 5.4:Hafif kuşeli kağıt üreten entegre bir kağıt fabrikasında membran proseslerinin uygulanma noktalarının şematik olarak gösterimi.....	43
Şekil 6.1: Türkiye’de Kağıt Sektöründe Tercih Edilen Arıtma Prosesi Türlerinin Dağılımı.....	58
Şekil 6.2:Türkiye’deki mevcut kağıt endüstrisi AAT giriş atıksu kirlilik değerleri.....	61
Şekil 6.3: İlk yatırım maliyetinin debiye ($1000 < m^3/gün$) göre değişimi.....	62
Şekil 6.4: İlk yatırım maliyetinin debiye ($1000 > m^3/gün$) göre değişimi	62
Şekil 6.5: Atıksu debisi $<1000m^3/gün$ ve altı olan tesislerin işletme maliyeti durumu.....	63
Şekil 6.6: Atıksu debisi $>1000m^3/gün$ olan tesislerin işletme maliyeti durumu.....	64
Şekil 6.7: Debiye bağlı olarak oluşan çamur miktarı.....	64
Şekil 6.8: Kağıt Sektöründe çamur susuzlaştırma ekipmanı oranı.....	66

ÖZET

Kağıt Endüstrisi birim ürün başına kullandığı aşırı su tüketimi ve ürettiği atıksuda bulunan biyolojik olarak parçalanamayan kimyasallar ile çevresel etkisi en güçlü proseslerden birisidir. Bu açıdan kağıt endüstrisi atıksuları, sucul ortamlarda oldukça tehlikeli etkilere neden olmaktadır. Bununla birlikte ülkemizde kurulu olan fabrikalar sürekli olarak farklı özellikte ve miktardaki atıksularını farklı alıcı ortamlara deşarj etmektedir. Bu çerçevede, kağıt endüstrisinin tanımlanması, üretim teknolojileri, kirletici kaynaklarının belirlenmesi, atıksu karakterizasyonu ve uygun arıtma teknolojilerinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, literatür bilgilerinden faydalanılarak kağıt sanayi üretim prosesleri ele alınmıştır. Türkiye’de kağıt sanayinin durumu, proseslerde kullanılan su miktarı, atıksu miktarı ve özellikleri ile mevcut atıksu arıtma teknolojileri değerlendirilmiştir.

Bu tez kağıt endüstrisi atıksu arıtma tesislerinin yatırım maliyeti ve işletme maliyeti tahmininde yararlı ipuçları içermektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve diğer kurumların ilgili personeli tarafından proje onaylarında ve kontrollerinde, Kağıt ve Selüloz Atıksu Arıtma Tesisi proje dosyalarının ilk incelenmesinde faydalanılabilecek bir doküman olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kağıt ve Selüloz Üretimi, Kağıt Sanayi Atıksuyu, Atıksu Arıtma Teknolojileri

ABSTRACT

Paper industry has a powerful effect on environment with its high amount of water usage per unit product and wastewater contains pollutants which can not be decomposed biologically. In that respect waste waters of paper industry causes dangerous effects under hydrous conditions. Furthermore, the paper production factories in our country discharge their wastewater which have different features and various in to different enviroments.

In this context, the identification of the paper industry, paper production technologies, identification of sources of pollution, wastewater characterization and selection of appropriate wastewater treatment technology is of great importance.

In this study, the literature utilizing a paper industry manufacturing processes are discussed. In addition, paper industry in Turkey's condition, the amount of water used in the process and wastewater amount and properties with current wastewater treatment technologies are evaluated.

This thesis, includes useful tips for pulp and paper industry wastewater treatment systems investment and operating costs estimations. It has been aimed to compose a guideline which will be used for project approval and controlling which Pulp and Paper Wastewater Treatment Plant project file that can be utilized in the initial examination by related employees work in Ministry of Environment and Urbanization.

Keywords: Production of Pulp and Paper, Paper Industry Wastewater, Wastewater Treatment Technologies

1. GİRİŞ

Su, en önemli doğal kaynakların başında gelmektedir. Günümüzde nüfus artışına ve endüstrileşmeye bağlı olarak içme ve kullanım suyu ihtiyacı ile endüstriyel ölçekte su kullanımının artması su kaynaklarının hızla tükenmesine neden olmaktadır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gerçekleştirilen endüstriyel uygulamalarda yüksek miktarda su tüketilmektedir. Su tüketimine bağlı olarak oluşan atıksuların arıtılıp alıcı ortama deşarj edilmesi su kaynaklarının korunması açısından yeterli olmamaktadır. Son yıllarda gündeme gelen “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramı çerçevesinde su kullanımının azaltılması, oluşan atıksulardan suyun ve değerli maddelerin geri kazanımı önem kazanmış bulunmaktadır. Atıksuların arıtılıp geri kazanılması ile su kaynaklarının tüketimi ve alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış atıksu miktarı azaltılmaktadır. Böylece hem doğal kaynakların korunması hem de atıksuların alıcı ortama verdikleri zararlı etkilerin önlenmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca endüstriyel ölçekte temiz su yerine arıtılmış atıksuların tekrar kullanımı, tesisin su maliyeti ve atıksu bertaraf etme maliyetlerinin de azalmasına yardımcı olmaktadır.

Diğer sanayi tesislerinde olduğu gibi kağıt endüstrisinde de su önemli hammaddelerden birisidir. Kağıt endüstrisi, dünyada birim üretim başına kullanılan su miktarı açısından metal ve kimya endüstrilerinden sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Yüksek miktarda su tüketimine bağlı olarak üretim sonrasında açığa çıkan atıksu miktarı ve atıksuyun içerdiği kirlilik yükü de diğer endüstrilere göre oldukça yüksektir. Kağıt endüstrisinden kaynaklanan kirlenme büyük ölçüde üretimde kullanılan hammaddeler, ilave katkı maddeleri ve üretim prosesine bağlı olarak değişmektedir (Özçelep, 2009). Hammadde olarak atık kağıt kullanıldığında üretim prosesi ve teknolojisi büyük ölçüde farklılık gösterdiği için atıksu özellikleri de değişmektedir. Bununla birlikte günümüzde kağıt fabrikalarına ait atıksuların arıtılmasında biyolojik arıtma proseslerinin yaygın olarak kullanıldığı dikkati çekmektedir. Biyolojik olarak arıtılmış kağıt endüstrisi atıksuları; suya renk veren organik maddeler, mikroorganizmalar, askıda katı maddeler ve biyolojik olarak ayrışmaya dayanıklı organik maddeler açısından zengindir. Bu açıdan doğal su

kaynaklarının korunması ve su kaynaklarındaki kirliliğin önlenmesi için gelecek nesillere temiz bir çevre bırakmak adına öncelikle suyu az kullanmak ve arıtılmış atıksuları yeniden kullanarak su tüketimlerini düşürmeliyiz.

2. KAĞIT ENDÜSTRİSİ

2.1. Endüstrinin Tanımı

Nüfusun hızlı artışına bağlı olarak insanlığın ihtiyaçlarını karşılamak için kurulan endüstriyel işletmelerin sayısında artış göstermiştir. Bu durum ise başta mevcut kaynakların aşırı tüketimi olmak üzere kara, su ve hava gibi çevresel ortamların kirlenmesini de beraberinde getirmiştir. Kağıt endüstrisi de bahsi geçen endüstriler arasında yer almaktadır (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004). Kağıt sektörü; odun, yıllık bitkiler ve atık kağıt hammaddelerinden selüloz, odun hamuru, eski kağıt hamuru üretilmesi ve bu ara ürünlerin değişik mekanik, kimyasal işlemlerle kağıda dönüştürülmesine kadar geçen aşamaları içeren bir endüstri koludur. Sektörde, selüloz ara ürün, kağıt-karton ise nihai ürün olarak tanımlanmaktadır (DPT, 2005). Nihai ürün olarak tanımlanan kağıt ve kartonun işlevsel kullanımına bakıldığında ise elde edilen ürünler çeşitlilik göstermektedir. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi tesisleri; kraft (sülfat) hamuru, sülfat hamuru, mekanik yöntemle yapılan kağıt hamuru ve kağıt üretim fabrikaları (geri kazanılmış liflerden kağıt üretimi fabrikaları ve entegre olmayan kağıt üretim fabrikaları) olmak üzere sınıflandırılabilir (EC 2001, 109G083 Tübitak-Kamag Projesi).

Kağıt-karton grupları uluslararası literatürde genel olarak kültürel kağıtlar ve endüstriyel kağıtlar olmak üzere iki ana başlık altında aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.

1-Kültürel kağıtlar

- ✓ Yazı kağıtları, üzerine yazı yazılabilir ve baskı yapılabilir nitelikte kağıtlardır. Kimyasal selülozdan veya kimyasal selüloz ile mekaniksel odun hamurundan üretilmektedir.
- ✓ Gazete kağıdı, yüksek oranda mekaniksel odun hamuru ile düşük oranlarda kimyasal selüloz içeren ve özellikle gazete basımı için kullanılan kağıtlardır.

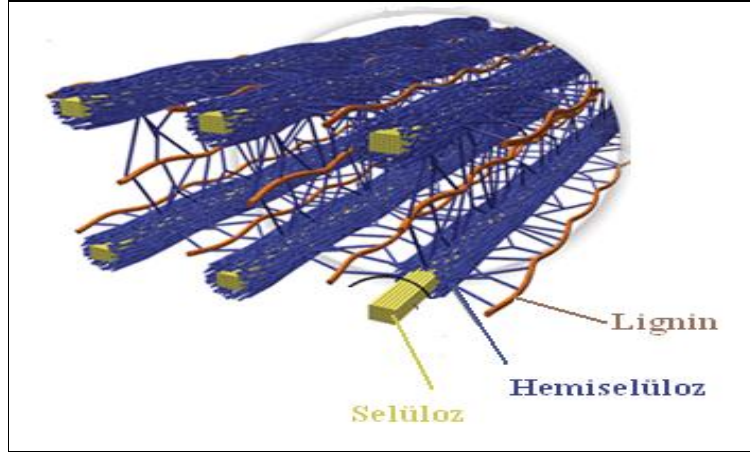
2) Endüstriyel kağıtlar

- ✓ Sargılık kağıtlar: Selüloz, atık kağıt ve odun hamurundan elde edilen ambalaj malzemesi olarak kullanılan kağıtlardır.
- ✓ Temizlik kağıtları: Selüloz ve atık kağıttan elde edilen az miktarda odun hamuru da içeren düşük gramajlı kağıtlardır.
- ✓ Kraft torba kağıdı: Beyazlatılmamış ya da beyazlatılmış kraft selülozdan üretilen dayanıklı ambalaj kağıdıdır.
- ✓ Oluklu mukavva kağıtları: Bir veya daha fazla oluklu tabakanın alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka (kraft liner) ile kaplanmasıyla meydana gelen bir üründür. Ambalaj kutularının imalinde ve kırılğan eşyanın paketlenmesinde destekleyici olarak kullanılır.
- ✓ Kartonlar: Yüksek gramajlı, kalın, tek veya çok katlı olabilen kağıtlardır. Kullanım amacına bağlı olarak çok çeşitli isimlerde ve özelliklerde üretimi yapılmaktadır.
- ✓ Sigara ve ince özel kağıtlar: Genellikle kendir, keten, jüt ve paçavra selülozdan üretilen yüksek mukavemetli ve düşük gramajlı kağıtlardır (Soyer, 2004).

2.2. Kağıt Endüstrisinde Kullanılan Hammadeler

Odun, kağıt ve karton sektöründe kullanılan lignoselülozik bir materyaldir. Bu lignoselülozik madde; selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi üç bileşenden oluşan bir biyokütle yapısından oluşmaktadır. Odun materyalinin yanı sıra genel olarak saman, kendir, ot, pamuk ve diğer selüloz içeren materyaller de bu sektörde hammadde olarak kullanılabilir (EC, 2001). Lignoselülozik maddenin yapısında ayrıca su, protein ve diğer bileşikler de az miktarda bulunmaktadır (Raven vd. 1992).

Şekil 2.1’de lignoselülozik yapı ve bileşenleri verilmiştir. Kompleks bir yapı olan lignoselülozda yer alan selüloz, kristal fibriller sayesinde tıpkı çekirdek bir yapı şeklinde görülmektedir.



Şekil 1.1.Lignoselülozik yapı ve bileşenleri (Fengel ve Wegener, 1994)

Odun, pamuk, saman, kamış, kendir gibi asıl hammadde kaynaklarının yanında atık kağıt gibi ikincil lif olarak bilinen kaynaklar da kağıt üretiminde önemli yer tutmaktadır. Atık kağıtlar birincil materyallerle karşılaştırıldığında çok daha avantajlıdır. Dünya’da kağıt tüketimine olan gereksinimin artması, buna karşın kağıt yapımında kullanılan selülozun hammaddesi olan odun, saman, pamuk gibi doğal kaynakların azalması, kağıt üreticilerinin atık kağıt kaynağına yönelmesini zorunlu kılmıştır. Kağıt üretimine bakıldığında kullanılan hammaddeleri genel olarak aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz:

- ✓ Kimyasal odun selülozları, odundan elde edilen, beyazlatılmış veya beyazlatılmamış selülozları kapsamaktadır.
- ✓ Odun hamuru, odundan elde edilen ve mekaniksel, termomekaniksel, kimyasal-termomekaniksel olarak üretilen odun hamurlarını kapsamaktadır.
- ✓ Yıllık bitkilerden üretilen hamur selülozlar, Odun dışındaki buğday sapı, kendir, kenevir, kamış, bambu gibi yıllık bitkilerden kimyasal ve yarı kimyasal olarak elde edilen selülozları kapsamaktadır.
- ✓ Atık kağıt hamuru, sadece kağıt-karton üretiminde kullanılmaya elverişli olan atık kağıtlardan elde edilen kağıt hamurunu kapsamaktadır.

Ülkemizde kağıt endüstrisine ait hammadde tüketiminin %69’unu odun (hemen hemen tamamı iğne yapraklı ağaç türleri), %10’unu yıllık bitkiler ve %21’ini atık kağıtlar oluşturmaktadır (Özçelep, 2009).

Kağıt ve karton endüstrisinde, odunsu yapıya ait bağların kırılması sonucu selüloz yapının ayrılmasıyla ortaya çıkan ham madde, kağıt hamuru oluşturulmak üzere kimyasal çözücülerle muamele görmekte akabinde ise kağıt üretim makineleri vasıtasıyla kurutularak kağıt olarak isimlendirilen yapıyı oluşturmaktadır. Bu duruma ilave olarak üretim prosesine ve üretimin kalitesine bağlı olarak boyama, kaplama veya koruyucu maddelerle muamele görmektedir (Thomson vd., 2000).

3. KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÜRETİM PROSESLERİ

Kağıt-karton üretim teknolojisi genel olarak, odun, yıllık bitki ve atık kağıt gibi hammaddelerden kimyasal, yarı kimyasal ve mekanik yollarla elde edilen hamurların (elyaf karışımı) dövme, kesme, saçaklandırma ve temizleme gibi işlemlere tabii tutularak dolgu ve şartlandırma maddeleri ilave edildikten sonra elek üzerinde safiha oluşturulması, kurutulması ve bunun uygun ebatta kesilmesi işlemlerini kapsamaktadır. Gerçekte, kağıt üretimindeki aşamaların, geçmişte yapılanlardan farkı bulunmamaktadır. Geçmişten günümüze değişen konular, bu işlemlerdeki detaylardır. Günümüzde ise bu işlemlerin nasıl daha ekonomik ve çevre dostu olarak yapılabileceği araştırılmaktadır (Karıncaoğlu, 2010)

3.1. Ön İşlemler

Kağıt üretiminde ön işlemlerden odun hazırlama; odunun kesilmesi, taşınması, kabuğunun soyulması, yongalanması, elenmesi ve depolanması işlemlerini kapsamaktadır (Özçelep, 2009). Ön işlemler; ağaç kesme ile başlar. Ağaçlar kesildikten sonra uygun noktaya nakledilir ve kesilen odunun %20-25 oranında serbest su içermesi için 10-15 gün sulu ortamda bekletilir. Dolayısıyla kağıt fabrikaları suyu bol olan yerlerde kurulmaktadır. Su ortamından alınan odunlar işletmeye gönderilmektedir. (Öztürk, 2005). Kabuk soyma makinesi ile odunların kabukları soyulması ve yongalanması gerçekleştirilerek istenen şekli alan odun yıkanır ve selüloz üretim kısmına iletilir (Etik, 1992)

3.2. Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri

Kağıt üretiminde ikinci aşama kağıt hamuru elde etmektir. Kağıt üretiminde kullanılan selüloz, kimyasal, mekanik veya bu iki yöntemin kombine edildiği uygulamalarla ham liflerden elde edilebileceği gibi hurda kağıtların hamurlaştırılması yöntemiyle de elde edilebilmektedir. Kağıt değirmenleri başka bir tesiste üretilen selülozu yeniden hamur haline getirebilmekte ya da aynı tesiste yer alan hamurlaştırma işlemlerine entegre edilebilmektedir. Entegre olmayan selüloz değirmenlerinde (piyasa selülozu) üretilen selüloz sadece açık piyasada satılmaktadır. Entegre olmayan selüloz değirmenleri kağıt üretiminde kullandıkları selülozu satın almaktadır. Entegre selüloz ve kağıt değirmenlerinde ise selüloz ve kağıt üretim faaliyetleri aynı tesiste gerçekleştirilmektedir. Kraft hamuru değirmenleri hem entegre şekilde hem de entegre olmayan şekilde çalışabilmektedir, sülfite hamuru değirmenleri ise normalde kağıt üretimine entegre edilmektedir. Mekanik selüloz üretimi ve hurda liflerin işlenmesi genellikle kağıt üretimi işlemine entegre edilmektedir, ancak sadece bu işlemleri gerçekleştiren birkaç adet tesis bulunmaktadır (EC, 2001).

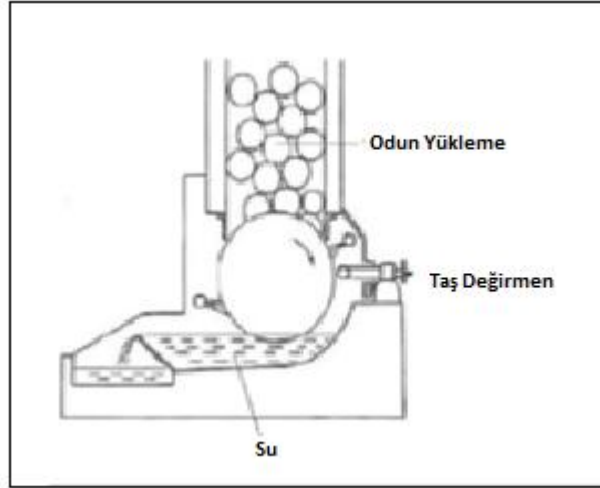
3.2.1. Mekanik Selüloz Üretimi

Mekanik odun hamuru, liflendirici denilen özel makineler kullanılarak oduna mekanik enerji uygulaması ile kimyasal yapıya fazlaca müdahale edilmeden serbest hale getirilen lifler topluluğudur (Kırcı, 2000). Mekanik selüloz üretiminde odun lifleri, odun matrisine uygulanan mekanik enerji yardımıyla birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bu işlemin amacı yüksek randıman, kabul edilebilir dayanıklılık özellikleri ve parlaklık elde edebilmek için ligninlerin ana bölümünün muhafaza edilmesidir. İki farklı işlem uygulanmaktadır bunlar;

- ✓ Kütüklerin döner bir öğütme taşından geçirilerek aynı anda su ile işlendiği odun öğütme işlemi,
- ✓ Odun yongası liflerinin ezici merdaneler yardımıyla ayrıldığı mekanik ezme işlemi ile elde edilen kağıt hamuru işlemleridir.

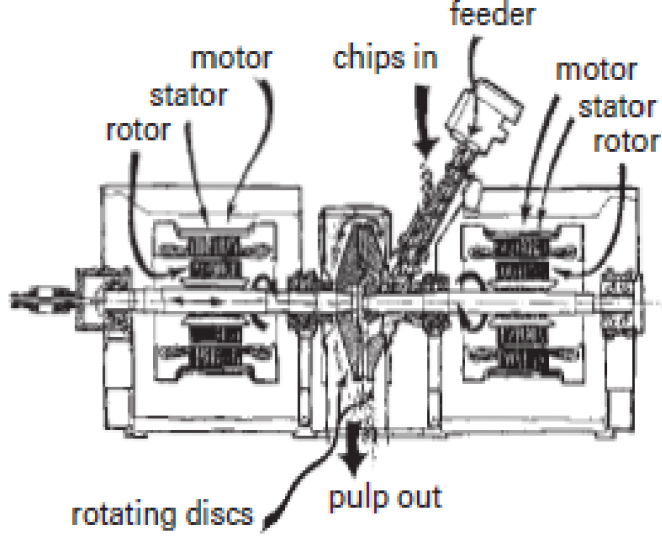
Birçok mekanik hamur işleme kağıt üretimi ile entegre edilmiştir. Mekanik hamur işleme, genel olarak kağıdın opaklığını arttırmak için uygulanmaktadır (EC, 2000).

Ağaç kütüklerini taş değirmenlerde öğütmeye ve rifaynerden geçirme işlemine (SGW, Stone Ground Wood) mekanik selüloz süreci adı verilir. Çıkan ürüne termomekanik (TMP, Thermomechanical Pulp) selüloz da denilmektedir. Bu yöntem, kabuğu alınmış kütüklerin taş değirmende öğütülmesi esasına dayanmaktadır. Şekil 3.1’de kütük silosundaki sıkıştırılmış kütüklerin değirmen taşlarıyla öğütülmesi görülmektedir. Ortaya çıkan ısı su ile düşürülmekte ve aynı zamanda yıkama işlemi yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Taş Değirmende kütük öğütülmesi

Bunun dışında kullanılan ikinci yöntem ise yongalanmış odunun rifaynerlerde öğütülmesidir. Bu yöntemde termomekanik selüloz (TMP) üretimi denilmekte ve Şekil 3.2’de üretim yöntemi gösterilmektedir. TMP yöntemde ön ısıtma sıcaklıkları uygulanmakta ve sıcaklıklar 100-140 C arasında değişiklik göstermektedir. Son yıllarda kütükler buharla ısıtılmakta ve basınç altında işlenmektedir.



Şekil 3.2. Rifayner tip öğütücü

Beyazlık ve opaklık mekanik selülozlarda birinci derecede önemlidir. Bu yüzden çoğunlukla gazete kağıtları ve düşük kuşe kaplamalı kağıtlarda mekanik selüloz yapı kullanılmaktadır. Dayanıklı içecek kaplarında kullanılan kağıtlarda az miktarda kimyasal selüloz, mekanik selüloz içine katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. (Karıncaoğlu, 2010). Öğütme öncesi yapılan bu tür harmanlama sonucu kimyasaltermomekanik (CTMP) selüloz ortaya çıkar. Bu tür harmanlarda mekanik selüloz miktarı % 95- % 98 arasındadır. CMPT, termomekanik selülozoun özel bir şekli olarak bilinmektedir. Bu süreçte yonga az miktardaki lignin yumuşatıcı kimyasala yatırılır daha sonra buharla ısıtılarak aynı sıcaklıklarda öğütülür. Ön yumuşatma işlemi süreçteki işlemleri ve selüloz yapısını oldukça değiştirmektedir (<http://aida.ineris.fr/bref/brefpap/index.htm>).

3.2.2. Kimyasal Selüloz Üretim

Kimyasal selüloz üretiminde ise amaç odundaki lignini ayrıştırarak elyaf formundaki selüloz ve hemiselülozu ayırmaktır. Bu işlemler kraft (sülfat) ya da sülfite prosesi ile gerçekleştirilmektedir. Kimyasal süreçlerle elde edilen asit sülfite ve sülfate (kraft) selülozları da kendi aralarında farklılıklar göstermektedir. Kraft selülozu, tüm selülozlar arasında üstün mukavemet değerlerine sahip iken sülfite selülozu parlaklığı nedeniyle ağartılması ve dövülme işlemi daha kolaydır (EC, 2000). Sülfite süreci 1866

da İngiltere’de keşfedilmiştir. Kraft (sülfat) süreci 1879 da Almanya’da bulunmuştur (Karıncaoğlu, 2010).

3.2.2.1 Kraft (Sülfat) Prosesi

Dünyada kağıt hamuru üretiminin %80’ini kimyasal hamur üretim işlemlerinden biri olan kraft prosesi oluşturmaktadır. Kraft yönteminin tüm odun türlerine rahatlıkla uygulanabilir olması ve elde edilen kağıtların daha yüksek fiziksel direnç özelliklerine sahip olması gibi avantajlarına karşılık, yatırım masraflarının yüksek, hamur veriminin düşük olması ve ortaya çıkardığı atıkların çevresel açıdan ciddi problemler oluşturması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Elyaf yapıyı ayırmak için geri kazanım döngüsüne eklenen sodyum sülfat kimyasalının eklenmesinden dolayı “sülfat” prosesi adını almıştır (<http://aida.ineris.fr/bref/brefpap/index.htm>).

Kraft prosesi alkali ortamda gerçekleştirilir. Çoğunlukla her tür ağaç için uygulanabilir. Bu proseste, beyaz likör olarak tanımlanan sodyum hidroksit ve sodyum sülfür karışımından oluşan çözelti ve selülozun pişirme çözeltisi kullanılmaktadır. Pişmiş selülozun pişirilip yıkanmasından ve ligninin alınmasından sonra, geriye suyla birlikte, organik unsurlar, inorganik çözülmüş maddeler ve organik bileşikler kalır. Bu çözeltiye de siyah likör denilmektedir. Pişirme çözeltisinden sodyum hidroksit ve sodyum sülfürün geri kazanılması prosesin bütünü içerisinde ele alınmaktadır. Bu kimyasal proseste, yüksek sıcaklıkta kimyasal pişirme ile çözücülerle ligninin giderimi gibi odun yapısındaki lifler serbest hale geçmektedir. Hemiselülozlarında bir kısmı pişirme işlemi sırasında açığa çıkmaktadır. Pişirme işlemine başlama aşamasında 13-14 (alkalin hamur prosesi) pH aralığından dolayı NaOH kimyasalının kullanımı daha yaygındır. Pişirme için gerekli olan başlangıç pH aralıkları zamanla azalmaktadır çünkü hamur oluşumu reaksiyonu sırasında lignin ve karbonhidrat bünyesindeki organik asitler serbest hale geçmektedir. Kraft prosesinin tüm odun türlerine uygulanabilir olmasının yanı sıra kimyasal geri kazanım ile prosese olan uygulama yöntemleleride artmıştır. Ancak kraft işleminin kimyasından dolayı kötü kokulu bileşiklerin oluşması potansiyel bir problem oluşturmaktadır. Pişirme aşamasında kimyasal reaksiyonların sonucu olarak ligninin yapısında ve pişirme sonrası kalıntıda bulunan renk ihtiva eden orijinal odun

renginden daha koyu renge sebebiyet vermektedir. Bu nedenle kraft prosesinde yüksek pH değerinden dolayı sülfite hamuruna göre daha fazla kromofor (renk veren madde) içermektedir. Elde edilen kraft hamuru koyu renkli olduğu için yüksek kalitede kağıt üretiminde kullanılması durumunda iyi bir ağartma prosesine tabi tutulmalıdır (<http://aida.ineris.fr/bref/brefpap/index.htm>).

Kraft sürecinde yongaların beyaz likörle pişirilmesi sonucu ligninin önemli bir kısmı çözünerek elyaflarda kalır. Buna karşılık polisakkaritler ortamdan uzaklaşır. Karbonhidratlar ise lignin gibi ortamda kalan unsurlardır. Bu nedenle kraft sürecinde elyaf verimi yüksektir. Kraft sürecinde karbonhidratlar ve ligninin çözümleri üç etapta sağlanır. Birinci etapta ligninin % 20 si çözünerek çözeltiliye geçer. İkinci etapta ise oldukça seçici bir çözünme olur. Bu etap ligninin % 90'ı çözünmeye kadar sürer. Son etapta ise ligninin çözünmesi büyük karbonhidrat kayıplarıyla gerçekleşir. Pratikte kayıpları arttırmamak için bu etapta pişirme sonlandırılır. Kraft sürecinde ligninin çözünmesi % 90 mertebesine ulaştığında, pişirme sürdürülürse, selüloz kalitesinde bozulma ve verim kaybı başlar. Ligninin alınması yavaşlar (Karıncaoğlu, 2010).

3.2.2.2. Sülfite Prosesi

Sülfite prosesinin önemi son yıllarda giderek azalmaktadır. Günümüzde, sadece kağıt hamuru üretiminin %10'luk bölümü bu prosesden kaynaklanmaktadır. Sülfite hamuru üretimi Kraft hamuru üretimine oranla daha az bir paydaya sahip olmakla birlikte sülfite hamuru daha çok özel amaçlı kullanılan kağıt imalatında yer almaktadır (EC, 2000). Sülfite prosesi genel olarak yumuşak ağaçlara uygulanır.

Sülfite sürecinde yongalar sodyum bisülfitle pişirilerek ligninin çözünüp selüloz elyaflarının serbest kalması sağlanır. Sodyum bisülfitle çözeltiliye beyaz likör denir. Likörün pH değeri 1,5-4 aralığında değişim göstermektedir. Ayrıca pişirme sürecinde kalsiyum, magnezyum veya amonyum bisülfite de kullanılabilir (Karıncaoğlu, 2010). Baz kimyasalının seçiminde, enerji ve kimyasal geri kazanımı ile su kullanımı kimyasal seçimi üzerinde etkisi olmaktadır. Günümüzde, ucuz olmasının yanı sıra pişirme kimyasalının geri kazanılmaması nedeniyle kalsiyum kullanımı kısıtlıdır. Kullanılan çözeltili ile asidik ya da nötrale koşullar altında lignin sülfonatlar

oluşturularak ligninin selülozdan ayrılması sağlanır. Prensipite, pH aralığı kullanılan kimyasalın yapısına ve dozaj miktarına göre değişiklik göstermektedir. Böylelikle sülfite prosesi, farklı tipte ve kalitede kağıt hamuru üretimi açısından geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Ayrıca, sülfite hamuru kraft hamuruna göre daha açık renkli olduğu için kolaylıkla ağartılabilir.

Günümüzde sülfite prosesinin kullanımını kısıtlayan birkaç neden;

- ✓ Ladin, köknar gibi reçinesiz ağaçlar ham madde olarak kullanıldığından dolayı ham madde temininden proses için kısıtlayıcıdır.
- ✓ Bazı özel kağıt üretimleri için Kraft prosesiyle aynı derecede ya da daha iyi özelliklere sahip olmasının yanı sıra, hamurun mukavemet özellikleri açısından genel olarak kraft hamuru kadar iyi değildir.
- ✓ Kraft prosesi ile karşılaştırıldığında oluşan çevre problemlerin çözümü açısından daha pahalı olması nedeniyle maliyet rekabetçiliğinden dolayı sülfite prosesine verilen önem azalmıştır.

(<http://aida.ineris.fr/bref/brefpap/index.htm>).

3.3. Atık Kağıttan Selüloz Üretimi

Ülkemizde kağıt endüstrisine ait hammadde tüketiminin %69'unu odun (hemen hemen tamamı iğne yapraklı ağaç türleri), %10'unu yıllık bitkiler ve %21'ini atık kağıtlar oluşturmaktadır (Özçelep, 2009). Yeniden kazanılan hurda lifler, aynı kalitede ham hamurdan daha düşük maliyeti ve birçok Avrupa ülkesinde geri dönüşümlü kağıt kullanımının teşvik edilmesi nedeniyle kağıt üretim sanayiinin vazgeçilemez hammaddelerinden biri olmuştur. Geri kazanılan kağıdın işleme sistemleri üretilecek kağıdın kalitesine, örneğin ambalaj kağıdı, gazete kağıdı, oluklu ambalaj kağıdı ve temizlik kağıdı, ve kullanılan lif yapısına göre farklılık göstermektedir. Geri dönüşümlü liflerin (RCF) işleme yöntemleri genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır:

- ✓ Mürekkepten arındırmayan özel mekanik temizleme işlemleri. Bu işlemler oluklu ambalaj kağıdı, oluklu mukavva, mukavva ve karton üretiminde kullanılmaktadır.
- ✓ Mürekkepten arındıran mekanik ve kimyasal ünitelerde gerçekleştirilen işlemler. Bu işlemler gazete kağıdı, temizlik kağıdı, baskı ve kopya

kağıtları, dergi kağıtları, belirli kalitede kartonlar üretiminde kullanılmaktadır (EC, 2001).

Genel olarak kullanılmış kâğıttan kâğıt üreten bir kâğıt üretim tesisi “Hamur Hazırlama Bölgesi” ve “Kâğıt Makinesi” olmak üzere iki ana bölümden meydana gelir. Ayrıca bu iki bölüm arasında “Yaklaşım Bölgesi” denilen bir bölüm daha bulunur. Hamur Hazırlama Bölgesinde amaç kullanılmış kâğıdın sulu ortamda hamur haline getirilerek içindeki kirliliklerin temizlenmesidir. Temizleme işlemi kâğıt hamurunun birçok kademedan oluşan çeşitli tipte eleklerden geçirilmesiyle elde edilir. Kâğıt Makinesinde ise amaç içinde neredeyse hiç kirlilik kalmamış kâğıt hamurunun sırasıyla elekler, presler ve kurutma silindirlerinden geçirilerek içindeki suyu almak ve böylece istenen kuruluk derecesine sahip kâğıt elde etmektir (Yakut, 2011; Karıncaoğlu, 2009).

Atık kâğıttan kâğıt üretiminde dezavantaj olarak nitelendirilebilecek en önemli nokta; atık kâğıttan elde edilen hamurun kısa elyafı olması sebebiyle mukavemetinin az olması ve ancak belirli türde kağıtların üretiminde kullanılabilmesidir. Yurdumuzda toplanan atık kağıtlardan elde edilen ürünler; fluting ve test liner (oluklu mukavva, dış ambalaj kutuları vb.), kromo karton (ilaç, deterjan vb.), temizlik kağıtları (peçete, mendil, tuvalet kağıdı vb.), yazı kağıtları (defter, kitap vb.), yumurta kartonları ve çatı kaplamaları şeklinde sıralanabilir. Atık kâğıttan kâğıt üretiminde kağıdın geri dönüşüm sayısı maksimum beş defa olmak üzere, toplam yaşam döngüsü dörttür. Beş defa üretimden geçtikten sonra kağıdın içindeki elyaflar çok fazla küçüldüğünden tekrar kâğıt yapımı mümkün olmamaktadır.

Atık kâğıttan kâğıt üretiminde fabrikaya gelen atık kağıtlar ilk önce hidropulperlerde (hamurlaştırıcı) su ile ıslatılarak karıştırılır. Böylece yapışık olan kâğıt lifleri birbirinden ayrılır. Pulperler kullanılmış kâğıdı sulu ortamda tekrar kâğıt hamuru haline getirmek için yapılmış özel bıçakları olan karıştırıcılarıdır. Pulperlerde elyaf açmanın amacı kuru olan elyaf kümelerini ıslatarak ve parçalayarak, elyafı tanelerine ayırmak ve onları pompalarla basılabilecek hale getirmektir. Kullanılmış kâğıtlarda pulperleme sıcak olarak yapılır. Elyafın açılmasının zor olduğu durumlarda pulperdeki hamur sıcaklığı 75 °C'nin üzerine kadar çıkartılmaktadır (Karıncaoğlu, 2010). İkinci aşamada, elde edilen lif kütlesi temizlenir. Eleme ve temizlemenin

amacı temiz hamur liflerinden katı pisliklerin ayrılmasıdır. Bu pislikler; lif topağı, lif demeti, kazan taşı, balyalardan gelen pislikler, toz, kum, balya teli, su borularından gelen pas, lastik, plastik, gibi kirletici maddeler olabilir. Bu pislikler ayrılmadığı takdirde kağıt içinde lekeler ve benekler halinde ortaya çıkarlar. Temizlemede ilke yabancı maddelerin şekil, büyük lük ve yoğunluk bakımından liflerden farklı olmasından yararlanmaktadır. Bu amaçla, delikli veya yarıklı levhaları bulunan eleklerle yerçekimi ve santrifüj kuvveti yardımıyla çalışan aygıtlar kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta 2004). Sonraki aşamada mürekkep giderme prosesi uygulanır. Esas olarak flotasyon ve yıkama olmak üzere iki türlü mürekkep giderme prosesi vardır. Flotasyon, mürekkep partiküllerinin seyreltik atık kağıt hamurundan yüzdürülerek uzaklaştırıldığı bir prosestir. Yüzdürme işleminde yüzey aktif heteropolar kimyasallar (yağ asitlerinin alkali tuzları, sabun vb.) kullanılır. Bu kimyasallar mürekkep partiküllerini sararak, hidrofilik özellik gösteren mürekkebin kağıt lifinden kolaylıkla ayrılması sağlanır. Kağıt hamuru hazırlandıktan sonra kağıt makinesi, presleme ve kurutma silindirleri kullanılarak kağıt üretimi tamamlanmış olur. Üretilen kağıtlar rulolar halinde sarılarak kullanıma hazır hale gelirler (Ceren, 2003; Soyer, 2004; Kıncay ve Özkan, 2006; Özçelep 2009).

3.4. Ağartma İşlemi

Selüloz ve yarı-selüloz, kağıdı oluşturan lifli yapılar olduğu, ligninin ise amorf ve yüksek polimerize bir yapısı ile selüloz ve yarı-selülozları birbirine yapışık tutarak odunsu yapıyı oluşturduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, oduna koyu rengi veren yapının lignin olduğu ve dolayısıyla kağıt imalatında temel ilkenin, bu lifleri birbirinden ayırmak ve koyu rengi ortadan kaldırmaktır. Daha önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere; kağıt hamuru imalatı, odun yongalarının öğütücüde pişirilmesi ile başlar. Bu işlemde, odunun içerisinde bulunan ligninin % 90'ının ayrıştırılmasına rağmen, kağıt hamuru hala koyu renklidir ve bu kağıt imalatı için yeterli değildir. Selüloz içinde kalan lignin az bile olsa (% 2-%5), selülozu esmerleştirmektedir. Bu nedenle beyaz selüloz elde edilmek istendiğinde, kalan ligninin alınması ve selülozun ağartılması gerekir. Bu durumda selüloz ligninsizlikle sonuçlanacak bir dizi farklı işlemlere tabi tutulmaktadır (Singh, 1979).

Kağıt Endüstrisinde, pratik nedenlerle ağartma sürecindeki aşamalar çeşitli harflerle gösterilmektedir. Eski ağartma teknolojisinde klor (C) kimyasalı kullanmakta ve akabinde alkali ortamda ligninin alınması (E) söz konusuydu. Son aşamada klor dioksit (D) ile ağartma işlemi tamamlanmaktaydı. Bu işlem ağartma bitinceye kadar CEDED şeklinde sürmekteydi (Karıncaoğlu, 2009). Ancak ağartma işleminde kullanılan klor, hipoklorit ve klor dioksit, yüksek tepkimeli kimyasallar olup, kullanımları TOCl (Total Organik Klorür) ve AOX (Adsorbe Edilebilen Organik Halejenür) gibi oldukça kirletici ve zehirli atıklara sebep olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada kağıt hamuru ve kağıt fabrikasının çevresel açıdan en büyük sorununun, ağartma işletmesi atıklarındaki klorlanmış organik maddeler olduğunu ve TOCl ile AOX'lerin temel kaynağının ağartma işleminde kullanılan klor olduğunu, ve ağartma işleminde kullanılan klorun miktarının azaltılması durumunda toksitenin azalacağını belirtilmiştir (Kinstrey, 1993). Dalaman-SEKA (Özelleşmeden sonra Mopak Süloz Kağıt Karton Entegre Tesis) Kağıt ve Selüloz İşletmeleri'nde daha önce yapılan çalışmalarda AOX'lerin temel kaynağının klorlama aşaması olduğu gözlenmiştir (Yetiş, 1996).

Günümüzün modern ağartma işlemleri ise sırasıyla oksijen (O), klordioksit (D) ve hidrojen peroksit (P) ile yapılmaktadır. Bazı fabrikalar buna ilave olarak ozon (Z) aşamasını da eklemiştir. Genel olarak, yapılan işlemler OD(OP)DD ve OQ(OP)Q(PO) olarak sıralanmaktadır. Q maskeleyici kimyasalı (Chelating Agent) anlamına gelmektedir ve bu ajanın görevi selülozda bulunan ağır metallere bağ yaparak, ağartma işleminin etkinliğini arttırmaktır. Tablo 3.1'de Kağıt endüstrilerinde pratikte kullanılan ağartma işlem aşamaları ve sembolleri verilmektedir.

Tablo 3.1. Ağartma aşamaları ve Sembolleri

Ağartma aşamaları	Semboller
Asitle işlem	A
Klor	C
Klordioksit	D
Alkali ekstraksiyon	E
Hipoklorit	H
Oksijen	O
Hidrojenperoksit	P
Maskeleye	Q
Parasetik asit	T
Suyla işlem	W
Enzim aşaması	X
Ditiyonit	Y
Ozon	Z

Tabloda yer alan bu sembollerin bir araya gelmesiyle işlem dizisi sırasıyla belirtilmiş olmaktadır. CEDED harfleri sırasıyla klorlama, alkali ekstraksiyon, klordioksit, alkali ekstraksiyon ve klordioksit işlemlerinin yapıldığını belirtmektedir. Bazen aynı aşamada iki kimyasal kullanıldığı olmaktadır. O aşama için iki sembol yan yana kullanılır. Örneğin (C + D) klor ve klordioksitin birlikte kullanıldığını belirtir. İlk sembol, miktarı çok olarak kullanılan maddedeği gösterir. Harflerin yan yana yazılmış olması, onların belirli aşamada ardışık kullanıldıklarını ifade eder. İlk kullanılan sembol ilk olarak kullanılmaktadır. (Karıncaoğlu, 2009)

3.5. Kağıt Üretiminde Kullanılan Yardımcı Maddeler

Kağıt üretiminde kullanılan diğer yardımcı maddeler aşağıda açıklanmıştır.

- ✓ Dolgu maddeleri, kağıt maliyetinin düşürülmesi, opaklık (ışık geçirgenliğinin azaltılması) ve yumuşaklık kazandırılması için kullanılır. Çok ince yapılı, kağıdın opaklık, beyazlık, yüzey düzgünlüğü, mürekkep emme yeteneği gibibazı özelliklerini iyileştiren maddelerdir (Casey, 1961)
- ✓ Tutkallama maddeleri, kağıdın su ve mürekkep emiciliğini azaltmak, elyaf yolunmasını önlemek ve mukavemet kazandırmak için kullanılmaktadır.
- ✓ Boyalar, Kağıda istenilen rengin kazandırılması için kullanılmaktadır.
- ✓ pH ayarlama ve reçine çöktürme maddeleri, zararlı reçineleri absorblayarak elek, keçe v.s. teçhizata yapışmasını önlemek için kullanılmaktadır.
- ✓ Retansiyon maddeleri, bunlar, yaş kağıt safihasının teşekkülü esnasında, uzaklaşan su ile kaybedilerek toz elyaf ve bir miktar dolgu maddesinin

flokule edilerek (daha büyük parça haline getirilerek) safihada kalmasını (elyaf ve dolgu maddelerinin tutumunu = retansiyonunun arttırmayı) ve böylece hem elyaf ve dolgu maddesinin geri kazanılmasını ve kağıt opasitesinin yükseltilmesini hem de atık suyun asılı katı madde yükünün azaltılmasını ve temizlenmesini sağlamak için kullanılır.

- ✓ Optik beyazlatıcılar, kağıt harmanına karıştırılarak, kağıdın daha beyaz görünmesi sağlanır.
- ✓ Kuşeleme maddeleri, kuşeleme maddelerinin karışımıyla kağıdın bir veya iki yüzü, 210g/m gramajda kaplanır (kuşelenir). Böylece kağıda su ve mürekkebe karşı dayanıklılık ve baskıya uygun yüzey kazandırılmaktadır.
- ✓ Köpük söndürücüler, kağıt hamuruna karıştırılarak yüzey geriliminin azaltılması ve böylece hamur bünyesindeki havanın uzaklaştırılmasıyla köpük teşekkülünün, dolayısıyla da kağıt safihasında delik ve formasyon bozukluklarının oluşmasını önlemek için kullanılmaktadır.

4. KAĞIT SANAYİNDE SU TÜKETİMİ ve ATIKSU KARAKTERİZASYONU

4.1. Kağıt Hamuru ve Su Tüketimi

Kağıt endüstrisi büyük miktarlarda su ve enerjiye ihtiyaç duyan bir endüstri koludur (Ali ve Sreekrishnan, 2001) Selüloz fabrikasında pişirme, yıkama ve beyazlatma, kağıt fabrikasında ise liflerin taşınmasında, soğutma suyu, kazan besleme suyu, yıkama suyu ve ilave edilen maddelerin çözündürülmesinde kullanılmaktadır (Karayılmazlar, S, ve AYTEKİN, A. 1999; EC, 2001). Kağıt yapımında kullanılacak olan suyun en önemli özellikleri arasında şunlar vardır: Askıda madde miktarı, bulanıklık, renk, tat ve koku bulunması, çözülmüş inorganik maddelerin miktarı, sertlik alkalinite, pH ve sıcaklık. Bu özelliklerin hepsi suyun her kullanılma amacında önemli olmayabilir. Örneğin koku, kazan besleme suyunda çok önemli olmamakla birlikte besin maddelerinin ambalaj edildiği kartonda kullanılan kalender suyunda çok büyük önem taşır. İyi kaliteli kağıtların (kitap ve yazı kağıtları), kraft kağıtlarının ve mekaniksel odun hamurlan kağıtlarının imaline uygun suların spesifikasyonları Tablo 4.1'de verilmiştir. Sigara kağıdı, yüz silme kağıtları, kondansatör kağıtları, filtre kağıdı ve ışığa duyarlı kağıt gibi bazı cins kağıtlar, aşağıdaki listede belirlenenlerden daha yüksek saflıkta su gerektirebilir (Karayılmazlar, S, ve AYTEKİN, A. 1999; EC, 2001).

Tablo 4.1. Kağıt hamuru ve kağıt üretim proseslerinde ihtiyaç duyulan su kalitesi (Adamski vd. 2000)

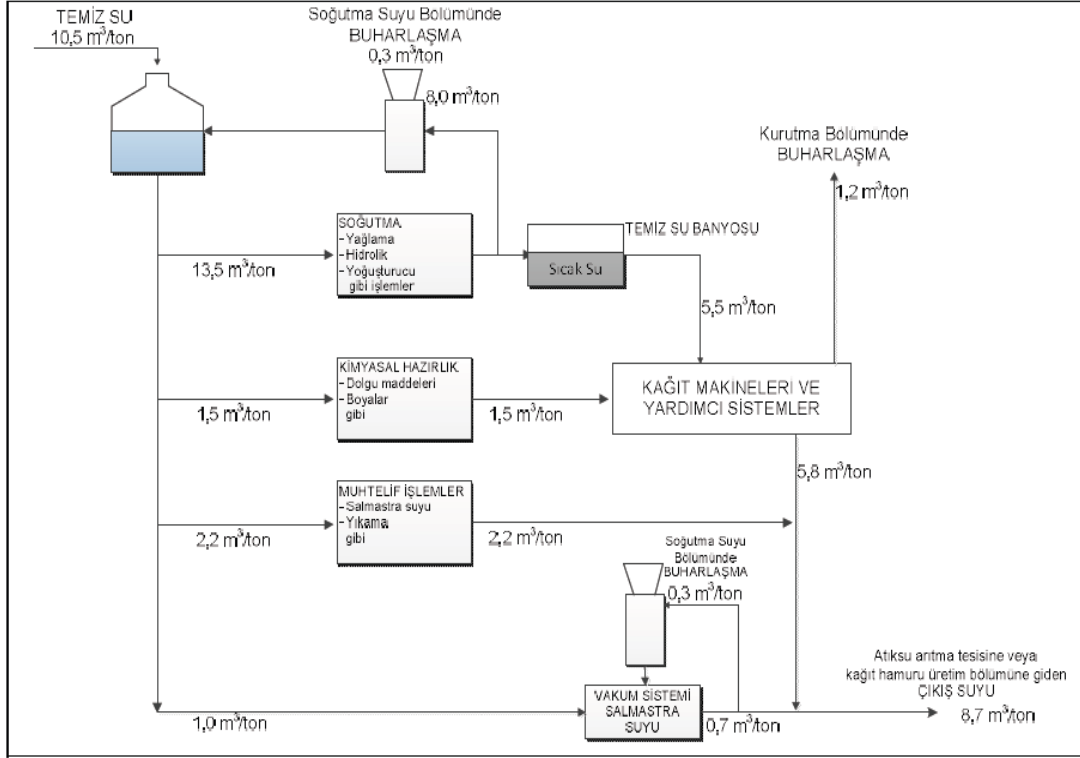
Parametre	Mekanik Hamur prosesi	Kimyasal Hamur Prosesi	Kağıt Hamuru Ağartma
Demir (mg/L)	0,3	1	0,1
Mangan (mg/L)	0,1	0,5	0,05
Kalsiyum (mg/L)	-	20	20
Magnezyum (mg/L)	-	12	12
Klorin(mg/L)	1.000	200	200
Silikon	-	50	50
Dioksit(mg/L)			
Sertlik (mg/L)	-	100	100
AKM (mg/L)	-	10	10
Renk (Pt-Co)	30	30	10
pH	6-10	6-10	6-10

Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi yoğun su tüketimi açısından metal sektörü ve kimya sektöründen sonra Dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Avrupada kağıt hamuru üretim tesislerinde 15-100 m³/ton gibi aralıkta önemli miktarlarda su tüketimi vardır. Yaklaşık 50 m³/ton'dan daha yüksek değerler soğutma suyu amacıyla kullanılan kısmı temsil etmektedir. Tesislerde liflerin parçalanması ve digger proseslere taşınmasında da önemli miktarlarda su kullanılmaktadır (EC,2001; 109G083 Tubitak-Kamag Projesi, 2013). Tablo 4.2'de kağıt hamuru üretim (sülfat, sülfite ve mekanik kağıt hamuru) ve geri kazanılmış kağıttan kağıt üretim proseslerindeki su tüketimi özetlenmiştir.

Tablo 4.2. Kağıt Hamuru ve geri kazanılmış kağıt üretimi proseslerinde su tüketimi (EC, 2001)

Üretim türü	Üretim türüne bağlı su tüketiminin gerçekleştiği proses	Su tüketim miktarı (m ³ /ton)
Kraft (Sülfat) Hamuru Prosesi	Genel Olarak Sülfat Hamuru Üretimi	15-100
Sülfat hamuru prosesi	Magnezyum bisülfid bazlı kağıt hamuru üretimi	40-100
	Mekanik odun selülozu	5-15
Mekanik kağıt hamuru üretim prosesleri	Termo mekanik selüloz	4-10
	Kimyasal termo mekanik selüloz	15-50
Geri kazanılmış kağıttan kağıt üretimi prosesleri	Kaplanmamış katlanır kutu	2-10
	Kaplanmış katlanır kutu	7-15
	Ambalaj kağıdı	1,5-10
	Gazete kağıdı	10-20
	İnce kağıtlar (peçete vs.)	5-100
	Yazı ve baskı kağıdı	7-20

Kağıt fabrikalarında ise 10,5 m³/ton (üretim proseslerindeki işlenen/üretilen ton ürün başına) temiz su kullanılmaktadır. Soğutma suyu olarak kullanılan su, yoğunlaşma sonrası bir su kulesi vasıtasıyla prosese geri devredilmektedir. Kağıt makinelerinde kurutma bölümünde ise 1 ton kağıtta yaklaşık 1,5 m³ buharlaşma olmaktadır. Kağıt makineleri için yıkama suyu olarak da adlandırılan temizleme suları, sistemlerin performanslarının sürdürülebilmesi için artık kalıntıların ve yağlı akımların temizlenmesinde 5-20 m³/ton arasında kullanılmaktadır. Dolgu ve katkı maddeleri için çözücü ve seyrelme amacıyla ise 1,5-3 m³/ton arasında su kullanımı vardır. Proses ekipmanlarının soğutulması için 3-10 m³/ton temiz su kullanılmaktadır. Bu sular çoğunlukla geri devredildiğinden proses suyu olarak kullanılırken diğer imalat atıklarından ayrılmaktadır. Bu nedenle, geri devrettirilen temassız soğutma suları normal olarak kağıt fabrikalarının su tüketiminde yer almamaktadır (EC, 2001)

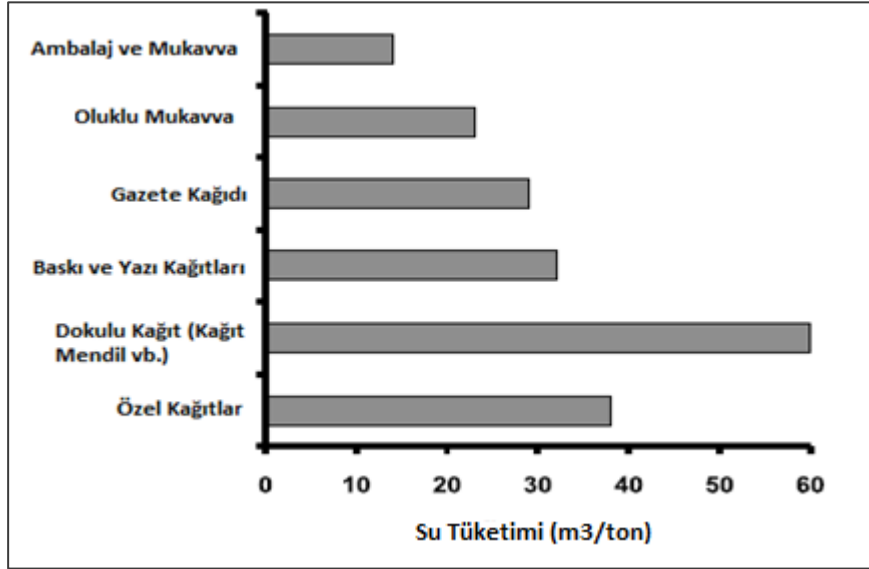


Şekil 4.1. Bir kağıt fabrikasında temiz su ihtiyacının bulunduğu prosesler (EC, 2001)

Mevcut bir tesiste, kullanılmış kağıttan 1 ton kağıt üretimi için yaklaşık 10 ton su kullanılması yeterli olduğu ifade edilmiştir. İşletmede, proses suyu, yıkama suyu ve büro kullanım suyu olmak üzere başlıca üç amaçla su kullanılmaktadır. Proses suyu, ham kâğıt hamurunun hazırlanması amacıyla hurda kâğıdın çözülmesi aşamasında kullanılan sudur. İşletmede çökeltme havuzunda dipte toplanan süzme suları (yaklaşık 200,62 m³/gün). Kapalı bir devre ile tekrar kullanılmak üzere hurda kâğıt çözme tankına pompalanmaktadır. İşletmenin zaman zaman yıkanması esnasında oluşan yaklaşık 5,88 m³/gün yıkama suları da bir boru bağlantısı vasıtasıyla dengeleme havuzuna verilmektedir (Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Havacılık Turizm San. Tic. A.Ş AAT Proje Onay Dosyası, 2008).

Bununla birlikte, eski teknolojiyi kullanan kağıt üretim tesislerinde bir ton kâğıt üretmek için 400 m³ su tüketmek gerekirken, günümüzde modern tesislerde 20-50 m³ su kullanmak yeterli olmaktadır. Yapılan başka bir çalışmada ise kullanılmış kağıttan kağıt üreten tesislerde bir ton kağıt üretimi için sadece 5 m³ su kullanmanın yeterli olduğu ifade edilmiştir (Yakut, 2010).

En son üretim teknikleri kullanılmasına rağmen üretilen kağıt türüne göre ton başına 60 m³ gibi su tüketimini bulmaktadır. Şekil 4.1'de üretilen kağıt türü ve su tüketimleri yer almaktadır (Thompson vd. 2001).



Şekil 4.2. Üretilen kağıt türüne göre su tüketimleri

Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinin tarihsel gelişimi incelendiğinde günümüzde suyun geri kullanımı amaçlandığı görülmüştür. Kağıt endüstrisi, suyun yeniden kullanımı ile potansiyel bir yararlanımla tanınmaktadır. Kağıt makinelerinin ilk geliştirildiği yıllarda yaklaşık 625 lt/kg kullanılmaktaydı. 1950 yıllarının başında ise su kullanımı 145 lt/kg olmuştur (Wyvill vd., 1984). Kağıt endüstrinin gelişim gösterdiği 1966 yılında ise ağartılmış kraft prosesinde 625 lt/su kullanıldığı belirtilmektedir (Haynes, 1974). Yapılan bir diğer çalışmada ise modern teknikler kullanılarak suyun geri kazanımı ile 67 ile 71 lt/kg arasında tüketim olduğu ifade edilmektedir (Yarar, 2009).

4.2. Kağıt Endüstrisi Atıksularındaki Kirletici Parametreler

Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıksularda bulunan kirletici parametreler farklı endüstriler sebebiyle (madencilik, süt, deri, kağıt), çok çeşitli ve sayıca fazladır. Atıksulardaki kirletici parametrelerin yüzlerce sayıda olması, analiz edilmelerinde ve atıksu karakterizasyonunu belirlemede büyük zorluklar oluşturmaktadır. Gerek

ölçüm yöntemi açısından gerekse çok sayıda madde ve bileşiğin özelliklerine göre bu kirletici parametreleri sınıflandırmak mümkündür. Bu bölümde yalnızca tez çalışması kapsamında ele alınan kirleticilere SKKY'de yer alan ve tasarımda öngörülen parametrelere göre verilmiştir.

4.2.1 Biyolojik oksijen ihtiyacı

Biyolojik Oksijen İhtiyacı; aerobik koşullarda mikroorganizmaların sudaki organik maddeleri ayrıştırmaları için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanmaktadır (Sawyer vd., 1994). BOİ kavramı, aerobik organotrofik mikroorganizmalar için elverişli bir organik karbon kaynağı içeren bir suyun kirletme potansiyelinin, bu sudan alınmış bir numunede mikroorganizmaların gelişmeleri sırasında kullandıkları oksijenin ölçülmesiyle belirlenmesine dayanır. BOİ biyolojik olarak ayrışabilmeleri koşuluyla organik maddeler arasındaki farkları belirlemez ancak onların toplamı hakkında bilgi verir.

BOİ parametresi; su kaynaklarının kirlenme derecelerinin belirlenmesi, atıksuların kirletme potansiyelinin saptanması ile arıtma sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde temel öneme sahip bir parametredir (Samsunlu, 2005). Alıcı ortamlara verildiklerinde, evsel ve endüstriyel atıksuların tüketecekleri oksijen miktarının belirlenmesiyle, kirlenme potansiyelinin ve alıcı ortamın özümleme kapasitesinin tayininde de kullanılan bir parametredir. (İTÜ Çevre Müh.Lab.Deney Föy.)

Atıksuların BOİ'si ile ilgili veriler arıtma ünitelerinin projelendirilmesinde büyük önem taşır. Arıtma metodunun seçiminde ve bazı ünitelerin boyutlarının belirlenmesinde kullanılır. Arıtma tesisi çalışmaya başladıktan sonra çeşitli ünitelerin arıtma verimlerinin değerlendirilmesinde BOİ testi sonuçları kullanılır. Avrupa ülkelerinde, endüstrilerin kirlilikleri oranında ödemeleri gereken miktarların hesabında BOİ en önemli faktörlerden biridir. (www.itracode.com/organik_kirleticilerin_kalite_parametreleri.ppt)

4.2.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), su örneğinin asidik ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle oksitlenebilen organik madde miktarının oksijen eşdeğeri cinsinden ifadesidir. (Sawyer vd., 1994).

KOİ evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan, önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Arıtma tesislerinin çalışmasını denetlemede KOİ testine çok sık başvurulur. BOİ deneyinden sonra yapılacak KOİ deneyleri toksik durumların ortaya çıkarılmasında ve biyolojik olarak indirgenemeyen organik maddelerin belirlenmesinde oldukça faydalıdır. (Samsunlu, 2005).

KOİ aynı amaçla kullanılmakta olan BOİ'ye göre laboratuvarında daha kısa sürede belirlenebilmektedir. BOİ değerinin tespiti en az 5 gün sürmesine karşılık, KOİ değeri yaklaşık 2,5 saat gibi kısa bir sürede ölçülebilmektedir. Bunun nedeni ise suda bulunan ve biyokimyasal yoldan parçalanması güç veya imkansız olan bileşiklerdir. (örn.lignin) Bu bileşikler kimyasal olarak kolaylıkla oksitlenebilmektedirler. KOİ yaklaşık olarak sudaki tüm maddelerin (organik ve anorganik) oksidasyonu için gerekli oksijen miktarını vermekteyken, BOİ sudaki organik maddelerin ilk 5 gündeki oksijen tüketimini göstermektedir. Bu nedenle birçok durumda BOİ yerine tercih edilmektedir.

Her iki parametre arasında da bir korelasyon vardır. Evsel atıksularda KOİ değeri BOİ₅'in 2 katı, mezbahanelerde 0,57 katı, süt endüstrisinde ise 0,50 katı civarındadır. KOİ deneyi esnasında organik madde tümüyle CO₂ ve H₂O'ya dönüştürülür. Örneğin glikoz ve lignin tamamen okside edilebilirler. Sonuç olarak daima KOİ değeri, BOİ değerinden daha yüksektir. Ancak KOİ deneyinde, biyolojik yollarla ayrışabilen ve ayrışamayan organik maddelerin ayırt edilmesinin olanaksızlığı bu kalite parametresinin en büyük dezavantajıdır.

4.2.3. Askıda Katı Madde

Toplam askıda katı madde, su numunesi içerisindeki çökebilen ve çökemeyen katı maddelerin toplamıdır. Askıda katı maddeler sulardan estetik, içme, endüstriyel ve

kullanım gibi çeşitli amaçlar için faydalanılmasını doğrudan etkilemektedir. Doğal sularda ışık geçirgenliğini azaltıp dip birikintilerine yol açarak ya da doğrudan zarar vererek su canlılarının yaşam ortamlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Kanallarda ve arıtma tesislerinde önlem alınması ihtiyacını ortaya koymaktadır. Tüm bu özellikleri nedeniyle AKM yüzey suları ve atıksularda büyük önem taşımaktadır.

Toplam askıda katı madde belli bir miktardan sonra genellikle suyun fiziksel olarak kirlenmesine sebep olur. Dolayısıyla suyun bulanıklaşmasını, yoğunlaşmasını, toksisitesini artırabileceği gibi ışık geçirgenliğini ve oksijen miktarını azaltarak fauna ve flora üzerine çökerek su canlılarına zarar verir. Askıda katı maddelerin etki derecesi bu maddelerin türüne, miktarına, su canlılarının cinsi ve büyüklüğüne göre değişmektedir (Erciyes Üniversitesi, Deney Föyü).

4.2.4. Çökebilen Katı Madde

Çökebilen katı maddeler ızgara, kum tutucu ve ön çökeltim havuzlarında tutulan bir kirletici parametredir. Belirli şartlar altında ve sürede bulunduğu kabın dibine çökerek birikebilen ve genellikle sediment maddeleri, çok ince kum, silt, çamur ve organik maddeleri ihtiva eden bir karışımdır. 1L su numunesinin içerdiği ve yerçekimi etkisi ile sakin karıştırıcı olmayan bir ortamda 1 saatte çökebilen kısmın hacmi olarak ifade edilmektedir (mL çöken katı/L atıksu). Mekanik arıtma ile giderilemeyen askıda ve çözünmüş haldeki katı maddeler, ya kimyasal yumaklaştırma işlemleri ile veya biyolojik arıtma işlemlerinde oluşturulan yumaklar yardımıyla çökeltiye veya yüzdürülerek su ortamından uzaklaştırılırlar. Mekanik ve biyolojik yöntemlerle giderilemeyen çözünmüş haldeki organik maddeler (azot veya fosfor) veya metal tuzları kimyasal madde ilavesi ile yapılan kimyasal yumaklaştırma işlemi ile sudan ayrılır (Filibeli, 1996).

4.2.5. Renk

Boyar madde içeren atıksularda boyar maddenin sayısal değeri farklı ölçüm yöntemleri kullanılarak belirlenen renk parametresi ile ifade edilmektedir. Renk parametresi genellikle “gerçek renk” anlamındadır ve suyun bulanıklığı giderildikten sonraki renktir. Zahirî renk ise sadece suyun içeriğinden kaynaklı renk değil aynı zamanda askıda katı madde kaynaklı rengi de kapsamaktadır. Renk, atıksu

deşarjında mevcut standartlara göre sınırlayıcı bir parametre olmakla birlikte estetik açıdan bir problem yarattığı gibi suyun yeniden kullanım imkanını da kısıtlamaktadır (APHA, 1995).

Renkli atıksular çok düşük konsantrasyonlarda bile alıcı ortamlarda ciddi estetik ve ekolojik problemlere yol açmaktadırlar. Renkli atıksu yalnızca estetik problemlere değil, aynı zamanda biyolojik girişimlere, ışığa, sıcaklığa ve oksidasyona da direnç gösterirler. Renk, biyolojik olarak parçalanmamaları ve canlılar üzerinde potansiyel toksisite oluşturmaları nedeni ile atıksu arıtımında problemlere neden olmaktadır.

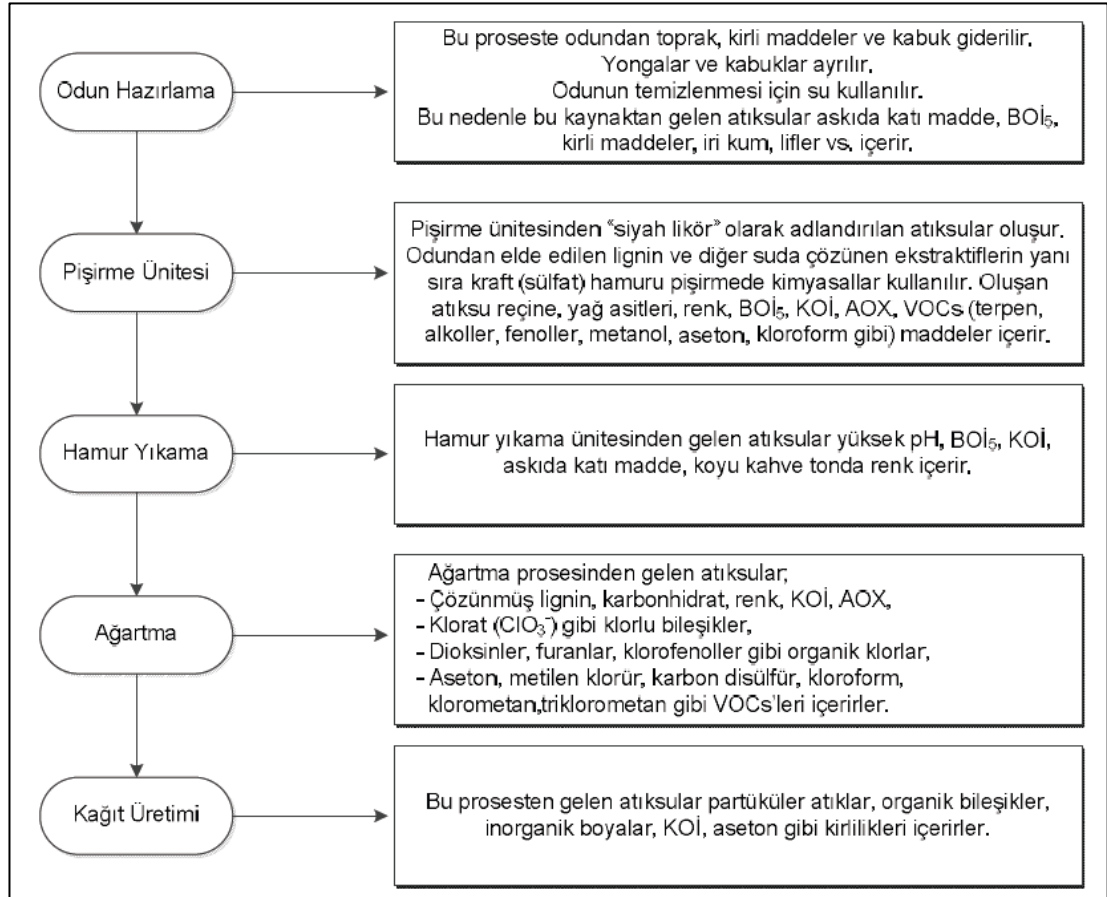
4.2.6. Adsorplanabilen Organik Halojenler (AOX)

Ağartma işleminde klor bazlı kimyasalların kullanılması nedeniyle ağartma işlemi uygulayan kağıt tesislerin çıkış suları furan ve dioksin gibi bağlı bileşikleri içermektedir. Klor içeren ağartma maddelerinin kullanıldığı ağartma tesislerinde oluşan atık sular AOX olarak ölçülen organik olarak bağlı klor bileşikleri içermektedir (Jamil vd. 2011). Bu bileşiklerin sucul mikroorganizmalar ve ekolojik probleme sebep olduğundan kullanımın minimize edilmesi amaçlanmıştır. IPPC BAT Referans Belgelerinde düşük AOX için doğal klorsuz ağartma ya da tamamen ağartmanın kullanılması hedeflenmiştir (EC, 2001).

4.3. Atıksu Karakterizasyonu

Her bir kağıt hamuru hazırlama prosesinde fazla miktarda su tüketimi gözlenmekte ve bu tüketimler atıksu çıkışı olarak karşılaşılmaktadır. Endüstrinin çeşitli işlem aşamalarında önemli kirlilik kaynakları; odun hazırlama, hamur pişirme, hamur yıkama, ağartma ve kağıt makinelerinden kaynaklı atıksulardır. Bu işlemler arasında hamur üretim prosesi özellikle kimyasal hamur üretiminden kaynaklı atıksular arıtım işlemine oldukça mukavemet göstermektedir. Bu durumun en önemli sebebi ise atıksu içeriğinde çözünmüş halde bulunan lignindir. Kağıt hamuru ağartma işlemi ise, kağıdın parlatılmasından için kullanılan klorinden kaynaklı oldukça toksik etkiye neden olan atıksu kaynaklarından biridir. Odun yapısındaki zor parçalanabilir fiber türlerine bağlı olarak reçine asitleri, doymamış yağ asitleri, diterpen alkoller, klorinli

reçine asitleri ve kağıt-kağıt hamuru üretimi proseslerinden kaynaklı diğer toksik kimyasallar oluşmaktadır. Kağıt hamuru ve kağıt üretimine bağlı olarak oluşan kirleticiler Şekil 4.2’de gösterilmiştir (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004). Kağıt endüstrisi atıksuları başlıca BOİ, KOİ, AKM, ÇKM, toksisite ve renk ile karakterize edilen kirleticileri içermektedir.



Şekil 4.3. Kağıt ve kağıt hamuru endüstrisinin çeşitli proseslerinden kaynaklanan atıksular ve içerikleri (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004)

Kağıt endüstrisinde en fazla atıksu üreten kademeler, hamur yıkama ve kağıt üretimidir. Bu üretim süreçlerinde BOİ₅, KOİ, toplam çözülmüş katı madde, renk, AOX, dioksinler ve furanlar, aseton, metil etil keton, kloroform ve klorlu fenolik bileşikler gibi kirleticiler oluşmaktadır (Ali ve Sreekrishnan, 2001; İnce vd., 2011).

Kağıt yapımında meydana gelen kirliliğin büyük kısmı kağıt hamuru hazırlama proseslerinden oluşmaktadır. Kağıt hamuru hazırlama atıksuları "siyah likör", kağıt makinası atıksuları ise "beyaz likör" olarak adlandırılmaktadır. Kağıt hamuru atıksuları pişirme, yıkama, ağartma ve elyaflarına ayırma işlemlerinden

oluşmaktadır. Bu atıksular sülfite sıvısı, ince hamur, ağartma kimyasalları, sodyum sülfite, karbonat, kazein, kil, mürekkep, boya, yağ-gres ve elyaf içermektedir. Kağıt makinası atıksuları ise eleklerden, duşlardan ve kağıt makinası karıştırma tanklarından geçen sulardan oluşmaktadır (Ceren, 2003). Tipik olarak farklı üretim proseslerinden kaynaklı atıksuların karakterizasyonu Tablo 4.3’de verilmiştir (Bajpai, 2000).

Tablo 4.3. Tipik olarak farklı üretim proseslerinden kaynaklı atıksuların karakterizasyon

Proses	Kirlenici Parametreler (mg/L)									
	pH	AKM	BOİ ₅	KOİ	Karbonhidrat	Asetik Asit	Methanol	N	P	S
TMP1	-	383	2800	7210	2700	235	25	12	2,3	72
TMP 2	4.2	810	2800	5600	1230	-	-	-	-	-
CMPT	-	500	3000-4000	6000-9000	1000	1500	-	-	-	167
Kraft Ağartma	10,1	37-74	128-184	1124-1738	-	0	40-76	-	-	-
Kraft Atıksuyu(1)	8	16	568	1202	-	-	421	-	-	5,9
Kraft Atıksuyu(2)	10,2	0	10.700	16,000	-	-	-	306	1	91
Kraft Atıksuyu(3)	9,5-10,5	0	5500-8500	10,000-13,000	-	-	7500-8500	350-600	0,02-1,55	120-375
Sülfit Kondanse	2,5	-	2000-4000	4000-8000	-	-	250	-	-	800-850
Sülfit Kondanse	2,8-5,9	-	3700-5110	9800-27.100	-	-	-	-	-	840-1270

Benzer başka bir çalışma sonuçlarına göre ise Tablo 4.4'te yer alan kağıt hamuru ve kağıt üretim prosesi atıksuyu karakterizasyonu görülmektedir (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004).

Tablo 4.4. Kağıt hamuru ve kağıt üretim prosesi atıksuyu karakterizasyonu

Proses	Parametreler							Referans
	TKM	AKM	BOİ5	KOİ	AOX	Resin	Renk (Pt-Co)	
Odun hazırlama	1160	600	250	-	-	-	-	Nemerow ve Dasgupta (1991)
Kabuk Soyma	2017-3171	-	480-987	-	-	-	20-50	Springer (2000)
Ağartma	-	34	23	-	12,5	69	-	Wayland vd. (1998)
Gazete Kağıdı Hamur Üretimi	3750	250	-	3500	-	16	1000	Tardif ve Hall (1997)

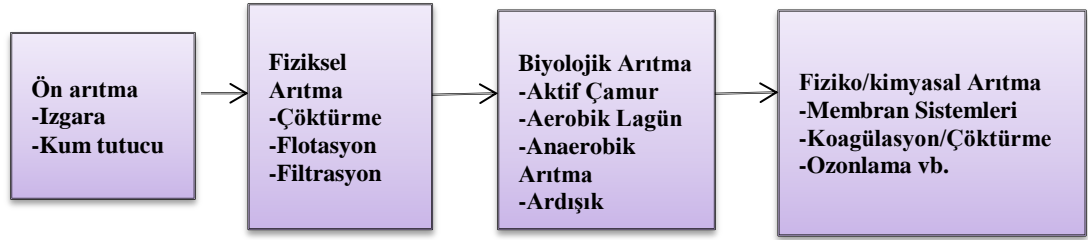
Odun soyma aşamalarında asit reçineleri gibi maddeler içeren atıksu oluşmakta ve bu atıksular sucul organizmalarda üzerinde toksik etki yapabilmektedir. Kağıt hamurun rengini açmak için ise geleneksel olarak hipoklorit, klordioksit ve alkali çözeltiler kullanılmaktaydı. Ancak ağartma amacıyla klor kullanıldığında organik maddeler ile reaksiyon sonucu organoklorlu bileşikler oluşmaktadır (Kukkonen, 1992; Ali ve Sreekrishman,2001). Bugün ise Dünya'da büyük oranda klor içermeyen ya da serbest klor içermeyen ağartma prosesleri tercih edilmektedir.

Görüldüğü üzere üretilen kağıt türüne ve prosesi tipine bağlı olarak kağıt sanayi atıksuyunun gerçekten çok geniş bir yelpazede farklı yapıda kirletici içerdiği söylenebilir. Atıksuların arıtılmasında karşılaşılan problemlerin çözümlenmesi ve arıtımda yüksek verim elde edilmesi için atıksuyun bileşiminin ve kimyasal yapısının bilinmesi bu açıdan önemlidir.

5.KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE ATIKSU ARITMA TEKNOLOJİLERİ

Kağıt hamuru ve kağıt üretim fabrikalarının atık oluşumunu en aza indirmek ve geri dönüşümlü olarak kullanılmasına yönelik yaklaşımlar olmasına rağmen atıksuların arıtılması hususundaki yaklaşımlara ilişkin çalışmalar hala devam etmektedir. Bu bölümde atıksu arıtma teknolojilerine yer verilmiştir.

Boru sonu kirliliği önleme stratejileri konusunda deşarj limitlerinin sağlanması gerekmektedir. Tipik bir kağıt hamuru ve kağıt üretimi yapan işletmelerin genel bir atıksu arıtım teknolojilerine ait akım şeması Şekil 5.1’de yer almaktadır.



Şekil 5.1. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi kullanılan arıtma teknolojileri (İnce vd. 2011)

Kağıt hamuru ve kağıt üretim sürecinde oluşan atıksuyun arıtılması için genellikle ön arıtma, fiziksel arıtma ve ikincil arıtma metotları kullanılmakta olup daha kısıtlı bir mevzuat olması ya da arıtılmış atıksuyun proseste tekrar kullanımı söz konusu olduğunda ileri arıtma metotları tercih edilmektedir. Ancak günümüzde kağıt endüstrisi atıksuları için ileri arıtma teknolojilerinin kullanımı çok azdır (İnce vd. 2011).

5.1. Fiziksel Arıtma Metotları

Bu metotta amaç kabuk parçacıkları, lif, lif artıkları, dolgu ve kaplama malzemeleri ve buna benzer diğer organik maddeler gibi askıda katı maddelerin giderilmesidir. Çöktürme ve flotasyon, kağıt atıksularının arıtımında daha çok biyolojik arıtma öncesinde ön arıtım olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile %80’in üzerinde AKM giderimi sağlanabilmektedir. Fakat organik madde giderimi oldukça düşük oranda gerçekleşmektedir (Thompson vd., 2001).

5.1.1. Kaba Izgara

Uzaklaştırılmadıkları takdirde, arıtma tesisinin ızgaradan sonraki ünitelerinde tıkanmalara yol açabilecek büyüklükte olan kaba organik ve inorganik maddelerin atık sudan ayrılması için kullanılırlar. Kaba ızgaralarda çubuklar arası genişlik 4 cm'nin üzerindedir ve yatayla 30-60 derece (günümüzde mekanik temizlemeli ızgaralar genellikle kanala 70-80 derecede eğimle monte edilmektedir.) açı yapacak şekilde yerleştirilirler. Kaba ızgaralar genellikle el veya otomatik olarak temizlenirler (Eckenfelder, 1989).

5.1.2. İnce Izgara

İnce ızgaralarda çubuklar arası genişlik 6-20 mm arasında değişmektedir ve yatayla 60-80 derece açı yapacak şekilde kanala monte edilirler. İnce ızgaralar manuel veya mekanik olarak temizlenebilir. Çubuk ızgara tipinden başka, yay tipi, döner elek tipi, döner tambur tipi ince ızgara tipleri mevcuttur. Arıtım üniteleri arasında ızgaraların kullanımının birincil amacı tesisteki pompaların, boruların ve diğer mekanik aksamın korunmasını sağlamak, dirseklerin ve diğer aparatların tıkanmasını engellemektir (Eckenfelder, 1989).

5.1.3. Ön Çökeltim Havuzları

Kaba organik ve inorganik maddelerden çoğu ızgara ve kum tutucularda tutulduktan sonra, organik esaslı ve büyük ölçüde kirletici karakterde olan geriye kalmış askıdaki katı maddelerin atık sudan uzaklaştırılması gerekmektedir. Ön çökeltim askıdaki organik maddeleri konsantre hale getirip çökeltme işlemi yapmak üzere dizayn edilmiş bir ünedir (Peavy, 1985). Ön çökeltme havuzunun başlıca amacı atık suyu iki temel bileşene; çamur ve çökelmiş atık suya ayırmaktır. Böylece bu iki bileşen ayrı ayrı arıtılabilir. Ön çökeltme havuzlarında askıdaki katı maddelerin % 50 -70'i ve BOİ'nin % 25-40'ı uzaklaştırılabilir. Çökeltme havuzları dikdörtgen ve dairesel biçimde olabilirler. Çökelen çamurun biriktirilmesi için çamur konisi ve bu koniye çamuru sıyırarak sıyırma ekipmanları gerekmektedir. Ön çökeltme havuzlarında atık suyun bekletilme süresi 1.5-2.5 saat arasında değişebilmektedir. Sıyırıcılarla çamur konisine toplanan çamur düzenli olarak çekilir. Yüzeyde biriken askıdaki maddeler

yüze y s ı y ı r ı c ı l a r v a s ı t a s ı y ı l a t o p l a n a r a k u z a k l a ş t ı r ı l ı r b ö y l e l i k l e d ü z g ü n b i r s a v a k l a n m a s a ğ l a n ı r (H a m m e r, 1975).

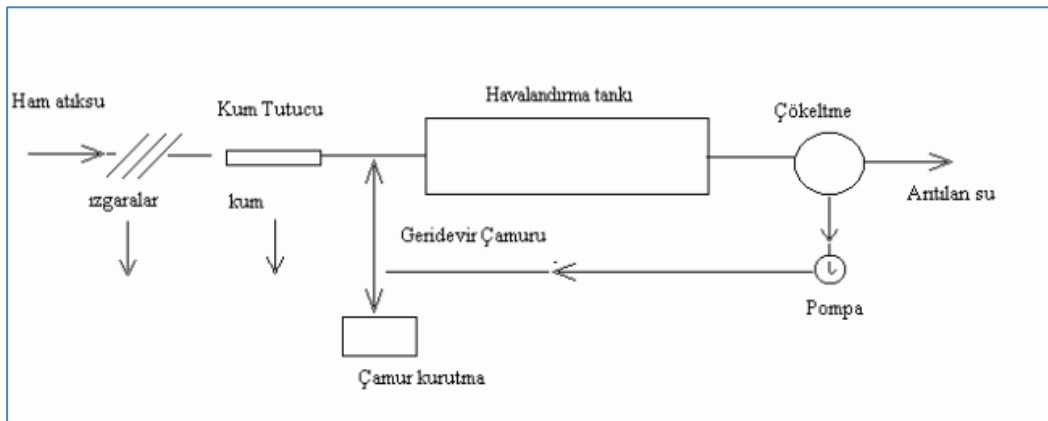
5.2. Aktif Çamur Sistemleri

Klasik arıtma sistemleri birçok endüstriyel atıksulardan KOİ, BOİ, AKM ve AOX gideriminde kullanılmaktadır. Kağıt hamuru ve kağıt üretimi sonucu oluşan atıksuların aktif çamur sistemleri ile arıtılabilirliği üzerine birçok literatür bilgisi ve mevcut tesisler bulunmaktadır. Schnell vd. (1997), yapmış olduğu çalışma ile filtre edilebilir KOİ'nin %74'ü, yaklaşık %100 BOİ ile reçine ve yağ asitlerin giderimi gerçek ölçekli bir tesiste sağlanmıştır. Saunamaki vd (1997) Finlandiya'da bulunan ve aktif çamur sistemi ile çalışan gerçek ölçekli bir tesiste kağıt üretimi sonucu oluşan atıksulardan % 82 oranında KOİ, kağıt hamuru üretimi atıksulardan ise % 60 KOİ giderim verimi olduğu belirtilmiştir. Kağıt endüstrisi atıksuları için kullanılan aktif çamur sistemlerinde karşılaşılan başlıca işletme problemleri ise makro nütrientlerin (azot ve fosfor) kısıtlı olması, ipliksi bakterilerin gelişimi ve çamur kabarmasıdır. Makro nütrient problemi ise dışarıdan sisteme ilave edilerek çözümlenebilmektedir ancak burada önemli olan nütrient dozaj miktarıdır aksi takdirde sulak alanlarda ötrofikasyon vb. ters etkiye neden olmaktadır. Cingolani vd. (1994) çamur kabarması işletme problemine yetersiz oksijenlendirme kapasitesi, düşük organik yükleme ve nütrient eksikliğinin neden olduğunu belirtmiştir. Bu problem ise selektör havuzunun kurulması ya da klorin demir tuzları, kireç gibi kimyasalların ilavesi ile kontrol altına alınabilir. Özellikle selektör havuzlarının kullanımı çamur kabarması sorununda en çok tercih edilen yöntemdir (Andreasen vd. 1999). Yapılan birçok çalışmada ise Kraft atıksularındaki organik kirleticilerin gideriminde Ardışık Kesikli Reaktörlerin kullanımında yüksek verim elde edildiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte AKR sistemler ile %100 metanol %90 çKOİ giderimi olduğuna ilişkin çalışmalar mevcuttur (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004). Ülkemizdeki mevcut tesislere bakıldığında giderim verimliliğinin yüksek olması ve işletme kolaylığı sağlaması açısından uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemleri tercih edilmektedir.

5.2.1. Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Prosesi

Aktif çamur prosesleri mikroorganizmaların oksijen kullanarak organik maddeyi ayrıştırmaları esnasından yararlanılarak geliştirilen aerobik biyolojik arıtma sistemleridir. Aktif Çamur proseslerinde amaç; atıksulardaki koloidal ve çözülmüş formlarda bulunan ve çökelemeyen maddelerin hızlı bir şekilde çökelebilen biyolojik yumaklara dönüştürerek giderimini sağlamaktır. Günümüzde klasik aktif çamur sistemleri ve aktif çamur sistemlerinin modifiye edilmesi ile geliştirilen sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Eckenfelder, 1989). Uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi, yaygın kullanımlı bir aktif çamur prosesidir.

Uzun havalandırma sistemlerinde ön çökeltme havuzu ve çamur çürütücüler yoktur. Bundan dolayı, bu tip tesislerin inşaatı ve işletmesi konvansiyonel aktif çamur tesislerine göre çok daha kolaydır. Bu sistemde ham atıksu ızgara ve kum tutuculardan sonra doğrudan doğruya havalandırma havuzuna verilir. Atıksuyun havalandırma havuzunda kaldığı sürenin uzun olmasından dolayı bu ad verilmiştir. Bu sistem her ne kadar enerji tüketimi fazla olan bir proses olsa da, işletme kolaylıkları yüksek enerji bedelini dengelemektedir. (Öztürk vd., 2005). Şekil 5.2’de uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi içeren bir atıksu arıtma sistemi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 5.2. Uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi akış diyagramı

Aktif çamur proseslerinde bazı kirletici parametrelerin belli konsantrasyonların üzerinde olması, bakterilerin zarar görmesine, inhibe olmasına neden olur. Bu

nedenle aktif çamur prosesine alınan atık suda örneğin AKM değerinin 1000 mg/lt'nin üzerinde, yağ-gres değerinin 30 mg/lt'nin üzerinde olması istenmez (Metcalf ve Eddy, 2003).

Endüstriyel atıksuların aktif çamur sistemlerinde arıtılması durumunda ise BOI_5/KOI oranı önemli bir indekstir. Genel olarak, BOI_5/ KOI oranı 0,5 veya üstü olan atıksuların aktif çamur sistemiyle arıtılması uygundur. Atıksuların aerobik şartlarda arıtılması durumunda diğer önemli bir kriter, $KOI/N/P$ oranının 100/5/1 olması gerekmektedir. Ayrıca, biyolojik arıtmada mikroorganizmaların aktivitelerini sürdürmeleri için pH değerinin 6,5-8,0 aralığında olması gerekmektedir (Gürtekin ve Ünlü, 2010).

5.2.2. Ardışık Kesikli Reaktörler (AKR)

Biyolojik arıtma proseslerinden AKR, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Steinmetz ve diğ., 2002; Ganesh ve diğ., 2006; Fongsatitkul ve diğ., 2008; Zhan ve diğ., 2009). AKR, atıksu arıtımı için kullanılan doldur-boşalt prensibine bağlı olarak işletilen bir aktif çamur sistemidir. AKR'de arıtım alan yerine zamanla olmaktadır. AKR ile klasik aktif çamur sistemde kullanılan prosesler aynıdır. Tek fark, AKR'de arıtım tek bir reaktörde gerçekleşirken klasik aktif çamur sistemde farklı reaktörlerde gerçekleşmektedir. AKR'de bir çevrim, atıksuyun reaktöre doldurulmasından boşaltılmasına kadar geçen süre için kullanılmaktadır ve beş ardışık fazdan oluşmaktadır: doldurma, reaksiyon, çökeltme, boşaltma ve dinlendirme.

5.3. Aerobik Lagünler

Aerobik lagünler basit ve ekonomik biyolojik arıtma sistemleri olduğundan kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi atıksuların arıtımı için birçok laboratuvar ve gerçek ölçekli çalışmalara konu olmuştur. Bu sistemlerde BOI , düşük molekül ağırlıklı AOX ve yağ asitlerinin gideriminin gerçekleştiği gerçek ölçekli arıtma tesisinde giderimlerinin olduğu görülmüştür (Bajpai, 2001). Stuthridge ve Macfarlane (1994) yapmış oldukları çalışmada, aerobik lagünlerde kısa alıkonma sürelerinde AOX'ların %70 oranında giderim verimi sağlandığı görülmüştür. Ayrıca, gerçek ölçekli aerobik

lagünlerde %30-40 oranında KOİ giderimin, laboratuvar ölçekli bir çalışmada ise %60-70 oranında KOİ giderimin olduğu belirtilmiştir (Welander vd. 1997).

5.4.Anaerobik Arıtma Prosesleri

Kağıt atıksularının arıtımında kullanılan biyolojik prosesler arasında aerobik arıtım ve havalandırılmalı lagünler en çok tercih edilen proseslerdir. Fakat aerobik proseslerde havalandırma maliyeti ve çamur oluşumu prosesin kullanımını kısıtlamaktadır (Ince vd. 2011). Anaerobik sistemler ise bu tür atıksuların arıtımında daha etkili yöntemlerdir. Buzzini vd. (2005) sentetik olarak hazırlanmış ağartma ve ağartma yapılmayan kağıt atıksularının anaerobik arıtımı ile %75-81 oranında KOİ ve %71-99 oranında klorlu organik madde giderimi elde etmişlerdir. Anaerobik ve aerobik sistemlerin birlikte kullanılmasıyla daha yüksek arıtma verimleri elde edilmektedir (Singh ve Thakur, 2006). Bununla birlikte biyolojik arıtım kağıt atıksularında, genel olarak organik madde gideriminde etkili bir proses olmasına rağmen renk gideriminde etkili değildir. Çünkü atıksuya renk veren lignin biyolojik olarak zor parçalanabilen bir bileşiktir. Lignin aerobik koşullar altında algler kullanılarak hızlı bir şekilde parçalanabilmektedir. Fakat mikroorganizmaların glikoz ihyiyacının yüksek olması alglerle arıtımın en büyük dezavantajıdır. Tarlan ve diğ. (2002) kağıt atıksularının arıtımında alglerin etkinliğini inceledikleri çalışmalarında %58 KOİ, %84 renk ve %80 AOX giderimi elde etmişlerdir.

Anaerobik mikroorganizmalar aerobik mikroorganizmalara göre klorlu organik bileşiklerin parçalanmasında daha etkilidir. Fakat sülfür içerikli atıksularda anaerobik sistemlerin kullanılması sonucu oluşan hidrojen sülfür toksik etkiye neden olmaktadır. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrilerinde diğer önemli hususlar ise atıksu toksititesi, atıksuyun spesifik karakterizasyonu örneğin lignin türevli, reçine ve yağ asitleri vb. içermesi, yükleme kapasitesi, yüklemelerdeki ani değişimler, enerji geri kazanımı ve kullanılan kimyasallardır (Sumathi ve Hung, 2006). Kağıt endüstrilerinde delignifikasyon işlemleri için günde tonlarca inorganik kimyasal tüketildiği ancak bu kimyasalların geri kazanımı ve tekrar kullanımı hem işletmelerin ekonomisi hem de çevre açısından önemli bir noktadır. Anaerobik kontakt reaktör, yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör, anaerobik filtre ve akışkan yatak

reaktörler kağıt endüstrilerinde en çok tercih edilen anaerobik reaktör tipleridir. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrileri için uygulanan anaerobik arıtma tipleri ve arıtma verimleri Tablo 5.1’de verilmektedir. Kraft atıksularının (siyah likör) önarıtımı üzerine çalışmalar yapılmış olup anaerobik arıtma ile düşük ve orta yükleme oranlarına bağlı olarak toplam KOİ’de %48-80 arasında giderim verimi biyoparçalanabilir KOİ’de ise %87-96 arasında giderim verimleri elde edilmiştir (Poggi-Varoldo vd. 1996). Rajeshwari vd. (2000) klor ile ağartma işlemi sonucu oluşan atıksuların arıtılmasında anaerobik proseslerinin toksik kimyasallardan dolayı metan bakterileri üzerine olumsuz etkisi olduğundan uygun olmadığını tespit etmiştir.

Tablo 5.1. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrileri için uygulanan anaerobik arıtma tipleri ve arıtma verimleri

Anaerobik Reaktör Tipi	Kağıt Lokasyonu	Atıksu Kaynağı	Yükleme Oranı (kg KOİ/m ³ /gün)	BOİ ₅ (mg/L)	BOİ ₅ Giderimi	KOİ (mg/L)	KOİ Giderimi	TAKM (mg/L)
Anaerobik Kontakt Reaktör	Hylte Bruk ABİ İsveç	TMP, mekanik odun hazırlama	2,5	1300	71	3500	67	520
	SAICA, İspanya	Alkali pişirme	4,8	10.000	94	30.000	66	-
	HannoverPaper, Almanya	Sülfür içerikli kondansate suları	4,2	3000	97	6000	85	-
	Niagara, USA	CTMP	2,7	2500	96	4800	77	3300
	SCA Ostrand İsveç	CMTP	6	3700	50	7900	40	-
	Alaska Kağıt, Sitka	Sülfür içerikli Kondansate, ağartma suları	3	3500	85	10.000	49	-
Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktör	Celtona, Hollanda	Dokulu Kağıt Üretimi	3	600	75	1200	60	-
	SouthernKağıt Dönüşüm, Avustralya	Atık kağıt	10	-	80	10000	>80	-
	Davidson, İngiltere	Karton Üretimi	9	1440	90	2880	75	-
	Chimicadel, İtalya	Sülfür Kondansate	12,5	12000	90	15.600	80	-
Anaerobik Filtre	Lanaken, Belçika	CMTP	12,7	4000	85	7900	70	-
Akışkan Yataklı Reaktör	Fransa	Karton Üretimi	35	1500	83,3	3000	72,2	-

Tablo 5.2. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrileri için uygulanan aerobik arıtma tipleri ve arıtma verimleri

Aerobik Arıtma Prosesleri		AKM		BOİ		KOİ		AOX		Klorlu Fenoller		Referanslar
Aktif Çamur	Kağıt Üretimi	1435	90,6	512	94,2	1210	82,4	-	-	-	-	Saunamaki(1997)
	Kağıt Hamuru	738	76,4	336	93,8	1192	57,1	11,7	55	-	-	Saunamaki(1997)
	Kraft Hamuru ⁽¹⁾	-	-	270	>95	660	60	22,5	36	0,255	74	Schnell vd (2000)
	Kraft Hamuru ⁽²⁾	-	-	270	>98	660	70	22,5	40	0,255	83	Schnell vd (2000)
	Kağıt ve Kağıt Hamuru	-	-	-	96,63	-	96,8	-	-	-	96	Chandra (2001)
Aerobik Stabilizasyon Havuzları	Kraft Hamuru ⁽³⁾	-	-	270	>95	660	62	22,5	53	0,255	85	Schnell vd (2000)
	Kraft Hamuru ⁽⁴⁾	-	-	270	>98	660	73	22,5	55	0,255	86	Schnell vd (2000)
	Kağıt Hamuru	-	-	-	-	-	20-65	-	17-70	-	-	Chernysh vd. (1992)
AKR	Kağıt Üretimi	-	-	-	98	-	85-93	-	-	-	-	Franta ve Wilderer (1997)
MBR	Kağıt Üretimi	-	-	-	65-75	-	85-95	-	-	-	-	Borch-Due vd. (1997)

(1) HRT 2 gün, SRT 25 gün, Sıcaklık 30 °C, MLVSS 1800 mg/L

(2) HRT 1 gün, SRT 25 gün, Sıcaklık 30 °C, MLVSS 2800 mg/L

(3) HRT 15 gün, SRT 15 gün, Sıcaklık 30 °C, MLVSS 60 mg/L

(4) HRT 15 gün, SRT 15 gün, Sıcaklık 20 °C, MLVSS 70 mg/L

5. 5. Fizikokimyasal Arıtma Prosesleri

Fizikokimyasal teknikler ileri kademe arıtma prosesleri olarak adlandırılan adsorpsiyon, iyon değiştirme, elektrokimyasal ayırıştırma, membran filtrasyon gibi teknikleri kapsamaktadır. Bu prosesler günümüzde daha çok zehirlilik, renk ve kısmen klorlu organik bileşiklerin gideriminde tercih edilmektedir.

5.5.1. Koagülasyon/Çöktürme

Atıksulara metal tuzlarının ilave edilmesi ile küçük partiküllerden daha büyük floklar oluşturularak kirleticilerin giderilmesine dayanan bir metottur. Koagülasyon ve çöktürme genel olarak ileri arıtım amaçlı kullanılmaktadır. Atıksudan bulanıklık ve renk gideriminde etkili olmaktadır. Dilek ve Gokcay (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, alum ile yapılan koagülasyon sonucunda alkali ekstraksiyon adımıyla kaynaklanan atıksuda renk giderimi elde edildiği fakat yöntemin klor ile ağartma ünitesinden kaynaklanan atıksuyun arıtımında başarılı olamadığı belirtilmiştir. Tong vd. (1999) ve Ganjoudoust vd. (1997) farklı koagülantların kağıt atıksuyunun arıtımındaki etkinliğini araştırdıkları çalışmaları modifiye edilmiş chitosanın renk ve Toplam Organik Karbon (TOK) gideriminde diğerlerinden daha etkili olduğunu belirlemişlerdir. Fontanier ve diğ. (2005) tarafından koagülasyonun bir ileri arıtım yöntemi olarak araştırıldığı bir çalışmada, alum kullanılarak %61 oranında KOİ giderimi elde edilirken, FeCl₃ ile oldukça düşük bir KOİ giderimi elde edilmiştir. Çeşitli koagülasyonlarla yapılan koagülasyon ile arıtım prosesi, kağıt atıksularından özellikle

5.5.2. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon yöntemi kağıt atıksularından organik madde gideriminde kullanılan bir arıtım yöntemidir. Yöntemin en büyük dezavantajı kullanılan adsorbentin rejenere edilmesinden kaynaklanan ek bir maliyet oluşturmasıdır. Aktif karbon ile adsorpsiyonun kağıt ağartma atıksularından renk ve AOX gideriminde etkili olduğu bilinmektedir. Shawwa ve diğ. (2001), petrol kokundan ürettikleri toz aktif karbon ile ağartma atıksularından %90'ın üzerinde renk, KOİ, AOX giderimi elde etmişlerdir.

Temmink ve Grolle (2005), biyolojik olarak arıtılmış kağıt atıksularının aktif karbon ile ileri arıtımını araştırdıkları çalışmada aktif karbonun renk ve toplam anyonik yük gideriminde oldukça başarılı bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Fakat yaptıkları arıtım maliyeti analizinde aktif karbonun ekonomik açıdan uygun olmadığını belirtmişlerdir. Aktif karbonun rejenerasyonunun pahalı olması nedeniyle alternatif adsorbentlerle arıtım çalışmaları da yapılmaktadır. Zang ve Chuang (2001) yaptıkları çalışmada asidik ağartma atıksularının arıtımında aktif karbon ve polimer reçine adsorpsiyonunun etkinliğini araştırmışlardır. Polimer reçinenin aktif karbona göre adsorpsiyon kapasitesinin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

5.5.3. Elektrokimyasal

Elektrokimyasal oksidasyon ile arıtım elektrooksidasyon ve elektrokoagülasyon olmak üzere iki mekanizma ile gerçekleşmektedir. Elektrokoagülasyon, elektroliz sonucunda alüminum ve demir gibi metal anotların, anodik çözünmeye uğraması ve hidrolizi ile arıtılacak atıksu içerisinde metal hidroksit floklarının oluşturulması yöntemidir. Elektrokoagülasyon ile çok küçük kolloidal tanecikler ve biyolojik olarak zor ayrışan organik maddeler uzaklaştırılabilmektedir. Fakat, katotta üretilen hidrojen gazının çökelmeyi engellemesi ve arıtılan sudaki demir ve alüminyum iyonlarının konsantrasyonlarının nispeten yüksek olması gibi dezavantajları vardır. Uğurlu (2004) tarafından yapılan çalışmada kağıt atıksuyundan elektrokoagülasyon ile renk, amonyum, nitrit, nitrat, fosfat, KOİ, BOİ giderimi araştırılmış ve yöntemin kağıt atıksuları için ümit verici bir yöntem olduğu belirtilmiştir. El-Ashtoukhy ve diğ. (2009) elektrokimyasal yöntemle kağıt atıksuyundan arıtma koşullarına bağlı olarak %53-100 oranında renk giderimi elde etmişlerdir. Kimyasal oksidasyon yöntemleri ileri oksidasyon prosesleri olarak bilinmektedir. En çok kullanılan oksidasyon prosesleri, fotokatalitik oksidasyon (TiO_2/UV), ozon, ozon/ H_2O_2 , ozon/ UV , H_2O_2/UV , fenton (Fe^{+2}/H_2O_2), fotofenton ($Fe^{+2}/H_2O_2/UV$) prosesleri olarak sıralanabilir. Elektrik ihtiyacının ve kullanılan kimyasal madde tüketiminin fazla olması bütün ileri oksidasyon proseslerinin en büyük dezavantajını oluşturmaktadır. Perez ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada fenton ve fotofenton kombinasyonunun ağartma atıksularının arıtımında başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Fotofenton prosesinin kullanıldığı başka bir çalışmada (Zahrim ve

diğ., 2007) ise biyolojik arıtma öncesinde alınan kağıt atıksuyunda fotofenton ile %87.5 BOİ, %87 AKM giderimi elde edilmiştir.

5.5.4. Ozon

Kağıt atıksularının arıtımında ozon prosesinin kullanıldığı çalışmalar da vardır. Yapılan çalışmalarda yüksek ozon dozajları kullanılarak (100-300 mg/L) yüksek oranda renk (%95-97) ve %12 oranında TOK gideriminin elde edildiği belirtilmiştir (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004). Ozon prosesinin en büyük dezavantajı ozon üretiminin pahalı olması ve yarılanma ömrünün oldukça kısa olmasıdır. Ozon prosesi biyolojik arıtma öncesinde atıksuyun biyolojik arıtılabilirliğini artırmak için uygulanabildiği gibi biyolojik arıtma sonrasında atıksuyun tekrar kullanımı amaçlı da uygulanabilmektedir. Kreetachat ve diğ. (2007) biyolojik olarak arıtılmış kağıt atıksuyunun ozon prosesi ile arıtımı sonucunda %90'ın üzerinde renk giderimi elde etmişlerdir ve arıtım sonrasında atıksuyun biyolojik arıtılabilirliği yaklaşık 3 kat artmıştır.

5.5.5 Membran Filtrasyon

MBR'lar kozmetik, ilaç, tekstil, mezbaha, metal üretimi, kağıt ve kimyasal imalatı içeren çeşitli endüstriyel atıksuların arıtımında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. MBR sistemi ile çok yüksek kalitede arıtılmış su elde edilmektedir (Yigit ve diğ., 2009).

MBR'lar membran ekipmanı sayesinde arıtılmış su ve biyokütlenin fiziksel olarak filtrasyon ile ayrıldığı süspansiyon büyüme modundaki biyokimyasal oksidasyon prosesidir. Konvansiyonel aktif çamur prosesinde iki ayrı tankta gerçekleşen biyokimyasal oksidasyon (havalandırma tankında) ve su/biyokütle ayrımı (sedimantasyon ile çökeltim tankında) MBR'larda tek tankta gerçekleşmektedir. Bu tank içinde havalandırma suretiyle aktif çamur oluşturulmakta, tankın içinde suda gömülü olan membran kasetlerindeki fiberlerin ya da düz tabaka membranların çok küçük gözeneklerinden vakum uygulanarak arıtılmış su çekilmekte ve

biyooksidasyon ile karbon giderimini yapan biyokütle tank içerisinde kalmaktadır. Şekil 5.3’de membran fiberlerini içeren bir kaset gösterilmiştir.

Genellikle mikrofiltrasyon (yaklaşık 0,2 µm gözenek büyüklüğü) ya da ultrafiltrasyon (yaklaşık 0,01 µm gözenek büyüklüğü) membran üniteleri MBR’larda kullanılmaktadır. Arıtma sırasında zamanla fiberler üzerinde oluşan kek/kirlenme tabakası (foulant layer) bu gözenekleri daha da küçültmekte ve su/biyokütle ayrımını, askıda katı madde ve mikroorganizma giderme verimini artırmaktadır. Tipik bir MBR ünitesi akım şeması Şekil 5.3’de gösterilmiştir. (Yiğit vd. 2009).

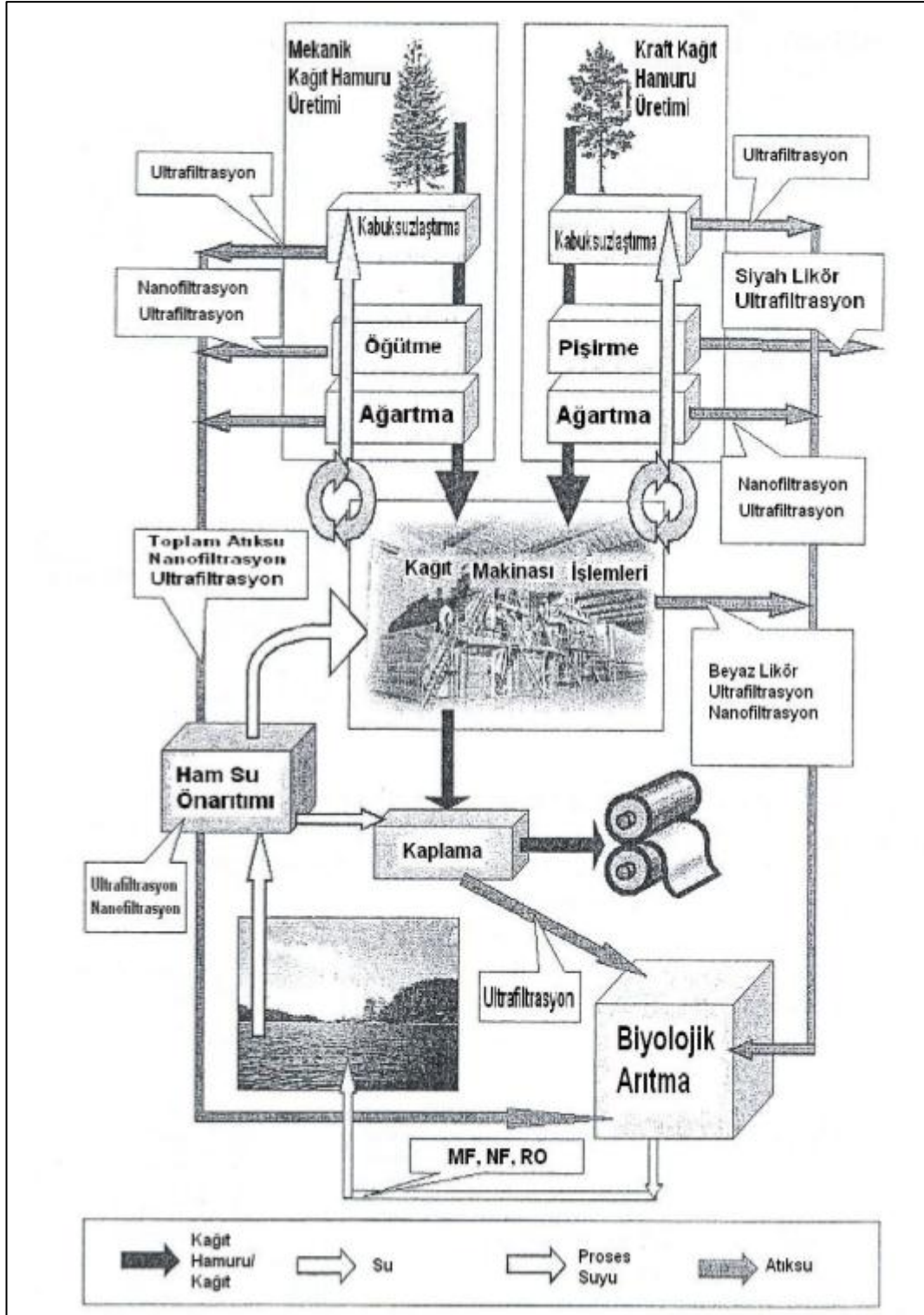


Şekil 5.3. Bir MBR membran kaseti (Yiğit vd. 2009)

Son yıllarda membran prosesler kağıt endüstrisinde “sıfır sıvı atık” oluşumu konsepti çerçevesinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu çerçevede, endüstriyel üretim sırasında oluşan proses atıksularının arıtımında ve proses atıksularından değerli maddelerin geri kazanımında (beyaz sudan elyafların giderimi vb.), mevcut arıtma tesisinin deşarj kalitesinin iyileştirilmesi ve atıksuyun geri kazanılarak proses suyu olarak tekrar kullanılmasında uygulama alanlarına sahiptir. Kağıt endüstrisi proses atıksularının membran proseslerle arıtılmasında daha çok ultrafiltrasyon membranlarının kullanımı dikkati çekmektedir. Ultrafiltrasyon membranları ile proses atıksularındaki askıda katı maddeler, koloidal maddeler, polisakkaritler, renkli bileşikler yüksek oranda giderilebilmektedir. Fakat, KOİ ve tuz giderimi sırasıyla %50 ve %10’un altında kalmaktadır. Nanofiltrasyon prosesi ile ise %80’in üzerinde KOİ giderimi elde edilebilmektedir. Ayrıca sülfat, kasiyum, magnezyum gibi iki değerlikli anyonlar da yüksek oranda giderilebilmektedir. Fakat sodyum, potasyum, klorür gibi tek değerlikli iyonların giderim verimleri düşüktür (Jokinen ve

diğ., 2004). Biyolojik olarak arıtılmış kağıt atıksularının ileri arıtılarak geri kazanımında mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmoz proseslerinin ikili kombinasyonları kullanılmaktadır. Literatürde, biyolojik olarak arıtılmış kağıt fabrikasına ait atıksuyun geri kazanılarak proses suyu olarak tekrar kullanımı için membran esaslı arıtım prosesi geliştirilmesine yönelik sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır.

Şekil 5.4'de bir kağıt fabrikasında membran proseslerin kullanım noktaları şematik olarak gösterilmektedir (Schäfer ve diğ., 2005).



Şekil 5.4. Hafif kuşeli kağıt üreten entegre bir kağıt fabrikasında membran proseslerinin uygulanma noktalarının şematik olarak gösterimi (Schäfer ve diğ., 2005)

Şekilde yer alan fabrikada hem mekanik hem de kimyasal (kraft) yöntemle kağıt hamuru üretimi yapılmaktadır. Temiz su, yalnızca kağıt makinesinde ve kaplama prosesinde kullanılmaktadır. Kullanılan temiz suyun kalitesi gerekli olduğunda ultrafiltrasyon ya da nanofiltrasyon ile artırılarak istenilen kaliteye getirilmektedir. Mekanik kağıt hamuru sirkülasyon sularının polisakkarit içeriği zengin, kimyasal kağıt hamuru sirkülasyon sularının ise pH değeri yüksek ve geri kazanılacak madde içeriği zengindir. Kaplama prosesinden kaynaklanan atıksulardan renk giderimi için ultrafiltrasyon uygun bir prosestir. Ultrafiltrasyon ile elde edilen süzüntü, fabrikada sirkülasyon suyu olarak kullanılabilir niteliktedir. Fakat yüksek organik madde giderimi ve bunun yanında tuz miktarının da azaltılması isteniyorsa nanofiltrasyon prosesi kullanılmalıdır. Özellikle kağıt makinasında yer alan keçe duşları için temiz su gerektiğinden, burada nanofiltrasyon ile arıtılmış su kullanılmalıdır. Nanofiltrasyon prosesi kullanımı sonucunda elde edilen süzüntünün klorür iyonu konsantrasyonu yüksek olduğundan oldukça korozif bir su meydana gelmektedir. Bu problem, nanofiltrasyon prosesinin elektrodializ ya da ters ozmos ile birlikte kullanımı ile çözülebilir. Fakat hibrid proseslerin kullanımı proses maliyeti açısından engelleyici olabilmektedir.

Tablo 5.3. Kağıt Sanayi Atıksularında Fizikokimyasal Proseslerin Kullanımı ile Kirlilik Konsantrasyonların Giderimine İlişkin Literatür Verileri

Fizikokimyasal Arıtma Prosesi	TAKM		KOİ		TOK		AOX		Renk		Lignin		Referans	
	Giriş (mg/L)	Verim (%)	Giriş (mg/L)	Verim (%)	Giriş (mg/)	Verim (%)	Giriş (mg/L)	Verim (%)	Giriş (mg/L)	Verim (%)	Giriş mg/L	Verim (%)		
Koagülasyon	Polie.	3620	100	4112	55,65	-	-	-	-	4667	82,58	480	98,9	Rohella vd.2001
	Alum	-	-	-	-	-	40	-	-	-	80	-	-	Ganjidoust vd. (1997)
Adsorpsiyon	Aktif Kömür	-	-	2116	>90	-	-	80.2	>90	2300	>90	-	-	Shawwa vd. (2001)
Oksidasyon	Islak Oksidasyon	-	-	10000-19000	80	3500-	80	-	-	-	-	-	-	Verenich vd.(2000)
	Ozon Fenton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	Hassan ve Hawkyard (2002)
Ozon	Ozon+UV	-	-	550	82	--	-	-	-	-	-	-	-	Oeller vd. (1997)
Membran	UF	-	-	-	85-90	-	-	-	85-91	-	93-98	-	-	Zaidi vd. 1992
	NF	-	-	-	-	-	-	-	93-96	-	99.2-99,9	-	-	
	Çözünmüş hava+UF	397	100	-	-	828	65	-	-	1747	90	-	-	De Pinho vd. (2000)
	Mikrofiltrasyon+UF	397	100	-	-	828	54	-	-	1747	88	-	-	

6. TÜRKİYE’DE KAĞIT SANAYİ ve ARITMA TESİSLERİNİN MEVCUT DURUMU

Bu bölümde selüloz ve kağıt üretimi yapan kurum ve kuruluşlarla ilgili bilgiler yer almaktadır. Arıtılmış atıksularını alıcı ortama deşarj eden sanayi tesisleri dikkate alınarak bu bölüm oluşturulmuştur. Alıcı su ortamlarında kirlenmenin önlenmesi için yapılacak uygulamalarda Resmi Gazete yayımlanarak yürürlüğe giren 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde (SSKY) yer alan maddelerin atıksularda bulunması ve alıcı ortamlara de şarjları için, bu yönetmelikte öngörülen şartlar ve sınır değerleri geçerlidir. Arıtılmış atıksuları alıcı ortama deşarj eden tesisler SSKY Madde 26 (e) bendi gereğince “gerçek veya tüzel kişiler, faaliyet türlerine göre, alıcı ortama verdikleri atıksular için bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Tablo 5’ten Tablo 21’e kadar konulan deşarj standartlarını sağlamakta yükümlüdürler.” hükmüne tabidir. Kağıt ve selüloz sanayii, SSKY’de Tablo 13. selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin atık sularının alıcı ortama deşarj standartları bölümünde yer almaktadır. Kağıt ve Selüloz Sanayinin 11 grup halinde yer aldığı bu tablolarda endüstriyel atıksu kaynakları için atıksu özelliklerinin benzerliğine ve teknolojik niteliklere göre sınıflandırılmıştır.

6.1. Ülkemizde Kağıt ve Karton Üretimi Yapan Sanayi Tesisleri

6.1.1. Ak Gıda San. ve Tic. A.Ş.

Ak Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından, Sakarya İli’ne bağlı Pamukova İlçesi, Gökgez Köyü, Beylik Yerleri Mevkii’nde bulunan 411.725,74 m²’lik alana kurulu tesiste; temizlik kağıdı üretimi yapılmaktadır. İşletmede temizlik kağıdı üretim kapasitesi 70.000 ton/yıl’dır. Kağıt üretiminden kaynaklanacak 2160 m³/gün endüstriyel atıksu ve 33 m³/gün evsel atıksuyu arıtacak şekilde fiziksel, kimyasal, DAF ve biyolojik (UHAÇ) proseslere sahip arıtma tesisi dizayn edilmiştir. Arıtma tesisi 2010 yılında işletmeye alınmış olup tesise 1777 m³/gün atıksu debisi girişi olmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suyu SSKY Tablo 13.7’de belirtilen Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayi (Saf Selülozdan Elde Edilen Çok İnce Dokulu Kağıt) standartlarını sağladıktan sonra Sakarya Nehrine arıtılmış atıksularını deşarj

etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltpress ünitesi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 192 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>). Atıksu Arıtma Tesisi Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur.

6.1.2. Dentaş Ambalaj ve Kağıt San. A.Ş.

İşletme Tekirdağ, Adana ve Denizli İllerindeki fabrikalarla oluklu mukavvva üretimi ve kağıt üretimi üzerine hizmet vermektedir. Bu çalışmada Tekirdağ Çorlu'da yer alan fabrikanın atıksu arıtma tesisi bilgilerine yer verilmiştir. (<http://www.akgida.com.tr/tr>).

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik ünitelerden (UHAÇ) oluşan 600 m³ gün kapasiteli arıtma tesisi SKKY Tablo 13.8 Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yüzey Kaplamalı, Dolgulu Kağıt) yer alan alıcı ortam deşarj standartlarını sağladıktan sonra Meriç-Ergene Havzasında yer alan ve işletme yakının geçen kuru dereye arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisi 2009 yılında işletmeye alınmıştır. Tesiste oluşan çamurların susuzlaştırılması için filtrepres ünitesi tercih edilmiş ve yılda yaklaşık 75 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>). Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Dentaş AAT Proje Raporu, 2009).

6.1.3. Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Tic. A.Ş.

Kahramanmaraş Kağıt; fluting kağıdı, gri karton, mihver karton ve test liner üretimi üzerine faaliyet vermektedir. Yıllık üretim kapasitesi toplam 150.000 ton'dur.

Atıksu Arıtma Tesisi fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma (UHAÇ) üniteleri ile çamur susuzlaştırma ünitelerinden oluşmaktadır. Arıtma tesisi 5000 m³/gün kapasiteye göre dizayn edilmiştir. Fiziksel arıtma ünitelerini, ince ve kaba ızgara, kum tutucu ve dengeleme havuzundan oluşmaktadır. Kimyasal arıtma sırasıyla koagülasyon, flokülasyon ve çökeltme ünitelerinden, biyolojik arıtma ise uzun havalandırılmalı sistem olarak seçilmiştir.

Arıtma tesisi 2007 yılında işletmeye alınmış olup tesise 5000 m³/gün atıksu debisi girişi olmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suyu Tablo 13.6: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkılı Kağıt) standartlarını sağladıktan sonra Ceyhan Havzasında yer alan Erkenez Çayına arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltpress ünitesi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 393 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>). Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesis/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (K.Maraş AAT Proje Raporu, 2008).

6.1.4. Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Havacılık Tur. San. ve Tic. A.Ş.

Gaziantep İlinde kurulu bulunan, Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Havacılık Tur. San. ve Tic. A.Ş.; atık kağıtlardan fluting kağıdı, gri karton, mihver karton ve test liner üretimi üzerine faaliyet vermektedir. AAT Proje raporundan elde edilen bilgilere göre, tesiste 20036,782 ton/yıl hurda kağıttan 10018,391 ton/yıl Gri Karton ve Şirenz Kağıt üretilmektedir. Atıksu Arıtma Tesisini fiziksel (elek), Flatasyon Havuzu ve çökeltme havuzu ünitelerinden oluşmakta olup tesis 223 m³/gün kapasiteye göre dizayn edilmiştir. Arıtma tesisi 2008 yılında işletmeye alınmış olup tesise 200 m³/gün atıksu debisi girişi olmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suyu SKKK Tablo 13. 2: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Nizip Çayına arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesis/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Yaşar Ambalaj AAT Proje Raporu, 2008).

6.1.5. Torbalı Renk Oluklu Mukavva ve Kutu San. ve Tic. AŞ.

İzmirİlinde kurulu bulunan işletmede oluklu mukavva ve oluklu mukavvadan kutu üretimi yapmakta olup, 15.350 ton/yıl atık kağıt ile 826 ton/yıl nişasta tüketilmekte ve 15.350 ton oluklu mukavva 150.283,64 adet oluklu mukavva kutu üretilmektedir.

Arıtma tesisi kapasitesi 30 m³/gün'e göre dizyn edilmiş olup fiziksel, dengeleme, kimyasal arıtma ve biyolojik (AKR) ünitelerden oluşmaktadır.

Arıtma tesisi 2009 yılında işletmeye alınmış olup tesise evsel ve proses olmak üzere toplam 30 m³/gün atıksu debisi girişi olmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suyu SKKY Tablo 13.8: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yüzey Kaplamalı, Dolgulu Kağıt) standartlarını sağladıktan sonra Fetret Çayına arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için çamur kurutma yatağı tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 131,4 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Torbalı Renk AAT Proje Raporu, 2008).

6.1.6. Sun-Ka Kağıt ve Karton San. Tic. Ltd. Şti.

Çorum İlinde kurulu bulunan işletmede 5000 ton/yıl kırpıntı kağıttan 4320 ton/yıl gri karton üretimi yapılmaktadır. Atık kağıttan önce kağıt hamuru elde edilmekte sonrasında hamur ıslak bir karışım olarak taşınabilir bir elek üzerine yayılır, hamurun suyu değişik yöntemlerle alınır ve kurutma silindirlerden geçerken kağıt haline sönüş bobinlere sarılarak depolanır (http://www.sunkapaper.com/g_don.html).

Arıtma tesisi kapasitesi 400 m³/gün'e göre dizyn edilmiş olup fiziksel, dengeleme, kimyasal ve biyolojik (UHAÇ) ünitelerden oluşmaktadır. Arıtma tesisi 2008 yılında işletmeye alınmış olup tesise evsel ve proses olmak üzere mevcuttua toplam 120 m³/gün atıksu debisi girişi olmaktadır. Arıtma tesisi, SKKY Tablo 13.10: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Kırpıntı Kağıttan İmal Edilen Kağıt) standartlarını sağladıktan sonra Kızılırmak Havzasındaki Budaközü Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için dekantör sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 150 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Sun-Ka AAT Proje Raporu, 2008).

6.1.7. Çopikas Kağıt ve Oluklu Mukavva Kutu San. Tic. A.Ş.

Çorum il sınırları içerisinde bulunan Çopikos kağıt fabrikasında 15788 ton/yıl kağıt, 27000 ton/yıl oluklu mukavva ve 34895 ton/yıl kutu üretimi yapılmaktadır. SKKY Arıtma tesisi kapasitesi 825 m³/gün proses 15m³/gün evsel atıksuya göre dizayn edilmiş olup ızgara, havalandırmalı kum tutucu, DAF, kimyasal ve biyolojik (UHAÇ) ünitelerden oluşmaktadır. SKKY Tablo 13.10: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Kırpıntı Kağıttan İmal Edilen Kağıt) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Yeşilirmak Havzasındaki Derinçay Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltfilter sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 63 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Çopikas AAT Proje Raporu, 2007).

6.1.8. Mondi Tire Kutsan Oluklu Mukavva ve Kağıt San. A.Ş.

Tekirdağ İli, Çorlu İlçesinde kurulu bulunan işletmede, 53.760.000 m²/yıl olmak üzere oluklu mukavva kutu üretimi yapılmaktadır. Atıksu arıtma tesisi 25 m³/gün proses ve 15 m³/gün evsel atıksuyu arıtmak üzere 40m³/gün olarak dizayn edilmiştir. Arıtma tesisi fiziksel arıtma, dengeleme, kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma (UHAÇ) ünitelerinden oluşmaktadır.

SKKY Tablo 13.8: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yüzey Kaplamalı, Dolgulu Kağıt) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Kurtdere Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için filtrepress sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 2,65 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Tire Kutsan AAT Proje Raporu, 2009).

6.1.9. Zigana Kağıt Ambalaj Mak. Nak. Pazar. San. ve Tic. Ltd. Şti.

İzmir İlinde kurulu bulunan işletmede, kırpıntı kağıttan natürel ve beyaz kağıt üretimi yapılmaktadır. Tesiste 2400 ton/yıl kırpıntı kağıt, 2996 ton/yıl selüloz 56 ton/yıl kostik kullanılmakta olup toplam 5993 ton/yıl natürel ve beyaz kağıt üretimi yapılmaktadır. Arıtma tesisi 392 m³/gün proses 8 m³/gün evsel atıksuyu arıtmak üzere 400 m³/gün'e dizayn edilmiştir. Arıtma tesisi fiziksel arıtma, dengeleme, kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma (UHAÇ) ünitelerinden oluşmakta olup SKKY SKKY Tablo 13.10: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Kırpıntı Kağıttan İmal Edilen Kağıt) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra İnecek Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltfiltre sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 372 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesis/ Derin Deniz Deşarjı Tesis Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Zigana AAT Proje Raporu, 2007).

6.1.10. Modern Karton ve San. Tic. A.Ş.

Tekirdağ İli, Çorlu ilçesinde kurulu bulunan işletme, hurda kağıttan ve sap-samandan fluting, testliner (beyaz ve esmer), imitasyon Kraft üretimi yapılmaktadır. Tesiste 750.000ton/yıl hurda, 89000 ton/yıl saman, 97445 ton/yıl selüloz kullanılmaktadır . (<http://www.modernkarton.com.tr/>). Arıtma tesisinin dizayn kapasitesi 17.040 m³/gün olup tesis 1999 yılında işletmeye alınmıştır. Arıtma tesisi ön çöktürme ünitelerinin yer aldığı fiziksel arıtma, ön asidifikasyon havuzu, Anerobik arıtma (IC Reaktör) ve aerobik arıtma (UHAÇ) ünitelerinden oluşmaktadır. Arıtma Tesis, Tablo 13. 2: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Ergene Nehrine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltfiltre sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 8760 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesis/ Derin Deniz Deşarjı Tesis Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayından muaf tutulmuştur(<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.11. Modern Oluklu Mukavva Ambalaj San. ve Tic. A.Ş.

Tekirdağ İlinde kurulu bulunan Modern Oluklu Mukavva Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. Ambalaj, 1997 yılında Eren Holding'in Kağıt Grubu yatırımlarına paralel olarak Modern Karton'un ürettiği ambalaj kağıtlarını son ürüne dönüştürmek ve entegre bir üretim tesisi yaratmak amacıyla 50.000 ton/yıl üretim kapasitesi ile kurulmuştur. Oluklu mukavva ve kutu üretim hatlarıyla 1997 yılında faaliyetine başlayan Çorlu Fabrikası kapasite ve teknoloji artırımı için yapılan yeni yatırımlarla 100.000 ton /yıl üretim kapasitesine ulaşmıştır. Üretiminde ise % 100 atık kağıt kullanılmaktadır . (<http://www.modernkarton.com.tr/>).

Arıtma tesisinin dizayn kapasitesi 210 m³/gün olup tesis 2010 yılında işletmeye alınmıştır. Arıtma tesisi ön çöktürme ünitelerinin yer aldığı fiziksel arıtma, kimyasal ve aerobik arıtma (AKR) ünitelerinden oluşmaktadır. Arıtma Tesisi, Tablo 13.6: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkılı Kağıt) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Çorlu Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için filtrepres sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 115 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.12. Kipaş Kağıt San. İşletmeleri

Kahramanmaraş İlinde kurulu bulunan işletmede atık kağıttan toplam 665.000 ton/yıl gri karton, fluting ve test liner üretimi yapılmaktadır. Kipaş Fabrikası'ndan çıkacak endüstriyel ve evsel nitelikli atıksuları arıtacak tesis, fiziksel, kimyasal ve anaerobik ve aeroik arıtım ünitelerinden oluşmaktadır. Anaerobik proseste, IC teknolojisi uygulanmakta olup, tam kapasitede tesiste günde 24.000 m³/gün biyogaz üretilmekte olup 141.120 kWsa/gün enerji değerine sahiptir.

Arıtma tesisinin dizayn kapasitesi 13.560 m³/gün olup tesis 2013 yılında işletmeye alınmıştır. Arıtma Tesisi, Tablo 13.6: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkılı Kağıt) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Ceyhan Havzasında yer alan Aksu Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltfilter sistemi tercih edilmiş

olup yılda yaklaşık 14.400 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (Kipaş AAT, 2012).

6.1.13. Hayat Kağıt ve Enerji San. Tic. A.Ş.

Çorum ilinde bulunan fabrikada 2004 yılından beri oluklu mukavva kâğıdı üretimi yapılmakta olup yıllık toplam 45 bin ton üretim gerçekleştirilmektedir. Arıtma tesisi 1700 m³/gün atıksuyu arıtmak üzere dizayn edilmiştir. Arıtma tesisi fiziksel arıtma(ızgara), dengeleme, kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma (UHAÇ) ünitelerinden oluşmaktadır. Arıtma Tesisi, Tablo 13.6: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkılı Kağıt) göre deşarj standartlarını sağladıktan sonra Yeşilirmak Havzasında bulunan Derinçay Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisinde oluşan çamurların susuzlaştırılması için beltfiltre sistemi tercih edilmiş olup yılda yaklaşık 330 ton arıtma çamuru oluşmaktadır. Atıksu Arıtma Tesisinin Bakanlığımızca yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi çerçevesinde proje onayı mevcuttur (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.14. Levent Kağıt San. ve Tic. A.Ş.

İzmir İlinde kurulu bulunan tesis, günde 80 ton olmak üzere endüstriyel ve temizlik kâğıdı üretimi yapmaktadır. Üretimde ise selülozun yanı sıra atık kağıt kullanılmaktadır (<http://www.leventkagit.com.tr/>). İşletmeye ait arıtma tesisinin kapasitesi 2000 m³/gün ızgara, kimyasal arıtma ve aerobik arıtma (UHAÇ) ünitelerinden oluşmakta olup; SKKY Tablo 13.10: Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Kırpıntı Kağıttan İmal Edilen Kağıt) standartlarını sağladıktan sonra Gediz Havzasındaki Nif Çayına arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisi 2001 yılında kurulmuş olup Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak dekantör seçilmiş olup yılda 8.750 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.15. Marmara Kağıt ve Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş

Bilecik İlinde kurulu bulunan Marmara Kağıt ve Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. işletmesinde yapılan üretimin hammaddesi atık kağıt olarak tabir edilen kullanılmış selüloz, hurda kağıtlar ve buğday samanıdır. Kullanılan hammadde özelliklerinin yeterli olmaması durumunda veya prosesin doğrudan gereği olarak, üretilen kağıdın belirlenen fiziksel özellikleri taşıyabilmesi için yardımcı maddeler olarak adlandırılan çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. İşlemler sonrasında elde edilen kağıt hamuru, kağıt makinasında, oluklu mukavva üretiminde kullanılan, Saman Fluting , Test Liner ve Marmara Kraft tipi kağıt haline getirilmektedir (<http://www.marmarakagit.com/>). 1987 yılında işletmeye alınan atıksu arıtma tesisinin kapasitesi 2500 m³/gün olup fiziksel, kimyasal ve biyolojik (UHAÇ) proseslerden oluşmaktadır. SKKY Tablo Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi) standartlarını sağladıktan sonra Skarya Havzasındaki Karasu Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesisi 1987 yılında kurulmuş olup Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak beltpress seçilmiş olup yılda 384 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.16. Oyka Kağıt Ambalaj Sanayii ve Tic. A.Ş.

İşletme Zonguldak İli, Çaycuma İlçesinde 1971 yılında kurulan SEKA Çaycuma Fabrikası'nı 2003 yılında OYKA Kağıt Ambalaj San. ve Tic. A.Ş tarafından alınmıştır. OYKA Kağıt Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde Kraft kağıt ve kraft kağıttan mamül torba üretimi konularında faaliyet göstermektedir. Kağıt üretiminde yıllık üretim kapasitesi 100.000 ton / yıl olup, Kağıt torba üretiminde 220 milyon adet / yıl'dır. 2003 yılında satın alınan, Türkiye'nin faaliyet gösteren tek entegre kraft kağıt fabrikası olan tesis, yıllık 100.000 ton kağıt üretme kapasitesine sahiptir. (<http://www.oyka.com.tr/tr>).

İşletmeye ait arıtma tesisi fiziksel arıtma (ızgara), kimyasal arıtma ve anaerobik/aerobik stabilizasyon havuzları ünitelerinden oluşmakta olup SKKY Tablo

13.4. Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Saf Selüloz Üretimi) deşarj standartlarını sağladıktan sonra Batı Karadeniz Havzasındaki Filyos Deresine arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesislerinin kapasitesi 22000 m³/gün'e dizayn edilmiş olup mevcutta 9500 m³/gün atıksu debisine sahiptir. Stabilizasyon havuzları biri anaerobik diğeri ikisi aerobik lagünlerden oluşmakta toplam 50.000 m²'lik alana kurulmuştur. Arıtma tesisi 1995 yılında kurulmuş olup Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak dekantör seçilmiş olup yılda yaklaşık 500 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.17. Mopak Kağıt-Karton Sanayi ve Ticaret AŞ

Muğla İlinde kurulu bulunan işletme, 200.000 ton/yıl kağıt işleme kapasitesi, 85.000 ton/yıl selüloz, 180.000 ton/yıl 1.hamur kağıt, 72.000 ton/yıl kuşe ve 85.000 ton/yıl karton üretimi ile 1926 yılından hizmet vermektedir. Mopak Muğla-Dalaman işletmesine ait atıksu arıtma tesisi 1970 yılında işletmeye alınmıştır.

İşletmeye ait arıtma tesisi fiziksel arıtma (ızgara), kimyasal arıtma ve aerobik lagün havuzlarından oluşmakta olup SKKY Tablo 13.9 Sektör: Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (% 5 ten Fazla Odun Lifleri İhtiva Eden Ancak Kırpıntı Kağıt Yüzdesi Yüksek Olmayan Kağıt) deşarj standartlarını sağladıktan sonra derin deniz deşarjı ile arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesislerinin kapasitesi 25.000 m³/gün'e dizayn edilmiş olup mevcutta 5000 m³/gün atıksu debisine sahiptir. Arıtma tesisi 1970 yılında kurulmuş olup Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak beltpress seçilmiş olup yılda yaklaşık 2250 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.18. Viking Kağıt ve Selüloz A.Ş.

İzmir'in Aliağa ilçesinde Türkiye'nin ilk özel kağıt fabrikası olan işletme 1971 yılında 13.500 ton/yıllık kapasitesi ile tek yüzlü perdahlı sargılık, baskılık ve laminasyonluk kağıt üretimine başlamıştır (<http://www.viking.com.tr/>).

İşletmeye ait arıtma tesisi fiziksel arıtma (ızgara), kimyasal arıtma ve aerobik havuzdan (UHAÇ) oluşmakta olup SKKY Tablo 13.5, 13.6 ve 13.10 deşarj standartlarını sağladıktan sonra Güzelhisar Çayına arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. Arıtma tesislerinin kapasitesi 4060 m³/gün'e dizayn edilmiş olup mevcutta 3043 m³/gün atıksu debisine sahiptir. Arıtma tesisi 1996 yılında kurulmuş olduğundan Bakanlığımız Atıksu Arıtma/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak beltpress seçilmiş olup yılda yaklaşık 6500 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.19. Tezol Tütün Kağıt San. ve Tic. A.Ş.

Tezol Tütün, Kâğıt San ve Tic. A.Ş. işletmesi İzmir İlinde 1932 yılında kurulmuş olup tesis temizlik kâğıtları üretimi alanında faaliyet göstermektedir. Günde 150 ton kapasiteyle üretim yapmakta olan firma, kutu mendil, peçete, tuvalet kağıdı, dispenser havlu ve mutfak havlusu üretiminde hammadde olarak kullanılan kağıt bobinlerinin üretmektedir (<http://www.tezol.com.tr/kurumsal.html>). Firma bünyesinde biri 1.000m³/gün diğeri 550 m³/gün olmak üzere iki adet atıksu arıtma tesisi mevcuttur.

İşletmeye ait arıtma tesisleri fiziksel arıtma (ızgara), kimyasal arıtma ve aerobik (UHAÇ) ünitelerinden oluşmakta olup 1.000m³/gün'lük tesis SKKY Tablo 13.7 ve 13.10 deşarj standartlarını ve 500 m³/günlük tesis ise SKKY Tablo 13.7^de yer alan deşarj standartlarını sağladıktan sonra Küçük Menderes Havzasındaki Fetret Çayına arıtılmış atıksularını deşarj etmektedir. 1000 m³/gün kapasiteli Arıtma tesisi 2010 yılında kurulmuş olup Atıksu Arıtma/Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onayı mevcuttur. 550 m³/gün kapasiteli Arıtma tesisi ise 2004 yılında önce kurulmuş olduğundan Bakanlığımız Atıksu Arıtma/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak beltpress seçilmiş olup yılda yaklaşık her iki tesisten toplam 264 ton/yıl arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.1.20. Olmuksa -İnternational Paper Ambalaj San. Tic. A.Ş.

1977 yılında Edirne’de kurulan tesis, oluklu mukavva üretiminde ülkemizin büyük kapasiteli tesislerden biridir. Yılda 65.000 ton kağıt üretim kapasitesine sahip tesis atık kağıdı fluting ve liner cinsi kağıtlara dönüştüren tesislerine kağıt sağlamaktadır (<http://www.olmuksan-ipaper.com/>).

İşletmeye ait arıtma tesisi fiziksel arıtma (ızgara), kimyasal arıtma ve aerobik havuzdan (UHAÇ) oluşmakta olup SKKY Tablo 13.2 Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi)deşarj standartlarını sağladıktan sonra Meriç-Ergene Havzasında yer alan Sazlıdere’ye arıtılmış atıksularınıdeşarj etmektedir. Arıtma tesislerinin kapasitesi 2500 m³/gün’e göre dizayn edilmiş olup mevcutta 2200 m³/gün atıksu debisine sahiptir. Arıtma tesisi 1987 yılında kurulmuş olduğundan Bakanlığımız Atıksu Arıtma/ Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi hükümleri gereğince onay işlemlerinden muaf tutulmaktadır. Bununla birlikte tesiste çamur susuzlaştırma ünitesi olarak beltpress seçilmiş olup yılda yaklaşık 1800 ton arıtma çamuru oluşmaktadır (<http://online.cevre.gov.tr/>).

6.2. Türkiye’deki Mevcut Atıksu Arıtma Tesislerinin Durumu

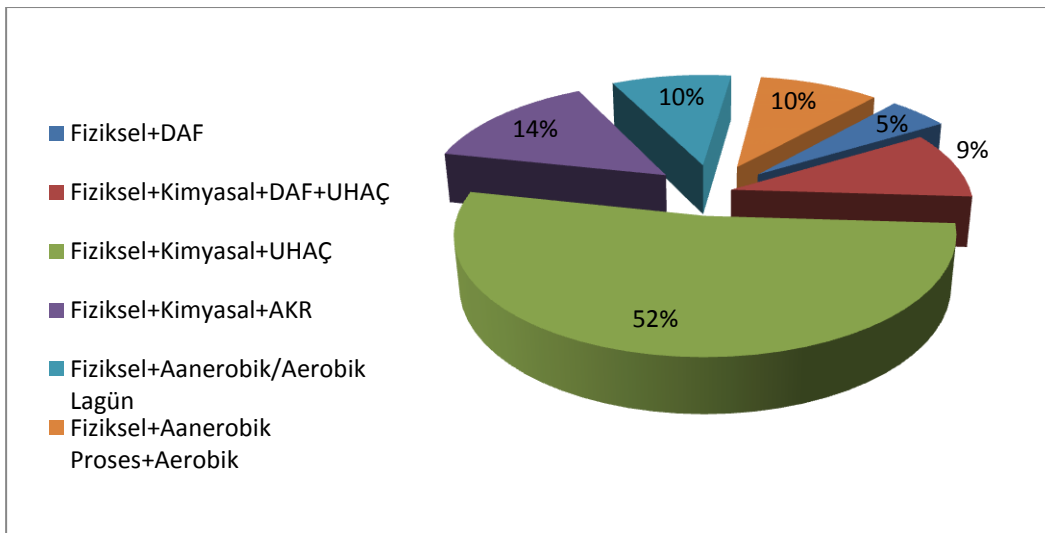
En uygun arıtma teknolojisi kavramı ön veya tam arıtma yapacak bir işletmenin atıksu debi ve karakterizasyona bağlı olarak kendi özel şartlarını da dikkate alarak yeterli ve güvenli bir arıtma tesisi kurması olarak ifade edilmektedir. Genel olarak bir atıksu arıtma tesisi kurulurken aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulmalıdır;

- Deşarj limitlerini sağlamada yeterlilik ve güvenilirlik,
- Yer ihtiyacı,
- İşletme maliyeti, enerji sarfıyatı,
- işletme kolaylığı,
- kendi kendine denetim imkanı ve otomasyon,
- Çamur kontrolü ve tasfiyesi,
- Geri kazanma imkanları,
- Kullanılan ekipmanların malzeme ve kalitesi,
- İşçilik Kalitesi,

-Bakım ve yedek parçası olarak ifade edilmektedir (Demir vd. 2000).

Kağıt endüstrisi, en fazla atıksu üreten endüstriler arasındadır ve oluşan atıksuyun özellikleri üretilen kağıdın tipine ve kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak kağıt sanayi atıksuları yüksek organik kirliliğe ve yüksek askıda katı madde konsantrasyonlarına sahip atıksular oldukları için çoğunlukla biyolojik arıtma işlemleri kullanılarak arıtılmaları tercih edilmektedir. Ancak, içerdikleri zor parçalanabilir maddeler nedeniyle biyolojik arıtmada arıtılmaları her zaman iyi sonuç vermemektedir. Bu durumda kimyasal arıtma, kimyasal oksidasyon, anaerobik arıtma vb. alternatifler de değerlendirilmektedir. Uygun arıtma alternatifi belirlenirken en önemli hususlardan birisi de yatırım ve işletim maliyetidir.

Şekil 6.1’de alıcı ortama deşarj eden ve Bakanlığımızca onaylanan veya muaf tutulan projeler ile Bakanlığımız Atıksu Arıtma Tesisi Bilgi Sisteminden alınan bilgiler doğrultusunda mevcut 21 adet kağıt sektörüne ait atıksu arıtma prosesleri değerlendirilmiştir. Kağıt endüstrisi atıksularının arıtılması için genellikle fiziksel arıtma işlemlerini takiben kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma gerekmektedir.



Şekil 6.1. Türkiye’de Kağıt Sektöründe Tercih Edilen Arıtma Prosesi Türlerinin Dağılımı

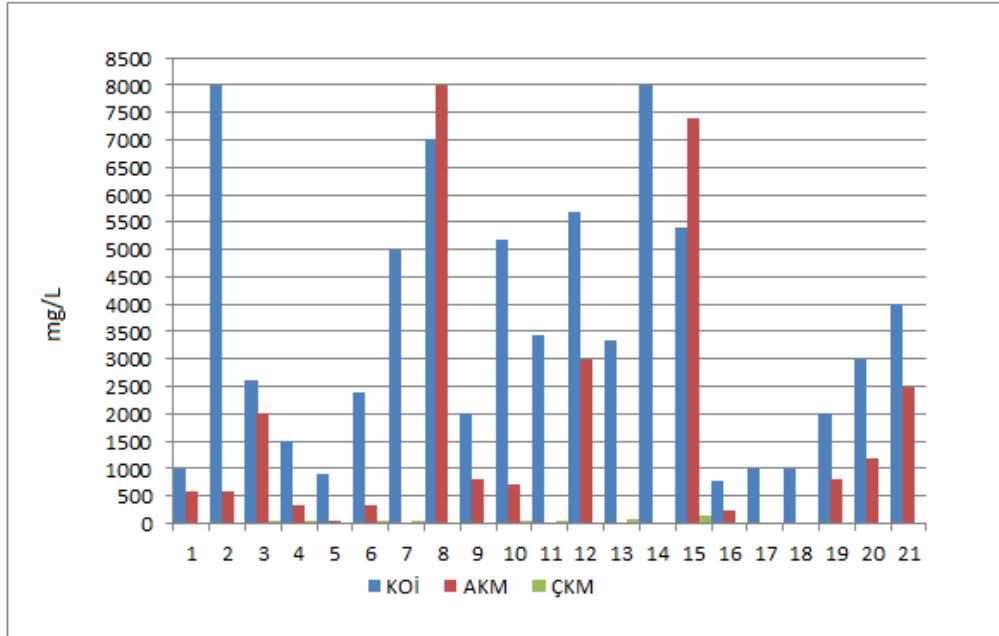
Şekil 6.1’den de görüldüğü üzere kağıt endüstrileri atıksularının arıtımı için fiziksel, kimyasal ve uzun havalandırılmalı aktif çamur sisteminin tercih edildiği kombine arıtma türü daha çok tercih sebebi olmuştur. Teknolojilerin tercih sebepleri arasında

en önemli kriterlerin ise kirlilik konsantrasyonu ve debi olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte fiziksel, kimyasal ve biyolojik (AKR) proseslerin kombinesinden oluşan arıtma tesisleri debinin 250 m³/gün ve altında olan işletmelerde tercih edilmiştir. Debisi 5000 m³/gün üzeri olan işletmelerde ise fiziksel, kimyasal ve anaerobik ve aerobik proseslerin kombine edildiği arıtma tesisi ile fiziksel kimyasal ve aerobik lagün sistemlerin tercih edildiği görülmüştür. Fiziksel, kimyasal ve anaerobik (IC Reaktör) ve aerobik proseslerin yer aldığı tesisler son yıllarda inşaatı yapılmış ve işletmeye alınmıştır. Bu proseslerin tercih sebebi ise yüksek debi ve yüksek kirlenici konsantrasyondan dolayı anaerobik proses ile enerji kazanımı elde etmektedir. Lagün sistemlerde yüksek debili kağıt sanayi tesislerinde tercih sebebi olmuştur ancak bilinmelidir ki bu tesisler ise 1900'lü yıllarda işletmeye alınmıştır.

Şekil 6.2'de kağıt endüstrisine ait atıksu karakterizasyonu değerlendirildiğinde diğer sektörlere oranla kirlilik konsantrasyonlarından KOİ değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun en önemli sebebi ise atıksu içeriğinde çözünmüş halde bulunan lignindir (Pokhrel ve Viraraghavan, 2004). Şekil 6.2'de görüldüğü üzere ülkemizdeki kağıt endüstrilerinde KOİ değeri 800-8000 mg/L aralığında AKM konsantrasyon değeri ise 30-7000 mg/L aralığında değişim göstermektedir. Bu durum üretilen kağıt türüne ve işletmede tercih edilen proses tipine bağlı olarak kağıt sanayi atıksuyunun gerçekten çok geniş bir yelpazede farklı yapıda kirlenici içerdiği söylenebilir. Atıksuların arıtılmasında karşılaşılan problemlerin çözümlenmesi ve arıtımda yüksek verim elde edilmesi için atıksuyun bileşiminin ve kimyasal yapısının bilinmesi ve tayin edilmesi de bu açıdan önemlidir.

Tablo 6.1. Ülkemizde alıcı ortama deşarj eden ve atıksu arıtma tesisine sahip işletmeler

1	Ak Gıda San. ve Tic. A.Ş.
2	Dentaş Ambalaj ve Kağıt San. A.Ş.
3	Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Tic. A.Ş.
4	Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Hav. Turizm San. Tic. A.Ş.
5	Torbalı Renk Oluklu Mukavva ve Kutu San. ve Tic. A.Ş.
6	Sun-Ka Kağıt ve Karton San. ve Tic. Ltd. Şti.
7	Çopikas Çorum Kağıt ve Ambalaj San. ve Tic. A.Ş.
8	Mondi Tire Kutsan Oluklu Mukavva ve Kağıt San. A.Ş.
9	Zigana Kağıt Ambalaj Makina Nak. Pazar. San. ve Tic. Ltd. Şti.
10	Modern Karton ve San. Tic. A.Ş.
11	Modern Oluklu Mukavva Ambalaj San. ve Tic. A.Ş.
12	Kipaş Kağıt San. İşletmeleri
13	Hayat Kağıt ve Enerji San. Tic. A.Ş.
14	Levent Kağıt San. ve Tic. A.Ş.
15	Marmara Kağıt ve Ambalaj Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi
16	Oyka Kağıt Ambalaj Sanayii ve Tic. A.Ş.
17	MOPAK Kağıt-Karton Sanayi ve Ticaret Aş
18	Viking Kağıt ve Selüloz A.Ş.
19	Tezol Tütün Kağıt San. ve Tic. A.Ş.-1
20	Tezol Tütün Kağıt San. ve Tic. A.Ş.-2
21	Olmuksan İnternational Paper ve Ambalaj San. Tic. A.Ş.

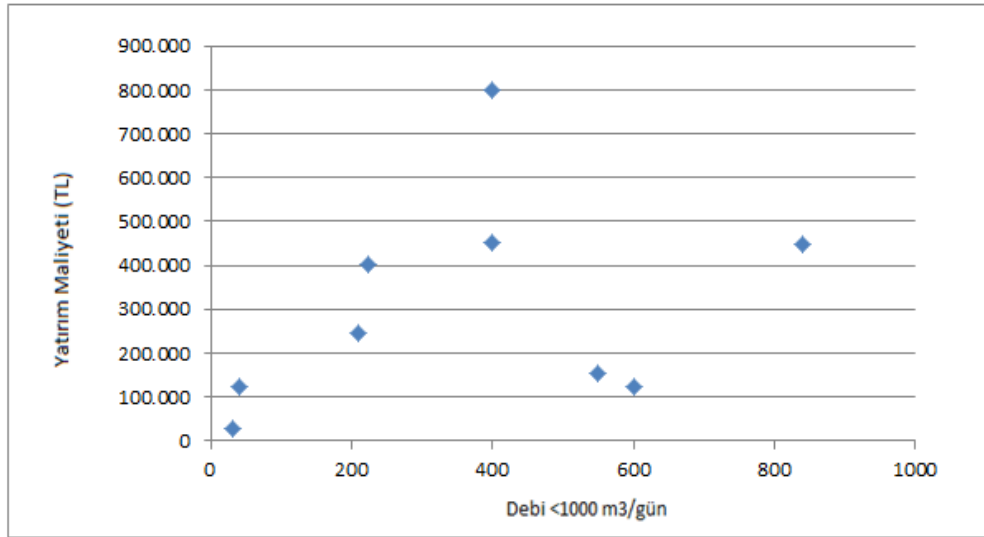


Şekil 6.2. Türkiye'deki mevcut kağıt endüstrisi AAT giriş atıksu kirlilik değerleri

6.2.1. Gerçekleştirilen İlk Yatırım Maliyeti ile Debi Bağlantısı

Atıksu arıtma tesisleri projelendirilirken ilk yatırım maliyeti genel kapsamda inşaat maliyeti, mekanik ekipman maliyeti ve elektrik maliyeti dikkate alınarak yapılmaktadır. Bununla birlikte; taşıma, tesisat, laboratuvar, projelendirme ve kontrolörlük vb. maliyet kalemlerinde ilk yatırım maliyetinde değerlendirilmektedir.

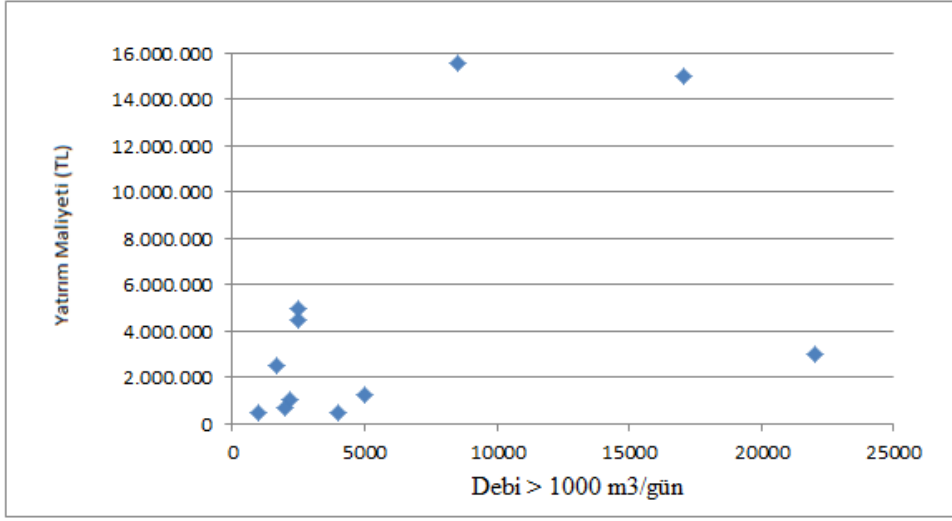
AAT ilk yatırım maliyeti önemli oranda hizmet edeceği atıksu kapasitesine (debi) bağlıdır. Bu çalışmada kullanılan verilerin tamamı işletmede olan ve ÇŞB tarafından onaylanan AAT'lerden alınmış gerçek verilerdir. Debi aralığı 30-1.000 m³/gün olan ve alıcı ortama deşarj eden 9 adet kağıt ve selüloz endüstrisi atıksu arıtma tesisinin ilk yatırım verileri kullanılarak debi ile bağıntıları Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3. İlk yatırım maliyetinin debiye (1000 < m³/gün) göre değişimi

Atıksu debisi 1.000 m³/gün ve altında olan işletmelerde ağırlıklı olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik(aerobik) prosesler tercih edilmektedir. Şekil 6.3'den de görüldüğü üzere 1.000 m³/gün ve altında olan işletmelerde kağıt endüstrisinde aynı proses seçilmesine rağmen yatırım maliyetlerindeki farklılık debilerden ve bu tesislerin bir kısmının ülkemizde 1900'lü yıllarda inşaa edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Debi aralığı 1.000-22.000 m³/gün olan ve alıcı ortama deşarj eden 11 adet kağıt ve selüloz endüstrisi atıksu arıtma tesisinin ilk yatırım verileri kullanılarak debi ile bağıntıları Şekil 6.4'te verilmiştir.



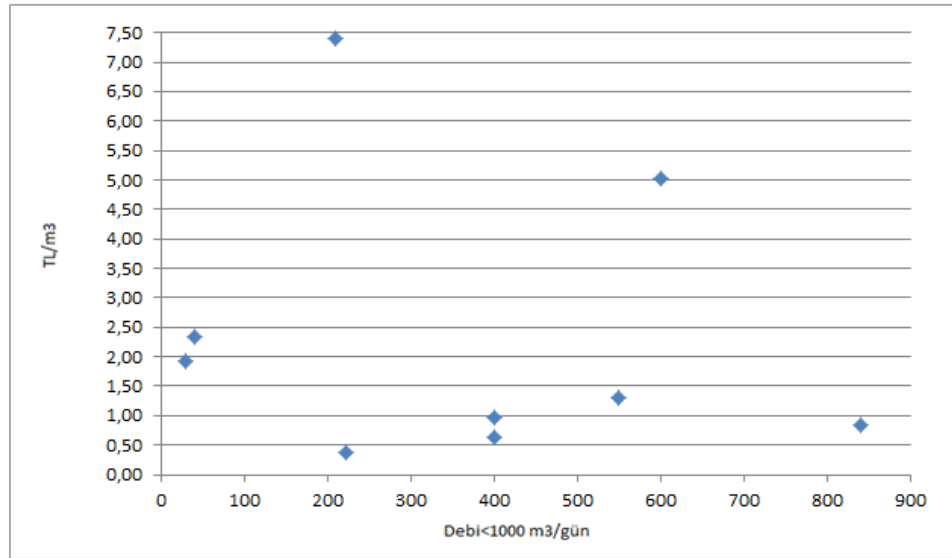
Şekil 6.4. İlk yatırım maliyetinin debiye ($1000 > m^3/gün$) göre değişimi

Şekil 6.4’de kağıt endüstrilerine ait AAT kapasitesi $5.000 m^3/gün$ ’ün altında dizayn edilen tesislerin yatırım maliyeti 5 milyon TL’nin altında olduğu, $5.000 m^3/gün$ ve üzerinde AAT kapasitelerin artması durumunda ise yatırım maliyetinin arttığı gözlenmektedir. Bununla birlikte evsel atıksu arıtma tesislerinde ise debi arttıkça m^3 başına düşen ilk yatırım maliyeti azalmaktadır (Topbaş, 2010). Bu durum kağıt endüstrilerinde debi ve kirlilik yükü arttıkça kullanılan arıtma teknolojisinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Debisi $5.000 m^3/gün$ ve üzeri AAT’lerde teknoloji olarak anaerobik arıtım proseslerin tercih edildiği görülmüştür. Bilindiği üzere Anaerobik arıtma teknolojisi yüksek yatırım maliyetinin yanısıra yüksek arıtma verimliliği, bir yan ürün olarak enerji elde edilebilmesi ve düşük biyolojik çamur üretimi gibi nedenlerle yüksek kirlilikteki endüstriyel atıksuların, hayvan gübrelerinin, arıtma tesisi çamurlarının arıtımında yoğun olarak kullanılmaktadır (Öztürk, 1999)

6.2.3. Gerçekleştirilen İşletme Maliyeti ile Debi Bağlantısı

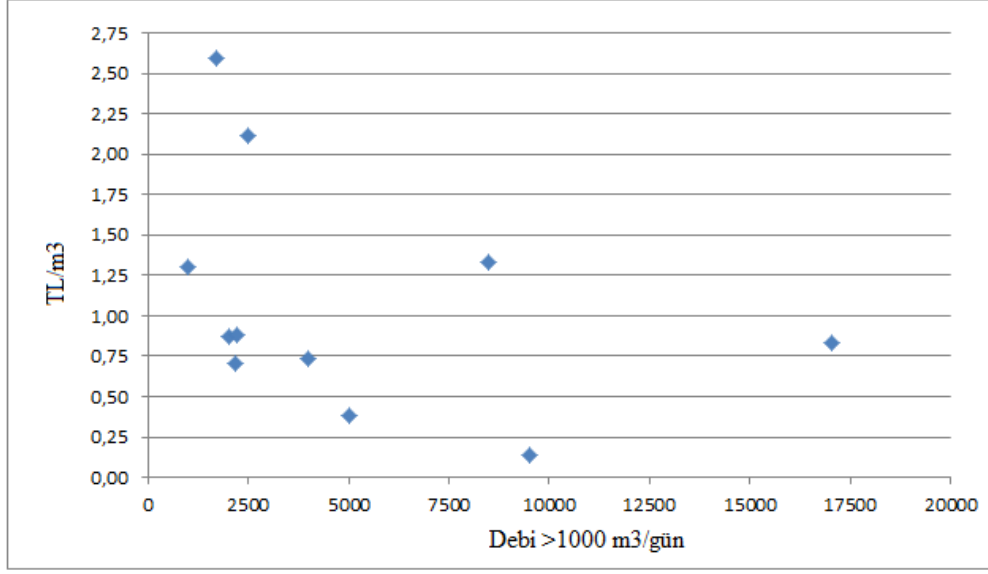
Bakanlığımızca onaylanan atıksu arıtma tesisi proje onay dosyalarında işletme maliyeti, elektrik tüketimi, kimyasal tüketimi, personel giderleri, bakım onarım, çamur bertaraf giderleri olmak üzere temelde beş farklı maliyet kaleminde değerlendirilmektedir. İşletme maliyetleri göz önüne alındığında da çamur bertaraf

maliyetleri büyük bir paya sahiptir. Kimyasal arıtmanın kullanıldığı tesislerde ise kimyasal madde sarfiyatının büyük maliyet getirdiği düşünülmekle birlikte bu durumun işletme maliyetine yansıdığı tespit edilmiştir. Ancak, toplama bakıldığında kimyasal madde sarfiyatından kaynaklanan işletme maliyeti sadece %13'lük paya sahiptir (Köken ve Büyükkamacı, 2010). Ülkemizde en çok tercih edilen fiziksel kimyasal ve uzun havalandırmalı aktif çamur prosesinin kullanıldığı bir arıtma tesisinde işletme maliyetleri göz önüne alındığında çamur oluşum miktarı ve bertaraf maliyetleri azalsa da uzun havalandırma klasik aktif çamura göre daha verimli bir sistem olduğundan toplam işletme maliyeti düşmekte, bu sebeple de çamur bertaraf maliyetinin payı büyümektedir. Şekil 6.5'de atıksu debisi 1000m³/gün ve altı olan tesislerin arıtılan m³ atıksu başına düşen işletme maliyeti durumu görülmektedir.



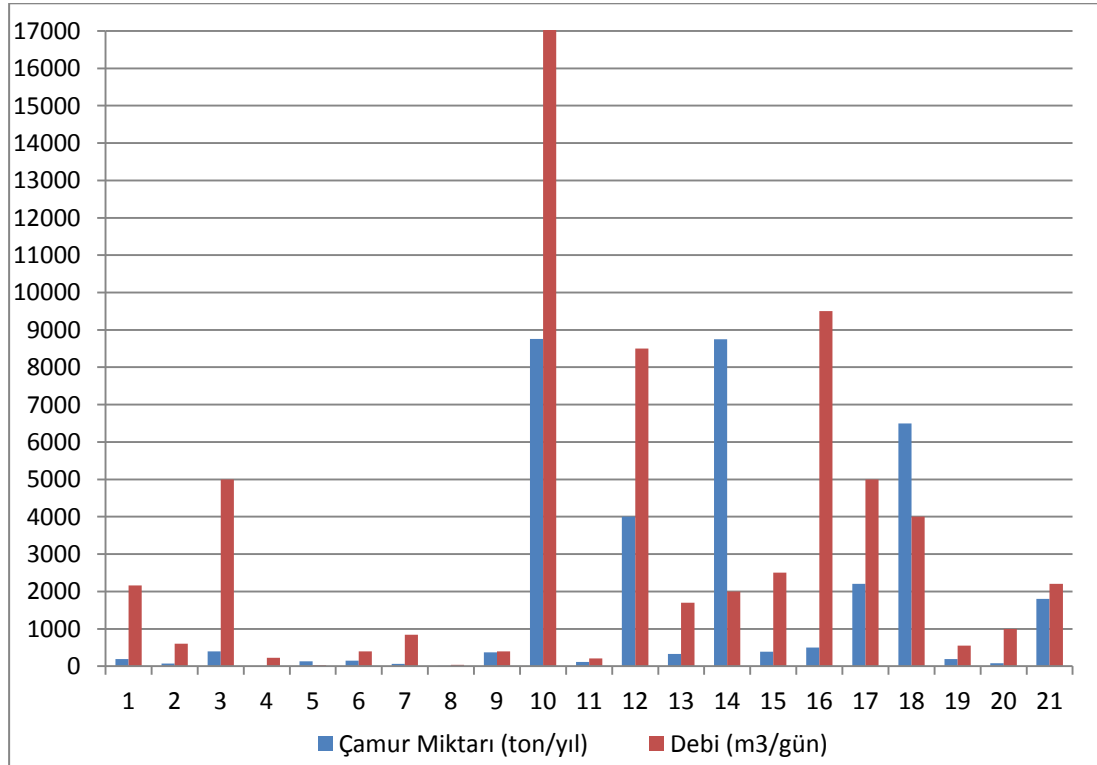
Şekil 6.5. Atıksu debisi <1000m³/gün ve altı olan tesislerin işletme maliyeti durumu

Arıtılan birim atıksu başına düşen işletme maliyeti 0,38-7,40 TL arasında değişim göstermektedir. Şekil 6.5'de arıtılan atıksu debisi yaklaşık 210 m³/gün olan iki tesisin birim işletme maliyetlerinin farklı olduğu görülmektedir. İşletme maliyetinde farklılığın sebebi tesislerden birinin fiziksel, flotasyon ve çökeltim ünitelerinden oluşan prosese sahip olması diğerinin ise fiziksel, kimyasal ve biyolojik (UHAÇ) proseslerden oluşmasıdır. Grafikten genel olarak atıksu debisi arttıkça birim işletme maliyetinin düştüğü anlaşılmaktadır.



Şekil 6.6. Atıksu debisi >1000m³/gün olan tesislerin işletme maliyeti durumu

Şekil 6.6'da atıksu debisi 1000m³/gün ve üzeri olan tesislerin arıtılan m³ atıksu başına düşen işletme maliyeti durumu görülmektedir. Arıtılan birim atıksu başına düşen işletme maliyeti 0,14-2,59 TL arasında değişim göstermektedir. Grafikten genel olarak atıksu debisi arttıkça birim işletme maliyetinin düştüğü görülmektedir.

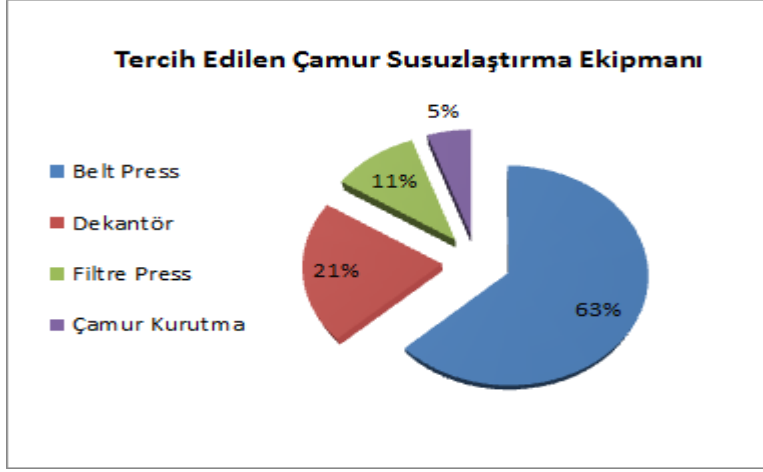


Şekil 6.7. Debiye bağlı olarak oluşan çamur miktarı

Şekil 6.7’de anaerobik proses tercih edilen 10 ve 12 numaralı işletmeler en yüksek debilere sahip olduğu ve bu yüksek debiye oranla daha az çamur miktarı oluştuğu görülmektedir. 12 ve 16 numaralı işletmelerde ise atıksu debileri yakın olmasına rağmen oluşan çamur miktarına bakıldığında lagün sistemlerde anaerobik proseslere oranla daha az çamur oluştuğu gözlenmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atıksu Arıtma Tesisler Teknik Usuller Tebliği’nde Havalı Lagünlerde çamur birikimin çok az olduğu ve birkaç birkaç yılda uzaklaştırıldığı ifade edilmektedir. Ancak söz konusu lagünler için geniş arazi alanlarına ihtiyaç duyulması bu sistemlerin dezavantajlarıdır.

Bununla birlikte 2, 3, 6, 9,13, 14, 15, 18, 19, 20 ve 21 numaralı işletmelerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik (UHAÇ) prosesleri tercih edilmiş olup bu işletmelerden sadece 14 ve 18 numaralı işletmelerde oluşan çamur miktarı debi oranından yüksek elde edilmiştir. Bu durumun nedenleri ise kimyasal proseslerde kullanılan kimyasal tüketimlerinin optimum olmadığı ya da işletmeler tarafından Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atıksu Arıtma Tesisi Bilgi Sistemine girilen çamur miktarlarının güvenilir sonuçlarda olmadığı kanısına varılmaktadır.

Kağıt endüstrisi atıksularının arıtılması için genellikle fiziksel arıtma işlemlerini takiben kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma gerektiği daha önceki bölümlerde de belirtilmiştir. Uygulanan bu arıtma işlemleri sırasında da büyük hacimlerde arıtma çamuru ve özellikle kimyasal arıtma çamuru oluşmaktadır. Oluşan çamurların su içeriği %1-1,5 civarındadır (Filibeli, 2005) ve çamurların bertaraf edilebilmesi için yoğunlaştırma ve susuzlaştırma işlemlerinin uygulanması gereklidir. Ülkemizde kağıt endüstrileri için uygulanan çamur susuzlaştırma ekipmanlarının tercih oranı Şekil 6.8’de görülmektedir.



Şekil 6.8. Kağıt Sektöründe çamur susuzlaştırma ekipmanı oranı
(<http://online.cevre.gov.tr/>)

Arıtma tesislerinde ilk yatırım ve işletim maliyeti en yüksek olan mekanik ekipman blowerlar ve terfi pompalarıdır. Çamur susuzlaştırma üniteleri de yatırım maliyetinde önemli ölçüde yer tutmaktadır (Köken ve Büyükkamacı, 2010). Ülkemizdeki kağıt atıksu arıtan tesislere bakıldığında ağırlıklı olarak beltpress ve dekantör kullanıldığı Şekil 6.8’de görülmektedir. Beltpress ve dekantörün daha çok tercih sebepleri arasında alan ihtiyacı ve kullanım açısından kolaylık olduğu düşünülmektedir.

7. ATIKSU İLE İLGİLİ ÜLKEMİZDEKİ MEVCUT STANDARTLAR ve YÖNETMELİKLER

7.1. 2872 Sayılı Çevre Kanunu

Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır. Çevre Kanunu ile sağlıklı bir çevrede yaşama hakkı ve kalkınma, endüstrileşme çabalarının birlikte ele alınarak uyumlu bir düzenleme ile ülke bütününde gerçekleştirilmesinin esas alındığı bu kanunun işlerliğe kavuşturulması yolunda büyük çabalar gösterilmekte ve ilgili yönetmeliklerin çıkarılması ve revize edilmesi amacıyla büyük gayret sarfedilmektedir.

7.2. 25687 Sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

Alıcı su ortamlarında kirlenmenin önlenmesi için yapılacak uygulamalarda Resmi Gazete yayımlanarak yürürlüğe giren 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan maddelerin atıksularda bulunması ve alıcı ortamlara deşarjları için, bu yönetmelikte öngörülen şartlar ve sınır değerleri geçerlidir. Bu Yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsamaktadır. Yönetmeliğin 5. Bölümünde verilen boşaltım ilkelerine göre alıcı su ortama yapılacak deşarjlarda 5'ten 24'e kadar olan tablolarda deşarj standartlarına yer verilmiştir. Kağıt Sanayiinde 11 grup halinde yer aldığı bu tablolarda endüstriyel atıksu kaynakları için atıksu özelliklerinin benzerliğine ve teknolojik niteliklere göre tablolar oluşturulmuştur.

Endüstriler üretim tiplerine göre gruplandırılmış 11 tane sektör Tablo 13'de yer almaktadır. Bu sektörler ve sektörlerin içerdiği endüstri tipleri; selüloz, kağıt, karton sanayii sektörü; yarı selüloz üretimi, ağartılmamış selüloz üretimi, ağartılmış selüloz üretimi, saf selüloz üretimi, nişasta katkısız kağıt üretimi, nişasta katkılı kağıt üretimi, saf selülozdan elde edilen çok ince dokulu kağıt üretimi, yüzey kaplamalı-dolgulu kağıt üretimi, kırpıntı kağıt yüzdesi yüksek olmayan kağıt üretimi, kırpıntı kağıttan kağıt üretimi, parşömen kağıdı üretimler olup aşağıdaki Tablo 7.1'de detaylı olarak verilmiştir. Atıksu arıtma tesisleri dizayn edilirken giriş atıksuyu ile SKKY'de yer alan alıcı ortam deşarj standartları göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo	Üretim Türü	Anlık Numune					24 saatlik Kompozit Numune						
		Debi (m ³ /t)	KOİ (mg/L)	AKM (mg/L)	ÇKM (ml/L)	ZSF	Renk (Pt-Co)	Debi (m ³ /t)	KOİ (mg/L)	AKM (mg/L)	ÇKM (ml/L)	ZSF	Renk (Pt-Co)
13.1	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yarı Selüloz Üretimi)	-	-	-	3	-	280	100	800	50	-	8	260
13.2	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi)	-	-	-	4,5	-	280	150	870	80	-	8	260
13.3	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Ağartılmış Selüloz Üretimi)	-	-	-	6	-	280	200	1000	50	-	8	260
13.4	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Saf Selüloz Üretimi)	-	-	-	7	-	280	230	1500	50	-	8	260
13.5	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkısız Kağıt)	-	-	-	0,5	-	280	-	100	-	-	-	260
13.6	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkılı Kağıt)	-	-	-	0,5	-	280	-	100	-	-	-	260
13.7	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayi (Saf Selülozdan Elde Edilen Çok İnceDokul Kağıt)	-	-	-	0,5	-	-	-	120	-	-	-	-
13.8	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yüzey Kaplamalı, Dolgulu Kağıt)	-	-	-	0,5	-	280	-	75	-	-	-	260
13.9	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (% 5 ten Fazla Odun Lifleri İhtiva Eden Ancak Kırpıntı Kağıt Yüzdesi Yüksek Olmayan Kağıt)	-	-	-	0,5	-	280	-	100	-	-	-	260
13.10	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Kırpıntı Kağıttan İmal Edilen Kağıt)	-	-	-	0,5	-	280	-	120	-	-	-	260
13.11	Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Parşömen Kağıdı)	-	-	-	0,5	-	280	-	100	-	-	-	260

Tablo 7.1. SKKY’de yer alan Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayilerin atık sularının alıcı ortama deşarj standartları

7.3. 2014/7 Sayılı Atıksu Arıtma/Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesi

2014/7 sayılı Genelge, 4/7/2011 tarih ve 27984 mükerrer sayılı Resmi Gazetede yayımlanan, 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname gereğince atıksu arıtma tesislerinin proje onaylarını yürütme işi Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü görevleri arasında tanımlanmış olup, bu kapsamda, ülkemizdeki su kaynaklarının korunması ve ülke menfaatleri doğrultusunda sürdürülebilir kullanımının sağlanması için, istenilen düzeyde arıtma verimi sağlayacak, uygun yatırım ve işletim maliyetine sahip atıksu arıtma teknolojilerinin seçilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca işletme sahiplerinin verimli ve ekonomik bir arıtma tesisine sahip olmasıyla çevresel yükümlülüklerini daha özenle yerine getirmeleri sağlanırken, Ülkemiz genelinde arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımı hedeflenerek, atıksu arıtma/derin deniz deşarjı tesisi projelerinin betonarme, statik ve uygulama projeleri hariç proje onay işlemleri konusunda da birliktelik gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bakanlığımızca 2004 yılından itibaren toplam 767 adet atıksu arıtma tesisi proje onayı gerçekleştirilmiştir. Bakanlığımızca 12 adet Kağıt ve Karton Sanayi tesisinin onay işlemleri gerçekleştirilmiş, 9 adet tesis ise 2004 yılından önce inşaa edildiği veya işletmeye alındığı için Bakanlığımızın proje onay genelgesi hükümlerinden muaf tutulmuştur.

7.4. Çevre Kanununun 29uncu Maddesi Uyarınca Atıksu Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik

Bu Yönetmeliğin amacı, alıcı ortamın su kalitesinin yükseltilmesi ve doğal kaynakların korunması için alıcı ortama deşarj eden ve/veya geri kazanan atıksu altyapı tesisi yönetimlerinden, arıtma tesisini kuran, işleten ve ilgili mevzuatta belirtilen yükümlülüklerini yerine getirenlerin, 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 29 uncu maddesinde belirtilen teşvik tedbirleri kapsamında atıksu arıtma tesislerinde kullandıkları elektrik enerjisi giderlerinin bir kısmının Bakanlıkça geri ödenmesine ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

Bakanlığımızca 348 adet atıksu arıtma tesisine geri ödeme belgesi verilmiş olup işletmelere 2013 yılında toplam 207 adet arıtma tesisine 30.156.000 TL tutarında elektrik teşviki verilmiştir. Bakanlığımız Bilgi Sistemden alınan bilgiler doğrultusunda bu elektrik teşvikinden kağıt ve karton sektöründe üretim yapan Modern Karton ve San. Tic. A.Ş., Olmuksan International Paper ve Ambalaj San. Tic. A.Ş., Kahramanmaraş Kağıt San. Tic. A.Ş. ile Levent Kağıt San ve Tic. A.Ş. faydalanmıştır.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Su ve enerji kullanımı günümüzde dünya çapında en önemli sorunlar başında gelmektedir. Kağıt sanayii de hem üretilen birim mamül başına su kullanımının çok fazla olduğu, hem de atıksular içerisindeki kirletici maddelerin zor ve yavaş ayrışması nedeniyle çevreyi kirleten sektörlerin başında gelmektedir.

- ✓ Bugün arıtma teknolojilerinin ulaştığı imkanlarla bu atıksuları deşarj standartlarına getirmek hatta üretim prosesinde tekrar geri kullanmak mümkün hale gelmiştir. Ancak diğer sanayi kollarında olduğu gibi kağıt sanayinde de bir tesisten kaynaklanan kirlenme problemini doğrudan arıtma kademesinde ele almak hem ekonomik hem de teknolojik açıdan iyi bir yaklaşım değildir. Bu nedenle öncelikle bir sanayi tesisi üretimde kullandığı teknoloji açısından ele alınmalı, mevcut teknolojinin daha az su tüketen ve daha az kirletici veren teknolojiler ile değiştirme imkanı araştırılmalı ve yeni kurulacak olan tesislerde teknoloji seçiminde bu husus mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.
- ✓ Kağıt ve kağıt hamuru sanayinde yüksek kirletici yüklerinin olduğu ve üretim proseslerindeki farklılıktan dolayı bu atıksuların çeşitlilik gösterdiği bilinmektedir. Bu atıksulara ön arıtma sonrası uygulanan en yaygın sistemlerin kimyasal arıtma, aerobik veya kimyasal, sıralı anaerobik/aerobik proseslerin olduğu görülmüştür.
- ✓ Hem aerobik hem de anaerobik arıtma sistemlerin kullanımı, kağıt endüstrilerinde oluşan her türlü atıksuyun arıtılmasında elverişli uygulamalardır. Ancak ağartma atıksularının toksik bileşenler içermeleri nedeniyle anaerobik olarak arıtılabilirliğinin daha az olduğu görülmüştür.
- ✓ Özellikle atıksu debisi yüksek ve kuvvetli atıksuların arıtılmasında aerobik sistemlerin getirdiği yüksek işletme maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla anaerobik sistemlerin de kullanılması cazip hale geldiği görülmüştür.

- ✓ Anaerobik ve aerobik sistemlerin birlikte kombine edilerek kullanıldığı sistemler ise kağıt endüstrilerinde enerji ve giderim verimliliği açısından bu sistemleri en iyi seçenek haline getirdiği görülmüştür.
- ✓ Sıralı fiziksel, kimyasal ve biyolojik (AKR) proseslerin kombinesinden oluşan arıtma tesisleri atıksu debisinin düşük olduğu işletmelerde işletme ve giderim verimliliği açısından tercih sebebi olduğu görülmüştür.
- ✓ Çamur oluşum miktarları ve giderim verimleri değerlendirildiğinde; işletmenin arıtma tesisi için alan sorunu yok ise biyolojik sistemlerden biri olan lagün proseslerinin tercih sebebi olduğu görülmüştür.
- ✓ Kağıt endüstrilerine ait AAT'lerin debi kapasitelerinin artması durumunda ise yatırım maliyetinin arttığı yatırım maliyetinin artış sebebinin ise yüksek debilerde sıralı fiziksel, kimyasal, anaerobik ve aerobik proses kombinasyonlarının tercih edilmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.
- ✓ Biyolojik olarak arıtılmış kağıt atıksularının ileri arıtım uygulanarak proseste tekrar geri kazanımında; mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmos prosesleri tercih edilmektedir.
- ✓ 1000m³/gün ve üzeri olan tesislerin arıtılan m³ atıksu başına düşen işletme maliyeti durumu değerlendirildiğinde; atıksu debisi arttıkça birim işletme maliyetinin düştüğü tespit edilmiştir.
- ✓ Kağıt endüstrilerinde oluşan atıksulara uygulanan havalandırılmalı lagünler ve aktif çamur prosesi gibi konvensiyonel biyolojik metotlar yüksek BOİ giderimi sağlarken renk gideriminde etkili olmadığı görülmüştür.
- ✓ Kağıt endüstrisi atıksularından renk gideriminde ise kimyasal oksidasyon, ozonlama, koagülasyon arıtma yöntemlerinin etkili olduğu anlaşılmıştır.

- ✓ Ağartma işlemleri sonucu ortaya çıkan klorlu fenolik bileşikler ve AOX kirleticileri ise adsorpsiyon, ozonlama ve membran filtrasyonu ile giderilebilmektedir.
- ✓ Kâğıt fabrikalarında parlak beyaz kâğıt üretimi için klor dioksit gibi beyazlatıcı maddeler kullanıldığı, bu işlemler fenol ve dioksinler gibi toksisiteli yan ürünlerin oluşmasına sebebiyet verdiği bilinmektedir. Bu açıdan işletmelerin klor yerine hidrojen peroksit, ozon ve oksijen gibi oksijen bazlı beyazlatıcılar olduğu ve bu ürünlerin kullanımına teşvik edilmelidir.
- ✓ Kağıt ve selüloz endüstrisi atıksularının arıtılması için uygun alternatifler değerlendirilirken en az çamur oluşumuna sebep olacak ve en az yatırım ve işletme maliyetine sahip ünitelerin seçilmesine özen gösterilmelidir.
- ✓ Mevcut üretim proseslerin ıslah edilmesi ve mümkün olan yerlerde su geri devri suretiyle atıksu miktarlarını azaltmak, kimyasal madde kullanımında kontrollü bir tasarruf sağlamak, daha az kirleticili olan veya kolay ayrışan kimyasal madde kullanmak olmalıdır.
- ✓ İşlemler sırasında kullanılan suyun geri dönüşüm oranının artırılması ve su yönetiminin uygulanması sayesinde farklı kalitede kağıtlar için su kullanımının asgari düzeyde tutulmasının önemli olduğu anlaşılmıştır.
- ✓ Suyun geri kazanımın sağladığı avantaj sadece maddî kazançtan ibaret değildir. Proses atıksuyu ve arıtılan evsel nitelikli atıksular geri devrettirilerek tekrar proseste kullanılmak üzere sisteme verildiğinden, hem bunların deşarjından oluşacak çevre kirlenmesi önlenmiş ve hem de proses suyu devamlı geri devirli olarak kullanıldığından su tasarrufu yapılarak su kaynaklarımız korunmuş olacaktır.
- ✓ Bir taraftan arıtma tesisleri kurulurken diğer taraftan da bu sektöre hizmet verecek insan gücü yetiştirilmeli, arıtma tesislerinin işletilmesi konusunda personel eğitimleri verilmelidir.

- ✓ 2014/7 Sayılı Atıksu Arıtma/Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onay Genelgesinde, proje onay sürecinde Bakanlığımız Atıksu Arıtma Tesisi Çevre Bilgi Sistemine kaydının olması gerektiği ve proje onay dosyasının iade sebebi olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte tez içerisinde yer alan ve işletmelere ait verilerin sağlandığı Atıksu Arıtma Tesisi Bilgi Sisteminde yer alan bilgilerin, arıtma tesislerinin durumlarının sürekli takip edilmesi açısından ilgili işletmelerce devam eden süreçte güncelliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Bu nedenle mevzuatta Atıksu Arıtma Tesislerinin kaydının olmasının yanı sıra güncel tutulması (düzenli periyotlarla yapılan ham atıksu analiz sonuçları, çıkış suyu analiz sonuçları, alıcı ortam değişikliği, sektör tablosu değişimi vb.) gerektiği de yer almalıdır.
- ✓ Bakanlığımız tarafından yayımlanan “Çevre Kanununun 29uncu Maddesi Uyarınca Atıksu Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik” kapsamında faaliyet sahiplerinin atıksu arıtma tesislerinde kullandıkları elektrik enerjisi giderlerinin bir kısmı Bakanlıkça geri ödenmektedir. Ancak, kağıt ve karton üretimi konularında faaliyet gösteren sektörlerden çok azının elektrik teşvikinden faydalandığı tespit edilmiştir. Bunun en önemli nedenlerinden biri elektrik teşviği konusunda farkındalığın sağlanamamış olmasıdır. Bir diğeri ise sadece alıcı ortama arıtılmış atıksularını deşarj eden tesislerin değil üretim prosesinde geri kullanan işletmelerinde bahse konu enerji teşviğinden faydalanabilecekleri konusunda yeterli bilgiye sahip olmamasıdır.

KAYNAKLAR

- 109G083 No'lu Tubitak Kamag Projesi (2013).** Boyar Madde İçeren Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletilmesine Yönelik El Kitabı. 67-79. Ankara.
- Adamski, R., Gyory, S., Richardson, A., and Crook, J., (2000).** “The Big Apple Takes a Bite Out of Water Reuse.”2000 Water Reuse Conference Proceedings, January 30February 2, 2000. San Antonio, Texas.
- Ali M. and Sreekrishnan, T.R. (2001).** Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluent: areview. *Advances in Environmental Research*, 5, 175-196.
- Andreasan, K., Agertved, J., Petersen, J.O. ve Skaarup, H. (1999)** Improvement of sludgesettleability in activated sludge plants treating effluent from pulp and paperindustries. *Water Sci. Technol.*, Vol. 40, No.11 –12, pp.215–21.
- APHA (American Public Health Association), 1995.** Standard Methods for theexamination of Water and Wastewater, 19th Edition.
- Bajpai, P.** Treatment of pulp and paper mill effluent with anaerobic technology. Randall Road Leatherhead UK: Pira International; 2000.
- Borch-Du, A., Anderson, R. and Opheim, B. (1997).** Treatment of integrated newsprint mill wastewater in moving bed biofilm reactors. *Water Sci. Technol.*, Vol.35, No.2–3, pp.173– 180.
- Buzzini, A. P., Gianotti, E. P. and Pires, E. C., (2005).** UASB performance for bleached and unbleached kraft pulp synthetic wastewater treatment, *Chemosphere*, 59, 55-61
- Casey, J.P., (1961).** Pulp and Paper, Vol: II, New York: Papermaking, Interscience Publiesers Inc., p. 195
- Ceren, A. (2003).** Akışkan yataklı biyofilm reaktörde kağıt sanayi sentetik atıksuyunda substrat gideriminin kinetiği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chandra, R. (2001).** Microbial decolourisation of pulp mill effluent in presence of nitrogen and phosphorous by activated sludge process. *J Environ Biol.*, Vol.22, No.1, pp.23–27.

- Chernysh, A., Liss, N.S. and Allen, G.D. (1992).** A batch study of the aerobic and anaerobic removal of chlorinated organic compounds in an aerated lagoon. *Water Pollut. Res. J. Can.*, Vol.27, No.3, pp.621– 38.
- Cingolani, L., Ciccarelli, E., Cossigani, M., Tornarı, Q. and Scarlata, V. (1994).** Management of paper mill wastes: the role of filamentous microorganisms as indicators. *Water Sci.Technol.*, Vol. 29, pp. 185-188.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği 20 Mart 2010 Tarih ve 27527 sayılı Resmi Gazete.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Havacılık Turizm San. Tic. A.Ş Atıksu Arıtma Tesisi Proje Onay Dosyası, 2012.
- Çopikas Kağıt ve Oluklu Mukavva Kutu San. A.Ş. AAT,** Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu Proje Raporu, Egeşis Çevre Teknolojisi Ltd.Şti, 2007.
- De Pinho, M.N., Minhalma, M., Rosa, M.J. and Taborda, F. (2000).** Integration of flotation/ultrafiltration for treatment of bleached pulp effluent. *Pulp Pap Can.*, Vol. 104, No. 4, pp.50– 54.
- Demir, A., Kanat G. ve Debik, E., (2000).** Atıksu Arıtımında fiziksel kimyasal ve biyolojik metodlar, Yıldız Teknik Üniversitesi- Syf:175 İstanbul.
- Dentaş Ambalaj ve Kağıt San. A.Ş. AAT,** . Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu Proje Raporu, Egeşis Çevre Teknolojisi Ltd.Şti, 2009.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2005).** Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, “Kağıt Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu”.
- Dilek F.B. and Gokcay, C.F. (1994).** Treatment of effluents from hemp-based pulp and paper industry:waste characterization and physicochemical treatability, *Water Science and Technology*, 29, 161-163.
- E.C. (2001).** Integrated pollution prevention and control (IPPC). References document on Best Available Techniques in Pulp and paper Industry. European Commission, December.
- Eckenfelder W JR. (1989).** *Industrial Water Pollution Control (Second Edition)*, Mc Graw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.
- El-Ashtoukhy, E., Amin, N. K. and Abdelwahab, O., (2009).** Treatment of paper mill effluents in a batch-stirred electrochemical tank reactor, *Chemical Engineering Journal*, 146, 205-210.

- Eroğlu, H. ve Usta, M., (2004).** Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi, I. Cilt, Selüloz ve Kağıt Sanayii Vakfı, Trabzon.
- Etik N. (1992).** Selüloz ve Kağıt Sanaayi Atıksularının havalı ve havasız biyolojik arıtılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fengel, D. and Wegener, G. (1984).** Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. De Gruyter Public, Berlin.
- Filibeli A., (1996).** Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, Yayın No: 255, İzmir
- Filibeli, A., (2005).** Arıtma çamurlarının işlenmesi, 4.Baskı, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 255, İzmir.
- Fongsatitkul, P., Wareham, D.G. and Elefsiniotis, P., 2008,** Treatment of four industrial wastewaters by sequencing batch reactors: Evaluation of COD, TKN and TP removal. Environmental Technology, 29 (11), 1257-1264.
- Franta, J.R. and Wilderer, P.A. (1997).** Biological treatment of papermill wastewater by sequencing batch reactor technology to reduce residual organics. Water Sci. Technol., Vol. 35, No.1, pp. 129– 136.
- Ganesh, R., Balaji, G. and Ramanujam, R.A., 2006.** Biodegradation of tannery wastewater using sequencing batch reactor Respirometric assessment. Bioresource Technology, 97 (15)1815-1821.
- Ganjidoust, H., Tatsumi, K., Yamagishi, T. and Gholian, R.N. (1997).** Effect of synthetic and natural coagulant on lignin removal from pulp and paper wastewater. Water Sci Technol., Vol. 35, No.2– 3, pp. 291– 296.
- Gürtekin E. ve Ünlü A., (2010).** Elazığ Organize Sanayi Bölgesi ve Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Değerlendirilmesi, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ.
- Hammer, M.J., (1975).**Water and wastewater technology, John Wiley and Sons, Washington.
- Hassan, M.M. and Hawkyard, C.J. (2002).** Decolourisation of aqueous dyes by sequential oxidation treatment with ozone and Fenton's reagent. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol. 77, pp. 834–841.
- Haynes D.C. (1974).** Water recycling in the pulp and paper industry tappi 57 (4) april 1974. İçinde "Wastewater reuse and water optimisation at the pulp and paper industry" Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2009.

- İnce B.K. Ceteciöğlu Z. and İnce O, (2011).** Pollution Prevention in the Pulp and Paper Industries, Environmental Management in Practice, Dr. Elzbieta Broniewicz (Ed.), ISBN: 978-953-307-358-3, InTech, DOI: 10.5772/23709.
- Jamil, T.S., Ghaly, M.Y., El-Seey, I.E., Souaya E.R., and Nasr, R.A. (2011).** A comparative study among different photochemical oxidation processes to enhance the biodegradability of paper mill wastewater. Journal of Hazardous Materials, 185, 353-358.
- Jokinen, J., Mänttäre, M., Huuilo, T., Kallioinen, M. and Nystrom, M., (2004).** Water circuit closure with membrane technology in the pulp and paper industry, Water Science and Technology, 50, 217-227.
- K.Maraş Kağıt San .A.Ş. AAT, Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu Şahin Kimya ve Arıtma San.A.Ş, 2008.**
- Karayılmazlar, S. and Aytakin, A. (1999).** Kağıt fabrikalarında su hazırlama ile atık suların arıtılmasının incelenmesi ve çevre ile olan ilişkileri (Seka Afyon-Çay Müessesesi Örneği). 1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehlami Karaçam 23-25, September Kütahya/TÜRKİYE.
- Karıncaoğlu, M. (2010)** Kağıt ve Karton Üretimi Selüloza Giriş, İkinci Cilt-A Aralık.
- Karıncaoğlu, M., (2009).** Dönüşümlü Kağıt İşletmeciliği Temel Bilgiler, 15 Mart.
- Kıncay, O. ve Özkan, S., (2006).** Atık kağıt üretimi ve bir atık kağıt tesisinin enerji analizi-1, Termodinamik, 92-100.
- Kırcı H., (2000).** Kâğıt Hamuru Endüstrisi, Trabzon: K.T.Ü Bası-mevi, Ders notları.
- Kinstrey, R.B., (1993).** “An Overview of Strategies for Reducing the Environmental Impact of Bleach-plant Effluents”, Vol.76, No.3, TAPPI Journal.
- Kipaş Kağıt San. Tic. Ltd. Şti. AAT, Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu, Bahar Arıtma Sistemleri Mühendisliklik İma.Ltd. Şti, 2012.**
- Köken E. ve Büyükkamacı, N., (2010).** “Kağıt endüstrisi atıksu arıtma tesislerinde çamur işleme ünitelerinin toplam maliyete etkisi” itüdergisi/e su kirlenmesi kontrolü Cilt:20, Sayı:1, 66-76 Mayıs.
- Kreetachat, T., Damrongsri, M., Punsuwon, V., Vaithanomsat P., Chiemchasri, C. and Chomsurin, C., (2007).** Effects of ozonation process on lignin-derived compounds in pulp and paper mill effluents, Journal of Hazardous Materials, 142, 250-257.

- Kukkonen, J. (1992).** Effects of lignin and chlorolignin in pulp mill effluent on the binding and bioavailability of hydrophobic organic pollutants. *Water Research* 26 (11) 1523-1532.
- Metcalf & Eddy, (1991)** Wastewater engineering: Treatment disposal reuse, TATA McGraw-Hill Publishing Company LTD., New Delhi.
- Nemerow N.L. and Dasgupta A. (1991).** Industrial and hazardous waste management New York: Van Nostrand Reinhold.
- Oeller, H.J., Daniel, I. and Weinberger, G. (1997).** Reduction in residual COD in biologically treated paper mill effluents by means of combined Ozone and Ozone/UV reactor stages. *Water Sci. Technol.*, Vol. 35, No. 2–3, pp. 269 –276.
- Özçelep, B., (2009).** Kağıt endüstrisi atıksularının membran prosesleriyle ileri arıtımı, ss:213. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, İ. (1999).** Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları“, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Öztürk, M. (2005).** Çevre ve Orman Bakanlığı Kullanılmış Kağıtların Geri Kazanılması Raporu.
- Peavy H.S., Rowe D.R, and Tchobanoglous G., (1985).** Environmental Engineering, McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Perez M., Torrades, F., Domenech, X. and Peral, J., (2002).** Treatment of bleaching Kraft mill effluents and polychlorinated phenolic compounds with ozonation, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77, 891-897.
- Poggi-Varaldo, H.M. and Rinderknecht-Seijas, N. (1996).** Anaerobic Wastewater Treatment: Experiences in Mexico with Industrial Effluents. In: Niemczynowicz, J. (Ed.). *Integrated Water Management in Urban Areas: Searching for New, Realistic Approaches with respect to the Developing Countries.* Transtec Publications, Winterthur, Switzerland. Pp. 367–372. ISBN 0-87849-736-6.
- Pokhrel D., Viraraghavan. T. (2004).** Treatment of pulp and paper mill wastewater- a review, *Science of the total environment* 333. 37-58.
- Rajeshwari, K. V., Balakrishnan, M., Kansal, A., Lata, K. and Kishore, V. V. N., (2000).** State-of- the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 4(2), 135-156.

- Raven, P.H., Evert R.F. and Eichhorn, S.E. (1992).** Biology of plants (6th edition). W.H. Freeman and com-pany/Worth Publishers, New York, pp 791.
- Rohella, R.S., Choudhury, S., Manthan, M. and Murthy, J.S. (2001).** Removal of colour and turbidity in pulp and paper mill effluents using polyelectrolytes. *Indian J Environ Health*, Vol. 43, No. 4, pp. 159–63.
- Samsunlu A., 2005.** Çevre Mühendisliği Kimyası, Sayfa 214, 245.
- Saunamaki, R. (1997).** Activated sludge plants in Finland. *Water Sci. Technol.* Vol. 35, No. 2–3, pp.235–243.
- Sawyer C.N., McCarty P.L. and Parkin G.F., 1994.** Chemistry for Environmental Engineering 4th.ed., McGraw-Hill, Inc., New York, NY.
- Schäfer, A.I., Fane, A.G. and Waite, T.D., (2005).** Nanofiltration principles and applications, Elsevier LTD, UK, 1–85617–405–0.
- Schnell, A., Sabourin, M.J., Skog, S. and Garvie, M., (1997).** Chemical characterization and biotreatability of effluents from an integrated alkaline peroxide mechanical pulping/machine finish coated paper mill. *Water Sci Technol.*, Vol. 35, No. 2–3, pp. 7– 14.
- Shawwa, A.R., Smith, D. W. and Sege, D. C. (2001).** Color and chlorinated organics removal from pulp wastewater using activated petroleum coke, *Water Research*, 35, 745-749.
- Singh, P. and Thakur, I. S., (2006).** Color removal of anaerobically treated pulp and paper mill effluents by microorganism in two steps bioreactor, *Bioresource Technology*, 97, 218-223
- Singh, R.P., (1979).** “The Bleaching of Pulp”, Chapter 1, 3rd Edition, Revised, TAPPI Press.
- Soyer, N. (2004).** Avrupa Birliği’ne uyum sürecinde Türkiye’de kağıt sektörü için çevre standartları ve atık kağıt geri kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Springer A.M.** Industrial environmental control: pulp and paper industry Atlanta Georgia: TAPPI Press 2000.
- Steinmetz, H. Wiese, J. And Schmitt, T.G. (2002).** Efficiency of SBR technology in municipal wastewater treatment plants. *Water Science and Techn.* 46 (4), 293-299.
- Stuthridge, T.R. and Mcfarlane, P.N. (1994).** Adsorbable organic halide removal mechanisms in a pulp and paper mill aerated lagoon treatment system. *Water Sci Technol.*, Vol.29, No.5–6, pp.195–208.

- Sumathi, S. and Hung, Y.T. (2006).** Treatment of pulp and paper mill wastes, In: Waste treatment in the process industries. Eds: Wang, L.K, Hung, Y.T., Lo, H.H., Yapijakis, C. pp. 453-497. Taylor&Francis. ISBN 0-8493-7233-X, USA.
- Sun-Ka Kağıt ve Karton San. Tic. Ltd. Şti. AAT,** Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu, Meksan Çevre Teknolojisi Ltd. Şti, 2008.
- Tardif, O. and Hall E.R. (1997).** Alternatives for treating recirculated newsprint whitewater at high temperatures. *Water Sci. Tech.* 35 (2-3) 57-65.
- Tarlan, E., Dilek, F. B. and Yetis, U., (2002).** Effectiveness of algae in the treatment of wood-based pulp and paper industry wastewater, *Bioresource Technology*, 84, 1-5.
- Temmink, B. G.and Grolle, K. C. F. (2005).** Tertiary activated carbon treatment of paper and board industry wastewater, *Bioresource Technology*, 96, 1683-1689.
- Thompson, G. Swan J., Kay M., Forster, C.F. (2001).** The treatment of pulp and paper mill: a review *a Bioresource Technology* (77),275±286.
- Tong, Z., Wada, S., Takao, Y., Yamagishi, T., Hiroyasu, I. And Tamatsu, K. (1999).** Treatment of bleaching wastewater from pulp-paper plants in China using enzymes and coagulants, *Journal of Environmental Science*, 11, 480-484.
- Topbaş, F., (2010).** Evsel atıksu arıtma tesislerinde yatırım ve işletme maliyetlerinin değerlendirilmesi. *Çevre ve Orman Uzmanlık Tezi*, syf. 131.
- Uğurlu, M., (2004).** The removal of some inorganic compounds from paper mill effluents by the electrocoagulation method, *G. U. Journal of Science*, 17, 85-99.
- Wayland M. Trudeau S. Marchant T. Parker D. and Hobson K.A (1998).**The effect of pulp and paper mill effluent on an insectivoros bird, the tree Swallow *Ecotoxicology*.:7:237-51.
- Welander, T., Lofqvist, A. and Selmer, A. (1997).** Upgrading aerated lagoons at pulp and paper mills. *Water Sci Technol.*, Vol. 35, No. 2–3, pp. 117–122.
- Wyvill, J. C., (1984).** An Assessment of the Potential for Water Reuse in the Pulp and Paper Industry.
- Yakut, A. (2010).** Geri Dönüştürülebilir Kullanılmış Kağıttan Yeni Kağıt Üretiminin İrdelenmesi, *Tesisat Mühendisliği- Sayı 1270. Syf:68.*

Yarar, M.(2009). Wastewater reuse and water optimisation at the pulp and paper industry” Dokuzeylül Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Yaşar Ambalaj Kağıt Bobin Havacılık Turizm San. Tic. A.Ş AAT, Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu, Deng Mühendislik İnşaat San. Ve Tic. Ltd. Şti, 2009.

Yetiş, Ü., Selçuk, A. and Gökçay, C.F., (1996). “Reducing Chlorinated Organics, AOX, in the Bleachery Effluents of a Turkish Pulp and Paper Plant”, Wat. Sci. Tech., Vol.34, No.10, pp 97-104.

Yiğit N.Ö., Uzal N., Köseoğlu H., Harman İ., Yükseler H., Yetiş Ü., Civelekoğlu G. and Kitiş M., (2009). Treatment of a denim producing textile industry wastewater using pilot scale membrane bioreactor, Desalination, 240,143-150.

Zahrim, A. Y., Gilbert, M. L. and Janaun, J. (2007). Treatment of pulp and paper mill effluents using photo-fenton’s process, Journal of Applied Sciences, 15, 2164-2167.

Zaidi, A., Buisson, H., Sourirajan, S. and Wood, H. (1992). Ultra-and nano-filtration in advanced effluent treatment schemes for pollution control in the pulp and paper industry.

Zang, Q. and Chuang, K. T., (2001). Adsorption of organic pollutants from effluents of a Kraft pulp mill on activated carbon and polymer resin, Advances in Environmental Research, 5, 251-258.

Zhan, X.M., Healy, M.G. and Li, J.P. (2009). Nitrogen removal from slaughterhouse wastewater in a sequencing batch reactor under controlled low DO conditions. Bioprocess and Biosystems Engineering, 32 (5), 607-614.

Zigana Kağıt Amb. Mak. San. Tic. Ltd. Şti. AAT, Atıksu Arıtma Tesisi Proje Raporu, Meksan Çevre Teknolojisi Ltd. Şti, 2007.

<http://www.marmarakagit.com/> (Erişim tarihi: 05.06.2014)

<http://www.leventkagit.com.tr/> (Erişim tarihi: 19.05.2014)

<http://www.oyka.com.tr/tr> (Erişim tarihi: 14.05.2014)

<http://www.viking.com.tr/> (Erişim tarihi: 19.05.2014)

<http://www.tezol.com.tr/kurumsal.html> (Erişim tarihi: 19.05.2014)

<http://www.olmuksan-ipaper.com/> (Erişim tarihi: 19.05.2014)

<http://online.cevre.gov.tr/> (Erişim tarihi: 19.05.2014)

<http://www.akgida.com.tr/tr> (Erişim tarihi: 28.06.2014)

http://www.sunkapaper.com/g_don.html. (Erişim tarihi: 28.06.2014)

[www.itracode.com/organik kirleticilerin kalite parametreleri.ppt](http://www.itracode.com/organik_kirleticilerin_kalite_parametreleri.ppt)

<http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/2.%20D%C3%B6nem%20Deney%200F%C3%B6yleri/Ask%C4%B1da%20Kat%C4%B1%20Madde%20Tayini.pdf>
(Erişim Tarihi :20.06.2014)

<http://aida.ineris.fr/bref/brefpap/index.htm>. The Kraft (Sulphate) Pulpng Process.
Retrieved October 21, 2008. (erişim 03.02.2014)



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Lutfiye DUMLU

Doğum Yeri ve Tarihi: Antalya/ 14.08.1985

Adres: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı/ANKARA

E-Posta: lutfiye.dumlu@csb.gov.tr

Lisans: 2004-2008-Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği.

Yüksek Lisans : 2008-2011-Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

-Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölüm 1.'liği.

Yayın Listesi:

1. **Dumlu L.**, Günerhan U., Kokdemir E., Yılmaz V., Carrere H., Perendeci A. 2011. Tarımsal Atıklardan Biyogaz Üretiminde Termal- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Ön arıtım Prosesinin Optimizasyonu. 9. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 5-8 Ekim 2011, Samsun, Türkiye.
2. **Dumlu L.**, Günerhan U., Kökdemir E., Perendeci A., Yılmaz V. 2011. Organik Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesinde Biyokimyasal Metan Potansiyeli Testinin Rolü. 9. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 5-8 Ekim 2011, Samsun, Türkiye.
3. **Dumlu L.**, Günerhan U., Us E., Yılmaz V., Perendeci A. 2011. Evaluation of Thermo-chemical Process for Improved Biogas Production from Greenhouse Residues. 1st German and Turkish Biogas Workshop, 19-21 October 2011, İzmir, Turkey.
4. E. Us, Ü. Günerhan, **L. Dumlu**, A. Erdem, V. Yılmaz, A. Perendeci. 2010. Lignoselülozik Atık Biyokütleden Biyometan Üretiminde Kullanılan Ön Arıtım Prosesleri ve Etkinlikleri, 2.Ulusal Katı Atık Yönetim Kongresi, Mersin Üniversitesi, Mersin.
5. **Dumlu L.**, Günerhan Ü., Yılmaz V., Perendeci A. 2009. Arıtma Çamurlarının Xenobiyotik Maddeler Açısından Tarım Toprağında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi, TÜRKAY, Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
6. Günerhan Ü., **Dumlu L.**, Yılmaz V., Perendeci A. 2009. Potansiyel Toksik Xenobiyotik Maddelerin Kaynakları, Yol İzleri ve Akibetleri, 8. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Antalya.