



AVRUPA KOMİSYONU

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC)

**Endüstriyel Soğutma Sistemleri Alanında Mevcut En iyi
Tekniklerin Uygulanmasına İlişkin Kaynak Belge**

Aralık 2001

UYGULAMA ÖZETİ

Endüstriyel soğutma sistemleri alanındaki mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasına ilişkin bu kaynak doküman (BREF) IPPC'ye ilişkin 96/61/EC sayılı Konsey Direktifi'nin 16 (2) Maddesine göre gerçekleştirilen bilgi değişimi sürecini yansıtmaktadır. Belge belgenin amacı ve kullanımını tanımlayan sunuş bölümü ışığında değerlendirilmelidir.

Endüstriyel soğutma kavramı IPPC çalışma çerçevesinde yatay bir konu olarak tanımlanmıştır. Bunun anlamı, bu belgede yer alan —Mevcut En iyi Teknikler (MET) değerlendirilirken soğutmaya tabi tutulacak endüstriyel sürecin derinlemesine bir değerlendirmesinin yapılmadığıdır. Bununla birlikte, bir endüstriyel süreç için öngörülen MET ilgili endüstriyel sürecin soğutma gereksinimleri çerçevesinde düşünülmektedir. Bir sürecin soğutulmasında kullanılan MET'in sürecin soğutma gereksinimleri, çalışma alanına has özellikler ve ekonomik ve teknik olarak sürdürülebilir koşullar altındaki çevresel gereklilikler arasında denge oluşturan karmaşık bir mesele olduğu da bilinmektedir.

Endüstriyel soğutma sistemleri terimi herhangi bir ortamın sıcaklığını su ve/veya havayla ısı değişimi yoluyla çevre sıcaklığı seviyelerine düşürerek ortamdaki aşırı ısıyı ortadan kaldırmaya yarayan sistemleri ifade etmektedir.

Bu belgede tanımlanan MET herhangi bir endüstriyel sürecin normal işlemlerini sağlamak için yardımcı sistem olarak kullanılan soğutma sistemlerine yöneliktir. Bir soğutma sisteminin güvenilir bir şekilde çalışmasının ilgili endüstriyel sürecin güvenilirliğini de olumlu yönde etkileyeceği bilinmektedir. Bununla birlikte, bu BREF bir soğutma sisteminin çalışmasını sürecin güvenliği bağlamında ele almamaktadır.

Bu belge nihai MET çözümünün esas olarak bir çalışma sahası meselesi olduğu gerçeğinin de farkında olarak endüstriyel soğutma sistemleri için uygulanacak MET'in belirlenmesine yönelik entegre bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yaklaşım, tatbik edilecek soğutma sisteminin seçilmesi bağlamında, uygulanan soğutma sistemlerinin seçimi ve onaylanması (veya onaylanmaması) yerine yalnızca, soğutma sisteminin çevresel performansı ile hangi elemanların ilgili olduğunu inceleme konusu yapılabilir. Azaltma tedbirlerinin uygulandığı yerlerde MET yaklaşımı ilgili ortamlar arası etkileşimleri öne çıkarmaya ve böylece soğutma sistemlerinden kaynaklanan farklı salınımların azaltılmasının dengelenmesi gerektiğini vurgular.

Ana belgenin beş bölümü MET yaklaşımını, bu yaklaşımın temel kavram ve ilkelerini, soğutma sistemleri ile bunların çevresel yönlerini, temel MET bulgularını ve daha ilerideki çalışmalara yönelik sonuçlar ve önerileri tanımlamaktadır. Metnin sonunda yer alan on bir ek ise soğutma sistemlerinin tasarımı ve işletimine dair özel sorunlara çözüm getirmek amacıyla yönelik arka plan bilgilerini ve MET yaklaşımını açıklayıcı örnekler içermektedir.

1. Entegre Yaklaşım

Entegre MET yaklaşımı soğutma sisteminin çevresel performansını söz konusu endüstriyel sürecin genel çevresel performansı bağlamında ele almaktadır. Yaklaşım bir soğutma sisteminin çalışmasının yarattığı doğrusal ve dolaylı etkilerin tümünü en aza indirmeyi amaçlamaktadır. MET yaklaşımı bir sürecin soğutulmasının çevresel performansının esas olarak kullanılan soğutma sisteminin seçimi ve tasarımına bağlı olduğunu gösteren deneyimlere dayanmaktadır. Bu nedenle yeni sistem kurulumlarında sistem salınımlarının engellenmesi için uygun soğutma konfigürasyonunun seçilmesine ve uygun tasarım ve inşaat süreçlerinin yürütülmesine odaklanır. Ayrıca, günlük çalışmanın en iyileştirilmesi sağlanarak da emisyonlar azaltılır.

Mevcut soğutma sistemleri için teknolojik tedbirler vasıtasıyla önleme sağlamak için kısa dönemde düşük bir potansiyel söz konusu olup salınım azaltmada esas olarak optimize edilmiş işletim ve sistem kontrollerine ağırlık verilmektedir. Mevcut sistemler için mekân, işletim kaynaklarının bulunabilirliği ve mevcut yasal kısıtlamalar gibi çok sayıda parametre sabitlenebilmekte ve değişime serbestisine sahip az sayıda parametre kalmaktadır. Bununla birlikte, bu belgede ele alınan genel MET yaklaşımı mevcut kurulumlar için ekipman yenileme çevrimleriyle uyumlu uzun dönemli bir hedef olarak düşünülebilir.

MET yaklaşımı soğutmanın pek çok endüstriyel süreç için vazgeçilmez bir unsur olduğunu ve genel enerji yönetim sisteminin önemli bir elemanı olarak ele alınması gerektiği gerçeğinden hareket eder. Endüstriyel süreçlerde enerjinin verimli kullanımı çevresel ve maliyet etkin bakış açısından yaklaşıldığında çok önemli yer tutar. Her şeyden önce, MET endüstriyel veya imalat sürecinde soğutma sistemini optimize edecek tedbirlerin alınmasından da önce genel enerji verimliliğine özel dikkat gösterilmesi gerektiği anlamına gelir. Endüstri uygun bir enerji yönetimi uygulayarak ve bir dizi enerji tasarruf programını benimseyerek geri kazanılamayan ısı miktarını düşürmeyi ve böylece genel enerji verimliliğini artırmayı hedefler. Bu süreç ise soğutulan endüstriyel veya imalat prosesi içindeki farklı birimler arasında olduğu kadar bu proses dışındaki bitişik süreçler ile de enerji değişimini içerir. Endüstriyel alanlar birbirleri arasında ya da merkezi ısınma sistemleri veya sera çiftçiliği sistemleri ile bağlantılı olduklarında endüstri bölgeleri için ısı geri kazanım konsepti yönünde bir eğilim söz konusudur. Daha ileri bir geri kazanımın bulunmadığı veya yeniden kullanımının mümkün olmadığı yerlerde ise bu ısının çevreye salınması zorunluluğu ortaya çıkabilir.

Düşük seviye (10-25 °C), orta seviye (25-60 °C) ve yüksek seviye (> 60°C) geri – kazanılamaz ısı enerjisi arasında bir ayrım vardır. Genelde, düşük ısılar için ıslak soğutma sistemleri kullanılırken yüksek ısı sistemlerinde ise kuru soğutma uygulanır. Orta seviye ısılarda kullanılan tek bir soğutma prensibi yoktur ve farklı bileşimlerin uygulanması mümkündür.

Endüstriyel veya imalat prosesinin genel enerji verimliliğinin optimizasyonu sonrasında geride belli miktarda ve seviyede bir geri kazanılamaz ısı kalır. Bu ısının dağıtılmasını sağlayacak bir soğutma konfigürasyonuna yönelik ilk seçim

- Prosesin soğutma gereksinimleri,
- Saha kısıtları (yerel mevzuatı da içeren) ve
- Çevresel gereklilikler arasında bir denge sağlanarak gerçekleştirilebilir.

Çalışma başlangıcı ve kapatma dâhil olmak üzere, güvenilir proses koşullarının sağlandığından emin olmak için endüstriyel veya imalat prosesinin soğutma gereksinimleri mutlaka karşılanmış olmalıdır. Gerekli en düşük işlem sıcaklığı ve ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin endüstriyel veya imalat prosesinin verimliliğini yükseltecek ve ürün kayıpları ve çevreye salınımları azaltacak seviyede olması her zaman mutlaka garanti edilmelidir. Bu süreçlerin sıcaklığa hassasiyeti arttıkça bu koşul da daha fazla önem kazanacaktır.

Çalışma sahası koşulları tasarım seçeneklerini ve bir soğutma sisteminin işletilmesini sağlayan olası yöntemleri kısıtlar. Bu koşullar yerel iklim, soğutma ve deşarj için gerek duyulan suyun bulunurluğu, inşaatlar için gerekli alanın olup olmaması ve çevrenin emisyonlara hassasiyetini içermektedir. Soğutmaya ilişkin proses gerekleri ve ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesine bağlı olarak, yeni bir kurulum için çalışma alanı seçimi çok büyük önem taşıyabilmektedir (örneğin büyük bir soğuk su kaynağı gibi). Çalışma alanının seçiminde diğer kriterler önem taşıdığı anda veya soğutma sistemlerinin mevcut bulunduğu hallerde prosese ilişkin soğutma gereklilikleri ve çalışma alanı karakteristikleri belirlenir.

Soğutmada kullanılan suyun ve havanın sıcaklığını etkilediğinden yerel iklim soğutma açısından çok önemlidir. Yerel iklim ıslak ve kuru hazne sıcaklık modeli ile tanımlanır. Genel olarak, soğutma sistemleri yerel olarak ortaya çıkabilecek en az uygun iklim koşulları, yani en yüksek ıslak ve kuru hazne sıcaklıkları altında ihtiyaç duyulan soğutma gerekliliklerini yerine getirebilecek şekilde tasarlanır.

Soğutma sisteminin seçimi ve tasarımı bir sonraki adım soğutulacak prosesin gereklilikleri ve çalışma sahası sınırları çerçevesinde kalmak kaydıyla MET gerekliliklerini karşılamayı hedefler. Bu, bakım gerekliliklerini azaltmak, soğutma sisteminin işletimini kolaylaştırmak ve çevresel gereklerin yerine gelmesini sağlamak için ağırlığın esas olarak uygun malzeme ve ekipman seçimine verildiği anlamına gelmektedir. Isının çevreye bırakılmasının yanında soğutma sistemlerinin iklimlendirilmesinde kullanılan katkı maddelerinin emisyonu gibi başka çevresel etkiler de ortaya çıkabilir. Dağıtılacak ısının miktarı ve seviyesinin nerede azaltılabileceği ve endüstriyel soğutma sisteminin nihai çevresel etkisinin nerede daha düşük olacağı meselelerine ağırlık verilmektedir. MET yaklaşımının ilkeleri mevcut soğutma sistemlerine de uygulanabilir. Soğutma teknolojisinde gerçekleştirilen bir değişiklik gibi veya kullanılan ekipman veya kimyasalların değiştirilmesi veya modifiye edilmesi gibi teknolojik seçeneklerin kullanımı mümkün olabilir; ancak bunlar ancak belli bir ölçüde uygulanabilir seçeneklerdir.

2. Uygulanan Soğutma Sistemleri

Soğutma sistemleri termodinamik ilkeler doğrultusunda çalışmakta olup proses ile soğutucu arasındaki ısı değişimini artırmak ve geri- kazanılamayacak ısının çevreye bırakılmasını kolaylaştırmak üzere tasarlanmaktadır. Endüstriyel Soğutma Sistemleri tasarımlarına ve ana soğutma prensiplerine göre kategorize edilebilir: soğutucu olarak su veya hava veya farklı oranlarda su ve havayı birlikte kullanan sistemler. Proses ortamı ile soğutucu arasındaki ısı değişimi Eşanjörler vasıtasıyla sağlanır. Soğutucu ısıyı ısı dönüştürücülerden çevreye taşır. Açık sistemlerde soğutucu çevreyle temas halindedir. Kapalı çevrimli sistemlerde ise soğutucu veya proses ortamı tüpler veya soğutma kangalları içinde devri daim eder ve çevreyle doğrudan temas halinde değildir.

Once - through sistemler yeterli soğutma suyunun ve alıcı yüzey suyu ortamının bulunduğu yerlerdeki büyük kapasiteli tesislerde yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Eğer güvenilir bir soğuk su kaynağı mevcut değilse sirkülasyonlu sistemler (soğutma kuleleri) kullanılır.

Açık sirkülasyon kulelerinde soğutma suyunun sıcaklığı hava akımı ile temasa sokularak azaltılır. Kuleler hava / su temasını kolaylaştıran cihazlarla teçhiz edilir. Burada ihtiyaç duyulan hava akımı fanlarla mekanik olarak oluşturulabileceği gibi doğal hava akımı da kullanılabilir. Küçük ve büyük (orta? Ç.N.) kapasitelerde yaygın olarak mekanik hava akımı kuleleri kullanılır. Büyük kapasiteli tesislerde ise (örneğin, enerji santralleri) çoğunlukla doğal hava akımı kullanılır.

Kapalı çevrimli sistemlerde içinde soğutucunun veya proses ortamının devri daim ettiği tüpler veya kangallar soğutulur, ardından bunların taşıdığı madde soğutulur. Islak sistemlerde üzerlerine su püskürtülen tüpler ve kangallar buharlaşma yoluyla bir hava akımı tarafından soğutulur. Kuru sistemlerde ise tüpler / kangalların içinden yalnızca hava akımı geçer. Her iki sistemde de kangallar soğutma yüzeyini genişleten ve böylece soğutmanın etkinliğini artıran kanatçıklarla teçhiz edilir. Daha küçük kapasiteli endüstrilerde genel olarak kapalı devre ıslak sistemler kullanılır. Kuru hava – soğutma sistemi daha küçük endüstriyel sistemlerde kullanılabileceği gibi yeterli suyun bulunmadığı veya suyun yüksek maliyetli olduğu durumlarda büyük enerji santrallerinde de uygulanabilir.

Açık ve kapalı hibrid soğutma sistemleri özel mekanik kule tasarımına sahiptir. Bu kuleler görünür buğu oluşumunu azaltacak ıslak ve kuru işleme izin verirler. Ortam hava sıcaklığı düşük olduğunda sistemlerin (özellikle küçük hücre tipi birimlerin) kuru sistemler olarak işletilmesi seçeneği sayesinde yıllık su tüketim miktarı ve görünür buğu oluşumu azaltılabilir.

Tablo 1: Endüstriyel uygulamalar (enerji santrali harici) için farklı soğutma sistemlerinin teknik ve termodinamik karakteristiklerine örnekler

Soğutma sistemi	Soğutma aracı	Ana soğutma prensibi	Minimum yaklaşma (K) ⁴	Proses aracının minimum ulaşılabilir nihai sıcaklığı ⁵	Endüstriyel prosesin kapasitesi (MW _{th})
Açık önce - through sistem - doğrudan	Su	Kondüksiyon / Konveksiyon	3 - 5	1- > 20	<0,01 - > 2000
Açık önce - through sistem - dolaylı	Su	Kondüksiyon / Konveksiyon	6-10	21 - 25	<0,01 - > 1000
Açık çevrimli Soğutma sistemi - doğrudan	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma ³	6 - 10	27 - 31	< 0,1 - >2000
Açık çevrimli Soğutma sistemi -dolaylı	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma ³	9 - 15	30 - 36	< 0,1 - > 200
Kapalı çevrimli ıslak Soğutma sistemi	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma + Konveksiyon	7 - 14 ⁷	28 - 35	0,2 - 10
Kapalı çevrimli kuru hava Soğutma sistemi	Hava	Konveksiyon	10 – 15	40 – 45	< 0,1 - 100
Açık hibrid soğutma	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma + Konveksiyon	7 - 14	28 - 35	0,15 - 2,5 ⁶
Kapalı hibrid soğutma	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma + Konveksiyon	7 - 14	28 - 35	0,15 - 2,5 ⁶
Notlar: 1) Su ikincil soğutma aracıdır ve çoğunlukla sirküle edilir. Buharlaştıran hava ısıyı havaya taşır. 2) Hava ısısının çevreye taşınmasında kullanılan soğutma aracıdır. 3) Ana soğutma ilkesi buharlaştırmadır. Isı ayrıca daha küçük oranda Kondüksiyon / konveksiyon yoluyla da taşınır. 4) Islak veya kuru hazne sıcaklıklarına göre olarak yaklaşma seviyeleri. Isı dönüştürücü ve soğutma kulesinin yaklaşımları eklenmelidir. 5) Nihai sıcaklıklar çalışma sahasının iklimine bağlıdır (veriler ortalama Avrupa iklim koşullarına göre geçerlidir. 30 °/21 °C kuru / ıslak hazne sıcaklığı ve maksimum 15 °C su sıcaklığı). 6) Küçük birimlerin kapasitesi – birden fazla birimin veya özel olarak inşa edilmiş soğutma sistemlerinin bir kombinasyonu ile daha yüksek kapasitelere erişilebilir. 7) Dolaylı bir sistemin uygulandığı veya konveksiyonun hali hazırda kullanıldığı yerlerde bu örnekteki yaklaşım 3-5 K civarında yükselerek proses sıcaklığının yükselmesine neden olur.					

Yukarıdaki Tablo uygulanan soğutma sistemlerinin özelliklerini belli iklim koşullarını esas alarak göstermektedir. Proses aracının soğutma sonrasında ısı dönüştürücüsünü terk ettiği andaki nihai sıcaklığı ortam sıcaklığına ve soğutma sisteminin tasarımına bağlıdır. Su havaya nazaran daha yüksek özgül ısı kapasitesine sahiptir ve bu nedenle daha iyi bir soğutucudur. Soğutucu hava ve suyun sıcaklığı yerel kuru ve ıslak hazne sıcaklıklarına bağlıdır. Hazne sıcaklıkları arttıkça prosesin nihai sıcaklıklarını aşağı çekmek de daha zor hale gelir.

Nihai proses sıcaklığı (termal) yaklaşma olarak da adlandırılır ve ısı dönüştürücü üzerindeki soğutucu (soğutma sistemine giren) ve proses aracı (soğutma sistemini terk eden) arasındaki en düşük sıcaklık farkı ile en düşük ortam (soğutucu) sıcaklığının toplamına eşittir. Tasarım yoluyla teknik olarak çok düşük yaklaşma seviyeleri elde edebilmek mümkün olmakla birlikte maliyetler ters orantılı olarak artmaktadır. Yaklaşma azaldıkça proses ve sıcaklık daha düşük olabilmektedir. Her ısı dönüştürücü kendi yaklaşma seviyesine sahip olacaktır. Sisteme seri olarak ekstra Eşanjörler eklenmesi halinde ulaşılacak nihai proses sıcaklığını hesaplamak için tüm bu Eşanjörlerin sahip olduğu yaklaşma seviyeleri soğutucunun (soğutma sistemine giren) sıcaklığına eklenir. Fazladan bir soğutma çevriminin uygulandığı dolaylı soğutma sistemlerinde ek Eşanjörler kullanılır. Bu ikincil devre ve birincil soğutma devresi bir ısı dönüştürücü vasıtasıyla birbirine bağlıdır. Proses maddelerinin çevreye sızmasından kesinlikle kaçınılması gereken durumlarda dolaylı soğutma sistemleri uygulanır.

Enerji endüstrisinde yaygın şekilde uygulanan soğutma sistemleri için minimum yaklaşma ve soğutma kapasiteleri buhar yoğunlaştırma prosesinin özel gereklilikleri nedeniyle enerji santrali harici uygulamalardan daha farklıdır. Farklı yaklaşma seviyeleri ve ilgili enerji üretim kapasiteleri aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo 2: Enerji endüstrisindeki uygulamalarda kullanılan farklı soğutma sistemlerinin kapasiteleri ve termodinamik özelliklerine örnekler

Soğutma sistemi	Uygulanan yaklaşımlar (K)	Enerji üretim prosesinin kapasitesi (MW_{th})
Açık once - through sistemleri	13-20 (Uçbirim Farkı 3-5)	< 2700
Açık ıslak soğutma kulesi	7-15	< 2700
Açık hibrid soğutma kulesi	15-20	< 2500
Kuru hava soğutmalı kondansatör	15-25	< 900

3. Uygulamadaki Soğutma Sistemlerinin Çevresel Özellikleri

Soğutma sistemlerinin çevresel özellikleri uygulanan soğutma konfigürasyonuna bağlı olarak çeşitlilik arz etmekle birlikte odak noktası ağırlıklı olarak genel enerji verimliliğinin yükseltilmesi ve su çevresine gerçekleştirilen salınımların azaltılması konularındadır. Tüketim ve salınım seviyeleri büyük ölçüde çalışma sahası özelliklerine bağlı olmakta ve bunların ölçümü mümkün olduğunda büyük değişimler sergiledikleri görülmektedir. Bir entegre MET yaklaşımında her bir çevresel konunun değerlendirilmesinde ve bunlara ilişkin azaltma tedbirlerinin planlanmasında çapraz- ortam etkileri mutlaka dikkate alınmalıdır.

• Enerji Tüketimi

Özgül doğrudan ve dolaylı enerji tüketimi tüm soğutma sistemlerini yakından ilgilendiren önemli bir çevresel faktördür. Özgül dolaylı enerji tüketimi soğutulacak prosesin enerji tüketimidir. Bu dolaylı enerji tüketimi uygulanan soğutma konfigürasyonunun prosesin (AK) sıcaklık artışıyla sonuçlanabilen ve $kW_e/MW_{th}/K$ olarak ifade edilen alt-optimal soğutma performansının sonucu olarak yükselebilir. Bir soğutma sisteminin özgül doğrudan enerji tüketimi kW_e/MW_{th} olarak ifade edilir ve soğutma sisteminin enerji sarf eden tüm ekipmanlarınca (pompalar, fanlar) dağıtılan her bir MW_{th} için harcanan enerji miktarını gösterir.

Özgül dolaylı enerji tüketimini azaltmak için başvurulabilecek tedbirler:

- En düşük dolaylı enerji tüketimine sahip soğutma konfigürasyonunu seçmek (genelde once - through sistemler),
- Küçük yaklaşımlarla bir tasarım uygulamak ve
- Soğutma sisteminin bakımını düzgün bir şekilde gerçekleştirerek ısı dönüşümüne direnci azaltmaktır.

Örneğin, enerji endüstrisinde once - through sistemden çevrimli soğutma sistemine geçmenin anlamı yardımcı sistemlerin enerji sarfının artması ve bunun yanında termal döngünün verimliliğinin azalmasıdır.

Özgül doğrudan enerji sarfıyatını azaltmak için yüksek verimli pompalar ve fanlar kullanılabilir. Proseste direnç ve basınç düşüşleri soğutma sisteminin tasarımı safhasında ve düşük dirençli damla düşürücüler ve kule dolgu elemanları kullanılarak azaltılabilir. Yüzeylerin mekanik ve kimyasal olarak uygun şekilde temizlenmesi de işletim aşamasında prosesin düşük direncini muhafaza etmesine katkıda bulunacaktır.

- **Su**

Su yalnızca ıslak soğutma sistemlerinde ağırlıklı soğutucu olarak kullanılması nedeniyle değil aynı zamanda soğutma suyunun deşarj edildiği alıcı çevre olması sebebiyle de önemlidir. Büyük miktarlarda su alınması balık ve diğer su organizmalarının sisteme çarpması ve girmesine neden olur. Büyük miktarlarda sıcak suyun alıcı çevreye boşaltılması da su çevresi üzerinde etki yaratabilmekle birlikte söz konusu etkiler suyun alındığı ve alıcı çevreye bırakıldığı noktaların uygun bir şekilde seçilmesi, gelgit veya liman akıntılarından yararlanılması ve sıcak suyun alıcı ortamla uygun bir şekilde karıştırılması yoluyla kontrol altına alınabilir.

Su tüketimi açık bir hibrid kule için $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ ile açık bir once - through sistem için $86 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ arasında değişebilmektedir. Once - through sistemler kullanılarak büyük miktarlarda su alımının azaltılması için çevrimli soğutma yönünde bir değişikliğe gitmek gerekir. Bu, büyük miktarlardaki sıcak soğutma suyu deşarjını azaltacağı gibi kimyasalların ve atık maddelerin emisyonunu da düşürebilecektir. Çevrimli sistemlerin su tüketimi ise çevrim sayısı artırılarak, su atım kalitesi iyileştirilerek veya çalışma sahası üzerinde veya dışındaki mevcut atık su kaynaklarının kullanımını en iyileştirerek azaltılabilir. Her iki seçenek de karmaşık bir soğutma suyu arıtma programının uygulanmasını gerektirir. Daha düşük soğutma talebinin söz konusu olduğu veya düşük hava sıcaklığının yaşandığı yılın bazı dönemlerinde kuru soğutma uygulamalarına izin veren hibrid soğutma sistemleri de özellikle küçük hücre tipi birimlerde su tüketiminin azaltılmasında faydalı olacaklardır.

Su giriş ağzının ve diğer cihazların (elekler, bariyerler, ışık, ses) tasarımı ve kurulduğu yer su canlılarının çarpması ve içeri girmesini azaltacak şekilde planlanmalıdır. Bu cihazların etkisi sudaki canlı türlerine bağlıdır. Maliyetler yüksektir ve tedbirler tercihen gelişmemiş bir durumda uygulanır. Eğer mümkünse sıcak suyun yeniden kullanılması yoluyla ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin düşürülmesi alıcı yüzey suyu ortamına sıcak su emisyon miktarlarını azaltabilir.

- **Yüzey Suyuna Sıcaklık Emisyonları**

Daha önce de belirtildiği gibi yüzey suyuna sıcak su emisyonu alıcı yüzey suyu üzerinde çevresel etkiler yaratabilecektir. Söz konusu etkinin seviyesini belirleyen faktörler söz gelimi alıcı ortamın mevcut soğutma kapasitesi, yüzey suyunun fiili sıcaklığı ve ekolojik durumudur. Isı emisyonları yüzey suyuna soğutma suyu vasıtasıyla ısı deşarjlarının bir sonucu olarak sıcak yaz dönemlerindeki sıcaklığa ilişkin EQS değerlerinin aşılmasına yol açabilir. 78/659/EEC sayılı Direktif iki ekolojik bölge (Salmonid (alabalıklar) ve Siproinid (sazanlar) sular) için uyulması gereken termal gereklilikleri belirlemiştir. Isı salınımlarının çevre üzerindeki etkisi yalnızca suyun fiili sıcaklığı ile ilgili olmayıp aynı zamanda karışım bölgesi sınırları içindeki genel sıcaklık artışıyla da ilgilidir. Yüzey suyuna bırakılan sıcak suyun miktarı ve sıcaklığı çevresel etkinin kapsamı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Isı deşarjının göreceli olarak küçük yüzey sularına yapıldığı veya sıcak su akımının nehrin veya kanalın karşı kıyısına kadar ulaştığı yerlerde bu durum Somon balıklarının göç yolu üzerinde engel oluşturabilmektedir. Bu etkilerin yanında ısı emisyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar teneffüse ve biyolojik üretime (ötrofikasyon) sebep olabilmekte ve böylece sudaki oksijen yoğunluğu azalabilmektedir.

Bir soğutma sistemi tasarlanırken yüzey suyuna dağıtılacak ısıyı azaltmak amacıyla yukarıda değinilen hususlar ve imkânların mutlaka hesaba katılması gerekmektedir.

- **Yüzey Suyuna Madde Emisyonları**

Yüzey suyuna soğutma sistemlerinden gerçekleşen emisyonların nedenleri arasında;

- Uygulamada kullanılan soğutma suyu katkıları ve bunların tepken maddeleri,
- Soğutma kulesinden geçen, atmosferden gelen uçucu maddeler,
- Soğutma sistemlerinin ekipmanındaki korozyondan kaynaklanan korozyon ürünleri ve
- Proses kimyasallarından (ürün) kaynaklanan sızıntılar ve bunların tepkime ürünleri yer almaktadır.

Soğutma sisteminin düzgün bir şekilde çalışması için soğutma suyu ekipman korozyonuna, mikro ve makro kirliliğe karşı işleminden geçirilmelidir. Söz konusu işlemler açık önce - through ve çevrimli sistemlerde birbirinden farklıdır. İkinci grupta yer alan sistemler için, soğutma suyu arıtma programları yüksek derecede karmaşık, kullanılan kimyasal yelpazesi de son derece geniş olabilmektedir. Sonuç olarak, bu sistemlerin blöfündeki emisyon seviyeleri çok büyük değişim sergilemekte ve böylece temsili emisyon seviyelerinin raporlanması da son derece güç olmaktadır. Bazen blöf deşarj işleminden önce artırılır.

Açık önce - through sistemlerdeki, çıkışta serbest oksidan olarak ölçülen oksitleyici biyosit emisyonları türe ve dozaj sıklığına bağlı olarak 0,1 [mg FO/l] ile 0,5 [mg FO/l] arasında değişir.

Tablo 3: Açık ve çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde kullanılan soğutma suyu arıtımındaki kimyasal bileşenler

	Su Kalitesi Sorunları					
Kimyasal Arıtma Örnekleri *	Korozyon		Tabakalaşma		(Biyolojik)-kirlilik	
	Once - through sistemler	Çevrimli sistemler	Once - through sistemler	Çevrimli sistemler	Once - through sistemler	Çevrimli sistemler
Çinko		X				
Molibdat		X				
Silikat		X				
Fosfonat		X		X		
Poli-fosfonat		X		X		
Poliol Ester				X		
Doğal Organikler				X		
Polimerler	(X)		(X)	X		
Oksidan olmayan biyositler						X
Oksidan biyositler					X	X

* kromat yüksek çevresel etkileri nedeniyle artık geniş bir kullanım alanına sahip değildir.

İçinde faaliyet göstereceği çevreye uygun malzemeden imal edilmiş soğutma ekipmanının seçimi ve uygulanması sızıntı ve korozyonu azaltabilir. Bu çevrenin tanımlanmasında kullanılan faktörler:

- Sıcaklık, basınç ve akım hızı gibi proses koşulları,
- Soğutulan ortam ve
- Soğutma suyunun kimyasal özellikleridir.

Eşanjörler, borular/iletim yolları, pompalar ve kasalarda yaygın olarak kullanılan malzemeler karbon alaşımlı çelik, bakır-nikel ve çeşitli kalitelerde paslanmaz çelik olmakla birlikte titanyum (Ti) kullanımı da her geçen gün artmaktadır. Ayrıca yüzeyi korumak için kaplama ve boya da yapılır.

• Biyositlerin Kullanımı

Açık önce - through sistemler makro-kirlenmeye karşı ağırlıklı olarak oksidan biyositler kullanılarak işleminden geçirilir. Tatbik edilen miktar yıllık kullanılan oksidatif katkısı olarak ifade edilebilir. Bu katkı da ısı dönüştürücünün içinde veya yakınındaki tortu oluşumu seviyesiyle bağlantılı olarak her bir MW_{th} için klorin eşdeğeri olarak ifade edilir. Once - through sistemlerde oksidatif katkı olarak halojenlerin kullanılması öncelikle halojenli yan ürünlerin üretilmesi yoluyla çevresel yüklerle sebep olacaktır.

Açık çevrimli sistemlerde tabakalaşma, korozyon ve mikro-kalıntı oluşumuna karşı su ön arıtma işleminden geçirilir. Göreli olarak daha küçük hacimlerdeki çevrimli ıslak sistemlerde ozon ve UV ışınlar gibi alternatif arıtma yöntemleri başarıyla kullanılabilir. Birlikte bu yöntemler özel proses koşullarına ihtiyaç duymakta ve haylice masraflı olabilmektedirler.

Soğutma suyu deşarjından kaynaklanan zararlı etkileri azaltan işletme tedbirleri şok arıtma sırasında tahliyenin durdurulması ve blöfün alıcı yüzey suyuna deşarj işleminden önce arıtmadan geçirilmesidir. Blöfün bir atık su arıtma tesisinde arıtılması söz konusu olduğunda kalan biyosidal aktivite daha sonradan mikrobiyal popülasyonu etkileme potansiyeline sahip olduğundan mutlaka izleme altına alınmalıdır.

Deşarjdaki emisyonları ve bunların su çevresi üzerindeki etkilerini azaltmak için, soğutma sistemlerinin gerekliliklerini alıcı su ortamının hassasiyetiyle karşılaştırmak amacıyla biyositler seçilir.

- **Havaya Emisyonlar**

Kuru devre soğutma kulelerinden deşarj edilen hava genelde soğutma sisteminin en önemli sorunları arasında düşünülmez. Eğer herhangi bir ürün sızıntısı varsa havaya kirlilik karışımı söz konusu olabilir; ancak uygun ve düzenli bakımlarla bu sızıntıların da önüne geçilebilmektedir.

Islak soğutma kulelerinin deşarjındaki damlacıklara su arıtma kimyasalları, mikroplar veya korozyon ürünleri karışabilir. Damla tutucuları ve en iyileştirilmiş bir su arıtma programı olası riskleri azaltacaktır.

Ufuk çizgisini bozan bir etki meydana geldiğinde veya dumanın zemin seviyesine ulaşma riskinin bulunduğu durumlarda duman oluşumunun varlığı kabul edilir.

- **Gürültü**

Gürültü emisyonu büyük doğal çekişli soğutma kuleleri ve tüm mekanik soğutma sistemleri için yerel ölçekli bir sorundur. Zayıflatılmamış ses seviyeleri doğal çekişli sistemlerde 70 ile mekanik kulelerde yaklaşık 120 [dB(A)] arasında değişmektedir. Bu farklılığın nedeni kullanılan ekipmanların farklı olmasından ve ölçümün hava giriş ve çıkış ağzında farklı yerlerde yapılmasından ileri gelebilmektedir. Fanlar, pompalar ve aşağı akan su en önemli ses kaynakları arasında yer almaktadır.

- **Risk Faktörleri**

Soğutma sistemlerinin içerdiği risklerden belli başlıları ısı dönüştürücülerden kaynaklanan sızıntılar, kimyasalların depolanmasından kaynaklanan riskler ve ıslak soğutma sistemlerindeki mikrobiyolojik kirlilik (lejyoner hastalığı gibi) olarak sayılabilir.

Koruyucu bakım ve izleme tedbirleri sızıntıları önlemek kadar mikro biyolojik (kirliliği (enfeksiyonu) önlemek için de kullanılmakta olan tedbirlerdir. Sızıntının büyük miktarda su çevresine zararlı madde deşarjına yol açabildiği hallerde dolaylı soğutma sistemlerinin veya özel önleyici tedbirlerin devreye sokulması düşünülmelidir.

Legionellae pneumophila (Lp) gelişiminin engellenebilmesi için uygun seviyede bir su arıtma programının uygulanması önerilir. *Lp* için koloni oluşturan birimlerde ölçülen ve bu ölçümün altındaki değerler için herhangi bir risk beklentisinin bulunmadığı seviyelerden [litre başına CFU] daha yüksek *Lp* konsantrasyon limitleri oluşturulamaz. Söz konusu risk bakım işlemleri sırasında özel olarak ortadan kaldırılmalıdır.

- **Soğutma Sistemlerinin Çalışmasından Kalıntılar**

Çok az sayıda kalıntı veya atık durumu rapor edilmiştir. Soğutma suyunun ön arıtımından veya soğutma kuleleri havzasından geriye kalan çamurlar atık olarak değerlendirilmelidir. Bunlar mekanik özelliklere ve kimyasal bileşimlerine bağlı olarak farklı şekillerde arıtılıp imha edilirler. Konsantrasyon seviyeleri soğutma suyu arıtım programına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Çevresel emisyonlar ekipman için uygulanan daha az zararlı koruma metotları ile ve soğutma sistemi ekipmanının devreden çıkarılması veya değiştirilmesi sonrasında geri dönüştürülebilen malzeme seçimi ile daha fazla azaltılabilir.

4. Temel MET Sonuçları

Yeni ve mevcut sistemler için MET veya birincil MET yaklaşımı Bölüm 4'te sunulmaktadır. Bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Nihai MET çözümünün çalışma alanına özgü bir çözüm olacağı bilinmekle ve kabul edilmekle birlikte bazı konular bağlamında teknikler genel MET olarak tanımlanabilecektir. Her durumda, ısının bir endüstriyel prosesten çevreye dağıtılması düşünülmeden evvel geri kazanılamaz ısının seviyesi ve miktarını düşürmek için söz konusu ısının yeniden kullanımına ilişkin mevcut ve uygulanabilir seçenekler incelenmiş ve kullanılmış olmalıdır.

MET tüm kurulum seçenekleri için göz önünde bulundurulacak bir teknoloji, metot veya prosedür ve endüstriyel soğutma sistemlerinin çevresel etkilerini azaltmak için başvurulacak, doğrudan ve dolaylı etkiler arasında bir denge oluşturan entegre bir yaklaşımın sonucudur. Soğutma sistemi veriminin asgari düzeyde tutulabilmesi veya çevre üzerindeki olumlu etkilerle karşılaştırıldığında verimlilik kaybının ihmal edilebilir bir düzeyde tutulabilmesi için azaltma tedbirlerine başvurulması gerekmektedir.

Bir dizi çevresel konuyla ilgili olarak, MET'in MET yaklaşımı içinde ele alınabilmesi doğrultusunda bazı teknikler tanımlanmıştır. Atık miktarının azaltılması veya atıkların yönetilmesi sırasında toprakta, suda veya havada kirliliğe yol açmaktan kaçınılması ile ilgili olarak açıkça tanımlanmış herhangi bir MET bulunmamaktadır.

• Proses ve Çalışma Sahası Gereklilikleri

Proses ve çalışma sahası gerekliliklerini karşılamak için ıslak, kuru veya ıslak/kuru soğutma seçenekleri arasında tercih yapılırken en yüksek genel enerji verimliliğinin sağlanması amaçlanır. Büyük miktarlarda düşük seviye ısı (10-25°C) söz konusu olduğunda yüksek bir genel enerji verimliliği sağlayabilmek için soğutmada uygulanacak MET açık önce - through sistemlerdir. Bu durumda, tamamen boş arazi kullanılması halinde soğutma suyunun temin edilebileceği büyük miktarlarda su bulunduran ve aynı şekilde işleminden geçen soğutma suyunun deşarj edilebileceği ölçüde büyük miktarlarda yüzey suyunun bulunduğu bir çalışma sahasının (sahil) seçimi uygun olacaktır.

Prensipte, örneğin yeraltı su kaynaklarının tükenme riskinin göz ardı edilemeyeceği yerlerde soğutma için yeraltı suyu kullanımı olabildiğince minimize edilmek zorundadır.

• Doğrudan enerji sarfının azaltılması

Soğutma sisteminin doğrudan sarf ettiği enerji miktarının düşürülmesi için düşük enerji ekipmanları uygulanarak soğutma sisteminin suya ve havaya direnci azaltılmalıdır. Soğutulacak prosesin değişken çalışma gereksinimi duyduğu yerlerde hava ve su akımının modülasyonu başarıyla uygulanmış olup MET olarak düşünülebilir.

- **Su sarfiyatının azaltılması ve suya ısı emisyonlarının düşürülmesi**

Su tüketiminin azaltılması ve suya ısı emisyonlarının düşürülmesi konuları birbiriyle yakından ilgilidir ve aynı teknolojik seçeneklerin uygulanmasını öngörürler.

Soğutma için ihtiyaç duyulan suyun miktarı dağıtılacak ısıнын miktarına bağlıdır. Soğutma suyunun yeniden kullanım oranı arttıkça ihtiyaç duyulan soğutma suyu miktarları da azalacaktır.

Suyun bulunabilirliği veya kullanılabilirliğinin düşük veya güvenilemez olduğu yerlerde başvurulabilecek MET soğutma suyunun açık veya kapalı çevrimli ıslak sistem yoluyla devri daim ettirilmesidir.

Çevrimli sistemlerde döngü sayısının artırılması bir MET olabilir ancak soğutma suyu arıtması ihtiyacı bu durumda sınırlandırıcı bir rol oynayabilir. Sapmayı toplam dolaşım (çevrim) debisinin yüzde 0,01'inden daha aşağı düzeyde tutmak için damla tutucuların uygulaması da bir MET'tir.

- **Karışmaların Azaltılması**

Sisteme balıkların veya diğer canlıların sürüklenmesini azaltmak veya meydana gelen sürüklenmelerden kaynaklanan zararların önüne geçmek için pek çok teknik geliştirilmiştir. Bu tekniklerin başarısı değişkendir ve çalışma sahasına bağlıdır. Bu anlamda açıkça tanımlanmış herhangi bir MET bulunmamakla birlikte esas ağırlık biyotopun (yaşam ortamı) analizine verilmekte, böylece başarı ve başarısızlık türlerin davranış özelliklerine ve su giriş yapısının tasarımı ve konumlandırılmasına bağlı olmaktadır.

- **Suya kimyasal madde emisyonlarının azaltılması**

MET yaklaşımı doğrultusunda, su çevresine yönelik emisyonları azaltmak için potansiyel tekniklerin uygulanması aşağıdaki sıra esas alınarak değerlendirilmelidir:

1. Yüzey suyuna daha az emisyon gerçekleşmesine imkân veren uygun soğutma konfigürasyonunun seçilmesi,
2. Soğutma ekipmanında daha fazla korozyon dayanımlı malzeme kullanılması,
3. Proses maddelerinin soğutma devresine sızmasının önlenmesi ve azaltılması,
4. Alternatif (kimyasal olmayan) soğutma suyu arıtım yöntemlerinin uygulanması,
5. Soğutma suyu katkı maddelerinin çevre üzerinde yol açılan etkilerin azaltılması amacına uygun olarak seçilmesi ve
6. Soğutma suyu katkı maddesi uygulamalarının (izleme ve dozaj bakımından) en iyileştirilmesi.

MET uygun tasarım sayesinde tortu ve korozyon oluşumunu azaltarak soğutma suyunun ıslah ihtiyacını azaltmaktadır. Once - through sistemlerde sistem tasarımında durgun bölgeler ve türbülans alanlarının oluşmasından kaçınılacak ve sistemdeki suyun belli bir düzeyde akış hızına sahip olması temin edilecektir (eşanjörler için 0,8 [m/s], kondansatörler için ise 1,5 [m/s]).

Titanyum veya yüksek kaliteli paslanmaz çelik veya benzer performansa sahip başka malzemeler kullanılmasını gerektiren yüksek korozyonlu, titanyum kullanımını sınırlandıran bir ortamda once - through sistemlere uygun malzeme seçimi de bir MET'tir.

Çevrimli sistemlerde mevcut tasarım tedbirlerine ek olarak, uygun korozyon dayanımlı malzeme seçimine imkân vermek için uygulanan konsantrasyon döngüsünü ve proses maddesinin aşındırıcılığını tanımlamak MET yöntemleri arasındadır.

Soğutma kulelerinde su kalitesini (katı madde içeriği), beklenen tortulaşmayı, sıcaklıkları ve erozyon dayanımını hesaba katan uygun dolgu tiplerinin uygulanması ve kimyasal korunmaya ihtiyaç duymayan inşaat malzemesi seçimi MET uygulamasıdır.

Kimya sanayinde uygulanan VCI konsepti proses maddelerinden kaynaklanan sızıntı durumlarında su

çevresine yönelik riskleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu konsept bir proses maddesinin çevresel etki seviyesi ile gereksinim duyulan soğutma konfigürasyonu ve izleme gereklilikleri arasında bağlantı oluşturur. Sızıntı hallerinde çevreye yönelik potansiyel risklerin daha yüksek olduğu hallerde söz konusu konsept anti-korozyon özelliğini ve dolaylı soğutma tasarımını iyileştirirken soğutma suyunun izlenme seviyesini de yükseltir.

- **Soğutma suyu arıtımının optimize edilmesi yoluyla emisyonların azaltılması**

Once - through sistemlerde oksidan nitelikteki biyosit uygulaması biyosit dozlamasının zamanlaması ve sıklığında yapılan düzenlemelerle optimize edilir. Makro kirleticilerin davranışlarının izlenmesi (örneğin midyelerin valf hareketi) ve soğutma suyunun sistemde kalış süresinin kullanılması kombinasyonu biyosit girişlerinin hedeflenen dozda azaltılması MET olarak kabul edilir. Farklı soğutma akıntılarının çıkışta birbirine karıştığı sistemler için dalgalı klorlama bir MET tekniğidir ve deşarj anında serbest oksidan konsantrasyonlarını daha da ileri seviyede azaltabilir. Genelde once - through sistemlerinin kesikli arıtımı bozunmayı önlemek için yeterlidir. Türlerle ve su sıcaklığına (10-12°C üstünde) bağlı olarak düşük seviyelerde sürekli arıtmaya ihtiyaç duyulabilir.

Deniz suyu için deşarjdaki serbest artık oksidanların (FRO) bu uygulamalara bağlı MET seviyeleri uygulanan (sürekli veya kesikli) dozaj rejimine, dozaj konsantrasyon seviyesine ve soğutma sistemi konfigürasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu MET seviyeleri < 0,1 [mg/l] ile 0,5 [mg/l] arasında değişir.

Su arıtımında MET esaslı bir yaklaşımın uygulamaya konulmasında özellikle oksidan olmayan biyositleri kullanan çevrimli sistemler için önem taşıyan bir unsur hangi su arıtma rejiminin uygulandığı ve bu rejimin nasıl kontrol edilmesi ve izlenmesi gerektiği konularında karara varılmasıdır. Uygun arıtma rejiminin belirlenmesi karmaşık bir süreçtir ve bir dizi yerel ve sahaya özgü faktörün hesaba katılmasını ve bunların arıtmada kullanılacak katkı maddelerinin özellikleri, miktarları ve kombinasyonlarıyla uygun bir şekilde ilişkilendirilmesini gerektirir.

BREF yerel kuruluşların soğutma suyu katkılarına ilişkin MET karar alma sürecine yerel düzeyde katkıda bulunmalarını sağlamak için bu otoriteleri bir değerlendirme taslağı ile bir IPPC izni düzenlemekle sorumlu kılmaya çalışmaktadır.

98/8/EC sayılı Biyosidal Ürünler Direktifi biyosidal ürünlerin Avrupa piyasalarında satışa sunulması kurallarını düzenlemekte ve soğutma sistemlerinde kullanılan biyositleri özel bir kategori içinde ele almaktadır. Bu bağlamda gerçekleştirilen bilgi değişimleri göstermektedir ki soğutma suyu katkılarının uygulanması konusunda bazı Üye Ülkelerde özel değerlendirme rejimleri hali hazırda uygulanmaktadır.

Endüstriyel Soğutma Sistemlerine ilişkin bilgi değişim sürecinin bir parçası olarak gerçekleşen inceleme ve tartışmalar soğutma suyu katkılarına ilişkin iki kavram önerisi ile sonuçlanmıştır. Bu konseptler izin verici otoriteler tarafından tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabilir:

1. Soğutma suyu katkılarının su çevresine olası etkileri bağlamında basit görelî bir karşılaştırmasının yapılmasına izin veren ve mevcut konseptlerden yola çıkılarak hazırlanmış bir eleme değerlendirme aracı (Kıyaslama Değerlendirmesi, Ek VIII. 1).
2. Biyosidal Ürünler Direktifinin sonuçlarını izleyen ve gelecekteki Su Çerçeve Direktifinin temel unsurları olarak Çevre Kalite Standartlarının (EQS) oluşturulmasında metodolojiyi kullanan, alıcı su ortamına deşarj edilen biyositlerin beklenen etkilerine ilişkin çalışma sahasına özgü bir değerlendirme (Biyositler için Yerel Değerlendirme, Ek VIII.2).

Kıyaslama Değerlendirmesi birkaç alternatif soğutma suyu katkısının çevresel etkilerini karşılaştırmak için kullanılabilir. Biyositler için Yerel Değerlendirme ise özellikle biyositler için MET uyumlu bir yaklaşımın belirlenmesine yönelik bir kıstas sunmaktadır (PEC/PNEC <1). Yerel değerlendirme metodolojilerinin endüstriyel emisyonların kontrolünde bir araç olarak kullanımı uygulamada hali hazırda yaygın bir yaklaşımdır.

- **Havaya emisyonların azaltılması**

Soğutma kulesinin çalışması sonucunda havaya gerçekleşen emisyonların neden olacağı çevresel etkilerin azaltılması zerreciklerdeki konsantrasyonların düşürülmesi amacıyla başvurulmuş soğutma suyu iklimlendirme sürecinin optimizasyonu ile bağlantılıdır. Ana taşıma mekanizmasının düşme olduğu yerlerde çevrim akımının yüzde 0,01'inden daha düşük kısmının damla olarak kaybiyla sonuçlanan damla tutucuların uygulanması MET olarak düşünülür.

- **Gürültünün azaltılması**

Birincil tedbirler düşük gürültü ekipmanı uygulamalarıdır. Bunlarla sağlanan azalma seviyeleri yaklaşık 5 [dB(A)]'e kadar çıkmaktadır.

Mekanik soğutma kulelerinin giriş ve çıkışlarında başvurulmuş ikincil tedbirler minimum 15 [dB(A)] veya daha fazla gürültü azaltımı sağlamaktadır. Gürültü azaltma tedbirlerinin, özellikle ikincil tedbirler söz konusu olduğunda basınç düşmesine yol açabildiğine ve bunun da ancak ekstra enerji girdisi ile telafi edilebileceğine mutlaka dikkat edilmelidir.

- **Sızıntının ve Mikrobiyolojik Risklerin Azaltılması**

MET uygulamaları sızıntıyı tasarım, tasarım sınırları çerçevesinde işletim ve soğutma sisteminin düzenli olarak kontrol edilmesi yoluyla önlemektedir.

Özellikle kimya endüstrisi söz konusu olduğunda daha önce belirtilmiş olduğu gibi suya gerçekleşen emisyonların azaltılması amacıyla MET'in VCI güvenlik konseptini uygulayacağı kabul edilmektedir.

Bir soğutma sisteminde *Legionella pneumophila* oluşumu tamamen önlenemez. Bu bağlamda MET'in aşağıdaki tedbirleri uygulayacağı kabul edilmektedir:

- Sistem içinde durgun bölgeler bulunmasının önlenmesi ve suyun akışkanlığının yeterli düzeyde tutulması,
- Soğutma suyu arıtımının optimize edilerek kalıntı, alg ve amip oluşumu ve üremesinin azaltılması,
- Soğutma kulesi havzasının periyodik olarak temizlenmesi,
- Bir işletme birimini faaliyete alırken veya kulenin yüksek basınç temizliğini gerçekleştirirken gürültü ve ağız koruması yoluyla operatörlerin respiratuar hassasiyetinin azaltılması.

5. Yeni ve mevcut sistemler arasında ayrım

Yeni sistemlere tüm temel MET çözümleri uygulanabilir. Teknolojik değişiklik yapılmasını gerektirdiğinde söz konusu uygulama mevcut soğutma sistemleri için sınırlandırılabilir. Seri olarak üretilen küçük soğutma kuleleri için teknolojiye bir değişikliğin teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir nitelikte olacağı kabul edilir. Büyük sistemlerde gerçekleştirilecek teknolojik değişiklikler ise genellikle maliyet açısından hassas değişiklikler olup birçok faktörün hesaba katıldığı karmaşık bir teknik ve ekonomik değerlendirme sürecini gerektirmektedir. Bu büyük sistemlerde gerçekleştirilecek, bazı ekipmanların değiştirilmesi gibi görece olarak küçük uyarlamalar bazı durumlarda makul olabilir. Daha büyük teknolojik değişiklikler içinse çevresel etkiler ve maliyetlerin daha kapsamlı bir inceleme ve değerlendirmesinin yapılması zorunlu olabilir.

Genelde her ikisinde de sistem çalışmasının iyileştirilmesi yoluyla çevresel etkilerin azaltılması amaçlandığından yeni ve mevcut sistemlerde uygulanacak MET metodları benzerlik göstermektedir. Bunlar:

- Çevre üzerindeki etkilerin azaltılması amacıyla soğutma suyu katkılarının kontrollü dozaj ve seçimi yoluyla soğutma suyu arıtımının optimizasyonu,
- Ekipmanın düzenli bakımı ve
- Eşanjör yüzeyinin korozyon oranı, soğutma suyunun kimyası ve kalıntı ve sızıntı miktarı gibi işletme parametrelerinin izlenmesidir.

Mevcut soğutma sistemleri için kabul edilen MET metotlarından bazıları:

- Kalıntının önlenmesi amacıyla uygun dolgu uygulanması, döner ekipmanın düşük gürültü seviyesine sahip cihazlarla değiştirilmesi, eşanjör tüplerini izleyerek sızıntının önlenmesi, yan akıntı biyo-filtrelemesi, atım suyu kalitesinin ve önce - through sistemlerde hedeflenen dozajın iyileştirilmesi.

6. Gelecek Çalışmalar için Sonuçlar ve Öneriler

Bu BREF Teknik Çalışma Grubundan (TWG) yüksek düzeyde destek almıştır. Endüstriyel soğutma işlemine ilişkin MET'i değerlendirmek ve tanımlamak genellikle karmaşık ve son derece alana ve prosese özel bir çalışma olarak kabul edilmekte ve pek çok teknik ve maliyete ilişkin sorunu beraberinde getirmektedir. Yine de Soğutma Sistemlerine ilişkin Genel MET konsepti için Bölüm 4'teki Genel BREF-Sunuş ve Giriş kısmına dayanan açık bir destek söz konusudur.

Bilgi değişim süreci bu BREF'in daha ilerideki çalışmalarda gözden geçirilmesi sırasında ihtiyaç duyulabilecek bir dizi konuyu ortaya koymaktadır. Soğutma suyu arıtımına ilişkin yerel değerlendirme çalışma alanıyla ilgili tüm faktörler ve kimyasal özelliklerin ne şekilde hesaba katılması gerektiğine dair daha ileri derecede bir araştırmayı gerektirmekle birlikte aynı zamanda açık bir rehber ve işleyebilir bir prosedür de kesinlikle gereklidir. Üzerinde ek çalışmalar yürütülmesi gereken diğer ilgi alanları alternatif soğutma suyu arıtım teknikleri, mikrobiyolojik riskin minimize edilmesi ve havaya yönelik emisyonlar konularını kapsamaktadır.

Endüstriyel Soğutma Sistemleri Alanındaki Mevcut En iyi Tekniklerin Uygulanmasına Dair Taslak Kaynak Belge

Uygulama Özeti	i
Sunuş	1
Kapsam	5
Sözlük	7
Termodinamik Tanımlar	7
Diğer Tanımlar	8
Kısaltmalar ve kısa adlar	13
1 Endüstriyel soğutma sistemleri için genel MET konsepti	15
1.1 Isı kaynakları, ısı seviyeleri ve uygulama aralıkları	19
1.2 Soğutma sisteminin düzeyi ve proses verimliliğine etkisi	20
1.2.1 Sıcaklığa duyarlı uygulamalar	20
1.2.2 Hassas olmayan uygulamalar	22
1.3 Birincil prosesin optimize edilmesi ve ısıнын yeniden kullanımı	22
1.3.1 Birincil prosesin optimize edilmesi	22
1.3.2 Atık ısıнын çalışma alanı dışında kullanılması	23
1.4 Proses gerekliliklerini ve çalışma sahası koşullarını karşılayacak bir soğutma sisteminin seçilmesi...	23
1.4.1 Proses gereklilikleri	23
1.4.2 Çalışma sahası seçimi	25
1.4.3 İklim koşulları	28
1.4.4 Matematik modelleme, modellerin simülasyonu ve pilot döngülerin test edilmesi	30
1.5 Çevresel gereklilikleri karşılayacak bir soğutma tekniğinin seçilmesi	30
1.5.1 Hava ve su soğutmalı sistemlerin genel bir karşılaştırması	30
1.5.2 Tasarım faktörleri ve malzeme seçimi	31
1.5.3 Mevcut sistemler üzerinde teknolojik bir değişiklik yapmak için var olan seçenekler	32
1.5.3.1 Retrofit – sebepler ve ilgili konular	33
1.5.3.2 Isı transfer teknolojisinin değiştirilmesi	34
1.5.3.3 Eski/Kullanılmayan ısı transfer teknolojisinin yenisiyle değiştirilmesi	35
1.5.3.4 Mevcut ısı transfer teknolojisinin bir üst teknolojiye yükseltilmesi	36
1.6 Ekonomik kısıtlar	37
2 Uygulamadaki Soğutma Sistemlerinin Teknolojik Özellikleri	39
2.1 Giriş	39
2.2 Eşanjörler	41
2.2.1 Kabuk ve tüp tipi eşanjörler	41
2.2.2 Plakalı ve kafes tipi eşanjörler	41
2.2.3 Eşanjörlerin çevresel özellikleri	42
2.3 Önce - through soğutma sistemleri	42
2.3.1 Doğrudan önce - through soğutma sistemleri	42
2.3.2 Soğutma kuleli önce - through soğutma sistemleri	43
2.3.3 Dolaylı önce - through soğutma sistemleri	44
2.4 Açık çevrimli soğutma sistemleri	45
2.4.1 Doğal çekimli ıslak soğutma kuleleri	46
2.4.2 Mekanik çekimli ıslak soğutma kuleleri	48
2.4.2.1 Cebri çekimli ıslak soğutma kuleleri	49
2.4.2.2 Tahrikli çekimli ıslak soğutma kuleleri	50
2.5 Kapalı devre soğutma sistemleri	51
2.5.1 Hava soğutmalı soğutma sistemleri	51
2.5.1.1 Doğal çekimli kuru soğutma kulesi	52
2.5.1.2 Hava soğutmalı likit soğutma sistemleri	54
2.5.1.3 Hava soğutmalı buhar kondansatörleri	55
2.5.2 Kapalı devre ıslak soğutma sistemleri	56
2.5.2.1 Mekanik çekimli ıslak kapalı devre soğutma sistemleri	57
2.5.2.2 Evaporatif buhar kondansatörleri	57
2.6 Kombine ıslak / kuru soğutma sistemleri	58
2.6.1 Açık ıslak / kuru (hibrid) soğutma kuleleri	58
2.6.2 Kapalı devre hibrid soğutma sistemleri	59
2.6.2.1 Püskürtmeli (kanatlı) soğutma kangalları	60
2.6.2.2 Isı geçirimsiz soğutucular, kangalları soğutan havanın ıslanması ve ön soğutmadan geçirilmesi	60
2.6.2.3 Kombine teknoloji	61
2.6.2.4 Hibrit sistemlerin maliyetleri	61

2.7	Çevrimli (devri daimli) soğutma sistemleri.....	62
2.7.1	Doğrudan çevrimli (devri daimli) soğutma sistemleri	62
2.7.2	Dolaylı çevrimli (devri daimli) soğutma sistemleri	62
2.8	Soğutma sistemlerinin maliyetleri.....	62
3	Endüstriyel Soğutma Sistemlerinin Çevresel Etkileri ve uygulanan azaltma ve önleme teknikleri	65
3.1	Giriş.....	65
3.2	Enerji sarfiyatı	67
3.2.1	Doğrudan enerji sarfiyatı.....	67
3.2.2	Dolaylı enerji sarfiyatı.....	67
3.2.3	Soğutma için gerekli enerji miktarının azaltılması	70
3.3	Soğutma suyu sarfiyatı ve emisyonu.....	71
3.3.1	Su sarfiyatı	71
3.3.1.1	Suyun sisteme alınması ve su gereklilikleri	71
3.3.1.2	Su sarfiyatını azaltmak için uygulanan teknikler	73
3.3.2	Balıkların suyla sisteme sürüklenmesi.....	74
3.3.2.1	Balıkların sisteme sürüklenme derecesi	74
3.3.2.2	Uygulanan azaltma teknikleri	75
3.3.2.3	Ses cihazları ve ışık sistemlerinin maliyeti.....	77
3.3.3	Yüzey suyuna ısı emisyonu.....	77
3.3.3.1	Isı emisyonu seviyeleri	77
3.3.3.2	Isı emisyonu ile ilgili yasal gereklilikler.....	78
3.3.3.3	Uygulanan azaltma teknikleri	79
3.4	Soğutma suyu artımından kaynaklanan emisyonlar	80
3.4.1	Soğutma suyu arıtımının uygulanması	80
3.4.2	Yüzey suyuna kimyasal madde emisyonları.....	83
3.4.2.1	Oksitleyici (oksidan) biyositler.....	83
3.4.2.2	Oksitlenmeye neden olmayan (non-oksidan) biyositler	84
3.4.2.3	Biyositlerin emisyonunu etkileyen faktörler.....	84
3.4.2.4	Emisyon Seviyeleri.....	85
3.4.2.5	Mevzuat.....	85
3.4.3	Yüzey suyuna gerçekleşen emisyonların azaltılması	86
3.4.3.1	Genel yaklaşım	86
3.4.3.2	Malzeme seçimi ve sistemin tasarımı yoluyla emisyonun azaltılması	91
3.4.4	Ek ve alternatif soğutma suyu arıtımı yoluyla emisyonun azaltılması	91
3.4.5	Soğutma suyu katkılarının seçimi ve değerlendirilmesi yoluyla emisyonun azaltılması.....	92
3.4.6	Soğutma suyu katkı maddeleri kullanımının en iyileştirilmesi	95
3.4.6.1	Soğutma suyu katkı maddelerinin dozajı	96
3.4.6.1.1	Dozaj rejimleri	96
3.4.6.1.2	Dozaj sistemleri	97
3.4.6.2	Soğutma suyunun izlenmesi	98
3.4.6.2.1	Tortu önleyicileri, korozyon önleyicileri ve seyrelticilerin izlenmesi.....	98
3.4.6.2.2	Biyo-kirlenmenin izlenmesi	99
3.5	Soğutma havası kullanımı ve hava emisyonları	101
3.5.1	Hava ile ilgili gereklilikler.....	101
3.5.2	Doğrudan ve dolaylı emisyonlar.....	101
3.5.3	Soğutma kulesi baca gazı emisyonları.....	103
3.5.3.1	Baca gazı oluşumu.....	103
3.5.3.2	Baca gazının azaltılması	103
3.6	Gürültü emisyonları	104
3.6.1	Gürültü kaynakları ve gürültü seviyeleri	104
3.6.2	Gürültünün azaltılması	107
3.6.2.1	Basamaklı suyun gürültü kontrolü (ıslak soğutma kuleleri).....	107
3.6.2.1.1	Birincil tedbirler.....	107
3.6.2.1.2	ikincil tedbirler	107
3.6.2.1.3	Kuru soğutma kuleleri.....	108
3.6.2.2	Mekanik ekipmanın gürültü kontrolü (mekanik çekişli soğutma kuleleri).....	108
3.6.2.2.1	Birincil Tedbirler	108
3.6.2.2.2	ikincil tedbirler	109
3.6.2.3	Gürültü azaltma tedbirlerinin maliyeti.....	109
3.7	Endüstriyel Soğutma Sistemleriyle ilgili risk faktörleri	110
3.7.1	Sızıntı riski	110
3.7.1.1	Meydana geliş ve sonuçları	110

3.7.1.2	Sızıntının azaltılması	111
3.7.1.3	Önleyici bakım yoluyla azaltma	112
3.7.2	Kimyasalların depolanması ve kullanımı	113
3.7.3	Mikro-biyolojik riskler	113
3.7.3.1	Mikropların ortaya çıkması.....	113
3.7.3.2	Bakteri ölçümü	114
3.7.3.3	Mikro-biyolojik risklerin azaltılmasında kullanılabilecek teknikler.....	114
3.8	Soğutma sisteminin çalışmasından kaynaklanan atıklar	117
3.8.1	Çamur oluşumu	117
3.8.2	Soğutma suyu arıtımı ve temizlik işlemlerinin artıkları	117
3.8.3	Kurulumun tadilatı, değiştirilmesi ve devre dışı bırakılmasından geriye kalan artıklar.....	117
3.8.3.1	Plastiklerin kullanımı.....	118
3.8.3.2	Islak soğutma kulesi inşasında kullanılan kerestenin işlenmesi.....	118
3.8.3.3	Islak soğutma kulesi dolgusu.....	118
4	Endüstriyel Soğutma Sistemleri Alanında Mevcut En İyi Teknikler	119
4.1	Giriş.....	119
4.2	Soğutma sistemleri için MET tanımlamasında yatay bir yaklaşım.....	120
4.2.1	Entegre ısı yönetimi	121
4.2.1.1	Endüstriyel soğutma = Isı yönetimi	121
4.2.1.2	Deşarj edilen ısı miktarının dâhili / harici yeniden kullanımının en iyileştirilmesi yoluyla azaltılması	121
4.2.1.3	Soğutma sistemi ve proses gereklilikleri.....	121
4.2.1.4	Soğutma sistemi ve çalışma alanı gereklilikleri.....	123
4.2.2	Endüstriyel Soğutma Sistemleri Alanında MET'in uygulanması.....	124
4.3	Enerji sarfının azaltılması	125
4.3.1	Genel.....	125
4.3.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	126
4.4	Su gerekliliğinin azaltılması.....	127
4.4.1	Genel.....	127
4.4.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	127
4.5	Organizmaların sisteme sürüklenmesinin azaltılması.....	128
4.5.1	Genel.....	128
4.5.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	128
4.6	Su emisyonlarının azaltılması	128
4.6.1	Isı emisyonlarının azaltılmasına yönelik genel MET yaklaşımı.....	128
4.6.2	Suya kimyasal madde emisyonunun azaltılmasına yönelik genel MET yaklaşımı.....	129
4.6.3	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	131
4.6.3.1	Tasarım ve bakım yoluyla önleme	131
4.6.3.2	En iyileştirilmiş soğutma suyu arıtımı yoluyla kontrol	133
4.7	Havaya emisyonların azaltılması	134
4.7.1	Genel yaklaşım.....	134
4.7.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	135
4.8	Gürültü emisyonlarının azaltılması	135
4.8.1	Genel.....	135
4.8.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	136
4.9	Sızıntı riskinin azaltılması.....	136
4.9.1	Genel yaklaşım.....	136
4.9.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	137
4.10	Biyolojik riskin azaltılması	137
4.10.1	Genel yaklaşım.....	137
4.10.2	MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri.....	138
5	Son sözler.....	139
5.1	Çalışmanın zamanlaması.....	139
5.2	Bilgi kaynakları	139
5.3	İleride gerçekleştirilecek çalışmalar için öneriler.....	139
	Kaynaklar	141
	Ekler	149

Tablolar

Tablo 1.1:	Sıcaklık seviyeleri ve uygulama aralığı	20
Tablo 1.2:	%3 verimlilik kaybı hesabıyla ortalama bir Batı Avrupa enerji santralının emisyonları	21
Tablo 1.3:	1300 MW _e kapasiteye sahip birimlere ıslak, ıslak / kuru veya kuru soğutma kulesi uygulanmasının elektrik enerjisi üretimi üzerindeki göreceli etkisi	21
Tablo 1.4:	290 MW _{th} kapasiteye sahip bir kombine birime ıslak, ıslak / kuru veya kuru soğutma kulesi uygulanmasının elektrik enerjisi üretimi üzerindeki göreceli etkisi	22
Tablo 1.5:	Çalışma sahası seçimi için büyük soğutma talebiyle ilgili kriterler	27
Tablo 1.6:	Avrupa’da iklim koşulları	29
Tablo 1.7:	istenilen bir maksimum ses seviyesine sahip farklı soğutma sistemlerinin karşılaştırması	32
Tablo 1.8:	Mevcut sistemler için teknolojik yükseltme seçenekleri	34
Tablo 1.9:	Bir önce - through sistemin çevrimli sisteme dönüştürülmesine örnek	35
Tablo 1.10:	Miadı dolmuş doğal çekimli bir ıslak soğutma kulesinin modern tasarıma dönüştürülmesine ilişkin örnek	36
Tablo 1.11:	Mekanik çekimli bir ıslak soğutma kulesinin miadı dolmuş dolgusunun modern yüksek verimlilikli bir dolgu ile değiştirilmesine örnek	36
Tablo 1.12:	Ses zayıflatma sistemi eklenerek akustik performansın iyileştirilmesine bir örnek	37
Tablo 2.1:	Endüstriyel (termik santral dışı) uygulamalardaki farklı soğutma sistemlerinin teknik ve termodinamik özelliklerine bir örnek	40
Tablo 2.2:	Enerji sektörü uygulamalarındaki farklı soğutma sistemlerinin kapasite ve termodinamik özelliklerine örnekler	41
Tablo 2.3:	Su ve hava soğutma sistemlerinin maliyet unsurları	63
Tablo 3.1:	Farklı endüstriyel soğutma sistemlerinin çevresel özellikleri	66
Tablo 3.2:	Farklı soğutma sistemlerinin yıllık özgül doğrudan ve dolaylı enerji talebinin karşılaştırılmasına bir örnek ve her birim MW _{th} için karbondioksit emisyonu sonuçları	69
Tablo 3.3:	Farklı soğutma sistemlerinin su gereksinimi	72
Tablo 3.4:	Enerji santrallerinde balık çarpma oranları (FIR). Soğutma suyu debisine normalleştirilen yıllık yakalanmalar	75
Tablo 3.5:	Soğutma suyu giriş ağız cihazları için mevcut balık koruma teknolojileri	76
Tablo 3.6:	İki ekolojik sistemdeki su sıcaklıkları için termal gereklilikler (78/659/EEC sayılı Avrupa Direktifi)	78
Tablo 3.7:	Açık ve çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde kullanılan soğutma suyu arıtımının kimyasal bileşenleri	82
Tablo 3.8:	Hollanda’daki ıslak soğutma sistemlerinde hipoklorit sarfiyatı	83
Tablo 3.9:	Farklı soğutma sistemlerinde ihtiyaç duyulan ortalama hava akımı	101
Tablo 3.10:	Büyük bir rafinerinin soğutma sistemleri ekipmanının kapasite ve buna bağlı zayıflatılmış ses seviyelerine bir örnek	106
Tablo 3.11:	Konvansiyonel yapıda inşa edilmiş farklı tiplerde ıslak soğutma kulelerinin hava giriş ve çıkış ağızlarında ölçülen zayıflatılmamış ses seviyelerinin karşılaştırması	106
Tablo 3.12:	Ses zayıflatması uygulanmamış farklı soğutma sistemlerinin gürültü emisyonları	106
Tablo 3.13:	Ses seviyesinin düşürülmesine yönelik farklı fan tasarımlarının maliyet artışına etkisine bir örnek	109
Tablo 3.14:	Soğutma kulelerinde CFU seviyelerinde sıcaklık ve biyosit arıtımının etkileri	116
Tablo 4.1:	Proses gereklilikleri ve MET örnekleri	122
Tablo 4.2:	Çalışma sahası özellikleri ve MET	123
Tablo 4.3:	Genel enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik MET	126
Tablo 4.4:	Su gereksiniminin azaltılmasına yönelik MET	127
Tablo 4.5:	Balık ve diğer canlıların sisteme sürüklenmesinin azaltılmasına yönelik MET	128
Tablo 4.6:	Suya yönelik emisyonların tasarım ve bakım teknikleri vasıtasıyla azaltılmasına yönelik MET	131
Tablo 4.7:	Suya yönelik emisyonların optimize edilmiş soğutma suyu arıtımı yoluyla azaltılmasına yönelik MET	133
Tablo 4.8:	Havaya gerçekleşen emisyonların azaltılmasına yönelik MET	135
Tablo 4.9:	Gürültü emisyonlarının azaltılmasına yönelik MET	136
Tablo 4.10:	Sızıntı riskinin azaltılmasına yönelik MET	137
Tablo 4.11:	Biyolojik üremenin azaltılmasına yönelik MET	138

Şekiller

Şekil 1.1:	Atık ısı deşarj sistemlerine yönelik MET'in belirlenmesinde önem taşıyan faktörlerin dökümü.....	17
Şekil 1.2:	Nominal ıslak hazne sıcaklığının aşıldığı süre yüzdesinin bir fonksiyonu olarak kule plan alanı.....	24
Şekil 2.1:	Bir doğrudan önce - through soğutma sisteminin şematik gösterimi.....	42
Şekil 2.2:	Enerji sektöründe uygulanan soğutma kuleli bir doğrudan önce - through soğutma sisteminin şematik gösterimi.....	43
Şekil 2.3:	Bir dolaylı önce - through soğutma sisteminin şematik gösterimi.....	44
Şekil 2.4:	Bir açık çevrim sisteminin şematik gösterimi.....	45
Şekil 2.5:	Doğal çekişli ıslak soğutma kulesi karşı akımı.....	47
Şekil 2.6:	Doğal çekişli ıslak soğutma kulesi çapraz akımı.....	48
Şekil 2.7:	Fan destekli doğal çekişli soğutma kulesi.....	49
Şekil 2.8:	Karşı akım tasarımı bir cebri çekişli kulenin şematik gösterimi.....	50
Şekil 2.9:	Hücre tipi tahrikli çekişli bir soğutma kulesi çapraz akım tasarımının şematik gösterimi.....	51
Şekil 2.10:	Kuru doğal çekişli bir soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi.....	53
Şekil 2.11:	Bir enerji santrali uygulaması için doğal çekişli bir kuru soğutma kulesi örneği.....	53
Şekil 2.12:	Kuru hava soğutmalı bir soğutma sistemi ilkesinin şematik gösterimi.....	54
Şekil 2.13:	Bir kimyasal proseste yer alan bir kuru hava soğutmalı likit soğutucu örneği.....	54
Şekil 2.14:	Bir doğrudan hava soğutmalı kondansatör ilkesinin şematik gösterimi.....	55
Şekil 2.15:	Türbin egzoz buharının yoğunlaştırılması için kullanılan bir hava soğutmalı kondansatör örneği.....	56
Şekil 2.16:	Tahrikli çekişli bir kapalı çevrimli ıslak soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi.....	57
Şekil 2.17:	Hibrid soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi (enerji endüstrisinde uygulanan örnek).....	58
Şekil 2.18:	Bir kapalı devre hibrid soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi.....	60
Şekil 2.19:	Hibrid bir soğutma sisteminin kombine kuru / ıslak çalışması.....	61
Şekil 3.1:	Farklı su kalite sorunları arasındaki karşılıklı ilişkinin grafik gösterimi.....	81
Şekil 3.2:	Biyosit uygulamasının azaltılmasını amaçlayan soğutma suyu sistemlerinin tasarım şeması.....	87
Şekil 3.3:	Endüstriyel soğutma suyu sistemlerinde biyosit kullanımının azaltılmasında gerçekleşen —yaklaşma.....	88
Şekil 3.4:	Uygun tasarlanmamış izleme ve dozaj rejiminden kaynaklanan katkı maddesi yoğunluk modeli.....	95
Şekil 3.5:	Uygun tasarlanmış izleme ve dozaj rejiminden kaynaklanan katkı maddesi yoğunluk modeli.....	96

SUNUŞ

1. Bu belgenin statüsü

Aksi belirtilmediği müddetçe bu belge içinde —Direktifell yapılan atıflarda entegre kirlilik önleme ve kontrolüne ilişkin 96/61/EC sayılı Konsey Direktifi kastedilmektedir. Bu belge AB Üye Devletler ile mevcut en iyi uygulama teknikleriyle (MET) ilgili endüstri kolları arasında izleme ve bunlar arasındaki gelişim konuları hakkındaki bilgi değişimi sürecinin sonuçlarını sergileyen çalışma dizisinin bir parçasını teşkil etmektedir. Belge Direktifin 16(2) maddesinin amaçları doğrultusunda Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanmakta olduğundan —mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesi sürecinde Direktifin EK IV'ü hükümlerine uygun olarak hesaba katılmalıdır.

2. IPPC Direktifine ilişkin yasal yükümlülükler ve MET'in tanımı

Bu belgenin hazırlanmasına esas teşkil eden yasal bağlamın okur tarafından gereği gibi anlaşılabilmesine yardımcı olmak için IPPC Direktifinin konuyla en yakından ilgili hükümlerinden bazıları, mevcut en iyi teknikler teriminin tanımı da dâhil olmak üzere, bu SUNUŞ kısmında ele alınmaktadır. Bu tanım kaçınılmaz olarak eksiktir ve yalnızca bilgilendirme amacıyla verilmektedir. Bu haliyle yasal bir değer taşımamakta ve Direktifin mevcut hükümlerinin yerine geçmemekte veya onları geçersiz kılmamaktadır.

Direktifin amacı EK I'de listelenen entegre kirlilik önleme ve kontrolü hedeflerine ulaşmak ve böylece çevrenin bir bütün olarak üst seviyede korunma altına alınmasına hizmet etmektir. Direktifin yasal temeli çevre korumasıyla ilgilidir. Bu Direktifin uygulamaya sokulmasında Topluluğun endüstriyel rekabet gücünün korunarak sürdürülebilir bir gelişmenin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmak gibi diğer Topluluk hedefleri mutlaka hesaba katılmalıdır.

Daha spesifik olarak, Direktif belli endüstriyel kuruluş kategorilerinde hem operatörler ve hem de düzenleme kuruluşlarının söz konusu kuruluşun kirlilme ve tüketim potansiyeline entegre, kapsamlı bir bakışla yaklaşmasını sağlayacak bir izin sistemi öngörmektedir. Bu tür entegre yaklaşımın nihai hedefi endüstriyel proseslerin yönetim ve kontrolünü iyileştirerek çevre bağlamında yüksek düzeyde bir korunma sağlamaktır. Bu yaklaşımın merkezinde Madde 3'te verilen genel ilke yer almaktadır. Buna göre, operatörler özellikle çevresel performanslarını geliştirmelerine izin verecek mevcut en iyi tekniklerin uygulanması yoluyla kirliliğe karşı uygun tüm önleme tedbirlerini almak zorundadırlar.

mevcut en iyi teknikler terimi Direktifin 2(11) Maddesinde —faaliyetler ve bunların işletme metotlarının gelişiminde varılmış bulunan en verimli ve ileri seviye. Bu seviye ilke olarak emisyonlar ve çevresel etkileri engellemek, mümkün olmadığı yerlerde ise azaltmak için tasarlanmış emisyon limit değerlerine temel teşkil etmek üzere belli bazı tekniklerin pratik olarak uygulanabilirlik durumunu göstermektedir olarak tanımlanmaktadır. Madde 2(11) bu tanımı açıklığa kavuşturmak için aşağıdaki tanımlarla devam eder:

"teknikler" hem kullanılan teknolojiyi hem de kuruluşun tasarlandığı, gerçekleştirildiği, bakımının yapıldığı, işletildiği ve devreden çıkarıldığı yöntemleri ifade etmektedir;

"mevcut" teknikler ekonomik ve teknik açıdan sürdürülebilir koşullar altında maliyetler ve faydaların tümünü hesaba katarak, operatörün makul bir şekilde erişimine açık oldukları müddetçe Üye Devlet sınırları içinde üretilen veya kullanılan tekniklerin tartışmalı olup olmamasına bakmaksızın ilgili endüstriyel sektörde uygulamaya izin verir ölçekte geliştirilen tekniklerdir;

"en iyi" terimi bir bütün olarak çevrenin korunmasında genel bir seviyeye ulaşmada en verimli olanı ifade etmektedir.

Buna ilaveten, Direktifin EK IV belgesi —mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesinde genel olarak veya belli bazı durumlarda... bir tedbirin olası maliyet ve faydalarını ve önlem ve önleme ilkelerini akılda tutarak dikkate alınması gereken koşulların bir listesini vermektedir. Bu koşullar Madde 16 (2) gereğince Komisyon tarafından yayımlanan bilgileri içermektedir.

İzin belgelerini düzenlemekten sorumlu yetkili kuruluşların izin koşullarını belirlerken Madde 3 kapsamında düzenlenen genel ilkeleri mutlaka hesaba katmaları gerekmektedir. Bu koşullar, uygun olduğunda eşdeğer parametreler veya teknik tedbirlerle güçlendirilecek veya değiştirilecek emisyon limit değerlerini içermelidir. Direktifin 9(4) Maddesine göre bu emisyon limit değerleri, eşdeğer parametreler ve teknik tedbirler çevresel kalite standartlarına uygunluk koşulu saklı kalmak kaydıyla ve herhangi bir teknik veya belirli bir teknolojinin kullanılmasını ön koşul olarak tanımlamadan mevcut en iyi tekniklere göre oluşturulmuş olmalı; bu arada ilgili kurumun teknik özelliklerini, coğrafi yerini ve yerel çevresel koşullarını da göz önünde bulundurmalıdır. Her durumda izin koşulları uzun mesafe veya sınır ötesi kirliliğin en aza indirilmesi ile ilgili hükümleri içermeli ve bir bütün olarak çevre bağlamında yüksek düzeyde bir koruma sağlamalıdır.

Üye Devletler, Direktifin 11. Maddesi uyarınca yetkili kuruluşların mevcut en iyi teknolojileri takip etmesini ve bu teknolojiler hakkında düzenli olarak bilgilendirilmesini temin etmek zorundadırlar.

3. Bu Belgenin Amacı

Direktifin 16(2) Maddesi Komisyonu Üye Devletler ile mevcut en iyi teknolojiler konusuyla ilgili endüstri kolları arasında bu alandaki izleme faaliyetleri ve gelişmeler hakkında bir bilgi değişimi sisteminin organize etmekle ve bu bilgi değişimi sürecinin sonuçlarını yayımlamakla görevlendirir.

Bilgi değişiminin amacı Direktifin 25. maddesinde mevcut en iyi tekniklere ilişkin Topluluk düzeyinde gerçekleşecek bilgi değişim ve gelişim süreci Topluluk bünyesindeki teknolojik dengesizliklerin giderilmesine katkıda bulunacak, Topluluk bünyesinde uygulanan limit değerler ve tekniklerin dünya çapında yaygınlaşmasını sağlayacak ve Üye Devletlerin bu Direktifi etkin bir şekilde uygulamaya koymalarına yardımcı olacaktır," şeklinde ifade edilmektedir.

Komisyon (Çevre DG) Madde 16(2) kapsamındaki çalışmaları desteklemek amacıyla bir bilgi değişim forumu (IEF) oluşturmuş ve IEF çatısı altında da bir dizi teknik çalışma grubu teşkil edilmiştir. Gerek IEF ve gerekse teknik çalışma grupları Madde 16(2)'de de öngörüldüğü şekilde Üye Devletlerden ve endüstri kollarından temsilcileri bünyesinde bulundurmaktadır.

Bu belge dizisinin amacı gerçekleştirilmiş olan bilgi değişimini Madde 16(2) kapsamında öngörüldüğü şekilde yansıtmak ve izin vermekle yükümlü kuruluşların izin koşullarını belirlerken dikkate alacakları kıstaslara temel teşkil edecek kaynak bilgi sağlamaktır. Bu belgeler, mevcut en iyi tekniklerle ilgili bilgi sağlarken çevresel performansın artırılması yönünde değerli araçlar olarak hizmet görmelidir.

4. Bilgi Kaynakları

Bu belge özellikle Komisyonun çalışmalarına destek olmak amacıyla kurulmuş uzman grupların Komisyon hizmetlerince doğrulanan çalışmaları başta olmak üzere bir dizi kaynaktan elde edilen bilgilerin özetini sunmaktadır.

5. Bu belge nasıl anlaşılmalı ve kullanılmalıdır?

Bu belgede sunulan bilgilerin belirli durumlarda uygulanacak MET yaklaşımının belirlenmesinde girdi olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Söz konusu MET yaklaşımını belirlerken ve MET temelli izin koşullarını düzenlerken bir bütün olarak çevrenin yüksek düzeyde korunması şeklindeki nihai hedef her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bölümün geri kalanında belgenin her bir kesiminin içeriğini ana hatlarıyla özetleyen bilgiler yer almaktadır.

Bölüm 1 soğutucu endüstriyel süreçlerle ve endüstriyel soğutma sistemlerine uygulanan MET yaklaşımını sunmak üzere alınan yatay yaklaşımla ilgili bilgi vermektedir.

Bölüm 2 soğutma sistemlerini ve endüstride yaygın olarak kullanılan soğutma sistemi konfigürasyonlarını tanımlamaktadır. Bu bölümde bir dizi ilgili performans verisinin yanı sıra ilgili çevresel konuların genel bir değerlendirmesine de yer verilmektedir.

Bölüm 3 çevresel konuları daha kapsamlı olarak ele almakta ve bunu yaparken hem emisyonun azaltılmasına hem de MET yaklaşımına ve genel olarak izin koşullarına bir temel teşkil etmek üzere en yakından ilgili olduğu düşünülen diğer tekniklere referansta bulunmaktadır. Bu bilgiler mümkün olduğunca, uygulanmakta olan soğutma sistemlerince erişilebilir tüketim ve emisyon seviyelerini içermektedir. Genel olarak kullanımı geçmiş olduğu düşünülen teknikler bu kapsama dâhil değildir.

Bölüm 4 soğutma sistemlerine ilişkin MET yaklaşımının nihayetinde çalışma alanına özgü bir çözüm olduğu kabulünden hareketle birincil MET yaklaşımı kapsamında Genel bir MET çerçevesi oluşturmaktadır.

Bölüm 5 endüstriyel soğutma sistemleri bağlamında bilgi değişim sürecinin sonucuna ilişkin bir değerlendirme yapmakta ve gelecek çalışmalarda kullanılacak elemanları tanımlamaktadır.

Belgeye ilişik toplam on-iki ekte ise termodinamik, enerji, işletme faktörlerine ilişkin bilgiler yanı sıra bir endüstriyel soğutma sisteminin işletiminde başvurulacak bir MET yaklaşımı kapsamında düşünülecek teknikler ve uygulamalara ilişkin açıklamalara yer verilmektedir.

Böylece, belgenin amacı MET temelli izin koşullarının ve Madde 9(8) kapsamındaki genel bağlayıcı kuralların belirlenmesinde uygun bir başlangıç noktası olarak düşünülebilecek emisyon ve tüketim seviyeleri ile ilgili genel göstergeleri sunmaktır. Bununla birlikte özellikle vurgulanması gereken bir nokta şudur ki, bu belge herhangi bir emisyon limit değeri önermemektedir. Uygun izin koşullarının belirlenmesi ilgili kurulumun teknik özellikleri, bu tesisin coğrafi konumu ve yerel çevresel koşullar gibi bir dizi yerel, çalışma sahasına özgü faktörün hesaba katılmasını gerektirmektedir. Mevcut tesisler söz konusu olduğunda bu tesislerin ekonomik ve teknik anlamda sürdürülebilir bir çerçevede yenilenmesi ve geliştirilmesi de hesaba katılması gereken bir başka husustur. Bazen yalnızca bir bütün olarak çevrenin yüksek seviyede korunmasının teminat altına alınması hedefi bile farklı çevresel etki türleri arasında tercihte bulunulmasını gerektirebilmekte ve bu tercihlerin de çoğu zaman yerel ölçekteki kaygılar ışığında yapılması zorunlu olmaktadır.

Bu konuların bazılarını çözüme kavuşturmak için bir çaba sarf edilmesine rağmen bu konuların tümünün bu belge kapsamında ele alınması mümkün değildir. Bölüm 3 ve 4'te sunulan teknikler ve seviyeler bu nedenle tüm tesisler için uygun olmak zorunda değildir. Diğer taraftan, uzak mesafe veya sınır ötesi kirliliğin minimize edilmesini de içeren yüksek düzeyde çevresel korumanın temini yükümlülüğü izin koşullarının yalnızca yerel kaygılar göz önünde bulundurularak belirlenemeyeceğini de açıkça göstermektedir. Bu nedenledir ki, izin koşullarının belirlenmesinde bu belge kapsamında sunulan bilgilerin izin kuruluşlarınca tümüyle dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

Mevcut en iyi teknikler zaman içinde değişikliğe uğradığından bu belge uygun görüldükçe gözden geçirilecek ve güncellenecektir. Konuyla ilgili tüm yorumlar ve önerilerin aşağıdaki adreste faaliyet gösteren ileriye Yönelik Teknolojik Çalışmalar Enstitüsündeki Avrupa IPPC Bürosuna yapılmalıdır:

Edificio Expo-WTC; Inca Garcilaso s/n, E-41092 Seville - İspanya
Telefon: +34 95 4488 284 Faks: +34 95 4488 426
e-posta eippcb@jrc.es
Internet: <http://eippcb.jrc.es>

KAPSAM

Endüstriyel Soğutma Sistemleri hakkındaki MET yaklaşımına ilişkin bu kaynak belge IPPC Direktifinin EK 1’inde yer alan endüstriyel faaliyetler kapsamında yaygın olarak kullanılan soğutma sistemlerini konu alan yatay bir belgedir. Belgeyle yüksek derecede ilintili endüstri kolları kimya, gıda, cam, demir-çelik, rafineriler, selüloz ve kâğıt ile yakma tesisleridir. Enerji sektöründe soğutma bağlamında eşsiz bir bilgi ve deneyim birikimi söz konusudur. Ayrıca, enerji sektörü görece olarak ikincil soğutma yoluyla çevre üzerinde en büyük doğrudan ve dolaylı etki yaratan sektördür. Bu sektöre ayrı bir ekte özel olarak değinilmekte ve enerji santralleri ile diğer endüstriyel faaliyetler arasındaki farklılıklar da değerlendirilmektedir. Nükleer enerji üretimi için kurulmuş tesisler IPPC Direktifinin EK 1’i kapsamında yer almıyor olmakla birlikte bu tesislerin geleneksel kısımlarının soğutma sistemlerinde uygulanan çevresel teknikler bu belgeyle ilgili kabul edilmektedir. Küçük yakma tesisleri ve iklimlendirme sistemlerinde gerek endüstriyel gerekse iç amaçlarla kullanılan soğutma sistemleri kapsam dışında tutulmuştur.

Soğutma sistemleri terimi bu kaynak belgede her tür ortamdaki atık ısıyı su ve / veya hava ile çalışan herhangi bir eşanjör vasıtasıyla atarak söz konusu ortamın sıcaklığını çevre koşullarına indirmeye yarayan sistemlerini ifade etmek üzere kullanılmaktadır. Terim dondurma sistemlerini yalnızca kısmen kapsamakta ancak amonyum ve CFC’ler gibi dondurucuları içermemektedir. Ayrıca, doğrudan temaslı soğutma ve baro metrik kondansatörler de çok fazla proses-özel olduklarından değerlendirme dışındırlar. Aşağıdaki Endüstriyel Soğutma Sistemleri veya bunların konfigürasyonları bu belge kapsamına dâhildir:

- Once - through soğutma sistemleri (soğutma kuleli olsun veya olmasın)
- Açık çevrimli soğutma sistemleri (ıslak soğutma kuleleri)
- Kapalı devre soğutma sistemleri
- Hava soğutmalı soğutma sistemleri Kapalı devre ıslak soğutma sistemleri
- Kombine ıslak / kuru (hibrid) soğutma sistemleri
- Açık hibrid soğutma kuleleri kapalı devre hibrid kule

Bu belgede MET yaklaşımı bir endüstriyel sürecin normal çalışmasını temin etmek üzere yardımcı sistem olarak çalıştığı kabul edilen soğutma sistemleri için tanımlanmaktadır. Bir soğutma sisteminin güvenilir çalışmasının söz konusu endüstriyel prosesin güvenilirliğini olumlu yönde etkileyeceği bilinmektedir. Bununla birlikte, bir soğutma sisteminin proses güvenliği bağlamındaki işlevi bu BREF kapsamında değildir.

Yatay “yaklaşım” içinde entegrasyonun anlamı tüm ilgili çevresel konuların ve bunların karşılıklı ilişkilerinin çözüme kavuşturulması, bu yapılırken de çeşitli yönleri dengelemek için uzman değerlendirmesine başvurulmasıdır. Uygun olduğunda, bir soğutma sisteminin çevresel performansının uygunluğu tüm bir endüstriyel proses içinde belirtilir.

Belge aşağıdaki çevresel konular ve emisyon azaltma metot ve tekniklerini ele almaktadır:

- Proses ve ekipman tasarımını, malzeme ve bakımının etkileri;
- Kaynak tüketimi (su, hava, enerji ve kimyasal maddeler);
- Hem suya ve hem de havaya yönelik kimyasal madde ve ısı emisyonu,
- Gürültü ve buğu emisyonu;
- Atık üretimi ve toprağa ve karasal yaşam ortamlarına yönelik emisyonlar;
- Risk faktörleri;
- Spesifik olaylar (çalışma başlangıcı / bitişi) veya beklenmedik gelişmelerden kaynaklanan kirlilik,
- Tesislerin devreden çıkarılması.

Bu belge endüstriyel soğutma sistemlerine ilişkin mevcut tekniklerin bir değerlendirmesini sunmakta ancak en iyi soğutma sisteminin hangisi olduğuna ilişkin çözümler sunmamakta ve uygulamadaki herhangi bir mevcut sistemi ehliyetsiz kılmak gibi bir amaç gütmemektedir. Belgenin ayrıca bir prosesin soğutma sistemine ihtiyaç duyup duymadığı konusunda da kılavuz olmak gibi bir amacı da bulunmamaktadır. Bunun anlamı, belgenin genel enerji verimliliği tedbirlerinin çözümünde soğutma gerektiren üretim proseslerinin detaylarına girmeyeceğidir. Soğutma sistemlerinin çalışmasıyla bağlantılı çevresel emisyonların engellenmesini amaçlayan, yeni bir sistem ile mevcut bir soğutma sisteminin optimize edilmesi seçenekleri arasında denge kuran genel bir “yaklaşım” izlenmektedir.

Sözlük

Endüstriyel Soğutma Sistemlerinin farklı yönleri için kullanılan terminoloji geniş bir çeşitlilik arz etmekte ve aynı eleman için sık sık farklı terimlerin kullanıldığına şahit olunmaktadır. Bu bölümde, bu konudaki kafa karışıklığının önüne geçmek ve açıklayıcı tekrarlardan kaçınmak için metinde kullanılan bazı terimlerin tanımları ve kısaltmaları verilmektedir.

Termodinamik Tanımlar

Yaklaşma	(1) Bir iletim eşanjör cihazında eşanjörü terk eden proses maddesinin sıcaklığı ile eşanjöre giren soğutma maddesinin sıcaklığı arasındaki fark. (2) Bir buharlaştırıcı sistem içinde (örneğin bir ıslak soğutma kulesinde) ise soğutma sistemini terk eden soğutma maddesinin sıcaklığı ile soğutma kulesine veya buharlaştırıcı soğutma sistemine giren havanın ıslak hazne sıcaklığı. (3) Bir kondansatör içindeki durumun tanımı için lütfen uçbirim farkına bakınız.
Nominal Kuru Hazne Sıcaklığı	Eşanjörün tasarlandığı ortam havasının sıcaklığı. Genellikle değerlerin yüzde 95'i kullanılır; yani tüm ölçümlerin 95'inde nominal sıcaklık aşılmaz. <i>Kuru hazne sıcaklığı</i> ise <i>hissedilir ısı transferi</i> için ilgili sıcaklıktır.
Nominal Islak Hazne Sıcaklığı	Havanın yalıtımlı buharlaştırma yoluyla soğutulabileceği en düşük sıcaklık. <i>Gizli ısı transferi</i> ile ilgili sıcaklıktır. <i>Nominal Islak Hazne Sıcaklığı</i> buharlaştırıcı atık eşanjörü tasarımında kullanılacak olan doymuş havanın sıcaklığıdır. Genelde değerlerin %95'i kullanılır, yani ölçümlerin %95'inde nominal sıcaklık aşılmayacaktır. Islak hazne sıcaklığı her zaman kuru hazne sıcaklığından düşüktür.
Isı Reddetme Kapasitesi	Soğutma sitemi tarafından reddedilebilen ısıнын kW _{th} (veya MW _{th}) cinsinden ölçülen miktarı.
Gizli Isı Transferi	Suyun buharlaşması yoluyla havaya transfer edilen ısı. Buharlaşan suyun ısı transfer kapasitesi havanın ısı transfer kapasitesinden çok daha yüksektir.
Atık Isı Seviyesi	Isının transfer edilmek zorunda olduğu sıcaklık seviyesi. Prosese bağlı olarak, atık ısı belli bir sıcaklık seviyesinde üretilir.
LMTD	Logaritmik ortalama sıcaklık farkı soğuk akımını (soğutucunun) ve soğutulacak proses akımının sıcaklığına bağlı olarak ısı dönüşümünün tahrik gücünün ölçüsüdür.

Aralık	<i>Aralık</i> bir eşanjörün giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki farktır.
Hissedilir Isı Transferi	İletim ve yayılım (konveksiyon) yoluyla gerçekleşen ısı transferi <i>hissedilir ısı transferi</i> olarak adlandırılır.
Uçbirim Farkı	Bir kondansatör içindeki sıcaklık farkıdır. Kondansatöre giren buhar (veya kondansatörü terk eden yoğunlaştırılmış buhar) ile kondansatörü terk eden soğutma aracının (su) sıcaklığı arasındaki farka karşılık gelmektedir. Uçbirim farklı değerleri 3 ila 5 K arasında değişiklik gösterir.
Atık Isı	<i>Atık ısı</i> içsel olmakla birlikte istenmeyen, endüstriyel veya imalat prosesinden atılmak ve çevreye transfer edilmek zorunda kalınan, yararlanılmayan ısıdır.
Diğer Tanımlar	
MET yaklaşımı	Bu belgede endüstriyel soğutma sistemlerine yönelik bir MET tanımına ulaşmak ve bu tanım kapsamında uygulanacak teknikleri belirlemek için izlenen metodoloji.
Biyo-konsantrasyon faktörü	Bir maddenin biyolojik biriktirme kapasitesi. Bir maddenin organizmadaki yoğunluğu ile (denge durumunda) sudaki yoğunluğunun oranı ile tanımlanır. Biyo-yoğunlaşma her zaman deney yolu ile belirlenir
Blöf (BD, kg/s)	Soğutma sistemindeki katı maddelerin artan yoğunluğunu dengeye getirmek için bu soğutma sisteminin bilinçli olarak drene edilmesi. Uygulamada bu konsantrasyon döngüsünü kontrol altına alabilmek için buharlaştırıcı bir soğutma sisteminden çekilmek zorunda olan su anlamına gelmektedir. $BD = E \cdot 1/(x-1)$ formülüyle hesaplanır. Formüldeki E buharlaşma kaybını, x ise konsantrasyon çarpanını ifade etmektedir. Blöfün hesaplanmasında genellikle boşluk, sızıntı veya zerre şeklindeki, buharlaşmadan kaynaklanmayan kayıplar hesaba katılır.
Biyosit	İstenmeyen organizmaları öldüren veya yavaşlatan kimyasal. Soğutma suyu sistemlerinde bir biyosit makro ve mikro kirletici organizmaları öldürür veya çoğalmalarını yavaşlatır. Böylece soğutma sistemindeki organik kirlilik minimize edilmiş olur. En önemli biyositler klor, sodyum hipoklorit, ozon, kuaterner (dördüncül) amonyum ve organik bromittir.
Biyosit talebi	Sudaki maddeler vasıtasıyla etkisiz veya daha az aktif hale indirgenmiş veya dönüştürülmüş biyosit miktarı veya biyositle reaksiyona girebilen tüm maddelerle tam bir tepkime içine giren biyosit miktarı

Biyo kimyasal oksijen talebi (BOİ) (Biyolojik oksijen talebi)	Sudaki organik maddeleri etkisiz hale getirmek için gerekli oksijenin bir ölçüsü. Sudaki organik madde yükü arttıkça oksijen gereksinimi artacak ve bu da balıklar ve diğer su organizmalarının kullanabileceği oksijen seviyesini kabul edilebilir sınırların altına düşürebilecektir. Standart 5 günlük (BOİ ₅) veya 7 günlük (BOİ ₇) testi kullanılarak ölçülebilir.
Biyolojik Çamur	Suya daldırılan herhangi bir substrat üzerinde gelişen bakteri tabakası olarak tanımlanır. Alg ve sesil mikrobiyolojik bir popülasyondan meydana gelir ve çamur oluşturuıcı bakteri ve bakteri azaltıcı anaerobik sülfat kapsar. Mikro kirlenme makro kirlilik tortusunu artırır.
Kırılma Noktası	Soğutma suyunda yaşayabilir bir biyosit konsantrasyonu mevcut olmazdan evvel ortadan kaldırılması gereken su katışımlarının okside edici biyosit talebi.
Kimyasal Oksijen Talebi (KOİ)	Suda veya (deşarj edilen soğutma amaçlı) atık suda mevcut oksijen tüketici organik ve inorganik maddenin ölçüsü; spesifik bir testte (normal olarak di-kromat oksidasyonu ile gerçekleştirilen analiz) kimyasal oksidandan tüketilen oksijenin miktarı.
Kaplamalar	Pompa kayıplarını azaltmak amacıyla düşük sürtünmeli yüzey elde etmek veya erozyon, korozyon ve kalıntıları önleyen koruyucu bir katman oluşturmak için yüzeylere tatbik edilen malzemeler.
Konsantrasyon faktörü (CR)	Konsantrasyon faktörü veya konsantrasyon döngüleri belirli bir çözüntü maddenin çevrimli soğutma suyundaki konsantrasyonunun ilave sudaki konsantrasyonuna oranıdır. $CR = MU/BD$ formülü ile hesaplanır. Formüldeki MU ilave suyu, BD ise blöfü ifade etmektedir.
Kondansatör	Bir gaz akımının (veya buharın) yoğunlaştırılması için kullanılan soğutucu. Yoğunlaşma eşanjörde ekstra talebe yol açar: buhar hacmi için ekstra hacme ihtiyaç vardır. Enerji santrallerinin kondansatörleri bu nedenle aşırı büyüktür ve özel olarak tasarlanır.
Soğutucu	Soğutma maddesi ile eş anlamlıdır. Pek çok durumda soğutucu su veya havadır; ama bazen antifriz bir madde ile veya yağ veya gaz gibi bir aracı ile karıştırılmış su da olabilir.
Korozyon	Bir metalin bulunduğu çevreyle (elektro-) kimyasal tepkimesi sonucu uğradığı bozunma olarak tanımlanabilir.
Korozyon inhibitörleri (önleyicileri)	Sudaki korozyon prosesini yavaşlatabilen kimyasal maddelerdir. Bunlar de-aerasyon (havasızlaştırma) maddeleri, pasifleştirici inhibitörler (kromat, nitrit, molibdat ve orto-fosfat gibi), çökeltici inhibitörler (çinko fosfat, kalsiyum karbonat ve kalsiyum orto-fosfat gibi) ve soğurma inhibitörleridir (glisin türevleri, alifatik sülfonatlar ve sodyum silikat gibi).

Karşı Akım	Eşanjör içindeki karşıt yönlü hava akımları söz konusu olduğunda geçerli olan ilke. Karşı akım kulelerinde hava aşağı yönlü hareket eden soğutma suyunun aksine yukarı doğru hareket eder. Bu tasarım iyi bir ısı dönüşümü sağlar; çünkü en soğuk hava en soğuk suyla temas eder. Suyu dağıtmak için başlıklar ve sprej memeleri kullanılır.
Çapraz Akım	Eşanjör içinde hava akımlarının proses sıvısına dikey yönlü hareket etmesi ilkesi. Çapraz akım kulelerinde hava aşağı yönlü soğutma suyu akımının yatay olarak karşısında hareket eder.
Konsantrasyon Döngüleri	(Veya dalgalanmalar) çözünmemiş katı maddelerin blöfteki seviyesiyle ilave sudaki seviyesinin bir karşılaştırmasıdır. Böylece, blöfteki tuz yoğunluğu ile ilave sudaki tuz yoğunluğunun bölümü olarak tanımlanır.
Yayılm maddeleri	Veya seyrelticiler soğurmadan kaynaklanan elektrik şarjını artırmak yoluyla suda mevcut partiküllerin çoğalması ve çökmesini engelleyen kimyasallardır. Sonuç olarak kimyasallar birbirini iterek askıda kalırlar.
Damla Tutucular	Su damlacıklarını havadan ayırmak için merkezkaç kuvvetini kullanarak hava akımının yönünü değiştirmeye yarayan cihazlar.
Damla kaybı	Bir soğutma kulesinin üst kısmından taşarak çekme havasına saçılan küçük damlalar nedeniyle meydana gelen su kaybı.
Buharlaştırma kaybı (E, kg/s)	Buharlaştırıcı bir soğutma sisteminin çalışması sırasında birim zamanda buharlaşan soğutma suyunun kütlesi.
Serbest Oksidan (FO)/ Toplam Artık Oksidan (TRO)	Soğutma suyu deşarjlarında mevcut serbest oksidanlara uygulanan ölçü. Ayrıca TRO veya toplam klorin (TC) veya serbest klorin (FC) olarak da bilinir.
Serbest kullanılabilir klorin (FAC) veya serbest artık klorin	Serbest klorin soğutma suyu sisteminde hipoklorit asit ile hipoklorit iyonu OC1'in denge karışımını ifade eder. Bunların her ikisi de oksidan olmakla birlikte OC1 HOCl'ye nazaran çok daha az etkilidir.
Sertlik düzenleyicileri	Suya katılan, kristallerin nükleasyonu yoluyla soğrulması şeklinde gerçekleşen kristalizasyon prosesini engelleyerek sertlik oluşturuca tuzların birikmesini önleyen maddelerdir. Bu şekilde, askıda kalmaları daha kolay olan ve daha az tortuya sebep olan amorf kristallerin gelişimi teşvik edilmiş olur.

Zararlı Maddeler	Toksik, kalıcı, biyolojik olarak birikebilir olmak gibi bir veya daha fazla tehlikeli özelliğe sahip olan veya 67/548 sayılı Tehlikeli Maddeler Direktifine göre insan veya çevreye zararlı olarak sınıflandırılan maddeler veya madde grupları.
Makro Kirlilik	Soğutma suyu devrelerinde bulunan, çıplak gözle görülebilen istenilmeyen organizmalar. Makro kirlilik esas olarak midyeler, kaya midyeleri, devre duvarlarında tabaka oluşturan halkalı solucanlar, hidroidler gibi ipliksi organizmalar ve süngerler, bryozoonlar ve tunikatlar gibi diğer organizmalardan kaynaklanmaktadır.
ilave Su (M, kg/s)	Buharlaştırma ve blöf nedeniyle meydana gelen su kaybını telafi etmek amacıyla sisteme birim zamanda ilave edilen tüm su kütlesi olarak tanımlanır.
Maksimum Kabul Edilebilir Risk Seviyesi	Bir maddenin sudaki türlerin yüzde 95'inin korunmasına izin veren yoğunluğu. Toksisite ve bozunurluk önemli ölçütlerdir.
Mekanik Çekme Kulesi	Soğutma havasını kuleye doğru itmek (cebri çekişli) için veya kuleye doğru çekmek (tahrikli çekişli) için fanlarla teçhiz edilen soğutma kuleleri.
Mikro kirlilik	Suya daldırılan herhangi bir substrat üzerinde gelişen bakteri tabakası olarak tanımlanır. Alg ve sesil mikrobiyolojik bir popülasyondan meydana gelir ve çamur oluşturunca bakteri ve bakteri azaltıcı anaerobik sülfat kapsar. Mikro kirlenme makro kirlilik tortusunu artırır.
Doğal Çekişli Kule	Fan bulundurmayan, ancak kuleye giren hava ile içerideki daha sıcak havanın yoğunluk farkından yararlanarak bir soğutucu hava akımı yaratan büyük boyutlardaki soğutma kuleleri.
Okside etmeyen biyositler	Özellikle çevrimli soğutma sistemlerinde soğutma suyu arıtımında kullanılan çoğunlukla organik maddeler. Bunların çalışma sistemi bazı türleri diğerlerine nazaran daha etkin bir şekilde okside eden oksidan nitelikteki biyositlere göre daha spesifiktir. Bu biyositler spesifik hücre bileşenleri ile tepkime yoluyla mikro organizmalar üzerinde etkili olurlar.
Oksidan Biyositler	Özellikle açık önce - through sistemlerde kirliliğe karşı uygulanan inorganik maddeler. Bunlar organizmalara belirli olmayan bir mekanizma yoluyla saldırırlar. Biyosit hücre duvarını veya hücreye girerek hücre bileşenlerini okside eder. Bu biyositler hızlı çalışırlar ve belirli olmamaları nedeniyle oksidan olmayan biyositlere nazaran daha geniş bir spektruma sahiptirler.

Buğu	Bir soğutma kulesinden deşarj edilen havadaki buharlaşmış suyun gözle görülebilen yoğunlaşmış şeklidir.
Çökelti Yumuşatma	Bu proses suyun sertliğini, alkalinitesini, silis oranını ve diğer unsurları azaltmak için uygulanır. Su kireçle veya bir kireç ve soda külü (karbonat iyonu) kombinasyonu ile işleminden geçirilir. Orta ile yüksek sertlik arasındaki su (CaCO_3 olarak 150-500 ppm) genellikle bu şekilde arıtılır.
Proses maddesi	<i>Proses maddesi</i> her zaman soğutulacak ortamı ifade etmek üzere kullanılır.
Kabuklaşma	Eşanjör yakınındaki su tabakasındaki tuzların yoğunluğu çözünebilirlik sınırını aştığında meydana gelen, CWS'teki çökeltme süreci.
Ses Basınç Seviyesi (L_p)	Ses <u>emisiyonu</u> için kullanılan ölçü - ses kaynağından belli bir mesafe uzaklıkta ve belli bir yöndeki ses miktarı. Her frekans bandı için dB olarak veya A ağırlıklı dB(A) olarak ifade edilir. Ölçü logaritmiktir; yani ses basıncının iki katına çıkması 6 dB(A)'lık bir artışa tekabül eder.
Ses seviyesi	Belli bir ses kaynağından <u>yayılan</u> sesin meydana getirdiği ses enerjisinin miktarıdır. Her frekans bandı için dB olarak veya A ağırlıklı dB(A) olarak ifade edilir. Ölçü logaritmiktir; yani ses seviyesinin iki katına çıkması 3 dB(A)'lık bir artışa tekabül eder.
Hidrolik Yarı Zaman	Bozunmaz bir bileşiğin konsantrasyonunun başlangıç konsantrasyonunun yüzde 50'si seviyesine gerilemesi için gereken süre olarak tanımlanır.
Toplam mevcut klorin (TAC)/ toplam artık klorin (TRC)	Soğutma suyu sisteminde, serbest ve kombine klorinle N-C bağına sahip klor aminler veya diğer bileşikler içinde mevcut klorin olarak kombine klorinin toplamı.
Toplam artık oksidan (TRO)	Soğutma suyu sisteminde stokiyometrik metot (iyodid iyon) kullanılarak ölçülen oksidan kapasitesi. Toplam artık oksidan sayısal ve işlemsel olarak TRC ve TAC'nin eşdeğeridir.
Değişken Hızlı Sürüş	Bir motorun hızını genellikle bir redresör kullanarak elektronik bir biçimde kontrol etmenin bir yöntemidir. Hız manüel olarak değiştirilebilir ancak daha çok prosten kaynaklanan basınç, debi, seviye vb. bir sinyal vasıtasıyla kontrol edilir.

Kısaltmalar ve kısa adlar

Kısaltma / Simge	Açıklama	Sayfa No
ACC	Hava soğutmalı kondansatör	304
AOX	Soğurulabilir organik halojenler (X = Cl, Br)	98
ATP	Adenozin tri-fosfat	103
MET	Mevcut en iyi teknik	1
BCDMH	Bromo - kloro - dimetil hidanton	212
BCF	Biyolojik konsantrasyon faktörü	245
BNPD	Broomnitropropaandiol	130
BNS	β -brom- β -nitro-sitren	98
BOİ	Biyo-kimyasal oksijen talebi (Biyolojik Oksijen Talebi)	23
BPM	En iyi uygulama araçları	108
BREF	MET kaynak belgesi	5
BTM	En iyi teknik araçlar	108
CCA	Bakır sülfat, Potasyum dikromat, arsenik pentoksit	132
CFU	Koloni oluşturan birimler	154
KOİ	Kimyasal oksijen talebi	23
CWS	Soğutma suyu sistemi	26
DBNPA	Dibromo -nitrilopropionamide	95
DPD	N-N- dietil – p- fenilendiamin	103
EDF	Electricité de France	36
EIPPCB	Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu	3
EOX	Çıkarılabilir organik halojenler (X= Cl, Br)	278
EQS	Çevresel kalite standardı	10
EUR ya da €	Avrupa Para Birimi	48
FAC	Serbest mevcut klorin	24
FO	Serbest Oksidan	11
FRO	Serbest Artık Oksidan	15
IEF	Bilgi Değişim Forumu	2
€ veya EUR	Avrupa Para Birimi	10
kW _{th} veya kW _e	1000 Watt (termik veya elektrik)	9
LD	Lejyoner hastalığı	128
Lp	<i>Legionella pneumophila</i>	128
mg/1	Litre başına miligram	15
MBT	Metilen (bis) tiokyonat	98
MIC	Mikrobiyolojik olarak etkilenmiş korozyon	205
Mt veya Mt	Metrik ton	188
MW _{th} or MW _e	1000000 Watt (termik veya elektrik)	8
mwg	Metre water gorge	82
Nf	<i>Naegleria fowleri</i>	128
NOEC	Etki Seviyesi Gözlenmemiştir	82
PEC	Beklenen çevresel yoğunluk	15
PHMB	Polyhexamethylenebiguanidechloride (QAC)	130
PNEC	Etki konsantrasyonu beklenmemektedir	15
P _{ow}	n-oktanol ve su seviyeleri üzerindeki partisyen katsayısı	108
ppm	Milyon başına parçacık	26
RIZA	Hollanda karasal bölge su yönetimi ve atık su arıtımı için su yönetimi	155
QAC	Kuvaternar Amonyak Bileşikler	130
QSARs	Kantitatif yapı aktivite ilişkisi	245
TBTO	Tribütiniloksit	105
TDS	Toplam eriyik katı	263
TEMA	Boru Dönüşüm imalatçıları Birliği	194

THM	Trihalometanlar	211
TOC	Toplam organik karbon	221
TRO	Toplam kalıntı oksidan	24
TWG	Teknik Çalışma Grubu	17
UV	Ultra viyole (ışın)	95
VCI	Almanya Kimya Endüstrisi Birliği	14
VDI	Alman Mühendisler Birliği (Verein Deutscher Ingenieure)	118
VFD	Değişken Frekanslı Tahrik	290
WFD	Su Çerçeve Direktifi (kabul edilecek)	144

1 ENDÜSTRİYEL SOĞUTMA SİSTEMLERİ İÇİN GENEL MET KONSEPTİ

Sayırsız endüstriyel proseste ısı atık ısı deşarj sistemi veya soğutma sistemi olarak adlandırılan bir yöntemle ortadan kaldırılmak zorundadır. Bu soğutma sistemlerinin işletiminin ise belirli çevresel sonuçları bulunmaktadır. Sürecin neden olduğu çevresel etkinin boyutu ve niteliği kullanılan soğutma ilkesine ve bu sistemlerin işletilme metoduna bağlı olarak değişiklik arz eder. Bu etkiyi en aza indirmek için uygun tasarım ve teknik seçimi yoluyla emisyonların önlenmesini hedefleyen bir “yaklaşım” izlenebilir.

IPPC çalışma çerçevesi kapsamında soğutma işlemi bir endüstriyel prosesin genel enerji yönetiminin ayrılmaz bir parçası olarak düşünülmelidir. Öncelikli amaç çevreye atık ısı deşarj etme ihtiyacını en aza indirmek için çalışma sahasındaki aynı işlemin diğer parçalarındaki veya farklı işlemlerdeki bir prosesin meydana çıkardığı fazladan ısıyı yeniden kullanmak olmalıdır. Bu yaklaşım sistemin istenen kapasitede faaliyet göstermesi için ve onun işletmeye ilişkin talepleri açısından bir prosesin genel enerji verimliliğini etkileyecek ve soğutma gereksinimini azaltacaktır. Bununla birlikte, enerji verimliliğinin optimum seviyeye çıkarılması karmaşık bir süreçtir ve yüksek seviyede prosese özel unsurlar içerdiğinden bu yatay belgenin kapsamını aşmaktadır. Çalışma sahasında fazla ısının yeniden kullanımını temin edecek herhangi bir seçenek söz konusu olmadığında tek seçenek olarak otomatikman bu fazla ısının çevreye deşarj edilmesi gerektiği düşünülmemelidir, fazla ısının çalışma sahası dışında endüstriyel veya başka amaçlarla yeniden kullanımı imkânları düşünülmelidir. En sonunda ısının yeniden kullanımına ilişkin başvurulabilecek herhangi bir seçenek kalmadığında fazladan ısının çevreye deşarjı düşünülecektir.

Ortadan kaldırılacak ısının seviyesi tespit edildikten sonra soğutma için uygun sistemin ne olacağına karar verilebilir. Bir soğutma sisteminin çevresel performansı büyük ölçüde uygun tasarıma ve proses gereklilikleri ile yerel koşullar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen malzeme seçimine bağlıdır. Soğutma sisteminin performansının yüzde 80’inin tasarım tablosuyla ve kalan yüzde 20’sinin ise soğutma sisteminin çalıştırılma yöntemiyle belirlendiği rapor edilmektedir (80/20 kuralı olarak da bilinir). Soğutmanın neden olacağı çevresel etkinin azaltılmasında kullanılan MET (mevcut en iyi teknikler) yaklaşımına karar verme sürecinde pek çok farklı etkenin dengelenmesi gerekmektedir. Daha başlangıç aşamasından itibaren, bir soğutma sisteminin bir endüstriyel proses için yardımcı nitelikte olmakla birlikte çok kritik öneme sahip olduğunu, prosesin ayrılmaz bir parçasını teşkil ettiğini ve soğutma prosesi üzerinde gerçekleştirilecek her değişikliğin soğutulacak endüstriyel veya imalat prosesinin performansını etkileme potansiyeli bulunduğunu bilmek çok önemlidir.

Bu nedenle, soğutma sistemlerinin tüketim ve emisyonlarının değerlendirmesi ve uygulanacak soğutma tekniğine karar verilmesi süreci hem tesisin toplam çevresel performansı hem de soğutulacak prosesin gereklilikleri dikkate alınarak ve ilgili maliyetler dengelenerek gerçekleştirilmelidir. Gerek duyulan soğutma seviyesinin çevre üzerindeki sonuçların minimum olması gerekliliği gözetilerek sağlanması garanti edilmelidir. Gerek duyulan soğutma seviyesi prosese özeldir. Bazı prosesler proses sıcaklığındaki belli ölçülerde geçici artışları tolere edebilmekteyken sıcaklığa daha hassas olan diğer bazı prosesler ise söz konusu sıcaklık artışı tesisin bir bütün olarak çevresel performansı üzerinde büyük etki yaratacağı için bu toleransa sahip olmayabilir.

IPPC’ye göre, bu BREF çerçevesinde incelenen soğutma sistemlerinin çevresel performansı MET yaklaşımı yoluyla geliştirilmelidir. Asıl sorun soğutma sistemleri için genel anlamda bir MET belirlemenin mümkün olup olmadığı ve eğer mümkünse bunun nasıl gerçekleşeceği. Çünkü en iyi seçeneğin ne olduğuna ilişkin nihai karar eninde sonunda yerel bir meseledir ve prosesin, çevrenin ve ekonominin gerekleri bu değerlendirmede rol oynamaktadır. Uygulanacak MET yaklaşımının belirlenmesine ilişkin karmaşık süreci yapılandırmak ve belli ölçüde basitleştirmek için bu belge yukarıda açıklanan ve Şekil 1’de sunulan yaklaşımı izlemektedir. Bu yaklaşım bir soğutma sistemi uygulamasında ve bu sistemin MET temelinde optimize edilmesinde hem mevcut hem de yeni tesisler için dengeli bir karara varılmasını sağlamalıdır.

MET konsepti emisyonların azaltılmasını ve çevresel etkinin en aza indirilmesini amaçlayan aşağıdaki adımlardan meydana gelmektedir:

- Yeniden Kullanım Seçenekleri De Göz Önünde Bulundurularak, Üretilen Nihai Atık Isı Miktarının Azaltılması;
- Proses Gerekliklerinin Tanımlanması;
- Genel Çalışma Sahası Koşullarının Göz Önünde Bulundurulması
- Çevresel Gerekliklerin Değerlendirilmesi:
 - Kaynak Tüketiminin Minimize Edilmesi Seçenekleri,
 - Emisyonların Azaltılması Seçenekleri.
- Sistem İşletiminin Geliştirilmesi (Bakım, İzleme ve Risk Önleme)
- Ekonomik Gereklerin Uygulanması.

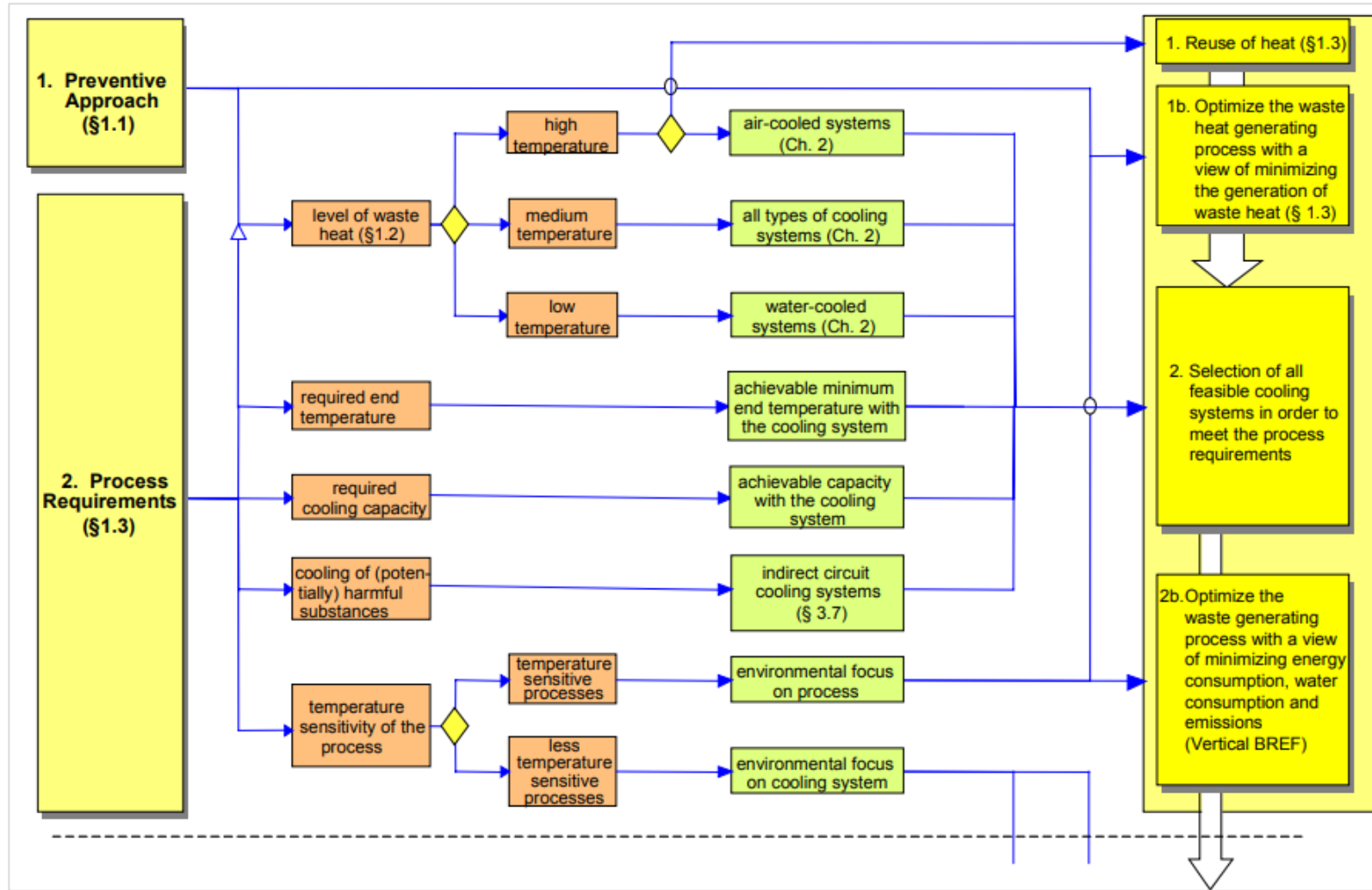
Şekil 1’de MET “yaklaşımı” Endüstriyel soğutma sistemlerine ilişkin MET konseptinin belirlenmesinde etkili olan en önemli faktörleri gösteren şematik bir yöntemle sunulmaktadır. Basitlik sağlanması açısından, soğutmaya ilişkin farklı hususlar arasında kurulabilecek olası bağlantıların tümü bu şemaya dahil edilmemiştir. Örneğin, ses azaltma tedbirleri ile spesifik doğrudan enerji sarfının düşürülmesi arasında bir ilişki vardır ve bir soğutma sisteminin erişilebilir minimum nihai sıcaklığı iklim koşullarınca sınırlanmaktadır.

Takip eden bölümlerde MET “yaklaşımı” endüstriyel soğutma sistemlerinin işletilmesinde geçerli yaygın ilkeler ışığında ve eğer mümkünse MET uygulamasının IPPC Direktifinin genel ruhu bağlamında ne anlama geldiği belirtilerek daha kapsamlı bir biçimde incelenecektir. Doğası gereği, bu tür bir optimizasyon elbette çeşitli çözümlerin eksiksiz matematiksel bir karşılaştırması olamaz. Optimizasyon süreci tüm çevresel dengeler için benzer bir çaba içerirken farklı çevresel etkilerin bir karşılaştırmasını ve bunlardan hangilerinin en az ciddi ve en kabul edilebilir olduğu konusunda bir karara varmayı gerektirir. Bununla birlikte, önerilen MET “yaklaşımı” çeşitli çözümlerin çevre üzerinde sebep olacağı yan etkiler, maliyetler, riskler ve aynı zamanda etkili olan faktörler konusunda önemli bilgi sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bilgilere dayanarak, (söz gelimi su giriş ağzı, enerji tüketimi, buğu veya gürültü emisyonu gibi) tek bir faktörün optimize edilmesi üzerine yoğunlaşmaktan çok daha makul bir karara varılabilecektir.

Örnekler belirli emisyonlar ve azaltmaları tanımlamaktan ziyade değişimlerin yönünü belirtmek amacıyla verilecektir. Uygun olduğunda veriler gösterilecek veya eklere gönderme yapılacaktır; ancak ilgili faktörlerin büyük bir çoğunluğu için soğutma sistemlerinin kaynak kullanımına ve çevreye emisyonlarına ilişkin veriler genel olarak kullanılabilirlik açısından ya çok sınırlıdır veya çok spesifiklerdir.

Özetlemek gerekirse, bir soğutma sisteminin değerlendirmesi farklı faktörleri dengeleyerek aşağıdaki hususlar üzerine inşa edilir:

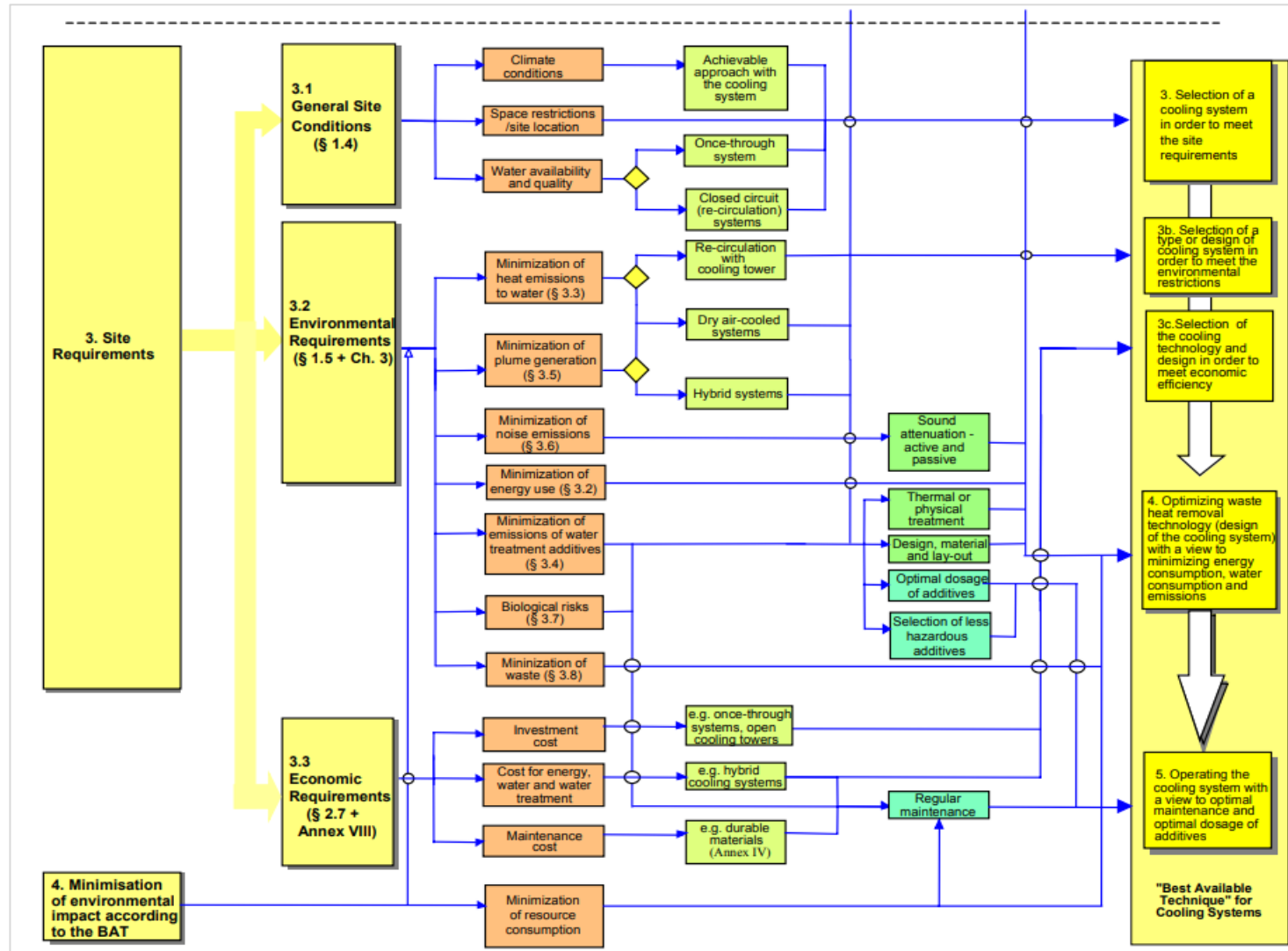
- Soğutulacak prosesin gereklikleri bir soğutma sisteminin çevresel etkisinin azaltılmasına yönelik tedbirlerden önce gelmektedir;
- MET yaklaşımının uygulanması Bölüm 2’de tanımlanan konfigürasyonlardan herhangi birinin hükümsüz kılınmasını amaçlamamaktadır;
- Yeni tesisler söz konusu olduğunda MET yaklaşımı emisyonların önlenmesi ve optimizasyonu konularında tasarım aşamasında daha fazla özgürlüğe sahiptir; ancak mevcut tesisler söz konusu olduğunda tasarım seçenekleri de göz önünde bulundurulmalıdır;
- Sonuç olarak, mevcut tesisler söz konusu olduğunda MET yaklaşımının ardışık değerlendirme adımlarından başlaması beklenmektedir;
- Müşteri siparişine göre özel olarak üretilen büyük ölçekli ısımarlama soğutma sistemleri ile küçük sistemler (seri üretim) arasında çevresel etki bağlamında ileri bir ayırım yapılabilir;
- Optimizasyon tasarım seçenekleri, azaltma teknikleri ve iyi operatör işletiminin bir uygulaması olarak görülmelidir;
- Emisyonların azaltılmasında MET yaklaşımının sağlayacağı katkı tam olarak tahmin edilemez olmakla birlikte soğutma sistemine yüklenen taleplere bağlıdır;
- MET yaklaşımı soğutma sisteminin işletiminde soğutulacak prosesin gereklikleri ile yerel çevresel hedefler arasında bir denge tesis etmeyi hedeflemektedir;
- Dengeli bir tercih yapılabilmesinde tercih şemaları son derece yararlıdır ve
- Son olarak, dengeli her sonuç belli bir çevresel etkiye sahip olacaktır.



Sembollerin açıklamaları:	Karar	Bağılantısız kesişme noktası	Bağılantı (tek yön)		Bağılantı
Yaklaşım sırası	Gereklilikler	Teknoloji seçimi	Tasarım seçimi	Sistem işletimi	MET'in bulunması

Şekil 1.1: Atık ısı deşarj sistemlerine yönelik MET'in belirlenmesinde önem taşıyan faktörlerin dökümü [tm134, Eurovent, 1998]

1. Preventive Approach (§1.1)	1. Önleyici Yaklaşım (§1.1)
2. Process Requirements (§1.3)	2. Proses Gereklilikleri (§1.3)
level of waste heat (§1.2)	Atık ısı seviyesi (§1.2)
required end temperature	Gerekli nihai sıcaklık
required cooling capacity	Gerekli soğutma kapasitesi
cooling of (potentially) harmful substances	(Potansiyel olarak) zararlı maddelerin soğutulması
temperature sensitivity of the process	Prosesin sıcaklık hassasiyeti
high temperature	Yüksek sıcaklık
medium temperature	Orta sıcaklık
low temperature	Düşük Sıcaklık
temperature sensitive processes	Sıcaklığa hassas prosesler
less temperature sensitive processes	Sıcaklığa daha az hassas prosesler
air-cooled systems (Böl. 2)	Hava soğutmalı sistemler (Böl. 2)
all types of cooling systems (Böl. 2)	Tüm soğutma sistemi tipleri (Böl. 2)
water-cooled systems (Böl. 2)	Su soğutmalı sistemler (Böl. 2)
achievable minimum end temperature with the cooling system	Soğutma sistemiyle erişilebilecek minimum nihai sıcaklık
achievable capacity with the cooling system	Soğutma sistemiyle erişilebilecek soğutma kapasitesi
indirect circuit cooling systems (§ 3.7)	Dolaylı devre soğutma sistemleri (§ 3.7)
environmental focus on process	Prosesle çevresel açıdan yaklaşım
environmental focus on cooling system	Soğutma sistemine çevresel yaklaşım
1. Reuse of heat (§1.3)	1. Isının yeniden kullanımı (§1.3)
1 b. Optimize the waste heat generating process with a view of minimizing the generation of waste heat (§ 1.3)	1 b. Atık ısı üreten prosesin atık ısı üretiminin en aza indirilmesi yaklaşımıyla optimize edilmesi (§ 1.3)
2. Selection of all feasible cooling systems in order to meet the process requirements	2. Proses gerekliliklerini karşılamak için uygulanabilir tüm soğutma sistemlerinin seçimi
2b.Optimize the waste generating process with a view of minimizing energy consumption, water consumption and emissions (Vertical BREF)	2b. Atık ısı üreten prosesin enerji tüketiminin, su tüketiminin ve emisyonların en aza indirilmesi yaklaşımıyla optimize edilmesi (Dikey BREF)



Şekil 1.1 (devamı) : Atık ısı deşarj sistemlerine yönelik MET'in belirlenmesinde önem taşıyan faktörlerin dökümü [tm134, Eurovent, 1998]

3. Site Requirements	3. Saha Gereklilikleri
4. Minimization of environmental impact according to the MET	4. Çevresel etkinin MET'a göre minimize edilmesi
3.1 General Site Conditions (§ 1.4)	3.1 Genel Saha Koşulları (§ 1.4)
3.2 Environmental Requirements (§ 1.5 + Böl. 3)	3.2 Çevresel Gereklilikler (§ 1.5 + Böl. 3)
3.3 Economic Requirements (§ 2.7 + Annex VIII)	3.3 Ekonomik Gereklilikler (§ 2.7 + EK VIII)
Climate Conditions	iklim Koşulları
Space Restrictions / site location	Alan Kısıtları / Tesis yeri
Water Availability and quality	Suyun Bulunurluğu ve Kalitesi
Minimization of heat emissions to water (§ 3.3)	Suya yönelik ısı emisyonlarının minimize edilmesi (§ 3.3)
Minimization of plume generation (§ 3.5)	Duman üretiminin minimize edilmesi (§ 3.5)
Minimization of noise emissions (§ 3.6)	Gürültü emisyonlarının minimize edilmesi (§ 3.6)
Minimization of Energy use (§ 3.2)	Enerji kullanımının minimize edilmesi (§ 3.2)
Minimization of emissions of water treatment additives (§ 3.4)	Su arıtımında kullanılan katkı maddelerinden kaynaklanan emisyonların minimize edilmesi (§ 3.4)
Biological Risks (§ 3.7)	Biyolojik riskler (§ 3.7)
Minimization of waste (§ 3.8)	Atık miktarının minimize edilmesi (§ 3.8)
Investment Cost	Yatırım Maliyeti
Cost for energy, water and water treatment	Enerji, su ve su arıtım maliyeti
Maintenance Cost	Bakım maliyeti
Minimization of resource consumption	Kaynak tüketiminin minimize edilmesi
Achievable approach with the cooling system	Soğutma sistemiyle elde edilebilecek yaklaşma miktarı
Once-through system	Once-through sistem
Closed circuit (re-circulation) systems	Kapalı devre (çevrimli) sistemler
Re-circulation with cooling water	Soğutma suyuna yeniden çevrim
Dry air- cooled systems	Kuru hava soğutmalı sistemler
Hybrid systems	Hibrid sistemler
e.g. once-through systems, open cooling towers	Örneğin once-through sistemler, açık soğutma kuleleri
e.g. hybrid cooling systems	Örneğin hibrid soğutma sistemleri
e.g. durable materials (Annex IV)	Örneğin dayanıklı malzemeler (EK IV)
Sound attenuation – active and passive	Ses zayıflatma – aktif ve pasif
Thermal or physical treatment	Isıl veya fiziksel işlem
Design, materials and lay-out	Tasarım, malzemeler ve yerleşim
Optimal dosage of additives	Optimum katkı maddesi dozu
Selection of least hazardous additives	En az zararlı katkı maddelerinin seçilmesi
Regular maintenance	Düzenli bakım
3. Selection of a cooling system in order to meet the site requirements	3. Saha gerekliliklerini karşılayacak bir soğutma sistemi seçimi
3b. Selection of a type or design of cooling system in order to meet the environmental restrictions	3b. Çevresel kısıtlamaları karşılayacak bir soğutma sistemi tip ve tasarım seçimi

3c.Selection of the cooling technology and design in order to meet economic efficiency	3c. Ekonomik verimliliği sağlayacak soğutma teknolojisi ve tasarımının seçimi
4. Optimizing waste heat removal technology (design of the cooling system) with a view to minimizing energy consumption, water consumption and emissions	4. Atık ısı bertaraf teknolojisinin (soğutma sistemi tasarımının) enerji tüketimini, su tüketimini ve emisyonları minimize edecek bir yaklaşımla optimize edilmesi
5. Operating the cooling system with a view to optimal maintenance and optimal dosage of additives	5. Soğutma sisteminin bakım ve katkı maddesi dozlamasını en iyileştirecek bir bakış açısıyla işletilmesi
"Best Available Technique" for Cooling Systems	Soğutma sistemleri için —Mevcut En iyi Teknik

1.1 Isı Kaynakları, Isı Seviyeleri ve Uygulama Aralıkları

Enerji kullanan tüm endüstriyel ve imalat prosesleri farklı formlardaki enerjiyi (mekanik, kimyasal, elektrik vb.) ısıya ve sese dönüştürür. Sürece bağlı olarak, bu ısı her zaman geri kazanılamaz ve / veya yeniden kullanılamaz; ancak her halükârda soğutma yoluyla prosesden uzaklaştırılması gerekir. Geri kazanılamayacak nitelikteki bu ısı miktarı atık ısı olarak adlandırılır ve ısı alıcı olarak çevreye transfer edilmelidir. Özellikle yüksek düzeyde atık ısı üreten ve yüksek düzeyde soğutma talep eden bir dizi proses aşağıda belirtilmektedir. Pek çok prosesde farklı atık ısı kaynakları bulunmaktadır ve bunlar farklı seviyelerdedir: yüksek (60 °C üstü), orta (25-60°C) ve düşük (10-25°C). Ayrıca aynı üretim sahasında birbirinden farklı düzeyde soğutma ihtiyacı bulunan farklı prosesler aynı anda bulunabilir. Kimya sanayi, rafineriler, demir-çelik endüstrisi, gıda sanayi, selüloz ve kâğıt endüstrisi ve cam sanayindeki büyük yakma tesislerinde (güç/enerji sektörü) büyük soğutma sistemleri kullanılır.

Soğutma işlemi benzer bir prosesde bir eşanjördeki proses maddelerinin, pompalar ve kompresörler, vakum sistemleri ve buhar türbin kondansatörlerinin soğutulması gibi farklı amaçlarla kullanılabilir. Aşağıdaki belli başlı atık ısı kaynakları neden oldukları atık ısı seviyelerine göre birbirinden ayrılabilir.

- Sürtünme – tanım itibarıyla mekanik enerjinin ısıya dönüştürülmesi. Bu proseslere hizmet veren soğutma sistemleri genel itibarıyla birincil soğutma aracı olarak yağla çalışan dolaylı sistemlerdir. Sistemde soğutma aracı olarak yağ kullanıldığından soğutma sistemi yüksek sıcaklıklara hassastır. Bu nedenle, atık ısının ortalama sıcaklığı orta seviyededir.
- Yanma- kimyasal enerjinin oksidasyonu yoluyla ısıya dönüştürülmesi. Yanma proseslerinin atık ısı seviyesi değişkendir.
- Ekzotermik Prosesler (kimyasal)- Çoğu kimyasal proses ekzotermiktir (ısıyayar): kimyasal enerji herhangi bir yanma işlemi olmadan ısıya dönüştürülür. Ekzotermik prosesler çoğunlukla atık ısının ortadan kaldırılması işleminin verimlilik düzeyine karşı hassastırlar. Atık ısının sıcaklık seviyesi prosese göre orta ile yüksek arasında değişkenlik gösterir.
- Sıkıştırma (Kompresyon) – bir gazın sıkıştırılması ısı üretimine neden olur. Bu ısı genellikle orta ile yüksek sıcaklık arasındaki bir ortamda atık ısı olarak ortadan kaldırılmalıdır.
- Yoğunlaşma (termodinamik döngüler)- Pek çok proses termodinamik döngü prensiplerine göre çalışır. Sıvı bir ortam buharlaştırılır, enerji ortaya çıkarılır ve daha sonra yoğunlaştırılır, reddedilen enerji de ısıya dönüşür. Termodinamik sistemler sıcaklığa karşı son derece hassastırlar ve sıcaklık seviyesi orta ile düşük arasındadır.

Atık ısı seviyesi uygulanacak endüstriyel soğutma sisteminin seçiminde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Tablo 1.1 soğutulacak ortamın ve çoğu uygun soğutma sisteminin sıcaklık aralıklarını göstermektedir. Atık ısı seviyesi azaldıkça kuru hava soğutmalı sistemlerle soğutma yapmak güçleşmektedir. Pratikte havayla soğutma sistemi genellikle 60°C üstündeki proses sıcaklıklarında kullanılır. 100°C üzerindeki ısı seviyeleri, eğer ısının yeniden kullanımı seçeneği yoksa genel olarak havalı soğutma ile ön soğutmadan geçirilir. İlke olarak, buharlaştırmalı soğutma orta ile düşük sıcaklık seviyelerindeki proses akımlarının soğutulmasında kullanılır. Düşük sıcaklıklardaki ortamlar için özellikle büyük kapasite ihtiyacının bulunduğu durumlarda önce - through sistemler de kullanılır.

Bir soğutma sistemi seçilirken aralıklar sabit olarak alınmamalıdır. Yüksek sıcaklık aralığı için 50°C ve bunun yanı sıra yukarıda belirtilen 60°C kullanılır. Ayrıca, sıcaklıklar büyük ölçüde yerel duruma (iklim ve soğutma aracının sıcaklığı) bağlıdır ve bir sistemin potansiyel uygulaması da buna göre değişkenlik gösterebilir. Bu yüzden, alıcı ortam olan suya deşarj noktasındaki sıcaklığın kabul edilebilir seviyeleri aşmaması şartıyla önce - through sistemler daha yüksek sıcaklık seviyelerinde de kullanılır. Değişken iklim koşullarında tüm yıl boyunca işletilen prosesler için farklı soğutma sistemlerinden meydana gelen bir kombinasyon uygulanması zorunlu olabilir.

Tablo 1.1: Sıcaklık seviyeleri ve uygulama aralığı [tm139, Eurovent, 1998]

Sıcaklık aralığı	Uygun soğutma sistemi	Tipik uygulamalar
Düşük sıcaklık (10 - 25 °C)	• once - through sistemler (doğrudan / dolaylı) • ıslak soğutma kuleleri (mekanik / doğal akımlı) • hibrid soğutma kuleleri • kombine soğutma sistemleri	• enerji üretimi • (petro-) kimyasal prosesler
Orta Sıcaklık (25 - 60 °C)	• once - through sistemler (doğrudan / dolaylı) • ıslak soğutma kuleleri (mekanik / doğal akımlı) • kapalı devre soğutma kuleleri • buharlaştırma kondansatörleri • hava soğutmalı akışkan soğutucular • hava soğutmalı kondansatörler • hibrid soğutma kuleleri / kondansatörleri • hibrid kapalı devre soğutma kulesi	• dondurma döngüleri • kompresör • makinelerin soğutulması • otoklav (basınçlı kap) soğutması • döner fırınların soğutması • çelik tesisleri • çimento fabrikaları • daha sıcak bölgelerde (Akdeniz) enerji üretimi
Yüksek sıcaklık (60 °C üstü)	• özel durumlarda once - through sistemler (doğrudan / dolaylı) • ıslak soğutma kuleleri (mekanik / doğal akımlı) • hava soğutmalı akışkan soğutucular / kondansatörler	• atık yakma tesisleri • motor soğutma • egzoz dumanı soğutma • kimyasal işlemler

1.2 Soğutma sisteminin seviyesi ve proses verimi üzerindeki etkisi

1.2.1 Sıcaklığa hassas uygulamalar

Pek çok kimyasal ve endüstriyel proses sıcaklığın kritik öneme sahip olduğu uygulamalardır. Prosesin verimliliği sıcaklığa ve / veya basınca hassastır ve bu nedenle atık ısının ortadan kaldırılması işleminin verimliliği ile korelasyon içindedir. Bu prosesler söz konusu olduğunda mevcut en iyi soğutma teknolojisine ait yatay —yaklaşım mevcut en iyi proses teknolojisinin dikey yaklaşımı ile birbirine bağlantılıdır. Sıcaklığa hassas uygulamalara örnek vermek gerekirse:

- Enerji üretimi,
- Termodinamik döngüler,
- Ekzotermik prosesler sayılabilir.

Entegre kirlilik önleme denildiğinde akla yalnızca farklı soğutma sistemlerinin doğrudan sebep olduğu çevresel etkileri değil aynı zamanda bu sistemlerin değişen verimlilik düzeylerinden kaynaklanan dolaylı çevresel etkileri de dikkate almak zorunda olan mevcut en iyi soğutma tekniklerinin seçimi, bu teknikler, uygulamalar ve yöntemlerin uygulanması da gelmelidir. Bunun üretim proseslerine mi yoksa bunlardan ziyade soğutma sistemine mi odaklanarak gerçekleştirileceği yerel düzeyde alınacak bir karardır. Dolaylı etkilerdeki artış seçilen soğutma sisteminin doğrudan etkilerinde meydana gelen azalmadan oldukça yüksek olabilmektedir.

Enerji santralleri (bkz. EK XII) en önemli atık ısı kaynaklarıdır. Fosil yakıtların enerjiye dönüştürülmesi sürecinde Kesim 1.1’de ele alındığı gibi çok sayıda atık ısı üretimine neden olan proses yer almaktadır. Yakma, türbinin sürütmesi, buharın yoğunlaştırılması ve elektrige dönüştürülmesi safhalarının tümünde atık ısı ortaya çıkmaktadır. Ekipmanın düzgün çalışmasını sağlamak amacıyla petrol veya gaz kullanan yardımcı sistemler için kurulan ayrı bir soğutma suyu sistemi de az bir miktar da olsa atık ısı üretmektedir. Eğer enerji üretim sisteminin soğutma gereksinimi karşılanamazsa genel verimlilikte derhal bir azalma ve hava emisyonlarında da genel bir artış görülecektir.

Bu ilişki bir elektrik santrali bağlamında aşağıdaki örnekte gösterilmeye çalışılmaktadır. Buna göre, bu santralde kullanılan alternatif ve muhtemelen daha az verimli soğutma sistemi elektrik santralinin verimliliğinde yaklaşık %3 oranında kayba neden olmaktadır (Tablo 1.2). Elektrik santraline kaynak girdisi ve bu santralden havaya gerçekleşen emisyonların miktarı da bunun bir sonucu olarak yine yüzde 3 civarında artış göstermektedir. Emisyonlar aynı zamanda kullanılan yakıtı da bağlı olduğundan bu sonuçlar başka bir durumda farklı olabilir; ancak bu noktayı kesinliğe kavuşturmaya yetecek ölçüde de bir veri elde bulunmamaktadır.

Tablo 1.2: Batı Avrupa'daki ortalama bir elektrik santralinin yaklaşık %3'lük verimlilik kaybından kaynaklanan emisyon değerleri [tm139, Eurovent, 1998]

Havaya Emisyonlar	Emisyonlar / Enerji girdisi [g/kWh]	%3 verimlilik kaybının neden olduğu fazladan emisyon [g/kWh]
CO ₂	485	14,6
SO ₂	2,4	0,072
NO _x	1,0	0,031
Toz	0,2	0,006
Birincil enerji girişi: 2,65 kW ve ek enerji girişi 0,08 kW		

Bir soğutma sistemi seçiminin performansı ne denli etkileyebildiği Caudron'dan alınan aşağıdaki örneklerde açıkça görülmektedir [tm056, Caudron, 1991]. Bu rakamlar verili iklim koşulları altında bir soğutma sistemi seçiminin yaratacağı etkileri ortaya koymaktadır. O halde, bunların seçimi meydana gelebilecek verimlilik kaybını etkilediğinden soğutma sisteminin seçimine, iklim koşullarına ve türbin tasarımına çok dikkat edilmelidir. Kondansatör vakumları (kondansatör basınçları) aşağıdaki tablolarda da gösterildiği gibi bunlara göre çeşitlilik gösterecektir. Yüksek ortam sıcaklığının söz konusu olduğu alanlarda basınç seviyeleri kuru sistemlerde daha yüksek olabilmekte ve kimi zaman 425 mbar'a kadar çıkabilmektedir. Ama tortulaşma, kabuklaşma, korozyon ve optimum olmayan tasarım gibi diğer pek çok faktör de benzer verimlilik kayıplarına yol açabilmektedir.

Tablo 1.3: 1300 MW_e kapasiteye sahip birimlere ıslak, ıslak / kuru veya kuru soğutma kulesi uygulanmasının elektrik enerjisi üretimi üzerindeki göreceli etkisi. [tm056, Caudron, 1991]

Dondurma sisteminin tipi			Islak soğutma kulesi		Islak / Kuru Soğutma Kulesi	Kuru Soğutma Kulesi	
	Once - through	Islak Doğal Çekişli	Doğal Çekişli	Tahrikli Çekişli	Tahrikli Çekişli	Doğal Çekişli	Tahrikli Çekişli
K Yaklaşma (kuru hava 11[°C] / ıslak hava 9[°C])	-	12	12,5	12,5	13,5	16	17
Nominal yoğunlaşma Basıncı (mbar)	44	68	63	63	66	82	80
Termik Enerji (MW _{th})	1810	1823	2458	-	-	-	-
Üretilen Elektrik Enerjisi (MWe)	955	937	1285	1275	1275	1260	1240

Üretilen Elektrik Enerjisi Farkı (%)	+ 1,9	0	0	- 0,8	- 0,8	- 2	- 3,5

Tabloda önce - through sistem diğer sistemlerin karşılaştırmasında başlangıç noktası alınmaktadır. Çevrimli soğutma sistemleriyle yakalanan yaklaşma rakamları tüm sistemlerde eşit olduğu varsayılan eşanjör yaklaşmasına ek değerlerdir.

Bu Tablodan açıkça anlaşılmaktadır ki, örneğin ıslak yerine kuru sistem tercih edilmesi gibi, soğutma sistemi seçiminde verilecek bir karara titizlikle varılması gerekmektedir. Tablo ayrıca birçok elektrik santralının neden kıyılarda ve büyük nehirlerin bulunduğu yerlerde kurulu bulunduğunu da açıklamaktadır. Üretim açısından yaklaşıldığında önce - through sistemlerin referans sisteme (ıslak doğal çekişli sisteme) nazaran daha verimli olduğu anlaşılmaktadır.

Kombine döngüler için ise kondansatör basıncı ve üretilen elektrik enerjisi aynen soğutma sistemi seçiminde olduğu gibi değişiklik göstermekte ve bağlı enerji kaybı çok daha açık olmaktadır.

Tablo 1.4: 290 MW_{th} kapasiteye sahip bir kombine birime ıslak, ıslak / kuru veya kuru soğutma kulesi uygulanmasının elektrik enerjisi üretimi üzerindeki göreceli etkisi [EDF, pers. comm., 1999]

Soğutma sistemi	Once - through	Islak Soğutma Kulesi		Hava soğutmalı kondansatör
		Doğal Çekişli	Tahrikli Çekişli	
K Yaklaşma (kuru hava 11[°C] / ıslak hava 9[°C])	/	~8	~8	-29
Nominal yoğunlaşma Basıncı (mbar)	34	44	44	74
Termik Enerji	290	290	290	290
Üretilen Elektrik Enerjisi Farkı (%)	+ 0.65	0	-1.05	-5.65

1.2.2 Hassas Olmayan Uygulamalar

Diğer uygulamalar sıcaklığa daha az hassastır. Bu proseslerin verimliliği sıcaklık veya basınçla daha az korelasyon içindedir. Bu prosesler söz konusu olduğunda olası tüm yeniden kullanma seçeneklerinin kullanılmasından sonra geriye kalan atık ısının dağıtılmasında odak noktası ekonomik ve ekolojik olarak en verimli soğutma sistemine verilmelidir.

1.3 Birincil prosesin optimize edilmesi ve ısının yeniden kullanılması

Birincil proseslerin genel enerji verimliliğinin optimizasyonu bu kaynak belgede derinlemesine ele alınmayacaktır. Bununla birlikte, IPPC'nin önleyici —yaklaşımı gereğince atık ısının ortadan kaldırılması süreci tasarlanmadan önce ilk gerçekleştirilmesi gereken şey bu optimizasyonun sağlanmasıdır. Bir başka deyişle, gereksinim duyulan soğutma sisteminin konfigürasyonu ve büyüklüğü üzerinde eş anlı bir etki yaratacak olan ısı deşarj ihtiyacı en aza indirilmelidir. Dahası, bu enerjinin kullanımı için başarılı çalışmalar yapılması halinde soğutma sistemi atık ısının çevreye deşarj edilmesi anlamına gelmek zorunda değildir.

1.3.1 Birincil prosesin optimize edilmesi

Birincil prosesin en iyileştirilmesi genel çevresel etkilerin önemli ölçüde azaltılmasını sağlayabilir. Üye Devletlerin pek çoğunda soğutma sistemlerince ortadan kaldırılması gereken geri kazanılamaz ısının büyük bir kısmı elektrik üretiminden kaynaklanmaktadır. Genel verimliliğe bağlı olarak, yakıt enerjisinin %60'a varan ölçülerdeki kısmı atık ısıya dönüştürülmektedir. Elektrik üretim prosesinin verimliliği artırıldığında çevresel etkiler de azaltılabilecektir ve soğutma sistemi burada çok hayati bir rol oynamaktadır. Bu ilke diğer endüstri kolları için de uygulanarak enerji maliyetleri ve çevreye deşarj edilen ısı miktarları düşürülürken havaya gerçekleşen emisyonların da azaltılması sağlanabilir. Genel olarak, ısı seviyesi arttıkça bunun geri kazanımı da daha kolay olmaktadır.

Halihazırda uygulanmakta olan tekniklerin bazı örnekleri şunlardır:

- Yakıtın ve Ham Maddelerin (Metallerin) Ön Isıtmadan Geçirilmesi;
- Pinç-Teknolojisi;
- Harici Uygulamalar (Sera veya Yerleşim Alanlarının Isıtılması Gibi);
- Enerji Sanayinde Kojenerasyon.

Rafinerilerde birimi terk eden rafine edilmiş sıcak yakıt akımını soğutmak için yalnızca soğutma suyu veya hava kullanmak yerine soğuk bir hidrokarbon akımı kullanılarak yakıtın ön ısıtmadan geçirilmesi alışıldık bir yöntemdir. Sonuç olarak, (soğuk) ham yakıtın ön ısıtma gereksinimi azalmakta ve soğutma suyu ihtiyacı da buna bağlı olarak düşmektedir. Prosese bağlı olarak, soğuk akımların sayısı belli ölçüde sınırlandırılabilir ve soğutma suyu veya havasına duyulan gereksinim belli bir seviyeye düşürülebilir.

Kojenerasyon veya kombine ısı ve elektrik üretimi enerji sektöründe ve diğer sanayi sektörlerinde kullanılmaktadır (kâğıt, (petro-) kimya endüstrisi gibi). Her iki formda enerjiye gereksinime duyulan yerlerde bu ikisinin üretimi bir arada gerçekleştirilebilir. Bu yöntem enerji tasarrufu sağlamakta, CO₂ ve SO₂ emisyonlarını azaltmakta ve çok nadiren soğutma gerektirdiğinden büyük soğutma sistemlerinin inşa edilmesi zorunluluğu ortadan kalkmaktadır.

1.3.2 Atık ısınn çalışma alanı dışında kullanılması

Atık ısı üretim prosesinin en iyileştirilmesi daha ileri düzeyde atık ısı azaltımına yol açmıyorsa atık ısınn yeniden kullanımını sağlayacak herhangi bir seçeneğin bulunup bulunamayacağını değerlendirmek için MET yaklaşımı kullanılır. Bu konu jenerik olarak iyi çevresel enerji yönetimiyle de ilgili olduğundan IPPC kapsamının dışında kalmaktadır. Bu, mevcut bir çalışma sahasında gerçekleştirilebileceği gibi çalışma sahası seçiminin ayrılmaz bir parçası olarak da ele alınabilir (Bkz, bir sonraki bölüm). Bununla birlikte, uygun tüketicilerin bulunması önemsiz bir konu değildir. Tüketicilerin istekleri çoğu zaman soğutma gereksinimleriyle uzlaşır nitelikte değildir. Bazı durumlarda ısı müşterileri planlanandan daha yüksek bir sıcaklık talebini öne çıkarabilmektedir. Birincil prosesin daha yüksek bir sıcaklık seviyesinde işletilmesi teknik olarak mümkünse genel enerji dengesinin dikkatli bir şekilde izlenmesi gerekir. Birincil proseste enerji verimliliğinde yaşanan kayıp çok zaman atık enerji tüketimiyle sağlanan tasarrufu önemsiz kılabilmektedir. Ayrıca, atık ısınn kullanılabilirliğine bağımlılığı geliştiren bir durum yaratma konusunda da çok dikkatli olunmalıdır.

Kojenerasyon yoluyla veya kombine döngüleri kullanarak kış aylarında konut ve ofis bölgelerinin veya seraların ısıtılmasında enerji santrallerinin atık ısınnın harici amaçlarla kullanımına bir dizi örnek verilebilir. Uygulamalar yakıt kullanım verimliliğini yaklaşık %40 seviyelerinden %70'lere kadar çıkarabilmekte ve böylece tesisin soğutma gereksinimini da azaltabilmektedir. Bildirilen örneklerde, tesisin farklılaşan bölgesel ısıtma ihtiyacına adapte edilebilmesi için değişken fan hızına sahip bir hibrid soğutma kulesi kullanılmaktadır. Bir başka olayda ise dışarıdaki hava sıcaklığı 5°C'ye düşer düşmez kulenin kuru modda toplam kapasitesinin yalnızca yaklaşık yüzde 10'luk bir kısmının çalıştırılması gerekmiştir; çünkü ısınn maksimum harici kullanımına bu noktada ulaşılmaktadır. Bu durum ısınn yeniden kullanımına ilişkin potansiyel seçeneklerin operasyon esnekliğine ihtiyaç duyulan yerlerde bir soğutma sisteminin seçimi üzerinde ne dereceye kadar etkili olabileceği sorusunu ortaya çıkarmaktadır. Halihazırda, yeniden kullanım seçeneklerinin bir soğutma sisteminin seçimi üzerinde ne tür etkileri bulunduğunu gösteren herhangi bir örnek bulunmamaktadır.

1.4 Proses gerekliliklerini ve çalışma sahası koşullarını karşılayacak bir soğutma sisteminin seçilmesi

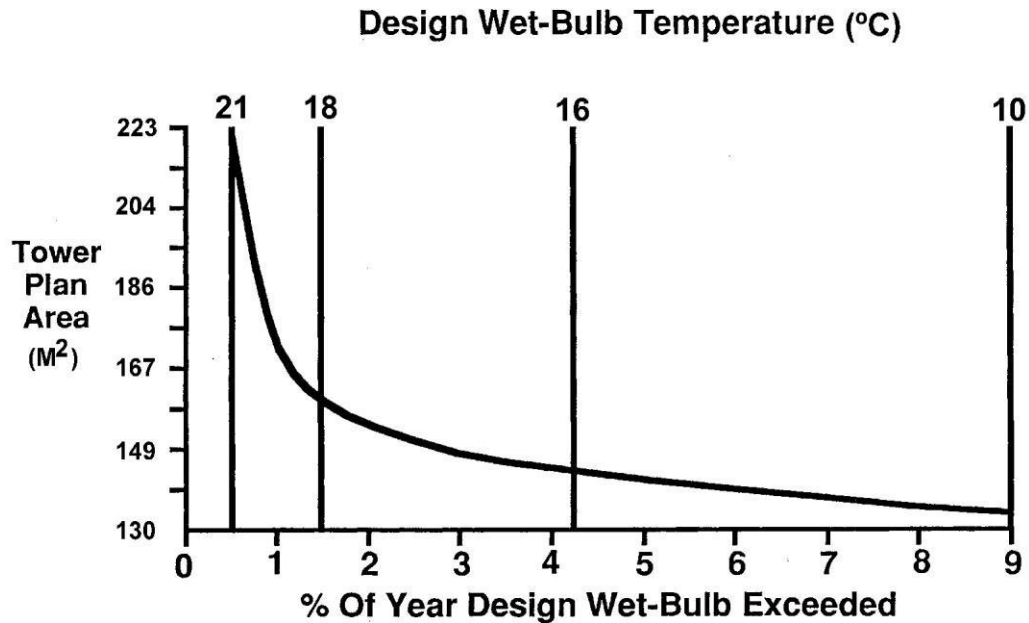
1.4.1 Proses gereklilikleri

Isı seviyesi (yüksek, orta, düşük) bir kez değerlendirildikten sonra Tablo 1.1 yardımıyla ilk kaba

seçim yapılabilir. Proses gereklilikleri ve çalışma sahası koşullarını karşılayacak bir soğutma sisteminin seçimi aşamasında ısı seviyesinin yanında daha pek çok faktör etkili olmaktadır:

- Soğutulacak maddenin ihtiyaç duyulan minimum nihai sıcaklığı;
- İhtiyaç duyulan soğutma kapasitesi;
- Yaklaşma oranını artıracak dolaylı bir devre gereksinimi;
- İklim koşulları, su bulunurluğu ve alan gereksinimleri.

Suboptimal (optimal olmayan) proses soğutmasının dolaylı etkileri açısından bakıldığında soğutulacak maddenin ihtiyaç duyulan minimum nihai sıcaklığı çok önemli bir yere sahiptir. Bunun anlamı kullanılacak veya seçilecek soğutma sisteminin / sistemlerinin bu nihai sıcaklığa erişmek zorunda ve aynı zamanda diğer (prosesle ilgili) gereklilikleri de karşılamak zorunda olduğudur. Soğutma sistemi performansı soğutucu maddenin yıllık sıcaklık aralığı da hesaba katılarak tercihen en iyileştirilmelidir. Islak soğutma için ıslak hazne sıcaklığı büyük önem taşımaktadır ve bir tasarım sıcaklığı belirlemek için bir düzeye kadar esneklik mevcuttur ki bu tasarım sıcaklığı daha sonra soğutma sisteminin büyüklüğü ve enerji gereksinimlerini de etkileyecektir. Soğutma sistemlerinin büyüklüklerinin azaltılması çok dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve yalnız olay bazında uygunluğuna karar verildikten sonra düşünölmelidir. Bazı tesislerin tüm bir yıl boyunca kabul edilebilir verimlilik düzeylerinde ve maksimum çıktı oranı ile işletilmeleri gerekmektedir. Örneğin, mekanik çekişli kuleler veya kuru hava soğutucuları kullanıldığında soğutucular birden fazla hücreye sahipse sistem en ekonomik şekilde işletilmesi mümkün olabilmektedir. Bu hücrelerden bazıları verimlilikte önemli bir kayıp yaşanmaksızın su ve elektrik tasarrufu gerçekleştirmek maksadıyla devre dışı bırakılabilmektedir.



(Planlanan Kule Alanı (M²) / Yılın Nominal Islak Hazne sıcaklığının aşıldığı kısmının yüzdesi)

şekil 1.2: Nominal ıslak hazne sıcaklığının aşıldığı süre yüzdesinin bir fonksiyonu olarak kule plan alanı (nominal sıcaklıklar 40/24/18°C), [tm083, Adams and Stevens]

Enerji sektörü söz konusu olduğunda, soğuk ucun optimizasyonu onaylanan sıcaklıklar kullanılarak gerçekleştirildiğinde şekil 1.2 uygulanabilir değildir, çünkü:

- Islak veya kuru soğutma kuleleri için ıslak (veya kuru) hava sıcaklığı tüm bir yıl için alınmakta, her üç saat için bir değer kullanılmaktadır;
- Once - through sistemler için su sıcaklığı ölçölmekte ve her ay için bir değer önerilmektedir.

Bu durumda optimizasyon tüm bir yıla ait enerji değerlendirilmesi hesaba katılarak yapılmaktadır. Küresel fiili denge adı verilen bu yöntem EK XII'de açıklanmaktadır.

Genel olarak, çoğu endüstri kolunda soğutma sisteminin soğutma talebini her zaman, ama özellikle de yaz aylarında karşılamasını garanti altına almak için bir güvenlik marjı uygulamasına gidilir. Islak hazne sıcaklığının her zaman nominal ıslak hazne sıcaklığının altında kaldığı veya ısı yükünün daha az olacağının görüldüğü durumlarda ısı eşanjörü aşırı kapasiteye sahip olabilir. Eğer böyle bir durum bekleniyorsa, sistemin kapasite altında çalışmasına izin vererek doğrudan enerji talebini azaltan, değişken fan çalıştırma gibi işletme tedbirlerine ağırlık verilebilir.

Pek çok sanayi kolunda ilerideki muhtemel kapasite genişletme çalışmalarına yer yaratmak amacıyla kurulum aşamasında soğutma sistemini gereğinden daha büyük tasarlamak pratikte sıkça karşılaşılan bir durumdur: yedek kapasite bu durumda yeni bir kulenin eklenmesi gerekene kadar kademeli olarak kullanılır. Üretim kapasitesinin ve soğutma sisteminin genişletilmesi için bir lisans başvurusu yapılması düşünüldüğünde mevcut soğutma sisteminde gerek verimsiz kullanımdan (çünkü kullanımda olmayan) gerekse olması gerektiği gibi oluşturulmadığından kaynaklanan yedek (âtıl) kapasitenin büyüklüğü hakkında kapsamlı bir değerlendirme mutlaka yapılmalıdır.

Bu strateji gerek duyulan soğutma kapasitesinin (kW_{th} veya MW_{th}) soğutma sisteminin (eşanjör) büyüklüğünün ve hatta belki kullanılacak soğutucunun (su veya hava) belirlenmesini mümkün kılacaktır. Avrupa'da düşük proses sıcaklığında büyük soğutma kapasitelerine ihtiyaç duyan endüstri kolları (enerji santralleri ve (petro-) kimya endüstrisi) büyük ve güvenilir su kaynaklarının mevcut olduğu ve once-through sistemlerin kullanımına izin veren sahalardan yararlanmayı tercih etmektedirler. Tesiste kullanılabilecek su yeterli olmadığında büyük kapasiteli açık ıslak veya ıslak / kuru soğutma kulelerine başvurulur.

(Potansiyel olarak) zararlı maddelerin soğutulması gereği olası nihai sıcaklığı olduğu kadar (bu konuda bkz. Bölüm 3 ve EK VI'daki VCI-güvenlik konsepti) soğutma sisteminin büyüklüğünü de etkileyebilmektedir. Bu durumda MET yaklaşımı sızıntının etkilerinin yalnızca ikincil (dolaylı) bir sistemin uygulanmasıyla gereği gibi engellenebileceği sonucuna yol açabilir. Bunun anlamı ikinci bir sirkülasyonun tasarlanmak zorunda olduğu ve nominal sıcaklığın yaklaşımdaki artışı takip ederek yükseleceğidir. Bu da soğutulacak maddenin nihai sıcaklıkta artışa ve genel verimlilikte bir azalmaya sebep olacaktır.

1.4.2 Çalışma sahası seçimi

Açıktır ki; en uygun çalışma sahasının seçilmesiyle çalışma sahasına özgü karakteristiklerin optimize edilmesinin bir sınırı vardır. Mevcut sistemler söz konusu olduğunda saha verili bir değişken olup çevresel optimizasyonun bu sahanın ortaya koyduğu kısıtlar çerçevesinde hesap edilmesi zorunluluğu vardır. Örneğin, kuru hava soğutmalı sisteme geçerek su kullanımını sınırlandırmak sanki en uygun çözümmüş gibi görülebilir. Ancak kuru hazne sıcaklığının yılın büyük bir bölümünde gerekli nominal sıcaklığı aşmasının beklendiği yerlerde üretim prosesinin veriminde meydana gelen bir azalma ve bununla eş zamanlı olarak tesisin genel verimliliğinde meydana gelen düşüş kabul edilebilir sınırların altında olmadıkça iklim koşulları bu tür bir çözüme izin vermeyebilir.

Eğer çalışma sahası seçimi bir seçenek ise soğutma prosesinin gereklilikleri anlamlı ölçüde etkilenebilir. Bu nedenle tasarım aşamasında çalışma sahası seçimi sürecinde aşağıda belirtilen tüm koşulların göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir:

- Mevcut soğutucu maddenin (su, hava) miktarı, kalitesi ve maliyeti,
- Mevcut büyüklük (soğutma kurulumlarının alanı, yüksekliği ve ağırlığı),
- Su kalitesi ve su canlıları üzerindeki etkiler,
- Havanın kalitesi üzerindeki etkisi,
- Meteorolojik etkiler,
- Suya gerçekleşen kimyasal madde deşarjları,
- Gürültü emisyonları,
- Yapının estetik özellikleri,

- Soğutma sistemleri, pompalar, boru hatları ve su arıtımı için yapılan sermaye harcamaları,
- Pompalar, fanlar ve su arıtımına ilişkin işletme maliyetleri,
- Yıllık bakım ve onarım harcamaları,
- Minimum hizmet süresi, yıllık işletme süresi, termik çıktı ve suyun debisi üzerindeki ortalama yük gibi işletme parametreleri,
- Gerekli yaklaşma ve sistemlerin kullanılabilirliği gibi işletme gereklilikleri,
- Isı emisyonları, buğu emisyonları, ses emisyonları ve genel yükseklik vb. konularda çevre mevzuatından kaynaklanan gereklilikler.
- Elektrik santralleri için: tesis verimlilik kayıpları, enerji çıktı kayıplarını telafi etmek için gerekli sermaye yatırımları, tesis ömrü ve tesis verimliliğinin azalmasından kaynaklanan enerji gelir kayıpları.

Yer

Farklı soğutma sistemleri aynı soğutma performansını sağlamak için farklı büyüklüklerde alana ihtiyaç duyarlar ve bu tesislerin alan gereklilikleri, yükseklikleri ve ağırlıkları da birbirinden farklıdır. Bu alan ihtiyacı tesisin uyguladığı ısı transfer ilkesine bağlıdır (Bkz. EK I).

Büyük sistemler söz konusu olduğunda alan kısıtları çalışma sahası değerlendirmesinin bir parçası olarak ele alınacak konulardan biri olabilir. Daha küçük kapasiteler söz konusu olduğunda ise bu durumlara özel olarak tasarlanmış çatı konstrüksiyonları piyasada bulunduğu alan kısıtlamaları sınırlayıcı bir faktör olmamalıdır.

Mevcut sahalarda, örneğin yoğun olarak inşa edilmiş kentsel yerleşim alanları veya sanayi bölgelerinde alan kısıtlamaları soğutma sistemlerinin seçiminde önemli bir faktördür. Örneğin bir binanın en üstünde yer alan bir soğutma kulesi herhangi bir ek zemin alanına ihtiyaç duymaz; ancak kulenin çatıya konulmuş olması ağırlıkla ilgili yeni kısıtlamalar ortaya çıkarabilir.

Alan ve ağırlık gereklilikleri hava soğutmalı ve hibrid sistemlerde önem taşıyan kriterlerdir. Havalandırma doğal çekimle veya fanlar vasıtasıyla (mekanik çekim) sağlanabilir. Aynı soğutma kapasitesine sahip doğal çekişli soğutma sistemleri mekanik çekişli sistemlere nazaran çok daha büyük ve yüksek olmak zorundadır.

Çalışma Sahası Değerlendirmesi

Çalışma sahası seçimi ile ilgili olarak, bir dizi Üye Devlet'te geçerli olan yaygın uygulama büyük bir tesisin izin prosedürünün bir parçası olarak çevresel etki değerlendirmesinin istenmesidir. Ayrıca, çalışma sahası seçimi soğutma performansı üzerinde potansiyel olarak büyük etkiye sahip olduğundan bölgesel planlama programlarında en uygun soğutma sahaları konusunda ön seçim yapan inisiyatiflere yer verilmiştir.

Elektrik santrallerinde olduğu gibi, büyük miktarlarda su kullanımını gerektiren soğutma sistemlerine ilişkin çalışma sahası değerlendirmesinin bir örneği Tablo 1.5'te görülmektedir [tm012, UBA, 1982]. Yerel kriterlerin tümü bir araya geldiğinde söz konusu çalışma sahasının uygunluğu en uygun, orta derecede uygun ve en az tercih edilen şeklinde üç ana sınıftan biriyle tanımlanmaktadır. Burada mutlaka dikkat edilmesi gereken husus şudur ki; bu tür bir değerlendirme toplam değerlendirme sürecinin yalnızca bir parçasını teşkil etmektedir ve bu değerlendirme sonucunda üçüncü kademe (uygunluğu şüpheli) olarak sınıflandırılan bir tesis tüm faktörlerin genel dengesi dikkate alındığında uygun bulunabilir.

Kademe 3 olarak sınıflandırılan bir çalışma sahası için MET yaklaşımı kullanıldığında çalışma sahası seçimi sürecinin sonuçlarına ilişkin bir örnek görülmektedir.

Tablo 1.5: Çalışma sahası seçimi için büyük soğutma talebiyle ilgili kriterler ([tm012, UBA, 1982])

Kriterler	Kademe 1 (Uygun)	Kademe 2 (Tatminkâr)	Kademe 3 (Uygunluğu şüpheli)	Açıklamalar
Yeterli Soğutma suyu arzı	$NNQ > \frac{W}{\zeta c \Delta T}$ Soğutma suyu bol	$NNQ = \frac{W}{\zeta c \Delta T}$ Yeterli soğutma suyu	$NNQ < \frac{W}{\zeta c \Delta T}$ Teknik tedbirler alınmadığı takdirde yetersiz soğutma suyu	NNQ: bilinen en düşük yüzey suyu debisi W: suya transfer edilecek ısı akımı ζ: suyun yoğunluğu c: suyun özgül ısı kapasitesi ΔT: izin verilen yüzey suyu sıcaklık artışı
Uygun Su Kalitesi	Su Kalite Sınıfı II orta kirli II/III kritik ölçüde kirli	Su Kalite Sınıfı III Ciddi ölçüde kirli	Su kalitesi önemli değil	(Alman su kalitesi sınıflandırma cetveli) I kirli değil II orta kirli II/III kritik kirlilik seviyesi III-IV çok ciddi kirlilik IV aşırı ölçüde kirli
izin verilen buharlaşma kayıplarına uygunluk	$V < A a$ Önemsiz buharlaşma kayıpları	$V \sim A a$ Kabul edilebilir buharlaşma kayıpları	$V > A a$ Teknik tedbirler olmaksızın kabul edilemeyecek buharlaşma kayıpları	V: seçilen çalışma sahasındaki buharlaşma kayıpları (debi) A: çalışma sahası için izin verilen buharlaşma kaybı a: çalışma sahasındaki diğer atık ısı kaynaklarınınca sınırlı olarak kullanılabilecek A'nın ondalık değeri
içme suyu kaynakları üzerindeki etkisi	Soğutma suyu deşarjının içme suyu şebekesi üzerinde hiçbir olumsuz etkisi yok	Soğutma suyu deşarjı belli koşullar altında içme suyu şebekesi üzerinde etkili olmakla birlikte olumsuz etkilerden kaçınılabılır.	Soğutma suyu deşarjı içme suyu üzerinde olumsuz etki yaratmakta ve gerekli teknik tedbirler alınmadığı takdirde bu olumsuz etkiler giderilememektedir	Eğer çalışma sahasının akıntı aşağı bölgesinde yüzey suyundan içme suyu temin ediliyorsa (hali hazırda veya gelecekte planlanan) bu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.
Doğrudan tesis sahasındaki düşük yükseklikteki uzun	Düşük yükseklikte (<300 m) uzun (<100m) duman bulutları çok az sıklıkta (ortalamada <2% p.a.) ve atık ısı transferi < 10 000 MW	Düşük yükseklikte uzun duman bulutları çok sık ve atık ısı transferi ~ 10 000 MW	Atık ısı transferi > 10 000 MW	
Tesis civarındaki topografik durum	Tesis civarındaki 20 kilometre yarıçapındaki alanda soğutma kulesinden daha yüksek engebe yok ya da çok az.	Tesis civarındaki 2-20 kilometre yarıçapındaki alanda soğutma kulesinden daha yüksek birkaç engebeli alan var.	Tesis civarındaki 2 kilometre yarıçapındaki alanda soğutma kulesinden daha yüksek birkaç engebeli alan var.	
Atık ısının ekonomik kullanım olasılığı	Atık ısının bölgenin ekonomik olarak ısıtılmasında kullanım potansiyeli çok yüksek	Atık ısının bölgenin ekonomik olarak ısıtılmasında kullanım potansiyeli düşük	Atık ısının bölgenin ekonomik olarak ısıtılmasında kullanım potansiyeli ya yok veya derinlemesine araştırma konusu yapılmadığından şüpheli	Atık ısının bölgenin ekonomik olarak ısıtılmasında kullanım potansiyeline sahip olması bir tesis alanının çekiciliğini artırabilir ve diğer dezavantajları ve ısı deşarjını etkisiz kılabilir.

Değerlendirme süreci ısısının yeniden kullanımına ilişkin seçeneklerin belirlenmesiyle başlamalıdır; çünkü bu daha sonra soğutma suyu talebi üzerinde etkili olabilecektir. Bu kriter harici ısı kullanımı mümkün olmadığında karşılanamayacak ve geri kazanılamayan ısısının tümü çevreye deşarj edilmek zorunda kalınacaktır. Su arzı ve izin verilen buharlaşma sınırlıdır ve duman bulutları söz konusu olduğunda tesis civarında sıkıntı meydana gelebilir. Eğer procesten kaynaklanan nedenlerle bir su – soğutma sistemi zorunlu hale gelirse buna bağılı olarak su tasarruf yöntemleri de uygulamaya konulmak zorunda kalınacaktır ve bu durumda örneğin bir önce - through sistem yerine çevrimli bir sistemin (söz gelimi açık ıslak soğutma kulesi) kullanılması önerilmektedir. Bu, su kalitesine ve konsantrasyon döngülerine bağılı olarak bir takım su arıtma tekniklerinin uygulamaya konması gerektiği anlamına da gelmektedir. Buna ek başka bir gereklilik, hibrid konfigürasyonun göz önünde bulundurulmasını gerektirecek olan duman önlemedir. Eğer yeterli alan varsa ve iklim koşulları da uygunsa hava soğutmalı sistemin kullanımı da eşit ölçüde düşünülebilir. Entegre yaklaşım enerji kullanımı ve maliyetlerinin bir karşılaştırmasının yapılmasıyla devam edecektir. Tesis alanı seçimi süreci nihai aday tesis yeri için toplamda en uygun çözümü bulabilmek için olası soğutma sistemlerinin seçimi hakkında ayrıntılı değerlendirmeler yapılmasını gerektirir.

1.4.3 İklim koşulları

Islak ve kuru hazne sıcaklıkları ile ifade edilen iklim son derece önemli bir tesis sahasına özel koşuldur. İklim hem seçilecek soğutma tipini hem de soğutulacak prosesin olası nihai sıcaklığını etkiler. Hava ve / veya suyla soğutmanın çelişkisi soğutma talebi yüksek olduğunda bu talebin gereklerine erişmenin daha zor hale gelmesidir. Özellikle yüksek hava sıcaklıkları ve yüksek su sıcaklıklarının yılın belli dönemlerinde su azlığı sorunuyla bir araya geldiği yerlerde soğutma sisteminin belli bir işletme esnekliğine sahip olması çok önemli olabilmekte ve bu da su ve hava soğutma yöntemlerinin bir arada kullanılmasıyla sağlanabilmektedir. Ancak bazen belli düzeyde bir verim kaybının da kabul edilmesi zorunlu hale gelebilir.

İstenen proses sıcaklığına ulaşmak için tüm soğutma sistemlerini bağlayan açık bir zorunluluk soğutucu maddenin soğutulacak ortamdan daha düşük bir sıcaklığa sahip olması gereğidir; ancak bu da kuru ve ıslak hazne sıcaklıklarına bağılıdır. Gerek su gerekse hava soğutmalı sistemler için soğutucu maddenin sıcaklığında meydana gelen mevsimsel değişiklikler uygulanacak soğutma sisteminin seçiminde bir kısıt oluşturabilir ve belli bir işletme tarzının uygulanmasını gerektirebilir.

Islak hazne sıcaklığı her zaman kuru hazne sıcaklığından düşüktür (Tablo 1.6). Islak hazne sıcaklığı ölçülen hava sıcaklığına, nemliliğe ve hava basıncına bağılıdır. Gizil (buharlaşmadan kaynaklı) ısı transferi için ıslak hazne sıcaklığı ilgili sıcaklıktır. Bu sıcaklık suyun teorik olarak buharlaşma yoluyla soğutulabileceği en düşük sıcaklıktır. Hissedilir ısı transferi için ise, havanın soğutucu madde olarak kullanıldığı durumlarda kuru hazne (kuru hava) sıcaklığı ilgilidir.

Uygulanacak soğutma sisteminin tipi ve tasarımının seçimi için nominal sıcaklık önemli bir etkidir ve genellikle ıslak hazne ve kuru hazne sıcaklıklarının yaz aylarındaki seviyeleriyle ilgilidir. Bu iki sıcaklık arasındaki fark büyüdükçe ve kuru hazne sıcaklıkları da arttıkça kuru hava soğutmalı sistemler vasıtasıyla düşük nihai sıcaklıkların elde edilmesi de giderek güçleşecektir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu durum verimlilik kayıplarına yol açabilir. Bu kaybın üstesinden gelmek için birtakım tedbirler alınabilir ancak bunlar için de belli düzeyde bir yatırım yapılması zorunludur. Bu sıcaklıkların yıl boyunca izledikleri değişimin ve maksimum sıcaklıklara yılın ne kadarlık bölümünde fiili olarak erişildiğinin tespiti ekonomik bakımdan faydalı olacaktır.

Bir örnek vermek gerekirse, Tablo 1.6 Avrupa'daki farklı iklim koşulları için bir kuru veya ıslak soğutma sistemi seçiminin Carnot döngüsünden kaynaklanan proses verimlilik kayıplarını nasıl etkileyebildiğini göstermektedir. Verilen örnekte ıslak soğutma için yaklaşmanın 4 K olacağı kabul edilmektedir. Soğutucu maddenin minimum nihai sıcaklığını elde etmek için bu yaklaşma ıslak hazne sıcaklığına eklenmelidir. Kuru hazne sıcaklığına eklenecek yaklaşma ise kuru soğutma için 12 K olarak kabul edilmektedir. Islak ve kuru nihai sıcaklıklar arasındaki fark büyüdükçe verimlilik kaybı yükselmekte (bu örnekte), her bir K için ortalamada %0,35 kayıp meydana gelmektedir. Aynı zamanda, örneğin %5 verimlilik kaybı ile bir konvansiyonel elektrik santralinin verimliliği %40 yerine % 38,6 olarak gerçekleşmektedir (bkz. EK XII.6).

Tablo 1.6: Avrupa’da iklim koşulları ([tm139, Eurovent, 1998]’den türetilmiştir.)

Ülke ve istasyon		Kuru hazne sıc. (1%) ² (°C)	Islak hazne sıc. (1%) ² (°C)	Fark K	Nihai sıc. Kuru sistem ³	Nihai sıc. Islak sistem ⁴ (°C)	AT ıslak- kuru (K)	Verimlilik kaybı ⁵ (%)
Yunanistan	Atina	36	22	14	48	26	22	7,7
İspanya	Madrid	34	22	12	46	26	20	7,0
Fransa	Paris	32	21	11	44	25	19	6,7
İtalya	Roma	34	23	11	46	27	19	6,7
Avusturya	Viyana	31	22	9	43	26	17	6,0
Almanya	Berlin	29	20	9	41	24	17	6,0
Hollanda	Amsterdam	26	18	8	38	22	16	5,6
Fransa	Nice	31	23	8	43	27	16	5,6
İngiltere	Londra	28	20	8	40	24	16	5,6
Almanya	Hamburg	27	20	7	39	24	15	5,3
Norveç	Oslo	26	19	7	38	23	15	5,3
Belçika	Brüksel	28	21	7	40	25	15	5,3
İspanya	Barselona	31	24	7	43	28	15	5,3
Finlandiya	Helsinki	25	19	6	37	23	14	4,9
Danimarka	Kopenhag	26	20	6	38	24	14	4,9
Portekiz	Lizbon	32	27	5	44	31	13	4,6
İngiltere	Glasgow	23	18	5	35	22	13	4,6
İrlanda	Dublin	23	18	5	35	22	13	4,6
Notlar: 1) Tablo 1.4’te yer alan veriler Avrupa’daki iklim farklılıklarının açıklanmasına yöneliktir. Başka kaynaklarda daha farklı veriler yer alabilir. Bir çalışma alanı için geçerli olacak kesin bilgiler bir meteoroloji kuruluşunca analiz edilebilir. 2) maksimum sıcaklıkların istatistiksel olarak yalnızca yüzde 1’i yukarıdaki verilerden yüksektir. 3) yaklaşma 12 K 4) ıslak sistemdeki yaklaşma: 4 K 5) ortalama her bir ATK için %0.35 verimlilik kaybı								

1.4.4 Matematik modelleme, modellerin simülasyonu ve pilot döngülerin test edilmesi

Yeni ve mevcut büyük ölçekli soğutma sistemlerinin etkilerinin değerlendirmesi ve bu sistemlerin performanslarının en iyileştirilmesi amacıyla özellikle hassas eko sistemler söz konusu olduğunda sayısal modeller uygulanabilir. Isı emisyonlarından ve tortulaşma önleme arıtımından kaynaklanan, yakın ve uzak bölgelerdeki yüzey sularında meydana gelen ısı değişimlikler tahmin edilerek pilot döngüler üzerinde simülasyonlar ve testler gerçekleştirilebilir.

Modellemenin amacı her tür fiziksel – kimyasal etkinin incelenmesi ve bu etkileri olabilecek en uygun seviyeye düşürmek için modelleme sonuçlarının tesislere uyarlanmasıdır. Üzerinde çalışılması özellikle önem taşıyan alanlar:

- Su çekimleri ve deşarjları,
- Tesis sahasının görsel özellikleri,
- Duman gelişimi,
- Alıcı ortam üzerinde meydana gelen ısı ve kimyasal etkiler.

Pilot döngü testlerinin amacı soğutma suyunun hem kabuklaşma bağlamında hem de her tür biyolojik gelişim açısından en iyi derecede arıtımının koşullarını tanımlamaktır. Bunu yapabilmek için, tesis sahasında bir yıl süre ile gerçek ticari işletme koşullarını temsil eden pilot tesisler inşa edilir. Böylece mevsimler boyunca suyu kalitesinde meydana gelen değişiklikler dikkate alınarak temsili ölçekte bazı seçeneklerin geliştirilmesi mümkün olacaktır (söz gelimi soğutma kulesi dolgusunun seçimi, alışımın belirlenmesi gibi konularda).

1.5 Çevresel Gereklilikleri Karşılacak bir Soğutma Tekniğinin Seçilmesi

Çevresel gereklilikler soğutma sistemlerinin uygulanmasını etkileyebildikleri gibi yeni bir soğutma sisteminin seçiminde veya mevcut bir soğutma sisteminin optimizasyonu sürecinde de ek bir adım olarak yer alırlar. Genel olarak soğutma sistemlerinin seçiminde önem taşıyan faktörler beş ana grup içinde incelenebilir:

- Enerji kullanımının minimize edilmesi
- Isı emisyonlarının minimize edilmesi
- Büyük duman emisyonlarının minimize edilmesi
- Suya gerçekleşen emisyonların minimize edilmesi
- Gürültü emisyonlarının minimize edilmesi
- Toprağa ve karasal yaşam ortamlarına gerçekleşen emisyonların minimize edilmesi

Tüm bu faktörler birbiriyle karşılıklı etkileşim içindedir ve bunlardan biriyle ilgili yapılacak her bir tercihin diğerleri üzerinde belli sonuçları olacaktır. Buradaki amaç olağan işletme koşullarında çevreye gerçekleşen emisyonların önlenmesidir. Bu değerlendirme adımında su-, hava- ve hava / su soğutma sistemleri arasındaki farklar açıklığa kavuşturulmalı ve özel bir tasarım veya özel bir malzemeye ilişkin herhangi bir tercihin operasyonel sonuçları da belirlenmelidir.

1.5.1 Hava ve Su Soğutmalı Sistemlerin Genel Karşılaştırması

Çevresel etkilerin minimize edilmesi çoğu zaman su- ve hava- soğutma sistemleri arasında yapılacak bir karşılaştırma anlamına da gelmektedir. Genel bir suya karşı hava soğutma sistemi karşılaştırılması yapılmaması gerektiği, çünkü bunun bu sistemlerden herhangi birinin kullanımına ilişkin yerel kısıtları göz ardı etmek anlamına geleceği belgenin önceki kısımlarında dile getirilmişti. Bununla birlikte, bir soğutma sisteminin su gereksinimi sorununu suyun korunmasına ilişkin programlar doğrultusunda ve soğutma dışındaki (sivil veya endüstriyel) kullanımlar için artan kaliteli su talebi de göz önünde bulundurularak düşünülmesi veya yeniden değerlendirilmesi yerinde olacaktır.

Kuru hava ve su soğutma sistemleri arasındaki tercihte ekonomik dönüm noktası kesin olarak belirlenmiş değildir ve literatüre göre, yerel iklim koşullarına bağlı olmak üzere (nihai sıcaklık olarak) 50°C ile 65 °C arasında bir noktadadır.

Aynı soğutma kapasitesine sahip kuru hava soğutma ve ıslak soğutma sistemlerinin karşılaştırması konusunda bazı genel açıklamalar yapılmıştır. [tm001, Bloemkolk, 1997]

Alan gereksinimleri ile ilgili olarak:

- Hava soğutma sistemleri havanın düşük özgül ısı kapasitesi nedeniyle daha büyük alana ihtiyaç duyarlar. Söz konusu alanı azaltmak için hava soğutucuları diğer proses ekipmanı üzerine veya bir boru köprüsü üzerine kurulur;
- Hava soğutma sistemleri hava sirkülasyonuna neden olmaları, havayı bloke etmeleri ve devri daim tehlikesi nedeniyle yerleşim bölgelerinin yakınlarına inşa edilemediklerinden bunların kurulabileceği alanlar sınırlıdır;

Bakım Maliyetleri

- Hava soğutma sistemleri suyla temas eden yüzeylerde kabuklaşmaya karşı ve mekanik temizlik gerektirmediklerinden ve su yüzeyinde meydana gelen kirliliğin neden olduğu alan kaybını telafi etmek için ek yüzey alanına ihtiyaç duymadıklarından bakım maliyetleri daha düşüktür;

Proses Kontrolü

- Proses sıcaklığının kontrolü hava soğutmalı bir sistemde veya çevrimli akımda önce - through sistemine nazaran daha kolaydır. Çünkü önce - through sistemde su giriş ve çıkış dengesi suyun debisinin ve sıcaklık artışının kontrol edilebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Mekanik çekişli soğutma veya buharlaştırmalı soğutma sistemlerinde kullanılabilecek hava miktarıyla ilgili bir kısıt yoktur ve hava akımı fan döngüsü kullanılarak, çoklu fan kurulumu yoluyla veya kapasite kontrolünde değişiklik yapılarak prosesin gereksinimlerine göre ayarlanabilir;
- Soğutma suyunda sızıntı kontrolü ve tespiti daha kolaydır; buna karşılık kondansatörlerde sızıntı kontrolünün daha zor olduğu rapor edilmektedir. Bu durum prosesin verimliliğini genellikle etkilemektedir.

1.5.2 Tasarım Faktörleri ve Malzeme Seçimi

MET “yaklaşımını” takip edecek olursak, soğutma sisteminin tasarımı ve kullanılacak malzemelerin seçimi önemli bir önleyici adımdır. Bunların her ikisi de gerekli doğrudan enerji tüketim miktarı, çevreye yönelik kontrollü (su arıtımı) ve kontrolsüz (sızıntı) emisyonların meydana gelişi, gürültü emisyonları ve ısı emisyonlarının (havaya veya suya) yönlendirilmesi bağlamında sistemin çalışmasını etkileyebilir. Ayrıca, seçilen tasarım ve malzemeler belli düzeyde bir yatırım yapılmasını gerektirir. Yine, tasarım ve kullanılan malzemeler yoluyla çevreye yönelik emisyonların önlenme düzeyi ile bunlar için gerekli yatırım maliyetleri arasında bir denge tesis edilmesi gerekmektedir. Bu da tesis sahasına özel ve karmaşık bir mesele olup bu süreçte aşağıdaki faktörler dikkate alınır:

- Çalışma tipi (yani önce - through sistem mi yoksa çevrimli sistem mi tercih edilecek)
- Soğutucunun tasarımı ve soğutma sisteminin genel planı (doğrudan / dolaylı)
- Basınç seviyesi (kondansatör)
- Soğutma suyunun bileşimi ve aşındırıcılığı
- Soğutulacak ortamın bileşimi ve aşındırıcılığı
- Gerekli hizmet ömrü ve maliyetleri

Bir dizi malzeme mevcuttur ve dayanımın artmasını sağlamak için bunlar arasında en yaygın kullanılanlar karbon çeliği, galvanize çelik, alüminyum / pirinç, bakır / nikel, uygun paslanmaz çelik türleri ve titanyumdur. Bu gruplar arasında kalite esasına dayalı bir sınıflandırma daha kullanılır. Özellikle korozyona, mekanik aşınmaya ve biyolojik kirliliğe karşı dayanım büyük ölçüde uygun koşullayıcı maddelerle karıştırılan suyun kalitesine bağlıdır.

EK IV’te once - through ve açık çevrimli sistemlerde malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken konulardan bazıları verilmektedir. Her bir endüstriyel soğutma sistemi için benzer bir değerlendirme yapılabilir. Su ve su / hava soğutmalı sistemlerin kullanılması halinde seçilebilecek malzeme hem soğutucu maddeye hem de soğutulacak ortama göre değişiklik gösterebilir. Hâlbuki birincil kapalı devre kuru soğutmada proses aracı daha önemlidir.

Açıktır ki, kurulumun farklı parçaları için farklı malzemeler kullanılabilir. Malzemenin suyun korozyif özelliğine veya proses koşullarına karşı en az hassas olacak kalitede seçilmesi tercih edilir. Eğer daha hassas malzemeler (alaşımlar) seçilirse bunun sonucunda daha karmaşık bir soğutma suyu arıtım süreci ve kontrol programına ihtiyaç duyulabilir ki, bu da emisyonların ve maliyetlerin artması anlamına gelecektir.

Tablo 1.7 tasarımda gerçekleşen değişikliklerden kaynaklanan etkilerin bir örneğini göstermektedir. Aynı soğutma performansına sahip ve aynı çevresel performansı gereksinen üç kule tasarlanmaktadır. Tabloya göre, aynı ses seviyesinde aynı performansı gösteren bir kapalı devre soğutma kulesi diğerlerinden farklı büyüklükte olmak zorundadır; özellikle enerji bakımından düşünüldüğünde aynı performansı sergilemek için diğerlerinden yaklaşık 7 kW daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu durumda operasyon maliyetleri diğer seçeneklerden birinin tercih edilmesine yol açabilir. Diğer tasarım faktörleri için de benzer karşılaştırmalar yapılabilir ki, bu da bir başka seçeneği öne çıkararak başka etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilir.

Tablo 1.7: İstenen bir maksimum ses seviyesine sahip farklı soğutma sistemlerinin karşılaştırması [tm139, Eurovent, 1998]

	Mekanik çekişli ıslak soğutma kulesi	Kapalı devre soğutma kulesi	Hibrid Kapalı devre soğutma kulesi
İklim:			
Kuru hazne sıcaklığı		26 °C	
Islak hazne sıcaklığı		18 °C	
Verili Görevler:			
Kapasite		1200 kW	
Giriş sıcaklığı		38 °C	
Çıkış sıcaklığı		32 °C	
Debi		47,8 l/s	
Ses seviyesi	90 dB(A)	90 dB(A)	90 dB(A)
Özel Veriler:			
Uzunluk	3,7 m	3,7 m	5,2 m
Genişlik	2,8 m	2,4 m	2,0 m
Yükseklik	3,2 m	4,2 m	3,0 m
Fan Gücü	5 kW	11 kW	5,0 kW
Püskürtme pompası gücü	1 kW	2,2 kW	1,0 kW

1.5.3 Mevcut Sistemlerde Teknolojik Değişim Seçenekleri

Yeni bir soğutma sistemi kurulurken bütüncül sistemler seçmekle alternatif seçeneklerin değerlendirilmesi arasında daha büyük bir esneklik söz konusuyken mevcut bir sistemde ise teknoloji değişikliğine gidilmesi genelde çözümü zor bir konudur. Bazen, bazı özel durumlarda teknolojiyi değiştirmek mümkün olsa da mevcut sistemlerde bu tür teknolojik değişikliklerle emisyon azaltma seçeneklerinin sayısı oldukça kısıtlıdır. MET yaklaşımı ekonomik kısıtları da dikkate alarak emisyonların önlenmesinin öncelikli olduğunu kabul ettiğinden mevcut sistemlerde teknolojik değişikliğe gidilmesi bir soğutma sistemi işletmesinin optimizasyonu daha geniş kapsamlı değerlendirilmeden önce ele alınması gereken bir seçenektir. Aşağıdaki paragraflarda MET yaklaşımındaki olası optimizasyon çözümlerine örnek teşkil eden, tedarikçilere ait gözlemler ve deneyimlere yer verilmektedir (ayrıca bkz. EK XI).

1.5.3.1 Teknolojik Uyarlamalar – gerekçeler ve karşı görüşler

Mevcut tesislerin teknolojik bakımdan geliştirilmesi aşağıdaki gerekçelerle düşünülebilir:

1. Mevcut teknoloji yerine daha düşük işletme talebine sahip farklı bir teknolojinin kullanılması,
2. eski teknolojik ekipman yerine daha yüksek verimliliğe sahip modern ekipman kurulması ve
3. performansı artırmak veya ek talepleri karşılayabilmek için mevcut teknoloji üzerinde değişiklik (modifikasyon) yapmak.

Tesis sahası parametreleri az çok tanımlanmış yeni bir tesisin seçiminden farklı olarak, teknolojik adaptasyon senaryolarında genel olarak aşağıdaki parametreler sabittir:

- Alan- teknolojik değişiklik mevcut tesis sahasına uygun olmalıdır,
- İşletme kaynaklarının kullanılabilirliği- yeni kurulum eskisi tarafından ihtiyaç duyulan işletme kaynaklarını aşmamalıdır, yeni altyapı maliyetlerde bir artışa neden olacaktır
- Mevzuattan kaynaklanan kısıtlamalar- ses kriterleri gibi çevresel etkiler eski tesisin tabi olduğu kriterlerle eşit veya bunlardan daha düşük seviyede olmalıdır.

Mevcut tesisin teknolojiye uyarlanmasında alan genellikle çok önemli bir gerekçedir. Eğer bir tesis veya bina mevcut bir alan – kısıtlı saha üzerinde yeni inşa edilecekse bir binanın çatısına yerleştirilecek veya eskisine nazaran daha az alana ihtiyaç duyacak yeni tip bir soğutma sisteminin seçilmesi bir çözüm olarak düşünülebilir.

Tercih edilen çözüm daha az işletme gereksinimlerine sahip yeni bir kurulum olacak ve böylece gerçekleştirilecek teknolojik değişiklik daha düşük işletme maliyetleri anlamına da gelecektir. Eskisine nazaran daha düşük işletme maliyetleri gerçekleştirilecek teknolojik değişikliğin ana nedenlerinden birisidir. Ancak işletme kaynaklarının daha az kullanmanın yanında emisyonları da azaltan bir teknolojik değişiklik senaryosunun düşünülmesi tercih sebebidir. Genel olarak düşünüldüğünde bu daha yüksek bir yatırım maliyeti gerektirir. işletme masraflarından yapılacak tasarruf ve çevreye gerçekleşen emisyonlardaki azalma hesaba katıldığında söz konusu yüksek yatırım maliyetleri kısa süre içinde kendini amorti edebilecektir.

Tüm teknolojik değişiklik senaryoları hem soğutma teknolojisini hem de soğutulacak prosesi aynı anda göz önünde bulundurmalıdır. Her iki faktör tek bir sistem olarak görülmelidir. Soğutma sisteminde gerçekleştirilecek değişiklikler proses üzerinde etkili olacağı gibi tersi yönde bir ilişki de söz konusudur. Gerçekleştirilecek her tür teknolojik değişikliğin ilk amacı soğutulacak prosesin verimliliğini korumak ve eğer mümkünse geliştirmek olmalıdır. Diğer taraftan, soğutulacak proseste yapılacak değişiklikler aynı zamanda soğutma sistemi üzerinde de yeni gerekliliklerle sonuçlanacaktır. Bu da soğutma sisteminde gerçekleştirilecek teknolojik değişikliklerin bir başka önemli nedenidir.

Soğutulacak proseste gerçekleşecek değişiklikler soğutma sisteminden beklentilerin değişmesine sebep olabilir.

- Yeni teknoloji sebebiyle proses tarafından daha az atık ısı üretilir ve daha az soğutma kapasitesine ihtiyaç duyulur (örnek: bilgisayar terminalleri, sürtünmeli prosesler).
- Atık ısının sıcaklık seviyesi hem daha yüksek hem de daha düşük sıcaklıklara doğru değişim göstermiştir (örnek: yakma prosesleri).
- Proses tarafından üretilen ısının daha büyük kısmı geri kazanılmakta ve böylece çevreye daha az atık ısı deşarjı yapılması gerekmektedir.
- Prosesin sıcaklığa hassasiyeti artmakta ve böylece daha verimli bir soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 1.8 tedarikçi bilgilerine göre teknik olarak kolay (E), mümkün (P), zor (D), imkânsız (NP) ve uygun değil (NA) olarak düşünülebilecek teknolojik güncelleme seçeneklerini özetlemektedir. Genel olarak her sistem teknolojik değişiklik için bir dizi farklı seçeneğe sahiptir. NP-E bir seçeneğin uygulanmasının büyük ölçüde soğutma sisteminin içinde çalıştığı ortamın özel koşullarına bağlı olduğunu ifade eder. (Ayrıca bkz. Bölüm 3 ve Ekler)

Tablo 1.8: Mevcut sistemler için teknolojik yükseltme seçenekleri

Seçenek	Endüstriyel Soğutma Sistemleri ¹					
	OTCS	OWCT	OWDCT	CCWCT	CCDCT	CCWDCT
Genel	E	E	E	E	E	E
Kapasite Artışı	E	E	D	D	D	D
kW _e da azalma	D	E	D	E	D	D
Su kullanımında azalma	NA	NP-E	D	NP-E	NA	D
Dumanda azalma	NA	NP-E	NA	E	NA	NA
Gürültüde azalma	NA	E	D	E	D	E
Taşmada azalma	NA	E	E	E	NA	E
Notlar: ¹ Sistem kodu (ayrıca bkz. Bölüm 2): OTCS - once - through soğutma sistemi OWCT - Açık ıslak soğutma kulesi OWDCT - açık ıslak/kuru soğutma kulesi CCWCT - Kapalı devre ıslak soğutma kulesi CCDCT - Kapalı devre kuru soğutma kulesi CCWDCT - Kapalı devre ıslak / kuru soğutma kulesi						

Bir soğutma prosesini teknolojik olarak yenilemenin birçok olası yöntemi vardır ve bunlarla ilgili bazı tipik senaryolar aşağıdaki paragraflarda listelenmektedir.

1.5.3. Isı Transfer Teknolojisindeki Değişiklikler

Genel olarak bir ısı transfer teknolojisinin yerine başka birinin tercih edilmesinin en önemli sebepleri yeni bir teknolojiyle birlikte gelen daha düşük işletme maliyetleri veya mevzuattan kaynaklanan kısıtlamalardır.

Bunun tipik bir örneği bir once - through sistemin yerine işletme maliyetlerini (su ve kanalizasyon) azaltan ve yüzey suyuna gerçekleşen ısı emisyonlarıyla ilgili mevzuat düzenlemelerine daha uygun olan bir çevrimli sistemin uygulanmasıdır. Çevrimli sistemin ekonomik performansı su, kanalizasyon ve elektrik enerjisi kullanımından kaynaklanan özel maliyetlere bağlıdır. Ortalama su ve kanalizasyon maliyetlerinin 1 [€/m³] ve elektrik maliyetinin 0,1 [€/kWh] olduğu varsayılırsa bu örnekteki işletme maliyeti once - through sistem için 38800 € iken çevrimli sistem için 48000 €'dur (su için 2100 €, elektrik için 27000 €). Yıllık tasarruf 34000 €'dur ve bu da 21000 € yatırım maliyetinden daha yüksektir. Eğer gözetilen denge öncelikle çevreyi dikkate alıyorsa ve yatırım maliyetleri yıllık masraflardan daha yüksekse yatırımın geri dönüş süresi karar vermede önemli bir faktör olacaktır.

Bu örnekte teknolojik değişiklik aynı zamanda hem tesisin su gereksiniminin azaltılması yoluyla çevreye hem de şirkete yararlıdır. Ancak yeni sistemin ekstra fan ve pompa enerjisi nedeniyle ek çevresel maliyetleri bulunmaktadır. Bu örnekte su kullanımı büyük ölçüde buharlaşma kaybından etkilenmektedir. Bu kaybın miktarı da her 10 K ölçüsündeki soğutmaya karşılık çevrimin %1,8'i oranında hesaplanmıştır (bkz. EK V.3).

Bu örnek yalnızca teknolojideki yaklaşımın nasıl değiştiğini göstermektedir. Farklı fiyat seviyelerinde elde edilecek sonuçlar birbirinden çok farklı olacak ve sonuçta hesaplamalar önce - through sistem lehine değişebilecektir. Örneğin elektrik maliyetinin 0,05 [€/kWh] civarında ve su maliyetinin açık devreler için 0,01 [€/m³], kapalı devre için ise 0,1-0,2 [€/m³] olduğu İtalya'da ekonomik olarak önce - through sistemler daha uygun olacaktır.

Tablo 1.9: Bir önce - through sistemin çevrimli sisteme dönüştürülmesine örnek [tm139, Eurovent, 1998]

Örnek: Hava kompresörü 500 kW	Once - through sistem	Çevrimli sistem
Giriş sıcaklığı	15 °C	27 °C
Çıkış sıcaklığı	35 °C	35 °C
Debi	61/s	15 l/s
Yıllık işletme maliyetleri	1800 h	1800 h
Buharlaşma kaybı	-	1400 mVa
Blöf	-	700 rrf/a
Yıllık su kullanımı	38800 mVa	2100mVa
Ekstra fan ve pompa enerjisi	-	15kW
Yatırım maliyeti	-	€ 21000

Soğutma konfigürasyonunda bir değişiklik düşünülürse bu değişikliğin genel verimlilik üzerindeki sonuçları hesaba katılmalıdır. Eğer mümkünse verimlilik yükseltilmelidir. Sıcaklığa hassas prosesler için bir soğutma teknolojisinin aynı güvenlik seviyesini tuttururken aynı zamanda daha düşük nihai sıcaklıklar sağlayıp sağlayamadığına bakmak gerekir.

Açık soğutma kuleli bir su soğutmalı kondansatör yerine buharlaştırmalı kondansatör uygulanması örneği bu teknolojik değişikliğin nihai sıcaklık ve sistem verimliliği üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu tür bir teknolojik değişiklik fiili koşullara bağlı olarak yoğunlaşma sıcaklığını 4- 6 K arasında azaltma potansiyeline sahiptir. Söz konusu teknolojik değişikliğin sağladığı verimlilik kazancı soğutucu kompresörün güç gereksiniminin %12 ila 15'i arasında bir büyüklük olarak tahmin edilebilir [tm 139, Eurovent, 1998]

Orta sıcaklık aralığındaki sıcaklığa hassas uygulamalar için su kullanımı ve/veya su ve kanalizasyon maliyetlerinin düşürülmek zorunda olduğu, hibrid sistemlerin su alım noktası uygun olabilir. Bu tür bir değişiklik genel olarak elektrik gereksinimini artırmamakla birlikte yıllık su tüketim miktarını önemli ölçüde azaltabilir. Fiili koşullara ve gereksinim duyulan boyutlara bağlı olarak hibrid tesisler için ek alana ihtiyaç duyulabilir.

1.5.3.3 Eski/Kullanılmayan Isı Transfer Teknolojisinin Yenisiyle Değiştirilmesi

Soğutma teknolojisinde düşünülen bir değişiklik çok zaman farklı nedenlerle uygun bulunmayabilir. Ancak mevcut teknolojiye yapılan bir modifikasyon da daha iyi verimlilik, daha iyi performans, daha az emisyon ve daha düşük işletme maliyeti sağlayabilir. Daha dayanıklı inşaat malzemelerinin kullanılması yanında hava taşıma sistemlerindeki ve ısı transfer yüzeylerindeki gelişmeler de değişiklik senaryolarının önde gelen nedenleri arasında yer almaktadır.

Genel olarak proses sıcaklıklarında herhangi bir değişiklik olmadığından (aynı teknoloji) bu senaryoda ana odak noktası ekipmanın kullanım ömrünün artırılması olduğu kadar işletme kaynaklarının ve çevresel etkilerin de azaltılmasıdır. Yeni ve dayanıklı malzemeler kullanılarak ekipmanın kullanım ömrünü 10 yıldan daha fazla uzatmak mümkündür. 15 veya 20 yıl önce kurulmuş ekipmanın şimdi daha yüksek işletme verimliliği sağlayan ve daha iyi çevresel ve ekonomik performansa sahip modern ekipmanlarla değiştirilmesi mümkündür.

Once - through soğutma sistemlerinin geliştirilmesine ilişkin tipik bir örnek daha verimli plakalı ve kafes tipi eşanjörlerin kullanılmasıdır. Örneğin buharlaştırmalı soğutma sistemlerinde dolgu tamponları ve hava taşıma sistemlerinin performansını geliştirerek daha yüksek enerji verimliliğine sahip daha kompakt bir tasarıma imkân veren büyük gelişmeler gerçekleşmiştir. Hava soğutmalı sistemlerde ise kanatçıkların farklı şekillerde tasarlanmasıyla benzer gelişmeler yaşanmıştır. Daha verimli teknoloji uygulamalarının enerji kullanımındaki etkisine bir örnek Tablo 1.10'da verilmektedir. Bu durumda yatırım maliyetlerinin enerji kullanımına ve dolgu bakımına ilişkin yıllık işletme maliyetleriyle dengelenmesi gerekmektedir.

Tablo 1.10: Miadı dolmuş doğal çekişli bir ıslak soğutma kulesinin modern tasarıma dönüştürülmesine ilişkin örnek [tm139, Eurovent, 1998]

Örnek: Mekanik çekimli ıslak soğutma kulesi	Miadı dolmuş tasarım: düşük verimli dolgu ve fan sistemine sahip tahrikli konsept	Modern tasarım: yüksek verimli dolgu ve fan sistemine sahip tahrikli konsept
Kapasite	1200 kW	
Giriş sıcaklığı	38 °C	
Çıkış sıcaklığı	28 °C	
Islak hazne sıcaklığı	21 °C	
Suyun debisi	28,7 l/s	
Gerekli fan gücü	7,5 kW	4 kW
Fanların enerji sarfıyatı	9 MWh/yıl	4,8 MWh/yıl
Yatırım maliyeti	-	€ 14000

1.5.3.4 Mevcut Isı Transfer Teknolojisinin Yükseltilmesi

Çoğu zaman tüm bir soğutma sisteminin değiştirilmesi gerekmez. Mevcut soğutma sistemlerinin performansı teknolojik güncellemeler yoluyla da artırılabilir. Bu durumda mevcut kurulum tesis sahasında kalırken sistemin önemli bileşenleri veya aksesuarları değiştirilir veya onarılır. Bu tür bir güncelleme sistem verimliliğini artırabilir ve tesisin çevresel etkisini azaltabilir. Teknoloji güncellemesinin ilk akla gelen örnekleri soğutma kulelerindeki yeni ve daha verimli dolgu paketleri ve ses yalıtımlarının uygulanmasıdır.

Tablo 1.11 ve Tablo 1.12’de gösterilen durumlar basitleştirilmiş açıklama olarak düşünülmelidir. Çevresel kazanca ilişkin entegre bir değerlendirme için diğer faktörlerin de hesaba katılması gerekir. Örneğin soğutma kulesi dolgusunun değiştirilmesiyle eski dolgunun imha edilmesinin çevresel maliyetleri de mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 1.11: Mekanik çekişli bir ıslak soğutma kulesinin miadı dolmuş dolgusunun modern yüksek verimlilikli bir dolgu ile değiştirilmesine örnek [tm139, Eurovent, 1998]

Örnek: Mekanik çekişli ıslak soğutma kulesi	Miadı Dolmuş Dolgu	Yüksem Verimliliğe Sahip Dolgu
Kapasite	3600 kW	
Giriş sıcaklığı	38 °C	
Çıkış sıcaklığı	28 °C	
Islak hazne sıcaklığı	21 °C	
Suyun debisi	86,1 l/s	
Mevcut hücre zemin alanı	26 m ²	
Gerekli fan gücü	22,5 kW	13,5 kW
Fanların enerji sarfıyatı	81 MWh/yıl	48,6 MWh/yıl
Yatırım maliyeti	-	€ 29000

Gürültü seviyesinde dikkate değer bir azalmanın sağlandığı görülen Tablo 1.12’den tüm değişikliklerin yalnızca olumlu sonuçlar ortaya koymadığı anlaşılmaktadır. Ses seviyesindeki azalma genellikle fanların daha yüksek performansla çalışmasıyla telafi edilmesi gereken bir basınç azalmasına yol açmaktadır. Bu da daha sonra soğutma sisteminin doğrudan enerji kullanımını artırmaktadır. Bu durumda daha az enerji kullanımı veya daha düşük gürültü emisyonlarından hangisinin tercih edileceği yerel koşullara göre karar verilecek bir konudur. Daha düşük enerji sarfi ile yatırım ve bakım maliyetleri arasında bir karşılaştırma yapılması gerekmektedir.

Verimlilik iyileştirmesinin bir başka örneği işletme stratejisinin güncellenmesidir. Fanların çevrimi frekans dönüştürücülü modülasyon kontrolüne değiştirilebilir. Bu değişiklikte koşullara bağlı olarak %70 veya daha yüksek oranda enerji tasarrufu sağlanabilir.

Güncelleme için gerekli yatırım maliyetleri çok büyük farklılık gösterebilir ve yapılacak güncellenmenin tipine ve mevcut tesisin yaşına bağlıdır. Bu tür bir yatırımın avantajı daha yüksek verimlilik sayesinde işletme maliyetlerinin daha düşük bir seviyeye çekilmesidir. Yapılacak güncellenmenin yatırım maliyetleri genel olarak teknolojik değişiklikler veya ekipman değişikliklerinden daha düşük olacaktır.

Tablo 1.12: Ses yalıtılma sistemi eklenerek akustik performansın iyileştirilmesine bir örnek [tm139, Eurovent, 1998]

Örnek: mekanik çekişli ıslak soğutma kulesi	Mevcut ıslak soğutma kulesi	Ses yalıtımı güncellemesi
Kapasite	1200 kW	
Giriş sıcaklığı	38 °C	
Çıkış sıcaklığı	28 °C	
Islak hazne sıcaklığı	21 °C	
Suyun debisi	28,7 l/s	
Gerekli fan gücü	15 kW	18 kW
Ses seviyesi	90 dB(A)	81 dB(A)
Yatırım maliyeti	-	€ 12000

1.6 Ekonomik Kısıtlar

Bir soğutma sisteminin seçiminde maliyetler her zaman en önemli faktörler arasında yer alır ve yalnızca tekil bir proje bağlamında değerlendirilebilir. Maliyetler üç önemli grup altında incelenebilir:

- Yatırım maliyetleri,
- Bakım maliyetleri,
- Enerji (ve su) gereksinimlerine bağlı işletme maliyetleri,
- Vergiler ve atık bertarafı maliyetleri gibi çevresel maliyetler.

Farklı maliyetler arasındaki ilişki ve mutlak maliyetler büyük değişiklik gösterir ve uygulanacak soğutma sistemine bağlıdır. En düşük yatırım maliyetine sahip soğutma sistemi aynı zamanda her zaman en düşük işletme kaynağına ihtiyaç duyan sistem olmaz. Kaynak tüketimini azaltmak için başvurulacak teknik çözümler çoğu zaman daha yüksek yatırım maliyetlerine sebep olur.

Bu nedenle, ekonomik değerlendirmelerin yalnızca basit bir yatırım maliyeti karşılaştırmasına indirgenmemesi, aynı zamanda söz konusu soğutma sisteminin işletme maliyetlerini de hesaba katması çok önemlidir. Farklı bir soğutma sisteminin tercih edilmesinden ileri gelen verimlilik değişiminin mali etkisi mutlaka değerlendirilmelidir. Genellikle elektrik santralleri söz konusu olduğunda farklı çözümler arasındaki karşılaştırma daha önceden açıklanan, ülkeler arasında değişiklik gösteren “fiili” veya “belirlenmiş” oranı kullanan tekno-ekonomik yöntem kullanılarak gerçekleştirilir. [tm056, Caudron, 1991].

2 UYGULANAN SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

2.1 Giriş

Bu bölüm Avrupa endüstrisinde kullanılan bazı soğutma sistemi konfigürasyonlarının dayandığı ilkelerin kısa bir açıklamasını sunmaktadır. Bu konfigürasyonlar arasında tümü de prosese, tesis sahasına, çevreye ve ekonomiye ilişkin gerekleri karşılamayı hedefleyen bir dizi uygulama yer almaktadır. Bu sistemlerde uygulanan eşanjör tip ve büyüklükleri, fan tipleri ve işletme pratikleri de değişiklik göstermektedir. Farklı tiplerdeki soğutma sistemleri farklı kriterlere göre sınıflandırılabilir. Standart literatür aşağıdaki kriterleri kullanmaktadır:

- Kuru hava soğutmalı ve buharlaştırmalı ıslak soğutma – uygulamada baskın rol oynayan termodinamik prensibine göre – sırayla hissedilir ısı transferi ve gizil ve hissedilir ısı transferinin bir bileşimi. Buharlaştırmalı soğutmada iki prensip bir aradadır; ancak ısıнын esas kısmı gizil olarak transfer edilir. Buna karşılık kuru soğutmada yalnızca hissedilir ısı transferi söz konusudur.
- Açık veya kapalı sistemler- açık bir sistemde proses ortamı veya soğutucu çevreyle temas halindedir; kapalı sistemde ise proses aracı ve soğutucu tüpler, kangallar veya arklar içinde devri daim eder ve çevreyle temas içinde değildir.
- Doğrudan veya dolaylı sistemler- doğrudan bir sistemde soğutucunun ve soğutulacak ortamın ısı dönüşümünü gerçekleştirdiği bir eşanjör vardır; dolaylı sistemde ise prosesle veya soğutulacak ürün ve birincil soğutucu arasında en az iki eşanjör ve ikincil bir soğutma döngüsü bulunur. Dolaylı sistemler ek eşanjör nedeniyle daha yüksek bir yaklaşma sağları (yaklaşık 5K). Doğrudan ve dolaylı sistemler aynı zamanda birincil ve ikincil sistemler olarak da bilinir. Prensip olarak her doğrudan soğutma sistemi dolaylı bir sisteme dönüştürülebilir ve proses aracından kaynaklanan sızıntıların çevreye zarar vermesi halinde bu seçenek düşünülür.

Doğrudan temaslı soğutma sistemleri (doğrudan/dolaylı sistemlerle karıştırılmamalıdır) sahip oldukları özellikler büyük ölçüde uygulandıkları endüstriyel prosese (örneğin sıcak çelik) bağlı olduğundan bu BREF kapsamında tanımlanmamaktadır. Bir başka soğutma tipi barometrik yoğunlaştırıcı (kondansatör) bir önce - through sistem olup bu sistemde bir gaz akımı doğrudan üzerine uygulanan su vasıtasıyla soğutulmaktadır. Bunun örnekleri gıda endüstrisinde bulunabilir. Bu sistemler de HCFC benzeri vakum teknikleri ve özel soğutucular kullandıklarından bu belge kapsamında ele alınmamaktadır.

Pratikte Avrupa içinde ve dışında kurulu bulunan soğutma ekipmanları ve soğutma konfigürasyonları için bir dizi farklı isim kullanılmaktadır. Bu konudaki terminoloji genellikle uygulanan sistemin amacına göre değişir ve elektrik santrali tipolojisinde yoğunlaştırma prosesine karşılık gelir (bkz. EK XII). Genelde, Avrupa endüstrisinde yaygın olarak kullanılan aşağıdaki sistemler yukarıda verilen ilkelerden türetilirler.

- Once - through soğutma sistemleri (soğutma kuleli veya soğutma kulesiz)
- Açık çevrimli soğutma sistemleri (ıslak soğutma kuleleri)
- Kapalı devre soğutma sistemleri
 - Hava soğutmalı soğutma sistemleri
 - Kapalı devre ıslak soğutma sistemleri
- Kombine ıslak / kuru (hibrid) soğutma sistemleri
 - Açık hibrid soğutma kuleleri
 - Kapalı devre hibrid kuleler

Kapalı çevrimli soğutma sistemleri için tesis sahasında inşa veya monte edilen küçük hazır sistemlerle büyük, sipariş usulü sistemler arasında da bir ayırım yapılabilir.

Genel olarak once - through sistemler ve açık çevrimli sistemler enerji ve (petro-) kimya endüstrilerinde daha büyük tesislere uygulanmaktadır.

Kule terimi hem kabuk tipi inşaatlara (yani büyük doğal çekişli) hem de küçük olabilen ve çatı tipi uygulamalarda karşılaşılabilen hücre tipi yapılara uygulanır.

En yaygın kullanıma sahip endüstriyel soğutma sistemlerinin bazı teknik ve termodinamik karakteristikleri karşılaştırma amacıyla Tablo 2.1’de özetlenmektedir. Bu veriler belli sayıda varsayımdan türetilmiş olan bir örnektir (tablo açıklamasına bakınız). Yaklaşma miktarlarının değişkenlik gösterebileceğini ve bunların büyük ölçüde eşanjör tasarımına ve ortam havasının sıcaklığına bağlı olduğunu kabul etmek gerekir. Proses aracının minimum nihai sıcaklıkları da buna göre değişecektir. Elektrik santralleri için yaklaşma miktarı farklı bir şekilde hesaplanır (bkz. EK I).

Tablo 2.1: Endüstriyel uygulamalar (enerji santrali harici) için farklı soğutma sistemlerinin teknik ve termodinamik karakteristiklerine örnekler

Soğutma sistemi	Soğutma aracı	Ana soğutma prensibi	Minimum yaklaşma (K) ⁴	Proses aracının minimum ulaşılabilir nihai sıcaklığı ⁵	Endüstriyel prosesin kapasitesi (MW _{th})
Açık once - through sistem - doğrudan	Su	Kondüksiyon / Konveksiyon	3 - 5	1 - > 20	<0,01 - > 2000
Açık once - through sistem - dolaylı	Su	Kondüksiyon / Konveksiyon	6-10	21 - 25	<0,01 - > 1000
Açık çevrimli Soğutma sistemi - doğrudan	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma ³	6 - 10	27 - 31	< 0,1 - >2000
Açık çevrimli Soğutma sistemi - dolaylı	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma ³	9 - 15	30 - 36	< 0,1 - > 200
Kapalı çevrimli ıslak Soğutma sistemi	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma + Konveksiyon	7 - 14 ⁷	28 - 35	0,2 - 10
Kapalı çevrimli kuru hava Soğutma sistemi	Hava	Konveksiyon	10 - 15	40 - 45	< 0,1 - 100
Açık hibrid soğutma	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma + Konveksiyon	7 - 14	28 - 35	0,15 - 2,5 ⁶
Kapalı hibrid soğutma	Su ¹ Hava ²	Buharlaştırma + Konveksiyon	7 - 14	28 - 35	0,15 - 2,5 ⁶

Notlar:

- 1) Su ikincil soğutma aracıdır ve çoğunlukla sirküle edilir. Buharlaştıran hava ısıyı havaya taşır.
- 2) Hava ısının çevreye taşınmasında kullanılan soğutma aracıdır.
- 3) Ana soğutma ilkesi buharlaştırmadır. Isı ayrıca daha küçük oranda Kondüksiyon / konveksiyon yoluyla da taşınır.
- 4) ıslak veya kuru hazne sıcaklıklarına göre olarak yaklaşma seviyeleri. Isı dönüştürücü ve soğutma kulesinin yaklaşımları eklenmelidir.
- 5) Nihai sıcaklıklar çalışma sahasının iklimine bağlıdır (veriler ortalama Avrupa iklim koşullarına göre geçerlidir. 30 °/21 ° C kuru / ıslak hazne sıcaklığı ve maksimum 15 °C su sıcaklığı.
- 6) Küçük birimlerin kapasitesi – birden fazla birimin veya özel olarak inşa edilmiş soğutma sistemlerinin bir kombinasyonu ile daha yüksek kapasitelere erişilebilir.
- 7) Dolaylı bir sistemin uygulandığı veya konveksiyonun hali hazırda kullanıldığı yerlerde bu örnekteki yaklaşım 3-5 K civarında yükselerek proses sıcaklığının yükselmesine neden olur.

Tablo 2.1’deki örnek konfigürasyonların farklı sıcaklık aralığına sahip olduğunu ve bir proses için arzu edilen sıcaklık aralığının belli bir konfigürasyona ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir. Alana ve maliyete ilişkin nedenlerle kuru hava soğutma sistemleri genellikle çok büyük kapasiteler için kullanılmaz; hâlbuki su soğutma sistemi yaklaşık 2000 MW_{th} veya daha fazla ısının dışarıya uygulanabilir.

Kondansatörler için yaklaşma miktarları daha yüksektir. Once - through sistemlerdeki yaklaşma miktarları “uçbirim farkı” ile soğutma suyundaki sıcaklık artışının toplamına karşılık gelir. —Uçbirim farklı terimi kondansatöre giren buharın sıcaklığı (veya kondansatörden çıkan yoğunlaşmış buhar) ile kondansatörü terk eden soğutucu maddenin (suyun) sıcaklığı arasındaki farkı ifade etmektedir. Değerler 3 ila 5 K arasında değişir. ilgili veriler Tablo 2.2’de gösterilmektedir.

Tablo 2.2: Enerji sektörü uygulamalarındaki farklı soğutma sistemlerinin kapasite ve termodinamik özelliklerine örnekler [[tm056, Caudron, 1991][tm056, Caudron, 1991][tm056, Caudron, 1991]]

Soğutma sistemi	Uygulanan yaklaşma miktarları (K)	Enerji üretim prosesi kapasitesi (MW _{th})
Açık once - through sistemler	13-20 (uçbirim farkı 3-5)	< 2700
Açık ıslak soğutma kulesi	7-15	< 2700
Açık hibrid soğutma kulesi	15-20	< 2500
Kuru hava soğutmalı kondansatör	15-25	< 900

Bu bölüm uygulamada en yaygın endüstriyel soğutma sistemlerinin genel bir değerlendirmesini yapmakta ve bunlara ilişkin çevresel konuları ele almaktadır. Eşanjörler ve malzemeyle ilgili daha ayrıntılı bilgiler kaynak listesinde belirtilen belgelerin yanında EK III ve V’te de bulunabilir. Aşağıdaki paragraflarda literatürde en yaygın teknik terimler kullanılacaktır. Kaynak dokümanlara katkı olması için farklı terimlerin kullanıldığı yerlerde ayrıca açıklama yapılacaktır.

2.2 Eşanjörler

Eşanjörler hem soğutulacak prosesin hem de soğutma sisteminin parçası olarak en yaşamsal öneme sahip ısı transfer elemanlarıdır. Isıyı çevreye deşarj etmek için eşanjörlerden sonra farklı sistemler kullanılır. Uygulamada yaygın olarak kullanılan iki tür eşanjör vardır: kabuk ve tüp tipi (en yaygın) eşanjörler ile plaka ve kafes tipi eşanjörler.

2.2.1 Kabuk ve tüp tipi eşanjörler

Proses endüstrisinde bu tür eşanjörlerin büyük bir deneyimi vardır ve haklı bir güvenilirliğe sahiptirler. Tüplerin düz bir şekilde veya U-şeklinde döşendiği veya eşanjörün özellikle yüksek basınç koşullarına, yüksek sıcaklıklara, buhar veya ısı akışkan kullanılan işletme şartlarına göre geniş bir aralıkta tasarlanmış çok farklı çeşitleri bulunmaktadır. Tüpler genellikle soğutma suyunu taşıy ve proses aracı kabuk içinde tüplerin etrafında hareket eder. Kabuk ve tüp tipi eşanjörler hakkında daha kapsamlı bir inceleme için EK II’ye bakabilirsiniz.

2.2.2 Plakalı ve kafes tipi eşanjörler

Plakalı ve kafes tipi eşanjörler özellikle şeker rafinerileri, (petro-) kimya endüstrisi ve enerji santralleri başta olmak üzere bir dizi uygulamada her geçen gün giderek artan ölçüde kullanılmaktadır. Bu tip eşanjörler özellikle soğuk uygulamalar (<0°C) yanında daha düşük yaklaşma miktarları için uygundur. Ancak bu eşanjörler buharın ve yüksek gaz basınçlarının soğutulmasında, çökelti ve / veya tortulaşma tehlikesinin bulunduğu durumlarda ve proses akışkanı ile soğutucu arasında yüksek basınç farkının bulunduğu hallerde daha az uygundur. Bazı tasarımlar sızıntısız işletmeyi garanti etmek için çift katlı olarak yapılmakla birlikte bunun bakımının çok güç olduğu rapor edilmektedir. Plakalı ve kafes tipi eşanjörler eşdeğer dönüşüm alanına sahip kabuk ve tüp tip eşanjörlere nazaran çok daha kompakt olabildiklerinden (örneğin dairesel) daha ekonomiktirler.

2.2.3 Eşanjörlerin çevresel özellikleri

Çevre açısından bakıldığında her iki tür eşanjör için de aşağıdaki hususlar önem taşımaktadır:

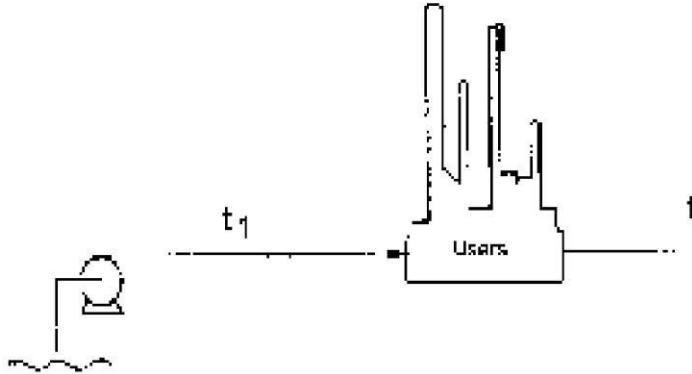
- Verimli ısı dönüşümü sağlayan uygun tasarım;
- Proses akışkanının soğutucuya sızmasını önleyen uygun yapım;
- Isı transferinin verimliliği ve suda korozyona dayanım ve proses ortamından kaynaklanan korozyona dayanım için uygun malzeme seçimi;
- Mekanik temizleme araçlarının kullanımı olanağı.

2.3 Once - through soğutma sistemleri

2.3.1 Doğrudan once - through soğutma sistemleri

Teknik açıklama

Doğrudan once - through sistemlerde (bir nehir, göl, deniz veya mansap gibi) bir kaynaktan alınan su büyük su alım kanalları vasıtasıyla doğrudan prosese pompalanır. Eşanjörler veya kondansatörlerden geçen ısınan su doğrudan yüzey suyuna geri deşarj edilir. Isı prosesten soğutma suyuna bir kabuk & tüp tipi veya plakalı & kafes tip eşanjör içindeki tüp şeklindeki ayırma duvarı vasıtasıyla transfer edilir. Once - through sistemler çeşitli isimlerle adlandırılır. Örneğin kâğıt endüstrisinde kullanılan çok sayıda arktan oluşan once - through soğutma sistemi “ark şebekesi” olarak adlandırılır. [tm010, Betz, 1991]



(Users = Kullanıcılar)

Şekil 2.1: Bir doğrudan once - through soğutma sisteminin şematik gösterimi [tm001, Bloemkolk, 1997]

Soğutma kapasitesi

Once - through sistemler çoğunlukla büyük soğutma kapasiteleri ($>1000 \text{ MW}_{th}$) için kullanılmakla birlikte küçük sistemler ($< 10 \text{ kW}_{th}$) için tasarlandıkları da olur. Büyük elektrik santrallerinde 1 MW_{th} soğutma için tipik debi miktarı $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\Delta T = 12\text{K}$) ile $0,034 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\Delta T = 7\text{K}$) aralığındadır. Once - through soğutma sistemi ile düşük nihai sıcaklıklara 3-5 K civarında bir yaklaşma ölçüsünde yaklaşılabilir. [tm010, Bloemkolk, 1997]

Çevresel özellikler

Once - through sistemlerle ilgili belli başlı çevre konuları şunlardır:

- Büyük miktarda su kullanımı
- Isı emisyonu,
- Balıkların sisteme sürüklenmesi riski,
- Biyolojik kirlenme, kabuklaşma ve korozyona hassasiyet
- Katkı maddeleri kullanımı ve suya yönelik katkı maddesi emisyonları,
- Özellikle pompalar için enerji tüketimi,
- Proses akıntısından sızıntı riski ve
- Su alım yapılarındaki eleklerin tıkanması.

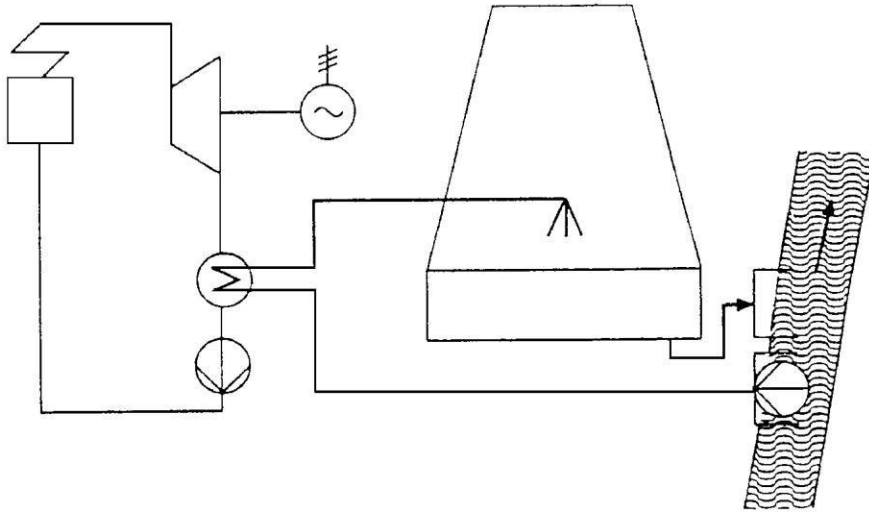
Uygulama

Once - through sistemler elektrik santralleri, kimya tesisleri ve rafineriler gibi büyük endüstriyel prosesler tarafından kullanılır. Once - through soğutma için kullanılan su çoğunlukla yüzey suyudur. Örneğin pompa soğutma gibi daha küçük ölçekli amaçlar için çeşme suyu veya kuyu suyu da kullanılır. Tesis sahasına yakın ve uygun düşük sıcaklıkta güvenilir bir su kaynağının bulunması once - through sistemler için temel ön koşuldur. Yüzey suyunun kalitesi ve deşarj limitleri de sistemin uygulanabilirliğini etkilemekle birlikte genel olarak su kalitesi ve suyun kimyasal özellikleri çevrimli sistemlere nazaran daha az kısıtlayıcıdır. [tm005, Van Donk and Jenner, 1996]

2.3.2 Soğutma kuleli once - through soğutma sistemleri

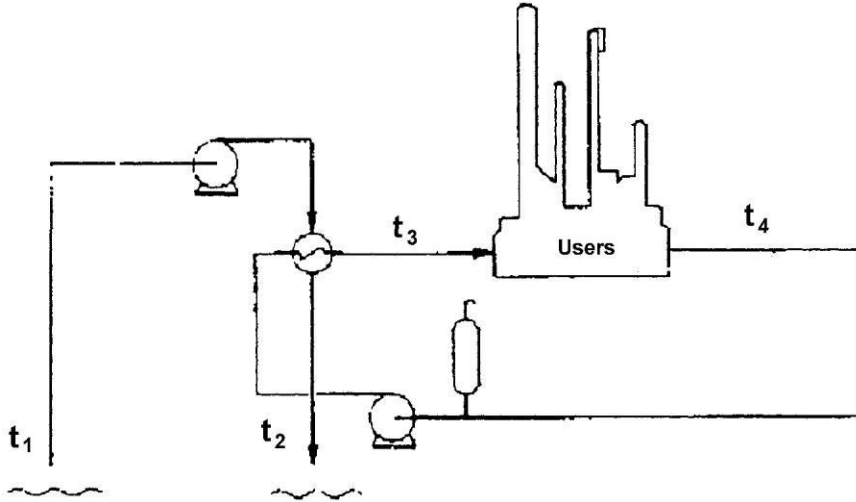
Elektrik üretim prosesi yüksek vakum koşulları altında yürütüldüğünden bir elektrik santrali kondansatöründe sızıntı meydana gelmesi genel olarak proses suyunun soğutma suyu tarafından kirletilmesi anlamına gelmektedir. Bazı yerlerde once - through sistemler deşarj suyunu alıcı ortama geri boşaltmadan önce ön soğutmadan geçiren bir soğutma kulesi ile kombine olarak kullanılırlar. Bu konfigürasyon soğutma suyunun devri daim yapabildiği ve bazı tesis veya diğer endüstrilerin soğutma suyu giriş ağzındaki su sıcaklığını artırabildiği durumlarda uygulanır. Nehir kapasitesi, gelgit hareketi, tesis büyüklüğü ve yüzey suyu sıcaklığı diğer faktörlerdir. Bu tür ön soğutma kısıllarda kurulu enerji santrallerinde ve nehir kenarlarında kurulabilir.

Açık ıslak soğutma kulelerinin çevresel kısıtları bu soğutma sistemlerine tatbik edilecektir. Biyolojik gelişim ve kalıntıların soğutma kulesi dolgusu seçiminde dikkate alınması gerekir. Genelde geniş dolgu veya püskürtme dolgulu soğutma kuleleri uygulanır.



Şekil 2.2: Enerji sektöründe uygulanan soğutma kuleli bir doğrudan once - through soğutma sisteminin şematik gösterimi [tm132, Eurelectric, 1998]

2.3.3 Dolaylı once - through soğutma sistemleri



(Users = Kullanıcılar)

Şekil 2.3: Bir dolaylı once - through soğutma sisteminin şematik gösterimi [tm001, Bloemkol, 1997]

Teknik açıklama

Bu soğutma konfigürasyonu doğrudan once - through sistemlere benzemekle birlikte proses akışkanı / buharından çevreye deşarj edilen soğutucuya doğrudan transfer söz konusu olmadığından dolaylı olarak adlandırılır. Burada sistemi ifade etmek üzere ikincil soğutma sistemi terimi de kullanılır. Bu sistemde ısı proses aracından veya ürününden kapalı bir devrede devre daim yapmakta olan bir soğutucuya (t_3 ve t_4) aktarılır. Bu ikincil soğutma devresindeki soğutucu ısını eşanjörler vasıtasıyla eşanjörler içinde yalnızca bir kez dolaşan ve birincil soğutma suyu olarak adlandırılan soğutucuya (yani yüzey suyuna) transfer eder (t_1 ve t_2). Bu su doğrudan yüzey suyuna deşarj edilirken ikincil soğutucu kapalı devre içinde kalmaktadır.

Soğutma kapasitesi

Dolaylı once - through soğutma sisteminde de aynı düşük nihai sıcaklıklara ulaşılabilir; ancak ekstra eşanjör nedeniyle yaklaşma miktarı eşanjörün verimine bağlı olarak fazladan bir 3-5 K daha yükselebilir.

Çevresel özellikler

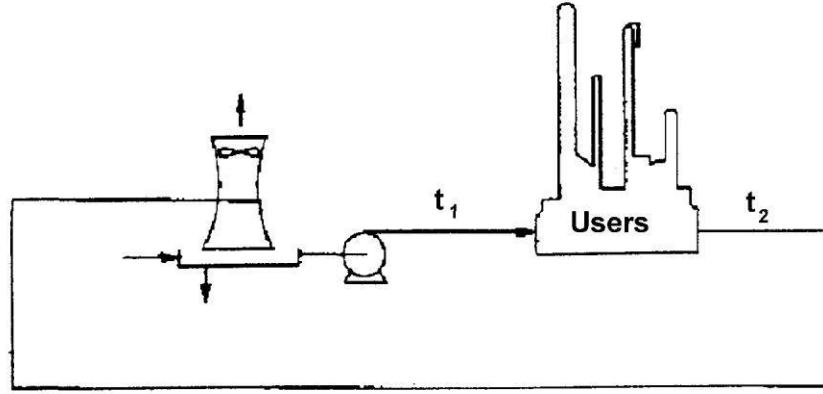
Bunun için ayrıca doğrudan once - through sistem hakkındaki açıklamalara bakınız. Tasarım sızıntı yapan proses akışkanlarının yüzey suyuna deşarj edilmesi riskinin minimum düzeyde veya sıfır olması anlamına gelir.

Uygulama

Dolaylı once - through soğutma suyu sistemi proses akışkanlarının soğutma suyuna sızma tehlikesine bağlı yüksek çevresel riskin bulunduğu durumlarda kullanılır. Yüzey suyunun bulunurluğu ve kalitesi de bu soğutma sistemi için önem taşıyan faktörler arasındadır. Bu sistem ayrıca alıcı yüzey suyu üzerinde de ısı bir yük meydana getirmektedir. Dolaylı once - through soğutma sisteminin bir değişkeni birincil döngü suyunun bir kısmının geri dönüşümüdür. Bu kısım yeni gelen soğutma suyuyla karıştırılmadan önce havayla soğutulur. Bu fazladan soğutma kapasitesi yılın yeterli soğutma suyu bulunmayan dönemlerinde kullanılabilir.

Genel olarak, fazladan ısı dönüşümünün (yani daha fazla yaklaşımın) bir sonucu olarak ulaşılabilen bu nihai proses sıcaklıkları doğrudan once - through soğutma sistemleri kullanılarak ulaşılabilen kadar düşük değildir.

2.4 Açık çevrimli soğutma sistemleri



(Users = Kullanıcılar)

Şekil 2.4: Bir açık çevrim sisteminin şematik gösterimi [tm001, Bloemkolk, 1997]

Teknik açıklama

Açık çevrimli soğutma sistemleri aynı zamanda açık buharlaştırmalı soğutma sistemleri olarak da bilinir. Bu sistemlerde eşanjör(ler) sistemi vasıtasıyla yönlendirilen soğutma suyu ısının büyük bir kısmının çevreye deşarj edildiği bir soğutma kulesinde soğutulur. Isınan su soğutma kulesinde soğutma kulesi dolgusu üzerine dağıtılır ve havayla temas ederek soğutulduktan sonra bir rezervuarda toplanır, daha sonra da tekrar soğutucu olarak kullanılmak üzere ısıya geri pompalanır. Hava hareketi doğal yolla veya havayı kuleye doğru iten veya çeken fanlar vasıtasıyla oluşturulur. Suyun soğuması soğutma suyunun bir kısmının buharlaşması ve suyun hava yardımıyla hissedilir ısı kaybına uğratılması sonucunda gerçekleşir ki, bu sürece aynı zamanda konveksiyon (ısı yayımı) adı da verilir. Bu sistemlerin iş göreceği sıcaklık seviyeleri büyük ölçüde ıslak ve kuru hazne sıcaklıklarına bağlıdır.

Kulede soğutulan suyun tamamı değil ancak büyük bir kısmı devri daim ettirilerek tekrar soğutma suyu olarak kullanılabilir. Su kaybının ana nedenleri buharlaşma, blöfleme (rüzgârlama, savrulma, arıtım (amaçlanmış blöfleme)) ve sızıntılar şeklinde olur. Amaçlanmış blöfleme soğutma suyunun kalınlaşmasını önlemek için suyun devreden zorunlu olarak drene edilmesidir (EK VI). Blöfleme ve buharlaşmadan kaynaklanan kaybı telafi etmek için su eklenir ve buna da takviye adı verilir. Genel olarak, açık çevrimli bir sistem tarafından kullanılan takviye su akımı aynı soğutma kapasitesine sahip bir once-through sistem debisinin yaklaşık %1-3'ü arasındadır. Enerji sektörü için bu oran %1-5 aralığında olabilir. Bu yaklaşık olarak “%0,25 x soğutma aralığı” miktarında bir gereksinime tekabül eder ki, bu da devri daim eden su akımının yüzdesi cinsinden ifade edilen takviye su miktarıdır. Blöfleme genellikle soğutulan her 1000 MWth için 0,15-0,80 m³/s aralığındadır. (Su – yarı süresi bir saatle dört gün arasında değişir.) Bu sistem tüm yıl boyunca yeterli miktarda kullanılabilir su bulunmasını gerektirir ve genel olarak soğutma suyu arıtımı zorunludur.

Soğutma kapasitesi

Açık çevrimli sistemler esas olarak 1-100 MWth aralığında ısı kapasitesine sahip endüstriyel uygulamalar için kullanılmakla birlikte çok daha büyük kapasiteli enerji santrallerinde de uygulanmaktadır. Bu sistemler çoğunlukla suyun yetersiz olduğu iç kısımlarda veya alıcı ortamdaki yüzey suyunun sıcaklık gradyanının daha fazla kabul edilebilir olmadığı bölgelerde uygulanır [tm005, Van Donk and Jenner, 1996]. Islak soğutma kuleleri artık ısının yaklaşık %80 kadarını gizil ısı (su buharı) olarak, yaklaşık %20'sini de hissedilir ısı olarak atmosfere transfer eder. [tm132, Eurelectric, 1998]. 4K ölçüsündeki yaklaşma miktarına teknik ve ekonomik olarak 15 ila 30°C aralığında erişilebilmektedir. Yaklaşma miktarları ve minimum nihai sıcaklıklar tesis sahasındaki iklim koşullarına bağlıdır.

Çevresel özellikler

Çevrimli sistemlerin çevresel durumu özellikle soğutma kulesi tipine ve bu kulenin işletim tarzına bağlıdır. Bunlar:

- Soğutma suyu katkı maddeleri ve bunların blöfleme vasıtasıyla yüzey suyuna gerçekleşen emisyonları,
- Pompalar ve fanlar için enerji kullanımı,
- Havaya gerçekleşen emisyonlar,
- Duman oluşumu, yoğunlaşması ve buz oluşumu,
- Gürültü,
- Soğutma kulesi dolgusunun değiştirilmesinden kaynaklanan atık ve
- insan sağlığı üzerindeki etkiler.

Uygulama

Çevrimli sistemler geniş bir proses yelpazesinde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin bir özelliği deşarj edilen atık ısıyı yüzey suyundan havaya yönlendirerek alıcı yüzey suyu ortamına yönelik ısı yükünü azaltılmasını sağlamasıdır. Bir başka özelliği ise soğutma için kullanılan su miktarını düşürmesidir. Bu nedenle başvuru yaygın bir uygulama önce - through soğutma sistemlerinin bir veya daha fazla soğutma kulesi uygulaması eklenerek açık buharlaştırmalı soğutma sistemlerine dönüştürülmesidir.

Açık çevrimli konfigürasyonlar:

- Açık ıslak soğutma kuleleri
- Açık hibrid veya ıslak / kuru soğutma kuleleri

2.4.1 Doğal çekişli ıslak soğutma kuleleri

İnşaat

Bugünlerde uygulanmakta olan büyük kuleler kabuk tip olup betonarme olarak inşa edilmektedir. Tesis binaları çoğunlukla termodinamik / statik yönlerden avantajları bulunan hiperbolik – dönüşlü (rotasyonel) kabuk yapılarıdır. Yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen işletme maliyetleri görece çok düşüktür. Doğal çekişli ıslak soğutma kuleleri genellikle büyük elektrik santrallerinde ve büyük endüstri tesislerinde yaygın kullanıma sahiptir.

Su Dağıtım Sistemi

Eşanjörden dönen su kuleye bir su dağıtım sistemi yoluyla getirilir. Bu sistem ince damlalar veya ince bir su tabakası oluşturur. Suyun tek biçimli dağılımı ısı transferini daha verimli hale getirir. Eğer ihtiyaç duyulursa soğutma kapasitesini azaltmak için su dağıtım sisteminin kısmi çalışmasını sağlayan seçenekler uygulanır. Ayrıca sistemde soğutma suyunun ön ısınmadan geçirilmesine dayalı kış işletim modları da mevcuttur.

Soğutma Kulesi Dolgusu

Isının sudan havaya transferi için bir temas yüzeyi yaratan dolgu kısmı her açık ıslak soğutma kulesinin önemli bir parçasını teşkil etmektedir. Burada film dolgu veya püskürtme dolgu kullanılabilir. Film dolgu genellikle suyun kule içinden geçerek çok ince bir film üzerine dökülmesini sağlayan kapalı bir şekilde paketlenmiş oluklu dikey tabakalar veya organik malzeme tabakalarından meydana gelir. Bu dolgu çok verimlidir ve çoğu uygulamada kullanılabilir. Bazı tipler tortulaşmaya elverişli olduklarından belli düzeyde bir su kalitesine gerek duyarlar.

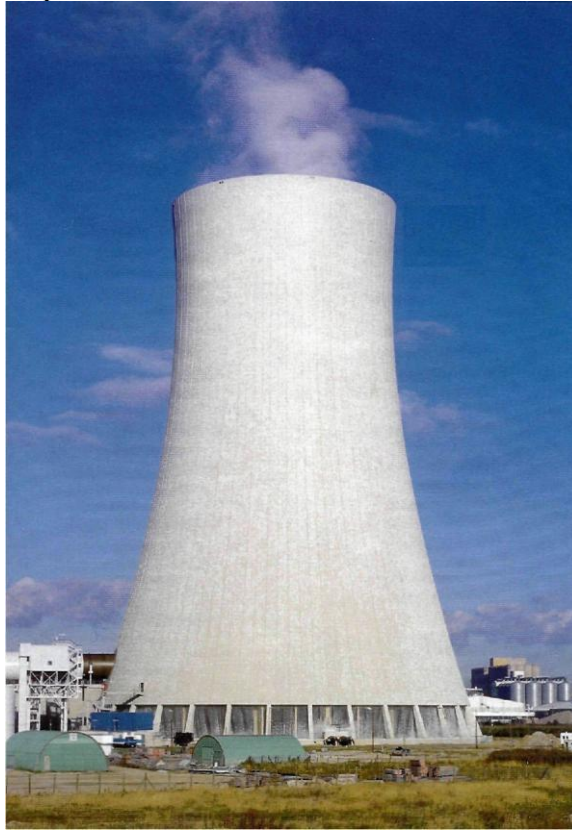
Püskürtme tip dolguya farklı konfigürasyonlarda rastlanabilir. Bu dolgu çeşitli malzemeler (örneğin ahşap) kullanılarak yapılabilir. Püskürtme dolgu film dolguya nazaran çok daha az verimli olmakla birlikte suyun yüksek derecede kirli olduğu veya su kalitesinin zayıf olduğu yerlerde tercih edilebilir. Bu tür yerlerde suyun yüzeyde neden olacağı kirlilik film dolguda bazı sorunlar çıkarabilecektir. Süspansiyon madde içeriği yüksek olduğunda ayrıca elyaf takviyeli çimento tabakaları da kullanılır.

Damla Tutucular

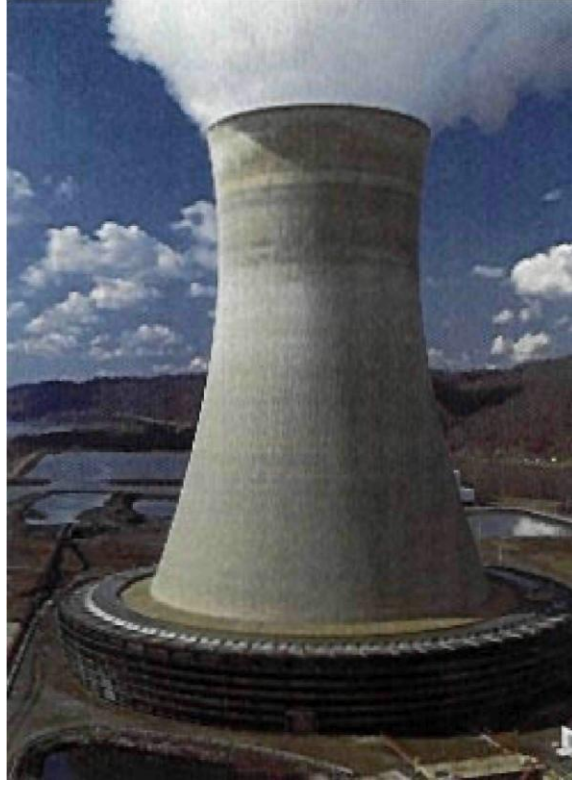
Su damlalarının rüzgâra kapılarak su kaybına neden olmasının önüne geçmek için su dağıtıcılarının üzerine damla tutucular yerleştirilir. Bugünlerde damla tutucular plastik veya elyaf takviyeli çimento gibi farklı malzemelerden üretilmekte ve minimum basınç kaybına neden olacak şekilde tasarlanmaktadır.

Doğal çekişli ıslak soğutma kulelerinin özellikleri

- Hava akımı hava yoğunluk farklarının ve baca yapısı olarak inşa edilen kule şeklinin bir sonucu olarak ortaya çıkar;
- Kule oldukça yüksektir (80-200 m.); [yerleşime, havacılığa, elektronik iletişime ve bulutlara engel teşkil edecek bir inşaat yüksekliği];
- Daha düşük yüksekliklere imkân veren fan destekli kuleler haricinde enerji gereksinimi yoktur;
- Karşı akımlı ve dahili dolgulu olarak veya çapraz akımlı ve harici dolgulu olarak tasarlanabilir (bkz. Şekil 2.5 ve Şekil 2.6);
- Sistem baz yük işletimi gerektirir; yani kulenin yılın %60'sından fazlasında işletimde kalması gerekir;
- Sistem genellikle 200 MWth üzerindeki bir reddedilen ısı kapasitesine uygulanır; yani elektrik santralleri veya büyük kimya tesisleri gibi büyük tesislerde kullanılır;
- Sistem soğutma kulesini çevresel gerekçelerle ihtiyaç duyulan duman gazının yeniden ısıtılmasını engelleyen bir baca gibi kullanarak kükürtsüzleştirilmiş duman gazı deşarjı seçeneğine sahiptir;



Şekil 2.5: Doğal çekişli ıslak soğutma kulesi karşı akımı [tm103, BDAG, 1996]



Şekil 2.6: Doğal çekişli ıslak soğutma kulesi çapraz akımı [tm010, Betz, 1991]

2.4.2 Mekanik çekişli ıslak soğutma kuleleri

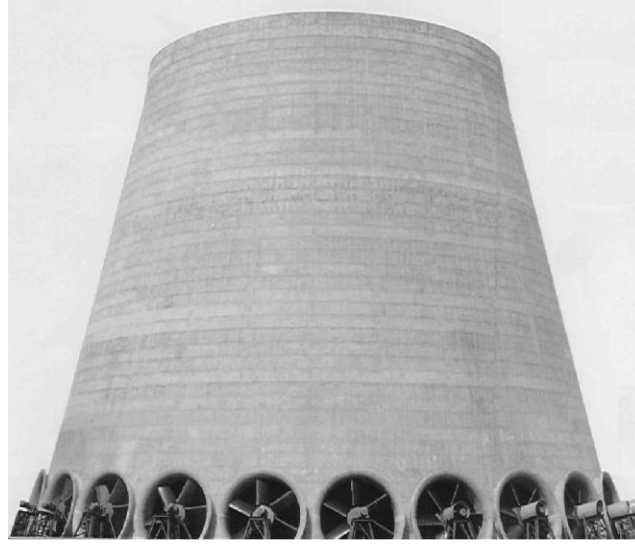
İnşaat

Mekanik çekişli soğutma kuleleri farklı yapı tiplerinde uygulanır. Bu soğutma kulelerinin inşasında kulenin büyüklüğü ve tipine ve tesis sahası, hizmet ömrü ve sermaye harcaması gereklerine bağlı olarak çok çeşitli inşaat malzemeleri kullanılır. Büyük tesisler betonarme olarak inşa edilebilirler. Küçük tesisler içinse farklı alternatifler düşünülebilir; ancak bunlar arasında en yaygınları sentetik malzemeler, çelik tabakalar, kaplanmış çelik konstrüksiyonlar veya yerinde veya hazır beton yapılarıdır. Göreli olarak daha küçük kuleler için (5 MW_{th}) halen daha ahşap malzeme kullanılmaktadır; kereste daha ucuzdur, yılın her döneminde inşa edilebilir ve inşaat süresi betonarme yapılardan daha kısadır.

Kule inşasında tercih edilebilecek bir başka yöntem aynı betonarme yapı içinde birbirine paralel birkaç kuleden oluşan modüler bir sistemdir. Bu şekilde sistem ortam koşullarına ve ısı miktarına bağlı olarak çalışacak eleman sayısı belirlenerek çok daha ekonomik bir şekilde işletilebilir.

İnşaat malzemeleri ve tipi ile tasarım soğutma kulesinin çevresel performansını etkiler. Literatürde bu kulelerin kullanımı ve uygulamasını tanımlamak üzere kulelerin şekli, boyutu cinsine atfen bir dizi isim kullanılmaktadır. Bunlara örnekler hem cebri hem tahrik çekişli tasarımlara sahip çembersel soğutma kulesi ile hücre tipi soğutma kuleleridir.

Su dağıtımı, dolgu ve damla tutuşu için kullanılan ekipmanın tasarımı doğal çekişli ıslak soğutma kulesinden farklı olabilir; ancak temel çalışma prensibi aynıdır.



Şekil 2.7: Fan destekli doğal çekişli soğutma kulesi [tm103, BDAG, 1996]

Fanlar

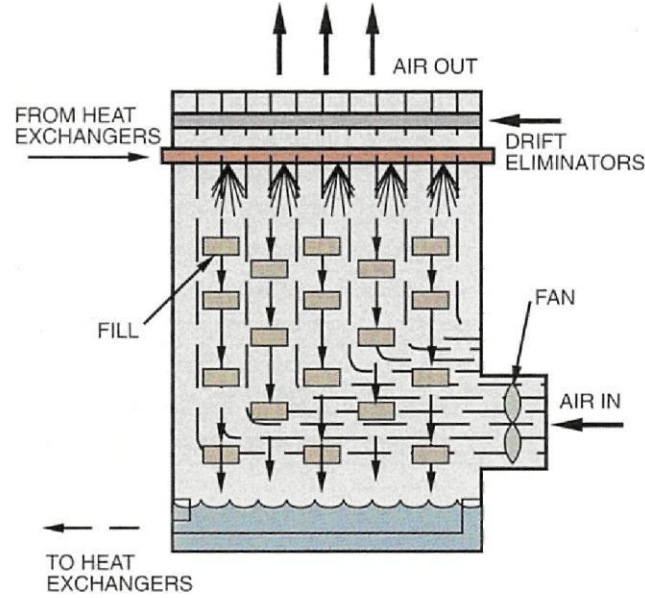
Mekanik soğutma kuleleri hava akımı yaratmak için fan kullanırlar ve bu nedenle büyük ölçekli doğal çekişli kulelere nazaran çok daha küçük olabilirler. Mekanik soğutma kulelerinde çok farklı fan tipleri kullanılabilir (kuru, ıslak veya hibrid). Kule gereksinimlerine bağlı olarak fanlar fan çapı, bıçak boyutu ve konumu (yıldız veya mihver tip) bakımından çeşitlilik gösterir. Bunun yanında tek hızlı veya çok hızlı çalışma prensipleri esnek çalışmayı mümkün kılar. Fan tipi ve sürücüsünün seçimi soğutma kulesinin enerji talebi ve ses emisyon seviyesini etkileyecektir. Hava akımının oluşturulma tarzına bağlı olarak cebri ve tahrikli tip kuleler arasında bir ayrım yapılır.

Fan destekli kule yerel koşulların daha düşük bir kule inşasını gerektirdiği yerlerde başvurulmuş özel bir tasarımdır.

2.4.2.1 Cebri çekişli ıslak soğutma kuleleri

Cebri çekişli soğutma kulesinin özellikleri:

- Soğutma kulesi tabanındaki fanlar havayı kuleye doğru iter;
- Isıl performans kademeli olarak veya modülasyonlu vasıtasıyla ayarlanabilir;
- Tekli ve çoklu fan tasarımları uygulanır;
- Soğutma kulesi daha küçüktür ve doğal çekişli kulelere nazaran daha az yer kaplar;
- Kule çevreye uyandırılabilir (çatı kurulumu);
- Doğrudan enerji sarfının düşük olacağı kabul edilir;
- Genellikle karşı akım prensibine göre tasarlanır;
- Pik yük ve yüksek ısı reddi için veya baz yükten orta yük işletme standardına kadar çok çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanabilir;
- 100 kW.h'den daha azdan yaklaşık 100 MW.h'den daha yükseğe kadar çok geniş bir reddedilen ısı kapasitesi aralığına uygulanabilir;
- Sermaye harcaması doğal çekişli kulelere nazaran daha düşüktür;
- Mekanik çekişli soğutma kuleleri kullanılırken gürültü, duman ve bakteri emisyonu ile ilgili düzenlemelere riayet edilmelidir.



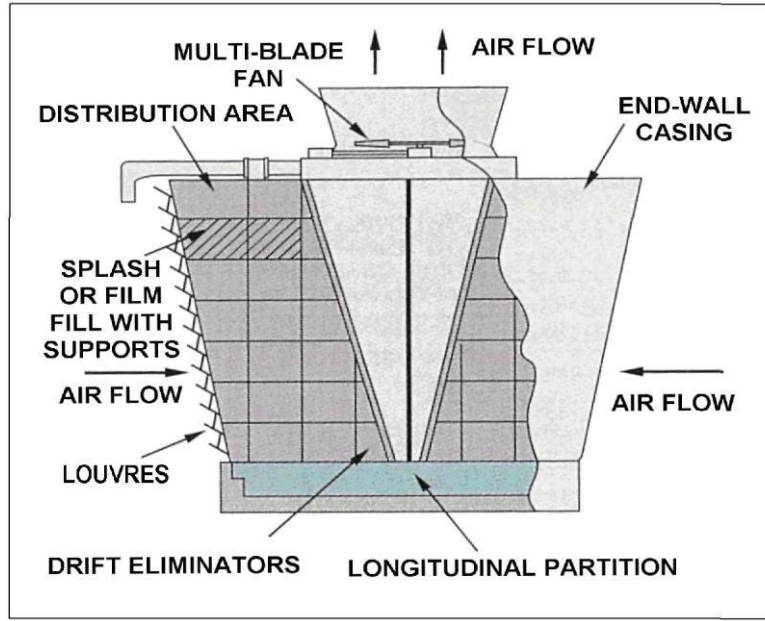
(Air out = Çıkan hava; Drift eliminators = Damla Tutucular; Fan = Fan; Air in = Giren Hava; To heat exchangers = Eşanjörlere; Fill = Dolgu; From heat exchangers = Eşanjörlerden)

Şekil 2.8: Karşı akım tasarımı bir cebri çekişli kulenin şematik gösterimi [tm010, Betz, 1991]

2.4.2.2 Tahrikli çekişli ıslak soğutma kuleleri

Tahrikli çekişli soğutma kulesinin özellikleri:

- Kulenin üstüne yerleştirilen fanlar havayı kuleye doğru çeker;
- Isıl performans limitler dahilinde kontrol edilebilir,
- Göreli olarak daha basit bir inşaat tercih edilir (prefabrik elemanlar, hazır ürün),
- Soğutma kulesi daha küçüktür ve doğal çekişli kulelere nazaran daha az yer kaplar;
- Soğutma kapasitesi birkaç kısımla birlikte çalıştırılarak artırılabilir
- Kule çevreye uyartılabilir (çatı kurulumu);
- Doğrudan enerji sarfının düşük olacağı kabul edilir;
- Karşı veya çapraz akım prensibine göre tasarlanır,
- Pik yük ve yüksek ısı reddi için veya baz yükten orta yük işletme standardına kadar çok çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanabilir:
- 100 kW.h'den daha azdan yaklaşık 100 MW.h'den daha yükseğe kadar çok geniş bir reddedilen ısı kapasitesi aralığına uygulanabilir;
- Sermaye harcaması doğal çekişli kulelere nazaran daha düşüktür;
- Mekanik çekişli soğutma kuleleri kullanılırken gürültü, duman ve bakteri emisyonu ile ilgili düzenlemelere riayet edilmelidir.



(Air flow = Hava Akımı; End-wall casing = Dış Duvar; Air flow = Hava Akımı; Longitudinal partition = Uzunlamasına Bölümleme; Drift eliminators = Damla Tutucular; Louvres = Panjurlar; Air flow = Hava Akımı; Splash or film with supports = Destekli Püskürtme veya Film Dolgu; Distribution area = Dağıtım Alanı; Multi-blade fan = Çok Kanatlı Fan)

Şekil 2.9: Hücre tipi tahrikli çekişli bir soğutma kulesi çapraz akım tasarımının şematik gösterimi [tm010, Betz, 1991]

2.5 Kapalı devre soğutma sistemleri

2.5.1 Hava soğutmalı soğutma sistemleri

Hava soğutmalı soğutma sistemlerinde (veya kuru soğutma sistemleri) madde (akışkan, buhar) bir hava akımınca soğutulan borular, tüpler veya kanallar arasında devri daim ettirilir. Kuru hava soğutma sisteminin genel olarak aşağıdaki uygulamaları bulunmaktadır:

- Yalnızca uygun eşanjör malzemesinin uygulanmasını gerektiren, neredeyse hemen her tür kimyasal bileşimin soğutulması;
- Soğutma kulesi takviye suyunun mevcut olmadığı veya yalnızca çok kısa süreler temin edilebildiği durumlarda ve
- Duman oluşumunun kabul edilmediği durumlarda.

Teknik açıklama

Uygulamaya bağlı olarak, kapalı devre kuru hava soğutma sistemleri bir kondansatöre ait (kanatlı) tüp elemanlar, kanallar veya borular, fanlar ve bir adet taşıyıcı çelik konstrüksiyon veya kuleden oluşur. Proses aracının kendisi veya bir soğutucu (dolaylı sistem) tüpler arasında devri daim ettirilir. Doğal yollarla veya fanlar vasıtasıyla bir hava akımı oluşturulur, bu hava akımı tüpleri geçer ve böylece Kondüksiyon (iletim) veya konveksiyon (dağıtım) yoluyla proses aracı soğutulur. Hemen tüm uygulamalarda hava akımları eşanjörden çaprazlama geçer. Proses aracı eşanjörü “tek-geçimlik” veya “çok geçimlik” bir konfigürasyona göre geçer. Proses aracı akışkan bir maddedir ve soğutma sistemi hava soğutmalı akışkan soğutucu olarak adlandırılır. Eğer sıvıyı yoğunlaştırmak için bir buhar (gaz veya dondurucu) doğrudan soğutulursa soğutma sistemi hava soğutmalı kondansatör olarak adlandırılır. Uygulama mekanik veya doğal çekişli tasarımda gerçekleştirilebilir.

İnşaatta çok çeşitli korozyon dayanımlı malzeme kullanılır. inşaat seçeneklerinin sayısı hayli fazladır. Hava soğutma sistemlerine küçük çatı tipi kurulumlar yanında büyük ölçekli bağımsız birimler olarak da rastlanabilir. Uygulamalar tesisin mekânsal zorunluluklarını karşılamak için yatay, çatı tipi dikdörtgen, dikey veya V-tipi olarak gerçekleştirilebilir.

Soğutma kapasitesi

Uygulamada hava soğutmalı sistem çok zaman yüksek sıcaklık derecesindeki ($>80^{\circ}\text{C}$) proses akımlarını su soğutma sistemine uygun seviyeye kadar soğutmak için kullanılır. Eşanjörün sürüş kuvveti soğutma havası ile proses akımı arasındaki sıcaklık farkından sağlanır. Soğutma havasının maksimum nominal sıcaklığı pratikte bir yıl içinde yalnızca birkaç saatliğine aşılabılır. Nominal sıcaklık kuru hazne sıcaklığına bağlıdır ve iklim koşulları çok önemli rol oynamaktadır.

Havanın ısı taşıma kapasitesi ($1,0 \text{ kJ/kg.K}$) ve kondüksiyon (iletim) ve konveksiyon (dağıtma) katsayısı düşük olduğundan çok miktarda havaya ve su soğutma sistemlerine göre çok daha büyük ısı dönüşüm yüzeyine ihtiyaç duyulur. Bu nedenle ısı dönüşüm yüzeyini daha etkin kullanmak için kanatçıklar çoğu zaman boru yüzeyine monte edilir. Ekonomik beklentilere bağlı olarak, hava soğutucu sistemlerin tasarımında en az $10-15^{\circ}\text{C}$ kadar bir yaklaşma hedeflenir. Daha yüksek ortam hava sıcaklıklarının bulunduğu yerlerde yaklaşma miktarları ve nihai sıcaklıklar Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de belirtilen değerleri aşıya da bu yaklaşım genellikle daha yüksek nihai sıcaklıklarla (minimum $40-45^{\circ}\text{C}$) sonuçlanır. Dolaylı konfigürasyonlar söz konusu olduğunda yaklaşma ($13-20^{\circ}\text{C}$) ve erişilebilir nihai sıcaklıklar da ($50-60^{\circ}\text{C}$) buna göre artış göstermektedir.

Çevresel özellikler

Bu sistemlerin belli başlı çevresel etkileri fanların çalıştırılmasından kaynaklanan gürültü ve enerji tüketimidir. Dolaylı bir tasarım içinde ikincil soğutucu olarak kullanılmadıkça sistemde su kullanılmaz. Ancak bu şekilde kullanılan su da kapalı olduğundan ya çok az bakım gerektirir ya da hiç gerektirmez.

(Kanatlı) tüplerin dış kısmının temizlenmesi zorunludur ve buralarda biriken havadan kaynaklanan çökeltiler ve küçük böcekler bazen sorunlara neden olabilmektedir.

Uygulama

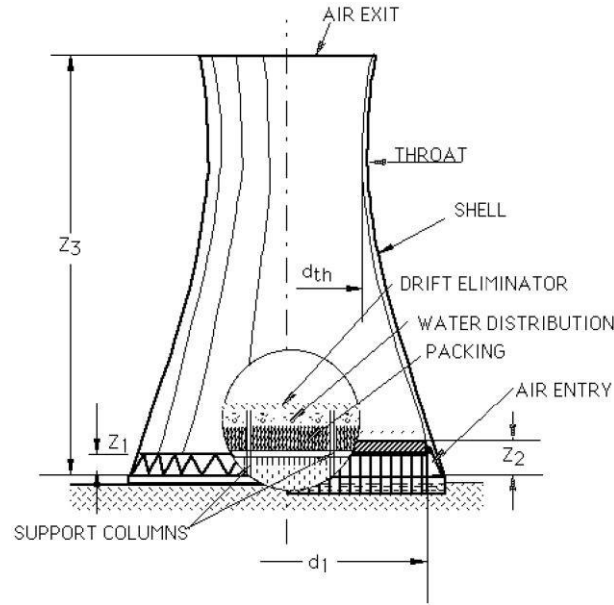
Kuru hava soğutmalı eşanjörler küçük ve büyük çaplı çok çeşitli endüstri kollarında uygulanır. Kimya ve petro-kimya endüstrilerinde ürün soğutma, elektrik santrallerinde vakum yoğunlaştırma ve egzoz gazı soğutması için kullanılır.

Kuru hava soğutmalı sistemler aynı soğutma kapasitesine sahip ıslak soğutma sistemlerinden daha fazla yüzey alanına ihtiyaç duyarlar ve genel olarak daha pahalı oldukları kabul edilmektedir. Bu nedenle kuru hava soğutmalı sistemler enerji sektöründe ıslak soğutma sistemlerinin işletimi için yeterli su kaynağının bulunmadığı özel durumlarda düşünülür.

2.5.1.1 Doğal çekişli kuru soğutma kulesi

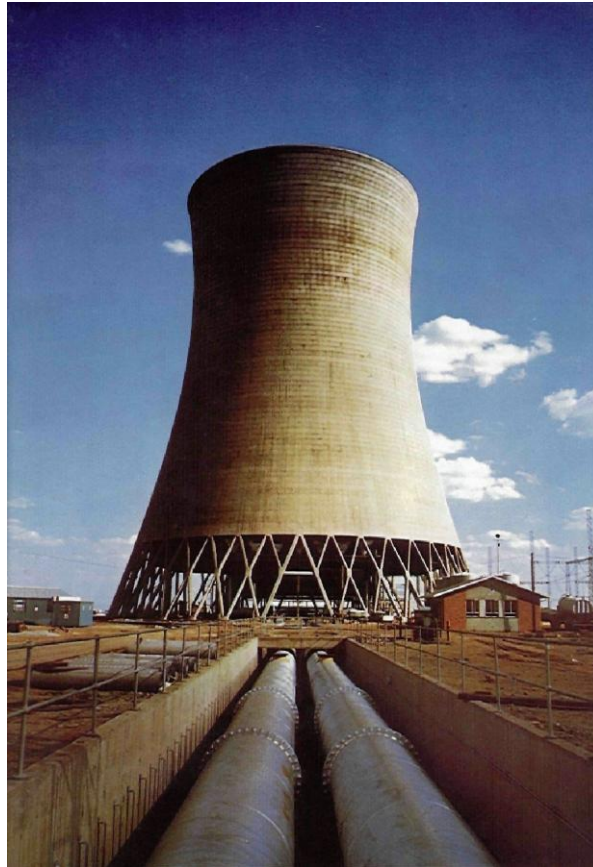
Doğal çekişli bir kuru soğutma kulesinin özellikleri:

- Baz yük işletimi; yani yılın %60’ından daha fazla kısmında işler haldedir,
- Isı reddi (rejeksiyonu) 200 MWth ’den fazladır; yani elektrik santralleri, büyük kimya tesisleri vb. gibi tesislerde uygulanır,
- Kesinlikle sessiz çalışmanın gerektiği durumlarda,
- Soğutma kulesi takviye suyunun bulunmadığı veya yalnızca çok kısa sürelerle temin edilebildiği durumlarda uygulama.



(Air exit = Hava Çıkışı; Throat = Boğaz; Shell = Dış duvar; Drift eliminator = Damla Tutucu; Water distribution = Su Dağıtımı; Packing = Dolgu; Air entry = Hava Girişi; Support Columns = Destek Kolonları)

Şekil 2.10: Kuru doğal çekimli bir soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi [Eurovent, 2000]

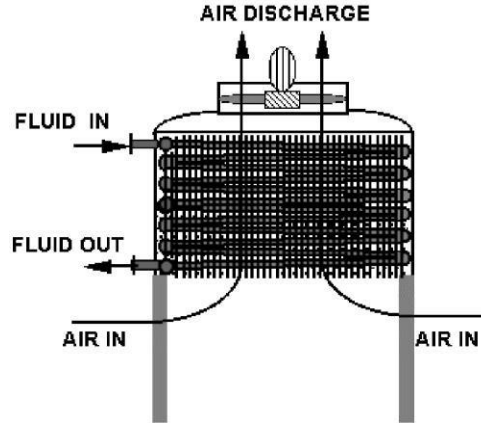


Şekil 2.11: Bir enerji santrali uygulaması için doğal çekimli bir kuru soğutma kulesi örneği [VGB, 2000]

2.5.1.2 Hava soğutmalı likit soğutma sistemleri

Hava soğutmalı bir likit soğutma kulesinin özellikleri:

- Isıl performansın fan kontrolü vasıtasıyla ayarlanabilmesi;
- Kapalı devre zorunluluğu;
- Hem cebri hem de tahrikli çekiş sisteminin uygulanabilir olması;
- Dahili güç sarfının ıslak soğutma kulelerinden daha yüksek olduğu varsayılır;
- Düşük ısı rejeksiyonu; yani 100 MWth'den daha az;
- Soğutma aracının sıcaklığındaki (kuru hazne) hava sıcaklığına doğrusal olarak meydana gelen değişiklik soğutulacak proses için kabul edilebilir ölçüde olmalıdır;
- işletme maliyetlerin hemen tümü enerji sarfından kaynaklanır;
- Çevresel etkileri gürültü ve enerji sarfıdır.



(Saat Yönünde: Hava Deşarjı; Giren Hava, Giren Hava; Çıkan Akışkan; Giren Akışkan)

Şekil 2.12: Kuru hava soğutmalı bir soğutma sistemi ilkesinin şematik gösterimi [Courtesy of Eurovent, 2000]



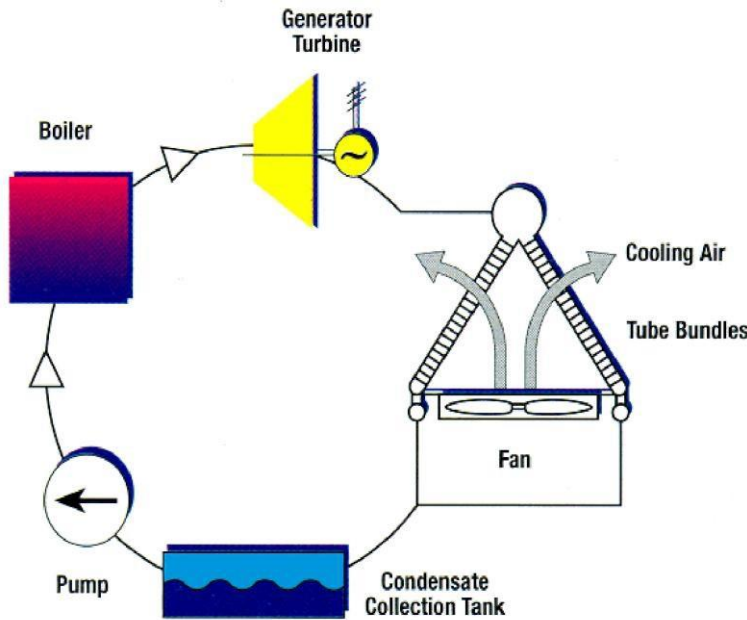
Şekil 2.13: Bir kimyasal proseste yer alan bir kuru hava soğutmalı likit soğutucu örneği [Pers. archive]

2.5.1.3 Hava soğutmalı buhar kondansatörleri

Hava soğutmalı kondansatörler (Bkz. EK XII) buharın yoğuşturulması amacıyla enerji sektörü ve kimya tesislerinde yaygın olarak uygulanır. Hava kondansatör elemanlarının altındaki fanlar vasıtasıyla içeri çekilir ve itilir. Geçen hava kondansatör tüp demetlerine giren buharı soğutur (Bkz. Şekil 2.14). Dolaylı bir sistemde kondansatör daha sonra doğal çekişli soğutma kulesince soğutulan soğutma suyu akıntısı tarafından soğutulur.

Hava soğutmalı buhar kondansatörlerinin özellikleri:

- Küçük ve büyük tesisler için ısı rejeksiyonu,
- Soğutma suyuna ihtiyaç yoktur,
- Doğrudan enerji sarfı maliyetinin ıslak kondansatörlere veya ıslak soğutma kulelerine nazaran daha yüksek olacağı kabul edilir,
- Göreli olarak düşük bir toplam yükseklik gerektirir,
- Kısa egzoz buhar borularının kullanılması mümkündür,
- Buhar jeneratörünün hemen yanında büyük alan gereksinimi,
- Değişken fan hızı çalışmasını gerektiren büyük yük ve sıcaklık değişim aralıklarına adaptasyon,
- Çevresel etkileri özellikle gürültü ve enerji sarfıdır.



(Generator turbine = Jeneratör türbini; Cooling air = Soğutma havası; Tube bundles = Tüp demetleri; Fan = Fan; Condensate Collection Tank = Yoğuşma Birikme tankı; Pump = Pompa; Boiler = Kazan)

Şekil 2.14: Bir doğrudan hava soğutmalı kondansatör ilkesinin şematik gösterimi [Balcke Dürr, 2000]



Şekil 2.15: Türbin eksoz buharının yoğunlaştırılması için kullanılan bir hava soğutmalı kondansatör örneği [tm111, BDAG, 1996]

2.5.2 Kapalı devre ıslak soğutma sistemleri

Kapalı devre soğutma sistemlerinde soğutulacak ortam bir kapalı devre içinde çevreyle temas etmeden devri daim ettirilir. Ortam bir boru içinde (birincil devre) yönlendirilir. Borular dışarıdan ıslatılır (ikincil veya spreyc devre). Isı ortamdan alınarak spreyc suyuna aktarılır (hissedilir ısı transferi). Küçük bir miktar suyun buharlaşması buharlaştırmalı soğutmaya sağlar ve ısı sudan havaya transfer edilir. Ayrıca tüpten havaya gerçekleşen bir ek hissedilir ısı transferi söz konusudur. Uygulamada buharlaştırmalı soğutmada hissedilir ve gizli ısı transferi her zaman bir aradadır. Islatma suyu ekipmanda hasara mahal vermemek için arıtılır. Buharlaşma kayıpları, damla ve rüzgârlanma yoğunlaşmaya yol açar; bu yüzden bir miktar çamurlaşma önleyiciye (blöf suyu) ihtiyaç duyulur ve sisteme takviye su ilave edilmelidir.

Soğutma kapasitesi

Sistemin ısı transfer kapasitesi borunun düşük ısı transfer kapasitesi nedeniyle açık sistemlerden daha düşüktür. Birimlerin bir araya getirilmesi ile 150-400 kW_h'dan 2,5 MW_h'ya kadar büyük kapasitelere erişilebilir. 4 K büyüklüğündeki yaklaşma miktarları genel olarak erişilebilir hedeflerdir. Sistemin avantajı bazı durumlarda dahili eşanjörlere olan ihtiyacı ortadan kaldıran, kirlenmez, kapalı bir birincil soğutma döngüsüdür (tüm kapalı soğutma sistemleri için geçerli olduğu gibi). Kaynaklar bağlamında düşünüldüğünde spreyc suyu döngüsünün enerji ihtiyacı dikkate alınmalıdır. Kapalı devre soğutma ile tesis sahasının iklim koşullarına bağlı olarak 25-30°C arasında nihai sıcaklıklara erişmek mümkündür [tm139, Eurovent, 1998].

Eşanjör yüzeylerindeki su tabakası sıcaklıkları tipik olarak 40 ila 50°C aralığındaki ortam suyu sıcaklığından 5°C kadar daha sıcak olabilmektedir. Bununla birlikte uygulamada 70-80 °C'ye kadar sıcaklıklarla da karşılaşılabilir.

Çevresel özellikler

Eğer kapalı devre soğutma sistemleri ikincil soğutma aracı olarak su kullanıyorsa bu su genel olarak demineralize edilmiş alkaliye su veya içme suyu olmalıdır. Bu sistemlerdeki bekleme süresi altı aya kadar çıkabilmektedir. Takviye suya yalnızca pompa paketlerinde sızıntı veya buharlaşma meydana geldiğinde veya sistemdeki su sistem onarımı için çekildiğinde ihtiyaç duyulur. Yalnızca küçük bir miktar takviye suya ihtiyaç duyulduğundan kullanılacak su genelde yüksek kaliteli seçilir ve bunun sonucunda herhangi bir kabuklaşma ve çökelti sorunu söz konusu değildir. Tüpler ve kangalların dış tarafında kullanılan su kabuklaşma sorununa yol açabilir ve bu durumda temizlemeye (arıtma) ihtiyaç duyulabilir. [tm010, Betz, 1991]. Teknik konseptte, işletme tipine ve iklim koşullarına bağlı olarak duman oluşumu meydana gelebilir. Ortam sıcaklıkları düşük olduğunda kule kuru soğutma kulesi olarak kullanılabileceğinden sudan tasarruf edilebilir. Buna karşılık fan gürültüsü önemli bir çevresel sorun olarak ortaya çıkabilir.

Uygulama

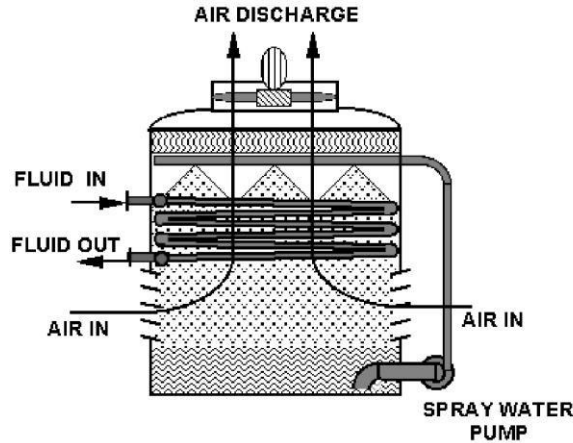
Kapalı devre soğutma sistemleri birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu sistemler gaz motorları ve kompresörlerinin soğutulmasında son derece uygun olup güvenilir bir endüstriyel proses sıcaklık kontrol metodu sunabilmektedirler[tm010, Betz, 1991]. Hem küçük hem de büyük uygulamalara tatbik edilebilirler. Pratikte likit soğutucu uygulamaları (örneğin makine yağları, kompresörler için soğutma suyu), gaz soğutucular (örneğin dizel motorlar, proses gazı) ve hava soğutmalı kondansatörler (kombine çevrim tesisleri, buhar türbinleri) olarak kullanılmaktadırlar.

Tüpler veya kangaldaki proses aracı sıvılaştırma amacıyla soğutulacak bir buharsa (gaz veya soğutucu) bu soğutma sistemi aynı zamanda buharlaştırmalı kondansatör olarak da adlandırılır.

2.5.2.1 Mekanik çekişli ıslak kapalı devre soğutma sistemleri

Mekanik çekişli ıslak kapalı devre soğutma sistemlerinin özellikleri:

- Küçük ve büyük tesisler için ısı rejeksiyonu,
- Düşük soğutma sıcaklıklarına erişilebilir,
- Hava soğutmalı ekipmanlara göre daha kompakt (toplu) tasarım,
- Düşük enerji gereksinimi
- Su şebekesine ve sprey suyu devresine ihtiyaç duyar
- Duman azaltma, hava tahliye duman azaltma bobinleri ve/veya kuru işletme ile kışın mümkündür.
- Çevresel konular, özellikle su arıtımı ve atıksu bertarafı.



(Air discharge = Hava deşarjı; Air in = Giren hava; Spray water pump = Sprey su pompası; Air in = Giren hava; Fluid out = Çıkan akışkan; Fluid in = Giren akışkan)

Şekil 2.16: Tahrikli çekişli bir kapalı çevrimli ıslak soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi [Eurovent, 2000]

2.5.2.2 Buharlaştırmalı (evaporatif) buhar kondansatörleri

Evaporatif buhar kondansatörlerinin özellikleri:

- Orta ve büyük tesisler için ısı rejeksiyonu,
- Hava soğutmalı buhar kondansatörlerine nazaran daha düşük yoğuşma sıcaklıkları,
- Düşük enerji gereksinimi
- Genel olarak hava soğutmalı buhar kondansatörlerinden daha yüksek ancak alan olarak daha küçük,
- Çevresel olarak değerlendirildiğinde su arıtımına ve akışkan imhasına ihtiyaç duyması.

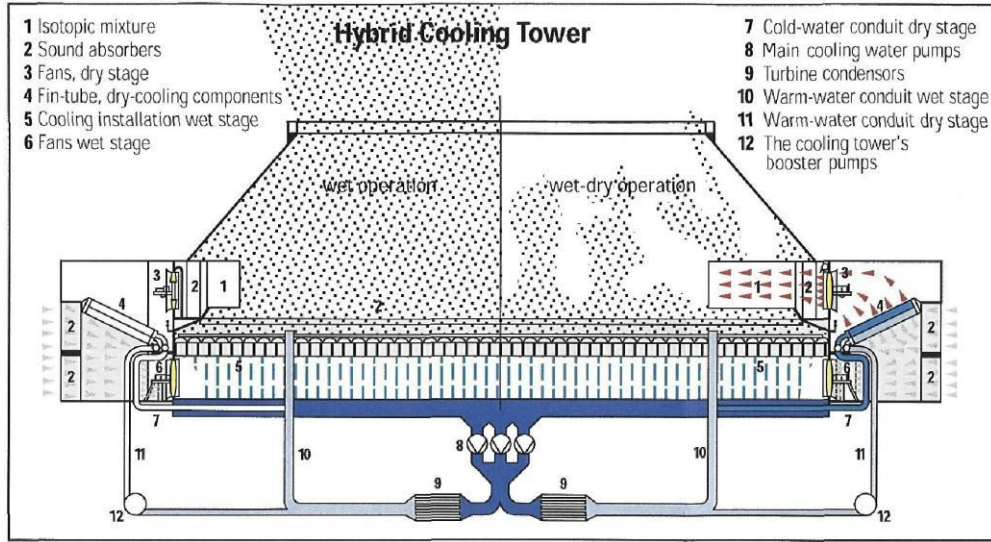
2.6 Kombine ıslak / kuru soğutma sistemleri

2.6.1 Açık ıslak / kuru (hibrid) soğutma kuleleri

Teknik açıklama

Açık ıslak / kuru soğutma kulesi veya hibrid soğutma kulesi soğutma suyu kullanımı ve duman oluşumu sorununu ortadan kaldırmak için geliştirilmiş özel bir tasarımıdır. Sistem —ıslakl ve —kurul soğutma kulesinin veya bir başka deyişle buharlaştırmalı ve buharlaştırmaz proseslerin bir kombinasyonudur. Hibrid soğutma kulesi ortam sıcaklığına bağlı olarak tümüyle ıslak soğutma kulesi olarak işletilebileceği gibi kombine bir ıslak / kuru soğutma kulesi olarak da işletilebilir. Isınan soğutma suyu ilk önce soğutma kulesinin kuru kesiminden geçer ve burada ısı yükünün bir kısmı çoğu zaman bir fan vasıtasıyla tahrik edilen hava akımıyla ortadan kaldırılır. Kuru kesimden geçen su daha sonra kulenin açık çevrimli kule sistemine benzer şekilde çalışan ıslak kısmında soğutulur. Kuru kısımda ısınan hava kulenin üst kısmında ıslak kısımdan gelen buharla karıştırılarak hava akımı kuleyi terk etmezden evvel bağıl nem oranı aşağı çekilir ve böylece kule üzerindeki duman oluşumu neredeyse tümüyle azaltılmış olur.

Bir hibrid soğutma kulesi veriminin optimize edilmesi duman emisyonu kontrol gereklerini karşılayacak kuru ısı transferi miktarının optimize edilmesi anlamına gelmektedir. Aynı zamanda soğutmanın en önemli kısmı olarak soğuk kısım da kullanılmaktadır.



(1: Isotopic mixture = 1: İzotopik karışım; 2: Sound absorbers = Ses massediciler; ^: Fans, dry stage = Fanlar, kuru safha; 4: Fin-tube, dry-cooling components = Kanatlı tüp, kuru soğutma bileşenleri; 5: Cooling installation wet stage = Soğutma kurulumu ıslak safha; 6: Fans wet stage = Fanlar ıslak safha; 7: Cold water conduit dry stage = Soğuk su kanalı kuru safha; 8: Main cooling water pumps = Ana soğutma suyu pompaları; 9: Turbine condensers = Türbin kondansatörleri; 10: Warm water conduit wet stage = Sıcak su kanalı ıslak safha; 11: Warm water conduit dry stage = Sıcak su kanalı kuru safha; 12: The cooling tower's booster pumps = Soğutma kulesi destek pompaları)

Şekil 2.17: Hibrid soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi (enerji endüstrisinde uygulanan örnek) [Eurelectric, 1999]

Açık hibrid soğutma kulelerinin özellikleri:

- Tüm kapasitelerde baz yük ve kısmi yük işletimi
- Soğutma aracı olarak su kullanılması
- İşletim periyodunun büyük bir kısmında soğutma kulesi takviye suyuna ihtiyaç duyulması
- Isıl performansın ıslak soğutma kulelerindeki ile aynı olması
- Takviye su miktarında azalma
- Çevrenin korunmasına yönelik yasal düzenlemeler; yani genel yükseklikte azalma (fan desteği sayesinde) ve duman azaltımı
- Gürültü düzenlemelerine uygunluk için ses azaltma ekipmanına ihtiyaç duyulması.

Bir hibrid soğutma kulesini verimli bir şekilde işletmek için bir dizi cihaz kullanılır:

- Değişken hızlı fanlar,
- Hava giriş ağız açıklıkları için (panjurlar ve sürgülü pencereler gibi) kapatma cihazları
- Islak ve kuru kısımlara yönelik su akımları için vanalar
- By-pass sistemleri
- Yardımcı pompalar (özel yapılar için)
- Islak dumanın kuru dumanla karıştırılmasını sağlayan sistem

Hibrid Kule Yapısı

Hali hazırda yalnızca mekanik çekişli hibrid soğutma kuleleri mevcuttur. Hibrid soğutma kulesi her biri kendi hava girişine ve buna karşılık gelen fanlara sahip bir kuru ve bir de ıslak kısım içeren alışıldık açık ıslak kule tasarımından farklıdır. Hibrid soğutma kuleleri uygulamada paket soğutma kuleleri, cebri çekişli fanlarla teçhiz edilmiş büyük oval soğutma kuleleri veya tahrikli fanlarla teçhiz edilmiş hücre tipi soğutma kuleleri olarak karşımıza çıkar. Dolgu, su dağıtım sistemi, damla tutuşu ve ses yalıtımı her iki kule tasarımında ortak olan özelliklerdir.

Mekanik çekişli ıslak / kuru soğutma kuleleri ıslak ve kuru hava akımlarının birbirine karıştırılmasına yarayan dahili karıştırma sistemlerine uygundur. Bunlar ısı yüküne, su akımına, ortam havası ve duman koşullarına göre otomatik olarak kontrol edilebilirler.

Soğutma kapasitesi

Bu sistemler paket soğutma kuleleri, tahrikli veya cebri soğutma kuleleri ve –daha büyük ölçekte- < 1 MW_h ile 2500 MW_{th} arasında ısı rejeksiyon kapasitesine sahip hücre veya çevrimli tip soğutma kuleleri olarak inşa edilebilirler.

Çevresel özellikler

Bir hibrid soğutma kulesi ile konvansiyonel bir soğutma kulesi arasındaki en önemli fark ilkinin bir ıslak soğutma kulesine oranla %20'ye varan ölçüde daha az su kullanıyor olmasıdır (takviye suyu) [tm132, Eurelectric, 1998].

Nominal koşullarda hava akımı (ıslak ve kuru kısımlar) yaklaşık iki katı olduğundan mekanik çekişli bir hibrid soğutma kulesinin yıllık enerji sarfı mekanik çekişli ıslak soğutma kulesine nazaran 1,1 ile 1,5 kat arasında aşağı çekilebilir. Islak / kuru tasarımlı doğal çekişli soğutma kuleleri inceleme safhasındadır.

Uygulama

Bir hibrid soğutma kulesi inşasına karar verilirken tesis sahasına özgü gereklilikler (yükseklik sınırı ve duman emisyonunun azaltılması) dikkate alınmalıdır. Bu tür kulelerden özellikle Almanya ve İngiltere'de enerji sektöründe yararlanılmaktadır (kojenerasyon (ortak üretim) sistemlerinde). Sistemin kullanımı 25-55°C sıcaklık aralığı ile kısıtlıdır; çünkü 55°C üzerindeki sıcaklıklarda tüplerde kalsiyum karbonat çökeltisi meydana gelmesinin çok daha kolay olduğu gözlenmektedir. Ancak bunun anlamı 55°C altındaki sıcaklıklarda çökeltme gözlenmediği değildir ve bu hususa dikkat edilmesi her zaman gereklidir.

2.6.2 Kapalı devre hibrid soğutma sistemleri

Teknik açıklama

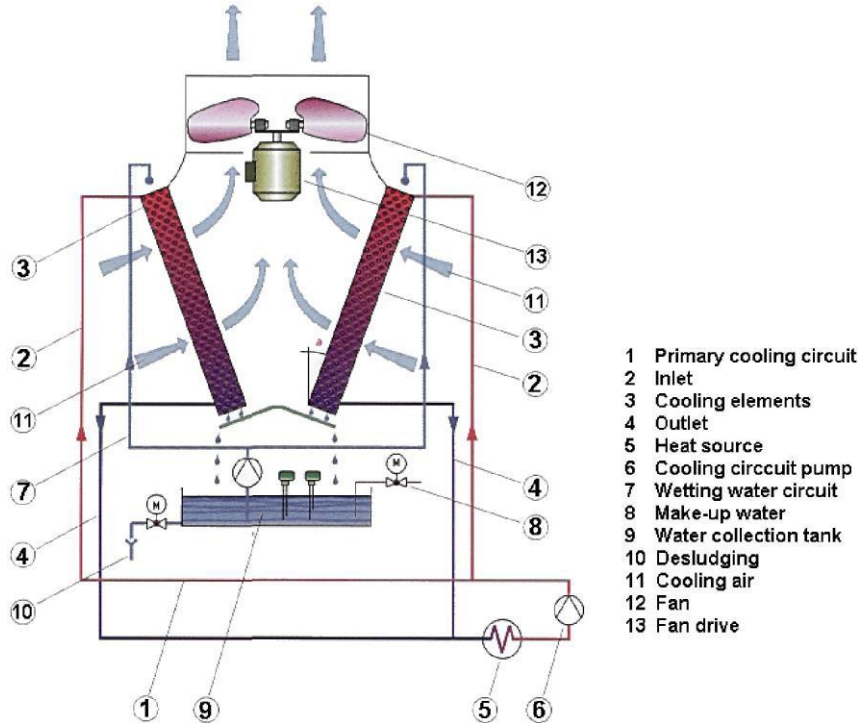
Hibrid kapalı devre soğutma sistemlerinin genel özellikleri fanlar (aksiyal ve radyal), hava akımı yönü (çapraz veya karşı akım) ve gürültü azaltma sistemleri bakımından kapalı çevrimli ıslak soğutma sistemleriyle benzer şekilde tanımlanabilir (bkz. Bölüm 2.4). Genel olarak bu birimler küçük bir alan kaplarlar. Kapalı devre hibrid soğutma kulelerine üç teknik çalışma türü uygulanabilir: spreyli kanatlı kangallar, adiabatik (ısı-yalıtık) soğutma veya kombine sistemler.

Çevresel özellikler

Kapalı devre hibrid soğutma kuleleri konvansiyonel kapalı devre ıslak soğutma kuleleri ile karşılaştırıldığında sudan önemli ölçüde tasarruf sağlayan kapalı devre soğutma tekniğinin avantajlarını bir araya getirir.

Kapalı devre kuru soğutma kuleleriyle kıyaslandığında bu sistemler daha düşük soğutma sıcaklıkları avantajına sahiptirler. Boyut, enerji sarfıyatı ve gürültü emisyonu bakımından değerlendirildiğinde konvansiyonel kapalı devre ıslak soğutma kuleleri ile benzerdirler. Sistemin tasarımına bağlı olarak (spreyli kanatçıklı kangallar) su arıtımının kalitesine özel önem gösterilmesi gerekebilir. Benzerlerine göre önemli ölçüde su tasarrufu sağladıkları için ek maliyetleri daha fazla olabilir; çünkü bunlar su kullanımına yalnızca yılın kısa bir bölümünde ihtiyaç duyar. Kapalı devre hibrid soğutucular aynı zamanda duman oluşumunu da önemli ölçüde azaltabilmekte, hatta bazen tamamen ortadan kaldırmaktadır.

2.6.2.1 Püskürtmeli (kanatlı) soğutma kangalları



(1: Primary cooling circuit = Birincil soğutma devresi; 2: Inlet = Giriş; 3: Cooling elements = Soğutma elemanları; 4: Outlet = Çıkış; 5: Heat source = Isı kaynağı; 6: Cooling circuit pump = Soğutma devresi pompası; 7: Wetting water circuit = Islama suyu devresi; 8: Make-up water = Takviye suyu; 9: Water collection tank = Su toplama tankı; 10: Desludging = Tortu temizleme; 11: Cooling air = Soğutma havası; 12: Fan = Fan; 13: Fan drive = Fan motoru)

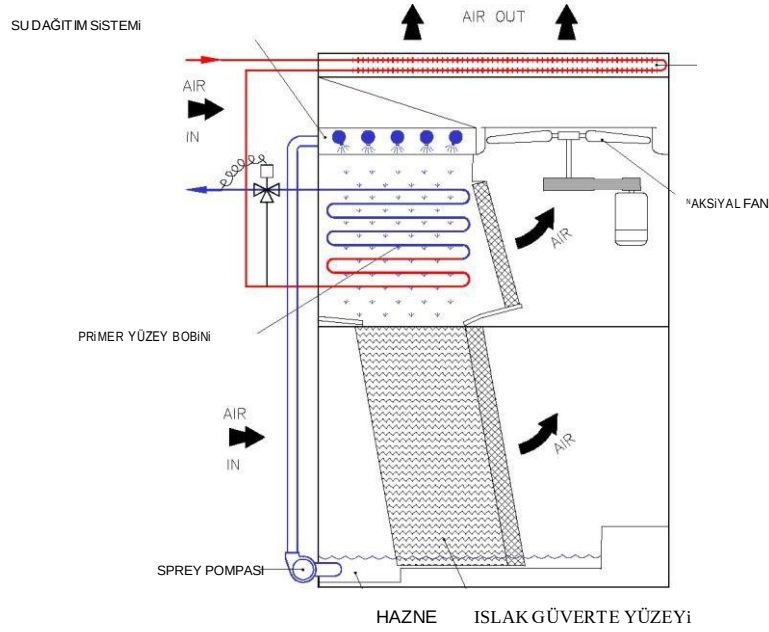
Şekil 2.18: Bir kapalı devre hibrid soğutma kulesi ilkesinin şematik gösterimi

Bir kapalı devre soğutma kulesinde proses aracı birincil soğutma devresinden, yani kapalı bir döngü içinde soğutucu elemanlar (bir tüp / plaka kümesi veya kanatlı kangal) arasından geçer. Bu soğutucu elemanlar ikincil bir su devresiyle ıslatılır ve hava bir buharlaştırma ısısı oluşturmak üzere eş zamanlı olarak elemanlar üzerinde hareket ettirilir. Elemanlardan uzaklaşan soğutma suyu bir havzada toplanır ve bazen başka bir soğutma kulesi kullanılarak veya blöfleme sonrasında birkaç kez devri daim ettirilebilir (bkz. Şekil 2.19). Dolaylı bir konfigürasyonda birincil soğutma devresi içinden geçen araç soğutma aracı değil daha sonra ikinci bir eşanjörde proses aracını soğutacak olan başka bir soğutucudur.

2.6.2.2 Isı geçirimsiz soğutucular, kangalları soğutan havanın ıslanması ve ön soğutmadan geçirilmesi

Isı yalıtımlı çalışma kipinde soğutulacak akışkan birincil yüzey kangalına teğet geçer. Soğutma suyu ıslak yüzeye damlar ve bu yüzeyi geçen hava kaldırabileceği kadar su buharıyla dolar. Bu şekilde ıslanan hava kanatlı kangalları geçerek kuru havanın alabileceğinden daha fazla ısıyı masseder. Konvansiyonel buharlaştırmalı soğutma ekipmanlarına kıyasla su tüketime büyük ölçüde

azaltılır (bkz. Şekil 2.19).



Şekil 2.19: Hibrid bir soğutma sisteminin kombine kuru / ıslak çalışması [tm151, BAC, 1999]

2.6.2.3 Kombine teknoloji

Kombine teknolojiye kanatlı kangallar, spreylene birincil yüzey kangalı ve ıslak yüzeylerin tümü kullanılır. Kuru çalışma kipinde ise tüm su spreyletini kapatarak soğutulacak aracı her ikisi de hem hava hem suyla soğutulmuş kanatlı kangallar ve birincil yüzey kangalları arasından geçirmek mümkündür. Islak / kuru çalışma kipinde araç kuru kangalları geçtikten sonra spreyle birincil yüzey kangallarını da geçer ve sonra soğutulmuş araç olarak prosese döner. Birincil kangallardan damlayan su ıslak döşeme yüzeyine düşecektir. Hava içeri çekilir ve hem birinci yüzey kangalını hem de ıslak döşeme yüzeyini geçer, bu arada suya doyararak ısıyı da toplar. Bu hava kanatlı kangaldan geçerken daha fazla ısı toplar (ayrıca bkz. Şekil 2.19).

2.6.2.4 Hibrid sistemlerin maliyetleri

Hibrid sistem uygulamalarında çıkış noktası her zaman yatırım ve işletme maliyetleridir. Genelde hibrid sistemler daha yüksek yatırım maliyeti gerektirir. Duman azaltma tedbirlerinin maliyeti soğutma sistemine bağlı olarak değişir. Fluor [1995] aynı soğutma performansına sahip bir soğutma kulesi ile karşılaştırıldığında 300 MW'lık bir açık ıslak soğutma kulesi için soğutma kurulum maliyetlerinin duman azaltma tertibatına sahip olmayan soğutma kulelerinden yaklaşık 2,5 kat fazla olduğunu hesaplamaktadır. Kapalı devre ıslak soğutma kuleleri söz konusu olduğunda duman azaltma tedbirlerinin duman azaltma tertibatına sahip olmayan soğutma kulelerinden yaklaşık 1,5 – 2 kat fazla olduğu rapor edilmektedir (Eurovent). Belirtilen bu maliyetler su alımında gerçekleşen tasarruf ve işletme esnekliğinden kaynaklanan kazançlarla düzeltilmelidir. Su arıtımı ve elektrik dahil yıllık su maliyetleri bazı durumlarda soğutma kulesinin toplam işletme maliyetlerinin yüzde 10'u kadarını temsil etmektedir. Bu ekonomik hesaplar elbette her bir tekil uygulamanın özel koşullarına ve su ve elektrik fiyatlarına göre değişiklik gösterebilmektedir [tm139, Eurovent, 1998]. Enerji sektörüne ait maliyet hesapları mekanik çeşitli hibrid soğutma kulelerinde her bir MW_{th} kapasite maliyetinin 40000 ile 70000 EUR arasında değiştiğini göstermektedir. Bu sektörde bunun anlamı aynı kapasiteye sahip duman azaltma tertibatsız kulelere göre maliyetin 1,3-1,6 kat arasında olduğudur.

2.7 Çevrimli (devri daimli) soğutma sistemleri

Belli başlı soğutma konfigürasyonları için yukarıda yapılan tanımlamalar proses, tesis sahası ve çevre gereklerine bağlı olarak soğutma prensiplerini ve endüstride uygulanan ilgili farklı teknik tasarımları açıklamaktadır. Belgenin Giriş bölümünde bazı temel tanımlara yer verilmiş; ayrıca kuru ve buharlaştırılmalı soğutma arasındaki ve açık ve kapalı sistemler arasındaki farklılık da sistemlere ilişkin açıklamalarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte kriterlerin doğrudan ve dolaylı olarak uygulanması, çevrimli soğutma sistemleri bağlamında tanımlanmıyorlarsa karışıklığa sebep olabilir.

2.7.1 Doğrudan Çevrimli (devri daimli) soğutma sistemleri

Daha önce de belirtildiği gibi, doğrudan soğutma sistemlerinde soğutucu ve proses aracı arasında ısı dönüşümünün gerçekleştiği soğutucunun (hava veya su) çevreyle temas halinde olduğu yalnızca bir eşanjör seviyesi bulunmaktadır. Proses aracı ile soğutucu (su veya hava) arasındaki duvardan kaynaklanan sızıntılar bu nedenle proses aracının çevreye deşarj olduğu veya vakum koşulları söz konusu ise (kondansatörler) prosesin etkilendiği anlamına gelmektedir. Bu yüzden soğutucunun soğutma kulesinde soğutulması aynı zamanda bir ısı dönüşüm prosesi olsa bile sistem halen daha doğrudan bir sistem olarak kabul edilmektedir.

Bir su soğutmalı kondansatörün su devresini soğutan açık soğutma kulesi örneği bu nedenle bir doğrudan sistemdir (daha önce belirtildiği gibi sızıntı prosesi soğutucudan daha çok etkiliyor olsa bile).

2.7.2 Dolaylı Çevrimli (devri daimli) soğutma sistemleri

Dolaylı bir sistemi tanımlarken en önemli unsur proses sızıntısının çevreyle açık temas halinde bulunan soğutucuya hiçbir şekilde karışmaması olacaktır. Bunun anlamı iki aşamalı soğutmadır.

Açık çevrimli bir soğutma kulesinde kuleyi terk eden su bir eşanjör içinde kapalı bir döngüdeki suyla ısı alışverişi gerçekleştirecektir. Kapalı döngüdeki su başka bu eşanjörü terk ederek bir diğer eşanjöre girecek ve burada da proses aracıyla ısı dönüşümü gerçekleşecektir.

Kapalı çevrimli soğutma kulelerinde de aynı ilke izlenir ve kangallar ve tüpler hava ve / veya su ile soğutulan su ile doldurulur. Soğutulan su proses aracıyla ısı alışverişi gerçekleştirmek üzere proseste yer alan bir eşanjöre veya kondansatöre girer. Kapalı çevrimli (devri daimli) soğutma sistemlerinin kış aylarında çalıştırıldığı ve donmaya karşı korunmasının gerektiği durumlarda kapalı devrede çoğunlukla yalnızca su bulunmaz; bir soğutma gazı ve anti-frizle karıştırılmış su bulunur. Aslında soğutucu madde çevreyle açık temas halinde bulunan soğutma aracını kirlitebildiğinden bu sistemler yine doğrudan sistemler olarak sınıflandırılabilir.

2.8 Soğutma sistemlerinin maliyetleri

Her konfigürasyon için bir maliyet ölçümü verilmiştir; ancak soğutma sistemi maliyetlerinden oluşan hesaplamalar büyük çeşitlilik gösterir ve bu yüzden farklı sistemler arasındaki maliyet farkları her zaman en az pahalı seçeneği işaret etmez. Nihai maliyetleri etkileyen farklı faktörler arasında kullanıcının beklentileri ve yasal gerekler en önemli unsurlardır. Bu sebeple, bir sistemin uygunluğuna veya bir tekniğin uygulanabilirliğine ilişkin bir tahmin her bir özel olay bazında gerçekleştirilmelidir. Enerji fiyatları her zaman mutlaka hesaba katılmalıdır. Bu faktör, söz gelimi ısı geri kazanımının planlandığı durumlarda çok önemli olacaktır.

Bir soğutma sistemi maliyetinin veya sistemde yapılacak olası iyileştirme maliyetlerinin hesabında önemli bir diğer faktör bir sistemin veya uygulanan bir tekniğin başlangıçtaki yıllık maliyetleri ile değişiklikten sonraki yıllık maliyetler arasındaki farktır. Uygulamada yüksek yatırım maliyetleri bakım maliyetlerinin azalmasına neden olabileceği gibi yıllık sabit masrafların artmasıyla da sonuçlanabilir; bu ise başlı başına yatırımın önünde bir engel teşkil edebilir. Yalnızca karşılaştırma yapabilmek adına, maliyetler aynı zamanda sistemin tasarlandığı ısı kapasitesi bağlamında da ifade edilmelidir (kW_{th} veya MW_{th}).

Endüstriyel (enerji santrali harici) uygulamalar için [tm001, Bloemkolk, 1997] hem su soğutmalı hem de hava soğutmalı sistemler için bir dizi maliyet belirleyici unsur listelemekte, toplam maliyetleri hesaplamakta ve böylece farklı sistemleri karşılaştırmaktadır. Söz konusu maliyet unsurları ve izlenen yaklaşım aşağıda açıklanmakta olup karşılaştırmanın sonuçları da EK X’de özetlenmektedir. Enerji santralleri için EK XII’de açıklanan farklı bir sistem uygulanmaktadır.

Unsurlar

Genel olarak aşağıdaki maliyet belirleyici unsurlar hesaba katılmalıdır:

Tablo 2.3: Su ve hava soğutma sistemlerinin maliyet unsurları [tm001, Bloemkolk, 1997]

Maliyet Türü	Maliyet Unsurları	Sulu Soğutma sistemleri	Havalı Soğutma sistemleri
Sabit	Eşanjör(ler) (tip, boyut ve model)	X	X
	Eşanjör (malzeme)	x	x
	Prosesteki boru hatları, tüp köprüleri	X	X
	Pompalar / yedek pompalar	X	X
	Su alım ağızları	x	
	Tüp girişi / drenajı	x	
	Dışarı yönlü akım tesisleri	x	
	Soğutma kuleleri (olası)	X	X
	Fanlar	X	X
	Ses yalıtımı	X	X
	Dolaylı sistem (fazladan eşanjör, borular, pompalar)	X	X
Değişken	Su (yeraltı, şebeke suyu)	x	
	Su deşarj bedeli	x	
	Sızıntı izleme	X	X
	Su koşullama	x	
	Enerji sarfiyatı (pompalar ve fanlar)	X	X
	Bakım	X	X

Metodoloji

Farklı soğutma sistemlerinin maliyet karşılaştırmaları için farklı metotlar geliştirilmiştir. Burada kullanılan metot EK X’de kısaca açıklanmaktadır.

Karşılaştırmalar

Karşılaştırmalar her zaman aynı işletme koşullarına ve aynı kapasiteye dayanılarak yapılmalı ve dağıtılan MW_{th} olarak ifade edilmelidir.

Yapılan hesaplamalar yatırım seviyesi ve enerji sarfiyatına ilişkin maliyet hassasiyetinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Seçilen konfigürasyonun ve malzeme seçiminin eşanjör (Kabuk ve Tüp) maliyetlerinde neden olduğu değişiklik çok önemlidir. Ucuz malzemeler ve modeller maliyeti daha düşük seviyelere çekmektedir. Burada unutulmaması gereken nokta şudur ki; iyi malzemeler bakım ve işletme maliyetlerini ve işletim sırasında kullanılan kimyasal madde maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilmektedir.

Yıllık maliyet olarak hesaplandığında yatırımlar ve işletme maliyetleri önemli farklılıklar gösterebilmektedir. (Takviye) suyu ihtiyacı ve fiyatı gibi faktörler ve enerji sarfıyatı maliyetler üzerinde etkilidir. Malzeme seçimi aynı zamanda yıllık maliyetleri de etkilemektedir. Kuru hava soğutma sistemi uygulanan yerlerde erişilebilir nihai sıcaklık seviyesi önem taşımakta ve istenen nihai sıcaklık seviyesi düştükçe hava soğutma sistemi daha pahalı hale gelmektedir. Suyla soğutmada ise düşük nihai sıcaklık gerekleri maliyet hesaplamalarında küçük yaklaşımlar kullanılmadığı müddetçe daha az önem taşımaktadır.

EK X'de yer alan Tablo X.2 çeşitli büyük endüstriyel soğutma sistemlerinin maliyet aralıklarını göstermektedir. Bu metotta kullanılan verilere göre bir açık ıslak soğutma kulesinin işletme maliyetlerinin kuru hava soğutma sistemlerinden daha yüksek olacağı görülmektedir. Diğer taraftan, hava soğutma sistemlerinin yatırım maliyetleri genel olarak diğer sistemlerden daha yüksektir. Tablo ayrıca özellikle soğutma suyu sistemleri söz konusu olduğunda daha yüksek yatırım miktarlarının daha düşük işletme maliyetlerine (bakım, koşullama) neden olduğunu da ortaya koymaktadır.

Yukarıdaki verilere göre, farklı sistemler arasındaki maliyet farklarının her zaman en ucuz seçeneğe işaret etmediğini söyleyebiliriz. Bu durum son tahlilde kullanıcıların gereksinimlerine ve emisyonlarla ilgili düzenlemelerden kaynaklanan yasal gerekliliklere bağlıdır. Bu nedenle hangi seçeneğin daha uygun olduğuna ilişkin değerlendirme olay bazında gerçekleştirilmelidir. Yukarıdaki veriler (Genel) başlangıç göstergeleri olarak kullanılabilir ve EK X kapsamında daha geniş bir şekilde açıklanmaktadır.

3 ENDÜSTRİYEL SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL SORUNLARI VE UYGULANAN ÖNLEME VE AZALTMA TEKNİKLERİ

3.1 Giriş

Endüstriyel Soğutma Sistemlerinin çevresel özellikleri Bölüm 2’de tanımlanan her bir konfigürasyon için birbirinden farklıdır. Doğrudan ve dolaylı enerji sarfıyatı, yüzey sularına ısı ve soğutma suyu katkı maddesi emisyonları, gürültü ve baca gazı oluşumu gibi konular soğutma sistemlerinden kaynaklanan çevresel sorunlardır. Her durumda, bu konuların çevre bakımından taşıdıkları önem (gürültü gibi) soğutulacak endüstriyel prosesin çevresel performansını da içerecek şekilde, ortaya çıkacak toplam çevresel etkiler ışığında değerlendirmelidir. Söz gelimi kuru soğutma sistemlerinde su gereksinimi veya baca gazı oluşumu sorunlarının rol oynamıyor olması gibi, tüm konular her sistem için eşit öneme sahip değildir. ilgili olma potansiyeline sahip ve izin veren organca endüstriyel soğutma sistemi göz önünde bulundurularak mutlaka hesaba katılması konular kalitatif olarak analiz edilmiş ve Tablo 3.1’de özetlenmiştir. Açıkça ki, uygun tedbirler alındığında konu daha az ilgili hale gelecektir. Ancak bu durum ilerleyen bölümlerin bir parçası olarak ele alınacağı için Tabloda hesaba katılmamıştır. Çevreye yönelik emisyonların niteliği ve seviyesi yalnızca uygulanan konfigürasyonun bir sonucu olmayıp aynı zamanda büyük ölçüde sistemin işletme tarzına ve sistemin işletilmesi için ihtiyaç duyulan kaynakların ne şekilde yönetildiğine de bağlı olan bir konudur.

Bu bölüm bir çevre izni için bir uygulama düşünülmesi gerektiğinde hesaba katılması gerekebilecek çevresel konuları ve mikro-biyolojik riskleri (veya sağlık risklerini) incelemektedir. Aynı zamanda, MET yaklaşımının belirlenmesinde uygulanması düşünülebilecek tekniklerin dayandığı prensipler de tanımlanmaktadır. Soğutma sistemi pek çok durumda zaten mevcut olan bir tesis olacaktır ve bu tesisin iyileştirilmesine yönelik seçeneklerin sıfırdan yeni bir tesis inşa edilmesi durumlarıyla karşılaştırıldığında oldukça kısıtlı olacağı açıktır. Genel olarak, proses tasarımı ve uygun soğutma teknolojisinin seçimi tesisin kaynak tüketimini ve çevreye yönelik emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir. Olay bazında değerlendirildiğinde bu seçim neler yapılması ve neler yapılabileceği konusundaki öncelikler sıralaması meselesidir ve bu sıralamada tesis sahasına özgü koşullar en önemli rolü oynar.

Uygulanacak MET’in belirlenmesi için izlenecek MET —yaklaşımın her bir çevresel konu ve her bir teknik için ve bunlar arasındaki karşılıklı etkiler hesaba katılarak ayrı ayrı ele alınmaktadır. Değerlendirme Bölüm 1’de ana hatlarıyla açıklanan genel —yaklaşımın izlemektedir. Öncelikle soğutma gereksiniminin ve çevreye ısı deşarjının azaltılmasına yönelik tedbirler ele alınmaktadır. Bunun ardından emisyonların önlenmesi veya azaltılmasına ayrılan kaynakların en aza indirilmesi seçeneklerinin değerlendirilmesiyle incelemeye devam edilmektedir. Bu aynı zamanda soğutma prosesinin daha kolay işlemesine de katkıda bulunacaktır:

1. Teknolojik seçenekler vasıtasıyla önleme:
 - Entegre teknik tedbirler
 - Konfigürasyon değişikliği
2. Sistem işletiminin en iyileştirilmesi yoluyla önleme
3. Boru sonu teknolojisi veya ek tekniklerin uygulanması.

Her bir seçeneğin potansiyel çevresel etkileri incelenmekte ve her bir teknik toplam enerji tüketimine katkısı bakımından değerlendirme konusu yapılmaktadır. Başlangıç olarak soğutma işlemlerindeki değişikliklerin enerji tüketimini nasıl etkileyeceği üzerinde durulmaktadır. Belli tekniklere ve bunların performanslarına ilişkin bilgiler eklerde verilmektedir.

Tablo 3.1: Farklı endüstriyel soğutma sistemlerinin çevresel özellikleri [tm001, Bloemkolk, 1997]

	Enerji Sarfıyatı (doğrudan)	Su Kullanımı	Balıkların sisteme sürüklenmesi⁽²⁾	Yüzey suyuna gerçekleşen emisyonlar		Havaya emisyonlar (doğrudan)	Duman Oluşumu	Gürültü	Risk		Artıklar
Soğutma sistemi	(§ 3.2)	(§ 3.3)⁽¹⁾	(§ 3.3)	Isı (§ 3.3)	Katkı maddeleri (§ 3.4)	(§ 3.5)	(§ 3.5)	(§ 3.6)	Sızıntı (§ 3.7)	mikrobiyal risk (sağlık) (§ 3.7)	(§ 3.8)
Once - through soğutma (doğrudan devre)	Düşük	++	+	++	+	~	~	~	++	--/Düşük	⁽⁶⁾
Once - through soğutma (dolaylı devre)	Düşük	++	+	++	+	~	~	~	Düşük	--/Düşük	⁽⁶⁾
Açık ıslak soğutma kulesi (doğrudan devre)	+	+	~	Düşük	⁽³⁾	Düşük (dumanda)	+	+	+	+	--/Düşük
Açık ıslak soğutma kulesi (dolaylı devre)	+	+	~	Düşük	⁽³⁾	Düşük (dumanda)	+	+	Düşük	+	+
Açık ıslak/kuru soğutma kulesi	+	Düşük	~	Düşük	Düşük ⁽³⁾	~	⁽⁵⁾	+	Düşük	?	+
Kapalı devre ıslak soğutma kulesi	+	+	~	~	Düşük	Düşük ⁽⁴⁾ (dumanda)	~	+	Düşük	Düşük	--/Düşük
Kapalı devre kuru soğutma	++	~	~	~	~	--/Düşük	~	++	Düşük	~	~
Kapalı devre ıslak / kuru soğutma	+	Düşük	~	~	Düşük ⁽³⁾	Düşük	~	Düşük	Düşük	Düşük	--/Düşük
Notlar: -- Yok / ilgili değil Düşük ortalamanın altında + ilgili ++ Yüksek düzeyde ilgili 1. Metindeki paragraf 2. Diğer türler de sürüklenebilir. 3. Biyositler, kabuklaşma önleme, korozyon önleme potansiyel olarak sızıntı durumunda 4. Eğer uygun bir şekilde işletiliyorsa sorun yok 5. Buradaki atık, su girişinden ve dekarbonizasyondan kaynaklanan çamurdur. 6.											

3.2 Enerji sarfiyatı

Endüstriyel Soğutma Sistemlerinin enerji gereksinimi doğrudan veya dolaylı bir tüketim olarak düşünülebilir. Doğrudan tüketim enerjinin soğutma sistemini çalıştırmak amacıyla kullanılmasıdır. En önemli enerji tüketicisi unsurlar pompalar ve fanlardır. Gerekli havayı veya su akımını muhafaza etmek için üstesinden gelinmesi gereken direnç arttıkça bir soğutma sisteminin ihtiyaç duyduğu enerji miktarı da artacaktır.

Eğer uygun bir şekilde çalıştırılmıyorsa bir soğutma sistemi üretim sürecine giren enerji veya hammadde miktarının gereksiz yere artmasından sorumlu olabilir. Bir soğutma sistemindeki herhangi bir değişikliği değerlendirmek için hem soğutma sisteminin hem de üretim süreçlerinin toplam enerji dengesi hesaba katılmalıdır.

3.2.1 Doğrudan enerji sarfiyatı

Soğutma sistemlerinde enerjiye soğutma suyunun pompalanmasında ve / veya hava akımının oluşturulmasında ihtiyaç duyulur. Bu enerji dağıtılan her MW_{th} ısı için kW_e cinsinden özgül enerji tüketimi olarak ifade edilir. Özgül enerji tüketimi büyük değişiklikler gösterebilir ve uygulanan soğutma sisteminin konfigürasyonuna (nominal (yaklaşma sıcaklıkları), pompa basıncı) ve işletme modeline (yıl boyu, yalnızca yazın veya kışın) bağlıdır. Aynı şekilde tesisin kurulu olduğu bölgenin yerel koşulları da bu değişimde rol oynayabilir. Aynı soğutma sistemi konfigürasyonu sıcak iklim bölgelerinde kurulduğunda soğuk iklimde kurulu benzerlerine göre genelde daha çok enerji tüketir. Bazı durumlarda sistemde kullanılacak katkı maddelerinin tesis sahasında hazırlanması için de enerjiye ihtiyaç duyulabilir. Bir soğutma sistemindeki belli başlı enerji kullanıcıları şunlardır:

- Soğutma suyunun sistem içinde devri daim ettirilmesinin yanında sisteme dışarıdan su alımı amacıyla da kullanılan (ve soğutma suyu kullanan tüm sistemlerde mutlaka bulunan) pompalar:
 - bunların enerji kullanımı suyun debisine, pompalanması gereken suyun miktarına, proseste meydana gelen basınç düşmelerine (eşanjör sayısı, nominal), soğutma suyunun temin edildiği ve geri drene edildiği yerin konumuna, pompalanacak aracın (gaz, akışkan, katı) cinsine bağlıdır.
 - Dolaylı sistemler iki devreden meydana gelmektedir ve bu nedenle daha fazla pompaya ihtiyaç duyarlar.
 - Soğutma kuleleri yüksektir ve bu nedenle önce - through bir sisteme nazaran daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar.
- Tüm mekanik soğutma kulelerinde ve mekanik olarak soğutulan tüm kondansatörlerde havalandırma amacı ile kullanılan fanlar mevcuttur:
 - Bunların enerji kullanımı fanların sayısı, büyüklüğü ve tipine, havanın miktarı ve yüküne bağlıdır.
 - Kuru sistemler genelde aynı soğutma kapasitesi için genelde buharlaştırmalı (ıslak) sistemlere nazaran daha fazla havaya ihtiyaç duyarlar; ancak bu her zaman daha fazla enerji sarfi anlamına gelmez.

İlgili faaliyetler için enerji kullanımı

Soğutma sistemlerinin enerji gereksinimlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapabilmek için bir soğutma sisteminin çalıştırılmasında çok önemli rol oynayan yardımcı ekipmanları da hesaba katmalıyız. Ancak bu konuda çok fazla veri mevcut değildir. Ozon benzeri soğutma suyu kimyasallarının tesis sahasında üretimi bu yardımcı faaliyetlere tipik bir örnek olarak gösterilebilir. Kirlilik ve çökelti önleme amaçlarıyla kullanılan 1 kg ozon üretmek için, kullanılan jeneratöre de bağlı olmak üzere 7 ila 20 kWh arasında enerji kullanılmaktadır. Enjeksiyon noktasında gerekli minimum konsantrasyonun 0,5 ile 1 g O_3/m^3 olması gerektiği hesap edilirse buna bağlı enerji gereksinimi kolaylıkla hesaplanabilir.

3.2.2 Dolaylı enerji sarfiyatı

Üretim sürecinin enerji gereksinimi soğutma prosesinden kaynaklanan dolaylı enerji tüketimi olarak tanımlanır. Verimsiz bir soğutma bu enerji sarfının artmasına yol açacaktır. Daha düşük bir ısı transferi (örneğin kirlilikten kaynaklanan) proses tarafındaki sıcaklığı artıracak, bu durum da tesis sahasında veya dışarıda üretilen enerjiye olan gereksinimi yükseltecektir. Soğutma sisteminin verimsizliği ürün kaybına ve dolayısıyla prosesin verimsizliğine neden olacaktır.

1.2.1 ve 1.4.3'te sıcaklığa hassas uygulamaların etkileri incelenmektedir. Kondansatörün sağladığı soğutmanın azalması toplam enerji dönüşümünün %0,25 oranında azalmasına neden olabilir ki bu da her bir Santigrat derecede yaklaşık %0,4 civarında bir verimlilik kaybına eşittir. Eğer bir önce - through sistem yerine açık ıslak soğutma kulesi uygulaması söz konusu ise bu kayıp nihai sıcaklığın örneğin 5°C daha yüksek olmasına ve böylece maksimum %2 daha az enerji üretilmesine yol açabilecektir. Eğer soğutma kulesi için gerekli pompalama enerjisindeki fark hesaba katılacak olursa (ki bu da soğutulan her bir MW_{th} için 6-8 kW_e demektir) meydana gelen verimlilik kaybına bir yüzde 1 daha eklememiz gerekecektir. Kömür yakan konvansiyonel bir enerji santrali için %1'lik bir azalmanın anlamı verimliliğin %40'tan %39,6'ya düşmesidir.

Soğutmanın neden olduğu çevresel etkinin değerlendirmesi dolaylı enerji tüketimini de içermelidir. Dolaylı enerji tüketiminde meydana gelen bir değişimin toplam enerji tüketimi üzerindeki sonuçları proses tarafında suboptimal soğutmadan kaynaklanan sıcaklık artışının etkisi olarak ifade edilebilir. Bu etki hesaplanmış ve belli başlı soğutma konfigürasyonları için karşılaştırılmıştır [tm059, Paping, 1995]. Tablo 3.2'de yer alan veriler her bir konfigürasyona ait doğrudan ve dolaylı enerji kullanımlarını ve CO₂ emisyonlarını göstermektedir. Üç değişken aşağıdaki tasarım parametrelerinin doğrusal bir fonksiyonu olarak kabul edilmektedir:

- Soğutma suyu akımı,
- Pompa basıncı,
- Pompa verimliliği (ters orantılı)

Bu örnekte veriler her bir soğutma prensibi için bir önce - through soğutma sistemi referans alınarak hesaplanmaktadır. Önce - through sistem her bir MW_{th} için 100 m³/saat kapasiteye sahiptir (veya her bir MW_{th} için 8,6°C) ve suyu gereken yüksekliğe pompalamak için 3 bar basınç ihtiyacı duymaktadır. Bu da %75'lik bir pompalama verimliliğinde yıllık yaklaşık 10 kW_e/MW_{th} enerji gereksinimi anlamına gelir. Dolaylı bir önce - through sistem söz konusu olduğunda bir basınç düşmesi meydana gelir ve fazladan 4.5 bar basınç üretilmesi gerekir ki, bu da 15 kW_e/MW_{th} enerji demektir. Bir soğutma kulesi sistemi suyun yaklaşık 8 m yukarı kaldırılması için ekstra enerjiye ve buna ek olarak nodullara taşınması için de yaklaşık 7 mwg ek enerjiye gereksinim duyar. Önce - through soğutma sistemiyle karşılaştırıldığında bu fazladan 4,5 bar basınç ve 15 kW_e/MW_{th} enerji demektir.

Fanların 15 kW_e/MW_{th} enerjiye ihtiyaç duyacağı varsayılır. Eğer fanlar yalnızca yaz aylarında çalıştırılıyorsa (4 ay) ihtiyaç duyulan ortalama enerji miktarı 5 kW_e/MW_{th} civarındadır.

Aynı Tabloda dolaylı enerji artan soğutma suyu giriş sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Bu durum proses tarafında bir sıcaklık artışına sebep olacaktır. Bu artışı temsil eden faktör 1.4 kW_e/MW_{th}°C olarak hesaplanmaktadır (bkz. EK II). Bunun anlamı proses tarafı sıcaklığındaki her 1 derecelik artışa karşılık ihtiyaç duyulan enerji 1.4 kadar yükselmektedir.

Her bir soğutma konfigürasyonuna ait toplam enerji tüketimi bilindiğinde bu tüketimi deşarj edilen her bir MW_{th} için salınan CO₂ seviyesi cinsinden ifade etmek mümkün olur. Bir enerji santralinde soğutma sisteminde tüketilen enerjiyi üretmek için gerek duyulan enerji hesaplanabilir. %40'lık bir enerji üretim verimliliği varsayımından hareket edecek olursak enerjiyi deşarj etmek (=soğutmak) için gerek duyulan enerjiyi veya her bir kW_e için ihtiyaç duyulan kW_e'yi (% olarak) bulmak için soğutma sistemine giren her bir kW_e 2,5 ile çarpılmalıdır. Her bir % için çevreye bir miktar CO₂ salınmaktadır. Her bir MW_e için her yıl (sürekli çalışma) ortalama 2000 (1500-2500) ton CO₂ veya 2 ton CO₂/‰ emisyonu gerçekleşmektedir (Bu rakam Hollanda emisyon verilerinden türetilmiş olup yakıt karışımına bağlıdır).

Tablo 3.2'deki veriler genel olarak benzer kapasitedeki farklı soğutma sistemlerini karşılaştırırken bulunan göreceli enerji kullanım aralığında yer almaktadır. Veriler kesin değildir ve oldukları gibi kullanılmamalıdır. Aynı şekilde, bu verilerden yola çıkarak bir sistemin diğerine nazaran daha az tavsiye edildiği sonucuna da varılmamalıdır. Tablonun açıkça gösterdiği şey soğutma işleminin verimlilik kaybı önemli etkiler yaratmaktadır ve bunların toplam enerji dengesi üzerindeki sonuçları son derece önemlidir. Bu tablo bir soğutma sistemini işletirken doğrudan ve dolaylı enerji tüketimi konularını bir arada düşünmenin önemini ortaya koymaktadır.

Tablo 3.2: Farklı soğutma sistemlerinin yıllık özgül doğrudan ve dolaylı enerji talebinin karşılaştırılmasına bir örnek ve her birim MW_{th} için karbondioksit emisyonu sonuçları [tm059, Paping, 1995]

Soğutma sistemi	Özgül doğrudan enerji tüketimi (kW _e /MW _{th})			Artırılmış T pompası (°C)	Özgül dolaylı enerji tüketimi (kW _e /MW _{th})	Toplam enerji tüketimi (kW _e /MW _{th})	Deşarj edilen her E _{deşarj} için E _{giren} (%)	CO ₂ (ton/yıl/MW _{th})
	Pompalar	Fanlar	Toplam		Uyg. düzeltme faktörü ¹⁾ 1,4 kW _e /MW _{th} °C	Toplam Doğrudan + Dolaylı		
Once - through - doğrudan	10 (9-12)	-	10	0	0	10	25	50
Once - through - dolaylı	15 (12-18)	-	15	5	7	22	55	110
Açık ıslak soğutma kulesi	15(13-17)	5	20	5	7	27	68	136
Hibrid soğutma	15(13-17)	8	23	5	7	30	75	150
Kapalı devre soğutma kulesi	>15 (13-17)	8	>23	8	11	>34	>85	>170
Kuru hava soğutma	-	20	20	20	28	48	120	240
¹⁾ düzeltme faktörünün hesabı için bkz. EK II								

3.2.3 Soğutma için gerekli enerji miktarının azaltılması

Soğutma sistemlerinin ihtiyaç duyduğu enerji kullanımını azaltmak bir çevre dengesi meselesidir. Aynı şekilde, endüstriyel proses içinde ısının yeniden kullanılmasına yönelik entegre tedbirler sistemde ihtiyaç duyulmayan aşırı ısının çevreye deşarj edilmesi ihtiyacını azaltacaktır. Eğer daha küçük bir soğutma kapasitesine ihtiyaç varsa soğutma sistemini işletmek için de genel olarak ve mutlak biçimde daha az enerjiye ihtiyaç duyulur. Daha verimli ekipman kullanımı ve soğutma sisteminin daha doğru çalıştırılması yoluyla proses tarafında sıcaklık artışından kaçınılarak daha fazla azaltma yapma amacına ulaşılabilir.

Uygun malzeme ve tasarım seçimi soğutma sistemlerince gerek duyulan enerji tüketimini azaltacaktır. Bu birçok faktörün iç içe geçtiği, genel bir öneride bulunmanın son derece güç olduğu çok karmaşık bir meseledir. Aşağıdaki uygulamalara başvurulabilecek seçenekler olarak belirtilebilir:

1. Soğutma sisteminin mekân düzenlemesinin düzgün bir şekilde yapılması; akım yönünde olabildiğince az değişikliğe sebebiyet verecek, türbülansı engelleyecek ve soğutucu akımına karşı direnci azaltacak düzgün yüzeyler;
2. Mekanik soğutma kulelerinde fanların tip ve konumunun seçimi ve hava akımının ayarlanabilmesi imkânı enerji kullanımının azaltılması için başvurulabilecek seçeneklerdir;
3. Her zaman maksimum ısı dönüşümünü sağlamak için (işletme koşulları doğrultusunda) doğru dolgu ve contalama seçimi;
4. Hava akımına en az dirençli damla tutucuların seçilmesi.

Malzeme ve tasarımdaki değişiklikler özellikle büyük sistemler söz konusu olduğunda mevcut sistemlerin enerji gereksinimlerinin azaltılmasında başvurulabilecek maliyet etkin seçenekler olarak görünmemektedir. Soğutma kulesi dâhilindeki ekipmanların (fanlar, dolgu ve damla tutucular) değiştirilmesi bazı durumlarda başvurulabilecek bir seçenek olabilir. Piyasada hazır ürün olarak bulunan açık ve kapalı çevrimli soğutma sistemleri gibi daha küçük sistemler söz konusu olduğunda ise soğutma sisteminde değişiklik yapmak teknik olarak çok daha kolaydır.

Tasarım etkisine iyi bir örnek bir nükleer enerji santralinin 178 metre yüksekliğindeki büyük doğal çekişli soğutma kulesinin giriş kısmındaki düzgün (kanatlı) destek payandaları uygulamasıdır. Bu tasarım hava akımını güçlendirerek basınç düşmelerini azaltmakta ve 0,3°C daha fazla soğutma yapılabilmesine izin vermektedir. Bu tesisin sağladığı her 1°C fazladan soğutma yıllık 250.000 EUR tasarruf anlamına gelmektedir.

Bir soğutma kulesinin gerek duyduğu enerji miktarının daha fazla enerji verimliliğine sahip fanlar veya işletme sisteminin esnekliği gibi yöntemlerle azaltılmasına dair çok az durum rapor edilmiştir. Tedarikçi tarafından sağlanan bilgilerde mevcut fan tipleri ve enerji gereksinimlerine ilişkin veriler bulunabilir. Değişken hızlarda çalıştırılabilen [tm97, Immell, 1996] fanlar mevcut olduğu gibi kullanıcılara da istenen hava akımının ayarlanmasında daha fazla esneklik sağlayan çoklu fan sistemlerini kullanması önerilmektedir.

Fanların performansı üzerinde damla tutucuların yarattığı cebri basınç düşmelerinden kaynaklanan etkiyle ilgili olarak [tm092, Becker and Burdick, 1994] farklı tutucu tiplerinin tasarımları arasında farklılıklar olacağı ve fan performansı üzerindeki etki farkının tüm bir sistem bağlamı hesaba katılarak dikkatlice incelenmesi gerektiği sonucuna ulaşır. Bunun anlamı kule konfigürasyonunu ve fandaki ve damla tutucudaki akım dağıtımını da hesaba katan karmaşık bir değerlendirmeye ihtiyaç bulunduğuudur. Buradan yola çıkılarak farklı fan tasarımları arasında yararlı bir karşılaştırma yapmak mümkün olacaktır.

Soğutma kulesi dolgusunun değiştirilmesine dair örnekler ısı dönüşümü verimliliğinde kuleyi terk eden soğutma suyu sıcaklığını azaltarak ve daha iyi bir soğutma sağlayarak dikkate değer artışlar meydana geldiğini rapor etmektedir ([tm034, Hobson ve ark., 1995], [tm041, Burger, 1994], [tm1 17, Remberg and Fehndrich, 1993]).

Dolgunun ısı dönüşüm kapasitesinin iyileştirilmesi prosesin eşanjör içindeki soğumasını da iyileştirecektir. Sonuç olarak, eskisiyle aynı seviyede soğutma sağlanırken fan çalışmasına duyulan gereksinim azalmış olacaktır. Fanın çalışma seviyesinde herhangi bir azalma olmadığında bu kez soğutma kapasitesi artacaktır. Yanlış dolgu konfigürasyonunun uygulanması hava akımına gereksiz bir direnç ortaya çıkaracaktır; ancak burada kule geometrisi de önemli bir faktördür. Yoğun film

dolgu tabakaları daha büyük hava basıncı düşmelerine neden olur ve genellikle daha fazla fan enerjisi gerektirir. Püskürtme dolgular daha düşük hava basıncı düşüşüne neden olmakla birlikte düşük verimliliklerinden dolayı daha yüksek kulelere veya daha fazla sayıda hücreye ihtiyaç duyarlar; buradan kaynaklanan dezavantajlarının fan çalışması için daha fazla enerji girişi sağlanarak telafisi mümkün değildir.

Uygulama raporları soğutma sistemlerini çalıştırmak için gerekli enerji miktarının azaltılmasında bakım çalışmalarının açık bir etkisinin bulunduğunu göstermektedir. Genel olarak, su soğutma sistemleri için bunun anlamı sistemde kabuklaşma, korozyon, çökelti vb. gibi nedenlerden ileri gelen direncin azaltılması için uygun sistem arıtımı uygulamalarıdır. Sistem arıtımı uygulamaları eşanjör yüzeylerini, soğutma kulelerindeki kanallar ve contaları düzgün ve pürüzsüz tutmaya yardımcı olacaktır. Su akımına karşı direnç önlenecek, gerekli pompalama kapasitesi azalacak ve ısı dönüşümü daha verimli hale gelecektir. Proses sıcaklığındaki bir artışa karşı soğutma suyu katkı maddesi uygulamasını dengeleyen uygun soğutma suyu arıtımı (bkz. Bölüm 3.4) doğrudan enerji kullanımı yanında dolaylı enerji sarfiyatını da düşürür. iyileştirilmiş bakım sonucunda deşarj edilen her bir MW_{th} için tüketilen kW_e miktarında sağlanan azalmaya ilişkin herhangi bir sayısal veri rapor edilmemiştir.

3.3 Soğutma suyu sarfiyatı ve emisyonu

3.3.1 Su sarfiyatı

3.3.1.1 Suyun sisteme alınması ve su gereklilikleri

Su, soğutma sistemleri için ve özellikle de büyük once - through sistemler için önemli bir araçtır; buna karşılık kuru hava soğutmalı sistemlerde önemli değildir. Bu amaçla yüzey suyu, yeraltı suları veya içme suyu kullanılır. Prensip olarak deniz suyu, tuzlu su veya içme suyu soğutma amaçlarıyla kullanılabilir. Tuzlu su kıyı bölgelerinde bol miktarda mevcuttur ama bu suyun dezavantajı korozif (aşındırıcı) özelliğinin yüksek olmasıdır. Yeraltı suyunun soğutma amacıyla kullanımının ise ilerleyen yıllarda azalması beklenmektedir; çünkü yeraltı suyunun (soğutma gibi) düşük öncelikli alanlarda kullanımına, diğer ihtiyaçlar doğrultusunda zorunlu yeraltı suyu çıkarımı durumları haricinde her geçen yıl daha az izin verilecektir. Bunun bir örneği yasaklanmamış maden faaliyetleri için yeraltı suyu seviyesinin azaltılmasıdır. Yeraltı suyunun daha az bulunması soğutma amacıyla kullanılan yüzey suyu miktarında bir artışa neden olabilecektir.

Su kullanımı ve su tüketimi terimlerinin her ikisi de soğutma suyu sistemlerinin gereksinimi için kullanılmaktadır. Su kullanımı aynı miktarda ısınmış soğutma suyunun alındığı kaynağa aynen geri gönderilmesi anlamına gelmektedir (once - through sistemler için). Su tüketimi ise soğutma amacıyla kullanılan suyun yalnızca bir kısmının (çevrimli sistemlerde blöf suyu) alıcı ortama yönlendirilmesi, kalan miktarın ise soğutma sırasında buharlaştırma ve damlalaşma yoluyla ortadan kalkması anlamına gelmektedir. Tüketim özellikle kuraklığa hassas bölgelerde soğutma amacıyla yeraltı suyunun kullanıldığı durumlarda önem taşımaktadır.

Kullanılan suyun hacmi büyük ölçüde endüstri tipiyle ilgilidir. Farklı kaynaklar Avrupa'da soğutma suyu kullanımının dikkate değer seviyede olduğunu göstermektedir [Correia, 1995]. Genel olarak en büyük (yüzey) suyu kullanım payı elektrik santrallerindedir. Kalan miktarın ise az sayıda büyük ölçekli endüstri kolunca kullanıldığı hesaplanmaktadır. Yine bunların arasında da en büyük paya kimya endüstrisi sahiptir.

Gerek duyulan suyun hacmi değişik soğutma suyu sistemleri arasında farklılaşmaktadır (Tablo 3.3). Once - through sistemler için (doğrudan veya dolaylı) su kullanımı aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Prosesin ihtiyacı (kondansatör)
- İçeri alınan suyun sıcaklığı
- Alıcı suda izin verilen maksimum sıcaklık artışı
- Soğutma suyunun deşarj sırasında izin verilen maksimum sıcaklığı.

Tablo 3.3: Farklı soğutma sistemlerinin su ger eksinimi [tm001, Bloemkolk, 1997]

Soğutma sistemi	Ortalama Su Kullanımı [m ³ /h/MW]	Bağıl Su Kullanımı [%] ¹
Once - through sistem - doğrudan	86	100
Once - through sistem - dolaylı	86	100
Açık ıslak soğutma kulesi - doğrudan	2	2,3
Açık ıslak soğutma kulesi - dolaylı	2	2,3
Açık ıslak / kuru (hibrid) soğutma kulesi	0,5	0,6
Kapalı devre ıslak soğutma kulesi	Değişken	Değişken
Kapalı devre kuru hava soğutma kulesi	0	0
Kapalı devre ıslak / kuru soğutma kulesi	1,5	1,7
¹ varsayım: Soğutma kapasitesi ΔT 10 K Açık ıslak soğutma kulesi: konsantrasyon döngüsü 2 ile 4 arasında Açık ıslak / kuru soğutma: %75 kuru çalışma Kapalı devre ıslak / kuru kule: kuru çalıştırma aralığı 0 ile %25 arasında		

Açık çevrimli sistemlerde suyun büyük bir kısmı kapalı devre ıslak ve kapalı devre ıslak/kuru soğutma kulelerinde devri daim eder ve ısı özellikle de buharlaştırma yoluyla atmosfere dağıtılır. Bu sistemlerde su kullanımı önemli ölçüde değişiklik gösterir ve performans uygulanan konsantrasyon faktörüne (amaçlanan blöf tarafından düzenlenen), buharlaşmaya ve daha küçük ölçekte de ortam sıcaklığına bağlı olduğundan spesifik herhangi bir veri bulunmamaktadır.

Dolaylı kapalı devre kuru soğutma kuleleri suyu ikincil soğutucu olarak kullanabilmekle birlikte bu kullanım soğutma sistemlerince kullanılan suya kıyasla çok düşüktür. Normal olarak, ikmal veya takviye suyuna ancak pompa contaları, flanşlar veya vanalarda sızıntı meydana geldiğinde veya sistemdeki su onarım amacıyla drene edildiğinde ihtiyaç duyulur. Bu durumlarda ihtiyaç duyulan takviye miktarı düşük olduğundan içme suyu ve hatta demineralize suyun kullanımı bile ekonomik olarak mümkündür.

Mevzuat

Üye devletlerde kaynak veya alıcı ortam olarak suyla ilgili meseleler farklı kurumlarca ele alınmaktadır. Her durumda ama özellikle de kaynaklar sınırlı olduğunda su kullanımı çevre izinlerinin ayrılmaz bir parçası olmalıdır. Avrupa genelinde iyi kaliteli su kaynakları üzerindeki baskının soğutma sistemlerindeki su muhafaza tedbirlerine ilişkin baskıları artıracığı ve böylece herhangi bir kaynaktan çıkarılabilecek su miktarlarına sınırlama getirilmesi beklenmektedir. Su kullanımıyla ilgili olarak Avrupa düzeyindeki en önemli yasal düzenleme Su Çerçeve Direktifidir. Bu Direktif hem su kalitesine hem de yeraltı sularının bulundukları yüzey ekosistemleri üzerindeki etkisi ve bu su kaynaklarının sürdürülebilirliği bağlamında tanımlanan kantitatif durumlarına odaklanmaktadır. Bazı üye devletler yüzey suyunun kullanımı ve tesislere alımı konularında ulusal düzeyde ayrı mevzuatlara sahiptir.

Ortamlar Arası Konular

- Su kullanımının kısıtlanması meselesi aşağıdaki çevresel konularla ilişki içindedir:
- Yüzey suyuna ısı emisyonu,
- Soğutma suyu katkı maddelerinin uygulanması,
- Hem soğutma prosesi hem de üretim sürecinde enerji sarfıyatı,
- Dolaylı emisyonlar.

Soğutma için kullanılan suyun azaltılmasının en iyi çözüm olup olmadığı konusunda bir değerlendirme yapabilmek için bu faktörlerin her birinin hesaba katılması gerekir. Aşağıdaki paragraflarda uygulamadaki azaltım tekniklerine ilişkin seçenekler tanımlanmaya ve bunların ortamlar arası etkileri açıklanmaya çalışılmaktadır.

3.3.1.2 Su sarfiyatını azaltmak için uygulanan teknikler

Soğutma amacıyla kullanılan suyun azaltılması suyun doğal veya ekolojik nedenlerle sınırlı olduğu yerlerde özellikle üzerinde durulan bir konudur. Bu bölgeler kuraklığa uğramış veya mevsimsel yağış miktarı düşük yerler olabilir. Yeraltı su kaynaklarının yok olması tehlikesi ve soğutma suyuna duyulan ihtiyacın görece yüksek olduğu ve bu su talebinin yararlanılan nehrin debisine yaklaşması veya bu debiden yüksek olması durumları veya yüzey suyuna yönelik ısı emisyonlarının yasak olması halleri tipik olarak karşılaşılan örneklerden bazılarıdır.

1. Soğutma Teknolojisi

Soğutma için ihtiyaç duyulan su miktarının azaltılmasında sistem seçimi önemli bir yere sahiptir. Sıfırdan bir tesis inşa edilmesi durumlarında örneğin açık soğutma kuleleri uygulanarak hava soğutma sistemlerinin kullanılması önerilir. Büyük sistemler için ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesi kuru hava soğutma seçeneklerini sınırlayabilir; çünkü bunun için geniş bir ısı dönüşüm alanına ihtiyaç duyulur. Eğer bu seçenek uygulanabilir bir seçenekse genel verimlilikteki değişime, fan çalışmasının işletme maliyetlerinde neden olduğu artışa ve gürültü yalıtım maliyetlerine dikkat edilmelidir. Kuru soğutma sistemi uygulamaları genellikle proses verimliliğinde bir azalmayı da beraberinde getirir. Bu nedenle ıslak sistemler tercih edilir. Yalnızca hiçbir şekilde su kullanımının mümkün olmadığı durumlarda (besleme suyu) kuru soğutma kaçınılmaz hale gelir.

Mevcut önce - through sistemler için çevrimli sistemler (açık ıslak soğutma kuleleri) su gereksinimini azaltmak için başvurulacak seçenekler arasında yer almaktadır. Kuleler buharlaşmadan kaynaklanan su kaybını azaltmak için standart teknik olarak damla tutucularla teçhiz edilir. Genel olarak çevrimli sistemin anlamı ısı dönüşüm yüzeyinin kabuklaşma ve korozyona karşı korunması için bazı tedbirler alınması gerektiğidir. Diğer taraftan, soğutma sistemi çevriminin uygulanması aynı zamanda yüzey suyuna ısı emisyonunun azalması anlamına da gelmektedir.

2. Sistem işletimi

Çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde yaygın olarak uygulanan bir yöntem blöf frekansının azaltılması vasıtasıyla konsantrasyon faktörünün yükseltilmesidir. Su ne kadar temizse bunun gerçekleştirilmesi o denli kolay olacaktır. Ayrıca bir açık ıslak soğutma kulesine uygun bakım yapılması da soğutma suyunun kirlenmesini azaltarak gerçekleştirilecek döngü sayısını artıracak ve blöf sıklığının azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Konsantrasyon döngülerinin artırılması genellikle herhangi bir birikinti riski olmaksızın daha yüksek tuz yoğunluğuna izin veren çökelti önleyici kimyasal madde talebini artırır. Özellikle su gereksinimini azaltmak ve blöf hacmini düşürmek üzere daha yüksek konsantrasyon döngülerinde çalışmak üzere tasarlanmış mevcut su arıtım programlarına ilişkin bir dizi rapor bulunabilir [tm094, Alfano and Sherren, 1995]. izin koşulları uyarınca, blöf suyundaki elementlerin yoğunluğundaki artış potansiyeline özel dikkat gösterilmelidir. Soğutma kulesi döngülerinin maksimize edilmesi sonuçları ve karşılaşılan problemlere ilişkin eleştirel bir inceleme [tm095, Cunningham, 1995] kapsamında bulunabilir. Varılan sonuç döngü sayısını artırma kapasitesinin çok sayıda kimyasal ve fiziksel faktöre (örneğin su sıcaklığı, pH, suyun hızı) bağlı olduğu ve yüksek derece uzmanlık gerektirdiği şeklindedir. işletme koşullarının çeşitliliği ve suyun kimyası dikkate alındığında maksimum döngü sayısını tahmin etmek mümkün olmayabilir ve soğutma sistemi ekonomik olarak işletilebilir seviyeye gelmeden önce karşılanması gereken maliyetler dikkate alınmalıdır.

3. Ek Teknikler

Görel olarak sınırlı miktarda su kullanan çevrimli sistemler için bir dizi ek teknik uygulamaya konmuştur. Bu teknikler soğutma suyu kalitesinin iyileştirilmesini amaçlamaktadırlar. Soğutma suyunun ön arıtımı (flokülasyon, çökeltme, filtreleme ve membran teknolojisi gibi) aynı konsantrasyon faktörü için daha az blöfe ihtiyaç duyulan durumlarda su gereksinimini azaltabilir. Bununla birlikte, su arıtma uygulamaları daha sonra ortadan kaldırılması gereken çamur oluşumuna sebep olacaktır (Bkz, Blöfle ilgili EK IV).

Buharlaştırma göletleri şu anda bazı eski tesislerde halen uygulanan ve gelişmeye de devam eden bir tekniktir. Bu teknikte soğutma suyu yüzey suyuna deşarj edilmeden önce ön soğutmadan geçirilmekte ve böylece ısı emisyonları önlenmektedir; ancak bu sistem toplam sirkülasyonun parçası olarak soğutma kuleleri ile benzer şekilde hizmet verebilmektedir. Buharlaştırma göletinde su büyük bir rezervuara püskürtülmekte, böylece geniş bir soğutma yüzeyi elde edilmekte ve bu sayede

soğuması sağlanmaktadır. Bu su daha sonra tekrar kullanılabilir (EK XI). Aerosol oluşumundan kaynaklanan mikrobiyolojik risklere dikkat edilmelidir (bkz. 3.7.3).

Su kaynaklarına duyulan gereksinimin azaltılması ayrıca bir veya daha fazla tesis sahasındaki farklı endüstriyel birimlerin su akımlarının birbirine bağlanmasıyla da sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu su koruma yöntemi oldukça başarılı olabilir ancak dikkatle düşünülmesi gerekir. Endüstri bölgelerinde su muhafaza alternatiflerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir dizi önemli konu bulunmaktadır [tm065, Meier and Fulks, 1990]:

1. Mevcut su kaynakları ve bunların kimyasal özelliklerine ilişkin bir saha araştırması;
2. Bu kaynakların miktarı ve mevsimsel dalgalanmalarının değerlendirmesi;
3. Su kaynaklarındaki kirleticiler ve uygulanan arıtmaların değerlendirmesi;
4. Devam eden su kaynağı arıtım programlarının mevcut soğutma suyu koşullama yöntemleri üzerindeki etkisi;
5. Geri dönüştürülen suyun potansiyel iletkenlik artışlarının bu suyun kullanıldığı proses üzerindeki etkisi;
6. Soğutma sistemleri için kimyasal arıtma programı seçenekleri;
7. Alternatif yeniden kullanım metodlarının ekonomisi.

Yukarıda listelenen faktörler su kaynaklarının seçimini ve yeniden kullanılabilir suyun miktarını etkiler. Tesis alanındaki tipik su kaynakları tipik soğutma kulelerinden ve kazanlardan gelen blöftür. Ayrıca üçüncül arıtma gerçekleştiren belediye atıksu arıtma tesisi çıkış suyu da kullanılır. Her halükârda suyun yeniden kullanımını artırmak için daha da karmaşık bir atıksu arıtım programına duyulan ihtiyacın artmasından sakınılması büyük önem taşımaktadır (EK XI). Buharlaştırma göletli blöfünün yeniden kullanımı ayrıca suyun tuz içeriğinin artmasına hassas olmayan uygulamalarda da mümkündür.

Blöfün arıtılması ve yeniden kullanılmasıyla teknolojiye dayalı sıfır deşarj sistemi uygulanabilir. Nihai çamurun ortadan kaldırılma masrafları ile blöfün koşullanması ve deşarjına ilişkin çevresel maliyetlerin bir değerlendirmesinin yapılması gereklidir (EK XI).

3.3.2 Balıkların suyla sisteme sürüklenmesi

3.3.2.1 Balıkların sisteme sürüklenme derecesi

Once - through soğutma suyu sistemlerinde olduğu gibi büyük bir su alım ağızı söz konusu olduğunda balıkların bu girişe çarpmaları ve içine sürüklenmeleri bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Soğutma suyu alımındaki eleklerden geçerek pompalar ve kondansatörlere sürüklenen balıklar –ama özellikle de balık larvaları- genel olarak örneklenmemektedir. Balıkların sisteme çarpması yerel bir meseledir ve sisteme çarpan balık miktarı yine tesis sahasına özgü bir çözüme gidilmesini gerektiren karmaşık teknik ve hidra biyolojik faktörlere dayalıdır. Su büyük miktarlarda ve büyük bir hızla giriş kanallarına çekilir. Eşanjörlerin tıkanmaya ve mekanik hasara karşı korunması için giriş kanalları genellikle moloz filtreleriyle teçhiz edilir. Balıklar kondansatörler veya eşanjörlerde bulunan eleklerle doğru sıkıştırıldığında sıkışma meydana gelir. Soğutma suyuyla birlikte sisteme daha pek çok küçük canlı sürüklenerek meydana gelen mekanik hasarla öldürülür ve böylece yıgılma adı verilen olay gerçekleşir.

Soğutma suyuyla birlikte sisteme çekilen veya soğutma sisteminin girişinde yakalanan balıkların sayısına ilişkin kapsamlı bir rapor bulunmamaktadır. Rhine nehri üzerinde kurulu 22 - 25 m³/s soğutma suyu debisine sahip Hollanda elektrik santralinin 600 MW_e kapasitesindeki soğutma suyunca sıkışmaya uğrayan balıklarla ilgili 24 saatlik örnekleme dayanan sonuçlar analiz edilmiştir [KEMA, 1992]. Sonuçlar göstermektedir ki sistem tarafından çekilen balık miktarı aynı yıl içinde farklı mevsimler arasında olduğu kadar yıllar arasında da büyük değişiklik göstermektedir. Sisteme sürüklenen balık miktarı yaz aylarında daha çok olmaktadır.

İngiltere'deki Trent Nehri'nde kurulu 2000 MW kapasitesindeki elektrik santrali üzerinde gerçekleştirilen çalışmaya göre sisteme balık çarpması olaylarının çoğunluğu bariz bir farkla yaz aylarında ve akşam karanlığı çökerken veya hemen sonrasında yaşanmaktadır. Elektrik santralinde once - through sistem bulunmamakta ve önemli bir balık sürüklenmesi vakası yaşandığına dair bulgu bulunmamaktadır. Bu durum Thames nehri üzerinde kurulu bulunan benzer büyüklükteki bir başka

elektrik santralinde de gözlenmiştir [Carter and Reader, baskıda]. Her iki tesisteki elekler yaklaşık 9 mm göz genişliğine sahiptir. Hollanda'daki dokuz adet elektrik santralinde sisteme sürüklenen ve sıkışan balıklar üzerine yapılan bir çalışma sıkışan balıkların %95'inden fazlasının aynı yılın bahar ayında yumurtadan çıkmış, 0+ yaşında ve 10 cm'den kısa uzunlukta olduğunu göstermektedir. Bu bulgu yukarıda belirtilen Trent Nehri üzerindeki elektrik santralinde gerçekleştirilen çalışmanın sonuçlarıyla da teyit edilmektedir; ancak gözlenen doğal ölümlerle karşılaştırıldığında, buradaki sıkışmada ölüm oranı %100 olsa da balık ölüm oranı ihmal edilebilir seviyede kalmaktadır [Carter and Reader, baskıda].

Ayrıca sisteme çarpan balık sayısı ve sisteme çarpan balık türleri söz konusu olduğunda da farklı elektrik santralleri arasında farklılık olduğu görülmektedir. Hollanda'da Rhine Nehri ve Meuse Nehri ile bu nehirlerin kolları üzerinde bulunan altı elektrik santralinde yapılan bir örneklem çalışmasının sonuçları sisteme çarpan balık türlerinin 12 ila 25 arasında değişiklik gösterdiğini ve soğutma suyu eleklerinde ise yıl boyunca ortalama her 1000 m³ soğutma suyu geçişine takılan balık sayısının da 0,02 ile 2,45 arasında değiştiğini göstermektedir [Hadderingh ve ark., 1983]. Göllerdeki, deltalarındaki ve deniz kıyılarındaki elektrik santrallerinde ise gözlenen balık sıkışması sayısı nehirlerdekine nazaran çok daha yüksek olabilmekte ve her 1000 m³ başına 25'e kadar çıkabilmektedir [KEMA, 1982].

Tablo 3.4: Enerji santrallerinde balık çarpma oranları (FIR). Soğutma suyu debisine normalleştirilen yıllık yakalanmalar [tm164, Travade, 1987] ve [tm165, Turnpenny et al, 1985]

Su	Elektrik Santrali	Güç (MWe)	FIR (kg/10 ⁶ m ³)
Kuzey Denizi	Sizewell A	480	73
	Kingsnorth	2000	4,4
	Dunkerque	600	19
	Gravelines	5400	48
İngiliz Kanalı	Dungeness A	410	190
	Dungeness B	1200	40
	Paluel	5200	43
	Fawley	2000	19
Bristol Kanalı	Hinkley B	1300	24
İrmak Ağzları	Le blayais	3600	79
Nehirler	Loire (St Laurent A)	1000	1,8

3.3.2.2 Uygulanan azaltma teknikleri

Büyük miktarda su alımından kaynaklanan balık çarpmalarını önlemek için endüstride birbirinden farklı sonuçlara sahip bir dizi teknik geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur. Bu tekniklerin sonuçları ve MET gereklerini karşılama kabiliyeti tesis sahası bağlamında mutlaka dikkate alınması gereken çok sayıda biyolojik, çevresel ve mühendislik faktörüne bağlıdır. Bu nedenle farklı teknikler arasında bir karşılaştırma yapmak imkânsızdır.

1. Soğutma Teknolojisi

Balıkların suyla sisteme sürüklenmesini önlemek için gerçekleştirilen teknoloji değişiklikleri rapor edilmemiştir. Açıktır ki; son derece maliyetli bir işlem olan, açık veya kapalı çevrimli soğutma sistemlerine dönüşüm işlemi sırasında balıkların suyla sisteme sürüklenmesi konusu dikkate alınmayacaktır. Bu ancak sıfırdan yeni bir tesis inşasında söz konusudur. Balıkların sisteme alınmasını önleyen cihazlar örneğin enerji sektöründe ve rafinerilerde hali hazırda kullanılmaktadır. Balıkların sisteme çarpmasını önlemek için başvurulacak çareler şunlardır:

- Normal balık sürüklerini yönlendirmek için uygun ancak yılanbalıklarında etkili olmayan ses cihazları;
- Yılanbalıklarının uzaklaştırılmasında faydalı olan, su altı lambaları bulunan ışık sistemleri;
- Su giriş yapısının konumlandırılması, derinliği ve tasarımı;
- Su akışının giriş hızının azaltılması (buna rağmen, İngiltere'de gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen veriler sisteme yakalanan balıkların yüzerek akıntıdan kaçmak için yeterli fiziksel kapasiteye sahip olduklarında bile kendilerini akıntıya bıraktıklarını göstermektedir);

- Soğutma suyu eleklerinin delik büyüklüklerinin ayarlanması (soğutma sistemine gelecek zararları önlemek üzere). Yapılan gözlemler 5 x 5 mm ebadındaki bir elek gözünün soğutma suyu çıkışında sıkışmaktan kurtulan balık sayısının 2 x 2 mm ebadındaki elek gözünden kurtulanların yaklaşık iki katı civarında olduğunu göstermiştir. Çünkü balık larvalarının birbiri üzerine yığılarak ölme oranı sıkışarak ölme oranından daha yüksektir [KEMA, 1972] ve [Hadderigh, 1978].

Balıkların üst üste yığılmasıyla meydana gelen ölümler balıkların soğutma suyu eleklerinden geçebilmesini sağlayan ve onları yeniden yüzey suyuna geri gönderen bir sistem vasıtasıyla sağlanabilir.

2. işletme pratiği ve hat sonu teknikleri

Su giriş hızının 0,1-0,3 m/s altına düşürülmesi açıkça olum bir etki yaratmış ve içeri çekilen balık sayısını azaltmıştır. Ancak hızın azaltılması su giriş ağız kanallarının daha büyük olmasını gerektirmekte ve bu da teknik ve mali sonuçlar doğurabilmektedir. Genelde işletme pratiğinde veya uygulamada meydana gelen değişikliklerde balıkların sisteme çarpması durumuna hat sonu teknikleri uygulanmaz; ancak –herkes tarafından paylaşılsa da- sisteme çarpma vakalarının günlük ve mevsimlik şablonları dikkate alınarak azaltılabileceği yönünde de bir görüş vardır.

Tablo 3.5: Soğutma suyu giriş ağız cihazları için mevcut balık koruma teknolojileri [tm152, Taft, 1999]

Kategori	Koruma Tekniği	Sonuçlar	Hatırlatmalar
Balık toplama sistemleri	Gezici su eleklerinin elek gözü büyüklüğünün optimize edilmesi (büyütülmesi)	Sisteme sürüklenen balık larvalarının ve çok genç balık stadyalarının hayatta kalma oranının yükselmesi	Bu balık stadyalarının sürüklenmeden kaynaklanan ölüm oranı çarpmadan kaynaklanan ölümlerden daha düşüktür.
	Balıkların gezici eleklerden uzaklaştırılmasını ve yüzey suyuna geri dönmelerini sağlayan düşük basınçlı su jetleri	Balığın yüzey suyuna geri taşınması	Gezici eleklerin temizlenmesi için ikinci bir yüksek basınçlı su jeti kullanılmasını gerektirir.
	Eleklerde balık kovaları	Çarpan balığın hayatta kalma oranını artırır.	Balıklar yüzey suyuna geri taşınma sırasında sürekli olarak suda kalır.
	Gezici eleklerin sürekli olarak döndürülmesi (rotasyon)	Çarpan balığın hayatta kalma oranını artırır.	Çarpma süresinin azaltılması
	Balık pompaları	Balığın yüzey suyuna geri taşınması	Borularda uygun koşulların devam ettirilmesi karmaşıktır.
Balık dağıtma sistemleri	Balığın teğet geçmesine izin veren açılı elekler ve panjurlar	- sert türlerin hayatta kalma oranı (50-100%) > kırılgan türler - Balık yumurtaları, larvalar ve küçük omurgasızlar için değil	- Tek biçimli, sabit ve düşük hızlı akım gerektirir. - Molozların taşınmış olması gerekir.
Davranışsal engeller	Işıklar - flaş ışıklar - sürekli ışıklar - cıvalı lambalar - diğer ışıklar	Farklı ışık sistemlerinin etkisi yerel koşullarına, balık türlerine ve balığın gelişim stadyasına bağlıdır.	Birçok durumda geri çevrilen bir balığın teğet geçmesi zorunludur.
	Ses	Farklı ses sistemlerinin etkisi yerel koşullarına, balık türlerine ve balığın gelişim stadyasına bağlıdır.	Birçok durumda geri çevrilen bir balığın teğet geçmesi zorunludur.

3.3.2.3 Ses cihazları ve ışık sistemlerinin maliyeti

Açıktır ki; mevcut sistemde yapılacak herhangi bir değişikliğin bir maliyeti olacaktır. Enerji sektöründe mevcut tesisler üzerinde balıkların korunması amacıyla yapılan değişikliklerin ek maliyetinin söz konusu tadilat süresince meydana gelen üretimin aksaması maliyetleri dahil olmak üzere 40000 ila 200000 EUR arasında değiştiği rapor edilmektedir. Sıfırdan yeni bir tesis inşa edilmesi durumlarında alternatif su girişi cihazları alımına yapılacak yatırım muhtemelen daha düşük olacaktır. iyi bir etkinlik için ses cihazları ve ışık sistemleri arasından geçen su akımının hızı 0,3 - 0,5 m/s'den daha yüksek olmamalıdır. Bu da sistemlerin uzunluğunu belirler.

100 metre uzunluğundaki bir ışık sisteminin malzeme ve inşaat maliyeti 90000 - 140000 EUR arasındayken aynı uzunluktaki bir ses sisteminin (BAFF) maliyeti ise yaklaşık 180000 Euro'dur.

3.3.3 Yüzey suyuna ısı emisyonu

3.3.3.1 Isı emisyonu seviyeleri

Deşarj edilen tüm ısı nihayetinde havaya karışacaktır. Eğer su aracı soğutma ortamı olarak kullanılıyorsa tüm ısı ya bir soğutma kulesindeki su damlacıklarından veya alıcı ortam suyu yüzeyinden havaya aktarılacaktır. Isı yüzey suyunu terk etmeden önce su ekosistemini etkileyebilir ki bundan kaçınmak gerekir.

Isı emisyonu aynı zamanda kullanılan ve deşarj edilen soğutma suyu miktarıyla da yakından ilgili bir meseledir. Doğrudan veya dolaylı önce - through sistemler tanımları itibarıyla ve ısı tümüyle soğutma suyu vasıtasıyla deşarj ediliyor olduğundan yüzey suyuna deşarj edilen ısıнын en büyük kaynağını teşkil ederler. Çevrimli sistemlerdeki soğutma suyu ihtiva ettiği ısıнын çoğunu bir soğutma kulesi vasıtasıyla havaya bırakırlar. Bir soğutma kulesinden drenaj yoluyla deşarj edilen ısı deşarj edilecek toplam ısıнын %1,5'i civarına kadar çıkabilir; %98,5'i ise havaya karışır. Bu ısı emisyonlarının su ekosistemleri üzerindeki etkileriyle ilgili bilgilerimiz sınırlı olmakla birlikte yüksek yaz ayı sıcaklıkları ve küçük alıcı su yolları ile ilgili tecrübeler söz konusudur. Isı artışı respirasyonun ve biyolojik üretimin (ötrofikasyonun) artışına sebep olabilmektedir. Soğutma suyunun yüzey suyuna deşarjı toplam su çevresini ve özellikle de balıkları etkilemektedir. Isıнын yaşam formları ve bunların fizyolojisi üzerinde doğrudan, oksijen dengesi üzerinde ise dolaylı etkileri bulunmaktadır.

Isınma oksijenin doygunluk değerini düşürür; yüksek oksijen yoğunluğu oksijen seviyesinin azalmasına yol açar. Isınma ayrıca organik maddelerin mikrobiyal bozunmasını da hızlandırarak oksijen tüketiminin artmasına sebep olur. Ayrıca, soğutma suyu sirkülasyonunun bulunduğu veya belli sayıda endüstri tesisinin aynı sınırlı miktarda yüzey suyunu kullandığı yerlerde yüzey suyu akımına gerçekleşen ısı emisyonlarının akımın aşağısındaki noktalarda faaliyet gösteren endüstriyel proseslerin çalışmasına zarar vermesini önleyecek tedbirler hakkında dikkatli olunmalıdır.

Suyun yaklaşık olarak 4,2 kJ/kg/K seviyesine kadar yükselen özgül ısısından hareket ederek sıcaklık artışı hesaplanabilir. Örneğin soğutma suyu ortalama 10 K kadar ısındığında 1 MWth ısı 86 m³/saatlik bir soğutma suyu debisini gerektirecektir. Kabaca ifade etmek gerekirse her bir kW_{th} için 0,1 m³/saat soğutma suyunu ihtiyaç vardır. Soğutma suyu devri daim ettirilerek ısı bir soğutma kulesindeki soğutma suyu aracılığıyla buharlaştırılarak havaya transfer edilir. Bu sırada suyun buharlaşma ısısı 2500 kJ/kg'dır (20°C'de).

Özellikle enerji sektöründe büyük miktarlarda ısıнын yüzey suyuna deşarjında rol oynayan faktörler araştırılmıştır. Isı emisyonları değerlendirilirken bir dizi fiziksel fenomen dikkate alınmalıdır. Bunlardan bazıları şunlardır:

- Alıcı suyun sıcaklığında meydana gelen mevsimsel değişimler;
- Nehirlerin su seviyelerinde meydana gelen mevsimsel değişimler ve akıntının hızındaki değişimler;
- Deşarj edilen soğutma suyunun alıcı suyla karışma seviyesi (yakın alan veya uzak alan);
- Kıyı alanlarındaki gelgit hareketleri veya güçlü akıntılar;
- Sudaki ve havaya yönelik iletim.

Yüzey suyu üzerindeki sıcak su buharı davranışı yalnızca alıcı çevrenin korunmasında değerli olmakla kalmayıp su giriş ve çıkışı için doğru noktanın seçiminde de önem taşıyacaktır. Sisteme alınan suyun sıcaklığını ve dolayısıyla soğutma sisteminin verimliliğini etkileyen duman sirkülasyonunu önlemek her zaman çok önemli olacaktır. Bir örnek vermek gerekirse, güçlü akıntılarla karışmadan (örneğin bir gölde) 1 K ısınma izotermi sınırları içinde tanımlanan ısı dumanının büyüklüğü konvansiyonel bir elektrik santralinde her MW_e için 1 ha civarında veya 5000 MW_e kapasitesindeki bir enerji santralinde yaklaşık 45 km²'dir. Isı dumanı davranışının daha geniş bir açıklaması için bkz. EK XII.

3.3.3.2 Isı emisyonu ile ilgili yasal gereklilikler

Belli tatlı su havzalarına ilişkin gereklilikler

78/659/EEC sayılı (18 Temmuz 1978) Avrupa Direktifi balıkçılık faaliyetlerine tahsis edilmiş tatlı su kaynaklarındaki belli maddeler ve buralara yapılan ısı deşarjları ile ilgili çevre kalite standartlarını belirlemektedir. Direktif Üye Devletlerle ilgili derogasyonların (istisnalar) ele alındığı 11. Madde hükümlerinden birinde yerel koşullara atıfta bulunmaktadır.

Termal (ısı) gereklilikler ilgili su kaynağında yaşayan balık türlerine bağlı olduğundan su kaynakları içerdikleri balık popülasyonuna göre ikiye ayrılmaktadır:

- Salmonid (alabalıkgillerin bulunduğu) sular,
- Siproinid (sazangillerin bulunduğu) sular

Her ekolojik sistem için üç ısı parametre uygulanmaktadır:

- Karışım kuşağı sınırındaki maksimum su sıcaklığı,
- Soğuk su türlerinin yavrilama ve gelişim dönemindeki maksimum sıcaklık ve
- Maksimum sıcaklık artışı.

Tablo 3.6: İki ekolojik sistemdeki su sıcaklıkları için termal gereklilikler (78/659/EEC sayılı Avrupa Direktifi)

Parametre	Salmonid (Alabalıkgiller ağırlıklı) sular	Siproinid (Sazangiller ağırlıklı) sular
Karışım kuşağı sınırındaki T _{max} (°C)	21,5	28,0
Soğuk su türlerinin yavrilama ve gelişim dönemindeki T _{max} (°C)	10,0	10,0
Karışım kuşağı sınırındaki ΔT _{max} (°C)	1,5	3,0
Not: sıcaklık sınırları toplam sürenin en fazla %2'sinde aşılabılır.		

Diğer alıcı su havzaları

Üye Devletlerde yüzey suyuna yönelik ısı emisyonu alıcı yüzey suyunun hassasiyeti, yerel iklim koşulları, alıcı ortamın ısı yükleri karşılama kapasitesi ve mevcut akıntılar ve dalgalar (suyun hidrodinamik özellikleri) gibi ekolojik koşullar ve diğer faktörlere bağlı olarak çeşitli şekillerde düzenleme altına alınmaktadır. Yapılan düzenlemeler ısı emisyonlarını genellikle alıcı yüzey suyuyla ilişkisi içinde ele almaktadır. Bu düzenlemelerin bazı örnekleri şunlardır:

- Maksimum deşarj sıcaklığının standardize edilmesi (örneğin ılıman iklimlerde 30°C, sıcak iklimlerde ise 35°C yaz sıcaklığı),
- Maksimum ısınmanın alınan suyla ve mevsimsel sıcaklık değişimleriyle bağlantılı olarak sınırlandırılması (örneğin üretim prosesinde soğutma suyu mesafesi üzerinde ölçülen 7-10 K'lık ΔT_{max})
- Yüzey suyunun maksimum kabul edilebilir sıcaklık profilinin ve toplam kullanılabilir soğutma kapasitesinin düzenlenmesi.

Bu gereklilikler izin dokümantasyonlarında formüle edilir.

Diğer düzenlemeler önceden genel bir deşarj sıcaklığı tanımı yapmaz. Başlangıç olarak sınır deşarj sıcaklığı soğutma sistemi tipine bağlıdır. Bunun yanında yüzey suyu sıcaklığındaki mevsimsel değişimler de izin verilecek deşarj sıcaklığının belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Bazı bölgesel kuruluşlar alıcı suları sınıflandırırken hâkim olan faunanın temel özelliklerini de kullanır.

3.3.3.3 Uygulanan Azaltma Teknikleri

1. Soğutma Teknolojisi

Isı emisyonlarını minimize etmenin en iyi yolu birincil prosesi optimize ederek soğutma ihtiyacını azaltmak veya üretilen fazla ısı için müşteri bulmaktır. Isının çevreye deşarj edilmesi durumunda ana sorun yüzey suyuna gerçekleşen emisyonlardır. Azaltma teknikleri düşünülürken tüm sürecin sonunda ısının tamamının havaya karışacağı ve yüzey suyunun aslında yalnızca bir aracı ortam olduğu gerçeği mutlaka göz önünde bulundurulması çok önemlidir. Farklı soğutma sistemleri arasında seçim yapılırken hangisinin tercih edileceğine karar verilebilir. Böylece ısı deşarjının doğuracağı çevresel etkiler buharlaşmadan kaynaklanan su kaybı göze alınarak ve ısının daha büyük kısmını atmosfere, olabildiğince az kısmını ise yüzey sularına deşarj ederek en aza indirilebilir. Yüzey sularına ısı deşarjının minimize edilmesi su kullanımının en aza indirilmesi ve genel enerji verimliliği ile ilintilidir. Isı iletimi ve buharlaştırma yoluyla deşarj edilen ısı miktarı arttıkça, eğer doğal çekiş sistemi kullanılmıyorsa fan kullanımı nedeniyle deşarj edilen her MW'lık ısı için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur. Bu durum genellikle daha büyük yatırımlara ve daha fazla alan kullanımına yol açar.

Büyük kapasiteler söz konusu olduğunda (esas olarak) göller ve nehirler gibi yüzey sularına yönelik ısı yükünün düşürülmesinde yaygın olarak başvurulmuş bir çözüm söz gelimi önce - through sistemler yerine açık ıslak veya ıslak /kuru soğutma kuleli çevrimli sistemlerin tercih edilmesi gibi uygun bir ısı transfer teknolojisi kullanmaktır.

2. İşletme uygulamaları

Yüzey suyuna deşarj edilen ısının azaltılması veya önlenmesine yönelik özel bir işletme seçeneği rapor edilmemiştir.

3. Ek Tedbirler

Avrupa'da küçük ölçekte olmakla birlikte halen daha kullanılmakta olan ve son zamanlarda yeniden ilgi çekmeye başlayan eski bir uygulama buharlaştırma (sprey) havuzlarının kullanılmasıdır. Suyun soğuması için yeterli yüzey alanının bulunması kadar çıkış ağzının açısı ve suyun tekrar soğutma döngüsüne girmeden önce havuzda kalmasına izin verilen süre de önemli faktörlerdir. Bu tekniği değerlendirmek için aynı kapasiteye sahip bir soğutma kulesi ile karşılaştırmamız gerekir. Bu karşılaştırmada dikkat edilecek konular şunlardır:

- İhtiyaç duyulan yüzey alanı,
- Buharlaşmadan kaynaklanan su kaybı
- Enerji kullanımı
- Su arıtımına duyulan gereksinim ve
- Aerosol oluşumundan ileri gelen mikro biyolojik riskler (ayrıca bkz. 3.7.3).

Bir başka hat sonu tekniği büyük elektrik santrallerinin deşarjlarının bir soğutma kulesi vasıtasıyla ön soğutmadan geçirilmesidir. Bu teknik yüzey suyundaki deşarj sirkülasyonunun su girişindeki soğutma sıcaklığını etkileyebildiği yerlerde başvurulmuş masraflı bir tekniktir. Fazladan soğutma kulesi artı buharlaşmadan kaynaklanan su kaybının neden olduğu ek maliyetler daha yüksek sıcaklıktaki bir giriş suyunun neden olacağı verimlilik düşüşünden kaynaklanan maliyetlerle karşılaştırılmalıdır.

Isı deşarjının olumsuz etkilerini azaltmak için önerilebilecek bir başka tedbir ise soğutma sisteminin su çıkışında oluşturulan türbülans vasıtasıyla ısının bir kısmının ortadan kalkmasının sağlanmasıdır. Bu yöntemin bir yan etkisi yüksek soğutma suyu sıcaklıklarından kaynaklanan oksijen kaybını telafi etmek için gerekli soğutma suyunun oksijen içeriğinde meydana gelecek artıştır. Bu etki hakkında herhangi bir veri bulunmamakta ve yol açacağı sonuçlar bir soru işareti olarak durmaktadır.

3.4 Soğutma suyu arıtımından ileri gelen emisyonlar

Soğutma suyu arıtımından kaynaklanan, yüzey suyuna yönelik emisyonlar soğutma sistemleriyle ilgili en önemli konular arasında yer almaktadır. Islak soğutma sistemlerinden kaynaklanan, yüzey suyuna yönelik emisyon kaynakları dört grup altında toplanabilir:

- Sızıntıdan kaynaklanan proses kimyasalları (ürünler) ve bunların tepken maddeleri;
- Soğutma sisteminin maruz kaldığı korozyonun neden olduğu korozyon ürünleri;
- Uygulanan soğutma suyu katkıları ve bunların tepken maddeleri;
- Havadan kaynaklanan maddeler.

Bu emisyonları kontrol etmek için farklı teknikler uygulanmaktadır. Sızıntı sonrası kontrolsüz emisyon olasılığı yanında sızıntı riski de azaltılabilir ve korozyonu azaltmak için ekipmanda kullanılabilecek en uygun malzeme seçilebilir. Bu bölüm soğutma suyu katkı maddelerinden kaynaklanan emisyonların miktarını ve etkisini azaltmaya yönelik tedbirler üzerinde yoğunlaşacaktır. Bu tedbirler:

- Su arıtımına duyulan gereksinimin azaltılması;
- Çevre üzerinde daha düşük etki yaratan kimyasal arıtma yöntemlerinin kullanılması ve
- Kimyasalların en verimli şekilde kullanılmasına yönelik sistem işletimi tedbirleridir.

3.4.1 Soğutma suyu arıtımının uygulanması

Isının verimli bir şekilde transferini artırmak ve soğutma sistemini koruyarak ekipmanın performansından kaynaklanan olumsuz etkileri gidermek için soğutma suyu arıtılır. Bir başka deyişle, soğutma suyu arıtımı toplam enerji tüketimini azaltmayı amaçlar.

Olumsuz etkiler soğutma için sisteme alınan suyun kimyasal özellikleriyle ve soğutma sisteminin çalıştırılma şekliyle (örneğin konsantrasyon döngüleri) çok yakından ilgilidir. Tuzlu suya özgü gereklilikler tatlı suya göre daha farklı olacaktır ve kirlетici maddelerden kaynaklanan endüstriyel emisyon akıntıları söz konusu olabilecektir. Ayrıca, soğutma suyu eşanjörlerden kaynaklanan proses akışkanı sızıntılarıyla veya ıslak açık soğutma kulesi kullanılıyorsa kuleden geçerek tozla, mikro organizmalarla ve su buharıyla karışan havayla kirlетilmiş olabilir.

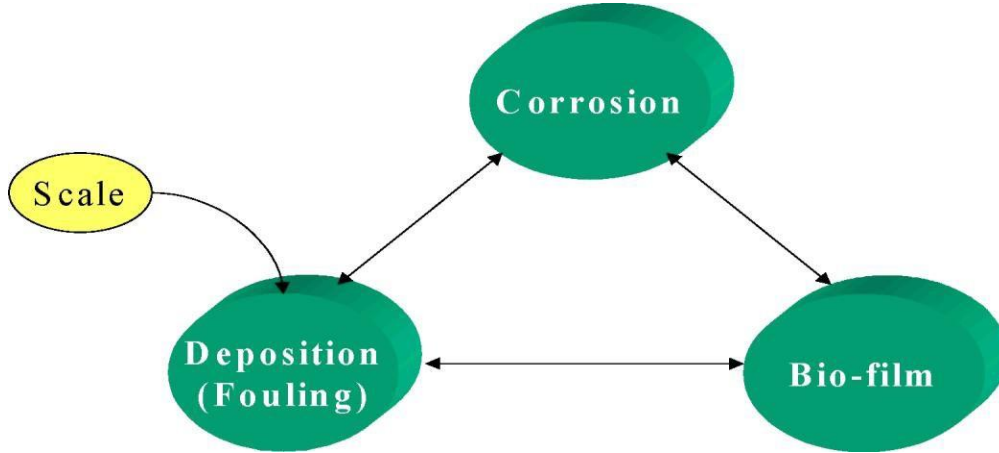
Soğutma suyu katkıları önce - through sistemlerde, açık ıslak soğutma sistemlerinde, kapalı devre ıslak soğutma sistemlerinde ve ıslak / kuru sistemlerde kullanılır. Suyun kuru sistemlerin kangal yapısında aracı soğutucu olarak kullanıldığı yerlerde suyu kapalı döngü içinde koşullamak için çok küçük miktarlarda katkı maddesi kullanılabilir.

Katkı maddeleri çevresel olarak önemlidir: bunlar belli bir aşamada soğutma sistemini terk eder, yüzey suyuna veya daha nadir olarak da havaya deşarj edilirler. Genel olarak, kullanılan kimyasal maddelerin kimyasal özellikleri ve uygulama şekli bilinmekle birlikte oksidan olmayan biyositlerin seçimi çoğu zaman —deneme-yanılmal metoduna dayanır. Kullanılan kimyasalların çevresel etkileri modelleme (risk / zarar) veya ölçüm yoluyla değerlendirilebilir. Bu maddeler verimli bir ısı dönüşümü sağlamak için uygulandıklarından aynı zamanda ısı dönüşüm verimliliğinin düşük olmasından ileri gelen olumsuz etkilerle de bağlantılıdır. Isı transferi verimsiz olduğunda soğutulacak endüstriyel proses bundan etkilenebilir. Bu da enerji kullanımında bir artışa (havaya emisyonlarının artışı durumunda olduğu gibi) veya üretim kaybını telafi etmek için daha fazla hammadde kullanımına yol açar. Soğutma sisteminin enerji tüketimi ısı dönüşüm verimliliğindeki azalmayı telafi etmek için pompalar ve fanların daha fazla kullanımından dolayı artabilir.

Suyun kalitesinden ileri gelen problemler genellikle şunlardır:

- Soğutma suyu ekipmanının aşınması. Bu aşınma eşanjörlerin sızıntı yapmasına ve proses akışkanlarının çevreye sıçramasına veya kondansatörlerde basınç kaybına neden olabilir;
- Ağırıklık olarak kalsiyum karbonatların, sülfatların, fosfatların, çinko ve magnezyumun çökmesinden ileri gelen kabuklaşma;

- Kanallar ve eşanjörlerin (ayrıca ıslak soğutma kulesi dolgularının) eşanjör tüplerinin büyük parçacıklarla (kabuk) tıkanmasına veya soğutma kulelerinden havaya emisyon gerçekleşmesine neden olabilecek mikro ve makro organizmalar ile süspanse katılardan ileri gelen biyolojik kirliliği.



(Corrosion = Korozyon; Bio-film = Biyolojik film tabakası; Deposition (Fouling) = Çökelti (Kirlilik); Scale = Kabuklaşma)

Şekil 3.1: Farklı su kalite problemleri arasındaki karşılıklı ilişkinin şematik gösterimi

Soğutma suyu problemleri genellikle birbiriyle ilişkilidir. Kabuklaşma hem korozyona hem de biyolojik kirliliğe neden olabilir. Korozyon lekeleri su akımlarının değişmesine neden olurken aynı zamanda türbülans noktalarının oluşumuna yol açar ve bu noktalarda da biyolojik kirlenmede artış görülür. Biyolojik kirlilik esas yüzeyin daha da aşınmasına neden olabilir (Şekil 3.1).

Suyu koşullandırmak için aşağıdaki kimyasal madde grupları kullanılır (ayrıca Bkz. EK V):

- Korozyon inhibitörleri (engelleyici):
Daha önceden genellikle metaller kullanılıyor olmakla birlikte şimdilerde azoller, fosfonatlar, polifosfatlar ve polimerlerin kullanımı yönünde bir eğilim vardır. Bunun anlamı kalıcılık artarken toksisitenin düşmesidir. Son zamanlarda daha iyi biyolojik bozunurluğa sahip bazı polimerler geliştirilmiştir.
- sertlik dengeleyici ve kabuk önleyiciler:
Hali hazırda mevcut formüllerden önde gelenler poli-fosfatlar, fosfonatlar ve belli polimerlerdir. Bu uygulamada son zamanlarda yaşanan gelişmeler aynı zamanda daha iyi biyolojik bozunurluğa sahip bileşenler yönündedir.
- Dağıtıcı kimyasallar:
Çoğunlukla ko-polimerler. Bunlar da sıklıkla yüzey etken maddelerle kombinasyon içinde kullanılır. Bunların en önemli çevresel etkisi biyolojik bozunurluklarının düşük olmasıdır.
- Oksidan biyositler:
Klor (veya klor ve bromür kombinasyonu) ve mono-klor amin en çok kullanılanlardır. Klor (bromür) güçlü bir oksidandır (akut toksik); yani yarı ömrü kısadır ama klorlamanın yan etkileri halojenli yan ürünlerin meydana gelmesidir. Diğer oksidan biyositler ozon, UV, hidrojen peroksit veya perasetik asittir. Ozon ve UV kullanımı takviye suyun ön arıtmadan geçirilmesini gerektirir ve özel malzemelere ihtiyaç duyar. Çevresel etkilerinin halojenli biyositlere nazaran daha az zararlı olması beklenir ancak uygulamada çok dikkatli olunması gerekir. Pahalıdır ve tüm durumlarda uygulanamaz.
- Oksidan olmayan biyositler:
İzotiyazoller, DBNPA, glutaraldehid ve kuaterner amonyum bileşikler vb. Bu bileşikler genelde akut toksik nitelikte olup çoğu zaman biyolojik bozunurluğa hazır değildirler. Önemli çevresel etkileri vardır.

Tablo 3.7: Açık ve çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde kullanılan soğutma suyu arıtımının kimyasal bileşenleri [tm135, Nalco, 1988]

Kimyasal Arıtma Örnekleri*	Su kalite problemleri					
	Korozyon		Kabuklaşma/Tabakalaşma		(Biyo-) kirlilik	
	Once - through sistemler	Çevrimli Sistemler	Once - through sistemler	Çevrimli Sistemler	Once - through sistemler	Çevrimli Sistemler
Çinko		X				
Molibdatlar		X				
Silikatlar		X				
Fosfonatlar		X		X		
Poli-fosfatlar		X		X		
Poliol esterler				X		
Doğal organikler				X		
Polimerler	X	X	X	X	X	X
Oksidan olmayan biyositler						X
Oksidan biyositler					X	X
Notlar: Krom sebep olduğu önemli çevresel sonuçlar nedeniyle artık yaygın kullanıma sahip değildir.						

Soğutma suyu arıtımına duyulan ihtiyaç ve uygulanan kimyasalların tip ve miktarı EK V kapsamında daha ayrıntılı olarak tanımlanmaktadır. Soğutma suyu koşullaması uygulaması son derece karmaşık ve yerel bir konudur. Bu uygulamadaki tercihler eşanjör ekipmanının tasarımı ve malzemesi, soğutma suyunun sıcaklığı ve kimyasal yapısı, yüzey suyunda mevcut, çarpmaya maruz kalabilecek canlılar, alıcı su ekosisteminin deşarj edilen kimyasal katkı maddeleri ve bunların yan ürünlerine hassasiyeti gibi bir dizi faktörün bir arada değerlendirilmesi sonucunda yapılır.

Herhangi bir arıtma faaliyetinin gereğince yerine getirilebilmesi için soğutma suyu pH'ının ve alkaliliğinin istenen aralıkta olup olmadığının kontrolü genellikle gereklidir. Açık çevrimli soğutma kulelerinde blöf minimize etmek ve su ihtiyacını azaltmak için daha fazla pH hassasiyetine sahip arıtma programları kullanıldığında veya daha yüksek konsantrasyon döngüleri uygulandığında iyi bir pH ve alkalinite kontrolü çok daha önemli olur. Endüstride bakım programlarının geliştirilmesi ve yardımcı tedarikçilerle birlikte yürütülmesi her geçen gün daha yaygın olarak başvuru bir uygulama olmakla birlikte sistem operasyonunun sorumluluğu soğutma sisteminin sahibinde kalmaya devam eder.

Tesis sahasının ve sistemin kendine özgü nitelikleri göz önünde bulundurulduğunda farklı sistemlere uygulanan katkı maddeleri için tipik bir seviye tespit etmek pek kolay olmayacaktır. Eğer bu konuda herhangi bir seviye rapor ediliyorsa bunların her 1 m³ soğutma suyu için veya dağıtılan her bir MW_{th} için kg veya ton cinsinden ifade edilmesi gerekir. Tablo 3.8 Hollanda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan klora ilişkin en son envanter sonuçlarını göstermektedir. Veriler sistemler arasında olduğu kadar farklı su tipleri arasında da değişim olduğunu göstermektedir. Çevrimli sistemler tarafından kullanılan diğer su kaynakları örneğin içme suyu, yeraltı suyu ve yoğunlaşma suyudur (kondensat).

Tablo 3.8: Hollanda’da ıslak soğutma sistemlerinde hipoklorit tüketimi [tm160, Bijstra, 1999]

Soğutma suyu kaynağı	Aktif klor tüketimi kg/MW _{th} /yıl	
	Once - through sistemler	Çevrimli sistemler
Tatlı su	85 (10-155)	200 (20-850)
Tuzlu veya acı su	400 (25-2500)	
Diğer su kaynakları		400 (20-1825)

3.4.2 Kimyasal Maddelerin Yüzey Suyuna Emisyonu

Soğutma suyu katkı maddeleri kullanımının su çevresi üzerindeki zararlı etkilerini önlemek amacıyla soğutma suyu koşullamasının optimizasyonu ve alternatif arıtma yöntemlerinin ve diğer tekniklerin uygulanması konularında Avrupa ve ABD’de çok miktarda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar çoğunlukla biyosit uygulamaları üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Arıtma için kullanılan kimyasallara ilişkin analiz yöntemlerinin mevcut olmadığı hallerde soğutma suyu arıtımından kaynaklanan spesifik emisyonları değerlendirmek son derece zor olabilir. Soğutma suyu arıtımında kullanılan spesifik kimyasal maddeler yanında kullanılan kimyasallardan türeyen yan ürünler de yüzey suyu üzerinde yaratılan olumsuz çevresel sonuçlarda önemli katkı sahibi olabilir. Katkı maddesi olarak klor veya bromür kullanıldığında ürünün %3-5 kadarı halo-form bileşiklere (kloroform veya bromoform) tepkir [tm072, Berbee, 1997].

Kısa dönemli etkilerin büyüklüğü deşarj edilen soğutma suyu akımları üzerinde yapılacak (akut) toksisite testleriyle ölçülebilir. Bu sonuçlar yüzey suyu üzerinde [uzun dönemli (kronik) etkilerden, biyolojik bozunmadan, biyolojik birikmeden (P_{ow}) ve testler kapsamında yer almayan kanserojen etkilerden ileri gelen] çevresel etkilerin minimum bir tahmini olarak görülebilir. Hollanda’da son dönemlerde oksidan biyositlerin (özellikle hipoklorit) ([tm001, Bloemkolk, 1997],[tm072, Berbee, 1997] ve [tm 160, Bijstra, 1999]) ve oksidan olmayan biyositlerin ([tm001, Bloemkolk, 1997] ve [tm149, Baltus ve ark., 1999]) kullanımına ilişkin son dönemde bazı çalışmalar yapılmıştır.

3.4.2.1 Oksidan Biyositler

Bazı ülkelerde soğutma suyunda optimum hipoklorit kullanımını hedefleyen programlar uygulanmaktadır. Soğutma suyunda kontrol parametresi olarak serbest oksidan [mg FO/l] sıkça kullanılmaktadır. Hollanda’da deşarjlarda sürekli dozlu (once - through) sistemler için hedef yoğunluk olarak 0,1 - 0,2 [mg FO/l] konsantrasyonu kullanılmaktadır. Kesikli veya şok klorlamalı rejimler için FO veya FRO konsantrasyonu günlük (24 saat) ortalama değer olarak her zaman 0.2 mg/l değerinin altındadır. Ancak şok enjeksiyonu sırasında FO veya FRO konsantrasyonları 0.5 mg/l (saatlik ortalama) değerine yakın veya eşit olabilir.

İzleme çalışmaları veya kontrollü (otomatik) biyosit dozlamasının optimizasyonu vasıtasıyla soğutma suyunda kullanılan kimyasalların yıllık tüketimi önemli ölçüde azaltılabilir. Bu uygulama biyosit ve yan ürün yükünde (ana ürün olarak bromoformlu organik halojenli bileşikler gibi) azalmaya neden olabilir [tm157, Jenner ve ark., 1998]. Kimya endüstrisinde ve enerji sektöründe faaliyet gösteren bazı şirketler soğutma suyunda yukarıda belirtilen optimizasyon tedbirlerini uygulayarak hipoklorit kullanımında %50’ye varan oranlarda azaltma gerçekleştirmiştir [tm160, Bijstra, 1999].

3.4.2.2 Oksidan olmayan biyositler

1999 yılında çevrimli soğutma sistemlerinde oksidan ve oksidan olmayan kimyasalların kullanımının çevresel sonuçlarına ilişkin bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Gerekli analiz metotlarının bulunduğu kimyasallar için bu kimyasalların soğutma suyundaki yoğunlukları ölçüldü. Uygulanan tüm kimyasallar için, bu kimyasalların yüzey suyundaki çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla toksisite testleri kullanıldı. Pek çok durumda, soğutma suyu yüzey suyuna doğrudan deşarj edilirken çevrimli sistemlerde oksidan olmayan kimyasalların kullanımı yüzey suyu üzerinde güçlü çevresel sonuçlara neden oldu. Oksidan kimyasallar (hipoklorit) için toksisite testlerine dayalı PEC/PNEC oranları 3 (sürekli doz) ila 33 (şok dozu) aralığında bulundu. Oksidan olmayan kimyasallar söz konusu olduğunda ise PEC/PNEC oranları 20 (izotiazolinler), 2500 (BNS), 660-13000 (BNS/MBT) ve 3700(DBNPA) olarak bulundu ([tm149, Baltus ve ark. 1999] bkz özet sayfası, sayfa 9-10, Tablo 16 s. 64 ve Bölüm 9 s. 75-82)).

Yürütülen bir başka çalışma soğutma suyunda katkı maddesi olarak izotiazolinler (1,2-benzisotiazolin-3-on, 2-metil-4-izotiazolin-3-on) kullanıldığında alıcı yüzey suyuna yönelik olası risklerin dışlanamayacağını göstermektedir (bkz. [tm149, Baltus ve ark., 1999] sayfa. 13 ve 14).

Arıtma programları büyük farklılıklar göstermektedir ve daha önce belirtilen faktörlere ve tesis sahasının koşullarına bağlıdır. Katkı maddesi emisyonları hem hacim olarak hem de kimyasal özellikler açısından (toksisite, reaktivite) farklılaşmaktadır. Çözünme, etkileşim ve olası saflaştırma tedbirleri nihai olarak deşarj edilen miktarı ve dolayısıyla su çevresi üzerinde meydana gelecek sonuçları etkileyebilir. Soğutma suyunun (otomatik) dozaj ve izleme vasıtasıyla optimizasyonu ve kontrollü koşullandırılması soğutma suyunda kullanılan kimyasalların miktarını ve dolayısıyla alıcı su üzerinde sebep olunan nihai zararları önemli ölçüde azaltabilir.

Hollanda’da soğutma suyunda başvuru hipoklorit ve bromür uygulaması yüzey suyunda ölçülen ve AOX olarak ifade edilen organik halojenli bileşiklerin en önemli kaynağıdır [tm001, Bloemkolk, 1997] ve [tm072, Berbee, 1997].

Bazen soğutma suyu deşarj edilmeden önce bir atık su arıtma tesisinde arıtılır. Bunun bir örneği rafinerilerde blöf suyunun diğer atık su akıntılarıyla birlikte arıtılmasıdır. Bu arıtma biyositlerin yüzey suyundaki etkilerini muhtemelen azaltabilecektir. Biyolojik arıtma tesisinin çalışmasını aksatabilecek olan düşük seviyelerdeki oksidan olmayan biyositlere hassas olabilir. Aktif çamurun %60 seviyesinde ve daha fazla (%100) engellendiği rapor edilmiştir. Biyositlere yönelik kimyasal / fiziksel arıtma halen deney aşamasındadır. Oksidan olmayan biyositlerin polaritesi (kutupsallığı), su fazında kalacaklarından fiziksel arıtma önünde bir engel teşkil edecektir.

Açık çevrimli sistemlerin blöf biyositlerin harici çevreye giriş yaptıkları daha kontrollü bir yoldur. Kapalı sistemlerde blöf uygulanmamaktadır. Tasfiyeler yapılmaktadır ancak bunlar küçüktür ve genellikle bir kanalizasyon şebekesine deşarj edilmektedir. Açıktır ki; soğutma suyunda biyositlerin yoğunluğu dozajdan hemen sonra en yüksek seviyeye çıkacak ve dolayısıyla deşarj veya takviyedeki yoğunluk da en yüksek seviyede olacaktır. Sistemlerin soğutma suyundaki hidroliz benzeri kimyasal tepkimeler sonucunda biyosit yoğunluğu kademeli olarak azalacak olup bu bilgi deşarjdaki beklenen yoğunluğun tahmini amacıyla kullanılabilir. Bu bilgi ayrıca yüksek seviyede kimyasal aktiviteye sahip biyositlerin deşarjının engellenmesi için gerçekleştirilen arıtma sonrasında tasfiyenin kapanması sırasında da kullanılır. En ileri optimizasyona ulaşmak için bazı faktörler önem taşımaktadır. Çıktıdaki konsantrasyonun yanında proses kontrolü de önemlidir.

3.4.2.3 Biyosit emisyonunu etkileyen faktörler

Deşarjı ve alıcı su çevresindeki kalıcılığı etkileyen faktörler yaygın kullanıma sahip bir dizi oksidan ve oksidan – olmayan biyosit için kapsamlı olarak tanımlanmıştır [tm004, Baltus ve Berbee, 1996]. Aşağıdaki faktörler soğutma prosesi koşullarıyla birlikte soğutma suyu arıtma programının belirlenmesinde rol oynarlar:

- Hidrolik yarı ömür (ayrıca sistem yarı ömrü olarak da kullanılır);
- Hidroliz;
- Biyolojik bozunma;
- Fotoliz;
- Volatilité (uçuculuk).

Tasfiyenin(çıkıtı) hacmi hidrolik yarı ömrü belirler. Tasfiye hacmi büyüdükçe hidrolik yarı ömür kısalmış ve biyositin tutulma süresi düşer. Hidrolik yarı ömür hızlı ayrışma ve aktiviteye sahip oksidan biyositlerin faaliyetini etkilemez, ancak oksidan olmayan biyositlerin işlevlerini sınırlandıracaktır. Oksidan – olmayan bir biyositin hidrolizi belli bir pH seviyesinde ve su sıcaklığında gerçekleşir. Genel olarak, yükselen pH'la ve / veya sıcaklıkla birlikte hidroliz de yükselir ve biyosidal etki azalır. Dolayısıyla, alıcı suyun sıcaklığı azaldıkça hidroliz yavaşlayacak ve oksidan olmayan biyositlerin sudaki kalıcılığı artacaktır.

Biyolojik bozunma, fotoliz ve volatilite (uçuculuk) oksidan olmayan biyositlerin bozunmasında çok önemli bir rol oynamaz. Eğer su ortamı gün ışığına maruz kalırsa fotoliz gerçekleşebilecektir. Oksidan biyositler (hipoklorit) söz konusu olduğunda buharlaşma rol oynayabilir. Soğutma kulesinden her geçişte %10-15'lik bir hipoklorit kaybına karşılık gelen sökme etkisinin hesaplanabilmesi için bir araştırma gerçekleştirilebilir. Hipokloritin pH seviyesi onun buharlaşmasını etkiler.

Biyositlerin biyolojik bozunması organik ve inorganik madde miktarına ve biyositin kendisinin biyolojik bozunabilirliğine bağlıdır. Büyük bir mikrobiyal popülasyon, soğutma suyu veya alıcı ortamın sıcaklık artışı veya daha yüksek bir oksijen içeriğine sahip olması biyolojik bozunmayı artırır. Yüzey suyu biyositlerin absorbe edebileceği, çok miktarda süspanse organik madde içerir ve bu da çökelti birikimine yol açar. Ayrıca biyositler organik maddeyle azaltılabilir.

3.4.2.4 Emisyon seviyeleri

Yüzey suyuna soğutma suyu emisyonlarında temsili nitelikte konsantrasyon seviyeleri rapor etmek zordur. Soğutma suyu deşarjındaki madde emisyonlarının ölçümü yapılmaya çalışılmış ve buna ilişkin bazı modeller geliştirilmiştir. Ancak tesis sahasına özgü koşullar nedeniyle, tüm unsurları hesaba katan genel olarak uygulanabilir bir model rapor edilememektedir. Pek çok varsayım yapılmalıdır ve bütün bu varsayımlar belli bir gösterge sunsa da gerçekleşen deşarjlar kolaylıkla fazla veya eksik hesaplanabilir. Bir açık ıslak soğutma kulesindeki biyositleri ele alan bir model örneği EK IX'da açıklanmaktadır [tm004, Baltus ve Berbee, 1996].

3.4.2.5 Mevzuat

Pek çok Üye Devlet'te soğutma suyu deşarjıyla gerçekleşen kimyasal madde emisyonları yüzey sularının kirliliğine ilişkin mevzuat kapsamında ele alınmaktadır. Yasalar genellikle deşarj akımları üzerine odaklanmaktadır (m³/gün). Bazı mevzuatta ise (örneğin İtalya) alıcı sular sınıflandırılmakta ve böylece her alıcı su ortamı deşarj edilen suyun ilgili emisyon parametreleri bağlamında farklı bir seviyeye sahip olmaktadır.

Deşarj edilen suyun kalitesi belli kimyasal maddeler nezdinde limit değerler düzenlenmesini gerektirmekte (örneğin krom, çinko veya cıva bileşikler), böylece belli soğutma suyu katkı maddelerinin kullanımını azaltmayı hedeflemektedir.

Büyük ve küçük deşarj miktarları için ilgili gereklilikler sıcaklık ve pH değerleridir. Sıcaklığın genellikle yılın büyük bir kesiminde izin verilen maksimum sıcaklık değerini aşmasına izin verilmemektedir. Akdeniz ikliminde ıslak hazne sıcaklıklarının 40°C'ye kadar çıkması gibi, bazı elverişsiz mevsim koşullarında deşarj sıcaklık limitlerinde değişiklik yapılarak bir miktar esneklik uygulanabilmektedir.

Kimyasal bileşime ilişkin daha spesifik koşullar Üye Devletler arasında değişiklik göstermektedir; ancak söz konusu yasal düzenlemeler genel olarak massedilebilir organik halojenleri (AOX), çözünmüş oksijeni, biyolojik oksijen talebini (BOİ), kimyasal oksijen talebini (KOİ), klor substanslarını ve fosfor bileşiklerini ve gaz-ışıl (lumineskan) bakteriler üzerindeki kalıntı etkisini konu etmektedir. Bazı yasal düzenlemeler farklı tipte soğutma sistemleri arasında ayırım yapmakta (once - through veya çevrimli) veya mikrobiyal maddelerle şok arıtımı gibi spesifik işlemleri ele almaktadır.

Hollanda'da emisyonların azaltılmasına yönelik çabalar maddelerin içsel niteliklerini ve risk değerlendirmelerini esas almaktadır. Bir şirketin ve suyla ilgili kuruluşların ilgili maddeler ve

hazırlıkların kirlitici etkilerini apaçık bir şekilde tanımlayabilmelerine imkân vermek için genel bir değerlendirme metodolojisi geliştirilmiştir. Bu değerlendirme metodolojisi sınıflandırma, paketleme ve etiketlemeye ilişkin Avrupa mevzuatını esas almaktadır.

Bir maddenin özelliklerine bağlı olarak BTM veya BPM uygulanmalıdır. BTM / BPM uygulamasından sonra kalıntı deşarj uygulanabilir su kalitesi hedeflerine göre değerlendirilir. Eğer bu hedeflere ulaşılamıyorsa farklı tedbirlere başvurulabilir.

Soğutma suyu katkı maddelerini etkileyen Avrupa kimya mevzuatı özellikle aşağıdaki belgelerde bulunabilir:

- Topluluğun Su Kaynaklarına Deşarj Edilen Belirli Tehlikeli Maddelerden Kaynaklanan Kirliliğe ilişkin Konsey Direktifi (76/464/EEC),
- Su Çerçeve Direktifi,
- Preparatlar (Hazırlıklar) Direktifi ve
- Biyosidal Ürünler Direktifi 98/8.

3.4.3 Yüzey Suyuna Yönelik Emisyonların Azaltılması

3.4.3.1 Genel Yaklaşım

Soğutma suyu uygulamalarında yüzey suyuna yönelik emisyonların azaltılması teknikleri şunlardır:

1. Soğutma ekipmanı korozyonunun azaltılması
2. Soğutma devresine proses maddesi sızıntılarının azaltılması
3. Alternatif soğutma suyu arıtımı uygulaması
4. Daha az zararlı soğutma suyu katkı maddelerinin seçilmesi
5. Soğutma suyu katkı maddelerinin optimum seviyede uygulanması

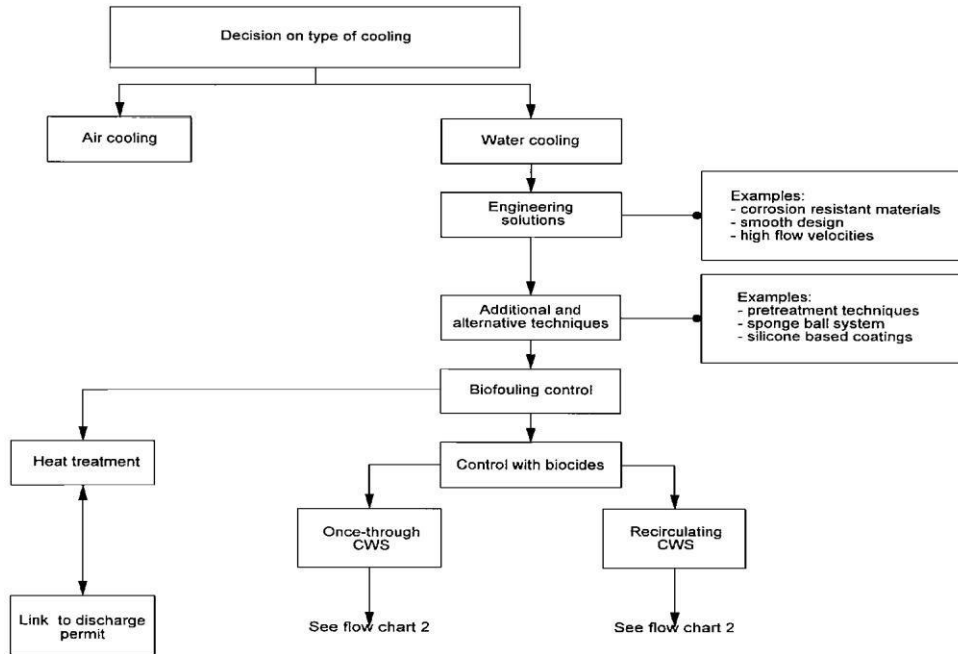
IPPC'yi izleyecek olursak, soğutma suyu arıtımının neden olduğu emisyonların azaltılmasında öncelikle arıtma ihtiyacının azaltılması (önleme) ve katkı maddelerinin doğru bir şekilde seçilip maksimum ısı dönüşümü gerekliliği sınırları çerçevesinde optimum bir şekilde uygulanması (kirlilik kontrolü) amaçlanmalıdır. Soğutma suyu deşarjında kimyasal madde emisyonunu azaltmak için başvurulabilecek pek çok seçenek mevcuttur. Bölüm 1'de açıklanan uygun soğutma konfigürasyonu değerlendirmesi yanında ve endüstriyel soğutma sistemlerinde önleyici MET yaklaşımına uygun olarak emisyon azaltma seçenekleri belli bir sıra içinde ele alınabilir. Yeni büyük kapasiteli soğutma sistemleri için, yüzey suyuna yönelik emisyonları azaltmayı amaçlayan bir yaklaşım geliştirilmiştir [tm001, Bloemkolk, 1997].

Hem mevcut hem de yeni inşa edilecek sistemlerde uygun biyositlerin seçimi ile ilgili olarak bir yaklaşım geliştirilmiştir [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]. Bahsi geçen bu iki —yaklaşım az çok benzer adımlardan oluşmaktadır ve bu adımlar takip edildiğinde katkı maddesi kullanımının azaltılmasıyla ilgili tüm önemli faktörlerin hesaba katılması sağlanmaktadır. Yaklaşımlar Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterilmektedir.

Biyosit kullanımının optimize edilmesi için pek çok olasılık vardır ve bu olasılıklar da çoğu zaman karşılıklı ilişki içindedir. Bir optimizasyon şeması oluştururken yapılandırılmış bir yaklaşıma başvurmak çeşitli avantajlar sağlayacaktır. Buradaki öneriler ilki tasarım aşamasındaki soğutma suyu sistemleri ve diğeri de mevcut soğutma suyu sistemleri için olmak üzere iki akış diyagramı şeklinde sunulmaktadır. Bu diyagramlar biyosit optimizasyonu için bir adım adım yaklaşımının izlenmesini önermektedir.

Şekil 3.2 aşağıdaki gibi açıklanmaktadır [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]. Bir soğutma suyu sisteminin tasarımı aşamasında kullanılacak soğutmanın tipi üzerine bir karara varılmalıdır. Eğer su-soğutması kullanılacaksa soğutma suyu sisteminde oluşması beklenen biyolojik kirlilik popülasyonunu kontrol edecek mühendislik çözümleri düşünülmelidir. Tasarım aşamasında ele alınacak önemli konular: soğutma suyu sisteminin tüm parçalarında yeteri derecede yüksek akış hızının sağlanması ve kanallar ve eşanjörlerin pürüzsüz bir şekilde tasarlanmasıdır. Böylece biyolojik kirlilik yaran organizmaların oluşturduğu tortular azaltılacaktır. Toksik olmayan ve kir tutmayan kaplamalar da organizmaların birikmesini azaltacaktır. Su alım yapısı öyle tasarlanmalıdır ki molozlar ve canlıların çarpması en aza indirilmelidir. Filtreleme aygıtları ve ızgaralar sisteme çarpan büyük parça miktarını azaltabilir. Yüksek sağlamlıkta malzeme kullanımı düşünülmelidir. Eşanjörler için bu malzeme titanyum olabilir (korozyon dayanımlı, pürüzsüz yüzeyli). Hidrodinamik

olarak tasarlanan giriş ve çıkış eşanjör kutuları plastikte güçlendirilmiş camdan imal edilebilir. Bu malzeme ayrıca boru sistemi ve sistemdeki ek yerlerine de uygulanabilir. Ayrıca, tasarım aşamasında kimyasal ve biyolojik izleme aygıtlarının bağlantıları veya dozlama (örneğin özel dozlama ızgaraları ve noktaları) için görece basit malzemeler veya mekanik temizlik için midye elekleri veya sünger silici top sistemi gibi daha karmaşık cihazlar tasarlanabilir. Bazı durumlarda makro kirliliği kontrol etmek için ısı arıtımı kullanılabilir; bu durumda biyosite ihtiyaç kalmayacaktır. Isı arıtımı uygulaması için soğutma suyu sisteminde özel bir döngü tasarlanması gerekir. Optimizasyona yönelik diğer olasılıklar mevcut sistemlerde kullanılanların benzerleridir.



Decision on type of cooling = Soğutma tipine karar verilmesi

Air Cooling = Hava Soğutma

Water Cooling = Su Soğutma

Engineering Solutions (Examples: corrosion resistant materials; smooth design, high flow velocities) = Mühendislik Çözümleri (Örnekler: korozyona dayanımlı malzemeler; pürüzsüz tasarım; yüksek akım hızları)

Additional and Alternative Techniques (Examples: pretreatment techniques; sponge ball system; silicone based coatings) = Ek ve Alternatif Teknikler (Örnekler: ön arıtma teknikleri; sünger top sistemi; silikon bazlı kaplamalar)

Biofouling Control = Biyolojik kirlilik kontrolü

Heat treatment = Isıl işlem

Link to Discharge Permit = Deşarj iznine bağlı

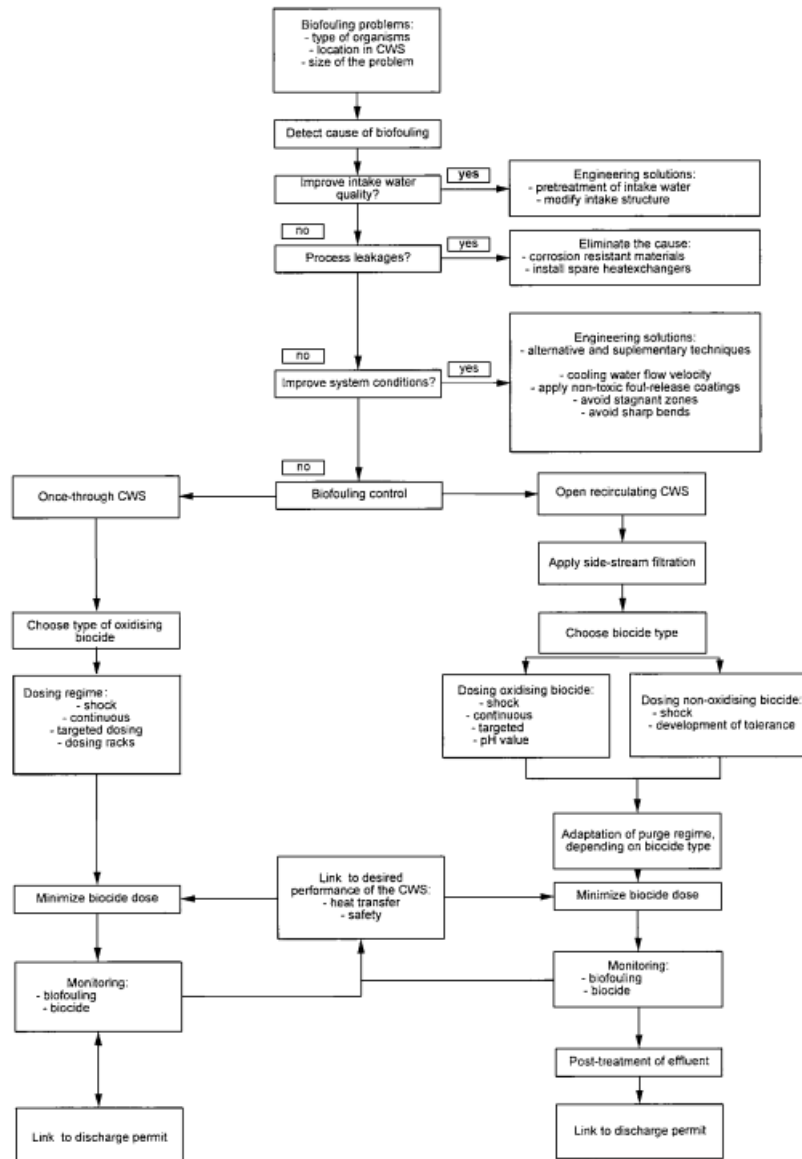
Control with biocides = Biyositlerle kontrol

Once - through CWS = Once - through soğutma suyu sistemi

Recirculating CWS = Çevrimli soğutma suyu sistemi

See flow chart 2 = Bkz. Akış Diyagramı 2

Şekil 3.2: Biyosit uygulamasının azaltılmasını amaçlayan soğutma suyu sistemlerinin tasarım şeması [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]



Biofouling problems: - type of organisms - location in CWS - size of the problem	Biyolojik kirlilik sorunları: - Organizmaların tipi - Soğutma suyu sistemindeki konumu - Sorunun büyüklüğü
Detect cause of biofouling	Biyolojik kirliliğin nedeninin tespit edilmesi
(1) Improve intake water quality?	Giren su kalitesi yükseliyor mu?
(If (1) is yes,) Engineering Solutions: - pretreatment of intake water - modify intake structure	(Eğer (1) evetse,) Mühendislik Çözümleri: - Giren suyun ön arıtmadan geçirilmesi - Su giriş yapısının tadili
(2) (If (1) is no,) Proses leakages?	((1) Hayırsa,) Proses sızıntısı var mı?
(If (2) is yes,) Eliminate the cause: - corrosion resistant materials - install spare heat exchangers	(Evetse,) Nedenin giderilmesi: - korozyon dayanımlı malzemeler, - yedek eşanjörlerin kurulması
(3) (If (2) is no,) Improve system conditions?	(3) (Eğer (2) hayırsa,) sistem koşullarında iyileşme var mı?
(If (3) is yes,) Engineering solutions: - alternative and supplementary techniques - cooling water flow velocity - apply non-toxic foul-release coatings - avoid stagnant zones - avoid sharp bends	(Eğer (3) evetse,) Mühendislik Çözümleri: - alternatif ve tamamlayıcı teknikler - soğutma suyu akış hızı - toksik olmayan kir tutmayan kaplama uygulaması - durgun bölgelerden kaçınılması - keskin dönüşlerden kaçınılması
(4) (If (3) is no,) Biofouling control	(4) (Eğer (3) hayırsa,) Biyolojik kirlilik kontrolü
Once-through CWS	Once-through soğutma suyu sistemi
Choose type of oxidising biocide	Oksidan biyosit tipinin seçilmesi
Dosing regime: - shock - continuous - targeted dosing - dosing racks	Dozlama rejimi: - şok - sürekli - hedef dozlama - dozlama çevrimleri

Minimize biocide dose	Biyosit dozunun minimize edilmesi
Monitoring: - biofouling - biocide	izleme: - biyolojik kirlenme - biyosit
Link to discharge permit	Deşarj izni bağlantısı
Link to desired performance of the CWS: - heat transfer - safety	Soğutma Suyu Sisteminin arzu edilen performansına bağlantısı: - ısı transferi - güvenlik
Open recirculating CWS	Açık çevrimli Soğutma suyu sistemleri
Apply side stream filtration	Yan akım filtrelemesi uygulaması
Choose biocide type	Biyosit tipinin seçilmesi
Dosing oxidising biocide: - Shock - Continuous - Targeted - pH value	Oksidan biyosit dozlaması: - Şok - Sürekli - Hedef - pH değeri
Dosing non-oxidising biocide: - shock - development of tolerance	Oksidan olmayan biyosit dozlaması: - şok - tolerans gelişimi
Adaptation of purge regime, depending on biocide type	Biyosit tipine bağlı olarak atık rejiminin adaptasyonu
Minimize biocide dose	Biyosit dozunun minimize edilmesi
Monitoring: - biofouling - biocide	izleme: - biyolojik kirlenme - biyosit
Post-treatment of effluent	Atık akımının arıtım sonrası
Link to discharge permit	Deşarj izni bağlantısı

Şekil 3.3: Endüstriyel soğutma suyu sistemlerinde biyosit kullanımının azaltılması yaklaşımı [tm005, van Donk and Jenner, 1996]

Şekil 3.3 biyositlerin seçiminde izlenecek tüm adımları göstermektedir [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]. Mevcut bir soğutma suyu sisteminde biyolojik kirliliğe neden olan popülasyonu ve biyolojik kirlilik riskini tanımlamak önemlidir. Yeterli düzeyde biyolojik izleme yapmak bunun ön koşuludur.

Biyolojik kirlilik sorununun nedeni analiz edilmeli ve açıklığa kavuşturulmalıdır. Soğutma suyunun kalitesi ön arıtmadan geçirilerek yükseltilebilir (örneğin mikro- ve makro- filtreleme). Bu yöntem sayesinde sisteme giren besinler ve organizmalar azaltılarak biyolojik kirlilik riskinin bir kısmı ortadan kaldırılabilir. Eğer artan biyolojik gelişimin ana nedeni proses sızıntıları ise bu sızıntılar örneğin korozyona dayanımlı malzeme uygulamasıyla veya daha sık temizliğe imkân veren yedek eşanjör tesisiyle ortadan kaldırılmalıdır. Sistem koşullarını iyileştirmek için Çizelge 1’de verilen tüm seçenekler dikkate alınmalıdır.

Once - through sistemlerde makro kirlilik bazen herhangi bir biyosit kullanımı içermeyen ısı arıtımı uygulamasıyla kontrol edilir. Uygulanan en önemli biyosit sodyum hipoklorittir. Dozlama şok şeklinde veya sürekli olarak uygulanır. Makro kirlilik kontrolünde başvuru dozlaması stratejisi önleyici nitelikte olmalıdır; çünkü büyük miktarda makro kirliliğin olduğu durumlarda uygulanan düzeltici dozlaması çok uzun sürelerle çok yüksek dozlar kullanılmasını gerektirir. Eşanjör giriş ve çıkış kutuları gibi yüksek kirlilik riskinin bulunduğu yerlerde hedef dozaj seçeneğine önem verilmesi önerilir. Gerekli minimum biyosit dozunu meydana getirmek için kimyasal izleme temel teşkil etmektedir. Soğutma suyu sisteminde uygulanan okside edici biyosit yoğunluğu azalacağı için soğutma suyu sisteminin kritik noktalarında fiili kalıntı biyosit seviyesinin doğrulanması için kimyasal izlemeye ihtiyaç duyulur. Çevrimiçi sayaçlar kolorimetrik DPD testi ile düzenli şekilde elle ayarlanmalıdır. Soğutma suyunda toksisite bazlı biyosit yoğunluk ölçümü de optimizasyon çalışmaları için faydalıdır. Makro kirlilik izleme cihazları makro kirliliğe neden olan organizmaların neden olduğu çökelti ve gelişim hakkında ve biyolojik kirlilik kontrol programının performansı ile ilgili bilgi verir. Bu bilgiler makro kirlilik sorunu yaşayan once - through sistemlerdeki biyosit optimizasyonu programları için esas teşkil etmektedir.

Açık çevrimli sistemlerde mikro kirlilik makro kirlilikten çok daha önemli bir sorundur. ATP metodu ve —tabaka sayım tekniği gibi mikro kirlilik izleme yöntemleri soğutma suyu sistemindeki mikro kirlilik popülasyonunun gelişimi ve durumu hakkında önemli bilgiler verir. Organizmaların ve besinlerin soğutma suyuna karışmasını önlemek için giriş suyu ön arıtmadan geçirilebilir (örneğin mikro filtreleme, çökeltme). Yan akıntı filtrelemesi, yani devri daim suyunun bir kısmının sürekli olarak filtrelenmesi soğutma suyu içindeki organik madde miktarının daha da azaltılmasında yardımcı olur. Başarılı bir arıtma için gerekli olan biyosit miktarı böylece azaltılabilir. Yan akım filtreleri biyositin şok dozlaması sırasında tercihen geçici olarak kapalı olmalıdır; böylece filtrenin gereksiz biyosit talebi önlenerek ve mikrobiyal popülasyonun filtre üzerinde öldürülmesinin önüne geçilecektir.

Çevrimli soğutma suyu sistemlerinde oksidan ve oksidan olmayan biyositler kullanılır. Hollanda’da çevrimli sistemlerin yaklaşık %90’ı sodyum hipokloritle arıtılmaktadır. Oksidan olmayan biyositler yalnızca oksidan biyositlerin yeterli koruma sağlayamadığı yerlerde tercih edilmektedir. Oksidan ve oksidan olmayan biyositlerin kullanımının azaltılması için kesikli veya şok dozlaması uygulanması tavsiye edilir. Bununla birlikte, bazı durumlarda düşük seviyelerde sürekli halojenasyon/halojenleme şok dozlamaya nazaran daha az kimyasal madde tüketebilmektedir. Bu aynı zamanda biyolojik tolerans gelişmesi riskini de azaltacaktır. Oksidan olmayan biyositlerin kullanımını optimum seviyeye getirmek için bunlara ilişkin kesin kimyasal analitik saha yöntemlerinin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Hipoklorit ölçümüne ilişkin imkânlar daha önce belirtilmişti. Çevrimli sistemlerde soğutma suyundaki biyosit konsantrasyonlarının ölçümü amacıyla kullanılabilecek biyolojik yöntemler de yararlı olabilir.

Meydana gelebilecek aktif biyosit emisyonlarını azaltmak için eğer mümkünse gerek oksidan nitelikteki gerekse oksidan olmayan biyositlerin şok dozlaması sırasında tasfiyenin kapatılması veya azaltılması önerilir. Bu özellikle hızlı tepkiyen veya parçalanan biyositler için etkili bir yöntemdir. Ayrıca, soğutma kulesi üzerinde buharlaşmadan ileri gelen HOCL kayıplarını minimize etmek için pH değeri 8-9 aralığında hipoklorit ile artırılmış çevrimli bir soğutma suyu sisteminin işletilmesi de önerilir. Tecrübeler bunun her zaman biyositin etkinliğini azaltmadığını göstermektedir. Yine de kabuklaşma riskine dikkat edilmesi önem taşımaktadır.

Bazı yan ürünler –bromür aminleri- klorlu yapılardan daha güçlü biyosidal etkiye sahip olduklarından ve daha hızlı bozunduklarından hipoklorit ve bromitin birlikte kullanılması da tatlı suyla işletilen soğutma suyu sistemlerinde ve ayrıca once - through soğutma sistemlerinde cazip bir seçenek olabilir.

Yüksek su kalitesine sahip çevrimli sistemlerde ozon kullanımı bir seçenek olabilir. Burada korozyon riskine dikkat edilmesi önem taşımaktadır. Avrupa'daki bazı deneylerde ozon uygulamasıyla başarılı olunmuştur. Nihayet, UV ışınları çevrimli sistemlerde tamamlayıcı bir teknik olarak çeşitli olanaklar sunabilir. Bununla birlikte, UV ışını soğutma suyu sistemlerinin yüzeyine yerleşen biyolojik kirliliğe karşı tek başına etkili olamaz. Etkili olabilmesi için ışığın suyun tümüne işlemesi gerekeceğinden göreceli olarak temiz bir soğutma suyuna ihtiyaç vardır.

Yaklaşım aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Suyun bulunurluğu diğer faktörlerle de birlikte seçilen soğutma konfigürasyonunu etkileyecektir (once - through, açık veya kapalı ıslak soğutma kulesi veya hibrid soğutma kulesi). Seçilen konfigürasyon daha sonra uygulanacak su arıtım yöntemini de etkileyebilir. Bu yöntemler, okside edici veya oksidan olmayan biyositlerin uygulanması gibi, genellikle once - through sistemle açık ıslak soğutma kuleleri arasında farklılık gösterecektir.
2. Bir kez sistem seçimi yapıldıktan sonra (ayrıca bkz. Bölüm 1) soğutma suyu arıtımına duyulan gereksinimi etkileyecek aşağıdaki seçenekler arasındaki muhtemel kombinasyonları karşılayacak karmaşık bir değerlendirme yapılmak zorundadır:

- Eşanjörler ve kanalların malzeme ve yüzey arıtım yönteminin belirlenmesi;
- Soğutma sisteminin türbülans, çökeltilerden veya midye gelişiminden korunmasını veya gerekli su hızını sağlayacak şekilde planlanması;
- Soğutma suyunun kimyasal özelliklerinin ön arıtma uygulanarak iyileştirilmesi;
- Soğutma sisteminin mekanik temizliği;
- Termal, UV ve yan akım filtrelemesi gibi alternatif arıtma yöntemlerinin kullanılması.

Bu değerlendirmenin sonucuna bağlı olarak, bir ıslak soğutma kulesi kabuklaşmaya, korozyona veya kirlenmeye karşı halen daha belli düzeyde korunmaya gereksinim duyabilir. Bu durum kullanılan soğutma suyunun kimyasal özelliklerine, sistemin çalıştırılma şekline (örneğin konsantrasyon döngülerinin sayısı) ve seçilen soğutma konfigürasyonuna bağlıdır.

Açıktır ki; kapalı devre kuru hava soğutmalı veya kuru hava soğutmalı kondansatörler için bu tür bir arıtma zorunlu değildir. Kimyasal maddeler dış (kanatlı) tüplerin temizlenmesi için kullanılabilir ancak genellikle sistem işletimi için gerekli değildirler.

Bir soğutma suyu arıtımına duyulan ihtiyaç belirlendikten sonra uygulanacak soğutma suyu arıtım programının mevzuat gerekliliklerine göre düzenlenmesi ve kesinleştirilmesi uygun olacaktır. Bu gereklilikler şunlar olabilir:

- Soğutma suyu arıtımında krom, cıva bileşikleri, organo-metalik bileşikler, nitratlar, merkaptobenzo-tiyazoller gibi bazı maddelerin kullanımının yasaklanması;
- Soğutma suyu akımındaki (çinko, fosfor, klor, AOX gibi) belli bazı madde gruplarının miktarının emisyon limit değerleri tespit edilerek sınırlandırılması;
- Kompleks yapıcılar için minimum bir biyolojik bozunurluk seviyesi gerekliliği;
- Soğutma suyu akıntısının eko-toksik etkilerinin sınırlandırılması.

Hem yeni hem de eski sistemlerde soğutma suyu arıtımında kullanılacak katkı maddelerinin aşağıdaki yaklaşımla seçimi soğutma suyu kimyasallarından kaynaklanan emisyonlarda bir azalmaya yol açacaktır:

1. Diğer fiziksel temizlik yöntemleri uygulandıktan sonra ortaya çıkan soğutma suyu arıtım ihtiyacının belirlenmesi;
2. Gerekli katkı maddesi tipinin seçilmesi;
3. Uygulanacak maddelerin neden olduğu çevresel riskin değerlendirilmesi;
4. Eğer mümkünse, çevre üzerinde daha az etkide bulunma potansiyeline sahip maddelerin uygulanması.

3.4.3.2 Malzeme seçimi ve sistem tasarımıyla emisyonların azaltılması

Katkı maddesi kullanımını azaltmak için yeni sistemlerin malzeme ve tasarım seçenekleri uygulanabilir. Soğutma sistemi ekipmanlarında çok sayıda farklı malzeme kullanılmaktadır. Ekipman tedarikçileri genellikle ekipmanlarını çok geniş yelpazeye yayılan farklı metallere ve alaşımlardan imal ederek kullanıcıya sistemindeki soğutma suyunun kimyasal özelliklerine ve amaçladığı proses koşullarına en uygun düşen malzemeyi seçme imkânını vermektedirler. EK IV'te tuzlu veya acı su kullanan once - through ve açık çevrimli sistemler için üretilen malzemeler incelenmektedir. Bir malzemenin kimi özelliklerinin malzeme seçimi sürecini daha karmaşık bir hale getirecek ve böylece soğutma suyu arıtım programını etkileyecek zıt özelliklere sahip olduğunu kabul etmek gerekir. Örneğin, bir malzemenin korozyif (aşındırıcı) özelliğinin azalması aynı zamanda biyolojik kirliliğe hassasiyetinin artmasıyla bir arada söz konusu olabilir.

Bir soğutma sisteminin uygun bir şekilde yerleştirilmesi ve inşası soğutma suyu katkı maddelerine duyulan gereksinimi etkileyebilir. Montaj sırasında zorunlu olmayan engebelerden ve su akımı yönünde ani değişimlerden kaçınılmalıdır. Hem bu engebeler hem de ani yön dönüşler türbülansa neden olur. Türbülans ise korozyonu ve midye oluşumunu hızlandırdığından olabildiğince kaçınılmalıdır. Sistemin uygun minimum bir hızla işletilmesi yalnızca gerekli soğutma kapasitesini korumakla kalmaz, aynı zamanda makro kirlilik oluşumunu ve malzemenin korozyonunu da engeller.

Organizmaların yerleşmesinin önüne geçmek ve azaltmak, hız etkisini artırmak ve temizliği kolaylaştırmak için malzeme kaplanmalı ve boyanmalıdır. Bu kirlilik önleyici boyalar toksik maddeler içerebilir ve bu nedenle toksik olmayan boya ve kaplama malzemeleri geliştirilmiştir. Su altında uygulanabilirlik ve fiyat malzemeye göre değişmektedir ve soğutma sisteminin büyüklüğüne ve koşullarına bağlıdır. Örneğin organik kaplamalar yüzeye uygulanan ısı işlem vasıtasıyla görece küçük soğutma birimlerine tatbik edilmektedir. Bunlar toz kaplama malzemeleri olup ıslak ortamlarda kullanılabilir ve toksik madde içermemekte, solvent kullanmamakta ve ekipmanın kullanım ömründe önemli bir artışa imkân verecek şekilde korozyon dayanımlı olarak imal edilmektedirler.

Daha büyük ıslak soğutma sistemlerinde de kaplama uygulamasına başvurulmaktadır. Bu konuda enerji sektöründeki deneyimler bu kaplamaların her 4-5 yılda bir yenilenmesi gerektiğini göstermektedir. Buna ilişkin bir örnek EK XI'de görülebilir. Bakır ve tribütülnoksid (TBTO) gibi toksik maddeler içeren kir tutmayan boya uygulamalarında bu maddelerin boyadan zamanla ayrıldığı bilinmektedir. Şu anda elektrik santralleri gibi büyük tesislerde TBTO içeren hiçbir boya kullanılmamaktadır. Bakır içeren boyalar hali hazırda küçük ölçekte kullanılıyor olabilir.

3.4.4 Ek ve alternatif soğutma suyu arıtımı yoluyla azaltılma

Soğutma suyu arıtımını azaltmak için bir dizi teknik uygulanmıştır. Biyosit kullanımının azaltılmasında aşağıdaki teknikler rapor edilmiştir [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]:

- Filtreleme ve ön arıtma teknikleri
- On-line (çevrim içi) temizlik
- Off-line (çevrim dışı) temizlik
- Isı arıtımı
- Kaplama ve boya
- Ultra-viyole (UV) ışın
- Sonik (ses) teknolojisi
- Ozmotik şok

Bu tekniklerin arkasında yatan ilke soğutma suyunun biyolojik kalitesinin artırılması, soğutma sistemi elemanlarının (kanallar ve eşanjör) yüzeyinin olabildiğince temiz tutulması ve böylece sistemde kirlilik gelişiminin azaltılacağı bir ortam oluşturulmasıdır. Bu tekniklerin uygulaması EK XI'de özetlenmektedir. Açık ki bunlardan bazıları genel olarak uygulanan teknikler olmayabilir ve halen daha araştırma safhasındadır. Bu tekniklerin sağlayacağı çevresel faydalar kimyasal uygulamasının azaltılmasıyla dengelenmelidir.

Örneğin UV-ışını uygulaması görece temiz bir suyun kullanılmasını gerektirirken ozon ve sonik teknolojide fazladan enerji girdisine ihtiyaç vardır. 30 - 40 °C aralığındaki sıcaklıklarda çalışan çok küçük ölçekli soğutma sistemine ($< 1 \text{ m}^3/\text{dakika}$) uygulanan elektrikli su arıtımı kimyasal olmayan mikrobiyal bir kontrol yöntemi olarak iyi sonuçlar vaat etmekle birlikte üzerinde daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Finansal maliyetler sistemin büyüklüğüne ve bu tekniklerin soğutma sistemiyle ne ölçüde entegre olacaklarına göre değişebilir.

Çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde soğutma suyu katkılarının azaltılması için suyun ön arıtmadan geçirilmesi meselesi de su ihtiyacının azaltılması amacıyla gerçekleştirilen ön arıtma ile aynı bağlamda ele alınabilir (bkz. Bölüm 3.3.1.2). Ön arıtma soğutma suyunun kimyasal özelliklerini etkileyecek; örneğin tuz içeriğini azaltarak gerek duyulan kabuk ve korozyon önleme seviyesini etkileyecek ve aynı şekilde soğutma sisteminin işletim tarzı üzerinde sonuçlar yaratacaktır.

Ancak soğutma suyunun ön arıtmadan geçirilmesinin soğutma suyu katkı maddesi kullanımı üzerindeki etkisine ilişkin çok sayıda rapor yoktur. Kapalı soğutma devrelerindeki ters ozmos ve büyük kapasiteli açık soğutma sistemlerindeki yan akım filtrelemesi hakkındaki raporlar ise olumlu sonuçlar göstermektedir (EK XI). Su çekimi/alımı, blöf arıtımı ve korozyon önleyiciler, kabuk önleyiciler ve dağıtıcıların dozlaması için düşük maliyetler rapor edilmiştir. Soğutma sisteminin yeniden tasarlanması zorunlu değildir.

3.4.5 Soğutma suyu katkı maddelerinin değerlendirilmesi ve seçimi yoluyla emisyonların azaltılması

Tüm teknolojik ve operasyonel tedbirler değerlendirildikten sonra eğer uygun bir şekilde kullanılacak olursa daha düşük çevresel etki yaratma potansiyeline sahip maddelerin uygulanması için atılacak bir sonraki adım soğutma suyunun koşullandırılmasında kullanılacak katkı maddelerinin değerlendirilmesi ve seçimidir. Bölüm 3.4.1’de ve daha geniş kapsamlı olarak EK V’te soğutma suyu arıtımının arkasında yatan düşünce tanımlanmıştır. Buna göre doğru arıtma programının seçimi açıkça tesis sahasına özgü ve çok karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte uygulanan tesis malzemesi, su kalitesi ve işletme pratiği gibi pek çok faktör hesaba katılır. Bunun sonucu olarak çok sayıda bileşik ve bunların kombine bir şekilde kullanımı yöntemleri geliştirilmiştir ve tüm bunlar hali hazırda soğutma suyu arıtımı bileşiklerinde kullanılmaya devam etmektedir.

Bunların soğutma devresindeki performansı deşarj sonrası su ortamındaki kalıntı reaktivite ile birlikte değerlendirilmekte ve dengelenmektedir. Burada karşımıza çıkan güçlük soğutma sisteminde etkili olacak ancak soğutma sistemini terk edip alıcı su sistemine girer girmez zararsız hale gelecek bir katkı maddesinin seçilmesidir.

Literatürde, farklı tip soğutma sistemlerinde farklı tipte soğutma suyu kimyasallarının kullanıldığı rapor edilmektedir. Öyle görünüyor ki; bunların çevresel etkileri çok karmaşıktır ve birbirinden farklı pek çok faktöre bağlıdır. Örnekler açıkça göstermektedir ki işletme yöntemlerinin optimize edilmesi ihtiyaç duyulan katkı maddesi miktarını azaltmakta ve bu aynı zamanda farklı tipte katkı maddelerinin uygulanmasına da sebebiyet verebilmektedir (bkz. 3.4.6).

Genel olarak Avrupa’da kimyasalların değerlendirilmesi sürecine önem verilmekte ve bunların kullanımından kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılmasını amaçlayan entegre bir metodolojinin geliştirilmesi için gerekli çabalar gösterilmektedir. Ancak gerek ulusal düzeyde ve gerekse Avrupa ölçeğinde kimi güçlüklerle karşılaşılmaktadır:

- Çeşitli uygulamalar için kullanılan değerlendirme yöntemlerinde bir çeşitlilik söz konusudur;
- Hazırlık maddeleri ve bileşiklerine ilişkin verilerin yetersizliği (halen daha) bir sorun olmaya devam etmektedir;
- Kullanılacak maddelerin değerlendirilmesi çeşitli tarafların sorumluluğundadır;
- Pek çok ülkede risk bazlı değerlendirme sistemi halen daha geliştirilmek zorundadır.

Uygulamayı kontrol etmek ve alternatiflerin kullanımını geliştirmek için bazı Üye Devletlerde arıtmada kullanılan kimyasalların özelliklerine ilişkin eldeki bilgiler soğutma suyu arıtımı kimyasallarıyla ilgili mevzuat gerekliliklerine dönüştürülmüştür. Aşağıda örnek olarak Alman mevzuatı verilmektedir.

Almanya Federal Su Yasası'nın soğutma suyu emisyonlarıyla ilgili 31 sayılı Eki soğutma suyu katkı maddelerinin kullanımını optimize etmeyi ve yüzey sularının kalitesini korumayı amaçlayan mevzuata bir örnek teşkil etmektedir. Bu Ek biyositler ve diğeri bazı maddelerin girdi olarak kullanılmasında kimi kısıtlamalar getirmekte ve tüm ıslak soğutma sistemlerini kapsamaktadır (Bkz. EK VI).

Bu düzenlemeler dört adım üzerine inşa edilmiştir:

1. Aşağıdakileri kapsayan bir dizi yasaklı maddenin listesi:

- Krom bileşikleri
- Cıva bileşikleri
- Organo metalik bileşikler (örneğin organotin bileşikleri)
- Merkapto benzotiyazol
- Hali hazırda biyolojik bozunurluğaya sahip olmayan organik kompleks yapıcılar
- Klor, brom, ozon ve H₂O₂ haricindeki biyosidal maddelerle şok arıtımı uygulanmaması

2. Atıksu/çıkış suyunun belli maddeler ve madde gruplarının sınırlandırılması. Bu maddeler şunlardır:

- Klor dioksit, klor ve brom
- AOX
- KOİ
- Fosfor bileşikleri (inorganik ve toplam / fosfonatlar)
- Çinko

3. Uygulamadaki —biyolojik bozunabilirlik gerekliliğinin Kimya Yasası ve 31 Temmuz 1992 tarih ve 92/69 EC sayılı Direktifin Ekine uygun olduğı hallerde kullanılan tüm organik maddelerin “hazır biyolojik parçalanabilirlik” özelliğine sahip olması gerekliliğı

4. Toplam soğutma suyu çıkışında kullanılan biyosidal maddelerden kaynaklanan eko-toksik etkilerinin sınırlandırılması bu maddelerin kullanımını yasaklamamaktadır; çünkü böyle bir yasaklama mikro-biyosidal maddelerin kullanımını imkânsız hale getirecektir. Ancak bunlar açık ve yarı açık soğutma sistemlerinin çalıştırılmasında ve gerektiğı gibi işlev görmesinde temel öneme sahip olabilirler. Mevcut düzenlemeler toksisitenin seviyesi ve niteliğı hakkında bilgi verilmesini gerektirmekte ve bu bilginin çoğaltılabilir bir biçimde sunulmasını öngörmektedir. Kullanım ise deşarjdaki kalıntı toksisiteyi soğutma sistemindeki toksisite ile karşılaştırmalı olarak ifade eden seyreltme faktörü (T_L) gibi biyolojik testlerden oluşmaktadır.

Bir dizi soğutma suyu kimyasalının kullanımı üzerindeki yasal sınırlamalar bulunmasına rağmen halen daha çok sayıda katkı maddesi kullanılabilmekte ve mevcut alternatiflerin değerlendirilmesi ve bunlar arasında bir seçim yapılması sürecinde soğutma sisteminin işletim tarzı ve alıcı ortamın hassasiyeti gibi yine bir dizi tesis sahasına özgü faktörün hesaba katılması gerekmektedir. Ayrıca, bu konudaki spesifik ulusal mevzuatın tercüme edilmesi yatay bir yaklaşımın sınırları çerçevesinde genel uygulanabilirlik açısından yetersiz olacaktır.

Bu yüzden bazı maddelerin çevre üzerinde daha düşük etki potansiyeline sahip başkalarıyla değiştirilmesi soğutma suyu deşarjlarından kaynaklanan çevresel zararların azaltılmasında başvurulacak seçeneklerden biridir. Hollanda'daki izin kuruluşları uyguladıkları izin prosedürlerinde 20 yılı aşkın bir süredir bu şekilde yedek madde ile değiştirme aracını kullanma gelmektedirler. Bu aracın kullanımı izin onay prosedürüne dayanmaktadır. izin sahipleri biraz daha az veya çok idari prosedürü yerine getirerek soğutma suyu katkılarını kullanma veya değiştirme taleplerini sunmalıdırlar. izin veren kuruluşlar bu değerlendirmede geniş yelpazeye yayılan bir onaylı prosedür uygulamaktadır. Yakın gelecekte kimyevi madde tedarikçilerinin ve endüstrinin bir öz denetim sistemine yönelmesi beklenmektedir. Sitemin revizyonu maddeler ve preparatların su kaynakları

üzerindeki kirlenici etkilerini tanımlamada kullanılan genel bir değerlendirme metodolojisinin benimsenmesi sürecinin bir parçasıdır. Bu değerlendirme metodolojisi sınıflandırma, paketleme ve etiketlemeye ilişkin Avrupa mevzuatına dayanmaktadır (67/548/EEC, 99/45/EC).

Genel olarak ifade etmek gerekirse soğutma suyu katkılarının değerlendirmesi üç ana adımda gerçekleşir [Benschop (1998)]. Bu adımlardan ilki maddelere için özelliklerin bir değerlendirmesinin yapılmasıdır. Maddeler bu adımda eko-toksik özellikleri esas alınarak değerlendirilir (kanserojenlik, akut su toksisitesi, biyolojik bozunma, Log P_{ow} ve biyolojik konsantrasyon faktörü). Maddeler ve preparatları değerlendirebilmek için ilgili maddeyi veya preparatın kesin bileşimini bilmek zorunludur. Uluslararası endüstri programları (Responsible care, ICCA), Avrupa mevzuatı (Biyosidal ürünler direktifi) ve AB seviyesinde kimyasalların yönetiminde sağlanan gelişmeler her geçen gün daha ve daha çok kullanılan bu maddelerin özellikleri hakkındaki bilgilerimize katkı sağlamaktadır.

İlk adım kullanılan katkı maddesinin zarar verme potansiyelinin belirlenmesini sağlar. Zararlılık potansiyelinin belirlenmesi yoluyla gerçekleşen değerlendirme ve seçim aşaması ilgili maddelere ve bunların preparatlarına bir zarar tanımlama testi uygulanmasını gerektirir. Bu test Hollanda'da geliştirilmiştir ([tm070, Benschop, 1997] ve [tm071, Niebeek, 1997]) ve özellikle Tehlikeli Maddeler Direktifini (67/548/EEC) ve Zararlı Preparatlar Direktifini (88/379/EEC) esas almaktadır. Test ilgili maddenin eko-toksik özelliklerine odaklanmaktadır. Bunlar da mutajenlik, kanserojenlik, akut toksisite ve biyolojik bozunabilirlik, log P_{ow} ve biyolojik konsantrasyon faktörünü içerir. Ancak bu testin gerçekleştirilmesi için bazı verilere ihtiyaç vardır ve bu veriler de kimi zaman gizlilik nedeniyle kimi zaman da halen toplanmamış olduklarından her zaman mevcut değildir.

Katkı maddelerini değerlendirmek veya alıcı çevre üzerinde daha az etkiye sahip alternatifleriyle kıyaslamak için değerlendirme ve seçim safhasında yardımcı olabilir. EK VIII'e 1'de önerilen alternatif katkı maddelerinin çevre üzerindeki etki potansiyelinin ilk tespitini yapmak için bir kıyaslama yönteminin tesis sahası düzeyinde nasıl uygulanabileceğinin bir örneği verilmektedir. Bu kıyaslama açık ıslak çevrimli bir soğutma sistemi (açık soğutma kulesi) için tasarlanmaktadır ve nehirdeki PEC miktarına ilişkin bir ön değerlendirme yapmak için standart PEC değerinin hesaplanmasını amaçlamaktadır. Nehirde katkı maddesinde herhangi bir seyrelme olmadığını varsayan ve böylece maddenin alıcı su çevresindeki yoğunluğunu yüksek hesaplayan basitleştirilmiş bir modeldir. Ayrıca söz konusu model kimyasalların besleme miktarını hesaba kattığından PEC değerinin tesis büyüklüğü ve işletme koşullarından bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Kimyasallara ilişkin Su Çerçeve Direktifince öngörülen çevresel kalite standartlarının (EQS) mevcut olması önemlidir.

İkinci aşama seçilen katkı maddelerinin her tür işletme safhasında daha az kullanılmasını sağlamayı amaçlayan optimizasyon adımıdır (bkz. Bölüm 3.4.6). Üçüncü adımda kalıntı deşarjı uygulamadaki su kalite amaçlarıyla veya çevresel kalite standartlarıyla (EQS) karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirilir. Eğer bu hedeflere ulaşılamıyorsa ek tedbirler belirlenebilir. Alternatif katkı maddelerinin kullanılabileceği durumlarda zararlı maddeler yerine daha az zararlı alternatifler seçilerek tedbir alma gerekliliği ortadan kaldırılabılır.

Kimyasallara ilişkin düzenleme kapsamındaki katkı maddelerinin yukarıda belirtilen AB direktiflerine dayalı değerlendirilmesi prosedürünün artı değeri:

1. En düşük çevresel etki yaratan katkı maddelerinin belirlenmesi yeteneği ve
2. Yerel su kalitesi hedeflerinin karşılanıp karşılanmadığını belirleme yeteneğidir.

Eğer (genellikle maddeler ve bileşikler için geçerli olan) bu değerlendirme yöntemi biyositlere uygulanırsa ilk adım otomatik olarak ek tedbirler alınması ihtiyacıyla sonuçlanır. Uygulamada bunun anlamı biyositin kullanımı ve dozajını belirlemek için bir optimizasyon programının oluşturulması çalışmasının gerçekleştirilmesidir. Az çok optimizasyon çalışması paralelinde yürüyen ikinci adım yerel su ekosistemi üzerinde oluşması beklenen etkilerin değerlendirilmesini içerir.

Bu değerlendirme ile üç kriter kontrol edilmiş olmakta ve eğer bu üç kriterin tümü karşılanıyorsa bu durumda atık su arıtımını ve / veya katkı maddesinin bir başka alternatifle değiştirilmesini de içeren ek azaltma tedbirleri uygulamaya sokulmalıdır. Hollanda'da bir biyositin beklenen konsantrasyonu Maksimum Kabul Edilebilir Risk Seviyesi (MARL) esas alınarak kontrol edilmektedir.

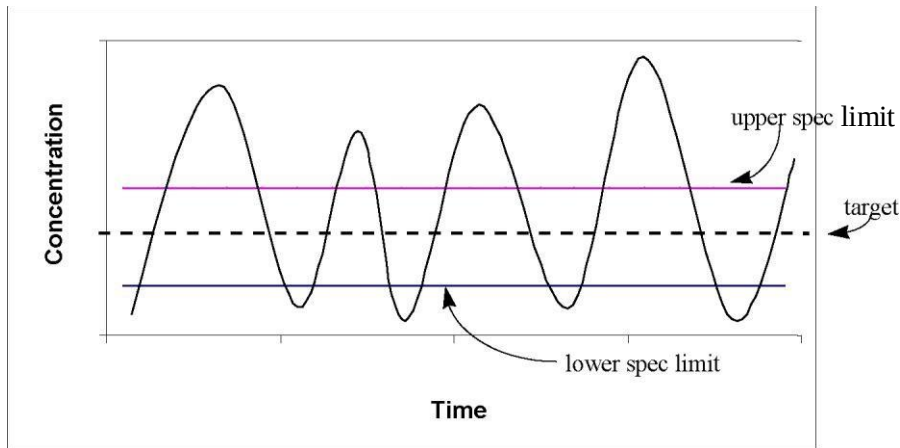
O halde eğer:

1. Atıksu/çıkış suyundaki biyosit yoğunluğu MARL'den yüksekse ve;
 2. Deşarj noktasına belli mesafedeki yüzey suyundaki ek biyosit yoğunluğu MARL değerinden % X daha yüksekse ve eğer;
 3. Deşarj noktasına belli mesafedeki yüzey suyundaki toplam biyosit yoğunluğu MARL değerinden yüksekse ek tedbirler uygulanmalıdır.
- Tanımlanan değerlendirme prosedürü daha ayrıntılı olarak EK VIII.2'de açıklanmaktadır.

3.4.6 Soğutma suyu katkı maddeleri kullanımının optimize edilmesi

Soğutma suyu katkılarının kullanımının optimize edilmesi aynı zamanda uygun dozaj rejiminin seçilmesi ve su arıtım programının hem yüzey suyuna gerçekleşen emisyonlar üzerindeki hem de soğutma sisteminin ısı dönüşümü ve güvenlik bağlamındaki performansı üzerindeki etkilerinin izlenmesi anlamına gelmektedir. Şurası açıktır ki her iki teknik birbiriyle bağlantılıdır ve uygun dozaj rejiminin sağlanması için izleme bir ön koşuldur.

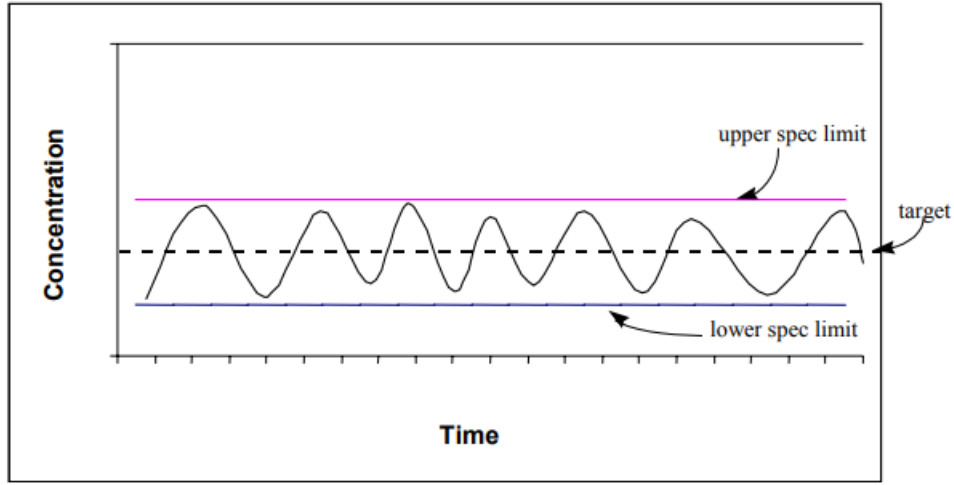
Bir dozaj rejimi seçilirken amaç istenilen konsantrasyon seviyesine doğru zamanda ve soğutma sistemi performansında herhangi bir azalma olmaksızın erişmek olmalıdır. Düşük dozlama korozyona veya kabuklanmaya, soğutma sisteminin performans kaybına ve dolayısıyla dolaylı çevresel etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilirken aşırı dozlama ise eşanjör yüzeylerinde kirlenmeye, yüksek emisyon seviyelerine ve yüksek arıtım maliyetlerine sebep olabilir. Bu durum grafik olarak Şekil 3.4'te olduğu gibi ifade edilebilir. Gerekli gibi tasarlanmamış bir sistemde sistemin kirliliğe karşı korunmasını temin etmek üzere gerekli minimum biyosit konsantrasyonu hesaba katılmadığından sistemde kirlilik meydana gelmesi muhtemeldir. Aynı zamanda aşırı dozlama da öyle konsantrasyon seviyelerine neden olur ki maksimum gerekli konsantrasyon seviyesinden daha fazlası bulunur. Böyle bir durumda söz konusu fazlalık katkı maddesi çevreye deşarj edilecektir.



(Concentration = Konsantrasyon; upper spec limit = üst spektrum limiti; Target = Hedef; Lower spec limit = Alt spektrum limiti; Time = Süre)

Şekil 3.4: Uygun tasarlanmamış izleme ve dozaj rejiminden kaynaklanan katkı maddesi yoğunluk modeli

Soğutma suyu kalitesinin analizine göre hedeflenen dozaj (Şekil 3.5) sabit bir koruma sağlamak için gerekli minimum konsantrasyon seviyesini muhafaza etmeyi amaçlamaktadır. Aşırı konsantrasyon seviyelerinden kaçınılarak çevreye yapılan deşarj azaltılır ve böylece arıtım maliyetlerinden tasarruf edilir. Bunun için, uygun bir şekilde tasarlanmış dozaj rejimleri ihtiyaç duyulan katkı maddesi miktarını azaltacak olduklarından bu yöntem maliyet etkin bir tedbir olarak düşünülebilir.



(Concentration = Konsantrasyon; upper spec limit = üst spektrum limiti; Target = Hedef; Lower spec limit = Alt spektrum limiti; Time = Süre)

Şekil 3.5: Uygun bir şekilde tasarlanmış izleme ve dozaj rejiminin sağladığı katkı maddesi yoğunluk modeli

3.4.6.1 Soğutma suyu katkı maddelerinin dozajı

3.4.6.1.1 Dozaj rejimleri

([tm010, Betz, 1991], [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996] , [tm157, Jenner ve ark., 1998])

Soğutma suyu kimyasallarının dozlaması aşağıdaki şekillerde gerçekleştirilir (ayrıca bkz. EK V ve EK XI):

- Sürekli dozlama
 - Mevsim sonu
 - Çökeltme süresince periyodik
 - Çökeltme süresince düşük seviyede
- Kesintili (şok veya parti olarak da adlandırılır)
- Yarı-sürekli veya dalgali
- Soğutma suyuna bir defada büyük miktarda kimyasal madde eklendiğinde büyük veya şok dozlama.

Sürekli dozlama katkı maddesinin belli bir seviyede sabit tutulmasının gerektiği soğutma sistemlerinde uygulanır. Sistemlerin artılan miktara ve kimyasal talep gereklerine uygun olarak katkı maddesi beslemesi yapması daha iyidir. Bu yöntem önce - through sistemlerde makro kirliliğe ve korozyona karşı halen daha ağırlıklı olarak uygulanmaya devam etmektedir. Ancak deneyler dozajın değiştirilerek uygulanması yoluyla azaltılan kullanımın da aynı derecede etkili olabildiğini göstermektedir.

Kesintili dozlama rejiminde kimyasal madde sisteme ayarlı bir tank veya ölçüm odasından bir kimyasal besleme pompasının üzerinde bulunan on/off kontrolü vasıtasıyla verilir. Parti dozlama yöntemi soğutma sistemlerinde, biyolojik oksidasyon havuzlarında ve sistem hacminin blöfe oranının yüksek olduğu diğer yerlerde uygulanır. Bu sistemlerde kimyasal madde miktarı kayıp veya harcanan malzemeyi takviye eder. Bu aynı zamanda yalnızca periyodik dozlamayı gerektiren uygulamalarda da kullanılır. Örneğin soğutma suyu sistemleri için kullanılan anti mikrobiyal maddeler genellikle kesikli bir şekilde sisteme verilir. Parti dozlaması hem önce - through sistemlerde hem de çevrimli sistemlerde uygulanabilir. Bu yöntem tek başına homojen bir kimyasal konsantrasyonuna ihtiyaç duyulan önce - through sistemlerde kullanılamaz.

Dozlama örneğin eşanjör girişleri gibi soğutma sisteminin belirli noktalarında hedeflenebilir. Önemli uygulamalardan biri makro biyolojik gelişimin mevsimsel özellikleriyle eşleşen zaman hedefli dozlamadır. Dozlama aynı zamanda soğutma sisteminin tipine de bağlı olacaktır. Çevrimli sistemlerde

sistemin çalıştırılma şekli dozlamamanın zamanını ve miktarını etkileyecektir. Once - through sistemlerde ise kimyasal madde ve soğutma suyunun temas süresi kısa olduğundan en yüksek verimin alınabilmesi açısından dozlama noktası ve süresi önemlidir.

Küçük sistemlerde dozlama elle yapılır. Büyük sistemlerde ise genellikle bir izleme sistemine bağlı olarak çalışan otomatik bir cihaz bulunur. Daha önce de belirtildiği gibi, soğutma suyu arıtımının bu konuda uzmanlaşmış şirketlere devredilmesi yönünde bir eğilim vardır. Birden fazla soğutma sistemi içeren büyük ve karmaşık tesislerde bu tür dışarıdan hizmet veren şirketlere bağlı olarak çalışan uzman personel bu sistemleri çalıştırmak için sürekli olarak tesiste hazır bulunur. Daha küçük sistemlerde günlük kontrol çoğunlukla tesis personeline gerçekleştirilir ve bu kontroller tedarikçinin düzenli kontrolleriyle desteklenir.

Biyosit kullanımının dozajını azaltma hedefine optimizasyon yoluyla ulaşılabilir. Biyositlerin dozlanma yöntemi biyositin çalışmasına ve kalıcılığına, kirlenmenin tipine (mikro / makro) ve mevsimsel hareketine, soğutma sisteminin kirlenme durumuna, sistemdeki su sıcaklığına ve soğutma sisteminin besin durumuna bağlıdır. Biyosit dozlaması gaz, sıvı veya katı formda gerçekleştirilebilir.

Dozlama sürekli veya şok şeklinde olabilir. Bazı kaynaklarda once - through sistemlerde dozlama seviyesi düşük olduğunda anti-mikrobiyallerin temas süresini uzatmak için sürekli dozlama yönteminin uygulanması gerektiği savunulmaktadır. Çevrimli sistemler için sürekli dozlama uygulaması da mümkündür ancak kesikli dozlama daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde kesikli arıtımın amacı yüksek anti-mikrobiyal madde yoğunluğu yaratmaktır. Böylece bu antimikrobiyal madde tam anlamıyla yayılacak ve suya nüfuz edecektir. Sürekli arıtmıla karşılaştırıldığında kesikli arıtımın atık suyunda neden olacağı yıllık ortalama konsantrasyon seviyesi daha düşük olacaktır. Bu da kesikli arıtmayı daha maliyet etkin bir yöntem haline getirir ve ihtiyaç duyulan madde miktarını azaltır. Ancak sürekli dozlamada şok dozlamaya nazaran %40 oranında FO azalması sağlandığını gösteren gözlemler vardır ve bu yukarıdaki tespitin karşısında bu gözlem sonuçları ileri sürülmektedir. Genelde meseleye operatörlerin gözünden bakıldığında sürekli dozlama kesikli veya şok dozlamaya göre daha az zahmetli olduğundan bu konuda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır. Arıtmanın uygulanacağı uygun anı tespit etmek için bir izleme sistemine ihtiyaç duyulacaktır. Dozlama rejiminin optimizasyonu sağlanırken aynı zamanda daha düşük bir başarısızlık oranının da garanti altına alınması şarttır.

Çevrimli sistemlerde sinerjik aktif karışımlardan meydana gelen ürünlerin kullanımı blöf suyunda arıtım yoğunluğunun azalmasına ve aynı zamanda maliyetten tasarruf etmeye katkıda bulunabilir. Kontrol aralığını genişletmek için ise farklı spektrumlardaki biyositler birbiriyle kombine bir şekilde uygulanabilir. Kullanılan anti mikrobiyal madde miktarında herhangi bir artış olmaksızın, bir karışımın gücü tek bir katkı maddesinden beklenenin üzerine çıkabilir. Sinerjiden kaynaklanan bu artırılmış performans yalnızca belli katkı maddelerinin kombine edilmesiyle elde edilebilir. Burada besleme eş anlı yapılmak zorunda değildir ancak sıralama değişikliğiyle benzer sonuçlar elde edilebilir. Sinerji uygulamasının bir başka etkisi mikropların her iki maddeye (veya tümüne) karşı direnç geliştirdiği durumlarda birden fazla mikrobiyalın aynı anda uygulanmasıyla daha az direnç meydana gelmesidir. Dozlanan biyositlerden herhangi birinin işlevinde azalma meydana gelmesinden veya soğutma suyu deşarjında zararlı reaksiyon ürünlerinin oluşmasından kaçınmak için farklı maddeler arasındaki etkileşimlerin mutlaka göz önünde bulundurulması gerekir.

Biyosidal arıtımın amaçları farklı olabilir. Hedef organizmalara ve oluşan biyolojik kirliliğin nitelik ve kapsamına bağlı olarak, uygulanan arıtma önleyici veya düzeltici nitelikte olabilir. Üzerinde özellikle yoğun araştırmalar yapılmış biyositlerden biri sodyum hipoklorittir. Hipokloritin bir once - through sisteme dozajı soğutma sisteminin bir tüp reaktör olarak işlev göreceğini, yani hipoklorit ile organik madde arasında çok sayıda karmaşık tepkimenin gerçekleşeceğini göstermektedir. Bu reaksiyonların bir sonucu olarak, bir delta veya kıyı kaynağından alınan soğutma suyunu kullanan tipik bir tesiste su alım ağzında 1.5 - 3 mg Cl₂/l aralığında değişen bir hipoklorit dozlaması eşanjör çıkışında 0,25 - 0,35 mg/l TRO dozuna sebebiyet verecektir. Bu değer yaklaşık 4-8 dakika aralığında bir tepkime süresine işaret etmektedir. Hipoklorit dozajını önemli ölçüde azaltmak için dalgali klorlama uygulanmıştır (EK XI.3.3.2.1 ve EK X.3.3.2.1).

3.4.6.1.2 Dozlama sistemleri ([tm010, Betz, 1991])

Piyasada birden fazla dozlama sistemi bulunmaktadır. Uygulanacak dozlama sistemini belirlemek

için yapılacak olan şey öncelikle likit ve kuru kimyasallar arasında bir ayırım yapmaktır. Likit kimyasallar için sayaçlı pompalar, dalgıç pompalar (yüksek basınçlı) ve diyafram pompalar gibi pompalar kullanılmaktadır. Kuru kimyasal dozlama sistemleri içinse hacim ölçerli besleyiciler (toz malzemeyi dağıtmak için), ağırlık ölçerli besleyiciler (kimyasalları ağırlığa göre oranlamak için) ve çözücü besleyiciler (karıştırma tankına dozlama) kullanılmaktadır. Dozlama sistemlerinin kullanılan katkı maddelerinin miktarını fiili olarak düşürüp düşürmediği ve düşürüyorsa nasıl düşürdüğü rapor edilmemiştir. Ancak şuna kuşku yoktur ki sistemin bakımı ve ayarlarının düzgün bir şekilde yapılması dozlamamanın kesinliğini iyileştirecek bir faktördür. Dozlamamanın miktarı, yeri ve zamanlaması ancak su soğutma sisteminin uygun bir şekilde izlenmesiyle eksiksiz ve doğru olarak gerçekleştirilebilir.

3.4.6.2 Soğutma suyunun izlenmesi

Soğutma suyu arıtımında kullanılacak kimyasal ihtiyacının izlenmesi kullanılacak katkı maddesi miktarını ve çevreye, daha çok da yüzey suyuna yönelik emisyonları azaltmak için çok büyük önem arz etmektedir. Deşarj suyunun arıtılması çoğu zaman çok daha pahalı bir yöntem olduğundan bu yöntem maliyet etkin bir yöntem olarak görülebilir.

Makro kirlilik söz konusu olduğunda soğutma suyunda görülen biyolojik davranışın izlenmesi önemli bir ek faktör olduğundan biyosit uygulamasının izlenmesi ile diğer su arıtma kimyasallarının (kabuklaşma önleyiciler, korozyon önleyiciler ve seyreltici önleyicileri) izlenmesi arasında bir ayrıma gidilebilir.

3.4.6.2.1 Kabuklaşma/tabakalaşma önleyiciler, korozyon önleyiciler ve seyrelticilerin izlenmesi ([tm067, Hoots ve ark, 1993])

Önleyici kimyasalların uygulanması ve bunların kullanımının optimize edilmesi çok karmaşık ve her duruma özel olarak ele alınması gereken bir meseledir. Ancak her halükârda bu konu bir dizi faktör arasında denge kurulmasını gerektirir:

- Soğutma suyunun kalitesi ve ön arıtım seçenekleri (yumuşatma, filtreleme);
- Artan yoğunluktan ileri gelen kabuklaşma sorunlarına karşı döngü sayısını artırarak soğutma suyu gereksiniminin azaltılması ihtiyacı;
- Tuzların çözünebilirliğine karşı soğutma suyu sıcaklığı;
- Katkı maddeleri arasındaki etkileşim

Çevrimli soğutma sistemlerinde soğutma suyu önleyici ürünlerin dozajının kontrolü için birkaç yöntem uygulanmaktadır. Bir değerlendirmede [tm067, Hoots ve ark., 1993] soğutma sistemlerinde uygulanmakta olan aşağıdaki yöntemler arasında bir ayrıma gidilmektedir:

- Elle test ve ayar
- Boşaltma ve besleme (blöf aktivasyonlu besleme)
- Su sayacı kontrollü döngüler
- Yan akım kimyasal analizörü (mikro işlemci temelli)
- Flüoresan

Açıktır ki her yöntemin kendine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Şekil 3.5'te gösterilen optimum seviyeye ulaşamayabilir. Çeşitli izleme teknikleri uygun miktarda dozlama potansiyelleri bakımından farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, dozlamada soğutma sistemi talebindeki dalgalanmalardan ileri gelmeyen değişimlerden olabildiğince kaçınmak gerekir. Bu tür değişimler kimyasalların az veya çok dozlanması sonucunu doğurabilir.

Dozajdaki değişim bir dizi nedenden ileri geliyor olabilir:

- Operatör yeterli dikkati göstermiyor,
- Ekipman yeterince güvenilir değil,
- Kimyasal seviyesi dolaylı ölçülüyor,
- Yanlış değişken ölçülüyor veya
- Analiz ve ayarlama arasındaki süre çok uzun,
- Analiz metodunun tekrarlanabilirliği düşük veya
- Soğutma yükü ve takviye suyu kalitesindeki değişimler düzgün bir şekilde izlenmiyor olabilir.

Deneyimler en kesin izleme ve dozlama sistemlerinin soğutma suyundaki kimyasal madde yoğunluğunu doğrudan ölçen ve analiz ile dozlama zamanı arasındaki süreyi olabildiğince azaltan sistemler olduğunu açıkça göstermektedir. İzleme sistemleri soğutma yükü ve besleme/takviye suyu kalitesindeki değişimleri mutlaka izleyebilmelidir (EK XI).

3.4.6.2.2 Biyolojik kirlenmenin izlenmesi

([tm005, Van Donk ve Jenner, 1996] ve ([tm087, Engstrom ve Tully, 1994])

Biyolojik kirliliğin izlenmesi soğutma sistemindeki mikrobiyal aktivitenin ve fiili mikro-biyosit artım seviyelerinin izlenmesine dayanır. Herhangi bir biyosit programının verimliliğini ölçmede temel nokta soğutma sistemindeki mikro-biyolojik aktiviteyi hızlı ve kesin bir şekilde ölçme yeteneğidir.

Once - through sistemlerde iyi bir dozlama rejimi oluşturabilmek için aşağıdaki stratejinin izlenmesi önerilmektedir:

- Hedef organizma(lar) hakkında bir problem analizinin oluşturulması
- Hedef organizmanın oluşumundaki mevsimsel farklılıkların tanımlanması (örneğin, midyelerin gelişim dönemi)
- Su sıcaklığı ve su kalitesinin (tatlı / tuzlu) göz önünde bulundurulması
- Bir dozlama programının belirlenmesi (örneğin her kesim için yerel olarak sürekli veya kesikli)
- Özellikle bir izleme sistemine bağlıysa tüketimi azaltacak olan dozlama birimlerine karar verilmesi
- İzleme programına (midye tespit tankı –gelişim dönemi tespiti) veya midye / istiridye izleme programına (konsantrasyon tespiti) karar verilmesi

Açık çevrimli sistemlere de benzer bir strateji uygulanabilir. Ancak soğutma kulelerinde kullanılan katkı maddelerinin dozlama programı aynı zamanda artım sürecinin karmaşıklığını artıran önleyici kimyasalları da kapsar. Bir diğer faktör ise konsantrasyon döngü sayısının artmasının yaratacağı etkidir. Bu ise bir taraftan sudan tasarruf edilmesini sağlarken diğer taraftan kabuklaşma ve korozyon olasılığını ve dolayısıyla özel katkı maddelerinin kullanımı ihtiyacını artırmaktadır. Bu durumda yeni tesislerin tasarımında korozyona daha az hassas malzemelerin seçilmesi en iyi çözüm olacaktır. Bu malzemeler önleyicilere duyulan gereksinimi azaltacak (bkz. 3.4.3.2), sistemin karmaşık ajanlara ihtiyaç duymadan çalışmasını kolaylaştıracak ve böylece aynı zamanda maliyetlerden tasarruf edilmesine de izin verecektir.

Gerek yeni gerekse mevcut soğutma sistemleri için gerek duyulan biyosite karar vermeden önce biyolojik kirlenmenin sebebinin belirlenmesi (örneğin sızıntılar) ve kirletici organizmaların tanımlanması önem taşımaktadır.

Once - through sistemler söz konusu olduğunda en önemli sorun makro kirliliktir. Biyosit artımının ön koşulu makro kirliliğin izlenmesidir. Bu izleme makro kirliliği oluşturan organizmaların sisteme yerleşmesi ve burada gelişmesi hakkında ve biyolojik kirlilik programının verimliliği konusunda bilgi verdiğinden gerekli minimum biyosit dozunu belirlemek ve biyosit kullanımını optimum seviyede düzenlemek için temel önem arz etmektedir.

Bir başka hedeflenen bir dozlama rejimi prosesin farklı bölümlerindeki kalıntı sürelerindeki değişimleri dikkate alan dalgalı değişimli klorlama yöntemidir. Bu yöntemde soğutma suyu akımının farklı proses aşamalarındaki akım şekilleri izlenerek farklı zamanlarda ve farklı noktalarda ihtiyaç duyulan klor dozlaması gerçekleştirilir. Proses sonunda ve soğutma suyu deşarjından önce farklı proses akıntılarının karıştırılmasıyla akım seyrelmesi meydana gelir. Akımlardan yalnızca birinin klorlandığı ve diğerlerinin klorlanmadığı durumlarda TRO daha da azaltılabilir ve 0,1 mg/l altındaki emisyon seviyelerine ulaşılabilir (bkz. EK XI).

Açık çevrimli sistemler için mikro kirlilik makro kirlilikten çok daha önemlidir. Takviye amacıyla kullanılan su miktarı genelde çok daha düşük olduğundan hem suyun ön arıtmadan geçirilmesi hem de devri daim suyunun bir kısmının yan filtreleme işleminden geçirilmesi mikro organizmaların sisteme sürüklenmesini önleyebilir. Biyositlerin şok dozlama yoluyla tatbiki durumunda çevrimli sistemlerde sistem geçici olarak kapatılabildiği için biyositin performansı artırılabilmekte ve blöf öncesinde konsantrasyon seviyesi düşürülebilmektedir. Ayrıca, çevrimli sistemlerde biyolojik kirlilik kontrol programının izlenmesi biyosit kullanımının optimize edilebilmesi için bir ön koşuldur.

3.5 Soğutma havası kullanımı ve havaya yönelik emisyonlar

3.5.1 Hava gereksinimleri

Havanın bir kaynak kullanımının doğrudan çevresel sonuçları yoktur ve gerçek bir tüketim olarak düşünülmez. Hava önce - through soğutma sistemleri dışındaki tüm sistemlerde kullanılır. Mekanik soğutma kulelerinde hava ihtiyacı fan çalışması için ihtiyaç duyulan enerjiye bağlıdır.

Tablo 3.9: Farklı soğutma sistemlerinde ihtiyaç duyulan ortalama hava akımı [tm134, Eurovent, 1998]

Soğutma sistemi	Hava akımı (%)
Önce - through akımı	0
Açık ıslak soğutma kulesi	25
Açık ıslak / kuru (hibrid) soğutma	38
Kapalı devre soğutma kulesi	38
Kapalı devre ıslak / kuru soğutma	60
Kapalı devre kuru hava soğutma	100

Gerek duyulan hava miktarı yükseldikçe fan kapasitesi ve dolayısıyla enerji tüketim ve emisyon seviyeleri de artacaktır. Tablo 3.9’da çeşitli soğutma sistemlerinin hava akımı gereksinimleri karşılaştırılmaktadır. Hava akımı hissedilen ve gizli ısı dönüşümü oranıyla yüksek korelasyon içindedir (EK I). Kuru soğutma sistemleri ıslak soğutma sistemlerine göre daha fazla havaya ihtiyaç duymaktadır. Bazı spesifik alanlarda (örneğin yoğun bir şekilde endüstrileşmiş alanlarda) hava kalitesi bir sorun olarak karşımıza çıkabilmekte ve bileşimi itibarıyla (kanatlı) tüpler veya kangallarda korozyona veya yüzeyde kirlenmeye neden olabilmektedir. Havanın içerdiği maddelerden kaynaklanan bu iki sorun ısı dönüşümünü olumsuz etkileyebilir. Soğutma havasının ön temizlikten geçirilmesi gerçekçi görünmemekte ve bu konuda rapor edilmiş herhangi bir bilgi de bulunmamaktadır. Dolayısıyla eşanjör yüzeyinin temizlenmesi ve / veya soğutma suyunun arıtılması havanın kimyasal özelliğine bağlı olarak zorunlu olabilir.

Diğer taraftan, açık ıslak soğutma kuleleri bazen havadaki bazı kirleticileri yıkayarak hava temizleyicisi vazifesi görmektedirler. Bu durum soğutma suyu arıtımını ve potansiyel olarak soğutma sisteminin çalışmasını etkileyebilir; ancak bu konuda herhangi bir veri elimizde bulunmamaktadır.

3.5.2 Doğrudan ve Dolaylı Emisyonlar

Endüstriyel soğutma sistemlerinin çalışması sonucunda havaya gerçekleşen emisyonlar doğrudan veya dolaylı olabilir. Dolaylı emisyonlar üretim sürecindeki verimsiz soğutmanın bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bunların nedeni verimsiz soğutma sisteminin üretim veya performans kayıplarını telafi etmek için daha fazla kaynak girdisine ihtiyaç duymasıdır.

Islak soğutma kulelerinden kaynaklanan doğrudan emisyonlar özellikle yakın civardaki kentsel yerleşimler üzerinde etki yarattığı için önem taşımaktadır. Soğutulacak endüstriyel prosesin neden olduğu emisyonlarla karşılaştırıldığında bunların görece önemsiz olduğu düşünülebilir. Çalışma sırasında ortaya çıkabilecek sorunlar şunlardır:

1. Damlalar bazı su arıtma kimyasallarını ihtiva edebilir;
2. Uygun biyosit arıtımı gerçekleştirilmediğinde ve soğutma kulesinin bakımı gereğince yapılmadığında bakteri (lejyoner hastalığı) gelişimi görülebilir (3.7.3).

Açık ve kapalı çevrimli ıslak ve ıslak / kuru soğutma kuleleri damlalar ve buharlaşma nedeniyle emisyonla neden olabilir; bu emisyonun miktarı da su arıtım kimyasallarında ve özellikle biyositlerde yaşanan kayba tekabül etmektedir. Bilinmektedir ki, kimyasalların “flash-off (uçma/buharlaşma)” olarak da adlandırılan buharlaşmadan kaynaklanan kayıpları sıcaklıkla birlikte artmaktadır. Ancak bu emisyonla sebep olan mekanizma pek çok faktörün dahil olduğu karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle bu emisyonun ölçülmesi çok zordur ve bu konuda herhangi bir emisyon verisi rapor edilmemiştir.

Damla tutucular önemli bir emisyon azaltma tedbiri olarak kabul edilir. Bugünlerde tüm ıslak soğutma kuleleri damla tutucularla teçhiz edilmektedir. Yine de devri daim suyunun çok küçük bir oranı su damlası olarak dışarı kaçabilir. Soğutma kulesinin rüzgarın yönünde bulunan egzoz hava akımından dışarı düşen çözünmüş partikül ve kimyasal katkı maddeleri içeren bu damlacıklar, bina yüzeylerinde lekelenmeye veya tortu birikimine neden olabilir. [tm046, Vanderheyden ve Schuyler, 1994]. Krom emisyonlarının rapor edildiği bazı özel olaylar bilinmekle birlikte Üye Devletlerin büyük bir kısmı çevre ve sağlık nedenleriyle krom kullanımını yasaklamıştır; kromun aynı zamanda teknik sorunlara yol açtığı da rapor edilmiştir.

Soğutma kulelerinden havaya verilen doğrudan emisyonların nitelik ve niceliği her olay bazında ilgili tesisin soğutma suyu arıtımında kullanılan katkı maddelerine, bu katkı maddelerinin devri daim suyu içindeki yoğunluklarına ve damla tutucuların verimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Islak soğutma kulelerinde hali hazırda kullanılmakta olan standart damla ayırıcıları damladan kaynaklanan su kaybını toplam akımın %0,01'i seviyelerine kadar azaltmayı başarmaktadır. Soğutma kulesi emisyonlarını basitleştirilmiş bir model yardımıyla değerlendirmek için bir çalışma yapılmıştır [tm046, Vanderheyden ve Schuyler, 1994]. Elde edilen verilerden yola çıkılarak emisyon yoğunluklarının düşük olduğu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ancak ihmal edilemeyeceği, ayrıca soğutma kulesi çıkışının tasarımı ve konumuna gereken özen gösterilerek hava iklimlendirme sistemlerinin veya diğer soğutma aparatlarının girişlerinden sakınılması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Hali hazırda verili soğutma kulesi konfigürasyonları için damla kayıplarını (ve çevre kirliliğini) hesaplamada kullanılabilecek standart bir yöntem bulunmamaktadır. Verilen konfigürasyon için damla kayıplarını doğrulayacak iki test metodu bulunmaktadır (yayınlanmamış):

- İzokinetik metot (IK-metodu)
- Hassaslaştırılmış yüzey damla ölçümü (SS- metodu)

Her iki yöntemin de avantajları ve dezavantajları vardır. IK-metodunun avantajları:

1. Tüm damla boyutlarında yüksek toplama verimliliği,
2. Spesifik elementlerin analizinin mümkün olması,
3. Çıkış alanı üzerinde entegre örneklem sağlaması,

IK-metodunun dezavantajları:

1. Havadan kaynaklı elementler sonuçlarda sapmaya yol açabilir
2. Yüksek verimli damla tutucular veya düşük mineral yoğunlukları için uzun örneklem alma süreleri gerektirir.

IK-testinin nasıl gerçekleştirileceğini tanımlayan bir test kodu vardır (CTI-140).

SS-metodunun avantajları şunlardır:

1. 30 μm 'den büyük damlalar için damla büyüklüğü özelliklerini sağlar,
2. Havadan kaynaklı maddelerden etkilenmez,
3. Damla tutucuların görelî verimliliğini verir.

SS-metodunun dezavantajları ise şunlardır:

1. 30 μm 'den küçük damlalarda zayıf toplama verimliliği,
2. Yoğuşma ve damla arasındaki farkı ayırt edemez,
3. Spesifik yapılar için damla analizi yapamaz.

İnşasında asbestli çimento kullanılan eski soğutma kulelerinin devreden çıkarılması ve sökümü sırasında asbest partiküllerinden kaynaklanan ikincil emisyonlar rapor edilmiş olup bunların tutulması için özel tedbirler alınmasına gerek vardır. Söküm esnasında asbest emisyonunun azaltılması amacıyla hazırlanan bir rapor doğrudan solumaya karşı korunmaya odaklanmaktadır [tm082, Mittendorf, 1990]. Asbestin ve benzer malzemelerin kullanımı AB'de yasaklandığından yeni inşa edilen veya yakın geçmişte inşa edilmiş soğutma kulelerinde asbest kullanılmamaktadır. Asbest hali hazırda 20 yaş ve üstü soğutma kulelerinde bulunmaktadır.

Soğutma kulelerinde hava emisyonunun azaltılmasına yönelik bir tedbir rapor edilmemiştir ve böyle bir tedbir uygulanabilir görünmemektedir. Potansiyel kirlenmenin kaynağı ve bu kirliliğin nasıl taşındığı dikkate alındığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Soğutma kulelerinden kaynaklanan hava emisyonlarının azaltılması su alımının azaltılmasına yönelik bütüncül tedbirlerle, özellikle de damla tutucuların uygulanmasıyla pozitif korelasyon içindedir.
- Hava emisyonlarının azaltılması soğutma suyu arıtımına duyulan gereksinimin azaltılmasıyla pozitif korelasyon içindedir ve
- Soğutma kulelerinden kaynaklanan hava emisyonlarının azaltılması soğutma suyu arıtımının optimize edilmesiyle (sistem çalışmasının optimize edilmesi) pozitif korelasyon içindedir.

3.5.3 Soğutma kulesi dumanları

3.5.3.1 Duman oluşumu

Açık ve kapalı ıslak soğutma kulelerinde yüksek nem içeriğine sahip atık havanın soğutma kulesini terk ederken atmosfere karışıp tekrar soğumasıyla meydana gelen duman (buğu) oluşumu önemlidir. Bu süreç esnasında absorbe edilmiş fazla su buharının bir kısmı tekrar yoğunlaşır. Bu neredeyse %100 su buharı olmasına rağmen büyük kulelerde ufuk kaydırma etkisi son derece yüksek olabilir (enerji sektörü, kimya sektörü). Görülen dumanın şekli ve büyüklüğü sıcaklığa ve atmosferdeki bağıl nemlilik oranına ve aynı zamanda rüzgâr durumuna bağlıdır. Atmosfer soğudukça ve nem oranı yükseldikçe duman daha durağan ve kalıcı olacaktır. Bu yüzden bunun Avrupa'daki daha ılıman ve soğuk bölgelerde ve özellikle de kış aylarında bir sorun olacağı kabul edilebilir. Büyük tesislerden (enerji santralleri) kaynaklanan aşırı duman oluşumu küçük kuleler (40-50 m) söz konusu olduğunda zemin seviyesinde sis oluşumuna da neden olabilir. Sert hava koşullarında duman oluşumunun aşağı çökerek yollarda buzlanmaya da sebep olabildiği rapor edilmiştir.

3.5.3.2 Duman zayıflatma [tm101, BDAG, 1996], [tm123, Alt ve Mäule, 1987]

Duman zayıflatma soğutma sistemi konfigürasyonunu değiştirmeyi içeren entegre bir teknolojik tedbirdir. Nemli atık hava deşarj edilmeden önce bir miktar sıcak kuru havayla karıştırılıp kurutularak duman oluşumunun önüne geçilebilir. Açık hibrid (veya ıslak / kuru) soğutma kuleleri ve kapalı ıslak / kuru soğutma kuleleri (veya yeniden soğutucular) özellikle duman oluşumunu engellemek üzere tasarlanmaktadır (Bkz. Bölüm 2.6).

İklim koşullarına ve proses gereklerine bağlı olarak soğutma kulesi kuru olarak işletilebilir. Kuzey Avrupa iklim koşulları için hemen tüm hava koşullarında soğutma kulesinin herhangi bir görünür duman oluşumu olmaksızın işletilebilmesi için toplam ısı yükünün yalnızca %20'lik bir kısmının kuru kısma aktarılmasının yeterli olacağı belirtilmektedir. Belli koşullar altında, örneğin çok düşük ortam sıcaklıklarında ve düşük bir ısı yükü altında soğutma kulesi tamamen kuru modda da çalıştırılabilmektedir. Düzenlemeler bazen gece ve gündüz çalışması arasında ayırım yapmakta ve gece saatlerinde ıslak soğutmaya (yani duman oluşumuna) izin vermekte, buna karşın gündüz saatlerinde kulenin duman oluşumunu engellemek için hibrid modda çalışması zorunlu tutulmaktadır (Ayrıca bkz. Bölüm 2).

3.6 Gürültü emisyonları

3.6.1 Gürültü kaynakları ve gürültü seviyeleri

Gürültü emisyonları yerel ölçekte önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bir endüstri kompleksinden kaynaklanan gürültü emisyonlarının bir dizi gürültü üretici kaynağı vardır ve izin kuruluşlarının genel uygulamasında soğutma sisteminin ürettiği gürültü tüm tesisin ayrılmaz bir parçası olarak ele alınır. Dolayısıyla soğutma sistemlerinden kaynaklanan gürültü ve potansiyel gürültü azaltma yatırımları tesisin toplam gürültü emisyonları kapsamında değerlendirilmelidir. Gürültü emisyonları genellikle hem mekanik çekişli soğutma kulelerinde hem de büyük doğal çekişli ıslak soğutma kulelerinde karşılaşılan bir konudur. Soğutma kulelerindeki ses kaynaklarından ileri gelen gürültü emisyonlarının özellikleri ve hesaplaması hakkında bilgi edinmek için 3734 sayılı VDI-Direktifinden ve enerji santrallerinin soğutma sistemleri için Alman VGB-kılavuzunda geliştirilen standartlardan yararlanılabilir [tm158, VGB, 1998].

Bu soğutma sistemlerinin sebep olduğu gürültünün üç ana kaynağı şu şekilde tanımlanabilir:

- Fanlar (fan, dişliler ve sürücü) – tüm mekanik soğutma kuleleri;
- Pompalar- soğutma suyu kullanan tüm sistemler
- Soğutma suyu havzasına / su basamaklarına düşen su damlaları – yalnızca ıslak soğutma kuleleri.

Yayılmı doğrudan veya dolaylı gerçekleşebilir. Ses aşağıdaki yollarla doğrudan yayılır:

- hava giriş noktaları
- hava deşarj noktaları

Ses aşağıdaki yollarla dolaylı bir şekilde yayılır:

- fan motorları
- fan deşarj davlumbazları ve soğutma kulesi örtüsü (betonarme yapılarda önemli bir katkısı yoktur)

Kuru hava soğutmalı kulelerden kaynaklanan gürültü ağırlıklı olarak uygulanan mekanik ekipmandan ve bu ekipmanın çalıştırılma şeklinden etkilenir. Ses zayıflatma tedbirlerinin ekipmanda çok düşük bir ses seviyesiyle sonuçlandığı durumlarda eşanjörlerden veya kondansatör boruları ve kanallardan gelen ses ağırlık kazanabilir.

Islak soğutma kulelerinde gürültü yalnızca düşen su damlalarından (doğal çekişli) veya hem düşen su damlaları hem de mekanik ekipmandan kaynaklanır. Genellikle fanların zayıflatılmamış gürültü seviyesi su damlalarının sesiyle karşılaştırıldığında daha baskındır. Bu durumun ıslak soğutma kulesinin büyüklüğünden bağımsız olduğu rapor edilmektedir. Havayla ilgili gürültü uygulanan azaltma teknikleriyle düşürüldüğünde suyla ilgili gürültü baskın hale gelebilir ve bu durumda sudan kaynaklanan gürültünün azaltılması tedbirleri düşünülebilir.

Enerji santrallerinde ve büyük ölçekli endüstri tesislerinde bulunan orta ila büyük ölçekli soğutma kuleleri için aşağıdaki bilgiler rapor edilmiştir. Doğal çekişli soğutma kuleleri için su akımı ve kule yüksekliği zayıflatılmamış gürültü emisyon seviyelerini etkileyen en önemli faktörlerdir. Su damlalarının düşme yüksekliği 5 metreye kadar önem taşımakta, ancak daha yüksekten düşen damlalar rapor edilen gürültü seviyesini daha fazla etkilememektedir. Girişteki ses seviyesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 68 + 10 * (\log M/M_0) \pm 2$$

$$M_0 = 1 \text{ ton / saat}$$

Doğal çekişli soğutma kulelerinin hava çıkışındaki ses seviyesi aşağıdaki eşitlikle yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 71 + 10 * (\log M/M_0) - 0,15 * (H/H_0) \pm 5$$

$$M_0 = 1 \text{ ton / saat (M = su akımının ağırlık oranı)}$$

$$H_0 = 1 \text{ m (H = soğutma kulesi yüksekliği)}$$

Fan destekli ıslak soğutma kuleleri için su gürültüsünün dalga boyu girişte çok önemli değildir. Tahrikli soğutma kuleleri için (yani fan kulenin üst kısmında) hava çıkışındaki (yayıcı) su gürültüsünün toplam ses seviyesine katkısı aşağıdaki eşitlikle yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 72 + 10 * (\log M/M_0) \pm 3$$

$$M_0 = 1 \text{ ton / saat}$$

Mekanik soğutma kulelerindeki en önemli faktör kullanılan mekanik ekipmandır (fanlar, dişliler, vb.). Fan çevresel hız (25-60 m/s) toplam ses seviyesini oluşturan en önemli unsurlardan biridir. Kullanılan fan tipi (merkezkaç veya yıldız (aksiyal)) ve fanın bıçak tipi ve sayısı da önem taşır. Şanzıman kutuları kullanımının ses seviyesi üzerinde negatif etki yarattığı (aynı su akımı ve fan çevresel hız koşullarında) rapor edilmektedir.

Bir fanın ses seviyesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 16 + 10 * (\log V/V_0) + 20 * (A_p/A_{p0}) \pm 5$$

$$(V_0 = 1 \text{ m}^3 / \text{saat}; \Delta p_0 = 1 \text{ hPa})$$

Bu genel eşitlik hem cebri hem de tahrikli fanlar için kullanılabilir. Orta ila büyük ölçekli cebri kulelerde hava çıkışında fanların ses seviyesine katkısı genel olarak fanların kule üzerine kurulduğu tahrikli kulelere nazaran daha düşüktür. Bu fark 5 dB(A)'e kadar çıkabilmektedir.

Aksiyal (yıldız) fanların fanın çevresel hızıyla nasıl bir ilişki içinde olduğu aşağıdaki eşitlik yardımıyla gösterilebilir:

$$L_w \text{ (dB(A))} = C + 30 \log U_{\text{tip}} + 10 \log (Q \cdot P) - 5 \log D_{\text{fan}}$$

(C = fanın karakteristik eğim değeri, U_{tip} = fan çevresel hız, Q = fan akımı, P = fan basınç düşmesi, D_{fan} = fan çapı)

Gürültü emisyonları aynı zamanda soğutma kulesi inşasına da bağlıdır. Betonarme yapılardan kaynaklanan gürültü tümüyle hava girişi ve hava çıkışından çevreye deşarj olunur. Farklı ve daha hafif malzemeden inşa edilen soğutma kuleleri için bina iskeletinden yayılan gürültü de hesaba katılmalıdır. Dahası, ters-akışlı veya çapraz-akışlı tasarım da ıslak soğutma kulelerinden kaynaklanan ses emisyonu üzerinde etkili bir faktördür. Ters akışlı tasarlanan binaların sıçrama gürültüsü yaydığı rapor edilmektedir.

Ses emisyonları sahip oldukları farklı frekanslara göre tanımlanabilmekte olup doğal ıslak çekişli soğutma kuleleri ile mekanik soğutma kuleleri arasında bir ayrım yapılabilir. Doğal çekişli kulelerde aşağıya düşen su geniş bir frekans bandı oluştururken mekanik soğutma kulelerindeki fanların gürültüsü ağırlıklı olarak düşük frekanslı sestən meydana gelir. Bu faktör, diğer faktörlerle birlikte düşünüldüğünde neden tesise yakın çevrede su gürültüsü daha çok hissedilirken fan destekli bir soğutma kulesindeki fanların sesinin daha uzak mesafelerde daha baskın olduğunu da açıklamaktadır.

Farklı soğutma kulelerinin yaydıkları ses seviyeleri büyük değişim göstermektedir ve her bir ses kaynağı toplam emisyonu katkıda bulunmaktadır. Bu durum Tablo 3.11'de enerji santrallerinin soğutma sistemleri için [tm158, VGB, 1998] ve Tablo 3.10'da ise bir rafineriye ait soğutma sistemleri [tm001, Bloemkolk, 1997] için farklı değerlere sahip örneklerle açıklanmaktadır.

Islak soğutma kulelerinde düşen suyun gürültü seviyeleri suyun damla yüksekliğine bağlıdır. Tahrikli ıslak soğutma kulelerindeki düşük damla yüksekliği hava girişinde yaklaşık 1 dB(A), tahrikli hücre tipi bir soğutma kulesinde ise yaklaşık 3 dB(A) daha az gürültü üretmektedir.

Tablo 3.10: Büyük bir rafinerinin soğutma sistemi ekipmanlarının kapasiteleri ve buna karşılık gelen zayıflatılmamış ses seviyelerine örnekler [tm001, Bloemkolk, 1997]

Ekipman	Kapasite ¹	L _w (dB(A) olarak)
Kompresörler	490/ 2000 kW	108/ 119
Pompalar	25/ 100/ 1300 kW	94/ 98/ 108
Buhar türbinleri	1000/ 2000 kW	106/ 108
Hava soğutucular	7 /20 / 60 kW	89/ 93/ 98
Hava soğutucu / kondansatör	170 kW	102
Hava soğutucu / kondansatör	2.7 MWth	97
Hava soğutucu	14,7 MWth/ 18,8 kW _e	105
Hava soğutucu	1,5 MWth/ 7,5 kW _e	90
Soğutma kuleleri	300 MWth	106
Soğutma kulesi	2000 m3/saat	105
Notlar:		
1. soğutma kapasitesi olmayan dönen parçalar, motor vb.		

Tablo 3.11: Konvansiyonel tarzda inşa edilmiş çeşitli tiplerdeki ıslak soğutma kulelerinin hava giriş ve çıkışında ölçülen zayıflatılmamış ses seviyelerinin karşılaştırması [tm158, VGB, 1998]

Islak Soğutma kulesi	Hava girişinde, dB(A) olarak	Hava çıkışında (yayıcı açıklığı) dB(A) olarak
Doğal çekişli	84 ± 3	69 ± 3
Açık ıslak soğutma kulesi	86 ± 3	80 ± 3
Açık ıslak soğutma kulesi (hücre tipi, cebri)	88 ± 3	85 ± 3
Açık ıslak soğutma kulesi (hücre tipi, tahrikli)	85 ± 3	88 ± 3

Farklı tipte soğutma kulelerinin toplam ses seviyelerinin karşılaştırılması için Tablo 3.12 zayıflatma uygulanmayan farklı soğutma sistemlerinin toplam gürültü seviyelerini göstermektedir. Ses seviyelerinde yukarıda da gösterilen farklılıktan anlaşılmaktadır ki gürültü aralıkları uygulanan tasarım ve ekipmana bağlı olarak oldukça geniştir.

Tablo 3.12: Farklı soğutma sistemlerinin ses zayıflatması olmaksızın gürültü emisyonları [tm134, Eurovent, 1998]

Soğutma sistemi	Gürültü emisyonu dB(A)
Once - through akımı	
Soğutma kulesi-Doğal çekişli	90-100
Soğutma kulesi- mekanik çekişli	80-120
Kapalı devre soğutma kulesi	80-120
Hibrid soğutma	80-120
Kuru hava soğutma	90-130

3.6.2 Gürültü Zayıflatma

([tm158, VGB, 1998], [tm061, Eurovent/Cecomaf, 1997], [tm086, Van der Spek, 1993], [tm093, Mirsky, 1995])

Gürültü azaltma çalışmaları bölmeler veya büyük bariyerler gibi ikincil veya —haricil tedbirlerden önce birincil veya dahili tedbirler olarak adlandırılan tedbirlere odaklanmalıdır. Soğutma kulelerinde gürültü azaltımına ilişkin farklı kılavuz belgeler şelale suyundan ve mekanik ekipmandan kaynaklanan gürültü arasında ayırım yapmaktadır. Genelde (zayıflatılmamış) doğal çekişli soğutma kuleleri daha az gürültülü olmakla birlikte mekanik çekişli soğutma kulelerinde uygulanan ses azaltma tedbirleri daha iyi sonuçlar vermektedir. Açık ki, gürültü üreten ekipmanın bakımının düzgün bir şekilde yapılması zamanla emisyon seviyesinin aşağı çekilmesine de katkı sağlayabilir. Pek çok durumda gürültü gerekliliklerini yalnızca mekanik çekişli soğutma kuleleri karşılayabilir; çünkü havadan kaynaklı ek basınç düşmelerinin üstesinden ekonomik olarak yalnızca mekanik çekişli kuleler gelebilir. Daha az gürültülü radyal fanların tercih edilmesi çoğu zaman aksiyal fanlara göre daha fazla enerji tüketimine ve daha yüksek işletme maliyetlerine sebep olur.

Genel yaklaşım, gürültü emisyonunu optimize etmek için öncelikle birincil tedbirleri uygulamaktır. Eğer daha fazla gürültü azaltımına ihtiyaç duyulursa ek azaltma tedbirleri düşünülebilir. Gürültü azaltımı gerçekleştirilirken uygulanan azaltım tedbirlerinin neden olacağı basınç düşmesi (daha fazla enerji gereksinmesi yaratır) gibi sonuçlar ve daha baskın hale gelen diğer kaynaklar mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Tek tek ekipmanların toplam gürültü emisyon seviyesine katkıları tüm bir gürültü modelinin bir parçası olarak görülmelidir. Bunun anlamı, diğer bütün faktörlerle birlikte yakın civardaki binaların, sesin yayılımı ve yansıması özelliklerinin de dikkate alınması gerektiğidir. Soğutma sistemlerinde yer alan farklı potansiyel gürültü kaynaklarınca üretilen gürültü emisyonlarının daha aşağı seviyelere çekilebilmesi için uygulanacak azaltma tedbirlerinin hangi noktalara odaklanması gerektiği (damla yüksekliği ve fan çevresel hız gibi) yukarıdaki eşitliklerde açıkça görülmektedir.

3.6.2.1 Basamak suyunun gürültü kontrolü (ıslak soğutma kuleleri)

Doğal çekişli soğutma kulelerinde ses azaltımı tedbirleri hava girişine odaklanır; çünkü hava çıkışının toplam gürültü seviyesine katkısı görece önemsizdir ve girişe göre en az 5 dB civarında daha düşüktür. Düşen suyun su havzasında ürettiği ses kule içindeki, kule dolgusundaki ve dumandaki yayılma ve soğurulma ile belli bir seviyeye kadar doğal olarak zayıflar (10-15 dB). Uygulanacak ek zayıflatma tedbirleri hava girişinden kaynaklanan gürültüyü yaklaşık 5-8 dB civarında daha azaltır. Orta ila büyük ölçekli soğutma kuleleri için aşağıdaki tedbirler de önerilebilir ve uygulanabilir.

3.6.2.1.1 Birincil tedbirler

Aşağıdaki teknikler birincil tedbirler olarak tanımlanır:

- Su yüzeyinin havuzun daha hızlı bir drenajla boşaltılması yoluyla alçaltılması sayesinde havuz duvarları ses bariyerleri olarak iş görecektir.
- Hava girişinin sınırlı büyüklükteki kısım alanını minimize ederek suyun damla yüksekliğinin azaltılması mümkündür.
- Damlaları yakalayarak havuza drene eden cihazlar yardımıyla (çarpma yönlendiriciler) damlaların havuz yüzeyine çarpmasının önüne geçilebilir. Etki: maksimum 7 dB.
- Dolgu altındaki su toplama kanalları da ses azaltıcı etkiye sahiptir: maksimum 10 dB. Yönlendirme yoluyla ses azaltımı yöntemlerinin dezavantajı yakalama cihazlarının yüzeyinin kirliliğe hassas olması ve böylece suyu kirlletme potansiyeline sahip olmalarıdır.

3.6.2.1.2 İkincil tedbirler

Uygulanmış olan ikincil tedbirler şunlardır:

Hava girişinde perdelerle ses zayıflatma: maksimum azaltım 20 dB; Dezavantajı hava basıncında 10 Pa'ya kadar azalma meydana gelmesi olabilir. Basınç kaybı kurulu fan kapasitesinin %20'sini gerektirebilir.

- Kule temeli çevresinde toprak bariyerleri: 10 dB kadar bir ses azaltım etkisi.

Ses absorbe edici katmanları bulunan ses duvarları (veya ızgaraları) 20 dB civarında azaltma sağlar. Bu yapıların verimliliği inşaat ve kule temeline uzaklıklarına bağlıdır.

3.6.2.1.3 Kuru soğutma kuleleri

Kuru soğutma kulelerindeki gürültü ağırlıklı olarak fanlardan kaynaklanır. Ancak orta ila büyük arasındaki soğutma kulelerinde eşanjörlerden yüksek hızla akan suyun yarattığı gürültü daha baskın olabilir. Kondansatörlerde düşük gürültülü ekipmanlar kullanıldığında ses belirgin hale gelebilir ve kondansatör tüplerinin akım gürültüsü fan gürültüsüyle aynı büyüklüğe erişebilir. Bu durumlarda ek ses azaltma tedbirlerinin uygulanması önem kazanabilir ve bağlantı borularının izolasyonu düşünülmelidir.

3.6.2.2 Mekanik ekipmanın gürültü kontrolü (mekanik çekişli soğutma kuleleri)

Orta ila büyük ölçekli mekanik çekişli soğutma kulelerinde basamaklı suyun gürültü kontrolünde doğal çekişli kuleler için belirtilen birincil tedbirlerin aynılarna başvurulabilir. Bunlara ek olarak uygulanan tedbirler şunlardır:

- Düşen damlaların meydana getirdiği çarpma gürültüsünü azaltmak için su yüzeyinde duran ızgaralar veya ince ağ örgüleri. Bunların gürültü azaltıcı etkisi hakkında rapor edilmiş herhangi bir sayısal büyüklük yoktur.

Mekanik ekipmanda ses zayıflatma tedbirleri esas olarak hem ıslak hem de kuru soğutma kulelerinde fanla ilgili gürültünün azaltılmasına yöneliktir. Bu amaçla uygulanan tedbirler birincil (ekipman) veya ikincil (soğurma) tedbirlerdir. Çeşitli ses zayıflatma tedbirleri yaklaşık 20 dB(A) kadar ve kimi zaman da 30 dB(A)'e kadar çıkan ses azaltma seviyelerine ulaşabilmektedir. Bu derece yüksek gürültü azaltımının başarılabilmesi için çok daha sessiz ekipman kullanımı ile ek ses yalıtım tekniklerinin, örneğin akustik perdeler veya ses zayıflatıcılarının bir arada kullanılması şarttır. Pasif ses azaltımına yönelik bu tür ekipmanların kullanımı başlangıç yatırım maliyetlerini artıracak, ancak işletme maliyetleri makul seviyelerde kalmaya devam edecektir.

3.6.2.2.1 Birincil tedbirler

Aşağıdaki birincil tedbirler rapor edilmektedir:

- Fan tedbirleri:
 - düşük güçlü fanlar (çift dB(A) azaltımı);
 - daha büyük hava soğutucu fan kullanımı 2-6 dB(A) civarında fark yaratabilir; bıçak sayısı, 4 yerine 6-8 arası bıçak kullanımı iyi bir azaltma sağlar (ve aynı zamanda enerji gereksinimini de düşürür);
 - daha geniş bıçaklı ve aynı hava akımı ve hava basıncı için daha düşük çevresel hızına (< 40 m/s) sahip düşük gürültülü fan kullanımı;
- Düşük gürültülü tahrik dişlileri (küçük iletim oranları veya çok kutuplu tahrik motorları) düz açılı dişliler yerine helikoidal (yelpaze) dişliler, tahrik kayışları ve eğer mümkünse doğrudan tahrik.
- V kayışlı, düz kayışlı veya düşük gürültülü kalıplanmış dişli kayışlı tahrik. Eğer mümkünse kayışlar sarımlı olmalı;
- Düşük gürültülü fan motorları;
- Aksiyal fanlar yerine merkezkaç fanlar;
- Fan bıçakları ve destek yapısı arasında olabilecek en uzun mesafe;
- Dişliler ve fan motorları için esnek destek kullanımı;
- Hava geçişleri için aero-dinamik tasarım.

Ekipmanın çalışma şekliyle daha fazla azaltma sağlanabilir. Dakikadaki devir sayısı fan gürültüsünde daha fazla azaltmaya imkân verebilir. Talebin daha düşük olduğu zamanlarda (gece saatleri) fanlar daha düşük bir dönüş hızı ile çalıştırılabilir. Hızın %50 oranında azaltılması fanın kaynaklanan gürültüyü 6-10 dB(A) civarında azaltacaktır.

3.6.2.2.2 İkincil tedbirler

Mekanik çekişli soğutma kulelerinde hava alım ve deşarj noktalarında ikincil tedbirlerin alınması yararlı olacaktır. 10 ile 25 dB(A) arasında değişen bir ses azaltımı avantajı karşılığında 20 ila 70 Pa arasındaki ek bir basınç düşmesine razı olunmalıdır. Bu basınç düşmesi de fazladan enerji girdisi veya daha büyük (gürültülü) fanlar vasıtasıyla ortadan kaldırılacaktır.

Bu duruma örnek vermek gerekirse:

- Hava akımının susturulması ve örtme ile 5 dB(A)'lık bir azaltma sağlanabilir.
- Daha küçük fanlı soğutma kulelerinin hava çıkışında (dağıtıcı) inşa edilen ses soğurma özelliğine sahip kirişler ses emisyonunu azaltır ve daha iyi bir akım doğrultusu sağlayarak çekişi güçlendirir.
- Islak soğutma kulelerindeki damla ayırıcılar kapatılabilir
- Ek olarak, hava giriş açıklığı çevresindeki dolgular ve duvarların (binalar veya ses bariyerleri) faydalı olduğu görülmüştür. Perdeleme yoluyla sağlanan ses azaltımı soğutma kulesi civarında 20 dB(A)'e kadar çıkabilmektedir.

3.6.2.3 Ses azaltımının maliyeti

Gürültü azaltma tedbirlerinin maliyeti alınan tedbirin tipine ve bu tedbirin yeni bir soğutma tesisinin parçası olarak mı yoksa bir tesisin tadilatı sırasında mı tasarlandığına bağlı olarak büyük farklılık göstermektedir. Yeni bir hibrid kule tesisi söz konusu olduğunda gürültü azaltma tedbirlerinin (fanlar, perdeler) toplam tesis yatırımlarının %20'si civarında olacağı hesaplanmaktadır.

Gürültü azaltımındaki artışın toplam maliyetleri nasıl artırdığını gösteren bir örnek rapor edilmiştir. Aksiyal bir fan için basınç düşmesine ve akım / fan verimliliğinde azalmaya neden olmadan farklı tasarımlar (C değeri ve çevresel hız) uygulanabilir. Çok düşük ve süper gürültülü fanlarda alınacak tedbirler fazladan maliyet ortaya çıkarır.

Tablo 3.13: Ses seviyesinin düşürülmesine yönelik farklı fan tasarımlarının maliyet artışına etkisine bir örnek [tm086, Van der Spek, 1993]

Fan tasarımı	Ses seviyesi (dB(A))	Fiyat endeksi
Klasik	100	1
Düşük Gürültülü	95	1,5
Çok düşük gürültülü	90	3
Süper sessiz	85	4

Tablo 3.13'teki veriler farklı fan tasarımları arasındaki maliyet farklarını göstermektedir. Ancak tahrik iletimi, ses azaltımı ve soğutma kulesi inşaatı maliyetleri de ayrıca hesaba katılmalıdır. Süper sessiz fanlar gibi birincil tedbirlerin maliyeti aynı zamanda düşük enerji gereksiniminden kaynaklanan belirgin bir şekilde düşük işletme maliyetlerini de beraberinde getirebilir. Bu nedenle ses azaltımının maliyet etkin olmayacağı kesinlikle söylenemez.

3.7 Endüstriyel Soğutma Sistemleriyle İlgili Risk Konuları

3.7.Sızıntı Riski

[tm001, Bloemkolk, 1997]

3.7.1.1 Meydana Gelmesi ve Sonuçları

Hem su hem de hava soğutmalı sistemlerde meydana gelebilmesine rağmen sızıntı genellikle su soğutmalı sistemleri ilgilendiren bir sorundur. Özellikle önce - through sistemlerde kirlilik su ortamına soğutma suyu vasıtasıyla anında girecektir. Açık ve kapalı devre ıslak ve ıslak /kuru sistemlerde bu sorun hemen meydana gelmeyecek, sızıntı önce soğutucu maddeye bulaşacak ve soğutucu maddenin kimyasal içeriği dolaylı olarak ısı dönüşüm prosesine dağıtılacaktır. Sızıntının okside edici ve oksidan olmayan biyositlerin işleyişi üzerindeki bu etkisi açıkça gösterilmiştir [tm090, Grab ve ark., 1994]. En sonunda, sızan proses maddeleri blöfle birlikte deşarj edilecektir.

Doğrudan hava soğutma sistemlerinde sızıntı soğutma havasının kirlenmesine sebep olabilir ancak genel olarak sızıntının kuru hava soğutma sistemlerinde bir çevre sorununa yol açacağı düşünülmemektedir. Bu durum operatörün kuru soğutma sistemlerinden kaynaklanan sızıntıyı önleme ve azaltma sorumluluğunu yine onda bırakır. Dondurucu maddeler kullanan soğutma sistemleri bu belge kapsamında değildir.

Eşanjörler korozyon, erozyon ve diğer yıpranma biçimlerine maruz kalırlar. Malzeme seçimi, akışkan hızları, duvar sıcaklığı ve basınç seviyeleri gibi faktörler yıpranmayı etkiler. Bunun bir sonucu olarak proses akışkanlarında sızıntı ve soğutucu maddede kirlenme veya proste kirlenme / aksamaya meydana gelebilir. Soğutucu tipi de sızıntı riski üzerinde potansiyel etkisi bulunan faktörlerdendir. Uygulamada tasarımla amaçlanandan farklı bir çalışma vibrasyona ve bunu sonucunda da sızıntıya sebep olabilir. Soğutulacak akım çevreye zararlı bileşenler içerdiğinde sızıntı önemli bir sorun olarak ortaya çıkar. Enerji santrallerinde veya buharlaştırma tesislerinde kondansatörlerden kaynaklanan sızıntının su kalitesi açısından herhangi bir sorun teşkil edeceği düşünülmemekle birlikte proses tekniği açısından üzerinde durulması gereken bir konu olacaktır. Enerji santrallerinde sızıntının anlamı kondansatörde vakum kaybı meydana gelmesi ve bunun da enerji üretim prosesinde verimlilik kaybıyla sonuçlanmasıdır. (Buhar üretim) kazanlarında soğumayla meydana gelen su sızıntısı patlamalara yol açabilir.

Aşındırıcı ortamlarda (örneğin tuzlu su) görece kolay aşınan malzemeler kullanıldığında (örneğin bakır kondansatörler) eşanjörlerin yıkanmasından kaynaklanan ürün kaybı önemli olabilir. Bakır kirlenme ihtimalini azalttığı için sıkça kullanılır ancak uygulamada kirlilik bakır kondansatörlerinde de bulunur. Bakır emisyonları arzu edilmeyen emisyonlardır. Titanyum ve paslanmaz çelik gibi daha iyi malzemeler kullanılarak veya korozyon önleyici bileşikler katılarak bakır emisyonlarının önüne geçilebilir.

Sızıntı ayrıca bazen soğutucuların terlemesinden de ileri gelebilir. Bu terlemeler genellikle çok küçük çatlaklardan veya sarım malzemesindeki sızıntıdan kaynaklanır. Fiili uygulamalardan yola çıkılarak rapor edilen bilgilere göre en yaygın eşanjör arızalarının sebepleri şunlardır:

- Kimyasal kirlilikten kaynaklanan korozyon / erozyon (nokta korozyon),
- Biyolojik kirlilikten, kimyasallardan ve bakterilerden kaynaklanan korozyon,
- Mekanik erozyon (çatlaklar veya hareket eden midyeler nedeniyle),
- Titreşimler (akım veya harici pompaların titreşimi vb. nedenlerle),
- Sızıntı, arızalı sarım malzemeleri,
- “Silindir” tüp plaka bağlantılarının terlemesi,
- Tüp-plaka eklerinin yerinden çıkması,
- Yanlış işletme basıncı ve / veya sıcaklığı uygulanması nedeniyle malzeme üzerinde oluşan baskı ve
- Soğutucu sıcaklığının 50° C üzerine çıkması.

Büyük hacimlerle çalışan once - through sistemlerde küçük sızıntıların tespit edilmesi zordur. Birden fazla eşanjörün bulunduğu soğutma sistemlerinde her zaman bir miktar arızalı eşanjör bulunması muhtemeldir. Bu eşanjörlerin soğutma suyunda yaratacağı az veya çok sabit seviyedeki kirlilik büyük su akımlarında çok düşük ve çok zor tespit edilebilir bir miktarda olacaktır. Daha büyük sızıntı seviyeleri tespit edilebilir; ancak bu genellikle aynı zamanda önemli ve belirgin bir emisyon olduğu anlamına da gelecektir. Soğutma kuleli çevrimli sistemlerde muhtemel uçucu bileşikler çözülerek blöfle birlikte dışarı atılır. Bu durumda deşarj akımının düşük hacmi nedeniyle tespit kolaydır ve eğer gerekirse blöf artırılabilir.

Sızıntının büyüklüğü genellikle tesadüfen ve çok nadiren de once - through sistemlerde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda bilinir. Büyük sızıntılar tespit edilir ve bunlar genellikle oldukça önemli boyuttadırlar. Meydana gelen fiili olaylardan elde edilen veriler büyük miktarlardaki atıklarda (10000 m³/saat ve daha büyük) mg/l olarak 100 ila 3000 kg/ 24 saat seviyelerinde çıkış akımı bulunmasının son derece mümkün olduğunu göstermektedir. Farklı tiplerdeki eşanjörlerde yaşanan arıza sıklığı geniş bir değişim göstermektedir.

3.7.1.2 Sızıntının azaltılması

Eşanjörler sızıntıyı önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bakımın niteliği ile ilgili olarak farklı kuruluşlarca öneriler yapılmaktadır. Yalnızca önleme çalışmalarının tek başına problemlerin tam olarak kontrol edilebilmesine yeterli olmadığı görüldüğünden bu öneriler önleyici ve düzeltici bakım çalışmalarının bir arada yürütülmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Önleyici bakım genellikle iki yılda bir gibi aralıklarla, üretimi durdurarak gerçekleştirilir. Düzeltici bakımda ise örneğin sızıntı yapan bir tüp devreden çıkarılarak veya bir tüp kümesi değiştirilerek bir soğutucu kapatılır ve sızıntılar onarılır. Eşanjörler söz konusu olduğunda üretim tekniğine ilişkin nedenlerden ötürü kapatma söz konusu olamayacağından ikinci bir yedek soğutucunun her zaman hazır bulunması önem taşımaktadır. Her geçen gün daha açık bir şekilde anlaşılmaktadır ki arızalar ve sızıntılar öncelikle tasarımdaki hataların bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Proses endüstrisinde daha pahalı inşaat veya daha iyi malzemeler için yapılan her ek yatırım arızalardan kaynaklanan maliyetlerle karşılaştırıldığında oldukça önemsiz kalmaktadır. Yatırım maliyetleri bu şekilde üretim kaybından ileri gelen maliyetlerle karşılaştırıldığında düşük seviyededir. Bu nedenle eşanjörlerin tasarımı bir “öngörü” temelinde gerçekleştirilmelidir.

Sızıntının meydana gelmesini önlemek için aşağıdaki genel tedbirler uygulanabilir:

- Islak soğutma sistemlerinde kullanılacak malzemenin uygulanan suyun kalitesine göre seçilmesi;
- Sistemin tasarımıda öngörüldüğü şekilde çalıştırılması;
- Eğer soğutma suyu arıtımına ihtiyaç duyuluyorsa doğru soğutma suyu arıtım programının seçilmesi;
- Çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde soğutma suyu deşarjındaki sızıntının uygun bir şekilde izlenmesi (blöf).

Uygulamada ortaya sorunlar çıkıyorsa kısmen bu sorunların nedenine bağlı olarak bir dizi seçenek söz konusudur:

Bileşen seviyesinde (eşanjör):

- Erozyon ve korozyon nedenlerinin kontrol edilmesi
- İşletme koşullarının tasarım koşullarına uygunluğunun kontrol edilmesi
- İnşaat ve malzemeyi kontrol ederek soğutucunun daha gelişkin bir tipte değiştirilmesi
- Sızıntıyla kirlenen akıntının arıtmaya deşarjı (ilgili alt akımın arıtımı)
- Bir hava soğutucu ve/veya dolaylı su soğutucu üzerindeki ilgili soğutucunun su akımının devri daim ettirilmesi (doğal olarak, bu seçenek soğutucunun arızasından ileri gelen üretim aksaklıklarını çare değildir).

Sistem seviyesinde (tüm bir soğutma sistemi veya ilgili parçalar):

- Soğutma suyu ile proses suyu arasındaki basınç farkını olabildiğince düşük seviyede muhafaza etmek veya soğutma suyu üzerinde fazla basınç oluşturmak veya bunu muhafaza etmek
- Dolaylı sisteme dönüştürmek veya eğer teknik olarak mümkünse soğutma kuleli bir çevrimli sisteme dönüştürmek (bileşenlerin potansiyel uçuculuk seviyelerini göz önünde bulundurarak).

Kimya endüstrisinde uygulanan VCI güvenlik konsepti sızıntıyı su havzalarında uzun dönemli zararlı değişikliklere yol açan geçici madde deşarjı olarak kabul eder. Bunu önlemek ve kontrol altına almak için kimyasal proses maddeleri (R-ifadeleri ile) puanlandırılır. Oluşan nihai puanlama (dolaylı) soğutma konfigürasyonu sisteminin nasıl oluşturulacağını ve sızıntının nasıl izleneceğini belirleyen gereklilikleri simgeler (bkz. EK VII).

Açıktır ki, dolaylı eksiksiz bir sistemin veya soğutma kuleli çevrimli bir sistem uygulaması sızıntıyı neredeyse %100'e varan bir başarıyla kontrol edebilir. Yalnızca sistem basıncı düşerse kirli su serbest bırakılabilir; ancak bu akıntı da küçüktür ve kontrol edilebilir. Bununla birlikte her iki seçeneğin uygulaması da soğutulacak prosesin gereklilikleri hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir. Bir soğutma kulesinin dolaylı olarak tasarlanması veya uygulanması yaklaşmayı artıracak ve proses maddesinin minimum nihai sıcaklığını yükseltecektir. Eğer soğutulacak proses bunu tolere edebiliyorsa proses maddelerinin özellikleri alıcı yüzey suyunun sızıntıdan kaynaklanan istenmeyen emisyonu karşı korunması için dolaylı bir tasarımı uygulanmasına izin verebilir.

Bazı şirketler dolaylı soğutmada sızıntı yapan ve sızıntı yapmayan parçalar içeren bir soğutma sistemini bilinçli olarak kullanmaktadır. Soğutma öncelikli maddeler veya çevreye zararlı diğer ürünlerde sızıntı kontrolü zor görüldüğünden önce - through sistemlerin özellikle mevcut alternatifler göz önünde bulundurulduğunda kullanımı tercih edilmemelidir.

Mevcut bir soğutma sistemi için dolaylı bir tasarım genellikle ne teknik ne de ekonomik anlamda en uygun çözümdür. Deniz suyu kullanan büyük bir önce - through soğutma sistemine ait bir bakım ve kontrol programı uygulaması iyi sonuçlar vermiştir. Bazı soğutucu değişiklikleri zorunlu olmakla birlikte farklı eşanjör arızalarının %90'ı uygun anti-kirlilik arıtımıyla ve işletme bakımıyla (titreşim izleme, pompa kullanımı ve akım sıkıştırma bakımı) azaltılabilmekteydi. Sızıntı tespiti uygulanmaktadır ve doğru noktalar tespit edilerek eşanjör sızıntısının gerçekleştiği anla tespit edildiği an arasındaki süre kısalmaktadır.

Önce - through sistemlerde sızıntıların tespiti zordur ancak önerilen başlangıç noktası sızıntı yapmaya eğilimli olan ve zararlı maddeleri soğutan eşanjörlerin belirlenmesidir. Sızıntının daha kesin ve doğru ölçümü böylece mümkün olabilecektir. Gerek önleyici gerekse düzeltici bakım sızıntı problemlerinin üstesinden gelmede önemli rol oynasalar da uygun tasarım genel olarak en maliyet etkin yöntemidir.

3.7.1.3 Önleme bakımıyla azaltma

Görsel inceleme ve çekilen tüplerin hidrostatik teste tabi tutulması eskiden uygulanan tetkik yöntemlerinden bazılarıdır. Bu yöntemlerin sınırlılığı incelemenin tüplerin doğrudan görülebilen parçaları üzerine odaklı olmasıydı. Kir çoğu zaman arızaların erken aşamalarını gizlemekte ve bir örnek korozyon çıplak gözle zorlukla tespit edilebilmektedir. Hidrolojik test yalnızca sızıntı yapan tüpleri tespit etmektedir. Buradaki sorun daha iyi bir inceleme için uygun bir temsili tüpün nasıl seçileceğidir. Dolayısıyla yukarıda tanımlanan eski inceleme yöntemleri beklenmeyen sızıntılar, arızalar, kapasite düşmeleri ve/veya spektrum dışı ürünlerin meydana gelmesinden kaynaklanan çevre kirliliğini önleyemez. Diğer taraftan, bunlarda beklenmeyen durumlar için stokta her zaman çok sayıda yedek tüp bulundurulması zorunludur.

Eşanjör tüplerinin yeni bir tipiyle (türbülans akımı incelemesi yoluyla) gerçekleşen deneyimler göstermiştir ki eşanjör tüplerinin güvenilirliği önemli ölçüde artırılabilir ve sızıntıdan kaynaklanan emisyonlar azaltılabilir. Bu yöntem tek bir tüpün testini gerçekleştirme ve tek bir tüpün anıza tahminini verme kapasitesine sahip olduğundan uygulanacak kontrol sıklığına olgu bazında karar verilecektir. Sonuç olarak, bir eşanjörün tek tek tüplerinin arıza riskini tahmin etme kapasitesine sahip inceleme yöntemleri tüp sarfiyatını azaltma, daha iyi stok yönetimi ve korozyon davranışı hakkında erken aşamalarda bilgi sağlamayı mümkün kılabilir. Bu avantaj ise sızıntı yapan tüplerin neden olduğu beklenmeyen arızalarda ve dolayısıyla soğutma suyu vasıtasıyla gerçekleşen emisyonlarda azalma sağlayacaktır.

Bu yöntemin bir kimya tesisi sahasındaki uygulaması uygulamaya girdiği 1990 yılından itibaren yeniden boru tesisinde %90'dan daha fazla azalma sağlamıştır. [Paping, Dow Chemical Benelux Terneuzen, 1999]. —Yöntem yıllık maliyetlerde de azalma sağlamıştır. Yeniden döşenecek boru sayısında meydana gelen azalma nedeniyle gerçekleşen yıllık tasarruf miktarı kontrol maliyetinin yaklaşık 5 katı kadardır. Sızıntı yapan tüplerden kaynaklanan beklenmeyen proses arızalarının sayısı son 10 yıl içinde %90 oranında azalmıştır."

3.7.2 Kimyasalların saklanması ve yüklenip boşaltılması

Kimyasal maddelerin saklanması ve elden geçirilmesi ıslak soğutma sistemleri için mevcut potansiyel çevresel konulardan biridir. Soğutma sistemlerinde kullanılan katkı maddelerinin dozlama işlemi sürekli veya kesikli olabilir ve kimyasallar seyreltilerek veya muntazaman uygulanabilir. Kimyasal madde miktarı ve bu maddenin özellikleri büyük ölçüde değişiklik göstermektedir ve bir dizi faktöre bağlıdır (örneğin suyun kimyasal özellikleri ve eşanjör malzemeleri): saklama ve elden geçirmeden kaynaklanan riskler de buna göre çeşitlilik gösterecektir.

Örneğin pH kontrolü için konsantre sülfürik asit kullanılmaktadır ve bu sülfürik asit de genel olarak yumuşak çelik tanklarda muhafaza edilmektedir. Bu muhafaza tankı içinde patlayıcı hidrojen gazı oluşumunu önlemek için uygun bir havalandırma uygulamasına ihtiyaç vardır. Her tür kalıntı korozyon ürününün veya depolama tankı içinde bulunabilecek diğer katı maddelerin temizlenmesi için asit pompalarının akıntı yönünün üst kısmında eleklerin yer alması tavsiye edilir.

Bazen katkı maddeleri tesis sahasında üretilir. Örneğin, kıyı tesislerinde deniz suyunun elektrolizi yoluyla hipoklorit üretilebilir. Elektro-klorlama adı verilen bu işlem klor gazı oluşumu potansiyeli nedeniyle tehlikeli olabilir. Ayrıca, tesiste asit kullanılarak belli sıklıkla temizlik yapılması gerekir. Bu risklerden kaçınmak için eğer mümkünse alternatif arıtma yöntemleri kullanılır (örneğin EK XI.3.4.7).

Soğutma sistemi katkıları operatör tarafından elle veya bu amaca hizmet eden bilgisayar kontrollü sistemler yoluyla uygulanabileceği gibi bu işlem bu konuda uzmanlaşmış firmalara da devredilebilir ki, bu firmalar genellikle ilgili katkı maddesinin tedarikçisi firmalardır. Katkı maddelerinin sisteme elle uygulanması etrafa saçılma riskini de beraberinde getirdiğinden çevre güvenliği ve insan sağlığı açısından güvenli uygulama prosedürlerine başvurulmalıdır. Otomatik sistemler ihmal edilme riskini taşımaktadırlar ancak düzenli aralıklarla kontrol edilmeleri gerekmektedir.

AB'de kimyasalların nakliyesi, depolanması ve indirme – bindirmesine ilişkin özel düzenlemelere riayet edilmelidir. Çevre izinleri tesis sahasına özgü tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir. Genel olarak amaç toprağın ve/veya yeraltı sularının kirlenmesini önlemek için kimyasallardan kaynaklanan sızıntı ve saçılmaların oluşması riskini azaltmak ve kimyasalların depolanmasına ve indirilip yüklenmesine izin verilen kısıtlı alanların tanımlanarak patlama riskinin azaltılmasıdır. Bu tür alanlar bir rıhtımı, reaktif kimyasalları ayrı tutmaya yarayan bir bölmesi bulunan ve asgari havalandırmaya sahip sızdırmazlığı sağlanmış zeminle veya ızgara döşemeyle teçhiz edilir.

Tehlikeli maddelerin depolanması için alınması gereken MET tedbirleri depolamadan kaynaklanan emisyonlarla ilgili BREF kapsamında tanımlanmaktadır.

3.7.3 Mikrobiyolojik Risk

3.7.3.1 Mikropların Meydana Gelişi

Soğutma sistemlerinden kaynaklanan mikro biyolojik riskler soğutma suyunda veya sistemin soğutma suyuyla temas halinde bulunan çeşitli kısımlarında, örneğin eşanjörlerdeki biyofilmler ve soğutma kulesi dolgularında farklı türler ve patojenlerin oluşmasıyla ilgilidir. Bunlar kuru soğutma sistemlerini ilgilendiren riskler değildir.

Nehir sularını kullanan ıslak soğutma sistemlerinde bulunan belli başlı termofilik patojenler *Legionella pneumophila* (Lp) bakterisi ve *Naegleria fowleri* (Nf) amibidir. Once - through soğutma sistemlerinde kullanılan deniz sularında balıklar veya insanlar üzerinde patojen etki oluşturan bazı halofilik vibriyöz türler gelişebilir. Belirtilen türler doğal ortamda genellikle düşük miktarda ve zararsız yoğunlukta gelişir. Soğutma sistemlerinde ise artan sıcaklık insan sağlığı için bir risk teşkil eden bu bakterilerin üremesi ve gelişmesi için uygun bir ortam oluşturur. *Legionella* bakterisinin gelişimi amipler, silliler ve alglerin bulunduğu ortamlarda kirliliğin oluşumuyla artar. Bazı büyük çaplı salgınlardan sonra Lejyoner hastalığının (LD) oluşumu ve özellikleri ve Lp gelişimi tıbbi / biyolojik bakış açısından geniş kapsamlı araştırmalara konu edilmiştir. Ancak kimyasal ve proses teknolojilerine ilişkin pek çok nokta halen daha belirsizliğini korumaktadır.

Önemli derecede yüksek ve iyi işleyen damla tutucularla teçhiz edilmiş doğal çekişli bir ıslak soğutma kulesi dumanında bakteri emisyonu görece düşük öneme sahip olmakla birlikte imkânsız değildir. Doğal çekişli bir ıslak soğutma kulesi dumanında betonarme soğutma kulesi duvarının iç kısmındaki kirlilikten kaynaklanan yüksek yoğunlukta Lp bulunduğu rapor edilmiştir. Katman duvardan ayrılarak damla tutucusunun üzerine düşmüştür [tm145, Werner ve Pietsch, 1991]. Bir dizi olayda doğal çekişli kulelerle karşılaştırıldığında çok daha düşük yükseklığe sahip endüstriyel mekanik çekişli soğutma kulelerinin dumanında Lp görüldüğü rapor edilmiştir [tm040, Schulze-Robbecke ve Richter, 1994] ancak soğutma kuleleri ile LD salgını arasında açık bir neden sonuç ilişkisi tespit edilememiştir. Soğutma kuleleri ile LD salgını arasında bir ilişki kurulabildiğinde bunun her defasında bakımı gereğince yapılmayan sistemlerle ilgili olduğu görülmektedir [Morton ve ark., 1986].

Legionella gelişimini artıran ıslak soğutma kulelerinin tipik koşulları şunlardır:

- Soğutma kulesindeki su sıcaklığı 25 ila 50 santigrat derecedir;
- pH 6 ile 8 arasındadır;
- Kirlilik görülmektedir.

Nf gibi diğer patojenlerin oluşumu ve arıtımı hakkında daha az bilgi sunulmuştur. Nf gelişiminin pirinç tarafından önlendiği ve paslanmaz çelik tarafından artırıldığı gözlenmiştir. Amipler de açık çevrimli soğutma sistemlerinde once - through soğutma sistemlerine nazaran çok daha bol miktarda görülmektedir. Bir Fransız elektrik santralinde kondansatörlerin değiştirilmesinin ardından tesisin soğutma suyu seviyesindeki artıştan (3000 l^{-1}) sonra Nf arıtımıyla ilgili bir araştırma yapılmıştır. Maksimum serbest kalıntı klor oranıyla gerçekleştirilen 0,3-0,5 mg/l aralığındaki sürekli klorlama Nf yoğunluklarını derhal düşürmüştü ve yoğunluk seviyeleri 4 patojen/l seviyesinin altında kalmıştır [tm 144, Cabanes ve ark., 1997].

3.7.3.2 Bakteri ölçümü

Lp-bakterileri koloni oluşturan birim olarak veya litre başına CPU olarak ölçülmektedir. Raporlara göre Lp-bakterilerinin soğutma kulesi suyundaki yoğunluğu çok düşük seviyeden (10 CFU/l) çok yüksek (10^5 - 10^6 CFU/l) seviyelere kadar değişebilmektedir. Biyo-filmlerde Lp yoğunluklarının 10^6 CFU/cm^2 'ye kadar çıkabildiği gözlenmiştir. Hava iklimlendirme sistemleri için İngiltere'de 100-1000 CFU arası değerler uygulanmakta; ancak bu seviyenin düzenli bakım yapılan ıslak soğutma kulelerindeki seviyelerle ve bu durumlardaki risk seviyesiyle karşılaştırılıp karşılaştırılamayacağı konusu muğlaklığını korumaktadır. Lp yoğunluğunun 10^4 CFU/l 'den daha düşük seviyelerde tutulmasına ilişkin bir tavsiye yayınlanmıştır. Endüstriyel ıslak soğutma sistemlerindeki temsili Lp yoğunluklarının ve ıslak soğutma kulelerinde insan sağlığı açısından risk oluşturmeyen CFU seviyesinin ölçümü için daha fazla araştırma yapılması gerekebilir.

3.7.3.3 Mikro biyolojik risklerin azaltılması tedbirleri

[038, Millar ve ark. 1997] ve [tm040, Schulze-Robbecke ve Richter, 1994], [tm166, Morton ve ark. 1986] [tm167, Fliermans, 1996])

Legionella salgınının meydana gelmesine neden olan olaylar zinciri aşağıdaki unsurları içerir:

- Soğutma sisteminde tehlikeli bir bakteri türünün gelişmesi,
- Bakterilerin üremesini hızlandıran koşullar,
- Enfekte suyun atmosfere aerosol olarak deşarj edilmesi,

- Hassas kişilerce derin bir şekilde teneffüs edilmeye yeterli ölçüde damla oluşumu.

Bu nedenle *Legionella* salgınının önlenmesinde öncelik soğutma sisteminde bakteri üremesi ve gelişimine izin veren bir ortamın önlenmesine verilmelidir. Özellikle ABD ve İngiltere’de LD’nin önlenmesine yönelik tavsiyeler geliştirilmiştir. Potansiyel havzanın (örneğin soğutma kulesi) düzenli olarak analiz edilmesi ve buna ek rutin analizler, uygun pH ve sıcaklık seviyelerinin temini, kalıntı biyositlerin yeterli seviyede tutulması ve takviye suyu kalitesinin belli bir seviyede olduğunun kontrol edilmesi *Legionella* salgınına izin veren ortamların oluşmasının önüne geçecektir.

Soğutma kulelerinde Lp-bakterilerinin (ve diğer türlerin) oluşumunun önlenmesinde aşağıdaki tedbirlerin alınması önem taşımaktadır:

- Temiz su kullanılması ve eğer mümkünse soğutma suyunun ön arıtmadan geçirilmesi;
- Soğutma sistemi içine proses sızıntısı meydana gelmesinden kaçınılması;
- Sistemde durgun bölgelerin oluşmasının önlenmesi;
- Soğutma kulesi içinde alg oluşumunun önüne geçerek ışık enerjisinde azaltma yoluyla oluşumun önlenmesi; açık su havzalarından sakınılmalıdır;
- Düzenli temizlik için kolay erişim sağlanmalıdır;
- Kolaylıkla temizlenebilen ve değiştirilebilen damla tutucuların kullanılması;
- Soğuk su sıcaklığının olabildiğince düşük tasarlanması (küçük yaklaşıma miktarları);
- Kabuklaşma ve korozyondan sakınılması;
- Doğru su akış hızının ve hava hızının temini için yapının optimize edilmesi;
- CT’nin insanların yaşadığı alanlardan en az ne kadar uzakta inşa edilmesi gerektiğini kesin olarak söylemek mümkün değildir; ancak eğer mümkünse bu mesafe mutlaka dumanın yer seviyesine veya yerleşim bölgelerine erişmesini önleyecek şekilde planlanmalıdır;
- Duman oluşumunun en aza indirilmesi yayılımı sınırlayabilir.

Bir soğutma kulesinin inşa edileceği nokta ile ilgili olarak söz konusu soğutma kulesinden kaynaklanan mikrobiyolojik risklerin değerlendirilmesini amaçlayan, bu soğutma kulesinin kurulduğu bölge civarındaki nüfusu ve bu nüfusun potansiyel hassasiyetini esas alan bir puanlama sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemin puanlama kategorileri şunlardır:

- Kategori 1: en yüksek risk seviyesi – Bir hastane, bakımevi veya bağışıklığı zayıf olabilecek kişilerin bakımı için kurulu herhangi bir diğer sağlık tesisinde veya bunlara (<200 m) yakın civarda faaliyet gösteren bir soğutma kulesi;
- Kategori 2: Bir yaşlılar bölgesi, huzurevi veya çok sayıda insana ev sahipliği yapan bir binada veya bunlara (>200 m) yakın civarda faaliyet gösteren bir soğutma kulesi;
- Kategori 3: bir yerleşim bölgesine veya bir sanayi bölgesine komşu bir soğutma kulesi;
- Kategori 4: en düşük risk – yerleşim bölgelerinden izole edilmiş soğutma kuleleri (yerleşim alanından >600 m uzaklıkta).

Bu puanlama esasına göre *Legionella* oluşumunun varlığına ilişkin kontroller aylık olarak (en yüksek risk), aylık veya üç aylık (Kat. 2), üç aylık veya yıllık (Kat. 3) ve yılda bir kez yaz ayı sonrasında (Kat. 4) gerçekleştirilmektedir.

Soğutma kulesi işletmecilerinin aşağıdaki tedbirleri almaları önerilmektedir:

- Özellikle soğutma devri daim sistemi 4 günden uzun bir süre çalışmamışsa proses durmaları ve başlangıçlarında mutlaka gereken özen gösterilmelidir;
- Soğutma kulelerine giren operatörler ağız ve burun maskeleri kullanmalı, kule içindeki havayı teneffüs etmekten kaçınılmalıdır (P3 maskelerinin yararlı olduğu görülmüştür);
- Eğer soğutma sistemi Lp tespit edildikten sonra temizleniyorsa mekanik temizleme ve şok biyosit dozlaması bir arada uygulanmalıdır.

Bu tavsiyelerle ilgili ek bazı hatırlatmalar da yapılabilir. Uzun süreli bir kapatmadan sonra soğutma sistemlerinin biyosit uygulamasıyla (klor) arıtılması zorunludur. Eğer ses azaltımı amacıyla kullanılan aksesuarlar dahil olmak üzere kirli veya enfekte bir sistem söz konusu ise sistem temizlenmeli ve yeniden çalıştırılmadan önce biyosit şokuyla arıtılmalıdır. Bu arıtma işlemi konusunda uzman bir su arıtma şirketi tarafından gerçekleştirilmelidir. Sistem eğer ağır derecede kirliliğe maruz kalmışsa dezenfekte edilmesi gerekebilir.

Deneyimler açıkça ortaya koymaktadır ki kimyasal arıtım esas olarak sudaki bakterileri temizlemektedir. Soğutma sistemini daha esaslı bir şekilde kontrol etmek ve temizlemek için soğutma sistemi yüzeyindeki çökelti ve kirliliğe özel dikkat gösterilmelidir; bu yüzden mekanik temizlik büyük önem taşımaktadır.

İlgili literatürde belirtilen 50 mg/l serbest klor seviyesi bir LD salgınından sonra uygulanan şok dozajdır. Açıkça ki, büyük miktarda hipoklorit gerektirmesi nedeniyle bu arıtım soğutma kulesindeki bakım işlemlerinde uygun değildir. Her halükârda, şok dozlamadan sonra, arıtılan suyun deşarj öncesinde toksik maddelerden temizlenmesi şarttır ve yaygın olarak kullanılan yöntem bisülfatla arıtmadır.

Lp gelişiminin önlenmesi için mümkün olduğunca yüksek seviyede bakım yapılması önerilen yoldur. Genelde, sudaki *Legionella* bakterilerinin öldürülmesinde en etkili yöntem oksidan biyositlerin kullanılmasıdır. Biyofilmlerdeki bakterilere karşı mücadele etmek için daha yavaş hareket eden ajanlara ihtiyaç duyulur. Bu ise daha sonra oksidan olmayan biyositlerle arıtmayı gerektirir. Bu konuda QAC'lar izotiyozolinlerden daha iyi sonuç vermektedir.

Yakın tarihlerde Hollanda'da yayımlanan bir raporda [tm155, Berbee, 1999] soğutma kulelerinde CFU seviyesinin azaltılmasıyla ilgili olarak biyositler için kesin bir minimum yoğunluk seviyesinin belirlenmemiş olduğunu doğrulayan sonuçlar rapor edilmektedir. Bu raporda yoğunlukların azaltılması için yüksek seviyelerde biyosite ihtiyaç duyulduğu, ancak bunun da yalnızca geçici bir etki yarattığı sonucuna varılmaktadır. Toksik yan ürünlerin miktarını yükseltmenin neden olduğu yan etkinin de göz önünde bulundurulması zorunludur. Daha düşük su sıcaklıklarının biyosit uygulamasından daha etkili olduğu görülmektedir (Tablo 3.14); ancak bu da her zaman mümkün olmayabilir. Protozoa arıtımının etkisine ilişkin çalışmalar protozoa bakterilerini öldürmek için çok yüksek yoğunluklara ihtiyaç duyulduğunu ve keselerin oksidan olmayan biyositlere karşı çok az hassas olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.14: Sıcaklığın ve biyosit arıtımının soğutma kulelerindeki CFU seviyeleri üzerindeki etkisi (Kuznetsov'dan aktaran, [tm155, Berbee, 1999])

Soğutma kulesi	Düşük sıcaklığın etkisi	Biyosit kons. (mg/l)	Biyosit etkisi	Hatırlatmalar
A	T 25°C~10 ⁵ CFU ile T15°C~10 ³ CFU arası	PHMB, 3, şok	Geçici olarak tespit edilen sınırın altında	
B	T25°C~10 ⁴ CFU ile T15°C~10 ³ CFU arası	BNPD, 5, şok	Geçici olarak tespit edilen sınırın altında	
C	n.r.	PHMB, 2-250, şok	Açık değil	Musluk suyuna dönüşüm
D	n.r.	PHMB, 4-11, şok	Geçici olarak, 10 ⁴ CFU/l ile 10 ³ CFU/l arasında	
E	n.r.	BNPD, 65-190, şok	Geçici olarak, 10 ⁵ CFU/l ile 10 ³ CFU/l arasında	
Notlar: PHMB: polihexametilenbiguanidklorür(QAC) BNPD: bromonitropropaandiol				

3.8 Soğutma sisteminin çalışmasından kaynaklanan atıklar

Soğutma sisteminin çalışmasından kaynaklanan atıklar veya artıklar hakkında elimizde çok az rapor bulunmaktadır. Tüm soğutma sistemleri için, sistemin tümünün veya bir kısmının devre dışı bırakılması belli düzeyde bir sorun teşkil edebilir. Ekipmanın tadil edilmesi veya yenilenmesi kadar uygulanan işletme yöntemleri de aşağıda sayılan atıkların ortadan kaldırılması zorunluluğunu doğurabilir:

- Sisteme alınan suyun ön arıtımından (örneğin, dekarbonizasyon işleminden), çevrimli ıslak soğutma kulelerinin çalıştırılmasından kaynaklanan soğutma suyunun veya blöfün arıtılmasından ileri gelen çamur (bkz. EK XI 3.4);
- Islak soğutma kulelerindeki soğutma suyuna uygulanan kimyasal arıtımın neden olduğu (örneğin küçük tanklar, saçılmalar gibi) zararlı atıklar;
- Temizlik işlemlerinden geriye kalan atık su;
- Tesisin tadili, yenilenmesi veya devreden çıkarılması sonucunda ortaya çıkan atıklar.

3.8.1 Tortu oluşumu

Islak soğutma sistemlerinin toplama havuzlarında tortu oluşumu görülebilir. Miktar olarak konuşmak gerekirse, eğer bu işlem tesis sahasında gerçekleştiriliyorsa dekarbonizasyon prosesi daha fazla tortu oluşumuna neden olur. Tortu oluşumunu azaltmak için uygulanabileceği rapor edilmiş herhangi özel bir tedbir bulunmamaktadır. Soğutma suyunun uygun bir şekilde koşullandırılması tortunun dibe yerleşmesini azaltır. Oluşan tortunun kimyasal bileşimi ve yürürlükteki yerel (ulusal) mevzuat bu tortunun imhasında kullanılacak yöntem üzerinde belirleyici olacaktır. Bazı Üye Devletlerde oluşan tortu suyun alındığı yüzey suyuna geri gönderilmekte, bazı ülkelerde ise mevzuat tarafından tanımlanan yöntemler çerçevesinde zorunlu olarak arıtılmaktadır.

Soğutma kulelerinin su havuzlarının dibinde biriken tortu ve çamurda bazı keseler ve yüksek dirençli patojen bakteriler veya protozoalar bulunabilir (3.7.3). Tesisin faal olmadığı dönemde veya demir klorit tortusunun temizlenmesi sırasında kondansatör tüplerinden toplanan tortuda yüksek yoğunluklarda patojen amip ve *Legionella pneumophila* bakterisi bulunmaktadır. [tm145, Werner ve Pietsch, 1991]. Ayrıca dolgu kabuğunda da *Lp* keselerine rastlanmaktadır. Sonuç olarak imha işleminden veya PVC dolgularının yeniden işlenmesinden önce bu tip artıkların mikrobiyolojik niteliğinin araştırılması önerilmektedir. Eğer bu atıkların işlenmesi ve yeniden işlemde geçirilmesi önemli bir sağlık riski oluşturuyorsa özel bir arıtma yönteminin uygulanması gerekli olabilir.

3.8.2 Soğutma suyu arıtımından ve temizlik işlemlerinden kaynaklanan artıklar

Soğutma suyu arıtımı (özellikle büyük sistemler söz konusu olduğunda) bugünlerde otomatik olarak gerçekleşmektedir ve pek çok durumda maddeler konteynerler ve tanklarda tutularak tedarikçi tarafından depolanmakta, nakledilmekte ve yüklenip boşaltılmaktadır.

Aynı uygulama temizlik işlemlerinden geriye kalan atıksular için de geçerlidir. Burada da bu işi yerine getirmeleri için çok ama çok uzmanlaşmış şirketlerle anlaşılmaktadır.

Bununla birlikte, bu tip atıkların üretimi ve imhası endüstriyel soğutma sistemlerine özgü değildir. Bunun ortaya çıkardığı çevresel sorunun kapsamı soğutma sisteminin işletiminde ve sisteme alınan suyun ön arıtımında benimsenen yaklaşımla ve soğutma suyu arıtımının verimliliği ile çok yakından ilişkilidir. Bu çevresel sorunla ilgili herhangi bir bilgi sunulmamıştır.

3.8.3 Tesisin yenilenmesi, tadilattan geçirilmesi ve devreden çıkarılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan artıklar

Genel olarak, soğutma sistemleri uzun bir hizmet süresi için tasarlanıp inşa edilirler (20 yıl ve daha fazla). Açık ki, bu tesislerin işletiminde ve bakımında benimsenen yöntemler iyileştikçe hizmet süreleri de uzayacaktır. Ancak bu tesisler tasarlanıp inşa edilirken içinde işletilecekleri özel durumlar da mutlaka hesaba katılmalıdır. Ayrıca bir soğutma sisteminin parçalarını uygularken, devre dışı bırakırken veya yenileriyle değiştirirken ortaya çıkacak çevresel etkiler de göz önünde bulundurularak özel malzemelerin kullanımı da mutlaka düşünülmelidir. Bu konuda aşağıdaki örnekler rapor edilmiştir.

3.8.3.1 Plastiklerin kullanımı

Soğutma kulesi inşaatlarında her geçen gün giderek artan şekilde ve çok farklı plastik malzemelerin uygulandığı görülmektedir. Polivinil klorit, polietilen ve cam takviyeli plastikler bu plastik ürünlerden bazılarıdır. Bu malzemeler sahip oldukları özellikler itibarıyla bir soğutma kulesinin çoğunlukla aşındırıcı ve yüksek düzeyde talepkâr ortamında uygulanmaya son derece uygundur. Bu malzemelere ilişkin deneyimler Alman Enerji Santrali Operatörleri Örgütüncü hazırlanan teknik bir dokümanda açıklanmıştır [tm., VGB, 2000]. Plastik malzeme kullanımı eğer bu malzemelerin kullanım ömrü tamamlandıktan sonra yeniden dönüştürülmesi imkânı varsa atık azaltımı için önemli bir fırsat sunabilir. Bu konudaki deneyimleri ayrıntılı açıklamak üzere yayınlanmış herhangi bir doküman bulunmamaktadır.

3.8.3.2 Islak soğutma kulesi inşaatında kullanılan ahşabın işlenmesi

Soğutma kulelerinde ahşap kullanılmış ve halen de kullanılmaktadır; ancak uzun ömürlü olabilmesi için öncelikle işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Soğutma kulelerinde gerek dolgu gerekse destek yapısı olarak kullanılan ahşap kimyasal işleminden geçirilebilir. Söz konusu kimyasal işlemler ahşaba bağlı kalma yeteneği nedeniyle CCA'ya (bakır sülfat, potasyum dikromat ve arsenik pentaoksit) dayanmaktadır. Ahşabın tüm kullanım ömrü boyunca ağırlığının yalnızca %10'unu kaybettiği ileri sürülmektedir.

CCA uygulanmış ahşaptan su çevresine gerçekleşen emisyonların miktarına ilişkin bir bilgi verilememektedir. İşlemden geçen ahşabın çevreye emisyon yaymak için yeterince süre olmasına rağmen halen daha yüzeyinde önemli ölçüde kimyasal madde bulundurulduğu belirtilmektedir. Bu kimyasal maddeler soğutma kulesindeki suyun ilk akışında ahşap yüzeyinden temizlenmekte ve er ya da geç alıcı ortama deşarj edilmektedir.

CCA Cr (Krom) ve As (Arsenik) içerdiğinden çok daha uzun süre kullanımına devam edilebilecek gibi görünmemektedir. Ahşabın CCA ile işleme tutulması mevcut en iyi teknik değildir ve yakın zamanda yasaklanması beklenmektedir. Ahşabın korunmasına yönelik alternatif işlemler geliştirilmiş ve hali hazırda uygulanmaktadır. Bu nedenle yüzey suyuna yönelik CCA kaynaklı emisyonların zaman içinde kademeli olarak azalması beklenmektedir.

Eğer CCA ile işleminden geçirilmiş ahşap imha edilmek zorunda kalırsa –bazı ülkeler bu ahşabın uygun bir düzenli depolama sahasında az sızıntıya sebebiyet vererek kontrollü bir şekilde imhasına izin vermektedirler. Diğer Üye Devletlerde bu ahşabın uygun bir tesiste yakılarak imha edilmesi tercih edilmektedir; bu durumda ise emisyonu konu elementlerin büyük bir kısmı toz filtresiyle yakalanacaktır. CCA ile işleminden geçirilmiş ahşabın imhası için en uygun tekniğin belirlenmesi bu BREF belgesi kapsamının ötesine geçmektedir ancak bu süreçte tercih edilebilecek farklı seçeneklerin ortaya çıkarabileceği çevresel sonuçların da mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.8.3.3 Islak soğutma kulesi dolgusu

Soğutma kulesi dolgusunun yenisiyle değiştirilmesi gereği ortaya çıkar çıkmaz eski dolgunun imhası da gerekecektir. Dolgular farklı malzemelerden imal edilmektedir ve bu malzemeler dolgunun ne şekilde imha edileceğinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Dolgu malzemesinin kirlletici etkisine ilişkin herhangi bir veri rapor edilmemiştir.

Üzerinde durulması gereken özel bir durum asbest kâğıt dolgu malzemelerdir. Bunun Avrupa'da uygulanıp uygulanmadığını değerlendirmek mümkün olmamıştır; ancak asbest geçmişte soğutma kulesi inşaatları ve soğutma kulesi dolgularını da içeren pek çok uygulamada kullanılmış olabilir. Asbestin kullanımından kaynaklanan sakıncalar konusunda artık herhangi bir kuşku kalmadığından soğutma kulelerinde kullanımı hiçbir şekilde mümkün değildir. Ancak eskiden inşa edilmiş soğutma kulelerinde halen daha asbest bulunabilmektedir ve bunların ortadan kaldırılması için özel tedbirlere başlamak bir zorunluluktur.

Bir kaynakta 10-17 yıllık bir işletme döneminde asbest dolgunun ufalanarak ısı dönüşümünde azalmaya yol açtığı bir örnek olay rapor edilmektedir. Dolgunun çok sıkı güvenlik tedbirleri alınarak devre dışı bırakılması ve yeni bir dolgu ile değiştirilmesi zorunlu olmuştur [tm082, Mittendorf, 1990].

4 ENDÜSTRİYEL SOĞUTMA SİSTEMLERİ İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER

4.1 Giriş

Bu bölümün ve içeriğinin anlaşılmasında okuyucunun dikkati tekrar bu belgenin sunuş kısmına ve özellikle de sunuş kısmının beşinci bölümüne çekilecektir: —Bu belge nasıl anlaşılmalı ve kullanılmalıdır? Bu Bölümde sunulan teknikler ve metotlar ve bunlara ilişkin emisyon ve / veya tüketim seviyeleri veya seviye aralıkları aşağıdaki adımları kapsayan tekrarlı bir süreç içinde değerlendirilmektedir:

- Proses için önem taşıyan temel çevresel konuların tanımlanması; soğutma prosesinin odağında enerji verimliliğinin artırılması (prosesin genel enerji verimliliğinin artırılması) ve soğutma suyu koşullandırma sürecinin optimizasyonu yoluyla yüzey suyuna yönelik emisyonların azaltılması yer almaktadır;
- Bu temel sorunların çözümünde en uygun tekniklerin araştırılması;
- Avrupa Birliğindeki ve dünyadaki deneyimlerden elde edilen verilerden yola çıkılarak en iyi çevresel performans seviyelerinin tanımlanması; çoğu durumda performans seviyelerinin tesis sahasına özgü olduğu kabul edilmektedir.
- Bu performans seviyelerinin elde edildiği maliyet, ortamlar arası etkileşimler, bu tekniklerin uygulamaya konulmasında en önemli itici güçler gibi koşulların araştırılıp incelenmesi; genel olarak soğutma sistemlerindeki tekniklerin fiyat göstergeleri çok sınırlı kapsamda rapor edilmiştir;
- Genel anlamda Direktifin 2(11) maddesine ve EK IV hükümlerine uygun olarak bu sektör için mevcut en iyi tekniklerin (MET) ve bunlara karşılık gelen emisyon ve / veya tüketim seviyelerinin seçilmesi.

Avrupa IPPC Bürosunun ve ilgili Teknik Çalışma Grubunun (TWG) uzman değerlendirmesi bu adımların her birinde ve buradaki bilgilerin sunumunda kritik rol oynamıştır.

Bu bölümde bu değerlendirme temelinde sunulan teknikler ve MET kullanımıyla ortaya çıkan emisyon ve tüketim seviyelerinin ilgili soğutma sistemleri için uygun olduğu öngörülmekte ve pek çok durumda bunların uygulanmakta olan bazı tesislerin hali hazırdaki performans durumunu yansıttığı düşünülmektedir. Mevcut en iyi tekniklere ait emisyon veya tüketim seviyeleri sunulurken tüm bu seviyelerin, MET tanımına ilişkin maliyet-fayda dengesi de göz önünde bulundurularak, tanımlanan tekniklerin prosese ve tesis sahasına özgü koşullar altında uygulanmasının sonucu olarak öngörülebilecek çevresel performanslarını yansıttığı ifade edilmek istenmektedir. Ancak bunlar ne emisyon ve tüketimle ilişkin limit değerleri ne de gerekli minimum performans seviyelerini yansıtmaktadır ve bu şekilde yorumlanmamalıdır. Bazı durumlarda daha iyi emisyon veya tüketim seviyelerine ulaşmak teknik olarak mümkün olabilir. Ancak bunlara ilişkin maliyetler veya ortamlar arası etkileşimlerin bir sonucu olarak bunlar ilgili soğutma konfigürasyonu için uygun MET yaklaşımı olarak düşünülmemektedir. Yine de söz konusu seviyeler veya uygulamaların daha spesifik durumlarda daha özel itici sebeplerin varlığı durumunda uygun olarak değerlendirilebileceği olasılığı da dışlanmamalıdır.

MET'in uygulanmasına bağlı emisyon ve tüketim seviyeleri tesis sahasına özgü diğer koşullarla (örneğin iklim, saha kısıtları vs.) bir arada değerlendirilmelidir.

Yukarıda tanımlanan —MET'e bağlı seviyeler kavramı bu belgenin başka yerlerinde kullanılan erişilebilir seviye ifadesinden ayrı bir anlam ifade etmektedir. Bir seviyenin özel bir teknik veya teknikler bileşimi kullanılarak erişilebilir olduğunun ifade edildiği durumlarda bu ifadeden ilgili teknikleri kullanan ve bakım ve işletimi gereği gibi yapılan bir tesis veya prosesin söz konusu seviyeyi anlamlı bir süre boyunca tutturmasının beklenebileceği anlaşılmalıdır.

Eğer mevcutsa, maliyet verileri ilgili tekniklerin önceki Bölümde veya Eklerde sunulan tanımı ile birlikte verilmeye çalışılmıştır. Bunlar ilgili maliyetlerin büyüklüğü hakkında okuyucunun kabaca bir fikir sahibi olmasına yardımcı olacaktır. Ancak bir tekniğin uygulanmasından kaynaklanan gerçek maliyetler elbette büyük ölçüde ilgili özel duruma; örneğin vergilere, harçlara ve ilgili tesisin teknik özelliklerine bağlı olacaktır. Bu tür tesise özel faktörlerin tümünün bu belgede ele alınması mümkün değildir. Maliyetlerle ilgili herhangi bir verinin bulunmadığı durumlarda söz konusu tekniklerin ekonomik olarak sürdürülebilirliğine ilişkin değerlendirmeler mevcut tesislerdeki gözlemlere dayanılarak sunulacaktır.

Bu bölümde ele alınan genel MET tekniklerinin kurulu bir tesisin mevcut performansının veya yeni bir tesis önerisinin değerlendirilmesinde başlangıç noktası olarak hizmet etmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu teknikler böylece tesis kurulumu için uygun MET-temelli koşulların belirlenmesine veya Madde 9(8) kapsamında genel bağlayıcı kuralların oluşturulmasına katkıda bulunacaklardır. Yeni tesis kurulumlarının burada sunulan genel MET seviyelerinde veya bunlardan daha iyi düzeyde faaliyet göstermesi öngörülmektedir. Ayrıca mevcut tesislerin de önerilen tekniklerin teknik ve ekonomik olay bazında uygulanabilirliğine bağlı olarak genel MET seviyelerine yaklaşabilecekleri veya bu seviyelerin üstüne çıkabilecekleri düşünülmektedir.

BREF belgeleri yasal olarak bağlayıcı nitelikte standartlar oluşturmamakla birlikte burada tanımlanan teknikler kullanıldığında ulaşılabilecek emisyon ve tüketim seviyeleri ile ilgili olarak endüstriye, Üye Devletlere ve kamuoyuna rehber olacak nitelikte bilgi kaynakları olarak anlaşılmalıdır. Her bir spesifik durum için geçerli olacak limit değerlerin IPPC Direktifinin ve yerel düzenlemelerin amaçları hesaba katılarak belirlenmesi gerekecektir.

4.2 Soğutma sistemleri için MET tekniklerinin tanımlanmasına yönelik yatay bir yaklaşım

Bu bölümdeki MET bulgularını özetlemeden önce bu BREF'in yatay niteliğinin ne şekilde yorumlanması gerektiğine ilişkin kısa bir açıklama yapmakta yarar vardır.

Yatay bir yaklaşımda uygulanan tekniklerin ve bunlarla ilgili azaltma tedbirlerinin doğuracağı çevresel sonuçların değerlendirilebileceği ve tekniklerin uygulandığı endüstriyel proseslerden bağımsız jenerik (eşdeğer) MET tekniklerinin tanımlanabileceği varsayılmaktadır.

Endüstriyel Soğutma Sistemleri soğutulacak prosesin ayrılmaz bir parçasını teşkil etmektedir. Bu belgede ele alınan soğutma sistemleri pek çok endüstri kolunda IPPC kapsamında uygulanmaktadır. Dolayısıyla uygulamalar, teknikler ve işletme deneyimleri muazzam bir çeşitlilik arz etmektedir. Buna ilaveten, ilgili prosesin termodinamik özellikleri de bunların performansı ve çevresel etkileri üzerinde büyük değişikliklere neden olabilmektedir.

Bu çeşitliliğin bir sonucu olarak, teknikler arasında karşılaştırmalar yapmak ve buradan yola çıkarak genel MET sonuçlarına ulaşmak son derece zordur. Soğutma sistemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması deneyimlerinden yola çıkarak genel bir önleyici yaklaşımın tanımlanması mümkün görünmektedir.

Bu önleyici yaklaşımda veya **birincil MET yaklaşımında** birincil öncelik soğutulacak prosese verilir. Soğutma sisteminin tasarımı ve inşası ise özellikle yeni tesisler söz konusu olduğunda ikinci temel adımdır. En nihayet, ekipman değişiklikleri ve soğutma sisteminin nasıl işletileceği sorularının cevaplandırılması yeni tesisler için de önem taşımakla birlikte özellikle uygulanabilecek teknolojik seçeneklerin önemli ölçüde sınırlı ve maliyet hassas olduğu mevcut tesisler için büyük önem taşımaktadır. Tüm değerlendirmelerin olay bazında ve çok dikkatli bir biçimde gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

4.2.1 Entegre ısı yönetimi

4.2.1.1 Endüstriyel soğutma = Isı yönetimi

Endüstriyel proseslerin soğutulması ısı yönetimi olarak düşünülebilir ve bir tesisteki toplam enerji yönetiminin ayrılmaz bir parçasını teşkil eder. Dağıtılacak ısı miktarı ve seviyesi soğutma sisteminin belli bir performans seviyesine ulaşmasını gerektirir. Bu performans seviyesi sistem konfigürasyonunu, tasarımını, işletimini ve dolayısıyla soğutma sisteminin çevresel performansını da etkileyecektir (doğrudan etki). Ters yönde düşünülecek olursa, soğutma performansı da endüstriyel prosesin genel verimliliğini etkileyecektir (dolaylı etki). Bu doğrudan ve dolaylı etkilerin tüm değişkenler göz önünde bulundurularak dengelenmesi gerekir. Soğutma sisteminde yapılacak her türlü değişiklik bu denge üzerinde yol açacağı sonuçlarla birlikte değerlendirilmelidir.

Bu kavram soğutma sistemleriyle ilgili MET yaklaşımının ilk prensibinin formülasyonunda bize bir başlangıç noktası olarak yardımcı olabilir. **Tüm tesisler için MET** endüstriyel soğutma sistemlerinin yol açtığı çevresel etkileri **doğrudan ve dolaylı etkiler arasındaki dengeyi muhafaza ederek** azaltmayı amaçlayan entegre bir yaklaşımdır. Bir başka deyişle, bir emisyon azaltımının etkisi genel enerji verimliliğindeki potansiyel bir değişime karşı dengelenmek zorundadır. Hali hazırda çevresel fayda anlamında belirlenmiş herhangi bir minimum oran veya MET olarak değerlendirilebilecek tekniklere ulaşmak için genel enerji verimliliğindeki kayıpları ifade edecek herhangi bir kıyas noktası bulunmamaktadır. Bununla birlikte, alternatiflerin karşılaştırılmasında bu kavramdan yararlanılabilir (Bölüm 3.2 ve EK II).

4.2.1.2 Isının dahili / harici yeniden kullanımını optimize ederek ısı deşarj seviyesinin azaltılması

Önleyici bir yaklaşımın başlangıç noktası ısı dağıtımına ihtiyaç duyan bir endüstriyel prosestir ve bu yaklaşım ilk aşamada ısı deşarjı ihtiyacını azaltmayı amaçlamalıdır. Gerçekten, ısının deşarjı bir enerji kaybına neden olmaktadır ve bu anlamda bir MET olarak düşünülemez. Soğutma gereksinimlerinin değerlendirilmesinde başvurulacak ilk adım her zaman ısının proses içinde yeniden kullanımı olmalıdır. Prosese entegre enerji tedbirleri bu belge kapsamında yer almıyor olmakla birlikte enerji tedbirleri için başvurulabilecek seçenekleri tanımlayan IPPC çalışma çerçevesi kapsamındaki diğer MET Kaynak Belgelerinden yararlanılmaktadır.

Sıfırdan **yeni bir tesis kurulması** durumlarında gerek duyulan enerji kapasitesine ilişkin değerlendirme ancak **eğer aşırı ısının yeniden kullanımı için mevcut ve kullanılabilir dahili ve harici seçeneklerin maksimum ölçüde kullanımının bir sonucu ise** MET olabilir.

Mevcut bir tesis söz konusu olduğunda ise **dahili ve harici yeniden kullanım olanaklarının optimizasyonu** ve deşarj edilecek ısı miktarı ve seviyesinin azaltılması uygulanan soğutma sisteminin potansiyel kapasitesinde yapılması düşünülen her türlü değişiklikten önce ele alınmalıdır. Mevcut bir soğutma sisteminde verimlilik artışı sağlamak için herhangi bir tadilat veya teknolojik değişiklik düşünülmenden önce mutlaka **sistem işletiminin iyileştirilmesi** seçenekleri araştırılmalıdır. Genelde ve büyük ölçekli mevcut soğutma sistemleri için sistem işletiminin iyileştirilmesinin yeni veya daha gelişkin bir teknolojinin uygulamaya sokulmasından daha verimli olacağı düşünülmektedir ve bu nedenle bu seçenek MET olarak değerlendirilebilir.

4.2.1.3 Soğutma sistemi ve proses gereklilikleri

Proses tarafından üretilen atık ısının miktarı ve seviyesi belirlendikten ve bu miktar seviyede herhangi bir azaltma sağlanamayacağından emin olunduktan sonra Bölüm 1’de incelenen proses gereklilikleri ışığında soğutma sisteminin başlangıç seçimi gerçekleştirilebilir. Her sürecin kendine özgü bir gereklilikler bileşimi vardır ve bu bileşimde proses kontrolünün seviyesi, prosesin güvenilirliği ve güvenlik önemli rol oynar. Bu durum bu aşamada MET’in ilk özelliklerinin belirlenmesini neredeyse imkânsız hale getirir; ancak bir dizi proses karakteristiği göz önünde bulundurularak aşağıdaki sonuçlara ulaşmak yine de mümkündür.

Ortam sıcaklığı seviyeleri uygulaması Avrupa’da farklı iklim koşullarında faaliyet gösteren soğutma sistemlerindeki uygulamalara dayanmaktadır. Genel olarak kuru hazne sıcaklıkları düşük seviye atık ısının soğutulmasına izin vermez ve su soğutma sistemleri tercih edilir. Ancak ortalama kuru hazne sıcaklıklarının düşük olduğu yerlerde proses sıcaklıklarının azaltılması için kuru hava soğutma sistemi uygulanır (ısının yeniden kullanımı seçenekleri araştırıldıktan sonra). Bu durumda eğer yeterli miktarda su kaynağı varsa atık ısının dağıtılmasında su soğutmasına başvurulabilir. Sızıntı halinde su ortamı üzerinde büyük çevresel risk oluşturan zararlı proses maddeleri kontrol edilemeyecek bir durumun oluşmasını önlemek için dolaylı soğutma sistemleri vasıtasıyla soğutulmalıdır.

Bir soğutma konfigürasyonunun seçilmesi süreci prosesin tüm gereklilikleri içinde başvurulabilecek alternatifler arasında yapılacak bir karşılaştırmaya dayanmalıdır. Bu proses gereklilikleri örneğin kimyasal reaksiyonların kontrolü, proses performansının güvenilirliği ve gerekli güvenlik seviyelerinin sağlanmasıdır. Buradaki amaç seçilen alternatifin dolaylı etkilerini en aza indirmektir. Her alternatifin çevresel performansı deşarj edilen her birim enerji için (kW_h) gereken doğrudan ve dolaylı enerji tüketiminin (kW_e) karşılaştırması yoluyla değerlendirilebilir. Alternatif konfigürasyonları karşılaştırmanın bir başka yolu deşarj edilen her birim enerji (kW_{th}) için soğutma sisteminin doğrudan enerji kullanımında (kW_e) sağlanan değişimi ve prosesin ton cinsinden üretim seviyesindeki değişimi hesaplamaktır.

Çevresel etkiyi azaltmak için soğutma teknolojisinde yapılan bir değişiklik ancak soğutma sisteminin soğutma verimliliği aynı seviyede kalmışsa veya daha yüksek bir seviyeye çıkmışsa MET olarak kabul edilebilir.

Tablo 4.1: Proses gerekliliklerine örnekler ve MET

Proses özellikleri	Kriterler	Birincil MET yaklaşımı	Açıklama	Kaynak
Dağıtılan ısı seviyesi yüksek (> 60°C)	Su ve kimyasal madde kullanımının azaltılması ve genel enerji verimliliğinin artırılması	Kuru havayla (ön-) soğutma	Enerji verimliliği ve soğutma sisteminin büyüklüğü sınırları faktörler	Bölüm 1.1/1.3
Dağıtılan ısı seviyesi orta(25-60°C)	Genel enerji verimliliğinin artırılması	Belirsiz	Tesis sahasına özgü	Bölüm 1.1/1.3
Dağıtılan ısı seviyesi düşük (<25°C)	Genel enerji verimliliğinin artırılması	Su soğutma	Tesis sahası seçimi	Bölüm 1.1/1.3
Düşük ve orta ısı seviyesi ve kapasitesi	Su tasarrufu ve görünür duman oluşumu ile optimum genel enerji verimliliği	Islak ve hibrid soğutma sistemi	Alan gerekliliği ve genel enerji verimliliğindeki azalma nedeniyle kuru soğutma daha az uygun	Bölüm 1.4
Soğutulacak zararlı maddeler büyük çevresel risk yaratıyor.	Sızıntı riskinin azalması	Dolaylı soğutma sistemi	Yaklaşmada yükselmenin kabul edilmesi	Bölüm 1.4 ve EK VI

4.2.1.4 Soğutma sistemi ve tesis sahası gereklilikleri

Tesis sahasının dayattığı limitler özellikle halen bir soğutma sistemi seçiminin yapılmasını bekleyen yeni tesisler üzerinde belirleyici olmaktadır. Eğer ihtiyaç duyulan ısı deşarj kapasitesi biliniyorsa bu uygun bir tesis sahası seçimini etkileyebilir. Sıcaklığa hassas prosesler için yeterli soğutma suyu kaynağına sahip bir tesis sahası seçimi MET kapsamında yer alır.

Yeni tesisler çoğu zaman pek çok nedenle kullanılacak soğutma teknolojisinin gerekliliklerine uygun sahalarda inşa edilmezler. Gerek yeni tesislerde gerekse mevcutlarda tesis sahası bilindiğinde bu sahanın özellikleri de açıktır. Bir tesis sahasının en önemli termodinamik özelliği bu sahanın kuru ve ıslak hazne sıcaklığı olarak tanımlanan yıllık iklim özellikleridir.

Tablo 4.2: Tesis sahası özellikleri ve MET

Tesis sahası özellikleri	Kriterler	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
iklim	Gerekli nominal sıcaklık	Islak ve kuru hazne sıcaklığı değişiminin değerlendirilmesi	Yüksek kuru hazne sıcaklıklarında kuru hava soğutmanın genel enerji verimliliği genelde düşüktür	Bölüm 1.4.3
Alan	Tesiste kısıtlı yüzey alanı	(önceden monte edilmiş) çatı tipi yapılar	Soğutma sisteminin büyüklük ve ağırlığına ilişkin limitler	Bölüm 1.4.2
Yüzey suyu bulunurluğu	Kısıtlı yüzey suyu	Çevrimli sistemler	Islak, kuru veya hibrid sistem uygulanabilir	Bölüm 2.3 ve 3.3
Alıcı su ortamının ısı yüklerine hassasiyeti	Isıl yükü taşıyacak kapasitenin karşılanması	- ısının yeniden kullanımı seviyesinin optimize edilmesi - çevrimli sistemlerin kullanımı - saha seçimi (yeni soğutma sistemi)		Bölüm 1.1
Kısıtlı yer altı suyu	Yeraltı suyu kullanımının en aza indirilmesi	Eğer yeterli alternatif su kaynağı bulunmuyorsa hava soğutma sistemi kullanımı	Enerji yükünün kabullenilmesi	Bölüm 3.3
Kıyı alanları	Büyük kapasite > 10 MWth	Once - through sistemler	Yerel termal dumanın sıcaklık stratifikasyonu (katmanlaşması) kullanılarak yakın su alım noktasına karışmasının önlenmesi	Bölüm 1.2.1 / Bölüm 3.2 / EK XI.3
Spesifik saha gereklilikleri	Dumanın ve kule yüksekliğinin azaltılması yükümlülüğünün bulunduğu hallerde	Hibrid soğutma sistemi uygulanması	Enerji yükünün kabullenilmesi	Bölüm 2

Tanımlanan diğer özellikler alan, soğutma ve deşarj amaçlı su bulunurluğu ve yakın çevredeki hassas alanlardır (kentsel ve sınaî). Yeraltı suyu söz konusu olduğunda ise yer altı suyu kullanımının en aza indirilmesi prensibine uygun olarak kuru soğutma sistemi kullanımının tercih edilmesi özellikle akiferlerin yok olma riskinin inkâr edilemeyeceği yerlerde MET olarak kabul edilir.

Tablo 4.2 bazı tesis sahası özellikleri için tanımlı MET örneklerini göstermektedir.

4.2.2 Endüstriyel Soğutma Sistemlerinde MET uygulanması

Bölüm 1’de tüm kısıtları adım adım değerlendirerek mevcut en iyi soğutma tekniği olarak adlandırılabilir uygulamaya nasıl ulaşılabileceğini açıklayan önleyici bir yaklaşımın ana çizgileri verilmişti. Bölüm 1 ve Bölüm 3 ile bunlara ilişkin Ekler bu yaklaşım çerçevesinde su ve / veya hava kullanan belli başlı soğutma konfigürasyonlarına ilişkin potansiyel MET yaklaşımının belirlenmesinde rol oynayan faktörleri tanımlamakta ve teknikler önermektedir. Bir soğutma sisteminin çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması amacıyla optimize edilmesi karmaşık bir uygulamadır ve basit bir matematiksel karşılaştırma sürecinden ibaret değildir. Bir başka deyişle, MET tablolarından seçilmiş tekniklerin bir araya getirilmesi bizi her zaman bir MET soğutma sistemi çözümüne götürmeyecektir. Nihai MET çözümü tesis sahasına özgü bir çözüm olacaktır. Ancak endüstrideki deneyimlere dayanarak bazı durumlarda sayısal ifadelerden yararlanarak MET’e ilişkin sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Bölüm 3’te, TWG tarafından sunulan bilgilere dayanarak çevreye yönelik emisyonların azaltılması seçenekleri açıklanmaktadır. Her çevresel sorun bazında ve her bir önemli soğutma konfigürasyonu için genel bir yaklaşım tanımlamak ve bir MET çözümüne ulaşmak için çaba sarf edilmiştir. Bazı teknikler eklerde daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmaktadır. Buradaki odak noktası hiç şüphe yok ki biyosit ve kara listeye alınmış madde uygulamalarının azaltılması çerçevesinde suyla ilgili sorunlar üzerindedir.

Önerilen teknikler hali hazırda uygulanmakta olan tekniklerdir. Ölçüm sorunları olsa ve bazen gerçekçi olmayan beklentiler ortaya çıkarsalar da bu tekniklerin verimliliği deneyimler sonucunda kanıtlanmıştır. MET olarak önerilen ve tümüyle yerel duruma bağlı olmayan tedbirlerin yeni sistemler için düşünülebileceği varsayılabilir. Mevcut tesisler söz konusu olduğunda ise seçenekler sınırlı olduğunda ve çok sayıda faktöre bağlı olduğunda değerlendirme yapmak güç olduğundan dikkatli olunmalıdır. Teknolojik tasarım yapılabilecek değişiklik seçeneklerinin sayısını sınırlamadıkça mevcut soğutma sistemlerinde işletme tedbirlerinin uygulamaya konulması önünde çok fazla engel görülmemektedir.

Tablo 4.3’ten Tablo 4.2’ye kadarki tablolarda birincil MET yaklaşımını takip ederek MET olarak düşünülen teknikler sunulmaktadır:

- Genel enerji verimliliğinin artırılması,
- Su kullanımı ve soğutma suyu katkıları kullanımının azaltılması,
- Havaya ve suya yönelik emisyonların azaltılması,
- Gürültü emisyonunun azaltılması,
- Suda yaşayan canlıların sisteme sürüklenmesinin azaltılması,
- Biyolojik risklerin azaltılması.

Atık miktarının azaltılmasına veya atıkların yakılması durumunda toprakta ve suda veya havada kirlilik oluşması gibi çevresel sorunların ortaya çıkmasından kaçınılarak işlenmesine yönelik herhangi belirgin bir MET tanımı yapılmamıştır.

Her çevresel konuyla ilgili olarak, bir azaltma tekniği uygulamasının diğer ortamlar üzerinde yarattığı sonuçlar tanımlanmıştır. Genel olarak konuşmak gerekirse bir soğutma sisteminde yapılan her değişiklik bu değişiklikle beraber ortaya çıkan etkilerle karşılaştırılarak bir denge oluşturulmalıdır. Bu anlamda, endüstriyel soğutma prosesinin optimizasyonu bir ortamlar arası etkileşim konusudur.

Bazı tedbirler için MET değerleri tanımlanmıştır. Ancak çok çeşitli proses koşulları içinde başvuru farklı soğutma tekniği uygulamaları bunlarla ilgili kesin seviyeler tanımlanmasına izin vermemektedir. Bu durumlarda niteliksel açıklamalar verilmektedir.

Yeni kurulan soğutma tesislerinde azaltma tedbirlerini belirlemeye tasarım safhasında başlamak, düşük enerji gereksinimli ekipman kullanmak ve proses maddesiyle ve / veya soğutma suyuyla temas halindeki ekipman için doğru malzeme seçimi yapmak MET kapsamındadır. Bu anlamda aşağıdaki alıntı açıklayıcı bir örnek olarak görülebilir: “uygulamada... soğutma suyu sistemi tasarımına, yerleşimine ve bakımına dikkat edilmesi gereğince tasarlanmamış ve / veya işletilmeyen bir soğutma suyu sisteminin doğuracağı çevresel sonuçlarla karşılaştırıldığında görece düşük öncelik taşımaktadır. Tasarım faktörlerine az önem verildiğinden yapılan işlemler çoğu zaman kötü tasarımın takviyesi ve düzeltilmesi ile ilgili olmaktadır ve bu nedenle kirlenme riskini en aza indirecek şekilde seçilmeleri gerekmektedir. Kötü tasarlanmış be soğutma suyu sistemlerinin uzun dönem işletme ve bakım maliyetleri hakkındaki farkındalık seviyesi bu şekilde düşük kaldığı müddetçe bu tutumda çok az değişiklik gerçekleşmesi beklenmektedir.” [tm005, Van Donk ve Jenner, 1996].

Eğer tercih edilen seçenek kuru hava soğutma sistemlerinin uygulanması ise alınması gereken tedbirler öncelikle doğrudan enerji tüketiminin ve gürültü emisyonlarının azaltılması ve gerekli soğutma yüzeyi büyüklüğünün optimize edilmesi ile ilgilidir.

Mevcut tesisler söz konusu olduğunda alınacak teknolojik tedbirler belli koşullar altında MET olarak değerlendirilebilir. Genel olarak teknolojiye bir değişiklik genel verimliliğin muhafaza edilmesini gerektiren maliyet hassas bir uygulamadır. Bu nedenle maliyet değerlendirmesi değişimden kaynaklanan yatırım maliyetleri ile işletme maliyetlerindeki değişimin ve değişimle sağlanan emisyon azaltımı ile diğer çevresel sonuçların karşılaştırılması şeklindedir. Örneğin, biyosidal su arıtımını da içeren soğutma suyu çevriminin çevresel etkisi ile biyosit kullanımına ihtiyaç duymayan ancak buna karşılık su çevresine yüksek düzeyde ısı deşarj eden bir önce - through sistemin çevresel sonuçlarının karşılaştırılması gerekir.

Montajı önceden yapılmış hazır soğutma kulelerinde teknolojik bir değişikliğe gidilmesi hem teknik hem de ekonomik anlamda uygun seçenek olarak görülmektedir. Bu düşünceyi destekleyecek herhangi bir karşılaştırma verisi bulunmamaktadır ancak bu konudaki tedarikçi deneyimleri küçük ölçekli soğutma kulelerini değiştirmenin, örneğin kapalı çevrimli ıslak sistemden kapalı çevrimli hibrid veya ıslak/kuru konfigürasyona geçişin görece kolay olduğunu göstermektedir. Bu işlem proseste önemli değişiklikler yapılmasını veya büyük inşaat çalışmalarını gerektirmemektedir. Tesis sahasında inşa edilen büyük ölçekli özel tasarım kulelerde ise teknolojik değişikliklerin uygulanması bu kadar kolay değildir. Farklı bir teknoloji genel olarak tümüyle yeni bir soğutma kulesi anlamına gelebilmektedir.

Odak noktasının esas olarak su kullanımının ve yüzey suyuna yönelik kimyasal madde emisyonlarının azaltılması şeklindeki çevresel tedbirlere verildiği mevcut ıslak soğutma sistemleri için MET bu denli teknolojik bir karakter taşımamakta, daha çok işletmeye ilişkin özellikler öne çıkmaktadır. Burada esas önem teşkil eden konular izleme, işletim ve bakım tedbirleridir.

4.3 Enerji tüketiminin azaltılması

4.3.1 Genel

Bir soğutma sisteminin tasarım aşamasında uygulanan şu tedbirler MET kapsamındadır:

- Su ve hava akımına direncin azaltılması
- Yüksek verimlilikte / düşük enerji sarfiyatlı ekipman uygulanması
- Enerji gerektiren ekipman miktarının azaltılması (EK XI.8.1)
- Önce - through sistemlerde ve ıslak soğutma kulelerinde yüzeyleri temiz tutmak ve kabuklaşma, kirlenme ve korozyondan kaçınmak için optimize edilmiş soğutma suyu arıtımı uygulamak.

Her bir tekil olay için yukarıda belirtilen faktörlerin bir arada uygulanmasıyla bir soğutma sisteminin işletimi için gerekli ulaşılabilir en düşük enerji seviyesinin kullanımı sağlanır. MET ile ilgili olarak bir dizi teknik / yaklaşım tanımlanmıştır.

4.3.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Bir endüstriyel prosesin soğutulmasında uygulanacak entegre bir yaklaşımda hem doğrudan hem de dolaylı enerji kullanımı hesaba katılır. Bir tesisin genel enerji verimliliği açısından düşünüldüğünde önce - through sistemlerin kullanımı özellikle büyük soğutma kapasiteleri (> 10 MWth) gerektiren prosesler için MET kapsamında düşünülecek bir uygulamadır. Eğer aşağıdaki koşullar da sağlanıyorsa nehir ve/veya gel-git bölgeleri söz konusu olduğunda önce - through sistemlerin kullanımı kabul edilebilir bir çözümdür:

- Yüzey suyundaki ısı bulutunun büyüklüğü balıkların göç etmesi için gerekli geçişlere izin veriyorsa;
- Soğutma suyu giriş ağız balıkların sisteme sürüklenmesini / çarpmasını azaltacak şekilde tasarlandıysa;
- Isı yükü alıcı yüzey suyunun diğer kullanıcılarına müdahale etmiyorsa.

Eğer enerji santralleri için önce - through seçeneğinin kullanılması mümkün değilse doğal çekişli ıslak soğutma kuleleri diğer soğutma konfigürasyonlarına nazaran en enerji etkin çözümdür; ancak bunların uygulanması toplam yüksekliklerinin görsel etkisi nedeniyle kısıtlanabilir.

Tablo 4.3: Toplam enerji verimliliğinin artırılması için MET

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Büyük soğutma kapasitesi	Genel enerji verimliliği	Önce - through seçeneği için alan seçimi	Bkz. Tablonun üstünde yer alan metin	Bölüm 3.2
Tüm sistemler	Genel enerji verimliliği	Değişken işletim seçeneğinin uygulanması	Gerekli soğutma aralığının tanımlanması	Bölüm 1.4
Tüm sistemler	Değişken işletim	Hava / su akımının değiştirilmesi	Sistemde istikrarsızlık boşluklarının (kavitasyon) oluşmasından kaçınılması (korozyon ve erozyon)	
Tüm ıslak sistemler	Temiz devre / eşanjör yüzeyleri	Optimize edilmiş su arıtımı ve boru yüzey arıtımı	Uygun bir izleme sistemi gerektirir	Bölüm 3.4
Önce - through sistemler	Soğutma verimliliğinin muhafazası	Sıcak su buharının nehirlerde devri daiminden kaçınılması ve nehir ağızları ve deniz kıyılarında minimize edilmesi		EK XII
Tüm Soğutma kuleleri	Özgül enerji tüketiminin azaltılması	Enerji tüketimi azaltılmış pompa başları ve fanların kullanılması		

4.4 Su gereksiniminin azaltılması

4.4.1 Genel

Yeni sistemlerle ilgili olarak aşağıdaki ifadeler kullanılabilir:

- Toplam enerji dengesi ışığında, suyla soğutma en verimli yöntemdir;
- Yeni tesislerde büyük miktarda soğutma suyu ihtiyacı söz konusuysa yeterli miktarda (yüzey) suyu bulunan bir saha seçilmelidir;
- Soğutma talebini azaltmak için ısının yeniden kullanımı seçeneği optimize edilmelidir;
- Yeni tesislerde büyük miktarda soğutma suyu deşarjı söz konusu ise bu kapasiteyi karşılayabilecek ölçüde bir alıcı su ortamından yararlanmaya imkân veren bir saha seçilmelidir;
- Su kaynaklarının sınırlı olduğu durumlarda gerekli soğutma kapasitesini kesintisiz sağlayabilmek için farklı işletme tiplerine imkân veren bir teknoloji tercih edilmelidir;
- Çevrimli soğutma her durumda geçerli olabilecek bir seçenektir; ancak bunun için, suyun koşullandırılması gereksinimi ve daha düşük bir toplam enerji verimliliği gibi diğer faktörlerin dikkatle dengelenmesine ihtiyaç vardır.

Mevcut su soğutma sistemlerinde ısının yeniden kullanımı seçeneklerinin artırılması ve sistem işletiminin iyileştirilmesi ihtiyaç duyulan soğutma suyu miktarını azaltabilir. Sınırlı miktarda yüzey suyu bulunduran nehirler söz konusu olduğunda önce - through sistemden çevrimli soğutma sistemlerine geçiş yapmak MET kapsamında değerlendirilebilecek teknolojik bir seçenektir.

Büyük soğutma kapasitesine sahip elektrik santralleri için bu genellikle yeni inşaat yatırımlarını gerektiren maliyet hassas bir uygulama olarak kabul edilir. Ayrıca alan gereksinimleri de mutlaka dikkate alınmalıdır.

4.4.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Tablo 4.4: Su gereksinimlerini azaltmaya yönelik MET

Tesis	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm ıslak soğutma sistemleri	Soğutma ihtiyacının azaltılması	Isının yeniden kullanımının optimize edilmesi		Böl.1
	Sınırlı kaynakların kullanımının azaltılması	Yer altı suyu kullanımı MET değildir.	Özellikle mevcut tesisler için sahaya özgü	Böl.2
	Su kullanımının azaltılması	Çevrimli sistemlerin uygulanması	Farklı su koşullandırma talebi	Böl.2/3.3
	Duman azaltımı ve kule yüksekliğinin azaltılması yükümlülüğünün bulunduğu hallerde su kullanımının azaltılması	Hibrid soğutma sistemi uygulanması	Enerji maliyetlerinin kabul edilmesi	Böl.2.6/3.3.1.2
	Proses sırasında suyun (takviye su) mevcut olmadığı veya çok sınırlı olduğu durumlarda (su çekme kısıtlamasının bulunduğu alanlar).	Kuru soğutma uygulanması	Enerji maliyetlerinin kabul edilmesi	Bölüm 3.2 ve 3.3 EK XII.6
Tüm çevrimli ıslak ve ıslak / kuru soğutma sistemleri	Su kullanımının azaltılması	Konsantrasyon döngülerinin optimize edilmesi	Örneğin yumuşatılmış takviye suyu kullanımı gibi, koşullandırılmış su talebinin artması	Bölüm 3.2 ve Bölüm XI

Bazı hallerde kuru hava soğutma sistemlerinin uygulanması önerilmiştir. Eğer toplam enerji verimliliği hesaba katılacak olursa kuru hava soğutma ıslak soğutmaya göre daha az cazip bir seçenektir. Ancak bu durum kuru teknolojiyi yarırsız yapmamaktadır. Kuru ve ıslak sistemler arasındaki maliyet farkının daha kısa kullanım ömrü sürelerinde uzun ömür sürelerine nazaran daha düşük olduğu görülmektedir. Su ve su arıtım maliyetleri dikkate alındığında bu farklılık daha da azalmaktadır. Belli koşullar altında ve daha yüksek sıcaklık seviyelerinde ön arıtım için aşırı suya gereksinim duyulduğunda kuru soğutma önerilebilir.

4.5 Canlıların sisteme sürüklenmesinin / çarpmasının azaltılması

4.5.1 Genel

Balıklar ve diğer su canlılarının sürüklenmesini azaltmak üzere su giriş yapısı cihazlarının uygulanması son derece karmaşık ve sahaya özgü bir süreçtir. Mevcut bir su giriş ağzında değişiklik yapılması mümkündür ancak aynı zamanda da pahalıdır. Uygulanmakta olan veya test edilmiş balık koruma veya uzaklaştırma teknolojileri arasında hali hazırda MET olarak tanımlanan herhangi özel bir teknik bulunmamaktadır. Hangi balık koruma veya uzaklaştırma tekniğinin MET olacağına özel yerel koşullara göre karar verilecektir. Tasarım aşamasında uygulanmakta olan bazı genel stratejiler ve su giriş ağzının konumlandırılması MET olarak değerlendirilebilir ancak bunlar özellikle yeni sistemler için geçerli uygulamalardır.

Elekt uygulamasında dikkat edilmesi gereken nokta elekler vasıtasıyla toplanan organik atıkların imha maliyetlerinin düşündürücü boyutlara çıkabildiğidir.

4.5.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Tablo 4.5: Çarpma olaylarının azaltılmasında MET

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm önce - through sistemler veya yüzey suyu giriş yeri/yapısı bulunan soğutma sistemleri	Su giriş yerinin uygun bir şekilde seçimi ve konumlandırılması ve koruma tekniğinin seçimi	Yüzey suyu kaynağındaki yaşam ortamının analizi	Ayrıca balıkların yumurtlama, büyüme ve göç bölgeleri gibi kritik alanlar	Bölüm 3.3.3 ve EK XII.3.3
	Su giriş kanallarının inşası	Su giriş yeri kanallarındaki su hızlarını optimize ederek çökelmeyi engellemek; mevsimsel makro kirlilik oluşumunu izlemek		Bölüm 3.3.3

4.6 Suyu yönelik emisyonların azaltılması

4.6.1 Isı emisyonlarının azaltılmasına yönelik genel MET yaklaşımı

Yüzey suyuna yönelik ısı emisyonlarının çevresel bir etki yaratıp yaratmaması büyük ölçüde yerel koşullara bağlıdır. Bu tür saha koşulları tanımlanmıştır ancak MET ile ilgili genel anlamda bir sonuç doğurmazlar.

Uygulamada ısı deşarj limitlerinin geçerli olduğu durumlarda başvuru çözümü önce - through sistemlerden açık çevrimli soğutma sistemlerine geçiş yapmak olmuştur (açık ıslak soğutma kulesi). Bunun bir MET olarak kabul edilebileceği sonucuna varmadan önce eldeki mevcut veriler göz önünde bulundurulmalı ve tüm yönler dikkatle değerlendirilmelidir. Bu çözüm ıslak soğutma kulesi uygulamasının enerji tüketiminde neden olduğu artışla (Bölüm 3.2) azalan ısı deşarjından kaynaklanan çevresel faydalar arasında dikkatli bir karşılaştırma yapılmasını gerektirmektedir. Bir nehir havzası seviyesinde gerçekleştirilen entegre bir değerlendirmede bu karşılaştırma eskisiyle aynı ancak şimdi içine büyük ölçekte sıcak su deşarjı gerçekleştirilmediği için daha soğuk olan su kaynağını kullanan diğer proseslerin toplam enerji verimliliğinde meydana gelen artışı içerebilir.

Alınan tedbirlerin genel olarak deşarj edilen soğutma suyundaki sıcaklık gradyanını azaltmayı amaçladığı durumlarda MET ile ilgili birkaç sonuç çıkarımda bulunulabilir. Özel koşulların bunu gerektirdiği yerlerde, örneğin giriş suyunun sıcaklığında yükselme meydana gelmesinden kaçınıldığında büyük elektrik santrallerinde ön soğutma uygulanmıştır (EK XII).

Tatlı su kaynaklarına yönelik deşarjlar 78/659/EEC sayılı direktifte öngörülen kısıtlamalara uygun olarak sınırlandırılacaktır. ilgili kriterler Tablo 3.6'da özetlenmektedir. Belli koşullarda bu gerekliliklerin istisnası ile ilgili olarak bu direktifin 11. Maddesindeki bir hüküm uygulanmaktadır.

4.6.2 Suya yönelik kimyasal madde emisyonlarının azaltılmasına ilişkin genel MET yaklaşımı

Soğutma sistemlerinden kaynaklanan emisyonların önlenmesi ve kontrolü Üye Devletlerin politikaları ve endüstrilerinde en fazla önem verilen konu olmuştur. Bu konular soğutma alanında halen daha ısı deşarjından sonra gelen en önemli konu olma özelliklerini korumaktadırlar.

Çevresel etkinin %80'inin tasarım tablosunda kararlaştırıldığı ifadesi dikkate alındığında bir ıslak soğutma sisteminin tasarımı aşamasında aşağıda belirtilen tedbirler yine aşağıdaki yaklaşım sıralamasına uygun olarak hesaba katılmak zorundadır:

- Proses koşullarının tanımlanması (basınç, sıcaklık, maddenin korozivliği/aşındırıcılığı),
- Soğutma suyu kaynağının kimyasal özelliklerinin tanımlanması,
- Eşanjör için hem proses koşullarını hem de soğutma suyu özelliklerini bir araya getiren uygun malzemenin seçilmesi,
- Soğutma sisteminin diğer parçaları için uygun malzemenin seçilmesi,
- Soğutma sisteminin işletme gerekliliklerinin tanımlanması,
- Daha az zararlı kimyasal maddeler veya çevre üzerinde daha az etki yaratma potansiyeline sahip kimyasal maddeler kullanan uygun soğutma suyu arıtımının (kimyasal bileşim) seçilmesi (Bölüm 3.4.5, EK VI ve VIII).
- Biyosit seçim şemasının uygulanması (Bölüm 3, Şekil 3.2) ve
- Soğutma suyunu ve sistem koşullarını izleyerek dozlama rejiminin optimize edilmesi.

Bu yaklaşım ilk etapta soğutma suyu arıtımı ihtiyacının azaltılmasını amaçlamaktadır. Mevcut sistemlerde teknolojik değişiklikler ve ekipman değişiklikleri genelde zor ve maliyet hassas bir uygulamadır. Burada odak noktası izleme yoluyla optimize edilmiş dozaj rejimine bağlanan sistemlerin işletiminde olmalıdır. iyi performans sağlayan tekniklere dair birkaç örnek tanımlanmıştır. Bunlar genellikle belli sistem kategorileri için uygulanabilir nitelik taşımakta, maliyet etkin olarak kabul edilmekte ve soğutma konfigürasyonunda büyük değişiklikler yapılmasına ihtiyaç duymamaktadırlar.

Soğutma sisteminin kirlilik ve korozyona hassasiyetini azalttıktan sonra verimli bir ısı dönüşümünü tesis etmek için halen daha arıtıma ihtiyaç duyulabilir. Su çevresine daha az zarar veren soğutma suyu katkı maddelerinin seçilmesi ve bunların en verimli şekilde uygulanması bir sonraki adımdır.

Kimyasal maddelerin seçimi ile ilgili olarak, uygulanan işlemlerin ve bu işlemleri meydana getiren kimyasal maddelerin derecelendirilmesini yapmak imkânsız değilse bile çok zordur ve buradan yola çıkılarak genel MET çıkarımlarına ulaşmak ihtimali de oldukça zayıftır. Koşullar ve uygulanan işlemlerdeki geniş çeşitlilik nedeniyle uygun çözüme ulaşmak yalnızca tesis bazında bir değerlendirme ile mümkündür.

Bu tür bir değerlendirme ve bu değerlendirmeyi meydana getiren unsurlar MET olarak kabul edilebilecek bir yaklaşım sunabilir.

Bu BREF kapsamında önerilen bu yaklaşım seçili kimyasalların ilk sıralamasında yardımcı olabilecek bir araçtan ve soğutma sisteminin gereklilikleri ile alıcı su ekosisteminin gereklilikleri arasında bağ kurarak biyositleri değerlendirecek olan bir yaklaşımdan meydana gelmektedir (EK VIII). Söz konusu yaklaşım soğutma suyu katkı maddelerinin, özellikle de biyositlerin sebep olacağı etkileri en alt seviyeye çekmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşımın temel unsurlarını Biyosidal Ürünler Direktifi 98/8/EC (BPD) ve Su Çerçeve Direktifi (WFD) şekillendirmektedir. Farklı maddeler için PEC ve PNEC değerlerinin kullanılması esastır. Burada PEC / PNEC oranı MET'in belirlenmesinde mihenk taşı olarak işlev görebilecektir.

Belirli maddelerin uygulanması konusunda klor türevi bileşiklerle (özellikle hipoklorit ve klor amin) ve klor / brom kombinasyonlarıyla işletilen once-through sistemlerden elde edilen zengin bir tecrübe birikimi mevcuttur.

Aynı şey çevrimli sistemlerin koşullandırılmasında kullanılan biyositler için de geçerlidir. Bu sistemlerin artıtımı çoğu zaman birden fazla maddenin kullanımını gerektirir. Kimi bileşenler veya maddelerin MET tanımına dahil edilemeyecekleri veya her zaman uygulanamayacakları açıktır. Uygun biyositin seçimi sürecinde başvurulacak genel bir yaklaşım alıcı su ortamının su kalitesiyle ilgili amaçlar gibi yerel kaygıları da mutlaka dikkate alacaktır.

4.6.3 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

4.6.3.1 Tasarım ve bakım yoluyla önleme

Tablo 4.6: Tasarım ve bakım teknikleri kullanılarak suya yönelik emisyonların azaltılmasında MET yaklaşımı

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm ıslak soğutma sistemleri	Korozyon hassasiyeti düşük malzeme kullanılması	Doğru malzemenin seçilmesi için yalnızca soğutma suyunun değil aynı zamanda proses maddesinin de korozif özelliğinin analiz edilmesi		Böl.3.4
	Kirlilik ve korozyonun azaltılması	Soğutma sisteminin durgun bölgelerin oluşmasını önleyecek şekilde tasarlanması		EK XI.3.3.2.1
Kabuk & Tüp eşanjör	Temizliği kolaylaştıracak bir tasarım	Tüp içindeki soğutma suyu akımı ve tüp kısmı üzerindeki ağır kirlilik ortamı	Tasarıma, proses sıcaklığına ve basınca bağlı	EK III. 1
Enerji santrali kondansatörleri	Korozyon hassasiyetinin azaltılması	Deniz suyu veya kuyu suyu kullanan kondansatörlerde titanyum uygulanması		EK XII
	Korozyon hassasiyetinin azaltılması	Düşük korozyon alaşımlarının uygulanması (yüksek oyulma endeksine sahip paslanmaz çelik veya bakır nikel)	Düşük korozyon alaşımlarına geçiş patojen oluşumunu etkileyebilir	EK XII.5.1
	Mekanik temizlik	Köpük topları veya fırçalı otomatik temizlik sistemlerinin kullanılması	Bunun yanında mekanik temizlik ve yüksek su basıncı da zorunlu olabilir	EK XII.5.1
Kondansatörler ve eşanjörler	Kondansatörlerde birikmenin (kirlilik) azaltılması	Su akış hızı yeni ekipmanlar için > 1,8 m/s, tüp demeti için 1,5 m/s	Malzemenin korozyon hassasiyetine, su kalitesine ve yüzey arıtımına bağlı olarak	EK XII.5.1
	Eşanjörlerde birikmenin (kirlilik) azaltılması	Su akış hızı > 0,8 m/s	Malzemenin korozyon hassasiyetine, su kalitesine ve yüzey arıtımına bağlı olarak	EK XII.3.2
	Tıkanıklıktan kaçınma	Tıkanma riskinin bulunduğu yerlerde eşanjörleri korumak için moloz filtrelerinin kullanılması		EK XII

Tablo 4.6 (devamı): Tasarım ve bakım teknikleri kullanılarak suya yönelik emisyonların azaltılmasında MET yaklaşımı

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Once - through Soğutma sistemi	Korozyon hassasiyetinin azaltılması	Korozyon karşılanabiliyorsa soğutma suyu sistemlerinde karbon çeliği kullanımı	Kuyu suyu için değil	EK IV. 1
	Korozyon hassasiyetinin azaltılması	Yer altı kanalları söz konusu olduğunda cam elyaf plastik, kaplamalı betonarme veya kaplamalı karbon çeliği uygulaması		EK IV.2
	Korozyon hassasiyetinin azaltılması	Yüksek derecede korozif ortamda kabuk & tüp eşanjör tüpleri için titanyum veya aynı performansa sahip paslanmaz çelik	Azaltmada titanyum zorunlu değildir, optimize edilmiş biyolojik kirlilik kontrolü zorunlu olabilir	EK IV.2
Açık ıslak soğutma kuleleri	Tuzlu suda kirliliğin azaltılması	Yüksek yük destekli düşük kirliliğe açık dolgu uygulaması		EK IV. 4
	Kirlilik karşıtı arıtmadan kaynaklanan zararlı maddelerden kaçınılması	Ahşap kısımlarda CCA uygulaması veya TBTO içeren boyalar MET değildir		Bölüm 3.4 EK IV. 4
Doğal çekişli ıslak soğutma kuleleri	Kirlilik önleyici arıtımın azaltılması	Yerel su kalitesi incelemesinde dolgu uygulaması (örneğin katı madde içeriği, kabuklaşma)		EK XII.8.3

4.6.3.2 Optimize soğutma suyu arıtımı yoluyla kontrol

Tablo 4.7: Optimize soğutma suyu arıtımı yoluyla emisyon azaltımına dair MET yaklaşımı

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm ıslak sistemler	Katkı maddesi uygulamasının azaltılması	Soğutma suyunun kimyasal özelliklerinin izlenmesi ve kontrolü		Bölüm 3.4 ve EK XI.7.3
	Daha az zararlı kimyasal maddelerin kullanılması	- krom bileşikleri, - cıva bileşikleri, - organo metalik bileşikler (örneğin organotin bileşikleri), - Merkaptobenzotiyazol, - klor, brom, ozon ve H₂O₂ harici biyosidal maddelerle şok arıtımı yöntemleri MET kapsamına girmez.		Bölüm 3.4 / EK VI
Once - through soğutma sistemi ve açık ıslak soğutma kuleleri	Hedef biyosit dozu	Biyosit dozunun optimize edilmesi için makro kirliliğin izlenmesi		EK I.3.3.1.1
Once - through Soğutma sistemi	Biyosit uygulamasının azaltılması	10-12°C altındaki deniz suyu sıcaklığında biyositler kullanılmaz	Bazı yerlerde (limanlar) kış arıtımına ihtiyaç duyulabilir	EK V
	FO emisyonlarının azaltılması	Kalıntı sürelerindeki değişimin ve çıkış noktasında 0,1 mg/l FO veya FRO seviyesinin eşlik ettiği su hızlarının kullanılması	Kondansatörler için uygun değil	Böl.3.4 EK XI.3.3.2
	Serbest (kalıntı) oksidan emisyonları	Sürekli deniz suyu klorlaması çıkışında FO veya FRO < 0.2 mg/l	Günlük (24 saat) ortalama değer	EK XI.3.3.2
	Serbest (kalıntı) oksidan emisyonları	Kesikli veya şok deniz suyu klorlaması çıkışında FO veya FRO < 0,2 mg/l	Günlük (24 saat) ortalama değer	EK XI.3.3.2
	Serbest (kalıntı) oksidan emisyonları	Kesikli veya şok deniz suyu klorlaması çıkışında FO veya FRO < 0,5 mg/l	Proses kontrol gereklilikleri için kullanılan bir gün içindeki ortalama saatlik değer	EK XI.3.3.2
	Tatlı suda OX yapıcı bileşenlerin azaltılması	Tatlı suda sürekli klorlama MET değildir.		Böl.3.4 EK XII

Tablo 4.7 (devamı): Soğutma suyu arıtımı yoluyla emisyon azaltımına dair MET yaklaşımı

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Açık ıslak soğutma kuleleri	Hipoklorit miktarının azaltılması	$7 < \text{pH} < 9$ aralığındaki soğutma suyunda işletim		EK XI
	Biyosit miktarının ve blöfün azaltılması	Yan akım filtrelemesi uygulaması MET'tir.		EK XI.3.1.1
	Hızlı hidrolize olan biyosit emisyonlarının azaltılması	Dozlamadan sonra blöfü geçici olarak kapatın		Bölüm 3.4
	Ozon uygulaması	Arıtma seviyeleri $< 0,1 \text{ mg O}_3/\text{l}$	Toplam maliyetin diğer biyosit uygulamalarıyla karşılaştırılması	EK XI.3.4.1

4.7 Havaya yönelik emisyonların azaltılması

4.7.1 Genel Yaklaşım

Diğerleriyle karşılaştırılacak olursa, soğutma kulelerinden havaya gerçekleşen emisyonlara, eğer duman oluşumu bir tarafa bırakılırsa çok fazla dikkat gösterilmemiştir. Rapor edilen bazı verilerden yola çıkılarak seviyelerin genelde düşük olduğu ancak bu emisyonların ihmal edilmemesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Devri daim soğutma suyundaki yoğunluk seviyelerinin düşürülmesi dumanla birlikte gerçekleşen madde emisyonlarını kesinlikle etkileyecektir. MET özelliği taşıyan bazı tavsiyeler yapılabilir.

4.7.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Tablo 4.8: Havaya yönelik emisyonların azaltılmasında MET yaklaşımı

Sistem	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm ıslak soğutma kuleleri	Dumanın zemin seviyesine ulaşmasının önlenmesi	Yeterli yükseklikte duman oluşumu ve kule çıkışında asgari deşarj hava akımı hızı		Bölüm 3.5.3
	Duman oluşumunun önlenmesi	Hibrid tekniğinin veya havanın yeniden ısıtılması benzeri diğer duman baskılayıcı tekniklerin uygulanması	Yerel değerlendirmeye ihtiyaç vardır (kentsel alanlar, trafik)	Bölüm 3.5.3
Tüm ıslak soğutma kuleleri	Daha az zararlı malzeme kullanılması	Asbest, CCA (veya benzer bir madde) ile korunmuş ahşap veya TBTO kullanımı MET değildir		Bölüm 3.8.3
	içerideki hava kalitesinin bozulmasının önlenmesi	Kule çıkışının hava iklimlendirme aygıtlarıyla hava alımı riskinden kaçınacak şekilde tasarlanıp konumlanması	Büyük yüksekliğe sahip doğal çekişli soğutma kulelerinde daha az önemli olması beklenmektedir	Bölüm 3.5
Tüm ıslak soğutma kuleleri	Damla kaybının azaltılması	Toplam devri daim akışının %0,01'inden daha düşük kayıp oranına sahip damla tutucuların uygulanması	Hava akımına düşük direnç korunacaktır.	Bölüm 3.5 ve XI.5.1

4.8 Gürültü emisyonunun azaltılması

4.8.1 Genel

Gürültü emisyonları yerel etkiler yaratır. Soğutma tertibatından kaynaklanan gürültü emisyonları tesis sahasının toplam gürültü emisyonunun bir parçasıdır. Gerek görüldüğünde gürültü emisyonlarının azaltılması için uygulanabilecek bir dizi birincil ve ikincil tedbir tanımlanmıştır. Birincil tedbirler ses kaynağının ses şiddeti seviyesini değiştirirken ikincil tedbirler ise salınan gürültü seviyesini azaltır. İkincil tedbirler beraberlerinde özellikle basınç kaybı gibi bir olumsuzluğu getirirler ve kayıp da ancak fazladan enerji girişiyle telafi edilebilir ki bunun anlamı soğutma sisteminin genel enerji verimliliğinde bir azalmadır. Gürültünün engellenmesine yönelik nihai tercih tesisin performans seviyesini etkileyeceğinden tesise özgü bir karar sorunudur. Aşağıdaki tedbirler ve minimum gürültü azaltma seviyeleri MET olarak düşünülür.

4.8.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Tablo 4.9: Gürültü emisyonunun azaltılmasında MET yaklaşımı

Soğutma sistemi	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Azalma seviyeleri	Kaynak
Doğal çekişli Soğutma kuleleri	Hava girişinde basamaklanan suyun gürültüsünün azaltılması	Farklı teknikler mevcuttur	> 5 dB(A)	Bölüm 3.6
	Kule temeli çevresinde gürültü emisyonu azaltımı	Örneğin yer bariyeri veya gürültü zayıflatma duvarı	< 10 dB(A)	Bölüm 3.6
Mekanik çekişli Soğutma kuleleri	Fan gürültüsü azaltımı	Örneğin daha büyük çaplı ve daha düşük çevresel hıza (< 40 m/s) sahip düşük gürültülü fanlar	< 5 dB(A)	Bölüm 3.6
				Bölüm 3.6
	Optimum difüzör (dağıtıcı) tasarımı	Ses zayıflatıcılarının uygun yükseklik ve kurulumuna sahip olması	Değişken	Bölüm 3.6
	Gürültü azaltımı	Giriş ve çıkışta zayıflatma tedbirlerinin uygulanması	> 15 dB(A)	Bölüm 3.6

4.9 Sızıntı riskinin azaltılması

4.9.1 Genel Yaklaşım

Sızıntı riskini azaltmak için öncelikle eşanjör tasarımına, proses maddelerinin zarar potansiyeline ve soğutma konfigürasyonuna dikkat edilmelidir. Sızıntıların meydana gelmesini önlemek için aşağıdaki genel tedbirler uygulanabilir:

- Islak soğutma kuleleri ekipmanında kullanılan malzemenin mevcut su kalitesine uygun olarak seçilmesi;
- Sistemin tasarım gereklerine uygun olarak işletilmesi,
- Eğer soğutma suyu arıtımına ihtiyaç duyuluyorsa doğru soğutma suyu arıtım programının seçilmesi,
- Çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde soğutma suyu deşarjındaki sızıntıyı blöfün analizi yoluyla izlemek.

4.9.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Tablo 4.10: Sızıntı riskinin azaltılmasında MET yaklaşımı

Sistem ¹⁾	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm eşanjörler	Küçük çatlakların önlenmesi	Eşanjördeki sıcaklık değişimi <50°C	Olay bazında daha yüksek ısı dönüşümüne yönelik teknik çözüm	EK III
Kabuk & tüp eşanjörler	Tasarım sınırları içinde işletim	Proses işletiminin izlenmesi		EK III. 1
	Tüp / Tüp plaka yapısının gücü	Kaynak teknolojisi uygulanması	Kaynak her zaman uygun değildir	EK III. 3
Ekipman	Korozyon azaltımı	Soğutma suyu tarafındaki metal sıcaklığı < 60°C	Sıcaklık korozyonun özlenmesi sürecinin başarısını etkiler	EK IV1
Once - through soğutma sistemleri	VCI puanı: 5-8	Doğrudan sistem $P_{soğutma\ suyu} > P_{proses}$ ve izleme	Sızıntı durumunda acil tedbirler	EK VII
	VCI puanı: 5-8	Doğrudan sistem $P_{soğutma\ suyu} = P_{proses}$ ve otomatik analitik izleme	Sızıntı durumunda acil tedbirler	EK VII
	VCI puanı > 9	Doğrudan sistem $P_{soğutma\ suyu} > P_{proses}$ ve otomatik analitik izleme	Sızıntı durumunda acil tedbirler	EK VII
	VCI puanı > 9	Yüksek derecede anti-korozif malzemeden imal eşanjörlü / otomatik analitik izlemeli doğrudan sistem	Sızıntı durumunda otomatik tedbirler	EK VII
	VCI puanı > 9	Teknoloji değişimi - dolaylı soğutma - çevrimli soğutma - hava soğutma		EK VII
	Tehlikeli maddelerin soğutulması	Soğutma suyunun daima izlenmesi gerekir		EK VII
	Önleyici bakım uygulaması	Türbülans akımları yoluyla kontrol	Tahrip edici nitelikte olmayan diğer kontrol yöntemleri	
Çevrimli Soğutma sistemleri	Tehlikeli maddelerin soğutulması	Blöfün sürekli izlenmesi		
1) Kondansatörler için tablo bulunmamaktadır.				

4.10 Biyolojik riskin azaltılması

4.10.1 Genel yaklaşım

Soğutma sistemleri işletiminden kaynaklanan biyolojik riskin azaltılması için sıcaklığın kontrol edilmesi, sistemin düzenli bir şekilde işletimine devam etmesinin sağlanması ve kabuk ve korozyondan kaçınmak büyük önem taşımaktadır. Tüm tedbirler az ya da çok genel bir çevrimli ıslak soğutma sistemine uygulanacak iyi bir bakım uygulaması çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Süreç içinde diğerlerine nazaran daha büyük önem taşıyan anlar sistem işletiminin optimum seviyede olmadığı başlangıç dönemleri ve bakım veya onarım için çalışmaya ara verilen dönemlerdir. Yeni kulelerde tesis çevresindeki hastane, okul ve yaşlıların ikametüne ayrılmış konaklama yerleri veya huzur evleri gibi gürültüye hassas noktaların bu hassasiyetleri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

4.10.2 MET yaklaşımı kapsamında tanımlı azaltma teknikleri

Tablo 4.11: Biyolojik gelişimin azaltılmasında MET yaklaşımı

Soğutma sistemi	Kriter	Birincil MET yaklaşımı	Açıklamalar	Kaynak
Tüm ıslak çevrimli Soğutma sistemleri	Alg oluşumunun azaltılması	Soğutma suyuna düşen ışığın azaltılması		Bölüm 3.7.3
	Biyolojik gelişimin azaltılması	Durağan bölgelerin oluşumundan kaçınılması (tasarım) ve optimum kimyasal arıtımın uygulanması		
	Ara sonrası temizleme	Mekanik ve kimyasal temizliğin bir arada uygulanması		Bölüm 3.7.3
	Patojenlerin kontrolü	Soğutma sistemlerindeki patojenlerin periyodik olarak izlenmesi		Bölüm 3.7.3
Açık ıslak soğutma kuleleri	Enfeksiyon riskinin azaltılması	Operatörler bir soğutma kulesine girerken ağız ve burun maskesi kullanmalıdır (P3 maskesi).	Yüksek basınçla temizleme sırasında püskürtme ekipmanı kullanılıyorsa	Bölüm 3.7.3

5 AÇIKLAMALAR

5.1 Çalışmanın Zamanlaması

Bu MET Kaynak belgesindeki çalışma kapsamın ve temel çevresel konuların ele alındığı 19-20 Haziran 1997 tarihli toplantılarla başlamıştır. İlk başta vakum sistemleri de çalışma kapsamında düşünülmüştür. Ancak yüksek düzeyde prosesle ilgili olmaları nedeniyle bunların genel bir yaklaşım içinde çalışma kapsamına dahil edilemeyecek kadar karmaşık olduklarına karar verilmiş ve bu düşünceden vazgeçilmiştir.

Teknik Çalışma Grubuna (TWG) danışma amacıyla iki taslak metin sunulmuştur. ilk taslak Haziran 1999, ikinci taslak ise Mart 2000 tarihini taşımaktadır. Her iki danışma sürecinde de yorumlar ve elde edilen yeni bilgiler sunulmuştur.

Son TWG toplantısı 29-31 Mayıs 2000 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş ve gerek içerik ve gerekse elde edilen MET bulguları üzerinde geniş bir konsensüs sağlanmıştır. Bu toplantıda endüstriyel soğutma sistemlerine ilişkin MET sonuçları genel bir destek görmüştür. Konunun yerel yönleri ve bunların varılacak MET sonucu üzerinde oynayacağı rol üzerinde etraflıca tartışılmıştır. Soğutma sistemleri işletiminin temel unsurlarından biri olarak soğutma suyunun koşullandırılması meselesi de ciddi bir tartışma konusu olmuştur. Toplantı sırasında ve sonrasında sunulan yorumlar ve yeni bilgiler son rapora eklenmiştir.

Belgenin önemli bir bölümünde endüstriyel soğutma sistemlerinde uygulanacak MET'in belirlenmesi için izlenen genel yaklaşım açıklanmıştır. MET'e ilişkin ana sonuçlar Bölüm 4'te sunulmaktadır. Çok sayıda EK uygulama örneklerinden yararlanarak genel kavramları açıklamaktadır.

5.2 Bilgi kaynakları

Taslak belgenin oluşturulması sırasında ekipman ve soğutma suyu kimyasalları tedarikçilerinin yanı sıra soğutma sistemi işletmecileri ve kuruluşlarından edinilen çok sayıda belge, rapor ve bilgiden yararlanılmıştır.

Bunlar arasında tm001 (NL), tm056 ve tm132 (Enerji sektörü) ve tm139 (ekipman tedarikçileri) kaynaklarının bu belgenin önemli bir kısmını oluşturduğu düşünülebilir. Sunulan diğer bilgiler daha çok soğutma suyunun koşullandırılması meselesine ağırlık veren özel bir çevresel sorun üzerine odaklanmıştır.

Tesis ziyaretleri sırasında ve kişisel iletişimler vasıtasıyla teknoloji seçimi ve azaltma tekniklerinin uygulama deneyimleri hakkında daha fazla bilgi toplanmıştır.

5.3 Gelecekteki çalışmalar için öneriler

Soğutma pek çok endüstriyel proses için temel nitelikte bir unsurdur. Soğutma sistemlerinde mevcut en iyi tekniklerin değerlendirmesi dahili ısı yönetimi, soğutma sisteminin seçimi ve işletimi ve çevreye yönelik emisyonlar birbirleriyle doğrudan ilişkili konulardır. Ancak BREF prosesi bu ilkeyi sayısal büyüklüklerle açıklayacak örnekleri tanımlayabilmiş değildir ve gelecekte yayınlanacak bir BREF'in hazırlanmasında elbette ileride yapılacak daha ayrıntılı incelemelerden yararlanılacaktır.

Teknik Çalışma Grubunda, Soğutma sistemleriyle ilgili MET'in içinde bir dizi özel tekniğin tanımlanmasına izin veren bir yaklaşım olduğu konusunda açık bir anlayış birliği oluşmuştur. Bu mesele termodinamik ilkeleri ve proses karakteristikleri arasındaki etkileşimleri de içine alan karmaşık bir konudur. Şurası açıktır ki; soğutma sistemleriyle ilgili MET soğutulacak endüstriyel prosesin ihtiyaçları ile soğutma sisteminin tasarım ve işletimi ve maliyetler arasında bir denge durumudur. Bu amaçla, teknolojik değişiklikler ve işletme uygulamalarının geliştirilmesi sayesinde önlemeyi öne alan bir MET yaklaşımı geliştirilmektedir. Bu yaklaşım yeni ve mevcut soğutma sistemleri arasında bir ayırım yapmakla birlikte bu belgede mevcut soğutma sistemlerinde uygulanan azaltma tedbirlerinin de aynı hedefe yönelik olduğu vurgulanmaktadır. Bir başka deyişle, her iki grupta da esas olarak aynı yaklaşım geçerlidir; ancak mevcut soğutma sistemlerinde uygulanabilecek azaltma seçeneklerinin sınırlı olduğu da bir gerçektir.

Bilgi değişim süreci Bölüm 4’te sunulduğu gibi genel düzeyde MET olarak düşünölebilecek bir dizi tekniğin tanımlanmasını mümkün kılmıştır. Bununla birlikte, söz konusu teknikleri soğutma sistemleri için birincil MET yaklaşımı çerçevesinde belirlemek zor olmuştur. Genel uygulamanın bu kadar açık olmayabileceği durumlarda yatay yaklaşım çerçevesinde özel azaltma tekniklerinin tanımlanmasında tereddüt olacak gibi görünmektedir.

Emisyon seviyelerinde bir azalmayı da beraberinde getiren teknolojik değişikliğin sağlayabileceği iyileşme potansiyelini açıklayıcı nitelikte, benzeri soğutma konfigürasyonlarında denenen özdeş değişikliklerin bile her olayda emisyonların azaltılması konusunda birbirinden farklı sonuçlar verebildiği gerçeğini de göz önünde bulunduran, pratiğe dayalı ayrıntılı bilgi bulunmamaktadır. Sistemlerin performans karşılaştırmalarında birbiriyle karşılaştırabilir birimlerin kullanılmasına ihtiyaç vardır ve performans verilerinin dağıtılan birim ısı (MW_{th}) üzerinden ifade edilmesi önerilmektedir. Buna ilişkin örnekler mevcut oldukça belge içinde bulunabilir.

Bu belge kapsamındaki endüstriyel soğutma sistemlerinin işletiminden kaynaklanan çevresel sorunlarla ilgili olarak öncelikli vurgu su çevresine yönelik emisyonların azaltılması meselesine yapılmaktadır. Temsili nitelik taşıdığı kabul edilebilecek çok az veri rapor edilmiştir ve durumun daha iyi bir resminin çekilebilmesi için bir envanter çıkarılması önerilmektedir. Bu envanter (gelecekteki) azaltma tekniklerinin değerlendirilebilmesi için bir kıyas noktası olarak kullanılabilir.

TWG soğutma suyu katkı maddeleri seçimi sürecinin su çevresine zararlı olma potansiyeli taşıyan emisyonların azaltılmasında önemli bir aşama olacağını öngörmektedir. Yerel düzeyde bir seçim gerçekleştirilebilmesi için yerel özellikleri içeren bir genel değerlendirme prosedürünün uygulanması zorunlu görünmektedir. Bu belgede soğutma suyu katkı maddelerinin yerel değerlendirmesi sürecine destek olmak için iki konsept sunulmaktadır. TWG her iki konsepti de değerli araçlar olarak görmekle birlikte kıyaslama (benchmarking) konsepti (EK VIII. 1) hali hazırda teorik bir modeldir ve üzerinde daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Islak soğutma kulelerinden havaya yönelik emisyonlarda kimyasal maddeler veya bakteriler bulunuyor olabilir ancak TWG’de hâkim olan görüş bu konuda çok az veri bulunduğudur. Mevcut veriler üzerinde daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Bazı Üye Devletlerde ıslak soğutma kulelerinde geçmişte yaşanan Legionnaire salgınlarından ötürü *Legionella* gelişimine özel bir dikkat gösterilmektedir. Bu nedenle bölüm görece büyük bir kapsamda bu soruna eğilmektedir. Sunulan bilgilerden yola çıkarak rahatlıkla söyleyebiliriz ki, *Legionella* bakterisinin temsili konsantrasyon seviyelerini tespit etmek için ve günlük bakım yanında çalışmaya verilen aralar sonrasındaki sistem temizliğinde de uygulanan arıtım yöntemlerinin geliştirilmesi için daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır. Düşük riskli bir soğutma sisteminde koloni yapıcı birimlerin (CFU) kabul edilebilir maksimum seviyesi belirlenmemiştir. Bugün böyle bir seviyenin tanımlanıp tanımlanamayacağı konusu belirsizliğini korumaktadır ve yapılacak çalışmalar bu alandaki belirsizliğin giderilmesinde fayda sağlayabilir.

Bir dizi teknik tanımlanmış ve MET kapsamına dahil edilmiştir; ancak bunlardan bazıları halen daha geliştirme safhasında olduklarından yeni teknolojiler olarak düşünölebilir. Bunların uygulaması ve uygulamada verecekleri sonuçların değerlendirilmeye ihtiyacı vardır. Bu tekniklerden bazıları sprey (veya buharlaştırma) havuzları ve soğuk ve ısı depolamasıdır.

Yukarıda belirtilen hususların tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için bu belgenin 3 yıl içinde gözden geçirilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

[Comment-1, ..]

Information submitted as comment on the first draft of the BREF-document by TWG-member (Member State or institute) [*Yorum-1; BREF Dokümanının ilk taslağı üzerine TWG üyesince (Üye devlet veya kuruluş) yorum olarak sunulan bilgiler*]

[Correia, 1995]

Correia F.N. ve ark., Water availability, uses and institutions in Europe, Summary report and vertical issues, (*Avrupa'da Su, Su Kullanımı ve Suyla İlgili Kuruluşlar; Özet Rapor ve dikey konular*) Congres Center Instituto Superior Técnico (Lissabon (P), 1995).

[Hadderigh, 1978]

Hadderigh, R.H., 1978. Mortality of young fish in the cooling water system of Bergum power station. (*Bergum Elektrik Santralinin soğutma suyu sisteminde genç balık ölümleri*) Verh. Internat. Verein. Limnol., vol. 20, pp. 1827-1832.

[Hadderingh, 1983]

Hadderingh, R.H. ve ark., 1983. Fish impingement at power stations situated along the rivers Rhine and Meuse in the Netherlands. (*Hollanda'da Rhine ve Meuse nehirleri üzerinde kurulu elektrik santrallerinde balık yığılmaları*) Hydrobiological Bulletin 17 (2), pp. 129-141.

[KEMA, 1972]

KEMA, 1972. Invloed van maaswijdte van de draaizeven op passage en overleving van met het koelwater ingezogen jonge vis bij de Flevo-centrale. KEMA-memorandum VII 78-87, MO-biol.

[KEMA, 1982]

KEMA, 1982. Visproblemen bij de inlaat van centrales; samenvatting van een voordracht op de 22^e vergadering van de Kring van Chemici van Centrales. KEMA-memorandum 82-12 MO-biol.

[KEMA, 1992]

KEMA, 1992. Bemonstering van ingezogen vis bij eenheid 13 van centrale Gelderland in maart, juli en november van 1990 en 1991. KEMA-rapport 71176-MOB 92-3652.

[Carter and Reader, baskıda]

Carter, K.L. and J.P. Reader, (baskıda), Patterns of drift and power station entrainment of 0⁺ fish in the River Trent, England.

[tm001, Bloemkolk, 1997]

Bloemkolk, J.W. Industrial cooling water discharge. Cooling systems and emissions. (*Endüstriyel soğutma suyu deşarjı. Soğutma sistemleri ve emisyonlar*) Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. Report number: 95.050 (Lelystad (NL), 1995, English translation 1997). ISBN 9036945445

[tm003, Van der Schaaf, 1995]

Schaaf R.J van der., Eindrapport alternatieve koelsystemen industrie. Final report by Fluor Daniel in order of Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA (*Fluor Daniel'in Ulaştırma, Bayındırlık ve Su Yönetimi Bakanlığı için yürüttüğü çalışmanın nihai raporu*) (Lelystad (NL), 1995).

[tm004, Baltus and Berbee, 1996]

Baltus C.A.M., Berbee R.P.M., Het gebruik van biociden in recirculatiekoelsystemen. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. Report number: 95.036 (Lelystad (NL), 1996). ISBN 903694550X.

- [tm005, Van Donk and Jenner, 1996]
Donk M van., Jenner H.A., Optimization of biofouling control in industrial cooling water systems with respect to the environment. (*Endüstriyel soğutma suyu sistemlerde biyolojik kirlilik kontrolünün çevresel açıdan optimizasyonu*) Edit. KEMA, by order of RIZA (Arnhem (NL), 1996).
- [tm010, Betz, 1991]
Betz handbook of industrial water conditioning (*Endüstriyel su koşullandırması için Betz El Kitabı*), 9th edition, Treves, U.S.A (1991).
- [tm012, UBA, 1982]
Umweltbundesamt, Abwärmekommission (edit.) Abwärme - Auswirkungen, Verminderung, Nutzung, Bericht 82-3, Berlin (D) 1982.
- [tm014, KEMI, 1991]
Kemikalieinspektionen 6/91 (Solna, (S), 1991). Miljöfarligheten hos mikrobiocider i kylvatten. (ISSN: 0284-1185).
- [tm032, Zimmerman and Hamers, 1996]
Zimmerman, P. and J.P. Hamers, Planung und Bau eines Schwadenfreien geräuscharmen Hybridkühlturmes mit einer umweltschonenden Wasserbehandlung durch Ozon für ein GuD-Kraftwerk in den Niederlanden, VGB Kraftwerkstechnik 76, 1996, Heft 6 (p.502-505).
- [tm034, Hobson ve ark., 1995]
Hobson, E., P. Lindahl and T. Massey, Leistungssteigerung mit Kühlturmeinbauten aus NPF (National Power Fill), VGB Kraftwerkstechnik 75, Heft 9 (p. 829-833)
- [tm036, Wilsey, 1997]
Wilsey, C.A., Alternative water treatment for cooling towers (*Soğutma kulelerinde alternatif su arıtım yöntemleri*). ASHRAE Journal April, 1997 (p.43-46).
- [038, Millar ve ark., 1997]
Millar, J.D., G.K. Morris and B.G. Shelton, Legionnaires' disease: seeking effective prevention (*Legionnaire hastalığı: etkin önleme arayışı*), ASHRAE Journal, 1997 (p.22-29)
- [tm039, Strittmatter et.al., 1996]
Strittmatter, R.J., Yang B., Johnson D.A., Ozone application for cooling tower water (*Soğutma kulesi suyu ozon uygulaması*). ASHRAE Journal, 1996.
- [tm040, Schulze-Robbeke and Richter, 1994]
Schulze-Röbbecke, R. and Richter, M., Entstehung und Vermeidung von Legionelleninfektionen durch Kühltürme und Rückkühlwerke, GI Gesundheits -Ingenieur Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik 115, 1994 (p.71-77).
- [tm041, Burger, 1994]
Burger, R., Select the right cooling tower fill, Hydrocarbon Processing, (*Uygun soğutma kulesi dolgusu seçimi, Hidrokarbon işleme*) August 1994 (p. 141-143).
- [tm042, Veil and Moses, 1995]
Veil, J.A., Moses, D.O., Consequences of proposed changes to clean water act thermal discharge requirements. Paper presented to EPRI, international Clean Water Conference, (Jolla, CA (USA), 1995).
- [tm044, Carhart and Policastro, 1991]
Carhart, R.A. and Policastro, A.J., A second-generation model for cooling tower plume rise and dispersion - I. (*Soğutma kulesi dumanının yükselmesi ve dağılmasıyla ilgili bir ikinci kuşak modeli-1*) Single sources. Atmospheric Environment Vol.25A, no. 8, 1991 (pp. 1559-1576).

[tm046, Vanderheyden and Schuyler, 1994]

Vanderheyden, M.D., Schuyler, G.D., Evaluation and quantification of the impact of Soğutma kulesi emissions on indoor air quality, ASHRAE Transactions of Annual Meeting, *(Soğutma kulesi emisyonlarının iç hava kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve ölçümü, ASHRAE Yıllık Toplantı İşlemleri)* Vol. 100, part 2 (p. 612-620)

[tm056, Caudron, 1991]

Caudron, L., Les réfrigérants atmosphériques industriels, éditions Eyrolles, Paris (1991).

[tm059, Mortier, 1995]

Mortier, R., Pretreatment and desalting of contaminated and brackish surface water with reverse osmosis, Proceedings of Watersymposion 1995 *(Kirlilik bulaşmış ve acı yüzey suyunun ters ozmos yoluyla ön arıtmadan geçirilmesi ve tuzsuzlaştırılması)* (p. 144-158), Breda (NL).

[tm059, Paping, 1995]

Paping, L.L.M.J., Energiebesparing door schone koelers, Proceedings of Watersymposion 1995 (p.23-47), Breda (NL).

[tm061, Eurovent/Cecomaf, 1997]

Eurovent/ (WG 9, cooling towers), mechanical draught cooling tower acoustics, practical guide, *(Mekanik çekişli soğutma kulesi akustiği, uygulama kılavuzu)* Paris, Draft December 1997.

[tm062, Dallmier, 1997]

Dallier, A.W., J.D. Martens and W.F. McCoy, performance of stabilized halogen biocides in cooling water, report 398, naperville, Illinois (USA, 1997).

[tm064, Meier, 1990]

Meier, D.A., Zero blowdown - A solution for water conservation, International Water Conference, *(Sıfır blöf – Su korumasına ilişkin bir çözüm, Uluslararası Su Konferansı)* October 1990, Reprint nr. 529.

[tm065, Meier and Fulks, 1990]

Meier, D.A., and K.E. Fulks, Water treatment options and considerations for water reuse, National Association of Corrosion Engineers Corrosion '90 meeting, *(Suyun yeniden kullanımı için su arıtım seçenekleri ve sorunlar, Ulusal Korozyon Mühendisleri Birliği, Korozyon '90 Toplantısı)* Las Vegas (USA), Reprint nr. 520.

[tm066, Phillips and Strittmatter, 1994]

Phillips, E.C., and R.J. Strittmatter, Reuse of industrial waste stream as Soğutma kulesi makeup, 1994 Cooling Tower Institute Annual Meeting, *(Endüstriyel atık su akımının soğutma kulesi takviyesi olarak yeniden kullanımı, 1994 Soğutma Kulesi Enstitüsü Yıllık Toplantısı)* Houston Texas (USA, 1994).

[tm067, Hoots ve ark., 1993]

Hoots, J.E., B.V. Jenkins and E.C. Ray, Choosing chemical dosage control for cooling water inhibitors and dispersants, Paper presented at Meeting of International District Heating and Cooling Association October 27-29, 1993, *(Soğutma suyu inhibitörleri ve seyrelticileri için uygun kimyasal dozunun belirlenmesi, Uluslararası Bölge Isıtma ve Soğutma Birliği Toplantısında sunulan Belge)* Tulsa (USA), Reprint 622, Nalco.

[tm068, Ambrogi, 1997]

Ambrogi, R., Environmental impact of biocidal antifouling alternative treatments of sea water once - through Soğutma sistemleri (1997). Proceedings of symposium on chlorine dioxide and disinfection, *(Once-through sistemlerde deniz suyunun arıtılmasına yönelik biyosidal kirlilik önleyici alternatif yöntemlerin çevresel etkileri (1997). Klor dioksit ve dezenfektasyonla ilgili sempozyum oturumları)* Rome (I), 1996.

[tm070, Benschop, 1997]

Benschop, P., The evaluation of substances and preparations in the context of the pollution of surface waters act. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. (*Yüzey sularının kirliliği yasası bağlamında kullanılan maddeler ve preparatların değerlendirilmesi, Ulaştırma, Bayındırlık ve Su Yönetimi Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, RIZA*) Report number: 98.005 (Lelystad (NL), 1997). ISBN 9036951569.

[tm071, Niebeek, 1997]

Niebeek, G. Procedure for the evaluation of substances and preparations in the context of the pollution of surface waters act. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. (*Yüzey sularının kirliliği yasası bağlamında kullanılan maddeler ve preparatlara ilişkin prosedür. Ulaştırma, Bayındırlık ve Su Yönetimi Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, RIZA*) Report number: 98.006 (Lelystad (NL), 1997). ISBN 9036951577.

[tm072, Berbee, 1997]

Berbee R.P.M., Hoe omgaan met actief chloor in koelwater? (Soğutma suyunda aktif klor nasıl kullanılmalıdır?), Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. Report number: 97.077 (Lelystad (NL), 1997). ISBN 9036951240.

[tm079, CES, 1994]

Consultants in Environmental Sciences Ltd. Biocides in cooling water systems (Beckenham(UK), 1994) by order of the U.K Department of the Environment.

[tm082, Mittendorf, 1990]

Mittendorf, E.D., Removal of asbestos paper fill from large industrial cooling towers, (*Büyük endüstriyel soğutma kulelerinde asbest kağıt dolgunun bertarafı*) Paper presented at 1990 Cooling Tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1990).

[tm083, Adams and Stevens]

Adams, S. and Stevens, J., Strategies for improved cooling tower economy. (*Geliştirilmiş soğutma kulesi ekonomisine yönelik stratejiler*) Paper presented at 1991 Cooling tower Institute Annual Meeting, (New Orleans, Louisiana (USA), 1991).

[tm084, Rice and Wilkes, 1992]

Rice R.G. and Wilkes J.F.. Biocidal aspects of ozone for cooling water treatment-probable impacts of bromide ion. (*Soğutma suyu arıtımında ozon kullanımının biyosidal yönleri, brom iyonunun olası etkileri*) Paper presented at 1992 Cooling tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1992).

[tm086, Van der Spek, 1993]

Spek, H. van der, Reduction of noise generation by cooling fans, (*Soğutma fanlarıyla gürültü emisyonunun azaltılması*) Paper presented at 1993 Cooling tower Institute Annual Meeting, (New Orleans, Louisiana (USA), 1993).

[tm087, Engstrom and Tully, 1994]

Engstrom, G.G. and J.C. Tully, Monitoring biological control in cooling systems, (*Soğutma sistemlerinde biyolojik kontrolün izlenmesi*) paper presented at the 1994 Cooling tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1994).

[tm090, Grab ve ark., 1994]

Grab, L.A., J.A. Diemer, M.G. Freid, The effect of process leak contaminants on biocidal efficacy, (*Proses sızıntılarından kaynaklanan kirlleticilerin biyosidal etkinlik üzerindeki etkisi*) Paper presented at 1994 Cooling tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1994)

[tm091, Little et.al, 1994]

Little D. A., Mitchell WA., E.S. Lawson, The control of ferrous metal corrosion in cooling water by a novel phosphonate corrosion inhibitor. Paper presented at 1994 Cooling tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1994).

[tm092, Becker and Burdick, 1994]

Becker, B.R. and L.F. Burdick, Drift eliminators and fan system performance, (*Damla tutucular ve fan sistemi performansı*) Paper presented at 1994 Cooling tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1994).

[tm093, Mirsky, 1995]

Mirsky, G.R., Cooling tower noise, (*Soğutma kulesi gürültüsü*) Paper presented at the 1995 Cooling tower Institute Annual Meeting, Fort Worth (Texas (USA), 1995).

[tm094, Alfano and Sherren, 1995]

Alfano, N.J. and D.J. Sherren, Water conservation via new cooling water technology, (*Yeni soğutma suyu teknolojileri yardımıyla suyun korunması*) Paper presented at the 1995 Cooling tower Institute Annual Meeting, Fort Worth (Texas (USA), 1995).

[tm095, Cunningham, 1995]

Cunningham, R.J., Maximizing Cooling tower cycles of concentration, (*Soğutma kulesi konsantrasyon döngülerinin maksimizasyonu*) Paper presented at the Cooling tower Institute Annual Meeting, Fort Worth (Texas (USA), 1995).

[tm096, McCoy ve ark., 1995]

McCoy, W.F., S.A. Borchardt, and M.R. Hermiller, Traced biocides: a new technology for industrial water treatment, (*Eser biyositler: endüstriyel su arıtımında yeni bir teknoloji*) Paper presented at the 1995 Cooling tower Institute Annual Meeting, Fort Worth (Texas (USA), 1995).

[tm97, Immell, 1996]

Immell, W.F., Variable speed fan drives for cooling towers, (*Soğutma kulelerinde değişken hızlı fan sürücülere*) Paper presented at 1996 Cooling Tower Institute Annual Meeting, (Houston, Texas (USA), 1996).

[tm101, BDAG, 1996]

Balcke Dürr AG, Hybrid cooling towers, (*Hibrid Soğutma kuleleri*) Ratingen (D), 1996.

[tm102, BDAG, 1996]

Balcke Dürr AG, mechanical draught wet cooling towers -nature's good deed, (*mekanik çekişli ıslak soğutma kuleleri- doğanın bir armağanı*) Ratingen (D), 1996.

[tm103, BDAG, 1996]

Balcke Dürr AG, mechanical draught wet cooling towers-cooling air supplied by fan power, (*mekanik çekişli ıslak soğutma kuleleri – fan gücüyle tedarik edilen soğutma havası*) Ratingen (D), 1996.

[tm104, Tesche, 1997]

Tesche, W., Selection criteria for different types of cooling towers, (*farklı tip soğutma kuleleri arasında seçim kriterleri*) Balcke-Dürr Ratingen (D), 1997.

[tm109, BDAG, 1996]

Balcke Dürr AG, Air-cooled heat exchangers for the hydrocarbon process industry, (*Hidro karbon işleme endüstrisinde hava soğutmalı Eşanjörler*) Ratingen (D), 1996.

[tm1 10, BDAG, 1995]

Balcke Dürr AG, Technical information on cooling towers for salt water applications (*Tuzlu su uygulamalarında kullanılan soğutma kuleleri hakkında teknik bilgiler*) (pers. comm.)

[tm1 11, BDAG, 1996]

Balcke Dürr AG, Air-cooled heat exchangers, (*Hava soğutmalı Eşanjörler*) Ratingen (D), 1996.

[tm1 13, Streng, 1996]

Streng, A., Combined wet/dry cooling towers of a cell-type construction, American Power Conference 58th Annual Meeting, (*Hücre tipi kombine ıslak / kuru soğutma kuleleri, Amerikan Enerji Konferansı 58. Yıllık Toplantısı*) (Chicago (USA), 1996).

[tm1 17, Remberg and Fehndrich, 1993]

Remberg, H.-W. and B. Fehndrich, Wirkungsgradverbesserung bei naturzug-Nasskühltürmen durch Austausch von Asbestzement-Kühleinbauten gegen Kunststoff-Kühleinbauten, Kraftwerk und Umwelt, 1993 (p. 112-117).

[tm123, Alt and Mäule, 1987]

Alt, W. and R. Mäule, Hybridkühltürme im wirtschaftlichen Vergleich zu Nass- und Trockenkühltürmen, VGB Kraftwerkstechnik 8, (page 763-768), 1987.

[tm131, Dziobek, 1998]

Dziobek, Th., Ozon stopft Loch in der Kasse, Umwelttechnik (Sonderteil Wasser), April 1998.

[tm132, Eurelectric, 1998]

MET for cooling systems. (*Soğutma sistemlerinde MET*) Eurelectric, The European Grouping of the Electricity Supply Industry, (Brussels (B), 1997, updated 1998).

[tm135, Nalco, 1988]

The Nalco Water Handbook, 2nd edition, USA (1988).

[tm136, Jäggi/Günthner, 1997]

Jäggi/Günthner, Industrial coolers, Technical information, (*Endüstriyel yeniden – soğutucular, Teknik Bilgiler*) edit. 9.97, Bern (1997).

[tm139, Eurovent, 1998]

Proposal for a BREF-document for cooling systems. (*Soğutma sistemlerine yönelik Bir bREF belgesi önerisi*) Drafted by Coopers & Lybrand Umwelt (1998) by order of Eurovent, the European Committee of Air handling and Refrigeration Equipment manufacturers. Report number: 61350027.

[tm 144, Cabanes ve ark., 1997]

Cabanes, P.A., E. Pringuez, F. Siclet, M. Khalanski, and P. Pernin, Continuous chlorination to control pathogenic free living amoebae in a closed loop power plant, (*Kapalı çevrimli bir elektrik santralinde patojen nitelikte serbest canlı amiplerin kontrolünde sürekli klorlama*) The Environmental Professional, Volume 19, 1997 (p. 192-200)

[tm145, Werner and Pietsch, 1991]

Werner, H.-P. von, M. Pietsch, Bewertung des Infektionsrisikos durch Legionellen in Kühlkreisläufen von Kraftwerken, VGB Kraftwerkstechnik 71, Heft 8, p. 785-787 (1991)

[tm146, Daamen and Savelkoul, 1999]

Daamen E.J., and J.T.G. Savelkoul, Zij stroom-biofiltratie in open recirculerende koelwatersystemen, In: proceedings Watersymposium '99, Breda, NL (1999).

[tm147, Bloemkolk and Van der Schaaf, 1996]

Bloemkolk J.W., R.J. van der Schaaf, Design alternatives for the use of cooling water in the process industry: minimization of the environmental impact from cooling systems, (*Proses endüstrisinde soğutma suyu kullanımına yönelik tasarım alternatifleri: soğutma sistemlerinden kaynaklanan çevresel etkilerin en aza indirilmesi*) J. Cleaner Production Vol.4, No. 1, pp. 21-27, 1996.

[tm148, RIZA, 1996]

RIZA, Visintrek door grootschalige koelwaterinname, Problematiek en aanbevelingen, FWVO-nota 96.01 (January, 1996).

[tm149, Baltus ve ark., 1999]

Baltus, C.A.M., L.C.M., Kerkum and P.G.M. Kienhuis, Acute toxiciteit van koelwaterlozingen uit recirculatiekoelsystemen, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. Report number: 99.025 (Lelystad (NL), 1997). ISBN 9036952492.

[tm150, Paping, 1999]

Paping, L.L., Feasibility study on application of spray ponds, (*Sprey havuzlarının uygulanabilirliğine ilişkin fizibilite çalışması*) Pers. comm. on study, Dow Europe (Terneuzen (NL), 1999).

[tm151, BAC, 1999]

Baltimore Aircoil, H₂O conserving HXI hybrid fluid cooler, (*H₂O koruyucu HXI hibrid akışkan soğutucu*) Information Leaflet, Heist-op-den-Berg (B), 1999.

[tm152, Taft, 1999]

Taft, E.P., Fish protection technologies: a status report. (*Balık koruma teknolojileri: Durum Raporu*) Alden Research Laboratory Inc., Holden (USA), 1999.

[tm153, Paping ve ark., 1999]

Paping, L.L.M.J., H.A. Jenner, H.J.G. Polman, B.H. te Winkel and M.R. de Potter, Ecological conditioning and optimisation of a once - through cooling water system, (*Bir once-through soğutma suyu sisteminin ekolojik olarak koşullandırılması ve en iyileştirilmesi*) Proceedings of Watersymposium 1999, p.327 - 355 (Breda (NL), 1999).

[tm154, Besselink ve ark., 1999]

Besselink, V.V., M.A.M. Beerlage, W. de Jongh and G. Koopmans, Haalbaarheidstudie naar alternatieve koeling door middel van sproeivijvers, KEMA-report nr 99532763.EP. 163 99P01, Arnhem (NL) 1999.

[tm155, Berbee, 1999]

Berbee, R.P.M., Legionella in oppervlaktewater, in koelwater, in RWZI's, in; waar eigenlijk niet?, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. Report number: 99.057 (Lelystad (NL), 1999), ISBN 9036952867.

[tm156, Schmittecker ve ark., 1999]

Schmittecker, B.M., K.-P. Henke, and W. Bergmann, Kühlwasserbehandlung mit Ozon. (Cooling water treatment with ozone), VGB KraftwerksTechniek 4/99.

[tm157, Jenner ve ark., 1998]

Jenner, H.A., J.W. Whitehouse, C.J.L. Taylor and M. Khalansky, Cooling water management in cooling power stations-Biology and control of fouling, (*Elektrik santrallerinin soğutulmasında soğutma suyu yönetimi – kirlilik biyolojisi ve kontrolü*) Hydroecologie Appliquee, Tome 10, Volume 1-2, 1998, ISSN: 1147-9213.

[tm158, VGB, 1998]

VGB, VGB-Richtlinie, Lärminderung in Wärmekraftanlagen, VGB-R 304, April 1998.

[tm159, KEMA/EPON, 1993]

KEMA by order of N.V. EPON, Milieu-effect rapport WKC-Nijmegen (*Nijmegen Isı ve Elektrik Santralinin Çevresel Etki Raporu*), Arnhem (NL), 1993, Ref.nr. KEMA 21446-KEC 92-363.

[tm160, Bijstra, 1999]

Bijstra, D., Verantwoord omgaan met biociden in koelwater. FWVO-rapport 99.02. (NL, 1999)

[tm161, Borgerding, 1998]

Borgerding, P.H., Koelsystemen. "Koeling is meer dan warmte alleen". (*Soğutma sistemleri. "Soğutma ısıdan daha fazlasıdır"*). Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Water Management, RIZA. Report number: 98.056 (Lelystad (NL), 1998), ISBN 9036952107.

[tm164, Travade, 1987]

Travade F., Aspiration d'organismes aux prises d'eau des centrales (RGN, 1, pp 59-62, 1987).

[tm165, Turnpenny ve ark., 1985]

Turnpenny, A.H.W., T.E. Langford and R.J.Aston, Power Stations and Fish. (*Elektrik santralleri ve balıklar*) (ECB Research, pp 27-39, 1985).

[tm166, Morton ve ark., 1986]

Morton, S.J., C.L.R. Bartlett, L.F. Bibby, D.N. Hutchinson, J.V. Dyer, P.J. Dennis, Outbreak of legionnaires'disease from a cooling water system in a power station. (*Bir elektrik santralindeki soğutma suyu sisteminden legionnaire hastalığının yayılması*) British Journal of Industrial Medicine 1986; 43: 630-635.

[tm167, Fliermans, 1996]

Fliermans, C.B., Ecology of *Legionella*: From data to knowledge with a little wisdom. Microbial Ecology 1996; 32: 203 - 228.

[tm168, De Potter and ark., 1996]

De Potter, M.R., H.J.G. Polman and B.H. te Winkel, Effectiveness and environmental impact of elevated hypochlorite dosing at Dow Benelux (*Benelüks ülkelerinde hipoklorit dozunun yükseltilmesinin verimlilik ve çevre üzerindeki etkileri*) 1995, KEMA-report 64683-KES/WBR 96-3114

[tm169, De Potter ve ark., 1997]

De Potter, M.R., H.J.G. Polman and B.H. te Winkel, Effectiveness and environmental impact of elevated hypochlorite dosing at Dow Benelux (*Benelüks ülkelerinde hipoklorit dozunun yükseltilmesinin verimlilik ve çevre üzerindeki etkileri*) 1996, KEMA-report 64683-KES/WBR 97-3128

[tm170, De Potter and Polman, 1999]

De Potter, M.R. and H.J.G. Polman, Effectiveness and environmental impact of elevated hypochlorite dosing at Dow Benelux (*Benelüks ülkelerinde hipoklorit dozunun yükseltilmesinin verimlilik ve çevre üzerindeki etkileri*) 1997, KEMA-report 9756058-KPG/CET 99-4403

[tm171, Polman, 2000]

Polman H.J.G., Antifouling optimisation by pulse-alternating chlorination at Dow Benelux (*Benelüks ülkelerinde kirlilik önlemesinin dalgalı değişimli klorlamayla en iyileştirilmesi*) 1999, KEMA-report 99550566-KPS/MEC.

EKLER

İÇİNDEKİLER

EK I	TERMO-DİNAMİK İLKELER	155
1.1	Bir kabuk ve tüp eşanjörde ısı transferi	155
1.2	Yaklaşma	156
1.3	Bir eşanjörün kapasitesi	157
1.4	Islak ve kuru hazne sıcaklıkları	158
1.5	Isı transferi ve ısı dönüşüm yüzeyi arasındaki ilişki	158
EK II	OPTİMİZE EDİLEN SOĞUTMA YOLUYLA ENERJİ TASARRUFU PRENSİBİ	161
11.1	Konu	161
11.2	Bulguların özeti	161
11.3	Giriş	162
11.4	Hesaplamalar	164
11.4.1	Temel ilkeler	164
11.4.2	Soğutma suyunun miktarı ↑	166
11.4.3	Soğutma havasının miktarı ↑	167
11.4.4	Ürün sıcaklığı ↑; gaz hacmi ↑	168
11.4.5	Ürün basıncı ↑; soğutma kompresörü ↑	169
11.5	Her 1 °C daha soğuk soğutma suyu sınır katmanı için toplam potansiyel enerji korunumu	170
11.5.1	Enerji üretim verimliliği ↑	170
11.5.2	Hollanda endüstrisinde soğutma için kullanılan toplam su miktarı (enerji santralleri hariç)	171
11.5.3	Her 1 °C daha soğuk soğutma suyu sınır katmanı için toplam potansiyel enerji korunumu	172
11.6	Bağıl enerji korunumu hesaplamalarına ve çevresel etkinin azaltımında inhibitörlerin (önleyiciler) kullanımı ile ulaşılan seviyelere örnekler	173
11.6.1	Oksidasyonun katkısı	173
11.6.1.1	Once - through soğutma sistemi	173
11.6.1.2	Açık çevrimli sistem	174
11.7	Daha soğuk soğutma suyu ile bağıl enerji tasarrufu hesaplamalarına örnekler	176
11.7.1	Soğutma kulelerine karşı kıyı suları	176
11.7.2	Soğutma kulelerine karşı nehir suları	176
11.7.3	Soğutma kulesine karşı yeraltı suyu	177
11.8	Ek çevresel etkiler	177
EK III	ENDÜSTRİYEL ONCE - THROUGH SOĞUTMA SİSTEMLERİ İÇİN KABUK VE TÜP EŞANJÖRLER VE SIZINTI OLUŞUMU	179
111.1	Once - through sistemler için kabuk ve tüp eşanjör tasarımı	180
111.2	Kabuk ve tüp eşanjörlerde sızıntı	182
111.3	Alternatifler	183
EK IV	ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA (ENERJİ SANTRALİ HARİCİ) SOĞUTMA SUYU SİSTEMLERİNDE KULLANILACAK MALZEMENİN SEÇİMİNE DAİR BİR ÖRNEK	185
IV.1	Giriş	185
IV.2	Doğrudan once - through sistemler (kuyu suyu ile)	186
IV.3	Dolaylı once - through sistem (kuyu suyu / demineralize su)	188
IV.4	Açık çevrimli soğutma sistemleri	189
IV.4.1	Açık ıslak soğutma kulesinde tatlı su uygulaması	189
IV.4.2	Açık ıslak soğutma kulelerinde tuzlu su uygulaması	189
EK V	SOĞUTMA SUYU SİSTEMLERİNİN KOŞULLANDIRILMASINDA KULLANILAN KİMYASALLARIN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ	191
V.1	Korozyon Önleyiciler	191
V.1.1	Korozyon	191
V.1.2	Kullanılan korozyon önleyiciler	191
V.2	Kabuk önleyiciler	192
V.2.1	Kabuklaşma	192
V.2.2	Uygulanan kabuk önleme	192

V.3	Kirlilik önleyiciler (seyrelticiler)	193
V.3.1	Kirlenme.....	193
V.3.2	Uygulanan kirlilik önleyicileri	194
V.4	Biyositler.....	194
V.4.1	Biyolojik kirlilik	194
V.4.2	Uygulanan biyosidal arıtım yöntemleri	197
V.4.3	Oksidan biyositler	197
V.4.4	Oksidan olmayan biyositler	199
V.4.5	Biyositlerin kullanımını belirleyen faktörler.....	200
V.4.6	Diğer su arıtım kimyasalları ile etkileşimler.....	202
V.5	Konsantrasyon döngüleri ve su dengesi	202
EK VI	AVRUPA BİRLİĞİNE ÜYE ÜLKELERDEKİ MEVZUAT ÖRNEKLERİ.....	205
EK VII	AÇIK ISLAK SOĞUTMA SİSTEMLERİ İÇİN BİR GÜVENLİK KONSEPTİ ÖRNEĞİ (VCI KONSEPTİ).....	209
VII.1	Konsepte Giriş.....	209
VII.2	Konseptin gereklilikleri	211
VII.3	EK 1 - Önce - through soğutma sistemlerinde otomatik analitik izleme	213
VII.4	EK 2 – VCI puanını hesaplamak için kullanılan R-ifadeleri.....	214
EK VIII	SOĞUTMA SUYU KİMYASALLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNE ÖRNEKLER.....	217
VIII.1	Soğutma suyu kimyasalları için kıyas değerlendirme konsepti	217
VIII. 1.1	Giriş	217
VIII.1.1.1	Arka plan.....	217
VIII. 1.1.2	İlgili mevzuat arka planı.....	218
VIII. 1.1.3	Su Çerçeve Direktifi (WFD).....	218
VIII. 1.2	Kıyaslama: konseptte giriş.....	219
VIII.1.2.1	PNEC	220
VIII.1.2.2	PEC	221
VIII. 1.3	Temel soğutma kuleleri malzeme dengeleri	222
VIII.1.3.1	Soğutma kuleleriyle ilgili temel eşitlikler.....	222
VIII.1.3.2	Su dengesi	222
VIII.1.3.3	Malzeme dengesi	222
VIII.1.3.4	Konsantrasyon	223
VIII.1.3.5	Tartışma.....	223
VIII. 1.4	PEC Hesaplaması ve Kıyaslama	224
VIII. 1.5	Bilgisayar hesaplama yöntemleri	226
VIII.1.5.1	Tekil maddeler.....	226
VIII.1.5.2	Kompleks çoklu madde artımları.....	226
VIII. 1.6	EK I: Teknik kılavuz belgesi çıktısı	228
VIII.2	Soğutma suyu arıtım kimyasalları ile ilgili olarak biyositi odak noktasına yerleştiren bir yerel değerlendirme yöntemi örneği.....	231
VIII.2.1	Giriş	231
VIII.2.2	Temel unsurlar	232
VIII.2.3	Önerilen yerel değerlendirme yöntemine bir örnek.....	235
EK IX	BLÖFTE MEVCUT EMİSYONLARIN TAHMİNİ İÇİN BİR MODEL ÖRNEĞİ.....	239
EK X	ENERJİ SANTRALİ HARİCİ UYGULAMALARDA SOĞUTMA SİSTEMİ EKİPMAN VE ELEMANLARININ YATIRIM VE İŞLETME MALİYETLERİ.....	241
EK XI	ENDÜSTRİYEL SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BİRİNCİL MET YAKLAŞIMI KAPSAMINDA DÜŞÜNÜLECEK TEKNİKLERE ÖRNEKLER.....	247
XI.1	Giriş.....	247

XI.2	Suyun yeniden kullanımı yoluyla soğutma suyu tasarrufu.....	247
XI.2.1	Soğutma kulesi takviyesi için (atık) suyun yeniden kullanılması	248
XI.2.2	Sıfır deşarj sistemi	249
XI.2.3	Püskürtme havuzları	250
XI.2.4	Soğuk saklama.....	251
XI.3	Soğutma suyu arıtımının optimizasyonu yoluyla emisyonların azaltılması.....	253
XI.3.1	Açık çevrimli bir soğutma suyu sisteminde yan akıntı filtrelemesi	253
XI.3.2	Fiziksel yöntemler	256
XI.3.3	Biyosit kullanımının optimize edilmesi	258
XI.3.3.1	İzleme	258
XI.3.3.1.1	Makro kirliliğin izlenmesi	258
XI.3.3.1.2	Biyosit ve mikro biyolojik aktivite için izlenen biyositler.....	258
XI.3.3.2	Biyosit dozajı	259
XI.3.3.2.1	Önce - through sistemlerde makro ve mikro kirliliğe karşı optimum yıllık toplam oksidan kullanımını sağlamak için uygulanan farklı koşullandırma rejimleri	259
XI.3.3.2.2	Önce - through sistemlerde dalgalı değişimli klorlama	261
XI.3.4	Alternatif soğutma suyu arıtım yöntemleri.....	264
XI.3.4.1	Ozon	264
XI.3.4.2	UV arıtımı.....	266
XI.3.4.3	Katalitik hidrojen peroksit arıtımı	266
XI.3.4.4	Klor dioksit	267
XI.3.4.5	Soğutma kulesi suyunu arıtmak için iyonik su saflaştırma yöntemi	270
XI.3.4.6	Soğutma kulesi suyundaki halojenik biyositlerin stabilize edilmesi	270
XI.3.4.7	Kirlenme, korozyon ve kabuklaşmaya karşı filmleme aracı	271
XI.3.4.8	Açık soğutma kulelerinde kararlı organik korozyon önleyiciler	274
XI.3.5	Deşarj edilen soğutma suyunun arıtımı	275
XI.4	Enerji kullanımının azaltılması için değişken frekanslı tahrikler.....	276
EK XII	ÖZEL UYGULAMA: ENERJİ SEKTÖRÜ	277
Sentez		277
XII.1	Giriş.....	277
XII.2	Enerji santrali soğutma sistemleri – ilkeler ve hatırlatmalar	278
XII.3	Soğutma sistemlerinin olası çevresel etkileri	279
XII.3.1	Atmosfere ısı deşarjları.....	279
XII.3.2	Alıcı su ortamlarının ısınması	281
XII.3.3	Canlıların su alımıyla emilmesi.....	282
XII.3.4	Alıcı ortamın kimyasal deşarjlarla değişimi	283
XII.3.5	Soğutma sistemlerinin seçiminden kaynaklanan diğer zararlı sonuçlar.....	286
XII.4	Tesis sahalarında ön çalışma: bu sahaların alım kapasitesinin değerlendirilmesi, etki kontrolü ve zararlı sonuçların önlenmesi için zorunlu araç	287
XII.4.1	Durum analizi.....	287
XII.4.2	Matematiksel modeller, modeller üzerine simülasyonlar ve pilot döngülerin testleri, ilk zorunlu araçlar.....	287
XII.5	Bileşenlerin tasarımı ve malzemelerin seçimi	288
XII.5.1	Islak soğutma	288
XII.5.2	Hibrid soğutma.....	289
XII.5.3	Kuru soğutma.....	290
XII.5.3.1	Cebri çekişli hava soğutmalı kondansatör	290
XII.5.3.2	Doğal çekişli hava soğutmalı kondansatör	290
XII.5.3.3	Kapalı devre kuru soğutma kuleleri.....	291
XII.5.4	Temizlenmiş baca gazı deşarjlı soğutma kuleleri.....	291
XII.6	Çeşitli soğutma kuleleri arasında maliyet karşılaştırması.....	292
XII.7	Alternatif çevrimli su arıtım metotları arasında seçim yapmak - izleme	295
XII.7.1	Kabuklaşma önleme arıtımı	295
XII.7.2	Anti kirlilik arıtmaları (biyositler).....	296
XII.7.3	izleme	296
XII.8	Soğutma sistemi tasarımı.....	297
XII.8.1	Tasarım ve enerjinin geri kazanımı	297
XII.8.2	Tasarım ve gürültü azaltım tedbirleri.....	297
XII.8.3	Fiziki metotların uygulamaya konulması.....	297
XII.8.4	Modelleme ve pilot testler	298
XII.8.5	Soğutma sisteminin seçilmesi	298
XII.9	Sonuçlar.....	298
XII.10	Konu hakkındaki yazın.....	300
XII.11	Açıklamalar.....	306

Tablolar

Tablo I.1:	Kabuk ve Tüp eşanjörlerde kirlilik faktörleri, gösterge değerleri [Van der Schaaf, 1995]	155
Tablo I.2:	Hava ve suyun özgül ısı kapasiteleri	157
Tablo I.3:	Farklı endüstriyel uygulamalarda her bir MW başına ve 20K ortalama sıcaklık farkı için ısı transfer katsayıları ve tahmin edilen yüzey alanları A (m ²)	158
Tablo I.4:	Soğutma prensibinin bir soğutma sisteminin kapasitesi, yaklaşma miktarı ve soğutma yüzeyi üzerindeki etkileri	159
Tablo II.1:	Temiz ısı eşanjörlerinde kW _e , elektrik tüketimi / MW _{th} , soğutma cinsinden enerji tüketimi	163
Tablo II.2:	Hollanda'da Temmuz ve Ağustos aylarında farklı soğutma sistemleri için geçerli ortalama ulaşılabilir en düşük soğutma suyu giriş sıcaklığı değerleri.....	163
Tablo II.3:	Once - through ve çevrimli soğutma sistemleri için korunum oranları.....	177
Tablo II.4:	Potansiyel daha soğuk bir soğutma suyu kaynağı ile enerji tasarrufu.....	177
Tablo IV.1:	Soğutma suyu akışkanlığı ve malzeme tipi	185
Tablo IV.2:	Kuyu suyu pompalarında kullanılan malzemeler	186
Tablo IV.3:	Kuyu suyu kabuk & tüp eşanjörlerinde kullanılan malzemeler	187
Tablo V.1:	Kirlilik ve tıkanıklık oluşturan organizmalar, deniz suyu, kuyu suyu ve tatlı sudaki kirlilik derecesi üzerine araştırma. Son kolonda azaltma verileri sunulmaktadır.....	195
Tablo V.2:	Bazı Avrupa Birliği Üye Ülkelerinde yaygın olarak kullanılan bazı oksidan biyositlere ilişkin tahmini tüketim seviyeleri.....	198
Tablo V.3:	Bazı Avrupa Birliği Üye Ülkelerinde yaygın olarak kullanılan bazı oksidan olmayan biyositlere ilişkin tahmini tüketim seviyeleri (kg/yıl)	200
Tablo VII.1:	Proses maddelerinin toplam puanının hesaplamakta kullanılan bazı R-kalıplarının puan değerleri.....	210
Tablo VII.2:	Soğutma teknolojisi için VCI güvenlik konsepti gereklilikleri	211
Tablo VII.3:	Soğutma sistemi seçiminde kullanılan VCI puanı hesaplamasında yararlanılan R kalıplarının tanımı	214
Tablo VIII.1:	PEC hesaplaması ve Kıyaslama.....	225
Tablo VIII.2:	PNEC oluşturmada yararlanılan değerlendirme faktörleri	229
Tablo VIII.3:	Farklı yüzey sularında bu örnek için beklenen DBNPA yoğunlukları.....	237
Tablo VIII.4:	Ekolojik DBNPA verileri	237
Tablo VIII.5:	Deşarjın kapatılmasının sonuçları.....	238
Tablo X.1:	Su ve hava soğutma sistemlerinin maliyet unsurları	243
Tablo X.2:	Elektrik santrali haricindeki endüstriyel uygulamalardaki hava ve su soğutma sistemlerinin maliyet göstergeleri (1993-1995).....	244
Tablo XI. 1:	Püskürtme havuzu ve soğutma kulesinde her bir MW _{th} için yatırım ve enerji maliyetleri.....	251
Tablo XI.2:	Biyosit kullanımını azaltan fiziksel teknikler	257
Tablo XI.3:	Optimize edilmiş dozlama rejimi uygulamasının midyelerin sebep olduğu sızıntı sayısı üzerindeki etkisi	262
Tablo XI.4:	Avrupa'da once-through ve çevrimli sistemlerde tipik klor dioksit dozu.....	268
Tablo XI. 5:	Once-through sistemlerde uygulanan klor dioksitin larvalar üzerindeki etkisi	269
Tablo XII. 1:	Konvansiyonel yeni bir tasarım için basitleştirilmiş ısı döngü dengesine örnek	278
Tablo XII.2:	Kurulu kapasite ve soğutma parametreleri arasındaki ilişki	278
Tablo XII. 3:	25 yıl kullanım ömrüne ve %8 gerçekleşme (aktüalizasyon) oranına sahip farklı tip çevrimli soğutma sistemlerinin karşılaştırılması (1300 MWe EDF birimleri üzerine çalışma)	293
Tablo XII.4:	25 yıl kullanım ömrüne ve %8 gerçekleşme (aktüalizasyon) oranına sahip ıslak soğutma kuleleri ile hava soğutmalı kondansatörün 290 MW _{th} kapasiteli kombine döngü birimi için karşılaştırılması.....	293
Tablo XII.5:	Konsantrasyon faktörü, çekilen su akış oranı ve alıcı su ortamına deşarj edilen enerjinin karşılaştırılması (tekil örnek).....	295

Şekiller

Şekil II.1:	Daha soğuk soğutma suyu kullanmak yanında kirlilik tabakasındaki sıcaklık gradyanındaki azaltma yoluyla da enerji tasarrufu sağlanabilecek alanların açıklaması.....	162
Şekil II.2:	Boru çeperi üzerindeki fazladan sıcaklık artışından sorumlu kirlilik faktörlerinin grafik olarak açıklanması.....	164
Şekil II.3:	Bir eşanjör üzerindeki tahrik gücünün şematik olarak açıklanması	166
Şekil II.4:	Soğutma suyu pompalarının sayısı ve soğutma suyu değişiminin kirlilik nedeniyle azalması	167
Şekil II. 5:	Bir karşı akım eşanjöründe ürün gaza (mol) ait sıcaklık gradyanının kirlilik nedeniyle değişmesi.....	168
Şekil II.6:	Kirlilikten kaynaklanan sıcaklık artışını telafisi için proses basıncının yükseltilmesi.....	169
Şekil II.7:	Pompalar, fanlar ve kompresörlerde verimli enerji üretimi	170
Şekil III. 1:	Kabuk & Tüp eşanjörün ana bileşenleri.....	179
Şekil III.2:	Eşanjör sınıflandırması (Boru Eşanjör imalatçıları Birliği Standartları).....	181
Şekil V. 1:	Soğutma kuleli bir buharlaştırmalı soğutma sisteminde kule ve katı dengeleri	203
Şekil V.2:	Buharlaştırmalı bir soğutma sisteminde yoğunlaştırma yoluyla takviye akımının azaltılması.....	203
Şekil VIII. 1:	Soğutma kulesi malzeme dengesi	222
Şekil VIII.2:	Mevcut tesislerde soğutma suyu biyositlerinin değerlendirilmesinde kombine yaklaşım	234
Şekil VIII.3:	Soğutma sistemi kimyasallarının yerel olarak seçilmesi yönteminden elde edilen verilere dayanılarak çevrimli bir soğutma sisteminin şematik gösterimi.....	236
Şekil XI. 1:	Kirliliği ve soğutma sistemi özelliklerini dikkate alarak optimize edilmiş hipoklorit dozlaması (dalga değişimli klorlama	263
Şekil XII. 1:	Once-through sistem	306
Şekil XII.2:	Islak soğutma kulesi.....	306
Şekil XII.3:	Soğutma kuleli once - through soğutma	307
Şekil XII.4:	Çevrimli soğutma.....	307
Şekil XII.5:	Mekanik çekişli Soğutma kulesi (basınç fanları)	308
Şekil XII.6:	Mekanik çekişli Soğutma kulesi (emme fanları, hücre yapısı).....	308
Şekil XII.7:	Mekanik çekişli Soğutma kulesi (emme fanları, hücre yapısı).....	309
Şekil XII.8:	Hibrid Soğutma kulesi.....	309
Şekil XII.9:	Cebri çekişli hava soğutmalı kondansatör.....	310
Şekil XII. 10:	Doğal çekişli hava soğutmalı kondansatör.....	310
Şekil XII.11:	Kapalı çevrimli dolaylı kuru soğutma kulesi.....	311
Şekil XII. 12:	Temizlenmiş baca gazı deşarjlı soğutma kulesi.....	311
Şekil XII.13:	Sabit konsantrasyon faktörlü soğutma sistemi.....	312
Şekil XII. 14:	Değişken konsantrasyon faktörlü soğutma sistemi	312
Şekil XII. 15:	Soğutma sistemi seçimi için karar diyagramı	313

EK I TERMO-DİNAMİK İLKELER

Bir endüstriyel soğutma sisteminde yapılacak her türlü değişiklik ısı dönüşüm prosesini etkileme potansiyeline sahiptir. Endüstriyel Soğutma Sistemlerinde MET uygulanırken soğutma prosesi üzerindeki sonuçlar termodinamik ilkeleri de kullanarak değerlendirilmelidir.

I.1 Bir kabuk & tüp eşanjöründe ısı dönüşümü

Bir karşı akım eşanjöründe ısı sıcak bir kaynaktan soğuk bir kaynağa aktarılır ve meydana gelen ısı dönüşümü aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$Q = \Delta T_m(\ln) \cdot U \cdot A$$

Q	birim zamanda transfer edilen ısı (W)
$\Delta T_m(\ln)$	logaritmik ortalama sıcaklık farkı LMTD (K)
U	genel ısı transfer katsayısı (W/m ² K)
A	ısı dönüşüm yüzeyi (m ²)

Bir karşı akım eşanjöründe meydana gelen LMTD aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir:

$$\Delta T_m = [(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)] / \ln \{(T_1 - t_2) / (T_2 - t_1)\}$$

T ₁	prosesin sıcak tarafındaki sıcaklık girişi (K)
T ₂	prosesin sıcak tarafındaki sıcaklık çıkışı (K)
t ₁	prosesin soğuk tarafındaki sıcaklık girişi (K)
t ₂	prosesin soğuk tarafındaki sıcaklık çıkışı (K)

Isı dönüşümü geniş bir yüzey alanında daha yüksektir (A). Uygulamadan kaynaklanan kısıtlar nedeniyle yüzey alanının bir sınırı vardır ve bu durumda kanatlı tüpler kullanılır. Farklı direnç kaynakları (R) ısı dönüşümünü sınırlandıran bir başka etmendir. Genel olarak, direnç (R) ısı transfer katsayısının devrik değeri I/U olarak ifade edilir ve büyük ölçüde iki soğutma ortamı arasındaki duvarın kalınlığı ve iletkenliğinden ve ısı dönüşüm yüzeyinin kirlilik durumundan meydana gelir ancak farklı akış hızlarının ısı transferi üzerindeki etkisinin hesaplanması açısından sıvıların iletkenliği de önem taşır.

Eşanjörden geçen soğutma aracının özelliklerine bağlı olarak, ısı dönüşüm yüzeyi kirlenir. Eşanjör kullanımı sırasında ısı transferine direnç artar. Tasarımın amaçları doğrultusunda kullanım soğutma aracı veya soğutucunun niteliğine bağlı olarak maksimum kirlenmeye eşit olan bir kirlilik katsayısı veya kirlenme faktörüyle belirlenir. Tablo 1.1'de düşük bir kirlenme faktörünün ısı dönüşüm yüzeyinde düşük kirlilik durumuna işaret ettiğini gösteren birkaç örnek verilmektedir.

Tablo 1.1: Kabuk ve Tüp eşanjörlerde kirlilik faktörleri, gösterge değerleri [Van der Schaaf, 1995]

Soğutma Aracı	Kirlilik faktörleri (W/m ² /K)
Nehir suyu	3.000-12.000
Deniz suyu	1.000- 3.000
Soğutma yüzeyi (Soğutma kulesi)	3.000- 6.000
Hafif hidrokarbonlar	5.000
Ağır hidrokarbonlar	2.000

Isı transferinden iki termodinamik prensibi sorumludur: iletim (ve dağıtma) yoluyla transfer, bir soğutma aracının buharlaşması yoluyla transfer.

Bir kuru soğutma sisteminde iletim ve dağıtım yoluyla ısı transferi *hissedilir ısı transferi* olarak adlandırılır. Islak bir soğutma sisteminde su doğrudan hava ile temas ettirilerek soğutulur. Kuru bir soğutma sisteminde havaya gerçekleşen hissedilir ısı transferi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$Q = C_p * m_a * \Delta T$$

Q	transfer edilen ısı
C_p	havanın özgül ısı kapasitesi
ΔT	sıcaklık aralığı
m_a	hava kütlesi

Bir ıslak soğutma sisteminde bunun yanında buharlaştırma yoluyla gerçekleşen *gizil ısı transferi* de söz konusudur ve bunu da aşağıdaki formülle tanımlayabiliriz:

$$Q = m_a' * \Delta H$$

Q	transfer edilen ısı
m_a'	hava kütlesi
ΔH	entalpi aralığı

Bu eşitlikleri kullanarak kuru (m_a) ve ıslak (m_a') soğutma için gerekli hava kütlesini karşılaştırabiliriz:

$$(m_a') / (m_a) = (C_p * \Delta T) / \Delta H$$

Oran ΔT sıcaklık aralığına bağlıdır ve hava sıcaklığında söz gelimi 10 °C'den 20 °C'ye bir artış için bu oran 1:4 civarındadır. Bu örnekte kuru soğutmada ıslak soğutmaya göre dört kat daha fazla havaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, kuru soğutmada daha büyük bir ısı dönüşüm yüzeyine ihtiyaç vardır.

1.2 Yaklaşma

Isı transferini sağlamak için yeterli tahrik gücü sağlanması bir soğutma sistemi için her zaman önemlidir. Gelen ve giden hava akımı arasında, yani eşanjörü terk eden proses aracının sıcaklığı ile eşanjöre giren soğutucunun (hava veya su) sıcaklığı arasında, bir karşı akım tasarımına bağlı olarak, minimum düzeyde bir fark bulunması şarttır. Bu sıcaklık farkı *yaklaşma* olarak adlandırılır. Islak soğutma kuleleri için yaklaşma miktarı havanın ıslak hazne sıcaklığı ile kuleyi terk eden soğutucunun sıcaklığı arasındaki fark olarak tanımlanır. Kuru soğutma kulelerinde ise bu yaklaşma miktarı havanın kuru hazne sıcaklığı ile kuleyi terk eden soğutucunun sıcaklığı arasındaki farka eşittir.

Bir soğutma sistemi yıl boyunca belli koşulları sağlamak üzere tasarlanır. Elbette, hava ve su sıcaklığı düşük olduğunda bu gerekler kolaylıkla karşılanır. Ancak daha yüksek sıcaklıklar gerek işletme anlamında ve gerekse çevre bakımından çeşitli sorunlara yol açabilir. En nihayetinde, ister proses akımını sürekli bir şekilde azaltarak ya da ister soğutma aracının miktarını sürekli olarak yüksek tutarak sıcaklık gerekleri yerine getirilebilecektir. Bununla birlikte bu yaklaşımın önünde de bazı tasarım sınırları bulunmaktadır. Sistemler çoğu zaman kendilerinden beklenen performansın yıllık maksimum %5'i oranında fazlasını karşılayabilecek şekilde tasarlanır.

Su soğutma için eşanjör üzerinde asgari 3-5K'lık yaklaşma kullanılır. Daha düşük değerlere de ulaşılabilir; ancak bunun için daha büyük ve dolayısıyla daha pahalı ısı dönüşüm yüzeylerine ihtiyaç duyulur. Bir soğutma sisteminde daha fazla eşanjör bulundurulduğunda bunların sağlayacağı farklı tekil yaklaşma miktarları toplanmalıdır. Daha fazla eşanjör daha fazla yaklaşma miktarı anlamına gelmektedir. Bir soğutma kulesi için çoğu zaman 7K ile 15K arası bir yaklaşma sıcaklığı kullanılır.

Enerji santrallerindeki kondansatörler için yoğuşma (buhar) sıcaklığı ile soğutma suyunun kondansatörü terk ettiği noktadaki sıcaklığı arasındaki farka işaret etmek üzere yaklaşma yerine —ısıl farklı terimi kullanılır. Yoğuşmanın meydana gelebileceği sıcaklığı hesaplamak için uçbirim farkı ve soğutma suyunun sıcaklık artışı toplanmalıdır. Aynı şekilde, bir soğutma kulesinin kullanılması durumunda bu kulenin yaklaşma miktarı da eklenmelidir. Kondansatörlerle ilgili uygulama deneyimleri asgari uçbirim farklarının kirlilik faktörüne de bağlı olarak 3-8 K aralığında olduğunu göstermektedir [tm056, Caudron, 1991].

Bir soğutma sisteminde ulaşılacak minimum nihai sıcaklık soğutma sisteminin yaklaşma miktarıyla ve tesis sahasındaki iklim koşullarına bağlı olan nominal sıcaklıkla belirlenir.

I.3 Bir eşanjörün kapasitesi

Bir eşanjörün kapasitesi veya görevi ortadan kaldırılabilir ısı miktarıdır. Bir soğutma sistemi için gerekli ısı transfer alanı soğutma aracı olan su ve havanın farklı ısı transfer kapasitelerinden, hissedilir ve gizil ısı transferinden ve tahrik gücünden etkilenir. Tasarım aşamasında malzeme gereksinimleri, kirlilik, basınç düşmesi, akış hızı, mekân kısıtları ve soğutulacak hacim (akışkan veya buhar) dikkate alınmalıdır.

Bir soğutma sisteminin toplam kapasitesi tüm eşanjörlerin kapasitelerinin toplanmasıyla bulunur:

$$Q_{toplam} = \sum Q_i [j / s \text{ ya da } W]$$

$$Q_i = i \text{ kullanıcısının görevi (kapasitesi)}$$

Fiziksel özellikleri nedeniyle su yüksek ısı kapasiteye sahiptir ve bu bakımdan ideal bir ısı taşıyıcısıdır. Bu nedenle küçük ısı dönüşüm yüzeylerine ihtiyaç duyar. Isı transferinin en etkin yolu suyun buharlaşmasıdır. 30°C sıcaklıkta her ΔK için özgül ısı kapasitesi ile karşılaştırılırsa gizil ısı (suyun buharlaşması) yaklaşık 630 kat daha yüksektir (Hv/C). Hava, su ve buharlaşan suyun özgül ısı kapasiteleri Tablo I.2'de gösterilmektedir.

Tablo I.2: Hava ve suyun özgül ısı kapasiteleri

Hava: (hissedilir ısı transferi)	$C_p = 1005.6 + (16.03 \cdot 10^{-3} \cdot t)$	J/kg/K
Su: (hissedilir ısı transferi)	$C = 4192$ $C = 4182$	J/kg (10°C'de) J/kg (50°C'de)
Suyun buharlaşması: (gizil ısı transferi)	$H_v = 2502$ $H_v = 2431$	kJ/kg (0°C'de) kJ/kg (30°C'de)

I.4 Islak ve kuru hazne sıcaklıkları

Islak hazne sıcaklığı havanın ısı adiabatik buharlaştırma yoluyla soğutulabileceği en düşük sıcaklıktır. Islak hazne sıcaklığı her zaman kuru hazne sıcaklığından düşüktür ve ölçülen atmosfer sıcaklığına, nemliliğe ve hava basıncına bağlıdır. Kuru hazne sıcaklığı kuru havanın sıcaklığıdır ve hissedilir ısı transferinin temel mekanizmayı teşkil ettiği hava soğutucuların tasarımında çok önemli bir faktördür. Ortam havasının tümüyle doygun olduğu durumlarda ıslak ve kuru hazne sıcaklıkları aynı olabilir.

Gizil ısı transferinde belirleyici olan ıslak hazne sıcaklığıdır ve bu sıcaklık suyun teorik olarak soğutulabileceği en düşük sıcaklık seviyesidir. Bu nedenle ısıнын soğutma suyundan esas olarak havaya buharlaşma yoluyla transfer edildiği ıslak soğutma kulelerinde ıslak hazne sıcaklığı (yani doygunluk derecesi) önemli bir tasarım faktörüdür.

1.5 Isı transferi ile ısı dönüşüm yüzeyi arasındaki ilişki

Kompakt ve maliyet etkin bir ısı transfer konseptinin uygulanmasının sonucu olarak, yüksek bir ısı transferi ve tahrik kuvveti (yaklaşma) için ihtiyaç duyulan yüzey görece küçüktür. Havanın düşük ısı transfer kapasitesine sahip olması nedeniyle, aynı soğutma kapasitesine sahip kuru soğutma sistemleri daha büyük eşanjör yüzeylerine ve tahrik gücüne ihtiyaç duyarlar. Bu büyük ısı dönüşüm yüzeyi daha fazla alan kullanımını gerektirir. Ancak bunun karşılığında su kullanımı ve soğutma suyu arıtımından kaynaklanan yatırım maliyetleri ve sistemin ortaya çıkardığı çevresel etkiler azalır.

İhtiyaç duyulan ısı dönüşüm yüzeyinin büyüklüğü aynı zamanda soğutulacak araca da bağlıdır. Bu durumun bir örneği olarak, Tablo I.3 çeşitli soğutma suyu ve proses akışkanı kombinasyonlarının ısı transfer katsayıları ve bunlar için ihtiyaç duyulan yüzey alanlarından bazı örnekler sunmaktadır.

Tablo I.3: Farklı endüstriyel uygulamalarda her bir MW başına ve 20K ortalama sıcaklık farkı için ısı transfer katsayıları ve tahmin edilen yüzey alanları A (m²) [Bloemkolk, 1997].

Sıcak proses tarafı	Isı transfer katsayısı U (W/m ² K)	Tahmini yüzey alanı ⁽²⁾ A (MW başına m ²)
Akışkanlar		
▪ organik solvent	250-750	200-600
▪ hafif yağ	350-900	55-143
▪ ağır yağ	60-300	166-830
▪ gazlar	20-300	166-2500
Yoğuşma buharları (1)		
▪ su buharı	1000-1500	33-50
▪ organik buhar	700- 1000	50-71
▪ vakum yoğuşturucuları (su)	500-700	71-100
▪ organikler (kısmen yoğuşan)	200-500	100-250
Notlar: 1. Başlangıç noktası $\Delta T(\ln) = 20^{\circ}\text{C}$. Suyla soğutma. Hesaplama toplam ısı dönüşüm katsayısı U'ya dayanmaktadır ve bir karşılaştırma anlamına gelmektedir. 2. Yoğuşma buharlarının her bir kg için soğutma akışkanlarına nazaran çok daha fazla ısı drene ettiği hesaba katılmalıdır; bu nedenle deşarj edilen her bir MW ısı için görece daha az buhar yoğuşur. 3. $Q = U.A.\Delta T(\ln)$		

Yukarıda anlatılanların ne anlama gelebileceğini göstermek üzere örnek olarak biri kuru soğutma diğeri ise buharlaştırmalı soğutma için kurulmuş olan iki soğutma sistemi karşılaştırılmakta ve sonuçlar Tablo I.4'te gösterilmektedir.

Soğutma yüzeyi çapı diğerine göre %20 fazla olan kuru soğutma kulesi buharlaştırılmalı soğutma sisteminin kapasitesinin ancak %47'sine sahiptir. Aynı şekilde, kuru sistemin yaklaşma miktarı 20K iken diğerinin yaklaşma miktarı 12,6 K'dir.

Tablo I.4: Soğutma prensibinin bir soğutma sisteminin kapasitesi, yaklaşma miktarı ve soğutma yüzeyi üzerindeki etkileri [132, Eurovent, 1998]

Özellikler	Kuru Doğal çekişli Soğutma kulesi	Islak Doğal çekişli Soğutma kulesi
Kapasite	895 MWth	1900 MWth
Soğutma yüzeyi çapı	145 m	120 m
Yaklaşma	20 K	12,6 K
Sıcaklık (kuru hazne / ıslak hazne)	14/ 10 °C	11/ 9 °C
Minimum nihai sıcaklıklar	34 °C	21,6°C

II.1 Konu

Bu Ek soğutmanın daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiği durumlardaki potansiyel enerji tasarrufunun hesaplanması için kullanılan bir yöntemi incelemektedir. Buradaki korunum miktarı (tasarruf) soğutma prosesinin kendi içindeki her bir K sıcaklık farkı için boyutsuz $\text{kW}_{\text{th}}/\text{MW}_{\text{th}}$ birimi ile birincil enerji cinsinden ifade edilmektedir. Enerji tüketimindeki azalma standart bir test metoduna tabi tutulmuş olan inhibitörlerin (önleyiciler) kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Bu inhibitörler su soğutucularının yaz aylarında temiz kalmasını sağlar. Belli bir alanda altı ana soğutma sisteminden herhangi birinin seçilmesi sonucu gerçekleşen doğrudan ve dolaylı enerji sarfiyatı aynı zamanda bu boyutsuz sayı ile de hesaplanabilir.

II.2 Bulguların özeti

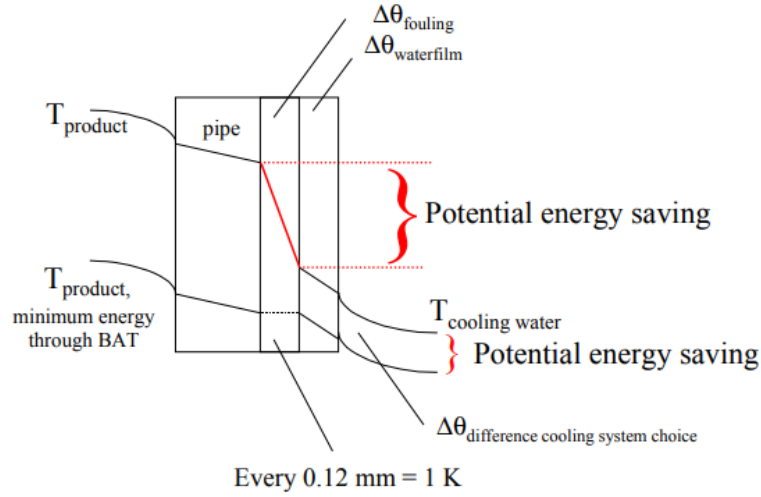
- Uygulamada kirliliğin çaprazındaki değişken sıcaklık dereceleri 1 ila 4K arasında büyüklük sıralamasında yer alır.
- Boru duvarının çok yakın civarındaki daha soğuk soğutma suyu yaklaşık $3 \frac{1}{2} \text{ kW}_{\text{th}}/\text{MW}_{\text{th}}/\text{K}$ enerji tasarrufu sağlar. Bu da her bir MW_{th} soğutmada yılda sağlanan her bir K sıcaklık farkı için 300 AVRO demektir.¹
- Kirlenme nedeniyle ısı transfer katsayısında meydana gelen azalmaya karşı eşanjörlerin etkin bir şekilde kullanımı Avrupa enerji sektörü için belirlenen potansiyel enerji tasarrufunu elde edilmesini sağlar. Avrupa’da her 100 GW_{th} soğutma için enerji korunum potansiyeli **her K için yıllık 11 PJ_{th} kadardır.**² Bu da Avrupa’da her 100 GW_{th} soğutma için karbondioksit emisyonunda yıllık 700 tonluk bir azalmaya tekabül etmektedir.
- Altı soğutma sisteminin her birinin seçilmesi sonrasında ortaya çıkan enerji tasarruf rakamları bundan da önemlidir. Altı önemli soğutma suyu sisteminin her biri için minimum ulaşılabilir soğutma suyu sıcaklığında meydana gelen fark soğutma için sarf edilmesi gereken zorunlu enerji olarak da ifade edilebilir. $3 \frac{1}{2} \text{ kW}_{\text{th}}/\text{MW}_{\text{th}}/\text{K}$ olarak ölçülen aynı —boyutsuzl faktör tasarım alternatiflerini karşılaştırmak amacıyla kullanılabilir.
- Soğutma suyunda belli inhibitörlerin (etkinlik azaltıcıların) kullanımı önemli enerji tasarrufuyla sonuçlanmaktadır. Bu tasarruf bazı faktörlerde katkı maddelerinin birincil enerji içeriğini geçebilir. Bu tasarrufla orantılı olarak çevresel etkilerde de azalma görülür.
- İnhibitörlerin kullanımı sayesinde sağlanan enerji korunumu ilgili katkı maddelerinin maliyetini çok geniş bir marjla geride bırakmaktadır.

Bu ekte incelenen her iki etkinin bir açıklaması Şekil II.1’de görülmektedir. Kirlilik giderme işleminin kullanılmasının yanında soğutucunun daha düşük bir sıcaklığa sahip olması da eşanjör duvarı ve su tabakası üzerinden ısı transferini etkileyecektir.

¹ 14,7 \$ / varil fiyatı üzerinden; 41,87 GJ_{th} / ton enerji değeri ve 7,45 varil / ton petrol eşdeğeri ile yıllık her kW_{th} için 5,51 varil veya 81 EURO/ kW_{th} ’dır (Hollanda Ekonomi Bakanlığı petrol / gaz dönüşüm tablosu NOVEN).

² PJ_{th} = Peta joule ısı = 10^{15} Joule

Extra temperature gradient = Energy loss



Ek sıcaklık gradyanı = Enerji kaybı

(Şekil açıklamaları)

$\Delta\theta_{fouling}$	= $\Delta\theta_{kirlilik}$
$\Delta\theta_{waterfilm}$	= $\Delta\theta_{su\ tabakası}$
$T_{product}$	= $T_{ürün}$
$T_{product, minimum\ energy\ through\ MET}$	= $T_{ürün, MET\ sürecinde\ minimum}$
$enerji\ Pipe$	= $Boru$
$Potential\ Energy\ saving$	= $Potansiyel\ enerji\ tasarrufu$
$T_{cooling\ water}$	= $T_{soğutma\ suyu}$
$\Delta\theta_{difference\ cooling\ system\ choice}$	= $\Delta\theta_{soğutma\ sistemi\ seçim\ farkı}$
$Every\ 0.12mm = 1K$	= $Her\ 0.12\ mm = 1K$

Şekil II.1: Daha soğuk soğutma suyu kullanmak yanında kirlilik tabakasındaki sıcaklık gradyanındaki azaltma yoluyla da enerji tasarrufu sağlanabilecek alanların açıklaması

II.3 Giriş

Avrupa’da şubesi bulunan bir dizi çok uluslu kuruluş uzun süren gayri resmi temaslar sonrasında 1991 yılında endüstriyel soğutma suyu grubunu oluşturdu. Bu kuruluşlar soğutma suyu inhibitörleri için standart bir test metodu geliştirmek üzere harekete geçtiler. Bu metodun temeli DSM ve Shell tarafından 1980’li yıllarda yürütülen araştırmalarla şekillenmişti. “Endüstriyel Soğutma Suyu Projesi” bu inhibitörlerin hem tedarikçilerinin hem de müşterilerinin katılımıyla yürüten ortak bir proje şeklinde kuruldu.

Üretim prosesindeki arızaların temizleyici eşanjörlerin kullanımı sayesinde azaltılması ile sağlanan potansiyel enerji korunumu bu projeye yatırım yapmaya karar veren tüm ortakları motive eden en önemli nedendi. Bu Ek bu konuyu ayrıntılı bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır.

Şaft enerjisi ve/veya elektrik üretimi her zaman soğutma ile bir arada yürür; bu, verili herhangi bir ortam sıcaklığında bir araçtan yalnızca maksimum miktarda bir yararlı enerji üretilebileceği için zorunludur. Bu enerjinin belli bir oranı bir dizi proses adımından geçecek ve nihayetinde fabrikanın soğutma suyu sistemine erişecektir. Soğutma işleminde kullanılan, KW_e / MW_{th} , soğutma oranıyla ifade edilen ve soğutucuların yaz aylarında temiz olduğu varsayımına dayanan yıllık ortalama standart doğrudan enerji tüketimi rakamları³ aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

³ ASHREA El Kitabı, 1983 Ekipman sayısı; Amerikan Isıtma, Soğutma ve Hava İklimlendirme Mühendisleri Topluluğu, Atlanta, ABD, 1983.

Tablo II.1: Temiz eşanjörlerle $kW_{e, \text{ elektrik tüketimi}} / MW_{th, \text{ soğutma}}$ ($kW_{e, \text{ elektrik tüketimi}} / MW_{th, \text{ soğutma}}$) cinsinden enerji tüketimi

Soğutma suyu sistemi	Temiz eşanjörlerle $kW_{e, \text{ elektrik tüketimi}} / MW_{th, \text{ soğutma}}$ ($kW_{e, \text{ elektrik tüketimi}} / MW_{th, \text{ soğutma}}$) cinsinden enerji tüketimi.		
	Σ	Soğutma suyu pompası	Fan
Once-through soğutma suyu	= 10 ; 5 ila 25 aralığında	5 - 25	(n/a) Uygun değil
Açık ıslak soğutma kuleli çevrimli soğutma suyu	= 15 ; 10 ila 25 aralığında	5- 20	5 - 10
Kapalı çevrimli sistem	= 30 ; 20 ila 60 aralığında	5 - 15	10 - 50

Enerji tüketiminin birincil enerji taşıyıcısı olarak ifade edilmesi için yukarıdaki değerlerin %40⁴ elektrik üretim verimlilik oranı nedeniyle 2,5 ile çarpılması gerekir. Su sistemi yoluyla soğutmak için gerekli bağıl enerji tüketimi bu durumda boyutsuz olacaktır.

Dahası, bu enerji tüketimi yaz aylarında soğutma suyunun (daha yüksek) sıcaklıklarıyla ve / veya kirleticilerin kirlenme seviyesiyle doğru orantılı olarak artacaktır. Dolaylı enerji tüketimini daha güvenilir bir yöntemle hesaplamak için bu belgenin daha önceki kısımlarında yer alan tablolar birbiriyle bağlantılı olarak kullanılmalıdır (Avrupa ülkelerinin iklim koşullarını gösteren Tablo 1.6 ve belli bir tesis sahasındaki endüstriyel uygulamalarda kullanılan farklı teknik ve termodinamik özelliklerini gösteren Tablo 2.1). Aşağıdaki tablo Hollanda’da Temmuz ve Ağustos aylarında çeşitli soğutma sistemlerinin su giriş kısmında elde edilebilecek en düşük soğutma suyu sıcaklıklarını göstermektedir.

Uygulamada soğutma için neredeyse hiç musluk suyu veya yeraltı suyu kullanılmaz. Dahası, bu tür su kaynaklarının bu amaçla kullanılması arzu edilmeyen bir durumdur ve uygulamadaki kullanım da kademeli olarak azaltılmaktadır. Dolayısıyla, kıyılarda bulunan once-through soğutma suyu sistemlerinin en düşük miktarda birincil enerji tükettiğini belirtmek mümkündür.

Tablo II.2: Hollanda’da Temmuz ve Ağustos aylarında farklı soğutma sistemleri için geçerli ortalama ulaşılabilir en düşük soğutma suyu giriş sıcaklığı değerleri

Soğutma sistemi	Ortalama erişilebilir min. sic.[°C]	Açıklamalar; örnek olarak Hollanda
Once-through soğutma: nehir	23	Isı deşarjı üzerinde ısı limit değeri kısıtlamaları
Sahil şeridinde deniz suyu	19	Kuzey denizi, karışım kuşağının 12 °C altında
Musluk suyu	15	Maliyet
Yeraltı suyu	12	Sınırlı stok
Açık ıslak soğutma kulesi	24	Islak hazne 19°C
Hava soğutma; (karşılaştırma için)	40 (ürün sic.)	Kuru hazne 28°C

⁴ Merkezi istatistik Bürosu, CBS, The Hague

Ayrıca, eşanjörler kirlendiğinde enerji tüketimi artacaktır. Bu çökelti mikro ve makro kirlilik olarak sınıflandırılabilir. Kabuklu deniz hayvanları ve suyun borular içindeki akımını engelleyen diğer katı çökeltilerin neden olduğu tıkanıklıklar makro kirlilik olarak kabul edilebilir.⁵ Her biri daha sonra sıcak soğutma borusu üzerinde veya içinde korozyon ürünlerinin oluşmasına neden olacak olan mikrobiyal çamur, kabuklaşmalar ve çökeltiler mikro kirlilik olarak sınıflandırılır.⁶ Bu kirlilik çeşitlerinin tümünde ortak olan bir özellik dahili enerji tüketiminde eşlik eden bir artışa yol açmalarıdır.

Bu Ek fazladan her K sıcaklık gradyanının ortaya çıkardığı ek enerji tüketimini daha ayrıntılı bir şekilde incelemekte ve altı soğutma sisteminden her birinin seçiminden ileri gelen doğrudan ve dolaylı enerji sonuçlarını hesaplamakta esas alınan temelleri sunmaktadır.

II.4 Hesaplamalar

II.4.1 Prensipler

Endüstriyel soğutma kurulumu

$$\Delta \theta_{\log} = 10 \text{ K} \quad (= \text{tahrik gücü})$$

$$\Phi_t = 5 \text{ kW}_{\text{th}} \text{ m}^{-2} \quad (= \text{ısı akısı})$$

Sonuç olarak

$$U_{\text{total}} = 0,5 \text{ kW}_{\text{th}} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1} \quad (= \text{toplam ısı transfer kat.})$$

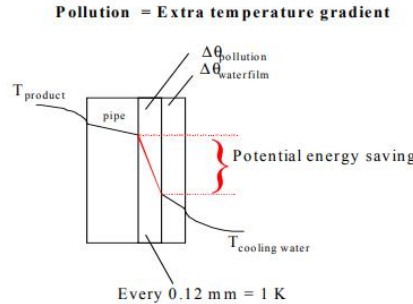
Bir çökeltinin

$$\delta_{\text{kirlenme}} = 0,12 \text{ mm} \quad (= \text{değişken direnç})$$

$$\lambda_{\text{kirlenme}} = 0,6 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (= \text{ısı iletkenlik})^7$$

Isı transferinin soğutulacak ürün, boru duvarı, katmanlı su tabakası ve çeşitli kirlilik dereceleri arasındaki bir dizi dirençle benzerlik içinde olduğu düşünülmektedir:

$$1 / U_{\text{total}} = 1 / \alpha_{\text{ürün}} + 1 / \alpha_{\text{boru duvarı}} + 1 / \alpha_{\text{su katmanı}} + 1 / \alpha_{\text{kirlenme}}$$



Ek sıcaklık gradyanı = Enerji kaybı

(Şekil açıklamaları)

$\Delta \theta_{\text{fouling}}$

= $\Delta \theta_{\text{kirlilik}}$

$\Delta \theta_{\text{waterfilm}}$

= $\Delta \theta_{\text{su tabakası}}$

T_{product}

= $T_{\text{ürün}}$

T_{product} , minimum energy through MET enerji Pipe

= $T_{\text{ürün}}$, MET sürecinde minimum = Boru

Potential Energy saving

= Potansiyel enerji tasarrufu

$T_{\text{cooling water}}$

= $T_{\text{soğutma suyu}}$

$\Delta \theta_{\text{difference cooling system choice}}$

= $\Delta \theta_{\text{soğutma sistemi seçim farkı}}$

Every 0.12mm = 1K

= Her 0.12 mm = 1K

Şekil II.2: Daha soğuk soğutma suyu kullanmak yanında kirlilik tabakasındaki sıcaklık gradyanındaki azaltma yoluyla da enerji tasarrufu sağlanabilecek alanların açıklaması

⁵ Kondansatör bakımı konusunda Hollanda deneyimi, E.J. Sneek, H.A. Jenner, KEMA, Arnhem.

⁶ Practische waterbehandeling (Uygulamalı su arıtımı), Prof. J. Defrancq, de Sikkell Malle

⁷ VDI-Wärmeatlas. Berechnungsblätter für den Wärmeübergang, sechste erweiterte Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf

Bağıl Isı Transfer Katsayıları :

$$1 = U_{\text{total}} / \alpha_{\text{ürün}} + U_{\text{total}} / \alpha_{\text{boru duvarı}} + U_{\text{total}} / \alpha_{\text{su katmanı}} + U_{\text{total}} / \alpha_{\text{kirlenme}}$$

Bağıl Sıcaklık Değişimleri:

$$1 = \Delta\theta_{\text{ürün}} / \Delta\theta_{\log} + \Delta\theta_{\text{boru duvarı}} / \Delta\theta_{\log} + \Delta\theta_{\text{su katmanı}} / \Delta\theta_{\log} + \Delta\theta_{\text{kirlenme}} / \Delta\theta_{\log}$$

Bir araya getirdiğimizde:

$$\Delta\theta_{\text{kirlenme}} = U_{\text{toplam}} / \alpha_{\text{kirlenme}} * \Delta\theta_{\log} = U_{\text{total}} / [\lambda_{\text{kirlenme}} / \delta_{\text{kirlenme}}] * \Delta\theta_{\log}$$

$$= \{0,5 \text{ kW}_t \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1} / [0,6 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1} / 0,12 \text{ mm}]\} * 10\text{K} = 1\text{K}$$

Sonuç olarak

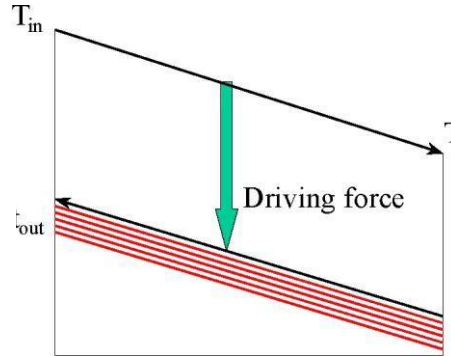
$$\Delta\theta_{\text{kirlenme}} = 1\text{K}$$

Endüstri tesislerindeki kirli su soğutucuların yılın soğuk geçen sekiz ayında enerji tüketimi üzerinde neredeyse hiç etkili olmadığı kabul edilmektedir. Bu varsayım belli proses akımlarının çok düşük bir sıcaklığa kadar soğutulmasının önlenmesi zorunluluğuna dayanmaktadır. Fabrikalar en az bir adet soğutma suyu pompasını sürekli olarak çalışır halde tutacaklardır; durdurulmuş olan bir fanın kapasitesinde daha fazla azaltma imkânı yoktur. Enerji santrallerinde daha uzun bir süre tasarruf yapılabilir. Ancak endüstriyel soğutma tesisleri genellikle bir dizi ürünün soğutulması ihtiyacına göre programlanır ve dolayısıyla ısı dönüşüm malzemelerinin tipi bakımından daha büyük bir çeşitlilik gösterirler. Bu çeşitliliğin bir sonucu olarak, endüstriyel soğutma tesisleri sahip oldukları karmaşık yapının gereklerini karşılayabilecek inhibitörlerin kullanımına, dolayısıyla hesaplanan enerji korunumundan olası maksimum faydanın yılın yalnızca dört ayı boyunca sağlanmasına izin verecek şekilde tasarlanmalıdır. Sonuç olarak bu Ekte yer alan hesaplamalar bu kısa dönemle sınırlıdır ve yalnızca endüstri tesislerinde kullanılan su sistemlerinin soğutma kapasitesine uygulanabilir. Bu kısıtlamaların nedeni eğer enerji santralleri de bu enerji tasarrufu hesaplamalarına dahil edilmiş olsaydı soğutma suyu katkı maddelerine ilişkin yorumlamanın zafiyete uğrayacağı gerçeğidir.

Uygulamada inhibitörle bir arada tasarlanan soğutma sisteminin yaz ayları süresince istenilen soğutma kapasitesini sağlayamadığı durumlara çare olarak bir veya daha fazla —çözüm— yoluna başvurulur. (Bu çözümler soğutma suyu ve / veya soğutma havası miktarının ve / veya ürün sıcaklığının ve / veya proses basıncının artırılmasından meydana gelir). Bu şekildeki tüm çözümler dahili enerji tüketiminde birbirine bağlı artışa neden olma özelliğine sahiptir.

Kirlilik telafi araçları:

- *Daha fazla soğutma suyu
- *Daha fazla soğutma havası
- *Daha yüksek ürün sıcaklığı
- *Daha yüksek proses basıncı



Şekil II.3: Bir eşanjör üzerindeki boylamasına itici kuvvetin şematik gösterimi

Aşağıdaki hesaplamalarda mikro kirlilikten kaynaklanan ek enerji tüketimi kirliliğe bağlı 1°C ekstra sıcaklık gradyanı cinsinden ifade edilmektedir. Bir önceki sayfada sunulan formüller fazladan 1°C sıcaklık gradyanının zaten bir mikrobiyal çamur tabakası 0.12 mm'den yüksek olmayan bir kalınlığı ulaştığında görünür olacağını ortaya koymaktaydı. Aynı durum aynı kalınlıktaki bir kazan tortusu tabakasına da uyarlanabilir. Yapılan hesaplamalar ısı transferinin kirlilik tabakasının kalınlığıyla doğru orantılı bir şekilde azaldığını varsaymaktadır. Isı dönüşüm kapasitesinde makro kirlilik nedeniyle tıkanan soğutma borularının ilk %20'sinin yol açtığı azalma gerekli sıcaklık gradyanı 1°C artırılarak telafi edilebilir. Ancak tıkanan her yeni soğutma borusu ihtiyaç duyulan ek sıcaklık gradyanında üssel bir artışa neden olacaktır.

Soğutma kulesi deşarjı	$\theta = 1000 \text{ m}^3 \text{ sa}^{-1} \text{ K}$	sirkülasyon akım oranı
	$\Delta\theta = 8,6 \text{ K}$	soğutma suyu
		giriş / çıkış
	$\Delta\theta_{\log} = 5,0 \text{ K}$	soğutma kulesi soğutma sınırı

II.4.2 Soğutma suyu miktarı ↑

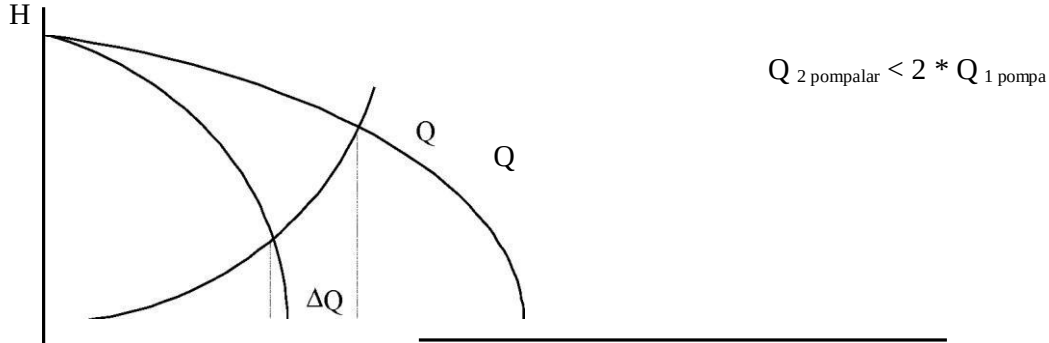
Aşağıda, uygulamada mikro kirlilik karşısında ihtiyaç duyulan 1 K fazladan sıcaklık gradyanının soğutma suyu pompalarındaki artışla telafi edildiği bir hesaplama örneği yer almaktadır. Ürünün sıcaklığı ve akış hızı ile üründen deşarj edilen ısı miktarı sabit kalır. Ortalama basınç düşüşü 3,7 bara ayarlanır.

Kapasite birbirine eş iki merkezkaç pompanın yalnızca tamamıyla statik basınç durumunda paralel olarak çalıştırılmasıyla iki katına çıkacaktır. Ancak bir soğutma suyu sisteminde devreye sokulan her yeni soğutma suyu pompası dinamik yük özelliklerinde bir değişikliğe sebep olacaktır. Bu değişikliklerin bir sonucu olarak pompaların nominal kapasiteleri toplanamayabilir. Kapasitedeki nihai azalma güç tüketiminin artırılması ihtiyacını ortaya çıkarabilir.⁸ Eşit miktarda bir ısı miktarının ortadan kaldırılması ise fazladan 1K sıcaklık gradyanının telafisi için %10 (= %20 ekstra pompa enerjisi) fazladan soğutma suyu çevrimine ihtiyaç duyulur:

⁸ Pompen (Pompalar), L.W.P. Bianchi, Stam, Culemborg.

Daha fazla soğutma suyu »artan pompa gücü

Her K için 1 kW_e / MW_{th}



Şekil II.4: Soğutma suyu pompalarının sayısı ve kirlilik nedeniyle soğutma suyu miktarında meydana gelen değişim

$$\begin{aligned} W &= (\Delta\phi * P) / \eta = \{ \%20 * \Phi * [\rho * g * \Delta h] \} / \eta \\ &= \{ \%20 * [(1000 \text{ m}^3 / \text{h}) / (3600 \text{ s/h})] * [1000 \text{ kg/m}^3 * 9,8 \text{ m/s}^2 * 37 \text{ m su gös.}] / 0,7 \} \\ &= (20 * 10^3) / 0,7 [(kg.m / s^2) * (m/s)] \\ &= 30 * 10^3 [\text{Nm} / \text{s}] = \text{her } 10 \text{ MW}_{th} \text{ soğutma için } 30 \text{ kW}_e \end{aligned}$$

Bu hesaplamayı yaz mevsiminin 4 ay sürdüğü varsayımına göre düzeltirsek;

Yıllık bazda her K için 1 kW_e / MW_{th}

II.4.3 Soğutma havasının miktarı ↑

Yine 10 MW_{th} kapasitesindeki aynı soğutma kulesi kullanılmaktadır; ancak aynı miktarda ısıнын ortadan kaldırılması için şimdi mikro kirlilik telafisi için ihtiyaç duyulan 1 K ekstra sıcaklık gradyanı fanların soğutucudan geçirdiği soğutma havası miktarını artırmak gerekmektedir. Her 10 MW_{th} için fanların güç tüketimi 54 kW_e’den 83 kW_e’ye çıkartılır:⁹

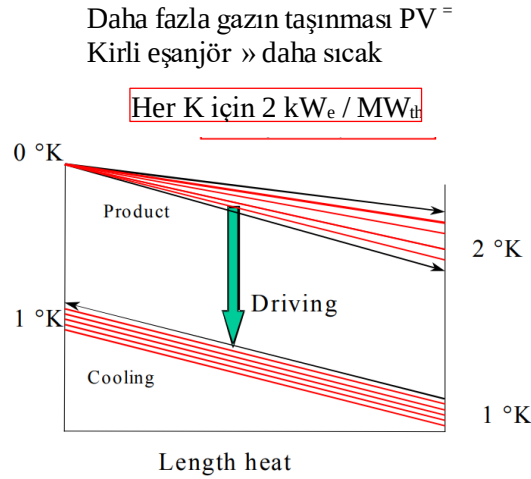
⁹ Hesaplama POLACEL, Doetinchem’den (NL). Bir veya daha fazla sayıda fanın başlangıcı / duruşu ile kombinasyon içinde değişken seviyeli uygulama deneyimi.

Yaz mevsiminin 4 ay sürdüğü varsayımına göre düzeltirsek;

Yıllık bazda her K için 1 kW_e / MW_{th}

Sonuç: soğutma havası miktarında veya soğutma havası akış hızında meydana gelen bir artış aynı miktarda yıllık fazladan enerji ihtiyacını ortaya çıkarır.

II.4.4 Ürün sıcaklığı ↑; gaz hacmi ↑



Şekil II.5: Bir karşı akım eşanjöründe kirlilik nedeniyle ürün gazın (mol) sıcaklık gradyanında meydana gelen değişme

Ürünün giriş sıcaklığının sabit olacağı varsayılır. Bunun anlamı kirli bir eşanjörde deşarj edilen ürünün çıkış sıcaklığında meydana gelen azalmanın temiz bir eşanjördekinden daha az olacağıdır. Kirlilik karşısındaki sıcaklık gradyanı tüm eşanjör uzunluğunca neredeyse tamamen eş-biçimli bir dağılım gösterecektir. Bu iki etkinin bir sonucu olarak kirli eşanjörde ürünün sıcaklık düşmesindeki azalma eşanjörün su tarafındaki mikro kirlilik karşıtı sıcaklık gradyanının iki katı kadar olacaktır. Soğutma suyu akış oranındaki her bir K enerji değişimine karşılık gelen enerji içeriğinin (= gerçekte bir miktarın özgül ısısı) soğutulacak ürünün enerji içeriğinden fazla olduğu bir tam karşı akım eşanjörü çıkış kısmında yakınsak (konverjan) sıcaklık özellikleri gösterecektir. Dolayısıyla, ürün çıkış kısmındaki sıcaklık düşüşünde su kısmında meydana gelen mikro kirliliğin neden olduğu azalma kirlilik karşısındaki her bir K sıcaklık gradyanı için 2 °C'den az olacaktır. Diğer taraftan soğutma suyu akış oranındaki her bir K enerji değişimine karşılık gelen enerji soğutulacak ürünün enerji içeriğinden küçük olduğunda ise eşanjörün çıkış kısmında ıraksak (diverjan) sıcaklık özelliklerine neden olacaktır. Ürün çıkış kısmındaki sıcaklık düşüşünde su kısmında meydana gelen aynı mikro kirliliğin neden olduğu azalma kirlilik karşısındaki her bir K sıcaklık gradyanı için bu durumda 2 °C'den fazla olacaktır.

Şimdi adiabatik sıkıştırma koşullarında ve sabit ürün kütlesi ve sıkıştırma oranında aynı miktarda ısıyı ortadan kaldırmak için 2 °C soğutulacak ürünün nihai sıcaklığı artırılarak mikro kirlilik karşıtı fazladan 1K sıcaklık gradyanının telafisi yoluna gidilir.

Bu durumda aynı 10 MW_{th} kapasitesindeki soğutma kulesinin formülü şu şekilde olacaktır:

$$W = P_{in} \int_{P_{in}}^{P_{out}} V * dP = \varphi v * R * T_{in} * (K / \kappa - 1) * [(P_{in} / P_{out})^{[(\kappa - 1) / (\kappa * \eta_{pol})]} - 1]$$

= kompresörün çalışması giriş gaz sıcaklığının doğrusal bir fonksiyonudur. = her 2 °C ürün sıcaklık artışı $\rightarrow (T_{in} + 2^{\circ}C) / (T_{in})$ kompresörün ekstra enerji tüketimi

$$= [(273 + 27) / (273 + 25)] - 1 = \text{her } 2^{\circ}C \text{ için yüzde 0,67 fazladan kompresör çalışması}$$

Yaz mevsiminin 4 ay sürdüğü varsayımına göre düzeltirsek;

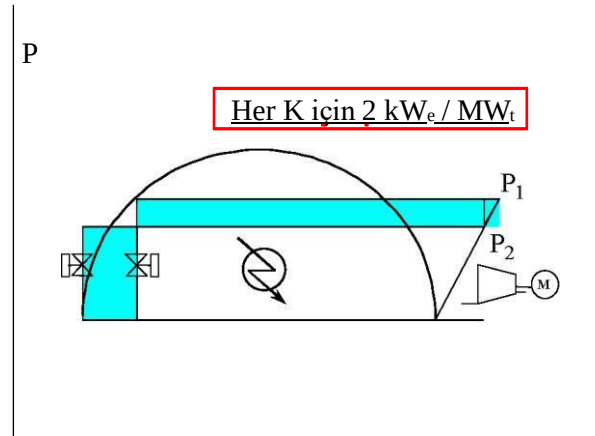
Yıllık bazda her K için 2 kW_e / MW_{th}

Sonuç: hacmin yer değiştirmesi kütle transferinden daha pahalıdır.

II.4.5 Ürün basıncı ↑; soğutma kompresörü ↑

10 MW_{th} kapasitesindeki aynı soğutma kulesi ve aynı kütle akış hızı için aynı miktarda ısıнын ortadan kaldırılması şimdi ürünün yoğunlaştırılması yoluyla gerçekleşir (örneğin, adiabatik (ısı yalıtık) sıkıştırma ve genleşmeye dayanan bir soğutucu makine yararına). Bu, soğutulacak ürünün proses basıncını mikro kirlilik karşısı 1K ekstra sıcaklık gradyanını telafi edecek şekilde artıracaktır:

Çiy noktasında artış = proses artışı



Şekil II.6: Kirlilik nedeniyle meydana gelen sıcaklık artışının telafisi için proses basıncının yükselmesi

Varsayımlar:	propen – soğutucu makine	
	Giriş ve çıkış basınçları	sırasıyla 1,9 ve 13 bar
	Kaynama noktaları	sırasıyla -33,6 ve 28,5 °C
	Basınç – sıcaklık gradyanı	0,33 bar K ⁻¹
	Kompresör ve türbin verimliliği	0,66

$$\text{Soğutma fak. Carnot döngüsü } [(\theta_{in}) / (\theta_{in} - \theta_{out})]_{in} = [(273,15 - 33,64) / (28,50 - (-33,64))]_{28,5^{\circ}C'de}$$

$$= 3,852$$

$$\text{Soğutma faktörü farkı} = [(\theta_{in}) / (\theta_{in} - \theta_{out})]_{in} / [(\theta_{in}) / (\theta_{in} - \theta_{out})]_{in + 1^{\circ}C}$$

$$= [(273,15 - 33,64) / (28,50 - (-33,64))]_{28,5^{\circ}C'de} / [(273,15 - 33,64) / (29,50 - (-33,64))]_{29,5^{\circ}C'de}$$

$$= 63,14 / 62,14 = 1,0151$$

Ekstra kompresör enerji tük = $(1 - 1,0151) / (3,852 * 0,66) =$ her K için yüzde 0.594

Yaz mevsiminin 4 ay sürdüğü varsayımına göre düzeltirsek;

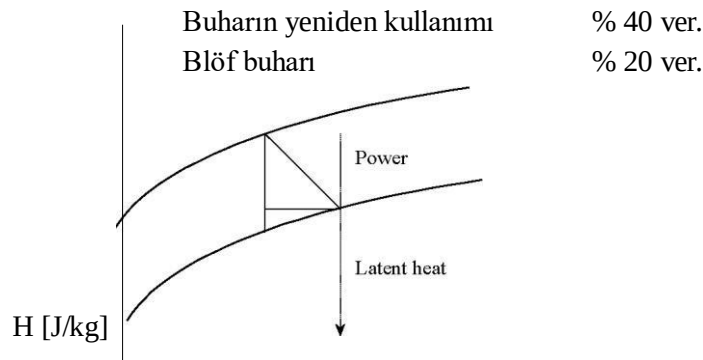
Yıllık bazda her K için 2 kW_e / MW_{th}

Sonuç: “Frigoriler” kalorilerden iki kat daha pahalıdır.

II.5 Her 1 °C daha soğuk soğutma suyu sınır katmanı için toplam enerji korunumu

II.5.1 Elektrik üretim verimliliği ↑

Hollanda elektrik üretim verimliliği %40’tır.¹⁰



Şekil II.7: Pompalar, fanlar ve kompresörler için elektrik üretim verimliliği

Bir petrokimya kompleksinde buhar üretim ve tüketimi güz ve bahar aylarında genellikle denge durumundadır. Kış aylarında yüksek basınçlı ve orta basınçlı buhar düşük basınç buhar şebekesine dağıtılır. Buna karşılık, yaz aylarında da düşük basınçlı buharın bir kısmı atmosfere blöf yoluyla ve/veya soğutucularda yoğunlaştırularak ortadan kaldırılır. Ayrıca belli sayıda buhar pompası kapatılacak, bazı elektrik motorları çalıştırılacak ve böylece enerji dengesindeki kayma telafi edilecektir.

¹⁰ Central Bureau for Statistics, CBS, The Hague

Buhar türbinleri ayrıca soğutma makinelerini çalıştırmak için yardımcı türbinler olarak da kullanılır. Bu tür durumlarda yaz aylarında üretilen ve dışarı atılan fazladan düşük basınçlı buhar (kirli ürün kondansatörleri nedeniyle üretilen ek miktar) atılacaktır. Soğutma makinesinin tükettiği ekstra enerji bu durumda 5 kat daha fazla büyüklükte fazladan enerji kaybından sorumlu olacaktır. Süper-ısıtılmış yüksek, orta ve düşük basınçlı buharın entalpisi (ısı tutumu) suyun gizil ısısından yalnızca beşte bir oranında yüksektir.

Hollanda endüstrisi toplam soğutma kapasitesinin %20'sini kompresör gazı ve frigofrik soğutma için kullanmaktadır.¹¹ Bu frigofrik soğutmanın yarısı (yardımcı) buhar türbinleri vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. —Frigorilerl (veya —negatifl kaloriler) kalorilerden, yoğunluk yer değiştirmeside kütle transferinden çok daha pahalıdır. Uygulamada bunun anlamı yaz aylarında proses basıncını artırmak yerine soğutma suyu pompaları ve fanlarının daha erken çalıştırılması ve daha geç kapatılmalarına öncelik verilmesinin tercih edileceğidir. Buna ek olarak, öncelikle kirlenmenin neden olduğu verimsiz soğutmadan kaynaklanan %80'lik kapasite kaybı motorlara verilecek başlat / durdur komutlarıyla telafi edilecektir.

Dolayısıyla her K sıcaklık gradyanı için primer enerjide meydana gelen ortalama artış aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\left(\frac{80 \% * 1}{0.4} \right) + \left(\frac{10 \% * 2}{0.4} \right) + \left(\frac{10 \% * 2}{0.2} \right)$$

Not: Yukarıda ifade edilen enerji faktörü eğer kompresör gazı ve frigofrik soğutma için bağlı soğutma kapasitesi biliniyorsa diğer Avrupa ülkeleri için de aynı şekilde hesaplanabilecektir. Avrupa'daki elektrik üretim verimliliği %40 civarında olduğundan bu hesaplama sonucunda elde edilecek çıktı miktarının K başına 3 ila 4 kWth / MWth aralığında olması beklenmektedir.

II.5.2 Hollanda endüstrisinde soğutma için kullanılan toplam su miktarı (enerji santralleri hariç)

Altı önemli soğutma sisteminin her birinin Avrupa ölçeğinde neden olduğu mutlak çevresel etkiler yanında mutlak doğrudan ve dolaylı enerji kullanımının hesaplanması için de soğutma suyu tüketimine ilişkin sayısal verilere mutlaka ihtiyaç duyulmaktadır. Bu istatistiksel veriler Hollanda'da son on yıllarda yaygın bir şekilde mevcut durumdadır. Ulusal sanayi tarafından tüketilen suyun büyük bir kısmı (yıllık $3,1 * 10^9 \text{ m}^3$) soğutma amacına vakfedilmektedir. Soğutma amacıyla kullanılan suyun toplam miktarı **yıllık $2,7 * 10^9 \text{ m}^3$** (enerji santralleri için yıllık $8,3 * 10^9 \text{ m}^3$) civarındadır. Bu suyun büyük bir kısmı tatlı, tuzlu veya acı yüzey sularından meydana gelmektedir. Genel amaçlı ve soğutma amaçlı kullanılan sular için farklı istatistik kaynaklarından yararlanılmaktadır. Ancak bu veriler çevrimli ve once-through soğutma sistemlerinin beslenmesi amacıyla kullanılan suyun oranları konusunda herhangi bir ayrıma gitmemektedir. Yapılan hesaplamalar Hollanda sanayi sektöründe su sistemleri vasıtasıyla dönüştürülen ısı miktarının yıllık **180 PJth**¹² (= 5.7 GW_{th}^{13}) büyüklüğünde olduğunu ve soğutma kuleleri ile once-through sistemler arasında eşit olarak paylaşıldığını göstermektedir.

¹¹ EST Consult B.V. Woubrugge, Aralık '90, NESR003. Marktonderzoek naar het electriciteitsverbruik en de mogelijkheden van electriciteitsbesparing in de Nederlandse industrie (Hollanda endüstrisinde elektrik tüketimi ve elektrik tasarruf fırsatlarına ilişkin Pazar araştırması)

¹² CBS, Heerlen: anahtar değer K-261/1991; şirketler için 1991 yılı ve 1957'den itibaren her 5 yıllık su hükümleri. CBS, Voorburg: anahtar değer K-1 17/1992-1 & -2; Hollanda enerji tüketimi, 1992 yıllık rakamları ve 1972'den itibaren önceki on yıllara ait değerler.

¹³ Ayrıca —Emissie Registratie warmte via water E 260 tot en met de 6^e ronde (çevresel bakış açısından değerlendirildiğinde en büyük öneme sahip şirketler için 1990'lı yıllarda 6. döneme kadar ve 6. dönem dahil E260 takviye suyu yoluyla gerçekleşen ısı emisyonları sicili; RIVM, Bilthoven; Yazarın Hollanda'daki en önemli 10 şirket hakkında yaptığı araştırma; data RIZA; Lelystad, Hollandal adlı rapordan alınan verilerle de doğrulanmaktadır.

II.5.3 Her 1 °C daha soğuk soğutma suyu sınır katmanı için toplam potansiyel enerji tasarrufu

Soğutma suyu sistemlerince her °C daha soğuk soğutma suyu sınır katmanı için yıllık ortalama $3 \frac{1}{2}$ KW_{th} / MW_{th} büyüklüğünde ekstra enerji tüketimi ile birlikte bertaraf edilen yıllık 180 PJ_{th} rakamının Hollanda sanayi sektöründe sağladığı potansiyel enerji tasarrufu miktarı aşağıdaki gibidir:

°C başına yıllık 0,63 PJ_{th}

Bunu parasal olarak ifade etmek istersek:

°C başına yıllık 1,6 milyon AVRO

Hollanda sanayi sektörünün Avrupa’da soğutma sistemlerinin kullanıldığı tüm sanayi üretimi kapasitesinin yaklaşık %5’ini temsil ettiğini varsayarsak Avrupa’da sanayi sektörünce uygulanan soğutma kapasitesinin 120 GW_{th} büyüklüğünde olduğu sonucuna varırız ki, enerji tesislerinin toplam soğutma kapasitesi 200 GW_{th} büyüklüğündedir. Öyleyse Avrupa’daki tüm soğutma sektörü için potansiyel enerji tasarrufunun büyüklüğü:

°C başına yıllık 35 PJ_{th}

Ve bunun parasal karşılığı da:

°C başına yıllık 100 milyon AVRO’ dur.

II.6 Bağlı enerji tasarrufunda ve çevresel etkilerin azaltılmasında inhibitörlerin katkısının hesaplanmasına örnekler

II.6.1 Oksidasyonun katkısı

Aşağıda sodyum hipoklorit gibi oksidanları baz alan inhibitörlerin kullanımına ilişkin bir örnek yer almaktadır (sodyum hipokloritin seçilme nedeni görece iyi bilinen bir çözünebilir katkı maddesi olmasıdır):

Varsayımlar:

Temel:

Elektrolit (veya toplu alım)	2,2	KWh _e / kg klor eşdeğeri
- Üretim verimliliği	0,7	W _e / W _e
- Isıl verimlilik	0,4	W _e / W _{th}
- Konsantrasyon	% 15	

Soğutma tesisi

- çamur tabakasının kalınlığı	0,5 mm	(yazın inhibitör kullanımı yok)
- Sınır katmanlı sıcaklık gradyanı	4 K	
- Ortalama —konservasyon" oranı	3,5 kW _{th} / MW _{th} /K	

inhibitör kullanımı

- Giren su akımı~ 1,0 mg l⁻¹, stokiyometrik oksidasyon,
- Atıksu < 0,1 mg l⁻¹, aktif klor
- Kesikli klorlama; 4 saat kullanımda / kullanım dışı gibi
- Dozlanan klor eşdeğerinin %1'inin aynı zamanda brom hidrokarbonlarının yaklaşık %3'ü miktarında klor eşdeğeri olarak da ifade edilen halojenli yan ürünlere dönüşümü [tm160, Bijstra, 1999].

II.6.1.1 Once-through Soğutma sistemi

Hipoklorit kullanımı	300	kg Cl/MW _{th}	[tm160, Bijstra, 1999] ¹⁴
Hipoklorit maliyeti	114	AVRO / ton	

Dolayısıyla inhibitörün hem enerji konservasyon (korunma) oranı¹⁵ hem de performans – fiyat oranı büyük önem taşımaktadır. Bu oksidanın kullanımı inhibitörün birincil enerji içeriğinden fazla olarak onlarca faktörde çevresel enerji konservasyonu sağlar. Bu inhibitörün çevresel enerji verimi finansal konservasyondan 10 faktörden daha yüksektir¹⁶.

Hidrojen peroksit veya ozon kullanılması yukarıda belirtilen oranların azalmasına yol açacaktır.

¹⁴ Kuzey – batı Avrupa deltasındaki klor talebine göre.

¹⁵ Enerji konservasyon oranı inhibitör kullanımıyla sağlanan enerji konservasyonu ile ilgili katkı maddesinin birincil enerji içeriğini karşılaştıran boyutsuz bir sayıdır.

¹⁶ Finansal konservasyon oranı inhibitör kullanımıyla sağlanan finansal konservasyon ile ilgili katkı maddesinin maliyetini karşılaştıran boyutsuz bir sayıdır

Enerji konservasyon oranı =

$$[(8760 \text{ saat / yıl}) / (\text{yıllık } 300 \text{ kg —as klor} / \text{MW}_{th})] * [(3,5 \text{ kW}_{th} / \text{MW}_{th} \cdot K * 4K) / ((2,2 \text{ kWh}_e / \text{kg klor}) / (0,7 W_e / W_e * 0,4 W_e / W_{th}))] = 52 \text{ J}_{çıktı} / \text{J}_{girdi}$$

Finansal konservasyon oranı =

$$[(14 \text{ kW}_{th} / \text{MW}_{th}) / (\text{her MW}_{th} \text{ soğutma için } 2 \text{ mt klor / yıl})] * [(81 \text{ AVRO} / \text{kW}_{th}) / (114 \text{ AVRO} / \text{mt})] = 5 \text{ AVRO}_{çıktı} / \text{AVRO}_{girdi}$$

Not: mt = metrik ton

Boyutsuz çevresel enerji oranı ek bağıl çevresel yük kütle oranının hesaplanmasıyla tamamlanabilir. Bu aynı zamanda inhibitörlerin kullanımıyla sağlanan enerji konservasyonunu da gösterir ancak şimdi karbondioksit emisyonundaki azalmanın okside edici yan tepkimelerin bir sonucu olarak ortaya çıkan istenmeyen öncüllerin üretimine olan oranı ile ifade edilmektedir.

Çevresel Kütle Oranı =

$$52 \text{ J}_{çıktı} / \text{J}_{girdi} * [(1,94 \text{ kg CO}_2 / \text{Nm}^3 \text{ doğal gaz}) / (31,6 \text{ MJ}_{th} / \text{Nm}^3 \text{ doğal gaz})] / [(halojenlere dönüşen \%3) / ((2,2 \text{ kWh}_e / \text{kg klor} * 3,6 \text{ MJ}_{th} / \text{kW}_{th}) / (0,7 W_e / W_e * 0,4 W_e / W_{th}))] = 3000 \text{ CO}_2 / \text{C-X}$$

Ancak bu formülle elde edilen miktar tümüyle boyutsuz değildir. Toplam çevresel etki oranının tahmini için çevresel kütle oranı kullanılabilir; örneğin toplam çevresel etki oranının hesaplanması için deniz suyundaki bromoform (%84), dibromo asetonitril (%10) gibi spesifik klorlu yan ürünler ile dibromoklorometanlar ve bromodiklorometanlar (%5) gibi trihalometanların etki oranının kullanılması gibi [tm157, Jenner ve ark., 1998].

Bunların sistemin klorlanma miktarıyla doğrusal ilişki içindeki istenmeyen oluşumu kullanılan enerji miktarındaki azalma ile karşılaştırılabilir. Bu karşılaştırmada her ikisi de CO₂ birimi ile ve karşılık gelen ozon azalma etkisiyle ifade edilir.

II.6.1.2 Açık çevrimli sistem

Su hacmi; havza + borular	50	m ³ / MW _{th}
Ölçüm (3 mg/m ³)	1,0	l h ⁻¹
Ölçüm süresi, süreksiz	1,0	saat / gün
Hipoklorit maliyeti	160	EUR / ton (1 m ³ çok kutulu konteynırlar olarak)

Sürekli dozlama rejimlerinde ve / veya daha yetersiz proses kontrollü dozlamalarda her bir MW_{th} için yaklaşık 3 kat daha fazla klor eşdeğerine ihtiyaç duyulmaktadır.

$$\text{Enerji konservasyon oranı} = [(1 \text{ } MW_{th} \cdot 24 \text{ saat/gün}) / (1 \text{ l hipoklorit/gün})] * [(3,5 \text{ } kW_{th} / MW_{th} \cdot K * 4K) / ((\%15 * 2,2 \text{ } kWh_e / kg \text{ klor}) / (0,7 \text{ } W_e / W_e * 0,4 \text{ } W_e / W_{th}))] = 285 \text{ } J_{çıkıtı} / J_{girdi}$$

$$\text{Finansal konservasyon oranı} = [(14 \text{ } kW_{th} / MW_{th}) / (\text{her } MW_{th} \text{ soğutma için } 365 \text{ lt hipoklorit / yıl})] * [(yıllık 81 \text{ AVRO} / kW_{th}) / (160 \text{ AVRO} / mt)] = 20 \text{ AVRO}_{çıkıtı} / \text{AVRO}_{girdi}$$

Not: mt = metrik ton

Çevrimli sistemde kullanılan bir oksidana ait enerji konservasyon oranı ve performans – fiyat oranı once-through sistemde kullanılan aynı oksidana ait oranlardan daha yüksektir. Aksine çevrimli bir sistemle soğutmak için ihtiyaç duyulan primer enerji tüketimi once-through sistemdeki primer enerji tüketiminden daha yüksektir. Dolayısıyla en büyük elektrik santrallerinin büyük çoğunluğu kıyı civarında kuruludur.

Bu sistemin bağlı çevresel yük kütle oranı da şu şekilde hesaplanabilir.

$$\text{Çevresel Kütle Oranı} = 285 \text{ } J_{çıkıtı} / J_{girdi} * [(1,94 \text{ } kg \text{ } CO_2 / Nm^3 \text{ doğal gaz}) / (31,6 \text{ } MJ_{th} / Nm^3 \text{ doğal gaz})] / [(halojenlere dönüşen \%3) / ((2,2 \text{ } kWh_e / kg \text{ klor} * 3,6 \text{ } MJ_{th} / kW_{th}) / (0,7 \text{ } W_e / W_e * 0,4 \text{ } W_e / W_{th}))] = 16000 \text{ } CO_2 / C-X$$

Yine aynı şekilde, aynı oksidanalara ait gerekli karbondioksit emisyonu azaltımı ile gereksiz halojen hidrokarbonu emisyonu arasındaki kütle oranı –ancak bu kez çevrimli bir soğutma sisteminde uygulanabilen- bir once-through soğutma sistemine göre daha yüksektir. Tersine bir soğutma kulesinin primer enerji tüketimi once-through soğutma sistemine nazaran daha yüksektir.

II.7 Daha soğuk soğutma suyu kullanıldığında gerçekleşen bağıl tasarruf miktarlarının hesaplanması örnekleri

II.7.1 Soğutma kulelerine karşı kıyı suyu

<i>Varsayımlar</i> ¹⁷ : -giren su sıcaklığı	Kıyı suyu	19	°C
	Soğutma kulesi	24	°C
Atıksu basıncı	once-through soğutma sistemi	1	mwg
	Soğutma kulesi sistemi	14	mwg
	(kule + meme yüksekliği)		

Soğutma kulesini bir miktar daha yükseltmek ve daha sonra nozul vasıtasıyla spreylemek ek soğutma kulesi sistemi vasıtasıyla bertaraf edilen her bir MW_{th} ısı için pompanın ek elektrik tüketimine yol açar.

$$\begin{aligned} W &= (\Delta\varphi * P) / \eta = (\varphi * [\rho * g * \Delta H]) / \eta \\ &= [(100 \text{ m}^3 / \text{h}) / (3600 \text{ s} / \text{h})] * [1000 \text{ kg/m}^3 * 9,8 \text{ m/s}^2 * 13 \text{ mwg}] / 0,7 \\ &= [(3,6 * 10^3) / 0,7] * [\text{m/s} * \text{kg.m/s}^2] = 5 * 10^3 [\text{Nm/s}] = \text{her } MW_{th} \text{ soğutma için } 5 \text{ kW}_e \end{aligned}$$

Pompanın yıl boyunca gerçekleştirdiği ve primer enerji olarak ifade edilen enerji tüketimi *her MW_{th} soğutma için 12,5 kW_{th} ,*
Soğutma suyu ortalamada 5 °C daha sıcak olduğundan *her MW_{th} soğutma için 17,5 kW_{th} ,*

Topladığımızda, enerji tüketimindeki fark *her MW_{th} soğutma için 30 kW_{th} ,*

Dolayısıyla, enerji tasarrufunun sağladığı faydalar ışığında, büyük soğutma sistemleri pratikte tercihen kıyı bölgelerinde once-through sistem olarak inşa edilirler.

II.7.2 Soğutma kulelerine karşı nehir suyu

Nehir suyuyla beslenen bir once-through soğutma sisteminin bir soğutma sistemiyle arasındaki sıcaklık farkı büyüklük olarak yaklaşık 1 K civarındadır. Soğutma suyu karşısında gerekli basınç farkının sürdürülmesiyle birlikte enerji tüketimindeki toplam fark her bir MW_{th} soğutma için yaklaşık 16 kW_{th} civarındadır.

¹⁷ Onderzoek industrieel waterverbruik (endüstriyel su tüketimi araştırması), final report, F.C.A. Carner, Krachtwerktuigen Amersfoort, 1992.

II.7.3 Soğutma kulesine karşı yer altı suyu

Yer altı suyuyla beslenen bir once-through soğutma sistemiyle bir soğutma sistemi arasındaki sıcaklık farkı büyüklük olarak yaklaşık 12 K'dir. Bu nedenle, soğutma için ihtiyaç duyulan enerji tüketimindeki toplam fark her MW_{th} soğutma için 42 kW_{th}'dir. Yeraltı suyunu pompalamak için kullanılan bir pompa tarafından tüketilen elektriğin bir soğutma kulesi atık suyu farkının giderilmesi için ihtiyaç duyulan miktarın aynısı olduğu kabul edilmektedir. Ancak yer altı suyunun sınırlı miktarda olması bu tür bir enerji tasarruf yöntemini de kısıtlamaktadır.

II.8 Ek çevresel etkiler

Tablo II.3: Once-through ve çevrimli soğutma sistemlerinde tasarruf oranları

Soğutma sistemi	Enerji konservasyon oranı J çıktı / J girdi	Finansal konservasyon oranı EUR çıktı / EUR girdi	Çevresel Kütle Oranı CO ₂ / C-X
Once-through Soğutma sistemi	52	5	3000
Açık Çevrimli Soğutma sistemi	285	20	16000

Tablo II.4: Potansiyel daha soğuk bir soğutma suyu kaynağı ile enerji tasarrufu

Sistem karşılaştırması	Her MW _{th} için kW _{th}	Açıklamalar
Soğutma kulelerine karşı kıyı suları	30	Coğrafi olarak tanımlı
Soğutma kulelerine karşı nehir suyu	16	Yerel ısı yük
Soğutma kulelerine karşı yer altı suyu	42	Sınırlı

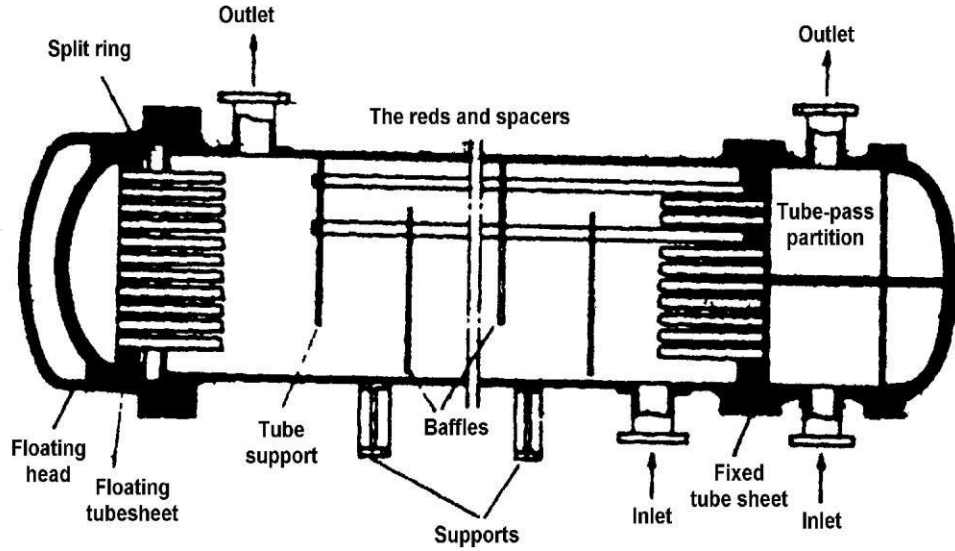
Yukarıda sunulan değerler Avrupa'daki belli alanlardaki, örneğin Hollanda gibi yüksek derecede sanayileşmiş bölgelerdeki sonuçları göstermek için kullanılabilir. Tüm endüstriyel soğutma kulelerinin nehir suyuyla beslenen once-through sistemlerle yenilenmesi halinde ulusal düzeyde yıllık 91 PJ_t¹⁸ * 16 kW_{th}/MW_{th} = 15 PJ_{th} (karbondioksit emisyonlarında yıllık 93000 tonluk azalmaya eşdeğer) enerji tasarruf edilebilecektir. Bu ise bütün bir yıl boyunca 85 m³/saniye nehir suyu akımına ihtiyaç duyulacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca, bu tür bir değişiklik yalnızca bir nehir havzasına göreli olarak yakın mesafede kurulu soğutma sistemleri için söz konusu olabilir; bunun dışındaki mesafelerde kurulu bulunan soğutma sistemlerinin bu su kaynaklarından yararlanmaya yönelmeleri mesafe faktörü nedeniyle amaçlanan avantajı ortadan kaldıracaktır. Bu yüzden çoğu endüstri tesisinin ve elektrik santralinin nehir havzalarına yakın yerlerde veya kıyı alanlarda kurulmasının şaşırtıcı olmadığı görülecektir.

¹⁸ Water symposium 1995; syllabus 43, Nederlands Corrosie Centrum Bilthoven.

ENDÜSTRİYEL ONCE-THROUGH SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KABUK VE TÜP EŞANJÖRLER VE SIZINTILARIN MEYDANA GELİŞİ

Eşanjörde ısı dönüşüm işlemi gerçekleştiği ve bu nedenle bir soğutma sisteminin en önemli parçası olduğu için tasarımı da son derece büyük önem taşımaktadır. Çevre açısından baktığımızda ise eşanjör proses maddelerinin soğutucuya sızması durumunun meydana gelebildiği yerdir. Once-through soğutma sistemlerinde iyi tasarlanmış, gereğince işletilen ve bakımı yapılan bir eşanjörün ne denli önemli olduğu açıktır. Önleyici yaklaşım açısından düşünürsek, dolaylı (ikincil) bir sisteme yönelmeden önce bu Ekte açıklanan konulara gereken dikkat gösterilmelidir. Bu Ek çevresel sorunların önüne geçmek için yaygın olarak kullanılan kabuk ve tüp eşanjörlerin tasarımında dikkate alınması gereken bir dizi önemli konunun özetini sunmaktadır [tm001, Bloemkolk, 1997].

Bir kabuk ve tüp eşanjör bir kabuktan, çok sayıda paralel tüpten, tüp tabaka (tüp yaprakları) yönlendiricilerinden ve bir veya iki adet başlıktan meydana gelir. Ortamlar arasındaki ısı dönüşümü bir soğutucu aracın tüplere ve tüpler çevresindeki diğer ortama pompalanmasıyla gerçekleşir. Bu olurken ısı tüp duvarı üzerinden taşınır. Tüpler üzerinde çaprazlamasına yerleştirilmiş yönlendiriciler bulunmaktadır. Bu yönlendiriciler (tüpler etrafındaki akımın artan türbülansı vasıtasıyla) daha iyi bir ısı transferinin gerçekleşmesini sağlar ve tüplerin çalışmasını destekler. Kabuk ve tüp eşanjör aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır.



(Split ring = Açık halka; Outlet = Çıkış; The reeds and spacers = Ara parçalar; Outlet = Çıkış; Tube-pass partition = tüp geçiş bölmesi; Inlet = Giriş; Fixed tube sheet = Sabit tüp plakası; Inlet = Giriş; Supports = Destekler; Baffles = Yönlendiriciler; Tube support = Tüp desteği; Floating tubesheet = Seyyar tüp tabakası; Floating head = Seyyar başlık)

Şekil III.1: Kabuk ve Tüp Eşanjörün Ana Bileşenleri [tm001, Bloemkolk, 1997]

Çok farklı tiplerde kabuk ve tüp eşanjör bulunmaktadır. Bunlar arasından aşağıdaki tasarım parametreleri yardımıyla uygun seçim yapılarak tasarım belirli bir prosese ve bakım gereklerine adapte edilebilir:

- Kabuk ve başlık tipi
- Tüpün tipi (düz veya U-şekilli, kanatlı veya kanatsız)
- Tüpün boyutu (çap ve uzunluk)
- Yönlendirici tipleri ve sayıları
- Yönlendirici mesafesi (yönlendirici atımı)
- Tüplerden geçiş sayısı (tüp geçişleri)
- Akım şekli (karşı akım, uyuşumlu akım)
- Mekanik veya değil; temizlik (yüksek basınçlı) suyla veya değil

Boru Eşanjör imalatçıları Birliği (TEMA) farklı tip kabuk ve tip eşanjörler için bir sınıflandırma taslağı hazırlamıştır. TEMA ayrıca mekanik tasarım kılavuzları da hazırlamıştır.

Kabuk ve tüp tip eşanjörlerin avantajları ve dezavantajları aşağıda listelenmektedir.

Avantajlar:

- Tüm uygulamalarda kullanılabilir
- Neredeyse tüm malzemelerde kullanılabilir
- Geniş bir akım ve kapasite (görev) aralığına sahiptir
- Sağlam, güvenli yapı
- İyi ısıl ve mekanik tasarım yöntemleri bulunmaktadır

Dezavantajlar

- Birim ısı dönüşüm yüzey alanında görece pahalı
- Isı transferi için en optimum çözüm değildir
- Kabuk kısmın temizlenmesi fazlaca zahmetlidir

Kabuk ve tüp eşanjör sağlam ve güvenli bir yapıya sahip olması nedeniyle rafinerilerin tercih ettiği eşanjör tipidir. Bu tip kabuk ve tüp tip eşanjörlerin once-through sistemlerde kullanımı aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

III.1 Once-through sistemler için kabuk & tüp eşanjör tasarımı

Kural olarak, once-through sistemlerde TEMA-tip AES kabuk ve tüp eşanjörler kullanılır. Soğutma suyu tüplerden geçerken proses aracı da kabuktan geçer. AES farklı kabuk ve tüp eşanjör tipi seçenekleri için belirli kodlara başvurur (Şekil III.2)

Dağıtım Ortamı

Kabuk ve tüp tip eşanjörün tüp kısmı kabuk kısmına göre daha kolay ve iyi temizlenebildiğinden ağır kirlilik meydana getiren araçlar tüp kısmına yönlendirilir. Koroziif soğutma suyu için korozyona dirençli malzemeler kullanıldığından soğutma suyu akımının tüp tarafında bulundurulması ekonomik nedenlerle de tercih edilir.

A-Tip Ön Uç Başlığı

Kabuk ve tüp eşanjörün kontrol ve bakım amacıyla açılması A-tip —ön uç başlığı ile çok kolaydır; çünkü bu tür başlıkları açarken bağlantı tüplerinin yerlerinden çıkarılmasına ihtiyaç yoktur. Bu nedenle tüp tarafında —kirleticil araç bulunan eşanjörlerde hemen her zaman bu tip başlıklar kullanılmaktadır.

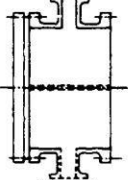
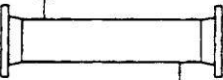
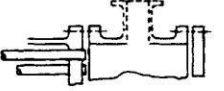
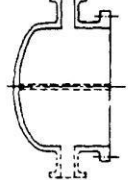
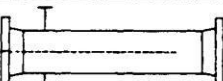
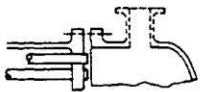
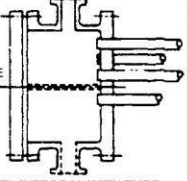
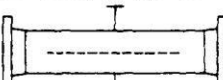
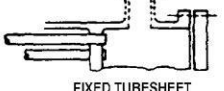
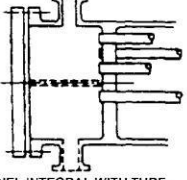
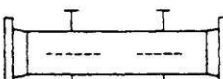
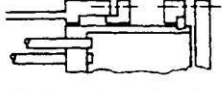
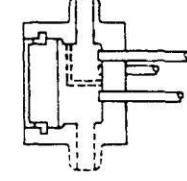
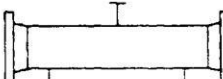
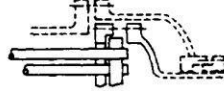
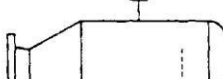
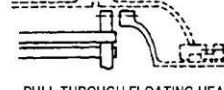
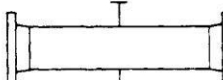
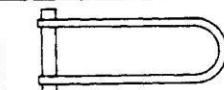
E-Tip Kabuk

Eşanjörün kabuk tipinin seçimi kabuk kısmında bulunacak aracın proses gerekliliklerine bağlıdır. Genel olarak E-tip kabuk (“tek-geçişli-kabuk”) tercih edilir.

S-Tip Arka Uç Başlığı

Arka uç başlığının seçilmesi aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Kabuk kısmındaki (mekanik veya suyla) temizlenmesi ihtiyacı
- Tüp kısmının (mekanik veya suyla) temizlenmesi ihtiyacı
- Soğutma suyu kalitesi (korozyon, kabuklaşma, vb....)
- Kabuk ve tüp malzeme arasında termal genleşmenin meydana gelmesi
- Karşı akım ihtiyacı

FRONT END STATIONARY HEAD TYPES		SHELL TYPES		REAR END HEAD TYPES	
A	 CHANNEL AND REMOVABLE COVER	E	 ONE PASS SHELL	L	 FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
B	 BONNET (INTEGRAL COVER)	F	 TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	M	 FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
C	 REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY CHANNEL INTEGRAL WITH TUBE-SHEET AND REMOVABLE COVER	G	 SPLIT FLOW	N	 FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
N	 CHANNEL INTEGRAL WITH TUBE-SHEET AND REMOVABLE COVER	H	 DOUBLE SPLIT FLOW	P	 OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
D	 SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE	J	 DIVIDED FLOW	S	 FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE
		K	 KETTLE TYPE REBOILER	T	 PULL THROUGH FLOATING HEAD
		X	 CROSS FLOW	U	 U-TUBE BUNDLE
				W	 EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

(Front End Stationary Head Types = Ön Uç Sabit Başlık Tipleri; A: Channel and Removable Cover = A: Kanal ve Çıkartılabilir Kapak; B: Bonnet (Integral Cover) = Kaporta (Yekpare Kapak); C: Removable tube bundle only = Yalnızca tüp demeti çıkartılabilir, Channel Integral With Tube-Sheet and Removable Cover = Tüp Tabakasıyla ve Çıkartılabilir Kapakla Entegre Kanal; N: Channel Integral With Tube-Sheet and Removable Cover = Tüp Tabakasıyla ve Çıkartılabilir Kapakla Entegre Kanal; D: Special High Pressure Closure = Özel Yüksek Basınç Kapağı; **Shell Types** = **Kabuk Tipleri**; E: One-Pass Shell = Tek Geçiş Kabuk; F: Two Pass Shell with Longitudinal Baffles = Uzunlamasına Yönlendiricili Çift Geçiş Kabuk; G: Split Flow = Split Akış; H: Double Split Flow = Çift Split Akış; J: Divided Flow = Bölünmüş Akım; K: Kettle Type Reboiler = Çaydanlık Tipi Kaynama Kazanı; X: Cross Flow = Çapraz Akış; Rear End Head Types = Arka Uç Başlık Tipleri; L: Fixed Tubesheet Like "A" Stationary Head = L: "A" Tip Sabit Başlık Benzeri Sabitlenmiş Tüp Tabakası; M: Fixed Tubesheet Like "B" Stationary Head = M: "B" Tip Sabit Başlık Benzeri Sabitlenmiş Tüp Tabakası; N: Fixed Tubesheet Like "N" Stationary Head = N: "N" Tip Sabit Başlık Benzeri Sabitlenmiş Tüp Tabakası; P: Outside Packed Floating Head = P: Dışarıdan Sarımlı Seyyar Başlık; S: Floating Head with Backing Device = S: Destek Cihazlı Seyyar Başlık; T: Pull Through Floating Head = Seyyar Başlıktan Çekme; U: U-Tube Bundle = U: U-Tüp Demeti; W: Externally Sealed Floating Tubesheet = W: Harici Contalı Seyyar Tüp Plakası)

Şekil III.2: Eşanjör Sınıfları (Tüp Eşanjör imalatçıları Birliği (TEMA) Standartları) [tm003, Van der Schaaf, 1995]

Genellikle S-tip ("seyyar başlıklı tip") seçilir; çünkü bu tip eşanjörler hem tüp hem de kabuk kısmında mekanik olarak (veya suyla) temizlenebilmektedir. Ayrıca bu tip eşanjörlerde kabuk ve tüp malzemesi arasında ısıl genişleme farkları görüldüğünde de herhangi bir sorun yaşanmamaktadır. Ancak S-tip eşanjörler "arka uç başlık" tipleri arasında en pahalı seçenektir.

III.2 Kabuk ve Tüp Eşanjörlerde Sızıntı

Sızıntı ve bununla birlikte soğutma suyuna proses aracının bulaşması durumu kabuk ve tüp eşanjörlerde çoğu zaman tüp – tüp tabaka bağlantısındaki, tüpün kendi içindeki ve iki akımı birbirinden ayıran flanş bağlantısındaki (“seyyar başlık”) hatalar sonucunda meydana gelir. Sızıntının en önemli nedenleri şunlardır:

1. Kötü tasarım (sızıntı olaylarının yaklaşık %30’unda)
2. Kötü imalat
3. Tasarım sınırları dışında işletme uygulaması (% 50-60)
4. Kötü kontrol ve bakım

1. Kötü Tasarım

Yanlış veya kötü bir tasarım kaçınılmaz bir şekilde sızıntıya sebep olacağından tasarım aşamasında aşağıdaki tasarım parametrelerine mutlaka dikkat edilmelidir:

- Malzeme seçimi
- Tüp – tüp tabaka bağlantısı seçimi (sarımlı veya kaynaklı)
- Sarım tipinin seçimi
- Sarım yüzlerindeki detay tipi
- Flanş tasarımı (kalınlık, devir yok)
- Tüp plakasının seçimi (Kalınlık, esneme yok)
- Tüp desteğinin tasarımı

Bu anlamda, “işletme” koşullarına büyük dikkat gösterilmelidir. Bunlar:

- Titreşim (vibrasyon)
- Isıl genleşme farkları
- Akım bölünmesi
- Akım hızları

Kötü tasarım aynı zamanda akış hızlarının yanlış tasarlanmasını ve tasarımın yanlış verilerden yola çıkılarak yapılması durumlarını da içerir.

2. Kötü imalat

Bununla birlikte, sızıntının önlenmesinde tek başına iyi bir tasarım yeterli değildir. İmalatın kötü yapılması da eşanjörlerin çalışması sırasında sızıntıya sebep olabilir. Sızıntının önlenmesi açısından, imalat sırasında aşağıdaki faktörler önemli rol oynamaktadır:

- Flanş civatalarının sıkıştırılma şekli
- Sarım yüzeylerinin pürüzsüzlüğü
- Tüp delik çapı ve tüp plakaları ve yönlendiricilerinde tolerans
- Tüp – tüp bağlantısında uygulanan sarım veya kaynak prosedürü

3. Tasarıma uygun olmayan işletim

Eşanjörlerin tasarım ve imalat safhasında esas alınan işletme koşullarına uygun olmayan koşullar altında ve tasarım gereklerine uyulmadan çalıştırılması eşanjörlere zarar verebilir ve nihayetinde sızıntıya sebep olabilir.

Tasarımda öngörülenin dışında işletme koşulları şunlar olabilir:

- Isıl şoklar
- Aşırı-basınç ve / veya çok yüksek sıcaklık gibi —kızgınll koşullar
- Artan veya azalan akımlar
- Vibrasyonlar (titreşim)
- Tüplerdeki kabuklu organizmalarla (soğutma suyu tüpünden ayrılmış olan) bir arada meydana gelen vibrasyonlar

Ayrıca, bakım çalışmaları sırasında uygulanan yanlış yöntemler, örneğin tüplerin temizlenmesi sırasında buhar veya sıcak su kullanılması da (ısıl genleşme sonucu meydana gelen zararların yol açtığı) sızıntılara sebep olabilir.

4. Kötü kontrol ve bakım

Periyodik bakımlar sırasında eşanjör açılarak tüp grubu çekilir, temizlenir ve kontrol edilir. Sızıntıları tespit etmeyi ve / veya önlemeyi amaçlayan bakım ve kontrol çalışmaları aşağıdaki durumların kontrolünü içerir:

- Tüplerin içinde ve dışında ve tüp – tüp plaka bağlantılarında korozyon ve / veya erozyon gelişimi
- Flanşların sarım yüzlerinde korozyon oluşumu
- Yönlendiricilerdeki tüp deliklerinin büyüklüğü (açıklık çapı büyümüş mü?)
- Tüplerde duvar kalınlığında azalma (tüp uçlarına, yönlendiricilere yerleştirilmiş tüplere ve tüp kenarlarına özel dikkat gösterilmelidir)
- Tüplerde eğilme, bükülme, yıpranma
- Birbirini sıkıştıran tüpler, gevşek tüpler
- Eğilmiş tüp plakaları
- Tüplerde ve kaynaklı tüp-tüp bağlantısındaki küçük çatlaklar (veya delikler)
- Sarım yüzlerinin pürüzsüz olmasına ve durumlarına özen gösterilmelidir.

Periyodik bakımının sonunda her zaman mutlaka bir su basınç testi uygulanır; bu testte eşanjörün halen daha arzu edilen basınç koşullarında çalışmaya uygun olduğunun doğrulanması için eşanjör parçaları basınca maruz tutulur. Bu şekilde tüpler, tüp-tüp bağlantıları ve flanş bağlantıları da sızıntılara karşı test edilir. Sızıntıları tespit etmek için çok daha kesin test metotları da bulunmaktadır. Bu testlerde hava (“hava ve sabunlu su” testi) veya helyum kullanılır. Eğer bu testler sonucunda herhangi bir kusur veya şüpheli nokta bulunursa bunların nedeni de mutlaka araştırılmalıdır. Bu sorunların nedeni tespit edildikten sonra buna uygun düzeltici tedbirler alınmalıdır. Eğer gerekli tedbirler alınmazsa gelecekte de büyük olasılıkla (yeni) sızıntılar meydana gelecektir.

Düzeltilici tedbirler tüplerin tüplerdeki sızıntıların kapatılmasını ve contaların değiştirilmesini içerir. Eğer şirketin kendine ait bir atölyesi varsa kabuk ve tüp eşanjörün onarılması işlemi bir veya iki gün içinde tamamlanır. Düzeltici tedbirlerden çok önleyici tedbirlere ağırlık verilerek sızıntıların önceden önlenmesi mümkündür. Örneğin tüp yuvaları daha erken değiştirilebilir. Gerçekleşen bakım çalışmalarının ve meydana gelen sorunların uygun bir şekilde kayıt altında tutulması bakım çalışmalarının daha iyi planlanmasına yardımcı olacaktır. Gelecekteki muhtemel sızıntıların önüne geçmek için eşanjörün kapatılması ve cıvataların sıkıştırılması işleminin kontrollü bir biçimde yapılması önerilir. Bunun için moment ayarlı bir cihaz kullanılabilir.

III.3 Alternatifler

Sızıntı olasılığı soğutma sisteminde alternatif malzeme, TEMA-tipi, tüp plaka bağlantısı, sarım tipi ve proses basınç seviyeleri seçilerek azaltılabilir.

Malzeme seçimi

Eşanjörün su tarafında karbon çeliği yerine alüminyum-pirinç bakır nikel ve titanyum gibi daha yüksek derece malzemeler kullanılabilir. Böyle bir seçim eşanjörün tüpleri ve tüp plakaları karbon çeliğinden imal edilen diğer eşanjörlerden daha pahalıya mal olmasına neden olacaktır (Ayrıca bkz. Ek IV).

Farklı eşanjör

Farklı bir eşanjör tipi tercih edilerek sızıntı riski önemli ölçüde azaltılabilir.

Bu durumda başvurulabilecek alternatifler şunlardır:

- U-tüplü eşanjör
- Çift tüp plakası yapısına sahip bir eşanjör
- Hem U tipi hem de çift tüp plaka yapılı eşanjör

U tipi eşanjör üzerinde seyyar başlık bulunmamaktadır ve bu nedenle arka uç başlığında flanş contası bulunmamaktadır. U tipi eşanjör seyyar başlıklı tipe göre %10-15 oranında daha ucuzdur. Eğer çift tüp plakalı eşanjörlerin tüp-tüp bağlantısında sızıntı meydana gelirse emisyon diğer ortamlar yerine atmosfere yönelecektir. Çift tüp plaka bağlantısı bariz biçimde pahalıdır.

Tüp-tüp plaka bağlantısı

Kaynaklı tüp-tüp plaka bağlantısı tercih edildiğinde sızıntı ihtimali sarımlı yapıya nazaran çok daha düşük olacaktır. Kaynaklı bağlantı içine sarımlı bağlantı yapılması mevcut eşanjörlerin daha sızıntı geçirmez olmalarını sağlayacaktır. Bu bağlantıda iki adet kaynak bulunmaktadır: bir adet kapatma kaynağı (bir kat kaynak) veya takviyeli kaynak (genellikle iki kat kaynak). Maliyet hesaplamaları kaynaklı yapının sarımlı yapılara göre tüp başına 9 ila 10 AVRO daha pahalıya mal olduğunu göstermektedir.

Sarım Tipi

Sarım tipi bir seyyar başlığın flanş mührü ile değiştirilebilir. Genellikle kullanılan sarım tipleri, örneğin —asbestsiz metal kaplı sarım veya kam profili sarımı kaynaklı bir mühürle değiştirilebilir ('Schweissdichtung').

EK IV ENDÜSTRİYEL (ENERJİ SANTRALİ HARİCİ) UYGULAMALARDA SOĞUTMA SUYU SİSTEMLERİNE MALZEME SEÇİMİNE ÖRNEK

[tm001, Bloemkolk, 1997]

IV.1 Giriş

Soğutma sistemlerinde inşaat malzemesi seçimi ve özellikle de soğutucularda (eşanjörler) kullanılacak malzemenin seçimi çoğu durumda karmaşık bir meseledir. Bunun nedeni suyun kimyasal özelliklerinden kaynaklanan gereklilikler ile işletme gereksinimleri (kısıtlanan katkı maddelerinin kullanımı, konsantrasyon döngüsü sayısı) arasında bir denge kurulması zorunluluğudur. Bu gerekliliklerin karşılanması için çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Bu Ek açık once-through sistemlerde acı su kullanılması durumunda başvurulabilecek malzeme seçeneklerini göstermekte, uygulanacak malzemelerin niteliklerine göre seçim yapılabilmesi için mevcut seçenekleri tanıtmaktadır. Herhangi bir olay bazında yapılacak nihai seçim için doğru bir karara varmadan önce seçeneklerin maliyet değerleri ve bu seçeneklerin ortaya çıkaracağı işletme maliyetleri de mutlaka dikkate alınmalıdır.

Eşanjör malzemelerinin seçimi

Eşanjörlerde kullanılacak malzemelerin belirlenmesinde dikkate alınması gereken çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

- Soğutma suyunun bileşimi ve korozyifliği (aşındırıcılığı)
- işletme tarzı; örneğin once-through veya çevrimli soğutma
- Soğutulacak ortamın korozyifliği (aşındırıcılığı) ve doğası
- Soğutucu tipi
- Hizmet ömrü
- Maliyetler

Bunlar yeni bir soğutucunun tasarımı aşamasında nihai malzeme seçimi yapılmadan önce dikkate alınması gereken en önemli kriterlerden bazılarıdır. Çoğu durumda bu nihai seçim soğutucunun ekonomik olarak kabul edilebilir bir —hizmet ömrünel sahip olması zorunluluğu prensibine en uygun düşen denge durumudur. Ancak bu hizmet ömrü içinde pek çok soğutucu sızıntı yapmaya başlar. Bunun önemli nedenlerinden biri proses koşullarında çok değişik nedenlerle değişikliklere gidilmek zorunda kalınmasının sıkça karşılaşılan bir durum olması nedeniyle soğutucunun her zaman tasarımı gözetilen ilkelere uygun olarak işletilmemesidir. Sızıntıya yol açabilen önemli nedenlerden bazıları şunlardır:

- Tüp yuvasında yüksek veya çok düşük hızlar veya kabuktaki çevrimin çok düşük seviyede olması (Tablo IV. 1);
- Yetersiz su artıtımı; yani uygulanan yöntemin ve kontrolün yetersiz olması;
- Soğutma suyu tarafında metal sıcaklıklarının çok yüksek olması.

Korozyon inhibitörlerinin büyük bir çoğunluğu 60°C üzerindeki sıcaklıklarda etkisiz veya çok düşük derecede etkili olduğundan 60°C metal sıcaklığı üst sınır olarak kabul edilir. Ayrıca bu sıcaklık seviyesinin üzerinde once-through sistemlerde kalsiyum tuzları da oluşur.

Tablo IV. 1: Soğutma suyu akışkanlığı ve malzeme tipi

Malzeme	Akışkanlık (m/s)
Alüminyum pirinç	1,0 - 2,1
Bakır nikel (90-10)	1,0 - 2,5
Bakır nikel (70-30)	1,0 - 3,0
Karbon çeliği	1,0 - 1,8
Ostenitli paslanmaz çelik (316)	2,0 - 4,5
Titanyum	2,0 - 5,0

Pompa malzemelerinin seçilmesi

Bir pompa malzemesinin seçimi daha az kritiktir çünkü çoğu durumda bu ekipman çifttir (yedekli vardır). Bunun anlamı bir pompanın arıza yapması durumunda prosesin çoğu zaman kesintiye uğramayacağıdır. Bir başka etken ise mevcut duvarların genellikle zorunlu olandan daha kalın olmasıdır (korozyon karşılığı).

Soğutma suyu tüpünün malzeme seçimi

Soğutma suyu tüplerinde için çoğu zaman yeterli korozyon payına sahip karbon çeliği kullanılır. Eğer kabul edilebilir hizmet süresi için 3 mm'den fazla korozyon payı yeterli değilse plastik, organik kaplamalı / betonlu karbon çeliği gibi alternatif malzemeler veya istisnai durumlarda paslanmaz çelik, monel (nikel ve bakır alaşımı) veya diğer nikel alaşımları gibi yüksek kaliteli alaşımlar kullanılabilir. Tüplerin makinelerle karşı değiştirilmenin kolay ve ucuz olması gibi bir avantajı vardır ki, bu da bu malzemelerin seçiminin daha az kritik olmasının önemli bir nedenidir.

IV.2 Doğrudan once-through sistemler (hafif tuzlu suyla çalışan)

Hafif tuzlu suyun bileşimi ve korozifliği sabit değildir ve tatlı yüzey suyu ile deniz suyu arasında değişiklik gösterir. Hafif tuzlu su genellikle nehirler ve/veya diğer tatlı su akımları ile deniz arasındaki geçiş bölgelerinde (deltalar) bulunur. Bu suyun bileşimi ve özellikleri mevsime ve konumuna göre geniş bir değişkenlik gösterir. Bölgedeki su derinliği, suyun geçiş hızı (değişme) ve diğer akıntılar bu tip suyun korozifliğini etkileyen önemli faktörlerdir. Bazı hafif tuzlu su tipleri deniz suyundan daha yüksek seviyede korozyon özelliğine sahiptir. Örneğin, bol miktarda bitki gelişimi gözlenen sahil sularında çözünme sonucunda sülfür bileşikleri meydana gelebilir ve bu da bakır alaşımları üzerinde ciddi nokta korozyonuna sebep olur. Birçok durumda tesisteki eşanjörlerde ağır kirliliğe sebep veren asılı silt miktarının önemli düzeyde olduğu görülmektedir. Bu tür durumlarda çukur korozyon (çukurlaşma) oluşumu çok hızlı geliştiğinden paslanmaz çelik kullanımının sağlayacağı faydalar kuşkuludur. Tüm bu faktörler çoğu durumda iyi bilinmediğinden hafif tuzlu suyun korozifliğinin görece yüksek düzeyde asılı silt içeren deniz suyuna eşit olduğunun kabul edilmesi önerilmektedir. Bunun bir başka avantajı deniz suyunun korozifliği hakkında önemli ölçüde bilgi ve deneyimin mevcut olmasıdır.

Pompalar

Hafif tuzlu suda pompalarında duruma bağlı olarak çoğunlukla aşağıdaki tabloda yer alan malzemeler kullanılır (diğer malzemelerin kullanımı da mümkündür ancak çok daha pahalıdır):

Tablo IV.2: Acı su pompalarında kullanılan malzemeler

Kasa	Çark	Tahrik mili	Açıklama
Nodüler dökme demir)*	Kalay bronz	316	)* Kır döküm demir de mümkündür. Gratifikasyon (doym) değişimi önemli ölçüde yüksektir. Bazen dökme demir de kullanılır.)* Ostenitli paslanmaz çelik (Cr-Ni-Mo 18-8-2)
Alüminyum bronz	Paslanmaz çelik 316)*	Monel	
Alüminyum bronz	Alüminyum bronz	Monel	
Kalay bronz	Alüminyum bronz	Monel	
Kalay bronz	Paslanmaz çelik 316	Monel	

Eğilim kasa ve fan kurulumunun anodik kısmını prensip olarak kasanın oluşturacağı bir kombinasyon tercih edilmesidir.

Tüpler

Pek çok durumda korozyon payı bulunan karbon çeliği kullanılır. Bir başka olasılık ise karbon çeliğini organik kaplamayla kaplamak veya betonlamaktır. Her iki durumda da kaynaklar yapının zayıf kısmını meydana getirir.

Bugünlerde cam takviyeli epoksi tüplerin kullanımı özellikle yer altı sistemlerinde giderek artmaktadır. Bu malzemenin sunduğu en büyük avantaj yer altı suyuna neredeyse tamamen dirençli olmasıdır. Kurulum maliyetleri harici veya dahili olarak organik kaplamayla kaplanan karbon çelik tüp sistemiyle hemen hemen aynıdır. Bu çözüm zaman içinde daha ucuza mal olacaktır.

Eşanjörler / soğutucular

Daha önceden de belirtildiği gibi, bir eşanjörde malzeme seçimi süreci tüp yuvasını ilgilendiren durumlarda soğutulacak aracın korozivliğinin dikkate alınması zorunlu olduğundan daha da karmaşık bir meseledir. Proses aracının tüp yuvası malzemesi üzerinde koroziv etkiye sahip olmadığını ve proseste (örneğin bakır iyonlarından kaynaklanan) olası kirliliğin önemli olmadığını kabul edersek malzeme seçimi esas olarak suyun kalitesi dikkate alınarak yapılır.

Hafif tuzlu suda işletilen kabuk ve tüp eşanjörler için malzeme seçim seçenekleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo IV.3: Acı suda çalışan kabuk & tüp eşanjörlerde kullanılan malzemeler

Kabuk / Gövde	Su kasası	Tüpler	Tüp plakası
Karbon çeliği	Karbon çeliği	Karbon çeliği) * ¹	Karbon çeliği
Karbon çeliği	Karbon çeliği)* ²	Alüminyum pirinç	Karbon çeliği
Karbon çeliği	Karbon çeliği)* ²	Alüminyum pirinç	Alüminyum bronz
Karbon çeliği	Karbon çeliği)* ²	Alüminyum pirinç ve / veya Bakır nikel) * ⁴	Alüminyum pirinç astarlı Karbon çeliği
Karbon çeliği	Kalay bronz	Paslanmaz çelik 316)* ³	Karbon çeliği
Karbon çeliği	Karbon çeliği)* ²	Titanyum)* ⁵	Karbon çeliği

Tablo IV.3 yorumları:

Yukarıdaki liste çeşitli olasılıklar içermektedir. Nihai seçim esas olarak acı suyun korozivlik derecesine ve proses koşullarına bağlıdır.

)*¹ Karbon çeliği tüpler yalnızca suyun koroziv olmadığından (örneğin uygulama deneyimlerinden yola çıkılarak) emin olduğunda kullanılmalıdır. Bu neredeyse hiç mümkün olmayan bir seçenektir.

)*² Su kasaları genellikle bir organik kaplama artı birkaç karbonattan meydana gelir. Eğer tüp plakası daha iyi bir metalden imal edilirse su kasası üzerinde galvanik etkilerin meydana gelmesini önlemek için bu metale organik kaplama uygulanmalıdır.

)*³ 316 gibi ostenitli malzemelerin kullanılması risksiz bir uygulama değil. Kirlilik durumunda yüksek bir çukurlaşma ihtimali vardır. Bu proses aşırı hızlı bir biçimde gerçekleşebilir. Bir başka risk ise bu tür malzemeler üzerinde sıkışma korozyonu oluşumu olasılığıdır. Ancak uygulama deneyimleri bunun muhtemelen bu tür sistemlerdeki görece düşük sıcaklıkların bir sonucu olarak çok sık karşılaşılan bir durum olmadığını göstermektedir. Örneğin 904L, 254 SMO veya Incoloy 825 gibi daha üst versiyon alaşımların kullanımıyla bu risk önemli ölçüde azaltılabilmekte hatta tümüyle önlenabilmektedir. Bu tip malzemeler ayrıca proses kısmının gerektirdiği durumlarda da kullanılabilir.

)*⁴ Eğer nominal metal sıcaklığı alüminyum pirinç için çok yüksekse bakır nikel alaşımları ve diğerleri tercih edilir.

)*⁵ Çoğu durumda titanyum en iyi seçimdir. Titanyumdan imal bir eşanjörün genel olarak çok pahalı olduğu kabul edilir. Ancak bu malzemenin fiyatı son on yıllarda çok hızlı bir düşüş göstermiş ve artık ekonomik olarak uygulanabilir bir seviyeye gelmiştir. Tahminler düşen maliyet farklılıklarının ve su arıtımında yaşanan problemlerin hali hazırda kullanılmakta olan Cu-Ni (Bakır Nikel) alaşımlarının yerine yakın zamanda daha fazla titanyum kullanımının tercih edileceği yönündedir.

Bu malzeme aşırı derecede kirlilik içeren suyla çalışırken bile yüksek korozyon dayanımına sahip olmasının yanında başka avantajlara da sahiptir:

- Bu malzeme uygulandığında aşırı ince duvarlı tüpler kullanılabilir.
- Isı iletimi çok iyidir.
- Hurda değeri yüksektir ve yeniden kullanıma çok uygundur.
- Uzun ömürlüdür.

Malzemenin dezavantajı ise biyolojik gelişimin hali hazırda, örneğin bakır içeren alaşımlarda görüldenden daha yüksek olmasıdır. Bu nedenle fazladan biyosit kullanımını gerektirir. Değiniilmesi gereken bir başka husus ise titanyumun koruyucu oksit tabakası olmadığından indirgeyici çevrede kullanılamayacağıdır.

IV.3 Dolaylı once-through sistem (hafif tuzlu su / demineralize su)

Dolaylı (ikincil) once-through sistemde ısı kapalı bir ikincil soğutma döngüsünde massedildikten sonra bir eşanjör vasıtasıyla açık bir once-through sisteme aktarılır. Karakteristik olarak, bu sistemlerde su kalitesi / korozifliği her bir soğutma devresi için birbirinden farklıdır. Birincil kısım genellikle ikincil kısımdan daha az kalitelidir. Bu durumda birincil kısım bir kez daha hafif tuzlu su taşırken ikincil kısımda demineralize su bulunur.

Birincil çevrim soğutma sisteminde malzeme seçimi

Birincil sistemde kullanılan, acı su ile doldurulan malzemeler Bölüm IV.2’de tanımlanmaktadır. Birincil ve ikincil sistemler arasında yer alan eşanjör işletme için son derece büyük önem taşımaktadır. Bu eşanjörün arıza yapması çok ciddi sonuçlar doğuracağından malzeme seçimi sırasında bunun mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Eğer birincil soğutma aracı olarak acı su kullanılıyorsa tüpler veya plakalar için (plaka eşanjör) en iyi seçim titanyum olacaktır. Bu durumlarda örneğin 254 SMO gibi yüksek kalite alaşımlar düşünülebilir ancak çoğu durumda titanyum en iyi seçim olacaktır.

İkincil çevrim sisteminde malzeme seçimi

Kapalı bir ikincil sistemin temelinde sudaki oksijenin serbest bırakılmasının korozyonu önleyeceği gerçeği yatar. Bu durumda soğutma aracı olarak demineralize su seçilmiştir. Ancak havalandırmalı bir durumda bu demineralize su karbon çeliği üzerinde aşırı korozif bir etkiye sahiptir. Bu özellik suyun alkalileştirilmesi yoluyla (pH = 9) baskı altına alınabilir. Görece yüksek klor içeriğine sahip temiz musluk suyu ilke olarak demineralize su kadar iyi iş görmektedir.

Eğer bu koşullar mevcutsa su “ölüdür”; yani korozifliği en alt düzeydedir. ilke olarak eşanjörlerdeki tüpler de dahil tüm malzemeler karbon çeliğinden imal edilebilir. Elbette ki, bu yapılırken proses koşulları da dikkate alınmak zorundadır.

Bu sistemlerde oksijen konsantrasyonunun düzenli olarak kontrol edilmesi önemlidir. Bazı durumlarda bu sistemlerde nitratlar inhibitör olarak kullanılabilir. Suyun alkalinitesini koruyarak ve / veya nitrat tatbik ederek oksijen sızıntısının çok daha az kritik olması sağlanabilir.

IV.4 Açık çevrimli soğutma sistemleri

IV.4.1 Açık ıslak soğutma kulelerinde tatlı su uygulaması

Malzeme uygulaması ile ilgili olarak açık çevrimli soğutma sisteminin (açık ıslak soğutma kulesi) tasarımında gözetilen amaçlardan biri sistemdeki suyu sistemin çoğu kısmında karbon çeliği kullanımının ekonomik olarak kabul edilebilir olmasını sağlayacak şekilde koşullandırmaktır (inhibitörler, pH kontrolü vb.).

Bu durum musluk suyuna dayanmaktadır. Bu sudaki bileşenlerin yoğunluğu bileşime ve konsantrasyon döngülerine bağlı olarak yükselecek (bazen “kalınlaşma” olarak adlandırılan şekilde) ve böylece çözünen tuzların sayısı oransal olarak artarak koroziyonun de artmasına yol açacaktır. Bu etki inhibitörler ve doğru pH seviyeleri vasıtasıyla baskı altına alınabilir. Böyle bir sistemin tasarımı genellikle suyun karbon çeliği üzerinde koroziyon etkiye sahip olmadığı gerçeğine dayanmaktadır.

Bu nedenle tüpler ve pompalar gibi çoğu kısım karbon çeliğinden imal edilir. Ayrıca bir eşanjördeki tüpler de çoğu zaman karbon çeliğinden yapılmaktadır. Kritik sistemlerde veya daha fazla güvenliğe ihtiyaç duyulan yerlerde tüpler sıklıkla alüminyum pirinçten de imal edilebilir. Soğutulacak aracın koroziyon olması genellikle sorunlara yol açar. Bu yüzden çoğu durumda östenitli çelik veya daha iyi bir alaşım kullanılmalıdır. Bunlar yukarıda da belirtildiği gibi örneğin çukurlaşma veya baskı korozyonu gibi aynı riskleri taşımaktadır.

Kirliliğin en alt düzeyde tutulması son derece önemlidir. Bu kural ilke olarak tüm soğutma suyu sistemleri için geçerlidir. Açık çevrimli bir soğutma sisteminde sıklıkla kullanılan yöntem —yanaklı filtrelemesidir veya kritik soğutucularda (kondansatörler) kendi kendine temizlik sistemi (örneğin sünger topları) kurulur.

IV.4.2 Açık ıslak soğutma kulelerinde tuzlu su uygulaması

[tm110, BDAG, 1995]

Soğutma kulelerinde tuzlu veya acı su kullanımında metal malzemelerin korozyonuna özellikle dikkat edilmelidir. Bu konuda bir dizi gözlem sonucu özetlenebilir. Tuzlu suya dirençli yapılar için sert ahşapla ve basınç uygulanmış ahşapla son derece olumlu deneyimler edinilmiştir. Ancak ikinci gruptaki malzemeler CCA ile uygulanmaktadır ve çevresel olarak anlamlı bir yöntem olarak kabul edilmemektedir. Beton yapılarda sülfata dirençli çimento ve dahili ve harici elemanlar için betonarme iyi sonuçlar vermiştir. Silikon, alüminyum bronz ve/veya paslanmaz çelik de uygulanabilir ancak kaplamalı galvaniz yalnızca su dağıtım seviyesinden yukarıda tatbik edilebilir. Alüminyum / Silikon bronz parçalar için plastik kaplama kullanımı önerilmektedir.

Tabakalı (üst parçalar) ve tabakasız (alt kısımlar) kombinasyonların verimli olduğunun görüldüğü yerlerde dolgu malzemeleri yüksek yük kapasiteli düşük kirliliğe açık olmalıdır. Su akış hızının korozyonun önlenmesi için yeterli ölçüde düşük ancak ağır katıların çökelti yapmasını önleyecek kadar da hızlı olması gerekir. Diğerleriyle birlikte bu özel tedbirler tuzlu su uygulamalarında su arıtım işlemlerine duyulan gereksinimi azaltacaktır.

EK V SOĞUTMA SUYU SİSTEMLERİNİN KOŞULLANMASINDA KULLANILAN KİMYASALLAR

Tüm su soğutma sistemlerinde soğutma sisteminin korunması ve ısı dönüşümünün kabuklaşma, kirlenme ve korozyon nedeniyle azalmasını önlemek için soğutma suyuna çeşitli kimyasal maddeler tatbik edilir. Bu soğutma suyu sorunlarını gidermek veya önlemek için kullanılan katkı maddeleri çok büyük çeşitlilik arz etmektedir. Bu Ek farklı ıslak soğutma sistemlerinde kullanılan farklı katkı maddelerinin genel bir değerlendirmesini yapmak amacıyla Soğutma suyunun koşullandırılması işleminin karmaşıklığını ve bu işlemde kullanılan elemanların oynadığı rolü daha iyi anlatabilmek amacıyla son bölümde bir ıslak soğutma kulesindeki soğutma suyunun arıtımı süreci açıklanmaktadır.

V.1 Korozyon inhibitörleri

V.1.1 Korozyon

Korozyon bir metalin çevresiyle girdiği kimyasal veya elektrokimyasal bir tepkime sonucunda zarar görmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu tepkime sonucunda malzemenin zarar görmesine yol açan metal oksit veya düşük yapısal özellik taşıyan başka bir tuz ortaya çıkar. Soğutma sistemlerinde korozyonun ortaya çıkardığı iki temel sorun vardır. Bunlardan ilki ve en belirgin olanı ekipmanın değiştirme maliyetine ve tesisin faaliyetinin durmasına yol açacak şekilde arızalanmasıdır. ikincisi ise korozyon ürünlerinin birikimiyle eşanjörde ortaya çıkan kirliliğin ısı dönüşümünü azaltarak tesisin verimliliğinde kayba yol açmasıdır.

Korozyona neden olan veya korozyonu artıran nedenler oksijen, tuz içeriği, çökelti oluşumu veya aşırı derecede düşük pH seviyesidir.

Korozyon ayrıca organizmaların gelişiminden kaynaklanan kirliliğin bir sonucu olarak da meydana gelebilir ki, bu tür korozyon mikrokirlilik kaynaklı korozyon (MIC) olarak adlandırılır: asit üreten bakteriler korozyona, titreşen kabuklular ise erozyona neden olur.

V.1.2 Korozyon inhibitörleri

Korozyon inhibitörleri işlevlerine göre sınıflandırılabilir. Bunlar korozif nitelikteki malzemeleri ortadan kaldırır, pasif hale getirir, çökeltir veya absorbe eder. Pasifleştirici (anodik) inhibitörler metal yüzey üzerinde koruyucu bir oksit tabaka oluşturur. Çökeltici (katotik) inhibitörler ise basit kimyasallardır; yüzeyi kaplayarak koruyan çözünmeyen çökeltirler meydana getirirler. Soğutma inhibitörleri metal yüzeyinde soğrulmalarına yol açan kutupsal özelliklere sahiptir.

Korozyon inhibitörlerinin kullanımı sistemden sisteme değişiklik gösterir. **Once-through sistemlerde** polifosfatlar ve çinko tatbik edilirken silikatlar ve molibdatlar sınırlı miktarda kullanılır. Bazı ülkelerde once-through sistemlerde bakır alaşımlı eşanjörler veya kondansatörlerde dozlanan (örneğin demir sülfat gibi) sarı metal inhibitörler haricinde herhangi bir korozyon inhibitörü nadiren kullanılmaktadır.

Açık çevrimli sistemlerde normalde çok daha kapsamlı bir korozyon kontrol programının uygulanması gerekmektedir. Bunun için uzun yıllar boyunca krom bazlı programlar uygulanmıştır. Ancak toksik özellikleri nedeniyle bunların kullanımı önemli ölçüde azalmıştır. Yerlerine kullanılabilecek alternatiflerin varlığı göz önünde bulundurulduğunda bundan sonra da kullanılmamalıdır. Hali hazırda yaygın olarak kullanılan korozyon programları fosfat bazlıdır ve eğer su koşulları gerekli kılıyorsa çinko takviyesi de yapılmaktadır. Korozyon önleme programının seçimi çok zaman alkalın koşulları altında işletim esas alınarak yapılmaktadır (pH seviyesi 8-9); ancak bu koşullar altında biyosit ve dağıtıcı arıtma programlarını da bunlara göre ayarlamak zorunda kalınabilir. Su, doğası itibarıyla daha az koroziftir. Alkalın uygulamasının dezavantajı kabuklaşma potansiyelinin yüksek olmasıdır. Organik fosfonatlarla birlikte alkalın koşulları korozyon ve kabuklaşmaya karşı etkilidir.

Teorik olarak, **kapalı su sistemleri** korozyon inhibitörlerine ihtiyaç duymaz. Başlangıç takviye suyuyla gelen oksijen çok geçmeden sistem metallerinin oksidasyonu ile ortadan kalkacağından bundan sonra da herhangi bir korozyon meydana gelmeyecektir.

Ancak kapalı sistemler genellikle su kaybettiklerinden ve yeteri ölçüde hava sızıntısına maruz kaldıklarından bunların da korozyona karşı korunmaları gerekir. Bir başka teori suyun sistemde bazen aylara varan sürelerle kalmasının korozyon inhibitörleri kullanılarak yoğun bir arıtma ihtiyacını ortaya çıkardığı şeklindedir. Kapalı sistemler için en güvenilir üç korozyon inhibitörü krom, molibdat ve nitrittir. Genel olarak krom veya molibdatın üstün artırıcılar olduğu kanıtlanmıştır. Kromun içerdiği toksisite özellikle drene edilmesi gereken bir sistem söz konusu olduğunda bu malzemenin kullanımını kısıtlamaktadır. Pek çok durumda krom içermeyen bir alternatif mevcuttur ancak bazı üye devletlerde kullanımına hala izin verilmektedir. Molibdat uygulaması etkili bir korozyon koruması sağlamaktadır ve çevresel olarak daha fazla kabul edilebilir.

Son olarak, hangi korozyon inhibitörlerinin en uygulanabilir seçenek olduğunun belirlenmesi sistem koşullarına bağlıdır (kullanılan malzemeler ve pH). Örneğin bakır alaşımları için en uygun korozyon inhibitörleri aromatik azollerdir. Buharlaşmalı çevrimli soğutma sistemlerindeki yoğunluklar aktif bileşen olarak 2 ila 20 mg/l arasında değişmektedir. Bazı anodik inhibitörler için (örneğin krom, molibdat ve nitrit) geçmişte kullanılan yoğunlukların kapalı sistemlerde 500 ila 1000 mg/l arasında olduğu rapor edilmektedir.

V.2 Kabuklaşma inhibitörleri

V.2.1 Kabuklaşma/Tabakalaşma

Eğer eşanjör içindeki su tabakasının tuz yoğunluğu çözünübilirlik sınırlarını aşıyorsa çökeltme meydana gelir. Bu durum kabuklaşma olarak adlandırılır. Ana kabuklaşma türleri kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat olmakla birlikte suda mevcut minerallere bağlı olarak kalsiyum sülfat, silikatlar, Zn ve Mg birikimi de görülebilir. Kalsiyum karbonatın ısı iletkenliği çeliğin yaklaşık 25'te biri kadar olduğundan kabuklaşma eşanjörün performansını azaltır. Kabuklaşma üç ana faktöre bağlıdır: çevrim suyunun mineralleşmesi (alkalinite), yüksek sıcaklığı ve pH seviyesi. Bunların yanında ikincil faktörler de bulunmaktadır: kompleks organik maddelerin bulunması ve eşanjör yüzeylerinin kimyasal kompozisyonu. Ayrıca eşanjör gövdesinin belli bir şekle sahip olması da kabuklaşmayı artırır. Kıvrımlar, eğik kanallar, film yüzey alanı başına düşen yetersiz su akış oranı kabuklaşmayı artırır. Çevrimli sistemlerde yüksek konsantrasyon döngüleri de kabuklaşma nedenleri arasında yer almaktadır.

Film dolgusu çeşitli çökelti türlerine çok hassas olabildiğinden kabuklaşma soğutma kulelerinde sorunlara yol açabilir. Kuledeki buharlaşma nedeniyle (her 10 K soğutma için çevrimin %1,8'i) devri daim suyundaki mineraller ve organik maddelerin konsantrasyonu kabuklaşmaya neden olacak seviyeye çıkabilir.

Kabuklaşmanın özellikle elektrik santrallerinde aşağıdaki nedenlere bağlı olarak ortaya çıktığı rapor edilmektedir:

- Suyun doğrudan soğutma sistemlerinde 30°C'ye, kule destekli devrelerde ise 45°C'ye kadar ısınması,
- Suyun buharlaştırılması soğutma kulelerinden geçişte soğumayı etkileyecektir. Bu buharlaşma eriyik tuzun 1.6 faktörüne kadar veya konsantrasyon faktörünün belirlediği ölçüde yoğunlaşmasına neden olacaktır.
- Suyun kulelerden geçişi sırasında meydana gelen serbest karbon dioksit kayıpları debiye ve sarım tipine bağlı olarak değişkenlik gösteren pH'ta artışa neden olur. Daha eskiden kullanılan, ahşapla sabitlenmiş paketlerle pH 7,5-7,8 arasında iken plastik film paketlerde bu değer büyük kulelerde (900 MW_e veya daha büyük) olduğu gibi küçük kulelerde de (250 MW_e) 8,2-8,4 seviyesine çıkmaktadır

V.2.2 Uygulamadaki kabuklaşma önleme yöntemleri

Kabuklaşma once-through ve açık çevrimli sistemlerde önemli bir rol oynayabilir. Kapalı çevrimli sistemlerde kabuklaşma en önemli konulardan biri olarak düşünülmemelidir. Kabuklaşma bu sistemlerde kayıplar nedeniyle sık sık takviye suyuna gereksinim duyulması halinde ve yukarıda belirtilen faktörlere bağlı olarak meydana gelebilir.

Açık çevrimli soğutma sistemlerinde ve dağıtım sistemlerinde soğutma suyundaki tuzların yoğunluğundaki artışın nedeni soğutma kulesindeki buharlaşmadır ve bu yoğunluk artışı blöf suyuyla kontrol altında tutulacaktır. Devri daim suyundaki partikül çözeltilerin takviye suyundakilere oranı *konsantrasyon faktörü* olarak adlandırılır. Büyük elektrik santrallerinde 2-3 gibi küçük değerlere sahip olan konsantrasyon faktörü bazı çevrimli endüstriyel soğutma suyu sistemlerinde 8-9'a kadar çıkabilir. Endüstrideki (elektrik santralleri değil) tipik konsantrasyon faktörleri 3 ila 5 arasındadır.

Uygulamada kabuklaşma asit dozlamasıyla pH değeri ayarlanarak veya kabuklaşma inhibitörleri yardımıyla kontrol edilir. Elektrik santrallerindeki büyük sistemlerdeki tecrübeler asit uygulamasının (sülfürik asit veya hidroklorik asit) pH seviyesinde herhangi bir değişime yol açmadığını, pH'ın alkalın seviyesinde kaldığını göstermektedir. Asitler bunun yerine daha çok CaCO_3 çökeltilerini önleyerek alkaliniteyi nötralize etmektedir.

Ancak pH kontrolü karbonsuzlaştırılmış suda asit takviyesiyle sağlanabilir. Kalsiyum karbonatların çökmesiyle karbonsuzlaştırma işlemi üç temel faktöre bağlıdır; mineralleştirme (alkalinite), sıcaklık ve devri daim suyunun pH seviyesi. ikincil faktörler ise suda kompleks organik maddelerin bulunması ve eşanjör yüzeylerinin kimyasal kompozisyonudur.

Büyük ıslak soğutma sistemlerindeki eşanjörlerde ve ıslak soğutma kulelerinde kabuklaşmanın önüne geçmek için soğutma suyunun kimyasal arıtımına dair üç alternatif rapor edilmiştir:

- Takviye suyunun karbonsuzlaştırılması (bertaraf edilmesi gereken bir tortu ortaya çıkarır)
- Asit ekleme
- Organik kabuklaşma inhibitörlerinin eklenmesi

En önemli kabuklaşma kontrol ajanları polifosfatlar, fosfonatlar, poliakrilatlar, ko-polimerler ve ter-polimerlerdir. Kabuklaşma kontrol ajanlarının tipik konsantrasyonları aktif bileşik olarak 2 ila 20 mg/l arasında değişir. Sertlik sabitleyicileri kristal oluşumunu önlemekte ve devri daim sistemlerinde kullanılmaktadırlar; ancak once-through sistemlerde ya hiç kullanılmamakta ya da çok nadiren kullanılmaktadır.

Kapalı çevrimli sistemler sert takviye suyu kullanılmak zorunda kalındığı durumlar haricinde primer sistemde kabuklaşma sorununa maruz kalmazlar. Pek çok kapalı sistemde kabuklaşma sorunlarının önüne geçmek için takviye suyu olarak zeolitlerle yumuşatılmış su veya yoğunlaşma suyu kullanılmaktadır. Genel olarak su kaybı veya hava sızıntısı nedeniyle bir miktar korozyon meydana gelir. ikincil soğutma devresinde su açık bir buharlaştırma sistemi içinde devri daim eder. Burada korozyon sorunu ıslak ısı transferinin gerçekleştiği kangalların dış kısmında oluşur.

V.3 Kirlilik inhibitörleri (seyrelticiler/dağıtıcılar)

V.3.1 Kirlenme

Once-through ve **açık çevrimli soğutma sistemlerindeki** suda askıda bulunan çözünmemiş organik partiküller sistemlerin yüzeyinde birikinti oluşturduğunda kirlilik meydana gelir. Partikül maddesi, partikül boyutu ve düşük su akış hızları kirlenmeyi hızlandıran faktörlerdir. Kirlleticiler ise kum, silt, demir oksitler ve diğer korozyon ürünleridir ve bunlar bazı su arıtım kimyasallarıyla da tepkimeye girebilirler. Bunlar atmosferden kaynaklanabilir, soğutma sistemine suyla birlikte (silt, kil) veya proses sızıntıları yoluyla girebilirler. Boyutları 1-100 nm kadar küçük olabilir.

Seyrelticiler soğrulmadan kaynaklanan elektrik yükünü yükselterek partikül (organik) maddeyi (örneğin mikro kirlenme veya çamur tabakası) eşanjör yüzeyinden uzaklaştırıp kirlenmeyi önlemek için kullanılan polimerlerdir. Partiküller böylece birbirini iterek çökmeden asılı kalırlar. Biyositlerin mikro kirliliğe ve çamur tabakalarına nüfuz etmesini kolaylaştırmak için çoğunlukla biyolojik seyreltici olarak adlandırılan yüzey aktif maddeler kullanılabilir. Seyrelticiler eşanjör yüzeylerinin temiz tutulmasına ve böylece korozyon riskinin azaltılmasına yardımcı olurlar. Seyreltici maddelerle birlikte aktif madde olarak 1-10 mg/l seviyesinde biyosit kullanımı yaygın bir uygulamadır.

V.3.2 Uygulanan kirlilik inhibitörleri

En etkili ve aynı zamanda en yaygın olarak kullanılan seyrelticiler düşük molekül ağırlığına sahip anyonik polimerlerdir. En önemli seyrelticiler: organik ve metal sülfonatlar, metal fenolat, metal dialkil ditiofosfonatlar, sodyum dialkil sülfosüksinatlar, polietilen alkil ve alkilik aminler, mono etanol amin fosfat tuzları, poliakrilatlar, polimetakrilatlar ve akrilat bazlı polimerlerdir.

V.4 Biyositler

V.4.1 Biyolojik kirlilik

Organizmaların su veya hava yoluyla sisteme sürüklenmesi biyolojik kirliliğe neden olabilir. Genellikle iki önemli tip biyolojik kirlilikten söz edilebilir. Makro kirlilik (yani midyeler) ve mikro kirlilik (yani bakteriler, mantarlar ve algler).

Makro kirlilik genel olarak once-through sistemlere mahsustur ve deniz suyu veya acı su kullanan sistemlerde tatlı su kullananlara nazaran çok daha ciddi borular ve su yollarında büyük tıkanıklıklara ve erozyon korozyonuna yol açabilir. Makro kirlilik çok zaman tesisin yerine ve su kalitesine özgü bir sorun olup hem nitelik ve hem de türler bakımından çeşitlilik arz eder.

Mikro kirlilikle ilgili sorunlar hem **once through** hem de **açık çevrimli soğutma sistemlerinde** görülür. Islanan yüzeylerde meydana gelen mikrobiyal gelişim biyolojik film tabakalarının oluşmasına yol açar. Biyolojik bileşim veya biyo film canlı hücrelerce ve bunların metabolik yan ürünlerince üretilir. Mikro kirlilik her zaman biyolojik kirlilik gelişiminde birincil kolonileştirici unsurdur.

Biyokirliliğin en önemli etkisi eşanjörlerin ısı dönüşüm kapasitesinde meydana gelen azalma ve artan sürtünme direncinden kaynaklanan enerji kayıplarıdır. Buna ilaveten, açıkta kalan bir metal kirlendiğinde mikrobiyal kaynaklı korozyon sorunu ortaya çıkabilir. Ayrıca mikrobiyal türler soğutma kuleleri vasıtasıyla yayılarak insan sağlığını da tehdit edebilir.

Bir dizi kirlilik karşıtı teknik ve arıtma yöntemi mevcuttur. Bu uygulamalar soğutma suyunun tipi ve ilgili su sorunları Tablo V.1’de özetlenmektedir.

Tablo V.1: Kirlilik ve tıkanıklık oluşturan organizmalar, deniz suyu, kuyu suyu ve tatlı sudaki kirlilik derecesi üzerine araştırma. Son sütünde azaltma verileri sunulmaktadır (Kirlilik derecesi: + biraz; ++ belirgin; +++ ağır olarak belirtilmektedir) (Kaynak: Uygulamalı Hidroloji 10, 1-2, 1998)

Ülke	Soğutma suyu tipi, ilgili kirlilik, tıkanma ve kabuklaşma			Ana kirlilik azaltma teknikleri
	Deniz suyu	Acı su/Hafif tuzlu su	Tatlı su	
Belçika		Hidrozoa + Çamur ++	Çamur ++ Zebra midyeler + Asyatik istiridye + Biryozoonlar ++ Gastropodlar (karından bacaklılar) ++ Soğutma kulelerinde: kabuklaşma ++	Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Hipokloritle süresiz klorlama
Danimarka	Midyeler + Çamur +	Bkz. Deniz	kullanılmıyor	Deniz suyu: Su filtreleme, moloz filtreleri. Aşındırıcı sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği (bazı birimler). Toksik olmayan kirlilik önleyici boyalar.
Fransa	Midyeler +++ Kaya midyeleri ++ Tıkanmalar: Deniz üzümleri (deniz anası) +++ su yosunları +++	Kirlenme: büyük nehir ağzlarında geniş tuzluluk çeşitliği nedeniyle belirli sorunlar yoktur. Tıkanmalar: damla makropitleri +	Zebra midyeler ++ Biryozoonlar ++ Algler ++ Gastropodlar (karından bacaklılar) ++ Asyatik istiridye + soğutma kulelerinde: kabuklaşma ++	Deniz suyu: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği (bazı birimler). Elektro klorlama yoluyla düşük dozda sürekli klorlama (0,5-1,0 mg/L) Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Yılda bir veya iki kez şok klorlama
Almanya			Zebra midyeler + Çamur ++ Soğutma kulelerinde: kabuklaşma ++	Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Hipokloritle süresiz klorlama. H ₂ O ₂ , ozon
İrlanda	Midyeler + Çamur + Tıkanma: Balık +++	Bkz. deniz	Zebra midyeler	Deniz suyu: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Hipokloritle sürekli klorlama

Tablo V.1 (devamı): Kirlilik ve tıkanıklık oluşturan organizmalar, deniz suyu, kuyu suyu ve tatlı sudaki kirlilik derecesi üzerine araştırma. Son sütunda azaltma verileri sunulmaktadır.

(Kirlilik derecesi: + biraz; ++ belirgin; +++ ağır olarak belirtilmektedir) (Kaynak: Uygulamalı Hidroloji 10, 1-2, 1998)

Ülke	Soğutma suyu tipi, ilgili kirlilik, tıkanma ve kabuklaşma			Ana kirlilik azaltma teknikleri
	Deniz	Acı su/Hafif Tuzlu su	Tatlı su	
İtalya	Midyeler +++ Hidroidler ++ Tüp solucanları ++ Kaya midyeleri ++ Çamur ++ Tıkanma: su yosunları + Posidonya +	Tıkanma: su yosunları + moloz +	Zebra midyeler Çamur ++ Tıkanma: sürüklenen bitkiler, yapraklar +	Deniz suyu: Su filtreleme, moloz filtreleri. Aşındırıcı sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Hipoklorit veya elektro klorlama yöntemiyle sürekli veya kesikli klorlama. Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Kesikli klorlama (çok nadiren)
Hollanda	Midyeler +++ Çamur ++ Tıkanma: deniz anası +++ balık ++	Midyeler ++ Çamur + Tıkanma: balık +	Zebra Midyeler + Çamur ++ Tıkanma: balık ++	Deniz & Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. ısı artıma. Hipoklorit yöntemiyle sürekli veya süreksiz klorlama
Norveç			Hidro enerji: yalnızca göç eden balıklarla ilgili sorunlar	
Portekiz	Midyeler ++ Çamur +		Asyatik istiridye +	Deniz suyu: Su filtreleme, moloz filtreleri. Aşındırıcı sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği (bazı birimler). Elektroklorlama yoluyla düşük dozda sürekli klorlama (0,5-1,0 mg/L) Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği.
İspanya	Çamur + Tüp solucanları + Midyeler ++ istiridyeler +		Çamur ++ Soğutma kulelerinde: kabuklaşma ++	Deniz & Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Süreksiz klorlama, hipoklorit veya elektro klorlama yoluyla düşük ve şok doz
İngiltere	Kaya midyeleri + Midyeler ++ Çamur ++ Tıkanma: balık +++ Su yosunları ++ Deniz anası +	Bkz. deniz	Çamur ++ Soğutma kulelerinde: kabuklaşma ++	Deniz & Tatlı su: Su filtreleme, moloz filtreleri. Sünger toplarıyla çevrim içi kondansatör temizliği. Hipoklorit ve elektro klorlama yoluyla sürekli klorlama (kışın kesikli)

V.4.2 Uygulanan Biyosidal Arıtım Yöntemleri

Endüstriyel açık ıslak soğutma sistemlerinde biyolojik kirlilikle mücadele etmek için soğutma suyuna biyosit katılır. Biyositler ve biyositlerin kullanımı ve etkileri hakkında birçok araştırma yapılmış olup bu konuda çok sayıda yayın bulunabilir.

Biyositler soğutma suyunda mikro biyolojik gelişimi yavaşlatan, besleme suyundaki toplam hücre sayısını azaltan ve biyofilm matrisinin kararlılığını zayıflatan ve böylece soğutma sistemindeki organik kirliliği minimize eden maddelerdir. Mikrobiyolojik gelişim mikroorganizmaların, bakterilerin, alglerin, mantarların gelişimi yanında istiridyeler, kaya midyeleri ve midyeler gibi makro organizmaların gelişimini de içerir.

Biyositler genelde oksidan veya oksidan olmayan biyositler olarak tanımlanır. Oksidan biyositler kirlletici organizmaların kendilerine karşı geliştirebileceği direnci sınırlayan, spesifik olmayan geniş bir biyosidal etkinlik spektrumuna sahiptirler. Oksidan olmayan biyositler etkinlik bakımından daha seçici ve daha karmaşıktırlar ve bu nedenle oksidan biyositlere nazaran daha uzun bir tepkime süresine ihtiyaç duyarlar.

Bununla birlikte biyositlerin doğal toksisitesi bunların neden olduğu çevresel sorunların da en büyük kaynağıdır. Soğutma sistemlerinde kullanılan bazı antimikrobiyal maddeler suda hızla bozunan ve böylece bazı potansiyel çevresel zararları yumuşatan bileşiklerdir. Bu kimyasal bozunmaya çoğu zaman bileşiğin toksisitesinde bir azalma da eşlik eder. Bileşik soğutma suyuna eklenebilir, sistemdeki mikropları öldürme görevini başarıyla yerine getirebilir ve ardından daha az toksik kimyasallar oluşturacak şekilde bozunur.

Biyosit tüketimi soğutma sisteminin tipine, su kaynağına (tatlı veya tuzlu), mevsime, prosesten kaynaklanan organik madde sızıntısına ve sistem yarı ömrüne bağlıdır. **Once-through sistemlerde** neredeyse yalnızca biyositler kullanılır. Genel olarak, bunlar hipoklorit benzeri oksidatif biyositler veya hipobromit gibi türev maddelerdir.

Açık çevrimli soğutma sistemlerinde biyosit kullanımı bir oksidatif biyositin tek başına veya bir oksidatif olmayan biyositle birlikte kullanılması şeklindedir. Oksidatif olmayan biyositlerin ve diğer koşullandırma ajanlarının tüketim şekli ve miktarı tamamen çevrimli soğutma suyu sistemlerine göre belirlenir. Ayrıca bazı kapalı çevrimli soğutma sistemlerinde hiç biyosit eklenmediği de gözlenmiştir.

Tablo V.2 bazı Avrupa Birliği Üye Ülkelerinde kullanılan biyosit miktarlarını göstermektedir.

V.4.3 Oksidan biyositler

Endüstriyel soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan oksidan biyositler halojenler, klor ve brom, sıvı veya gaz formda organik halojen donörleri, klor dioksit ve ozon, monokloramin ve peroksitlerdir. Deniz suyu koşullarında, sahip olduğu etkinlik ve hipokloritle karşılaştırıldığında brom hidrokarbonları (özellikle bromoform, klor dibromometan, bromodiklorometan ve dibromoasetonitril) ve trihalometanların (THM) oluşumunda sağladığı azalma nedeniyle klor dioksit uygulamalarına olan ilgi giderek artmaktadır. Diğer taraftan, klor dioksit ClO_3^- iyonlarına sebep olmaktadır.

Kompakt ve ucuz olması nedeniyle bazı yerlerde klor gazı (Cl_2) da kullanılmaktadır ancak bu madde yığın olarak depolandığında güvenlik riski oluşturmakta ve ayrıca uygulama sırasında güçlükler ortaya çıkarmaktadır.

Sodyum hipoklorit büyük once-through sistemlerde en yaygın olarak kullanılan oksidan biyositir. Sodyum hipoklorit deniz kıyısındaki tesislerde deniz suyunun elektrolizi vasıtasıyla üretilmektedir. Elektro klorlama olarak adlandırılan bu işlem tehlikeli klor gazı veya çözeltilerinin taşınması ve depolanması sorununu ortadan kaldırır. Sodyum hipokloritin aktif klor olarak tüketimi tuzlu sistemlerinin içinde ve etrafında genel olarak tatlı su sistemlerinden daha düşüktür; çünkü tatlı sudaki çözünmemiş ve partikül organik madde miktarı daha yüksektir. Yüksek brom içeriği nedeniyle, deniz suyunda halojenli canlıların oluşumunun tatlı suya nazaran daha düşük olacağı rapor edilmekle birlikte bunu doğrulayacak herhangi bir yayın yoktur.

Tablo V.2: Bazı Avrupa Birliği Üye Ülkelerinde yaygın olarak kullanılan bazı oksidan biyositlere ilişkin tahmini tüketim seviyeleri (kg/yıl) (KEMA, 1996)

Grup	Oksidan biyositler	İngiltere (1993) ²	Hollanda (1995) ³	Fransa (1998)
Klor bazlı	Sodyum hipoklorit	731000 ^{1,5}	1800000 ⁴	817000 ⁶
	Sodyum dikloroizosiyanurat	19300		
	Klor dioksit	13000		
Brom bazlı	Sodyum bromit	356000	22500	
	1-bromo-3-kloro-5,5-dimetilhidantoit (BCDMH)	286000	1000	
Diğerleri	Hidrojen peroksit	910		
	Perasetik asit	975		
Notlar: ¹ aktif içerik olarak tahmin edilen kullanım miktarı (formüle edilen ürün olarak miktarlar daha yüksektir) ² tüm soğutma suyu sistemlerinde ³ yalnızca çevrimli sistemlerde ⁴ Cl₂ olarak ölçülen ⁵ İngiltere’de çoğu kıyı elektrik santralinde daha çok elektro klorlama kullanıldığından bu sayı eksik bir tahmindir ⁶ fosil yakıt kullanan elektrik santrallerinde elektro klorlama yoluyla üretilen Cl₂ olarak				

Bu aynı zamanda ağır derece kirlilik görülen limanlardan aldığı suyu kullanan soğutma sistemleri için de geçerli olacaktır. Süreksiz veya yarı-süreksiz klorlama her geçen gün daha ve daha çok uygulanıyor olsa bile sürekli “düşük” klorlama önerilmektedir. Ancak bunun için soğutma sisteminin ve soğutma suyunun daha yoğun bir şekilde izlenmesi gerekir. Gerek klor gazından ve gerekse sodyum hipoklorit solüsyonundan en aktif kimyasal türler bölünmemiş hipoklorik asittir. Bu son derece reaktif bir oksidandır ve sudaki organiklerin çoğuyla tepkimeye girerek trihalometan (THM) kloroformu (3-5%) ve diğer klorlu organik maddeleri oluşturur. Serbest klor ayrıca amonyakla tepkimeye girerek klor aminleri veya muhtelif eriyik organik bileşiklerle tepkimeye girerek de farklı organohalojenli bileşikler (örneğin THM, klorofenoller) meydana getirir. Bu soğutma sisteminin kendi içinde de meydana gelir ve bu ilk klor talebi karşılandıktan sonra kalan klor biyosidal faaliyetine devam edebilecektir.

Oksidan biyosit hipobromöz asit (HOBr) kullanımı hipoklorite bir alternatif oluşturabilir. Hipobromöz asidi hipo klor asidi için geçerli olandan daha yüksek pH seviyelerinde çözünmemiş olarak kalır. Bunun anlamı pH 8 veya daha yukarı seviyelerde serbest oksidan HOBr’nin çözünmüş hipo klor iyonu OCl⁻ den daha etkili bir biyosit olduğudur. Dolayısıyla alkalın tatlı suda etkin hipo bromit dozu eşdeğer hipokloritten çok daha düşük olabilir. Yine de bromit organikleri klorlu eşdeğerlerine nazaran 2-3 kat daha toksiktirler, çok daha hızlı çözünürler ve daha düşük bir talep söz konusu olduğunda çevresel olarak belirgin bir avantaj sunarlar. Ancak deniz suyunda bromit iyonlarının hipokloritle oksidasyonu hızlı bir hipobromit oluşumuna neden olur; deniz suyunun klorlanması bromlaşmasına neredeyse eşdeğerdir ve hipoklorla karşılaştırıldığında hipobromöz seçeneği çevresel olarak çok az miktarda fayda sağlayabilir.

Çevrimli sistemlerde bromit ve sodyum hipoklorit, klor amin ve peroksit bir arada kullanılırlar ki, bu uygulamanın aynı zamanda daha düşük miktarda çevresel olarak zararlı maddelere yol açacağı beklenmektedir. Bu işlemin bir dezavantajı yüksek serbest oksidan (FO) çözeltisi konsantrasyonlarında kanserojen brom oluşumunun meydana gelmesi olasılığı olabilir. Bir başka muhtemel kaynak doğal suların brom iyonlarının oksidasyonu yoluyla ozonlanması olabilir.

Bromat içeriği sodyum hipoklorit üretmek için kullanılan tuzlu sudaki brom yoğunluğuna bağlıdır. Deniz suyunun elektrolizi yoluyla üretilen, sodyum hidroklorik çözeltilerindeki teorik maksimum bromat (BrO_3^-) yoğunluğu 100 mg/l veya her 1 gr klorda 3 mg civarındadır. Ticari hipoklorit çözeltilerindeki bromat yoğunluğu geniş bir aralık içermektedir. Klor üretimi için yoğunlaştırılmış tuzlu su kullanılıyorsa bu yoğunluk her gr klor için 0,15 ila 4,0 mg BrO_3^- aralığındadır.

V.4.4 Oksidan olmayan biyositler

Oksidan olmayan biyositler spesifik hücre bileşenleri ile veya hücredeki reaksiyon yolu ile görece yavaş tepkiyen maddelerdir. Aşağıdaki oksidan olmayan biyositlerin yaygın şekilde kullanıldığı belirtilmektedir: 2,2-dibromo-3-nitropropionamide (DBNPA), glutarik aldehit, kuaterner amonyak bileşikler (QAC), izotiyonazololler, halojenli bisfenoller ve tiyokarbamatlar. Ancak bunlar dışında piyasada mevcut diğer pek çok biyositin kullanım miktarı ve sıklığı da geniş bir çeşitlilik arz etmektedir. Tablo V.3 bazı oksidan olmayan biyositlerin tüketimine ilişkin bilgi vermektedir.

Oksidan biyositler yerine oksidan olmayan biyositlerin kullanımı yalnızca oksidan biyositlerin yeterli düzeyde koruma sağlayamayacağı, örneğin yüksek organik yüke sahip sistemler veya günlük kontrolün uygulanmadığı çevrimli ıslak soğutma sistemler gibi durumlarda önerilmektedir. Çoğunlukla sodyum hipoklorit kullanılan büyük çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde bazen devredeki serbest oksidanların doğru seviyede olduğundan emin olmak için sabit izleme uygulanır. Bununla birlikte daha küçük ölçekteki pek çok çevrimli ıslak soğutma sisteminde ve tesis sahasında düzenli olarak eleman bulundurmaman su şirketlerince işletilen sistemlerde oksidan biyositlerden daha çok su kalitesinden az etkilenen oksidan olmayan biyositlerin kullanımı tavsiye edilir [tm005, Van Donk and Jenner, 1996].

Oksidan olmayan biyositler esas olarak açık buharlaştırmalı çevrimli soğutma sistemlerinde uygulanır. Bunlar genel olarak soğutma suyu sistemlerinde suya 0.5 ppm ile 50 ppm (çok nadiren 100 ppm) arasında değişen oranlarda aktif içerik konsantrasyonu vermek için tatbik edilir.

Oksidan olmayan biyositler mikro organizmalar üzerinde spesifik hücre bileşenleri ile veya hücredeki reaksiyon yolları ile tepkimeye girerek etki gösterirler. İlk tepkime hücre duvarına zarar vermeyi hedeflerken ikinci tepkimenin amacı hücrenin enerji üretimi veya enerji kullanımını sağlayan biyo-kimyasal mekanizmaya zarar vermektir.

Kuaterner amonyak bileşikler katyonik yüzey aktif moleküllerdir. Bunlar bakterilerin, mantarlar ve alglerin hücre duvarına hasar verir ve böylece hücre duvarının geçirgenliğini artırarak proteinlerin denatürasyonuna ve en sonunda da hücrenin ölümüne sebep olurlar. izotiazolonlar türe özgü değildir ve hücredeki ATP sentezine karışırlar. Diğerleri arasından metilen(bis)tiyo-siyanat (MBT) bakterilere ve mantarlara karşı yaygın olarak kullanılmakta olup bu biyositin biyo molekülleri bağlayarak zorunlu azaltma ve oksidasyon reaksiyonlarını önlediğine inanılmaktadır. Gerek aerobik gerekse anaerobik bakterilere karşı glutaraldehit kullanılmaktadır.

Tablo V.3: Bazı Avrupa Birliği Üye Ülkelerinde yaygın olarak kullanılan bazı oksidan olmayan biyositlere ilişkin tahmini tüketim seviyeleri (kg/yıl) (KEMA, 1996)

Grup	Oksidan olmayan biyositler	İngiltere (1993) ²	Hollanda (1995) ³	Fransa (1998)
QAC	Dimetil kokobenzil Amonyak kloru	23400 ¹		
	Bezil- alkonyum amonyak bileşikler	21400		
	Toplam QAC tahmini	71152		
izotiyazo linler	5-kloro-2-metil-4-izotiyazolin-3 -on	13200		
	Toplam izotiyazolinler	18000	1500	
	Halojenli bisfenoller (dikloropen + fentiklor)	12150		
	Tiyokarbamatlar	56800		
Diğerleri	Glutaraldehid	56400	750	
	Tetraalkil fosfonyum klorit	9500		
	2,2-dibromo-3 -nitrolo-propiyonamid	17200	800	
	Metilen (bis)tiyo-siyanat (MBT)	2270	1450	
	β-bromo-β-nitrostyrene (BNS)	231	1950	
	Yağ aminleri			20000 ⁴
	Diğerleri	4412		
	Tahmini toplam	234963	6450	
Notes: ¹ aktif içerik olarak tahmin edilen kullanım (miktarlar formüle edilen ürün olarak daha yüksektir) ² tüm soğutma sistemlerinde ³ yalnızca çevrimli sistemlerde ⁴ fosil yakıtlı, deniz kıyısında kurulu elektrik santrallerinde kullanılan aktif ürün				

V.4.5 Biyosit kullanımını belirleyen faktörler.

[tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]

Aşağıdaki faktörler biyositlerin kullanımına odaklı olmakla birlikte diğer katkı maddelerinin kullanımına da uygulanabilir.

- Etkinlik**

Bu ifadenin açıkça çağrıştırabileceği gibi, bir biyosit kullanıldığı özel durumda etkin olmak zorundadır. Ancak bir sistemde etkin olan bir biyositin veya bir soğutma suyu arıtım programının birbirlerinin birebir eşdeğeri gibi bir görünüm arz etseler bile bir başka sistemde aynı ölçüde etkin olmayabileceğini kabul etmek gerekir. Bu durumun nedenlerinden biri bir dirençli veya toleranslı mikroorganizma popülasyonunun gelişebileceği gerçeğidir. Oksidan biyositler söz konusu olduğunda bu risk oksidan olmayan biyositlere göre daha düşüktür.

- Sistem tipi**

Sistem tipi ıslak soğutma sistemlerindeki soğutma suyunun hidrolik yarı ömrünü ve dolayısıyla biyositle soğutma suyu arasındaki temas süresini belirler. Kalma/bekleme sürelerinin kısa olduğu once- through ıslak soğutma sistemlerinde genellikle hızlı tepkiyen oksidan biyositler kullanılır. Şimdilerde Hollanda'da biyositlerin kullanıldığı once-through sistemlerde sodyum hipoklorit uygulanmaktadır. Şu sıralarda daha yavaş tepkiyen oksidan olmayan biyositler yalnızca çevrimli ıslak soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Çevrimli soğutma sistemlerinin büyük bir çoğunluğunda (> % 90) NaOCl, Cl₂, ClO₂ veya NaOCl/NaBr uygulanmaktadır.

Özellikle soğutma suyuna saçılan bazı biyositlerin proses akışkanlarıyla reaktivitesi göz önünde bulundurulduğunda biyosit seçiminde proses tipi önemli bir faktördür. Metal endüstrisinde metalin doğrudan soğutulması gibi bazı prosesler soğutma suyunda özel koşullar meydana getirirler. Soğutma suyuna sızan proses akışkanları biyolojik gelişimde besin olarak rol alabilir.

- **Su kalitesi**

Suyun kimyasal ve biyolojik kalitesi soğutma suyu arıtım programının seçimini ve dolayısıyla uygulanacak biyositin seçimini etkiler. Makro kirlilik yaratan organizmaların meydana geliş suyun kalitesiyle çok yakından ilgilidir. Genel olarak konuşmak gerekirse yüzey suyunun biyolojik niteliğinin artması ıslak soğutma sistemlerinde makrokirliliğin artmasına neden olabilir.

Mikroorganizmalar söz konusu olduğunda, karşılaşılan organizmaların tipinin tanımlanmasında su tipi çok önemli bir rol oynamaz. Teoride mikrobiyal gelişim için ideal pH seviyesi yaklaşık olarak 7'dir. Asit koşulları mantarların gelişimini hızlandırırken 8'in üzerindeki pH değerleri de alglerin gelişimini yavaşlatacaktır. Ancak pratikte mikro organizmalar son derece yüksek bir adaptasyon yeteneğine sahiptirler ve çok çeşitli sistemlerde koloni oluşturabilirler. Bunun bir açıklaması mantarların gelişmek için asit ile nötr arasında değişen ortamları tercih ettiğine ve bir alkaline sistemde bakteriler tarafından bastırılacaklarına ilişkin yaygın inanıştır. Bu varsayım temel olarak doğrudur; ancak bu tür bir sisteme antifungal (mantar karşıtı) faaliyete sahip olmayan bir bakteri öldürücü uygulanırsa çoğu zaman, pH seviyesinin 9 olduğu ortamlarda bile, meydana gelen kontaminasyon mantar sporlarının sistemin kolonileşmesine izin verir.

Once-through sistemlerde sodyum hipoklorit dozlaması pH değerini bir miktar yükseltse bile (ancak bu artış miktarını ölçmek genellikle imkânsızdır) soğutma sisteminin içindeki pH değeri içeri alınan suyun pH değerine eşittir. Açık buharlaştırmalı çevrimli sistemlerde pH değeri çok zaman asit (genellikle sülfürik asit) veya baz (genellikle sodyum hidroksit) takviyesi yapılarak veya doğal alkalinite çevrimiyle 7-9 aralığında kalacak şekilde kontrol altında tutulur.

Bir biyosit olarak sodyum hipoklorit ve sodyum hipobromit uygulamasında pH değerinin hipohalous asitle hipohalit iyon arasındaki dengeyi çok büyük ölçüde etkilediği iyi bilinmektedir. Hipohalojenik asitler anyonik formlarına nazaran yaklaşık 100 kat daha toksiktirler. Bu nedenle, pH değeri teorik olarak örneğin hipoklorit dozunun toksisitesi üzerinde etkili olacaktır.

Pratikte once-through sistemlerde pH değeri etkilenemez. Tatlı su once-through sistemleri tipik olarak 7-8 pH aralığındaki soğutma suyunu kullanırken deniz suyu ile soğutulan sistemlerde ise kullanılan soğutma suyunun pH değeri 8 civarındadır. Bu nedenle yukarıda belirtilen denge en çok once-through sistemlerdeki arıtımın etkinliğiyle ilgilidir; çünkü soğutma suyunun kalıntı süresi ve böylece biyositin soğutma suyundaki organizmalarla temas süresi görece kısadır.

Islak soğutma sistemleri genellikle 7-9 aralığındaki pH değerlerinde işletilir. Kimya endüstrisindeki deneyimler 9 pH değerinde işletilen bir çevrimli sistemin daha düşük pH değerinde işletilen başka bir sistemden daha az hipoklorit kullandığını ve arıtım verimliliğinde herhangi bir verimlilik kaybı yaşanmadığını göstermektedir. Çevrimli sistemlerde hipokloritin akıbetiyle ilgili geniş kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan elde edilen ana bulgu ise 8,5 pH seviyesinde işletilen bir sistemde dozlanan hipokloritin yaklaşık %5-10'unun kulede kaybolduğu şeklindedir. Aynı kayıp pH değerinin 7'nin altında olduğu sistemlerde %30-40 civarındadır.

Bunun açıklaması hipoklorit anyonunun soğutma kulesinden atılamadığı şeklindedir. Bu durum hipohalojenik asitteki durumun tersidir. Buradan, pH 9 seviyesinde hipoklorit dozlamasının, yalnızca %1 ila 5'inin asit formunda kalıyor olduğu gerçeğine rağmen eşit ölçüde etkin olduğu, çünkü tüketilen hipohalojenik asidin derhal anyonik formda mevcut fazladan ikmal edileceği sonucuna varılmaktadır. Bu nedenle varılan genel sonuç çevrimli sistemlerin daha yüksek bir pH değerinde işletilmesinin etkin bir mikrokirlilik kontrolü için ihtiyaç duyulan hipoklorit miktarını azaltacağı şeklindedir.

Yüzey sıcaklığı deniz biyolojisinin gelişimini etkilemekte ve bu özelliği nedeniyle once-through soğutma sistemlerinde uygulanacak arıtım programının seçiminde bir faktör olarak kullanılabilir. Hollanda'da once-through sistemlerde kış aylarında hızlı bir makro kirlilik gelişimi görülmemektedir. Bu nedenle su sıcaklıkları 12°C'den düşükken biyosit dozlaması yapılması zorunlu değildir. Ciddi ölçüde makro kirlilik görülen ve kabuklu üremesinin tüm bir yıla yayıldığı Akdeniz kıyılarında once-through soğutma sistemi kullanan sanayi tesisleri oksidan biyosit dozlamasına tüm bir yıl boyunca devam etmektedir. Genelde su sıcaklığı türlerin çeşitliliğini, gelişim hızını ve ihtiyaç duyulan biyosit miktarını önemli derecede etkileyecektir. Once-through sistemlerde havza suyu eklenen suyun sıcaklığı (ΔT) 8 - 12 °C civarındadır ve maksimum deşarj sıcaklığı ile sınırlanmaktadır. Kimi zaman daha yüksek deşarj sıcaklıklarına izin verilebilse de aynı kısıtlama çevrimli sistemlerin deşarj noktalarında da geçerlidir. Çevrimli havza suyu sıcaklıkları 20 - 30 °C veya daha yüksek olabilir. Hollanda'da makro kirliliğe neden olan türlerin büyük çoğunluğu 30 °C sıcaklığa uzun süre maruz kalmayı tolere edememektedir; ancak acı su midyesi benzeri bazı türler bu sıcaklıklarda çok hızlı gelişmektedir.

Yüksek konsantrasyon faktörüne sahip çevrimli sistemlerde giriş suyunun sertliği ve organik malzeme miktarı kabuklaşmanın ölçüsünü ve korozyon inhibitörü ihtiyacını belirleyeceğinden çok büyük önem taşımaktadır. Gerek once-through sistemlerde gerekse çevrimli sistemlerde soğutma suyu içindeki organik madde (çözünmüş katılar, asılı katılar) miktarı çok önemlidir çünkü bunlar biyosit ihtiyacını belirlemektedir. Genelde biyosit talebini artıracak tüm maddelerin minimum seviyeye indirilmesi önerilir.

V.4.6 Diğer su arıtım kimyasallarıyla etkileşimler

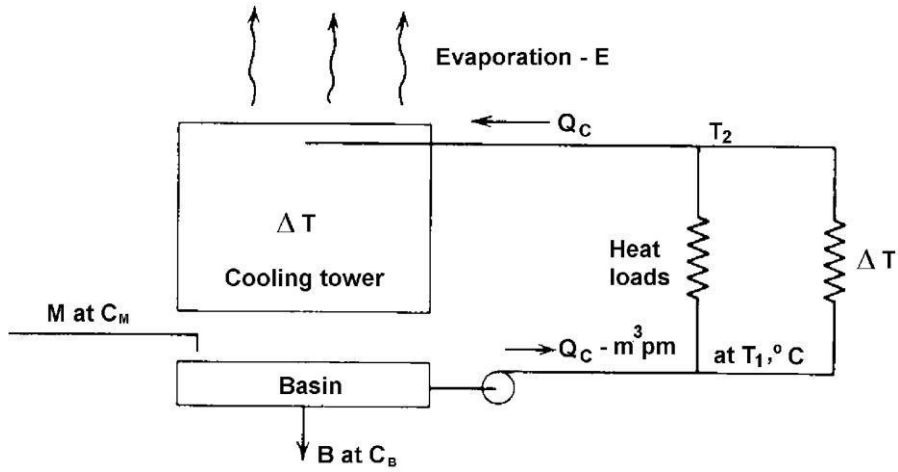
Korozyon ve kabuklaşma inhibitörleri gibi diğer katkı maddeleri aynı zamanda uygun biyosit seçimi üzerinde de etkiye bulunur. Bazı biyositler birbirlerinin etkinliğini sınırlandırırken bazen de tersi yönde fayda sağlayabilir. Örneğin;

- QAC'ların okside edici biyositlerce ve anyonik seyreltici ajanlarca kısmen nötrleştirildiği bilinmektedir;
- Diğer taraftan sodyum hipoklorit uygulaması izotiyazolonları stabilize etmektedir;
- Ozon o kadar güçlü bir oksidandır ki neredeyse diğer tüm soğutma suyu katkı maddelerini okside eder. Bu da ekipmanın korunması için belli bir ölçüde ozon uygulamasına ardışık olarak başvurulmuş korozyon inhibitörleri üzerinde bir sorun ortaya çıkartır.

V.5 Konsantrasyon döngüleri ve su dengesi

Açık buharlaştırmalı soğutma kulelerinde katkı maddelerinin tatbiki karmaşık ve büyük ölçüde su dengesiyle ve sistemin işletildiği konsantrasyon döngüleriyle ilişkili bir süreçtir. Katı dengesinin düzeltilmesinde blöf önemli bir tedbirdir ve soğutma sistemi performansının ve soğutma suyu arıtımının optimizasyonunda önemli rol oynar. Blöf prensibinin kısa bir açıklaması aşağıda Şekil V.1'de görülmektedir.

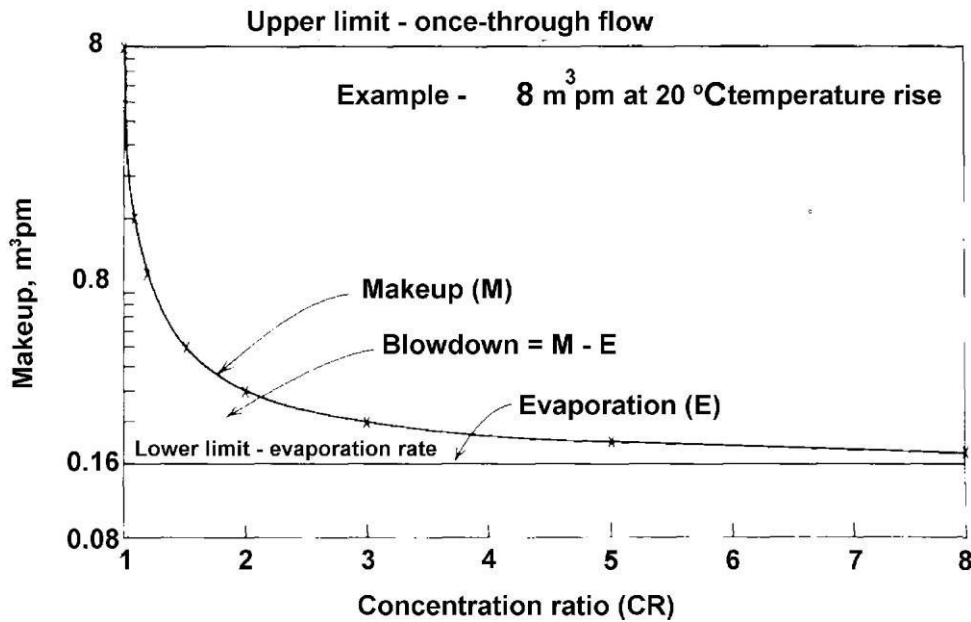
Bir miktar soğutma suyu (Q_c) sistemde dakikada m^3 ölçüsünden devri daim etmektedir. Eşanjörü geçen soğutma suyu soğutma kulesinde buharlaştırma ve konveksiyon (ısı dağıtım) yoluyla soğutulmaktadır. Buharlaşma (E), damla, rüzgârlanma ve sızıntılar nedeniyle soğutma suyu miktarı azalmakta ve bunun sonucunda sudaki tuz yoğunluğu kabuklaşma ve korozyona yol açacak şekilde artmaktadır.



(Evaporation = Buharlaşma; Cooling tower = soğutma kulesi; Basin = Su Havzası)

şekil V.1: Soğutma kuleli buharlaştırmalı bir soğutma sisteminde kule ve katı dengesi [tm135, Anonymous, 1988]

Bu durum sistemin karştırılması, yani blöflenmesi yoluyla dengelenmekte ve takviye suyu katılması yoluyla telafi edilmektedir. Sistem dengelenmek zorunda olduğundan konsantrasyon oranı (CR) şu şekilde gösterilir: $CR = M/B = C_b/C_m$ (çünkü $M \times C_m = B \times C_b$).



(Upper Limit – once-through flow = Üst Limit – once-through akış; Make-up, m³/pm = Takviye, m³/pm; Example- 8m³/pm at 20 °C temperature rise = Örnek- 20 °C sıcaklık artışında 8m³/pm; Makeup (M) = Takviye (M); Blowdown = $M - E$ = Blöf = $M - E$; Evaporation (E) = Buharlaşma (E); Lower limit – evaporation rate = Alt limit – Buharlaşma oranı; Concentration Ratio (CR) = Konsantrasyon Oranı (CR))

şekil V.2: Buharlaştırmalı bir soğutma sisteminde takviye akımının konsantrasyon yoluyla azaltılması [tm135, Nalco, 1988]

$M = E+B$, bu yüzden $CR = (E+B)/B = E/B+1$ ve bu eşitlikten yola çıkılarak

$$\mathbf{B = E/(CR-1)}$$

Bu, soğutma suyu arıtımında çok faydalı bir eşitliktir. Takviye ve blöf konsantrasyonlarına dayanarak konsantrasyon döngüleri belirlendikten sonra sistemden kaybolan fli blöf veya sistemi istenen döngü sayısında tutmak için gerekli blöf miktarı hesaplanabilir.

EK VI AVRUPA BİRLİĞİ ÜYELERİNDEKİ MEVZUATA ÖRNEK

Aşağıdaki metin soğutma sistemlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması amacıyla Avrupa’da başarıyla uygulanmış olan mevzuata bir örnek vermek için eklenmiştir.

31 Ocak 1994 tarihli Genel idari Düzenleme

Yüzey Sularına Yönelik Atık Su Deşarjıyla ilgili Olarak

Uyulması Gereken Minimum Gerekliliklere ilişkin

Genel idari Çerçeve Düzenlemesi

(Ağustos 2000 tarihi itibarıyla revizyonda)

EK 31: Su Arıtımı, Soğutma Sistemleri, Buhar Üretiminden

Alıntı

1 Kapsam

- 1.1 Kirlilik yükü esas olarak endüstriyel proseslerdeki soğutma sistemlerindeki soğutma suyunun arıtımından kaynaklanan atıksular.

2 Gereklilikler

Atıksu deşarjında aşağıdaki gereklilikler sağlanmalıdır. Kimyasal oksijen talebi, amonyak, nitrit ve nitrat azotunun toplamı olarak ifade edilen azot ihtiyacı ve inorganik fosfor bileşikleri ile filtrelenebilir maddelere ilişkin talep genel olarak kabul görmüş teknik kurallara göre belirlenmiş olup geriye kalan gereklilikler mevcut en iyi teknolojileri esas almaktadır.

Bu gereklilikler günlük 0,5 m³ veya daha az miktardaki atıksu deşarjlarına uygulanmayacaktır.

2.1 Genel Gereklilikler

Atıksu –fosfonatlar ve poli-karboksilatlar haricinde- Mayıs 1981 tarih ve 301A – 301E sayılı OECD Kılavuzları vasıtasıyla hazır biyolojik çözünürlüğün belirlenmesine yönelik Kimyasallar Kanununca öngörülen temel seviye gerekliliklerine göre hazır çözünürlüğe sahip olmayan herhangi bir kompleks yapıcı organik ajan içermemelidir.

Atıksu yardımcı kaynakların kullanımı ve işletiminden kaynaklanan krom bileşikleri veya cıva bileşikleri, nitrit, organometalik bileşikler (metal karbon bağları) veya merkaptobenzotiyazol gibi maddeleri içermemelidir.

İlk ve ikinci paragraflardaki gerekliliklere uyum sağlandığının kabulü için belirtilen maddelerin kullanılmaması, kullanılan tüm işletme ve yardımcı kaynaklarının bir işletme bülteninde listelenmesi ve bu tür maddelerin kullanılan işletme ve yardımcı kaynaklarda bulunmadığını ve işletme koşulları altında bu tür maddelerin ortaya çıkmayacağını gösteren imalatçı beyanının hazır bulundurulması gerekmektedir.

2.3 Soğutma sistemlerinden kaynaklanan atıksuya ilişkin gereklilikler

2.3.1 Tek geçişli veya açık uçlu tatlı su soğutma sistemlerindeki su

Mikrobiyal maddelerle şok arıtımı uygulandıktan sonraki gereklilikler şu şekildedir:

	Nitelikli rastgele örneklem veya <u>2-saatlik karma örneklem</u> (mg/l)
Klor dioksit, klor ve brom (klor olarak ifade edilen)	0,2
<u>Absorbe edilebilir organik halojenler (AOX)</u>	<u>0,15</u>

Atıksuda hidrojen peroksit ve ozon harici mikrobisidal maddeler bulunmamalıdır. Bu gerekliliklere uyum sağlandığının kabulü için belirtilen maddelerin kullanılmaması, kullanılan tüm işletme ve yardımcı kaynaklarının bir işletme bülteninde listelenmesi ve bu tür maddelerin kullanılan işletme ve yardımcı kaynaklarda bulunmadığını ve işletme koşulları altında bu tür maddelerin ortaya çıkmayacağını gösteren imalatçı beyanının hazır bulundurulması gerekmektedir.

2.3.2 Elektrik santrallerinde birincil soğutma devrelerinin temizliğinden kalan su (çevrimli soğutma sistemlerinde yıkama suyu)

<u>Rastgele/random örneklem (mg/l)</u>	
Kimyasal oksijen talebi (KOİ)	30
Fosfor olarak fosfor bileşikleri, toplam ²	1,5
<i>Yalnızca inorganik fosfor bileşiklerinin kullanılması halinde, parametre fosfor değeri 3 mg/l'ye yükselir.</i>	

Mikrobiyal maddelerle şok arıtımı uygulandıktan sonraki gereklilikler şu şekildedir:

<u>Rastgele/random örneklem (mg/l)</u>	
Absorbe edilebilir organik halojenler (AOX)	0,15
Klor dioksit, klor ve brom (klor olarak ifade edilen)	0,3
<u>Gazılı bakteri toksisite T_B</u>	<u>12</u>

Gazılı bakteri toksisitesi gerekliliğinin yerine getirilmiş olarak kabul edilebilmesi için de yıkama devresinin girdi konsantrasyonları ve biyolojik bozunma davranışı hakkındaki imalatçı kılavuzlarına uygun olarak 12 veya daha düşük bir T_B değerine ulaşana kadar kapalı tutulması gerekmektedir.

Atıksuda soğutma suyu koşullandırma ajanlarından kaynaklanan çinko bileşiklerinin bulunmaması gerekir. Bu gerekliliklere uyum sağlandığının kabulü için çinko bileşiklerinin kullanılmaması, kullanılan tüm işletme ve yardımcı kaynaklarının bir işletme bülteninde listelenmesi ve kullanılan soğutma suyu koşullandırma ajanlarının/maddelerinin çinko bileşiklerini içermediğini gösteren imalatçı beyanının hazır bulundurulması gerekmektedir.

2.3.3 Diğer soğutma devrelerinin yıkama suyundan kaynaklanan atıksu

	<u>Rastgele örneklem (mg/l)</u>
Kimyasal oksijen talebi (KOİ)	40
<i>KOİ parametresinin değeri seyrelticilerle temizlik yapıldıktan sonra 80 mg/l seviyesine çıkar.</i>	
Fosfor olarak fosfor bileşikleri, toplam ²	3
<i>Yalnızca çinkosuz soğutma suyu koşullandırma ajanlarının kullanılması halinde, parametre fosfor değeri 4 mg/l'ye yükselir. Eğer kullanılan çinkosuz soğutma suyu koşullandırma ajanları yalnızca inorganik fosfor bileşiklerini içeriyorsa bu değer 5 mg/l seviyesine yükselir.</i>	
Çinko	4
Absorbe edilebilir organik halojenler (AOX)	0,15

Mikrobisidal maddelerle şok arıtımı uygulandıktan sonraki gereklilikler şu şekildedir:

	<u>Rastgele örneklem (g/l)</u>
Klor dioksit, klor ve brom (klor olarak ifade edilen)	0,3
Absorbe edilebilir organik halojenler (AOX)	0,5
<u>Işıldayan bakteriler (luminescent bacteria) toksisitesi T_B</u>	<u>12</u>

Işıldayan bakteri toksisitesi gerekliliğinin yerine getirilmiş olarak kabul edilebilmesi için yıkama devresinin girdi konsantrasyonları ve biyolojik bozunma davranışı hakkındaki imalatçı kılavuzlarına uygun olarak 12 veya daha düşük bir T_B değerine ulaşana kadar kapalı tutulması gerekmektedir.

- 2.5 Tutma havuzları söz konusu olduğunda tüm değerler rastgele örneklem için geçerli değerlerdir. Buradaki değerler suyun boşaltılmadan önceki kalitesiyle ilgilidir.
- 2.6 KOİ parametresi ile ilgili olarak Madde 2.3'te belirtilen gerekliliklere uyum sağlanıp sağlanmadığı toplam organik karbon (TOC) ölçümüyle kontrol edilebilir. Bu durumda KOİ değeri yerine litrede miligram olarak ifade edilen TOC değerinin üç katı ile değiştirilecektir.

2) DIN 38406 - E22 (Mart 1988 edisyonu) standardına veya eşdeğer bir başka ölçüm ve analiz prosedürüne uygun olarak orijinal örneklemde yapılan belirleme.

EK VII AÇIK ISLAK SOĞUTMA KULELERİ İÇİN BİR GÜVENLİK KONSEPTİ ÖRNEĞİ (VCI KONSEPTİ)

VI I.1 Konseptte Giriş

Bu güvenlik konsepti yüzey sularının sistemdeki suyla birlikte deşarj edilen ve su havzaları üzerinde uzun dönemli bozucu etkiler meydana getiren maddelerin zararlarına karşı korunmasıyla ilgili katkı sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Konsept once-through soğutma sistemleri ile bağlantılı izleme ve değişim tedbirlerini tanımlamakta ve soğutma suyuna deşarj edilebilecek maddelerin yarattığı kirliliğin kalıcılığının bir fonksiyonu olarak once-through sistemlerin yerine başvurulabilecek alternatifleri incelemektedir.

Bir maddenin su havzası üzerinde uzun dönemli bozucu değişikliklere neden olma veya zarar verme potansiyeli zararlı maddelerle ilgili Avrupa mevzuatı çerçevesinde oluşturulan R-kalıpları esas alınarak belirlenebilir. Aşağıdaki tabloda da görüleceği üzere, her R-kalıbına bu kalıbı korunan varlıklarla, su çevresiyle ve insan sağlığı ve toprakla ilişkilendiren bir puan verilir. ilgili maddeye atanan R-kalıplarına ait puanlar toplanarak toplam puan elde edilir. Daha sonra bu toplam puan kirlilik bulaşan soğutma suyuyla ilgili gerekli güvenlik tedbiriyle karşılaştırılır. Söz konusu tedbirlerin uygulamaya konulmasıyla ve uygulanan teknoloji ilgili kararlar elbette yalnızca ilgili tekil firmalar ve özel koşullara ilişkin elde mevcut bilgiler çerçevesinde alınabilir.

Bu konseptin yeni tesislere derhal uygulanması, bu gereklilikleri karşılamayan mevcut soğutma sistemlerinin ise aşağıda belirtilen süreler içinde tadil edilmesi önerilecektir:

- Toplam puanı 9'un üzerinde olan maddeler için 5 yıl,
- Toplam puanı 0-8 arasında olan maddeler için 8 yıl.

Toplam puanı 5'in üzerinde olan maddeler söz konusu olduğunda once-through soğutma sistemlerinin izlenmesi sorunu her bir özel olayın gereklilikleri hesaba katılarak aşılabacaktır.

Bu güvenlik konseptinin gereklilikleri endüstriyel saflaştırma tesislerine veya uygun bir su saflaştırma tesisine bağlı olmayan tüm soğutma suyu akımları için geçerlidir. Toplam puanı 4'ten düşük olan maddelerle ilgili gereklilikler bir kanalizasyon arıtma tesisine gerçekleştirilen dolaylı deşarjları kapsamamaktadır.

Tablo VII.1: Proses maddelerinin toplam puanının hesaplanmasında kullanılan bazı R- kalıplarının puanları

Puan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eko-toksisite ve bozunma / biyolojik birikme				52/53		51/53		50/53	
Eko-toksisite ve / veya Bozunma/ biyolojik birikme n.y.d.				* 3)		* 2)		* 1)	
Eko-toksisite			52			50			
Eko-toksisite n.y.d.						*			
Bozunma/ biyolojik birikme			53						
Bozunma ve / veya biyolojik birikme n.y.d.			*						
Akut memeli toksisitesi (tercihen akut oral toksisite)	22 20/22 21/22 20/21/22 21 20/21 65		25 23/25 24/25 23/24/25 24 23/24		28 26/28 27/28 26/27/28 27 26/27				
Akut memeli toksisitesi n.y.d.					*				
Kanserojenlik ve / veya mutajenlik		40							45 ve / veya 46
Geri dönülmez etki		40/21 40/22 40/20/22 40/21/22 40/20/21/22		39 39/24 39/25 39/23/25 39/24/25 39/23/24/25		39/27 39/28 39/26/28 39/27/28 39/26/27/28			
Tekrarlı Maruz kalma		33 48 48/21 48/22 48/20/22 48/21/22 48/20/21/22		48/24 48/25 48/23/25 48/24/25 48/23/24/25					
Çoğalma toksisitesi		62 ve / veya 63		60 ve / veya 61					
Suyla tehlikeli tepkime			29 15/29						

Bir önceki sayfada yer alan Tabloya ilişkin açıklamalar:

n.y.d. = özellikler henüz belirlenmedi (test edilmedi veya bilinmiyor)
* = "eko-toksosite", "bozunma / biyolojik birikim" ve "akut toksosite" özelliklerinden biri veya birkaçı test edilmemiş veya bilinmiyorsa geçerli olan puan

- Dipnot 1) - Eko-toksosite ve bozunma ve / veya biyolojik birikim n.y.d veya eko-toksosite n.y.d ve kolay bozunma kanıtlanmadı.
- Eko-toksosite n.y.d ve biyolojik birikim potansiyeli var veya R 50 olarak sınıflanmış ve bozunma ve / veya biyolojik birikim n.y.d.
Dipnot 2) - Eko-toksosite > 1 ve <= 10 mg/l ve bozunma ve / veya biyolojik birikim n.y.d.
Dipnot 3) - Eko-toksosite > 10 ve <= 100 mg/l ve bozunma n.y.d.
Dipnot 4) - R-kalıplarının açıklaması için bkz. EK 2

VII.2 Konseptin gereklilikleri

Soğutma teknolojisi üzerindeki gereklilikler soğutma suyuna girebilen maddelerin en yüksek toplam puanlarınca belirlenir. Bu gereklilikler aşağıdaki tabloda özetlenmektedir.

Tablo VII.2: Soğutma teknolojisi için VCI güvenlik konsepti

0 puan	1-4 puan arası	5-8 puan arası	> 9 puan
(D1+A1)	(D1 + A1 + U1)	(D1 + A2 + U1) (D1 + A1 + U1)	(D3 + A2 + U1) / (D2 + A2 + U2) / (Z) (E) / (K) / (L) / (S)
.../...alternatif seçenekler			

D1, A1 ve U1 her zaman daha yüksek değerli D2 (veya D3), A2 ve U2 ile değiştirilebilir.

Tablodaki kodlar şu şekilde tanımlanmaktadır:

- D1 Once-through soğutma sistemi;
D2 Kuşkuyla yer bırakmayacak şekilde ve kontrollü olarak proses basıncı üzerinde tutulan bir soğutma suyu basıncına sahip once-through soğutma sistemi (soğutma suyu basıncı soğutma sisteminin hidrolik prosesler de dahil hiçbir noktasında proses basıncının altına düşmemelidir);
D3 Soğutucusu yüksek kalite anti-korozif malzemeden imal edilmiş ve düzenli olarak bakımı yapılan once-through soğutma sistemi;
Z Deşarj öncesinde analitik kontrol gerçekleştirilen ara depo;
E Birincil / ikincil devreler aracılığıyla soğutma (dekuplaj/ayırmak);
K Yeniden-soğutma sistemleri vasıtasıyla çevrimli soğutma;
L Hava soğutma sistemi;
S Özel soğutma sistemi (örneğin ısı pompaları, emmeli soğutma tesisleri, buhar sıkıştırma sistemleri, ısı transformatörleri);

- A1 Soğutma suyunun analitik veya diğer uygun yöntemlerle izlenmesi;
- A2 Soğutma suyunun otomatik analitik izlenmesi (Ek'e uygun olarak);
- U1 Soğutma suyu deşarjının bekleme tesislerine veya bir arıtma tesisine (söz konusu tesisin serbest bırakılan maddenin bertarafına uygun koşullara sahip olması şartıyla) veya rezerv soğutma sistemine acil aktarımı veya ilgili üretim tesisi kısmının kapatılması;
- U2 Soğutma suyu deşarjının bekleme tesislerine veya bir arıtma tesisine (söz konusu tesisin serbest bırakılan maddenin bertarafına uygun koşullara sahip olması şartıyla) veya rezerv soğutma sistemine otomatik aktarımı veya ilgili üretim tesisi kısmının kapatılması.

VII.3 EK 1

Once-through soğutma sistemlerinde otomatik analitik izleme

Eğer sızıntı yeterli ölçüde güvenli ve hızlı bir şekilde tespit edilebiliyorsa once-through soğutma sistemlerinin izlenmesi için otomatik analitik sistemlerin kullanılması uygun olacaktır. Bu bağlamda analitik sistemin trend verisi sunması yeterlidir. Bu sistemlerde mutlak yoğunlukların ölçümü zorunlu değildir; yalnızca normal durumlardan sapmaların tespiti yeterlidir.

Ölçüm soğutma suyu akımındaki sensörler vasıtasıyla gerçekleştirilebileceği gibi soğutma suyu akımı dışında yarı-sürekli otomatik örnekleme yoluyla da yapılabilir.

Aşağıdaki parametreler ve analitik metotlar için, once-through soğutma sistemlerinin yukarıdaki anlamda otomatik izlenmesine imkân veren uygun ekipmanlar piyasada bulunmaktadır. Bu amaçla ekipman seçimi ile ilgili olarak genelde sistemin güvenilirliği kesinlikten daha büyük önem taşımaktadır.

Uygun sistemin seçiminde bir sızıntıya bağlı olarak serbest kalan maddeler belirleyici rol oynamaktadır. Bundan da daha önemli olan bir başka faktör ise incelenen olayın özel koşullarıdır. Bu bağlamda öncelikle otomatik analitik izlemenin aşağıdaki Liste 1’de yer alan bir parametre veya analitik metotla yürütülebilir yürütülemeyeceğinden emin olunmalıdır. Eğer bunun mümkün olmadığı görülüyorsa sistemlerin bu kez Liste 2’ye uygun olarak kullanılabilirliği değerlendirilmelidir.

Liste 1:

- pH değeri,
- İletkenlik
- Redoks (indirgenme – yükseltgenme) potansiyeli
- Bulanıklık
- Kırılım ölçümü
- Fotometri
- Yağ uyarı ekipmanı
- Köpük uyarı ekipmanı
- Cıva monitörleri

Liste 2:

- TC (Toplam karbon)
- TOC (Toplam organik karbon)
- DOC (Çözülmüş organik karbon)
- FID (alev iyonlaşma dedektörü) yoluyla tasfiye edilebilir maddeler
- TOC / FID kombinasyonu
- Tasfiye edilebilir organik klor bileşikleri
- Bakteriyel toksisite ölçücüler

VII.4 EK 2

VCI puanı hesaplaması için kullanılan R-kalıpları

Tablo VII.3: Soğutma sistemi seçiminde VCI puanının hesaplanmasında kullanılan R- kalıplarının açıklaması

R 20/21	Teneffüs edilmesi ve cilde teması halinde zararlı.
R 20/21/22	Teneffüs edilmesi, cilde teması ve yutulması halinde zararlı.
R 20/22	Teneffüs edilmesi ve yutulması halinde zararlı.
R 21	Cilde temas etmesi halinde zararlı.
R 21/22	Cilde temas etmesi ve yutulması halinde zararlı.
R 22	Yutulması halinde zararlı
R 23/24	Teneffüs edilmesi ve cilde teması halinde toksik
R 23/24/25	Teneffüs edilmesi, cilde teması ve yutulması halinde toksik
R 23/25	Teneffüs edilmesi ve yutulması halinde toksik
R 24	Cilde temas etmesi halinde toksik
R 24/25	Cilde temas etmesi ve yutulması halinde toksik
R 25	Yutulması halinde toksik
R 26/27	Teneffüs edilmesi ve cilde teması halinde yüksek derecede toksik
R 26/27/28	Teneffüs edilmesi, cilde teması ve yutulması halinde yüksek derecede toksik
R 26/28	Teneffüs edilmesi ve yutulması halinde yüksek derecede toksik
R 27	Cilde temas etmesi halinde yüksek derecede toksik
R 27/28	Cilde temas etmesi ve yutulması halinde yüksek derecede toksik
R 28	Yutulması halinde yüksek derecede toksik
R 29	Suyla teması toksik gaz salınımına yol açar
R 33	Birikimli etki tehlikesi
R 39	Çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/24	Cilde temas etmesi halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/25	Yutulması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/23/25	Teneffüsü ve yutulması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/24/25	Cilde teması ve yutulması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/23/24/25	Teneffüsü, yutulması ve cilde teması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/27	Cilde temas etmesi halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/28	Yutulması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/26/28	Teneffüsü ve yutulması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/27/28	Cilde teması ve yutulması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 39/26/27/28	Teneffüsü, yutulması ve cilde teması halinde çok ciddi geri dönülemez etkilere yol açma tehlikesi
R 40	Olası geri dönülmez etki riski
R 40/21	Zararlı: Cilde temas halinde olası geri dönülemez etki riski
R 40/22	Zararlı: Yutulması halinde olası geri dönülemez etki riski
R 40/20/22	Zararlı: Teneffüs edilmesi ve yutulması halinde olası geri dönülemez etki riski

Tablo VII.3 devamı	
R 40/21/22	Zararlı: Cilde teması ve yutulması halinde olası geri dönülemez etki riski
R 40/20/21/22	Zararlı: Teneffüs edilmesi, cilde teması ve yutulması halinde olası geri dönülemez etki riski
R 44	Kapalı halde ısıtılması durumunda patlama riski
R 45	Kansere neden olabilir
R 48	Uzun süre maruz kalınması halinde sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/21	Tahriş edici: Cilde teması halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/22	Tahriş edici: Yutulması halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/20/22	Tahriş edici: Teneffüs yoluyla ve yutma halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/21/22	Tahriş edici: Cilde teması ve yutma halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/20/21/22	Tahriş edici: Teneffüs edilmesi, cilde teması ve yutma halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/24	Toksik: Cilde teması halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/25	Toksik: Yutulması halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi
R 48/23/25	Toksik: Teneffüs yoluyla ve yutma halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/24/25	Toksik: Cilde teması ve yutma halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 48/23/24/25	Toksik: Teneffüs edilmesi, cilde teması ve yutma halinde uzun süreli maruz kalma durumunda sağlığa ciddi ölçüde zarar verme riski
R 50	Sudaki organizmalar üzerinde çok zehirli
R 51	Sudaki organizmalar üzerinde zehirli
R 52	Sudaki organizmalar üzerinde tahriş edici
R 53	Su çevresinde uzun süreli olumsuz etkilere sebebiyet verebilir
R 60	Doğurganlığı zayıflatabilir
R 61	Doğmamış çocuğa zarar verebilir
R 62	Doğurganlığın zayıflaması riski
R 63	Doğmamış çocuk üzerinde olası zarar riski
R 65	Tahriş edici: Yutulması halinde akciğer hasarına sebep olabilir
R 15/29	Suyla teması halinde toksik ve yanıcı gazlar açığa çıkar

EK VIII SOĞUTMA SUYU KİMYASALLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ÖRNEKLERİ

VIII.1 Soğutma suyu kimyasalları için kıyas değerlendirme konsepti

VIII.1.1 Giriş

Genel

Soğutma BREF'inin “yatay” nitelik taşıdığı ve bu anlamda büyük ölçüde soğutulacak prosese ve bu prosesin konumuna (özellikle iklim, su arzı vb. koşullar) bağımlı olduğundan bir “MET soğutma sistemi” tanımlamanın imkânsız olduğu açıktır.

Bu nedenle, BREF kapsamında ele alınacak yaklaşım Üye Devletlere hangi seçeneklerin mevcut olduğunu belirleme ve bunlar arasından IPPC izni amaçlarına uygun MET'i temsil edecek (gerek ekipman ve gerekse “işletme koşulları” anlamında) optimum soğutma çözümünü seçme safhasında yardımcı olmak için gerekli “araçları” sağlamak olmalıdır.

Öncelikle, söz konusu seçimler “tesis ekipmanları” bağlamında esas olarak yeni sistemlerin inşası sırasında gerçekleştirilecek olmakla birlikte mevcut sistemlerin tadili veya modernizasyonu bağlamında da yapılacaktır.

ikincisi gerek mevcut gerekse yeni tesislerde uygulanan “işletme koşulları” ayrı bir inceleme konusu olarak ayrılmıştır. Bu “koşulların” önemli temel unsurlarından biri soğutma sisteminin verimliliğinin ve tesis ömrünün kimyasal maddelerin kullanımı yoluyla optimizasyonudur. MET temelli optimizasyon kararları alınırken izin koşullarını karşılamak için hangi kimyasal maddelerin ve ne miktarda kullanılacağına belirlenmesi gerekmektedir.

TWG kapsamında basitçe “benchmarking” (kıyaslama) olarak adlandırılan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Kıyaslama yaklaşımının amacı Üye Devletlerin farklı kimyasal maddeleri çevresel etkileri açısından birbiriyle karşılaştırmasına yardımcı olacak bir yöntem sunmaktır. Bu tür karmaşık kararların alınması sırasında böyle bir araçtan yoksun olunması yerel düzeyde hangi soğutma sistemlerinin MET olacağının belirlenmesi sürecinin önünde önemli bir engel teşkil edebilir.

Aşağıda tanımlandığı gibi, bu tür risk temelli bir kıyaslama aracının geliştirilmesinde esas teşkil eden unsurların büyük çoğunluğu hali hazırda Topluluk mevzuatında ve resmi destek dokümantasyonunda bulunabilir. Bu yaklaşım IPPC Direktifi, Su Çerçeve Direktifi, Risk Değerlendirme mevzuatı ve “Teknik Kılavuz Belgesinde” yer alan unsurları birbiriyle uyumlu bir şekilde toparlayarak soğutma kimyasallarının değerlendirilmesine katkıda bulunacak bir araç sunmak amacını gütmektedir.

VIII.1.1.1 Arka plan

TWG daha ilk toplantılarından itibaren soğutma suyu kimyasallarının değerlendirilmesi için gerçekleştirilecek her türlü çalışmada hem yapısal özelliklerin hem de yerel koşulların dikkate alınmasının zorunlu olduğu hususunda bir uzlaşi içinde olmuştur (*risk bazlı yaklaşım*).

izleyen Kıyaslama Değerlendirme Konsepti mevcut değerlendirme şemaları ve metodolojileri göz önünde bulundurularak oluşturulmuş olup olası arıtma rejimlerinin gerek yapısal özellikler ve gerekse yerel koşulları dikkate alan bir uygun bir yaklaşımla değerlendirilmesi için bir başlangıç noktası sunmayı amaçlamaktadır.

Değerlendirme konsepti Yapısal Zarar Yaklaşımının incelenmesi yerine Kıyaslama (bağıl sıralama) Prosedürünün açıklanması görevine yoğunlaşmaktadır.

Konsept esas olarak tek tek maddelere odaklanmakta ve yöntemin çok maddeli bütüncül kimyasal işlemlere nasıl uyarlanabileceği meselesine ilişkin kısa açıklamalara yer vermektedir.

Ayrıca, yöntemin ileride once-through ve kapalı sistemlere yaygınlaştırılması ihtimali bulunmakla birlikte, şimdilik yalnızca en karmaşık (ve en sık uygulanan) açık çevrimli sistemler (buharlaştırılmalı soğutma kuleli soğutma sistemleri) ile ilgilenilmektedir.

VIII.1.1.2 İlgili mevzuat arka planı

Burada MET kaynak dokümanlarının geliştirilmesine yol açmış olan mevzuat gereklilikleriyle ilgili herhangi bir ayrıntıya girmeye gerek duyulmamaktadır. Şimdilik, yalnızca, IPPC Direktifinin bilgi değişimine ilişkin 16.2 Maddesini ve Komisyonun IPPC listesindeki tesislerle ilgili Emisyon Limit Değerlerinin belirlenmesinde Üye Devlet Kuruluşlarına rehberlik ve destek faaliyetlerinde bulunmak üzere oluşturduğu Bilgi Değişim Forumu girişimini belirtmek yeterli olacaktır.

Bununla birlikte, Direktifin temel özelliklerinden birinin altını çizmekte fayda vardır: emisyonların ve bunların çevre üzerindeki etkilerinin emisyon limit değerlerini belirleyen “kombine” bir MET metodu vasıtasıyla kontrolü çevresel kalite standartlarıyla karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilecektir.

Ayrıca bu bağlamda ilgili pek çok konu kısaca Su Çerçeve Direktifine (WFD) uyarlanacaktır.

Soğutma sistemlerindeki kimyasal işlemlerin etkileri her ne kadar çoklu-ortam değerlendirmesine konu olabilecekse de bu kimyasalların kullanımından kaynaklanan sorunların esas olarak kirlilik yapıcı maddelerin ana alıcı ortamıyla, yani su çevresiyle ilgili olduğunu belirtmek de doğru olacaktır.

Bu nedenle Su Çerçeve Direktifinin ilgili kısımlarını kısaca gözden geçirmek gereklidir.

VIII.1.1.3 Su Çerçeve Direktifi (WFD)

Su Çerçeve Direktifi Endüstriyel IPPC Tesislerinden kaynaklanan emisyonların kontrolü ve önlenmesinde kullanılacak araçları tanımlamaktan daha ileri giderken gerçekte IPPC Direktifiyle önemli bir bağ da kurmaktadır. Direktif Komisyonun tehlikeli maddeleri önceliklendirmek için kullanacağı yöntemleri ve izleyeceği prosedürleri belirlemekte ve bu amaçla Konsey ve Avrupa Parlamentosunca benimsenecek emisyon kontrollerini ve EQS’leri (Çevresel Kalite Standartları veya “Kalite Standartları”) oluşturmaktadır.

Dahası, Direktif belirlemiş olduğu amaçlara ulaşılabilmesi için Üye Devletlere herhangi bir Nehir Havzasında konuyla ilgili görülen diğer her tür madde için de uyulması gereken Kalite Standartlarını belirleme hakkını ve görevini vermektedir.

Bundan daha önemlisi, Direktif sudaki kimyasal maddelerin Çevresel Kalite Standartlarının (EQS’ler) hesaplanması için EK V Kısım 1.2.6’da Üye Devlet Kuruluşlarınca kullanılacak basit bir prosedürü de içermektedir.

Bir başka deyişle, kombine bir yaklaşımın izlenmesi için IPPC Direktifince zorunlu kılınan koşullardan birini yerine getirmektedir: Kalite Standartlarının hesaplanmasında kullanılacak metotlar ve prosedürler.

Su Çerçeve Direktifine göre (Ek V Kısım 1.2.6), Üye Devletler söz konusu EQS’leri şu şekilde belirleyeceklerdir:

Test Metodu	Güvenlik Faktörü
Baz sete ait üç beslenme (trofik) seviyesinin her birinden en az birer adet akut L(E)C ₅₀	1000
Bir kronik NOEC (tuzlu sulardan balık veya küçük organizma veya temsili bir organizma)	100
İki trofik seviyeyi temsil eden türlerden iki kronik NOEC (tuzlu sulardan balık veya küçük organizma veya temsili bir organizma ve / veya algler)	50
Üç trofik seviyeyi temsil eden en az üç türden kronik NOEC (Normal olarak tuzlu sular ve alglerden balık, küçük canlı veya bir temsili organizma)	10
Daha kesin güvenlik faktörlerine izin veren, saha verileri veya model ekosistemleri de içeren diğer olaylar hesaplanacak ve uygulanacaktır	Olay bazında değerlendirme

Bu tablonun önemi ve sonuçlarına ilişkin daha ayrıntılı bir analiz daha sonra gerçekleştirilecek olmakla birlikte bu noktada değinilmesi gereken birkaç nokta bulunmaktadır:

- Bu temel üzerine geliştirilen Kalite Standartları insanlar üzerindeki dolaylı etkileri göz önünde bulundurmadan yalnızca su sisteminin korunmasını dikkate alır
- Yukarıdaki tablodan yola çıkılarak bulunan değerler Tahmini Etkisiz Konsantrasyonlardır (PNEC) (bkz. 793/93/EEC sayılı Düzenlemeye ilişkin Teknik Kılavuz Belgesi)
- Komisyon hesaplanan toplam su etki puanı bileşenlerinin biyolojik birikim puanı ile insan sağlığına yönelik etki puanından oluştuğu bir sisteme dayanan bir Önceliklendirme Prosedürü geliştirmiştir. Prosedür Komisyonun AB seviyesinde kontrol edilecek maddeler için önerdiği öncelik listesinin belirlenmesinde esas alınacak temel oluşturulmasında kullanılmıştır. Bu kontrol ise emisyon kontrollerinin ve Su Çerçeve Direktifi uyarınca kabul edilecek EQS'lerin yardımıyla sağlanacaktır.

Aşağıdaki kıyaslama değerlendirme konsepti aynı zamanda yukarıda belirtilen Hesaplama Kalite Standartlarına dayanmaktadır. Bu ise aşağıdaki gerekçelere dayanmaktadır:

- Yöntem BREF bağlamında açık, basit, şeffaf ve kolay kullanımlı olmalıdır.
- Bunun kanıtlanması için çok sayıda çalışmaya gerek duyulmasına rağmen su çevresi çok büyük bir olasılıkla zincirin en zayıf halkasıdır.
- Kıyaslama metotları AB'nin kimyasal maddelerle ilgili mevzuatıyla (Yapısal Zararlar) birlikte kullanılacaktır. Bu da zararlı maddelerin sınıflandırmasında biyolojik birikimin, CMT özelliklerinin (kanserojen, mutajen ve teratojenik etkiler) kronik etkilerin yol açtığı potansiyel dolaylı olumsuz etkilerin (hem su çevresine hem de insan sağlığına yönelik) değerlendirilmesini içerir.
- Su Çerçeve Direktifi ayrıca Üye Devletlerin içme Suyu Kaynağı olarak kullanılması düşünülen sularla ilgili EQS'leri belirlemesini de öngörmektedir: bu koşul insan sağlığının en önemli maruziyet yollarından birinde hesaba katılmasını sağlayacak bir diğer kontrol bileşeni olarak rol oynayacaktır.

VIII.1.2 Kıyaslama: Konseptin tanıtımı

Kıyaslama Değerlendirme Konsepti standart hale getirilmiş bir teorik ölçü olan Tahmini Çevresel Yoğunluğu kullanarak gerçekleştirilen maddeler arası karşılaştırma yöntemine dayanmaktadır (burada bundan böyle PECstandart olarak kullanılacaktır). Bu PECstandart maddeye karşılık gelen Tahmini Etkisiz Yoğunluğuyla (PNEC) veya EQS ile karşılaştırılır ki bu da Su Çerçeve Direktifinin EK V'inde açıklanan yöntem uygun olarak belirlenir. Bu şekilde, her madde için bir oran hesaplanabilir. Bu oranlar da maddelerin potansiyel etkilerine dayanan bir başlangıç sıralaması oluşturulmasını sağlar.

PNEC ve PEC terimleri burada mevzuata emisyonlar bağlamında dâhil olduğundan ve bunlar genel bilgi açısından büyük önem taşıyacağından kavramları bu noktada Kıyaslama Prosedüründeki rolleri bağlamında açıklığa kavuşturmak faydalı olacaktır.

VIII.1.2.1 PNEC

Kıyaslama Prosedürü BREF’te belirtilen kimyasalları sıralamak amacı gütmemektedir.

Gerçek yaşamdaki durum karmaşıktır; çünkü soğutma sistemlerinde başvuru kimyasal işlemler çok nadiren yalnızca tek bir maddeden meydana gelmektedir. Uygulanan işlemleri bir BREF kapsamında sıralamaya çalışmak, bu kimyasal işlemlerde kullanılabilecek muazzam çeşitlilikte madde bileşiminin bir şekilde sıralandırılmasını gerektiren bir “katkı” prosedürünün uygulanması anlamına gelmektedir. Bu bileşimlerin mevcut olduğunu varsaysak bile bu çalışma büyük bir emek ve zaman gerektirmektedir ve neredeyse kesin bir şekilde söyleyebiliriz ki ulaşacağımız her sonuç yanlış veya günü geçmiş sonuçlar olacaktır.

Bu nedenle bu Değerlendirme Konsepti kimyasal işlemler veya maddelerin sayısal değerlendirmesi yerine standart bir metodoloji önermektedir.

Bu durumda Üye Devlet (MS) Kuruluşları bu metodolojiyi Üye Devlet seviyesinde veya daha iyisi yerel seviyede uygun gördükleri şekilde kullanabilir.

Her halükârda PNEC izin değerlendirmeleri için su toksisite verileri mevcut olmalı ve kimyasal madde tedarikçilerince hazır edilmelidir.

Ayrıca belirtmekte fayda vardır ki, EK V prosedürü ve ilgili tablo Komisyon tarafından Su Çerçeve Direktifi bağlamında yakın zamanlarda ele alınmamıştır. Aslında yaklaşım ve tablo Mevcut ve Yeni Kimyasallarla ilgili Riskin değerlendirilmesine ilişkin Teknik Kılavuz Dokümanından türetilmiştir. (ilgili kısmın bir çıktısı VII.1.6 EK I içinde verilmektedir).

Burada yalnızca birkaç küçük açıklama yapmak yerinde olacaktır.

Mevcut veriler ne kadar az ise toksisite verilerini PNEC’lere dönüştürmek için kullanılacak değerlendirme faktörü (çarpan) o denli büyük olacaktır.

Kronik verinin mevcut olması faktörü azaltır. Üç trofik seviyede kronik veri mevcutken bir dizi ara durum üzerinden ilerlemek 10 faktörünün kullanılmasına izin verir. Yalnızca akut toksisite verilerine sahip olduğumuzda kullanmamız gereken çarpan ise 1000’dir. Kronik testlerin yürütülmesi maliyetleri akut test maliyetlerinden daha yüksektir. Bu nedenle kronik toksisite verilerine nazaran daha fazla akut toksisite verisi bulunması muhtemeldir.

Kıyaslama Prosedürü yerel olarak uygulanırken eldeki veriler karşılık gelen değerlendirme faktörüyle birlikte kullanılmalıdır.

Bu durumda kronik veri elde etmek için ek bir yatırım yapıp yapılmayacağı kararı kimyasal maddelerin tedarikçisine bırakılacaktır. Örneğin, verili bir tesis için, yalnızca akut verilerin kullanılması (dolayısıyla bir EQS’in hesaplanmasında belirsizliği hesaba katarak LC50’nin 1000 “güvenlik faktörüne” bölünmesi) nihai EQS’e uyum sağlanmasını güçleştirebilir. Bu durumda tedarikçi daha “kesin”, bununla birlikte daha fazla zaman alan ve pahalıya mal olan kronik veri elde etme seçeneğine sahiptir. Kronik veri kullanılması test sonuç konsantrasyonlarının 10 güvenlik faktörüne bölüneceği anlamına gelir. Bu da daha “kesin” ve aynı zamanda daha ulaşılabilir EQS değerleri elde edilebilmesini sağlar.

VIII.1.2.2 PEC

Bir soğutma sisteminde kullanılan kimyasal maddeler bağlamında "reel" bir PEC kimyasal maddenin deşarj edilmesinden ve nehir suyuyla karışıp seyrelemesinden sonra deşarj noktasından belli bir uzaklıkta erişeceği nihai yoğunluk olarak anlaşılmalı ve tanımlanmalıdır.

Bir soğutma sisteminde kullanılan kimyasal madde bir süre sonra uğrayacağı değişimleri belirleyen bir dizi fiziko-kimyasal koşula tabidir. Buna örnek vermek gerekirse:

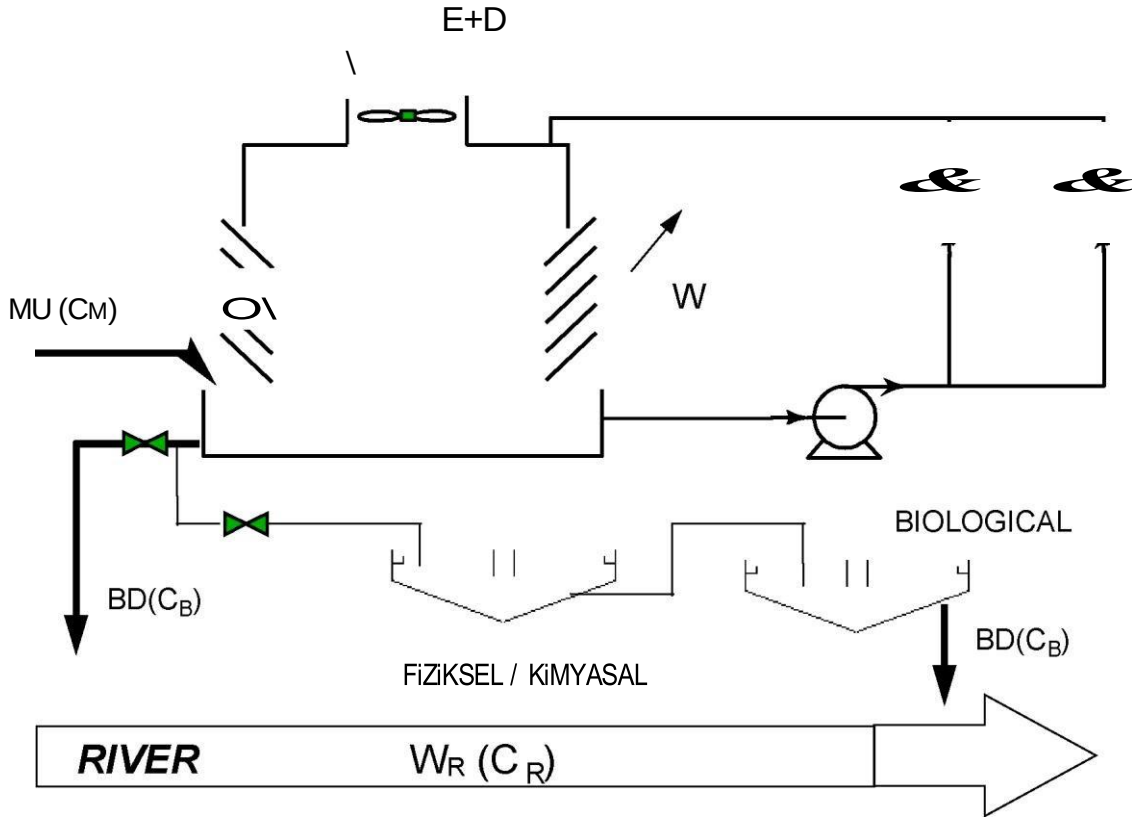
- Soğutma sisteminde hidroliz veya fotoliz nedeniyle çözölme,
- Sistem tarafından soğrulma,
- Su ve hava arasında bölünme,
- Tortuya karışma,
- Soğutma sisteminin içinde, atıksu arıtma tesislerinde (kimyasal / biyolojik) ve nehirde biyolojik bozunma.

“Kaybolmayan” kısım sonunda nehre karışacak ve nehir suyunda seyrelecektir. Nihai Nehir PEC’inin kesin bir şekilde hesaplanması yalnızca yerel seviyede mümkündür. Bu hesaplamayı yapmak için kullanılabilecek modeller ve algoritmalar mevcuttur ancak bunların kullanımı sırasında da tümüyle tesis sahasına özgü olan koşullar mutlaka dikkate alınmalıdır. Açıktır ki, Nihai PEC değeri aynı zamanda besleme yapılan kimyasal madde miktarına ve dolayısıyla sistemin büyüklüğü ve işletme koşullarına da bağlıdır (Konsantrasyon döngü sayısı, tesis büyüklüğü ve deşarj edilecek ısı miktarı).

Aşağıdaki analizin büyük bir kısmı “standart” bir PEC değeri hesaplamakta kullanılabilecek basit bir yöntem tanımlamaya odaklanmaktadır (PEC_{standart}). Bu “standart” PEC reel PEC değerleriyle herhangi bir benzeşme içermemekte, kimyasalların birbirlerine göre hızlı ve başlangıç amaçlı bir değerlendirmesini yapmayı amaçlamaktadır. PEC_{standart} yalnızca çok kısıtlı, sınırlı bir değerdir ve yalnızca kimyasalların potansiyel etkilerinin karşılaştırmalı bir değerlendirmesi için bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir.

VIII.1.3 Temel Soğutma Kuleleri Malzeme Dengeleri

Bir Soğutma Kulesi Sisteminin çok basit bir çizimi aşağıda Şekil VIII.1’de görülmektedir.



Şekil VIII.1: Soğutma Kulesi Malzeme Dengesi

VIII.1.3.1 Soğutma kuleleriyle ilgili temel eşitlikler

MU	: Takviye Oranı	mc/sa
BD	: Blöf Oranı	mc/sa
W	: "Rüzgârlama" (Damla kayıpları dâhil - "D")	mc/sa
E	: Buharlaşma Oranı	mc/sa
C_M	: Madde Yoğunluğu	MU mg/l - gr/mc
C_B	: Madde Yoğunluğu	BD mg/l - gr/mc
N_C	: Konsantrasyon Döngüsü	= C_B/C_M

VIII.1.3.2 Su Dengesi

$$MU = BD + E + W$$

VIII.1.3.3 Malzeme Dengesi

$$MU \times C_M = (BD + W) \times C_B$$

VIII.1.3.4 Konsantrasyon

$$N_c = C_B/C_M = MU/BD + W$$

VIII.1.3.5 İnceleme

Su soğutma sistemine takviye hattından girer. Buharlaşıma, rüzgârlama ve blöf yoluyla meydana gelen su kayıplarını telafi etmek için su takviyesi/beslemesi yapılmalıdır. Rüzgârlama soğutma kulesinden damlacıklar halinde kaçan su miktarını belirtir. Bu su damlacıklarının kendileriyle birlikte blöfteki ile aynı yoğunlukta kimyasal maddeyi de dışarı taşıdıkları kabul edilir.

Su tesis ekipmanı içinde devri daim ederken kendisiyle birlikte sistemdeki ısıyı da taşır. Bu ısı daha sonra buharlaşma vasıtasıyla kulede serbest kalır. Suyun buharlaşmasıyla herhangi bir kimyasal madde taşınmaz.

Buharlaşma oranı “E” tasarım gereklerinin sonucu olarak ortaya çıkar. Buharlaşmayı ve rüzgârlamayı (ve blöf kayıplarını, bkz, aşağıdaki açıklama) telafi etmek için eşit miktarda takviye suyu ile sistemin beslenmesi şarttır.

Takviye/besleme suyu veya yüzey suyu kendisiyle birlikte yoğunluğu ve türü duruma göre değişiklik gösteren çözünmüş ve süspanse katıları da taşır. Bu nedenle, girdi maddelerinin yoğunluğunun buharlaşma nedeniyle tolere edilebilir seviyelerin üstüne çıkmasından kaçınmak için devri daim suyunun bir kısmı blöf (deşarj) edilmelidir.

Devri daim suyu içindeki maddelerin yoğunluğunu optimum seviyede tutarak kirlenme ve korozyonun önlenmesini sağlayan kimyasal işlemin sekteye uğramasını da önleyecek şekilde blöf oranı belli bir seviyede muhafaza edilmelidir.

Blöf oranı kimyasal işlemin ve işletme koşullarının tasarlanması aşamasında belirlenir. Uygulamada, özellikle de eski sistemlerde blöf kontrol altında tutulamaz. Bunun nedeni de en azından kısmen, soğutulacak ekipmanın çeşitli kısımlarında meydana gelen planlanmamış kayıplardır.

Konsantrasyon Döngüsü Sayısı blöfteki madde yoğunluğunun takviye suyundaki madde yoğunluğuna oranıdır. Örneğin, eğer takviye suyundaki Kalsiyum iyonunun konsantrasyonu 200 ppm ve Döngü Sayısı da 2 ise devri daim suyundaki Kalsiyum konsantrasyonu 400 ppm’e eşittir.

Yukarıdaki malzeme dengesi Konsantrasyon Döngü Sayısının $MU/(BD + W)$ oranına, rüzgârlama kaybı göz ardı edildiğinde ise MU/BD oranına eşit olduğunu göstermektedir.

Kimyasal maddeler soğutma sistemine ya (nadiren) takviye suyu hattından ya da soğutma kulesi havuzundan beslenir. Devri daim suyunda –yani bu demektir ki, aynı zamanda takviye suyunda- belli bir kimyasal madde yoğunluğunun “muhafaza” edilmesi gerekir. Döngü Sayısı arttıkça blöf azalır. Bunun sonucu sistem koşullarında daha ciddi olmakla birlikte sürekli olarak kaybolan kimyasal madde miktarı da azalacaktır.

Bu son ifadenin istisnası ise kimyasal maddelerin kulede daha ve daha fazla yoğunlaşmasına izin verildiğinde sistemin çökme–korozyon dengesinin belli bir seviyede muhafaza edilebilmesi için daha çok ve çeşitli kimyasal maddeye ihtiyaç duyulması durumudur.

Bununla birlikte, prensip olarak sudan ve kimyasal maddelerden tasarruf edebilmek için (tüketim, maliyet ve çevresel etkiler) olası en yüksek Konsantrasyon Döngü Sayısında uygun bir denge oluşturmaya çalışılmalıdır.

Kimyasal maddelerin kendilerinden beklenen işlevi yerine getirebilmesi için devri daim suyunda – yani bu demektir ki, aynı zamanda takviye suyunda- belli bir arıtma kimyasalı yoğunluğunun “muhafaza” edilmesi gerekir.

Normalde karmaşık çok-maddeli işlemlerde kolaylıkla ölçülebilir bir maddenin seviyesinin kimyasal maddenin tedarikçisi tarafından belirlenen ve tavsiye edilen değerlerde kontrol edilmesi ve muhafaza edilmesi öngörülür. Bu yaklaşım ise farklı kimyasal maddeler arasındaki oranın sistemdeki farklı kimyasalların birbirinden farklı oranlardaki kayıplarına bakılmaksızın her zaman aynı kaldığı varsayımına karşılık gelir.

Yaklaşım aynı zamanda bir başka önemli varsayımı da karşılık gelmektedir: Eğer blöfteki kimyasal madde yoğunlukları ölçülürse (bir kimyasalın ölçülmesi, diğerlerinin de buna göre hesaplanmasıyla) elde edeceğimiz değer soğutma sisteminde neyin mevcut olduğunu gösterecektir. Bu varsayımına göre bu hesaplamada soğutma sistemindeki diğer kayıplar da hesaba katılmış olacaktır.

Bir başka deyişle, kimyasal maddelerin su çevresi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yalnızca blöf hattındaki kimyasal madde akımında meydana gelen değişikliklerin hesaplanmasına ihtiyaç vardır (yani hidroliz, soğrulma vb. prosesler zaten hesaba katılmış olduğundan daha önce sistem kaybı olarak belirtilmiş olan konsantrasyon kayıpları ve azalmalar). Kıyaslama Değerlendirme Konseptinde bu varsayım kullanılacaktır.

VIII.1.4 PEC hesaplaması ve kıyaslama

Aşağıdaki Tablo **VIII. 1** tekil maddelerin Kıyaslaması için önerilen basit yaklaşımı özetlemektedir.

Önerilen yaklaşım reel/gerçek PEC_{nehir} değerinin hesaplanması ve bu değer karşılık gelen, Su Çerçeve Direktifinden türetilmiş EQS'e bölünmesiyle başlamaktadır.

Aşağıdaki Tablo **VIII. 1** reel/gerçek PEC değerinin nasıl hesaplanacağını ve PEC tahmininin ardışık yaklaşımlarla nasıl normalleştirilebileceği / standartlaştırılacağını, böylece hesaplamının kıyaslama amaçlarına nasıl hizmet edeceğini göstermektedir. Eğer BD oranı, Nehir akımı ve kimyasal madde kayıpları biliniyorsa maddenin nehir suyundaki Yoğunluğu tabloda gösterilen çok basit bir eşitliğin (1) sonucudur.

Tablo VIII. 1: PEC Hesaplaması ve Kıyaslama

PEC_{nehir} / EQS (Su Çerçeve Direktifinden türetilen EQS)

C _B	= Blöfteki Yoğunluk	gr/mc
C _R	= Nehir suyundaki yoğunluk	gr/mc = PEC _{nehir}
BD	= Blöf Oranı	mc/sa
W _R	= Nehir Suyu akımı	mc/sa
t	= (1 - Kuledeki % kayıp)	
w	= (1 - Atıksu Arıtma Tesisindeki % Kayıp)	
R	= (1 - Nehirdeki % Kayıp)	

$$(1) \quad C_R = \frac{BD \times C_B \times (t) \times (w) \times (r)}{W_R} \quad \text{Yerel Değerlendirme / Tahmin}$$

$$t = 1 \quad w = 1 \quad r = 1 \quad BD = 1$$

Eğer ayrıca W_R = 1 C_B = C_R = Nehir PEC'i ile oranlı

Eşitlik (1) tüm elemanlar bilindiğinde veya hesaplanabildiğinde yalnızca yerel seviye değerlendirmeleri için kullanılabilir.

Soğutma sisteminde, atık arıtma tesisinde ve nehir suyunda meydana gelen kayıpları hesaplamak için her bir maddenin kimyasal ve fiziko-kimyasal verileriyle ilgili birçok ayrıntılı veriye ihtiyaç vardır. Bunlar volatiliteden biyolojik bozunabilirliğe ve çökelti oranına kadar geniş bir çeşitlilik arz ederler ve kimyasal maddelerin kulede kalış süreleri (Sistem Hacmi / Blöf oranı bölümüyle orantılı), atık arıtma tesislerinin tip ve performansı (kimyasal ve biyolojik), başlangıç karışımından sonra nehirdeki kalıntı süresi ve benzeri birçok spesifik sistem koşullarını içerirler. Bu veriler bir masaüstü kıyaslama yaklaşımında mevcut değildir. Bu nedenle sadeleştirme ve yaklaştırmaya ihtiyaç duyulur.

- İlk olarak, blöfteki kimyasal madde konsantrasyonu kullanılarak soğutma sistemindeki kayıpların (bkz, Tablo VIII.1) zaten hesaba katılmış olduğu varsayılır.
- Bu ikinci varsayım açıkça "gerçek dünya"da doğru değildir - kimyasal arıtma tesisinde çökeltme yoluyla kaybolabilirler veya biyolojik arıtma tesisinde kısmen veya tamamen biyolojik olarak parçalanabilirler olsun olmasın, tüm kimyasalları aynı seviyeye koyar. Farklı biyolojik bozunurluk seviyelerine sahip kimyasallar için bir düzeltme faktörü kullanılması mümkündür; ancak bu aynı zamanda duruma ve tesis sahasına göre farklı arıtma durumları arasında bir farklılaşmayı da beraberinde getirecektir.
- Üçüncüsü, nehir suyunda herhangi bir kaybın meydana gelmediği varsayılmaktadır ve bu normalde risk değerlendirme hesaplarında uygulanan yaklaşımdır.

Önerilen Kıyaslama yaklaşımının temel unsuru sonraki varsayımlarda yatmaktadır; yani Blöf Oranının 1'e ve dolayısıyla nehir suyuna eşit olduğu varsayımında.

Bunun anlamı PEC değerinin kimyasal maddeler arasında Blöf Oranından ve Nehir Akımından (tesis büyüklüğü ve işletme koşulları) bağımsız olarak karşılaştırma yapılabilmesine izin verecek şekilde normalleştirilmiştir (yani PEC_{standart}).

Açıktır ki, bir kimyasal maddeye ilişkin PEC değeri daha büyük blöfe sahip büyük bir tesis söz konusu olduğunda ve tesis daha küçük bir nehre deşarj gerçekleştirildiğinde daha yüksek hesaplanacaktır.

Ancak belli birtakım kimyasalların karşılaştırılması (yani kıyaslanması) gerektiğinde bu önemsizdir. Kıyaslanmanın amaçları için önemli olan kimyasalın besleme oranı; bir başka deyişle çevrimli sistemde muhafaza edilmesi önerilen konsantrasyon, dolayısıyla blöftür. Normalde kimyasal madde tedarikçileri duruma göre değişiklik arz eden bir dizi farklı konsantrasyon seviyesi önerirler: önerilen ortalama besleme oranı kullanılmalıdır.

VIII.1.5 Hesaplama Yöntemleri

VIII.1.5.1 Tekil Maddeler

Tek maddeden oluşan kimyasal işlemler çok nadiren uygulanır. Soğutma sistemlerinde çoğu zaman inorganik ve organik çeşitli kimyasal madde bileşimleri kullanılır.

Tek madde kullanımı örnekleri genellikle sistemde tek başına biyositlerin veya Atık Arıtma Tesislerinde tek başına polimerlerin kullanımıyla ilgilidir. Ancak Piyasada bulunan en tipik kimyasal maddeleri muhtemelen Kıyaslamaya yönelik yerel düzeyden daha çok Üye Devlet seviyesinde bir istek halen daha mevcuttur.

Yerel düzeyde işlemlerin birbirleriyle tekil maddelerden ziyade bütün olarak karşılaştırılması zorunluluğunun giderek artacağını hayal etmek daha kolaydır. Farklı işlemlerin karşılaştırılması zorunluluğu söz konusu olduğunda çeşitli maddelerin su çevresi üzerindeki genel etkilerine ilişkin dengeli bir görüş ancak yerel düzeyde mümkün olabilir.

Her halükârda, burada önerilen Kıyaslama Prosedürü tekil maddelerle ilgili çok basit hesaplamalar yapılmasını gerektirmektedir. Blöfteki ortalama tanımlı madde konsantrasyonu bilinmesi gereken etkenlerden biridir. Bu değer genellikle blöfün içerdiği milyondaki parçacık sayısı (ppm) veya litredeki miligram (mg/l) olarak ifade edilir ve yukarıda PEC _{standart} olarak tanımladığımız büyüklüktür.

Eşitliğin bir diğer elemanı PNEC veya EQS'tir. Bu ya Üye Devlet tarafından belirlenmiş olabilir ya da Su Çerçeve Direktifi EK V prosedürüne uygun olarak ve kimyasal maddelerin tedarikçisince sağlanan veriler temelinde yerel düzeyde “anlaşma” ile belirlenebilir. EQS'ler ayrıca normal olarak ppm olarak veya bazen ppb veya litrede mikrogram cinsinden ifade edilmektedir.

Bu nedenle PEC/PNEC oranı değerlendirilmesi gereken tüm maddeler için kolayca hesaplanabilmektedir. Elde edilen değer saf sayısal bir değerdir (eğer hem PNEC hem de EQS aynı birimle ifade ediliyorsa). Bu oran azaldıkça maddenin potansiyel etkisi de azalmaktadır.

Bir kez daha vurgulanmaktadır ki bu Kıyaslama Değerlendirme Konsepti soğutma suyu kimyasallarının potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi için ilgili maddelerin toksisite haricindeki tüm yerele özgü karakteristiklerini ve tüm fiziko-kimyasal karakteristiklerini ortadan kaldıran standart bir metodoloji sağlamaktadır. Bu niteliğiyle, üzerinde ek incelemeler yapılması lazım gelen alanların tanımlanmasında ve tesisin genel işletme-tasarımı prosedürlerine ilişkin kimyasal işlemlerin tasarlanmasında yararlı bir işleve sahip olabilir. Ancak yerel seviye değerlendirmelerine ilişkin bir karar aracı olarak kullanılması ne uygundur ne de bu amaca yönelik olarak düşünülmüştür: bir maddenin daha düşük bir PEC_{standart} : EQS oranına sahip olabileceği gerçeği bunun diğer yerel, tesis ve maddeye özgü faktörlerin dikkate alındığı özel bir durum için her zaman en iyi seçenek olmak zorunda olacağı anlamına gelmez.

VIII.1.5.2 Karmaşık çok maddeli işlemler

Bu işlemler pratikte izin başvurularında yerel otoriteler ve tesis işletmecilerinin en sık karşılaşılabilecekleri durum olacaktır.

Tedarikçinin de yardımıyla belli durumlarda zorunlu olarak yerine getirilmesi gereken madde-madde bütüncül bir gerçek hayat PEC değerlendirmesine başlamadan önce tesisin genel işletme tasarımı prosedürlerine ilişkin kimyasal işlemlerin tasarımına yardımcı olması için basitleştirilmiş kıyaslama yaklaşımı kullanılabilir.

Her bir tekil maddeye ait PEC/PNEC oranlarının yukarıdaki yöntem kullanılarak hesaplanması ve daha sonra bu oranların bağıl bir “indeks” numarası oluşturmak üzere bir araya getirilmesi adımlarından oluşan bir ek prosedüre başvurulabilir. Bu yaklaşım kimyasal preparatların sınıflandırılmasında bu preparatların meydana geldiği tekil maddelerin sınıflandırılmasını temel alan yaklaşıma benzemektedir. Toplamda elde edilen değer azaldıkça ilgili kompleks işlemin öngörülebilir çevresel etkileri azalmaktadır.

Tüm tekil oranların toplanmasıyla elde edilen değer 1’den düşük olmasının 1’den yüksek bir sonuca göre daha tercih edilir olduğunu söylemeye gerek yoktur. Bu ancak reel yerel seyrelme faktörü bilindiğinde ve değerlendirmeye dâhil edildiğinde bir anlam taşıyacaktır.

Bununla birlikte, değerler 1’den yüksek bulunduğu ve teknik olarak spesifik kimyasal işlemin başka diğer çevresel / ekonomik avantajlara sahip olduğu hissedildiğinde (daha az su, daha az enerji) daha sofistike bir risk değerlendirme prosedürüne yönelmek zorunlu olacaktır. Bu durum hem sistemdeki tüm kimyasal kayıplarının kesin bir şekilde hesaplanması hem de PNEC değerlendirmesinin gelişmesi anlamına gelebilir (Akut yerine Kronik Veri).

Fiiliyatta bu BREF kapsamında ve hatta herhangi bir Üye Devlet seviyesinde bile, olası tüm kimyasal işlemler ve kombinasyonları içeren genel bir kıyaslama uygulaması gerçekçi bir düşünce gibi görünmemektedir. Çok Maddeli Kıyaslamaların (yani kimyasal işlemler arasındaki kıyaslamaların) yerel bir konu olduğunu düşünmek ve bu anlamda bu Ek’in Bölüm VII.2’sine başvurmak uygun olacaktır.

VIII.1.6 Ek 1: Teknik kılavuz belgesi çıktısı

“Yeni maddelerin risk değerlendirmesine ilişkin 93/67/EEC sayılı Komisyon Direktifi ile mevcut maddelerin risk değerlendirmesine ilişkin 1488/94 sayılı Komisyon Düzenlemesine (EC) yardımcı teknik kılavuz belgesinin” II. Kısım 3.3.1 Kesim 3. Bölümü (Çevresel Risk Değerlendirmesi).

3.3 Su alanları üzerindeki etkilerin değerlendirilmesi

3.3.1 PNEC Hesaplaması

Risk değerlendirmesinin işlevi genel çevre korumasını sağlamaktır. Su çevresi ile ilgili olarak tekil türlerin kısa dönem toksisite verilerinden yola çıkarak ekosistem etkilerine ilişkin kesin olmayan bir çıkarımda bulunmaya imkân veren bazı varsayımlar yapılmaktadır. Bu varsayımlara göre:

- Ekosistemin hassasiyeti sistemdeki en hassas türlerin hassasiyet derecesine bağlıdır ve
- Ekosistemin yapısının korunması topluluk işlevinin korunmasını sağlar.

Bu iki varsayımın önemli sonuçları vardır. Bir kimyasal maddenin toksik etkilerine en hassas olan türlerin laboratuvar ortamında belirlenmesi yoluyla, bu türlerden alınan verilere dayalı bir çıkarımda bulunulabilir. Dahası, içinde bu türleri barındıran herhangi bir ekosistemin işleyişi yapının bir dengesizliğe yol açacak denli tahrip olmaması şartıyla korunur. En hassas türlerin korunmasının yapıyı ve böylece yapının işlevini de koruyacağı genel kabul görmektedir.

Tüm yeni maddeler için, ekosistemin etkilerinin tahmin edilmesinde yararlanılan veri havuzu oldukça sınırlıdır: baz sette yalnızca kısa dönem verileri mevcuttur. Mevcut maddelerin büyük çoğunluğu için de aynı durum geçerlidir: çoğu durumda yalnızca kısa dönemli toksisite verileri mevcuttur. Böyle durumlarda güçlü bir bilimsel geçerliğe sahip olmasa bile ampirik olarak türetilmiş değerlendirme faktörlerinin kullanılması gerektiği kabul edilir. Değerlendirme faktörleri EPA ve OECD tarafından da önerilmektedir (OECD, 1992d). Bu tür faktörlerin uygulanmasında amaç daha aşağı seviyesinde kabul edilebilir sınırların dışında bir etkinin meydana gelmeyeceği bir konsantrasyon seviyesi tahmin etmektir. Bu seviyenin altındaki kimyasalların güvenilir olarak kabul edilebileceği bir yoğunluk değerinin belirlenmesi amaçlanmamaktadır. Ancak kabul edilebilir sınırların dışında bir etkinin meydana gelmesi yine de olasıdır.

Bu değerlendirme faktörlerinin büyüklüğü belirlenirken tek türe ait laboratuvar verilerinden yola çıkılarak çok türden meydana gelen ekosisteme dair çıkarımlarda bulunabilmek için bazı belirsizliklerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu alanlar diğer belgelerde yeterli ölçüde incelenmiştir ve bunların aşağıdaki başlıklar altında özetlenmesi uygun olacaktır:

- Toksisite verilerinin laboratuvar içi ve laboratuvarlar arası farklılıkları (biyolojik varyant)
- Türler içi ve türler arası farklılaşmalar (biyolojik varyant)
- Kısa dönem verilerden yola çıkılarak yapılan uzun dönemli toksisite çıkarımları
- Saha etkisine ilişkin çıkarımlarda bulunmak için laboratuvar verilerinin kullanılması (Çıkarımlar ekosistem üzerindeki tek-tür testlerinden elde edilir. Diğer maddelerden kaynaklanan katkı, sinerji ve karşı yönlü etkiler de bu çıkarımlarda rol oynayabilir).

Değerlendirme faktörünün büyüklüğü mevcut verilerden bir PNEC_{su} değeri türetilebileceğine olan güvene bağlıdır. Bir dizi trofik seviyedeki organizmalar, taksonomik gruplar ve çeşitli besleme stratejilerini temsil eden yaşam türleri üzerindeki toksisiteye ilişkin elde veri olduğunda bu güven seviyesi artacaktır. Bu yüzden daha büyük ve yakından ilintili veri setlerinde baz sette nazaran daha düşük değerlendirme faktörleri kullanılabilir. Önerilen değerlendirme faktörleri Tablo VII.1’de görülmektedir.

Yeni maddeler ve 1000 değerlendirme faktörü için baz setin en düşük L(E)C₅₀ seviyesinde uygulanacaktır. Ayrıca mevcut maddeler için de test edilen türün standart bir organizma olup olmamasından bağımsız olarak değerlendirme faktörü genel olarak ilgili mevcut toksisite verisinin en düşüğüne uygulanır (bkz. Tablo notları 14). Kısa dönem testleri için L(E)C₅₀ kullanılırken uzun dönem testlerinde NOEC kullanılır. Bazı bileşenler için çok sayıda geçerli kısa dönem L(E)C₅₀ değeri kullanılabilir. Bu nedenle aynı türler için birden fazla L(E)C₅₀ değeri mevcutsa aritmetik ortalamasının hesaplanması önerilir. Aritmetik ortalamasının hesaplanmasından önce, farklılıkların kaynağının ne olduğunun tespiti için test koşulları analiz edilmelidir.

Baz setin alg gelişiminin önlenmesi testi ilke olarak çok jenerasyonlu bir testtir. Ancak EC₅₀, uygun değerlendirme faktörlerinin uygulanabilmesi amacıyla kısa dönem toksisite verisi olarak uygulanır. Diğer uzun dönem verileri mevcut olduğunda bu testten elde edilen NOEC bir ek NOEC olarak kullanılabilir. Genelde farklı trofik seviyelerden türlerin uzun dönem NOEC değerleriyle desteklenmeyen alglerle ilgili bir NOEC kullanılmamalıdır. Ancak eğer bir kimyasal madde algler üzerinde özel bir toksisite sergiliyorsa baz set testlerinden elde edilen alg NOEC'i ikinci bir alg tür testi ile desteklenmelidir.

Daha ileri bir trofik seviyeyi temsil eden mikroorganizmalar yalnızca adapte edilmemiş saf kültürler test edilmişse kullanılabilir. Bakteriler üzerinde yürütülen araştırmalar (örneğin, gelişme testleri) kısa dönem testler olarak kabul edilir. Bunun yanında, mavi-yeşil algler bunların oto- trofik besinlerinin birincil üreticileri arasında sayılmalıdır.

Tablo VIII.2: PNEC değeri türetmek için kullanılan değerlendirme faktörleri

Açıklama	Değerlendirme faktörü
Baz sete ait üç beslenme (trofik) seviyesinin her birinden en az birer adet akut L(E)C ₅₀ (balık, küçük canlılar ve algler)	1000 ^(a)
Bir uzun dönemli NOEC (balık veya küçük canlı)	100 ^(b)
iki trofik seviyeyi temsil eden türlerden iki uzun dönemli NOEC (balık ve/ veya küçük organizma ve / veya algler)	50 ^(c)
Üç trofik seviyeyi temsilen en az üç uzun dönemli NOEC (Normal olarak balık, küçük canlı ve algler)	10 ^(d)
Saha verileri veya model ekosistemleri	Olay bazında incelenen ^(e)

NOTLAR:

(a) Kısa dönem toksisite verilerinde 1000 faktörünün kullanılması tutucu ve koruyucu bir faktördür ve olumsuz etki doğurma potansiyeline sahip maddelerin etki değerlendirmesinde tanımlanmalarını sağlamak için tasarlanır. Bu faktörün kullanılması yukarıda tanımlanan belirsizliklerin her birinin genel belirsizliğe belli bir katkıda bulunduğunu varsayar. Verili herhangi bir madde için bu maddenin o denli önemli olmadığını veya belirsizliğin özellikle herhangi bir bileşenin bir diğer belirsizlik faktöründen daha önemli olduğunu gösteren bir kanıt bulunabilir. Bu tür durumlarda bu faktörü farklılaştırmak zorunlu olabilir. Bu farklılaşma mevcut kanıta bağlı olarak değerlendirme faktörünün artması veya azalmasına neden olabilir. Kısa dönem toksisite verilerinden PNEC_{su} değerinin türetilmesi sırasında kesikli olarak verilen maddeler haricinde (bkz. Bölüm 3.3.2) kullanılan bir faktör hiçbir koşulda 100'den düşük olmamalıdır. Değerlendirme faktörünün farklılaştırılmasına ilişkin gösterge aşağıdaki özelliklerden biri veya birkaçını içerebilir:

- Yapısal olarak benzer nitelikteki bileşiklerden elde edilen belirtiler (çok yakın ilişki içindeki bir bileşikten kaynaklanan belirtiler daha yüksek veya düşük bir faktörün daha uygun olabileceğini ortaya koyabilir).
- Etki mekanizması bilgisi (bazı maddelerin yapıları itibarıyla spesifik olmayan bir şekilde faaliyet gösterdikleri biliniyor olabilir. Bu nedenle daha düşük bir faktör düşünülebilir. Aynı şekilde bilinen bir etki mekanizması da faktörün yükselmesine yol açabilir).

- Baz set türlerince temsil edilenler haricindeki ek taksonomik grupları ihtiva eden geniş bir tür seçiminden elde edilen verilerin kullanılabilirliği.
- En az üç trofik seviye ölçeğinde baz set türlerinden taksonomik grupları ihtiva eden çeşitli türlere ilişkin verilerin kullanılabilirliği.

Böyle bir durumda değerlendirme faktörleri ancak en hassas taksonomik gruba ilişkin çoklu veri noktalarının mevcut olması halinde azaltılabilir.

Baz setin eksik olduğu durumlar vardır; örneğin 1 t/a'dan düşük seviyede üretilen maddeler için (92/32/EEC sayılı Direktifin EK VII B'deki uyarılara göre). Çoğunlukla Küçük Canlılarla ilgili akut toksisite belirlenmektedir. Bu tür istisnai hallerde PNEC değeri 1000 faktörüyle hesaplanmalıdır. 1000 faktöründen sapmalar normal olarak değerlendirilmemeli ve mutlaka ilgili kanıtlarla desteklenmelidir.

- (b)** Tekil bir uzun dönem NOEC (balık veya küçük canlılar) için eğer bu NOEC kısa dönem testlerde en düşük L(E)C₅₀ değerini gösteren trofik seviye için üretiliyse değerlendirme faktörü olarak 100 uygulanır. Eğer yalnızca kısa dönem testlerinden elde edilen en düşük L(E)C₅₀ seviyesine sahip olmayan türlerden (standart veya standart dışı organizma) bir uzun dönemli NOEC mevcutsa bu NOEC mevcut değerlendirme faktörlerini kullanan daha hassas diğer türler açısından koruyucu olarak düşünülemez. Böylece, etki değerlendirmesi 1000 değerlendirme faktörlü kısa dönem verilere göre belirlenir. Ancak kısa dönem verilerinden yola çıkılarak elde edilen NOEC mevcut uzun dönemli NOEC'e göre belirlenmiş NOEC'ten yüksek olmayabilir.

Söz konusu NOEC değerleri kısa dönem testlerinin en düşük L(E)C₅₀ değerini gösteren seviyelerden üretilmemişse iki trofik seviyeyi kapsayan iki uzun dönem NOEC'inin en düşüğüne de değerlendirme faktörü olarak 100 uygulanır.

- (c)** Söz konusu NOEC değerleri kısa dönem testlerinin en düşük L(E)C₅₀ değerini gösteren seviyelerden üretilmişse iki trofik seviyeyi kapsayan iki uzun dönem NOEC'inin en düşüğüne değerlendirme faktörü olarak 50 uygulanır. Bu faktör aynı zamanda kısa dönem testlerinin en düşük L(E)C₅₀ değerini gösteren seviyelerden üretilmemiş olan iki trofik seviyeyi kapsayan üç uzun dönem NOEC'inin en düşüğüne de uygulanır.
- (d)** 10 değerlendirme faktörü normalde yalnızca üç trofik seviyeden en az üç türden elde edilen uzun dönem toksisite NOEC değerlerinin mevcut bulunduğu hallerde uygulanır (örneğin balık, küçük canlılar ve algler veya standart bir organizma yerine standart dışı bir organizma).

Uzun dönem toksisite çalışmalarının sonuçları incelenirken PNEC_{su} değeri mevcut en düşük etki içermeyen konsantrasyon (NOEC) seviyesinden hesaplanmalıdır. Ekosistem etkilerine ilişkin çıkarım çok daha büyük bir güvenle yapılabilir, böylece değerlendirme faktörünün 10'a düşürülmesi de mümkündür. Ancak bu yalnızca test edilen türlerin daha hassas gruplardan birini temsil ettiğinin düşünülebildiği hallerde yeterlidir. Bu normalde ancak üç trofik seviyeden en az üç türe ait veriler mevcutsa mümkün olacaktır. Bazen üzerinde çalışma yapılmış en hassas türlerin yüksek bir olasılıkla belirlenmesi mümkün olabilmektedir; yani farklı taksonomik gruba ait uzun dönemli bir NOEC değerinin hali hazırda mevcut olan verilerden daha düşük olmayacağı büyük bir olasılıkla belirlenebilmektedir. Bu durumlarda yalnızca iki türden en düşük NOEC'e değerlendirme faktörü olarak 10 uygulanması uygun olacaktır. Bu özellikle maddenin biyolojik birikim potansiyeline sahip olmadığı durumlarda önemlidir. Böyle bir karara varmak mümkün değilse hassasiyette türler arası herhangi bir değişimin hesaba katılabilmesi için değerlendirme faktörü olarak 50 kullanılmalıdır. 10 değerlendirme faktörü laboratuvar çalışmalarına dayanılarak azaltılamaz.

- (e) Mezokozm (bilimsel deneylerde kullanılması için boyut veya kapsam olarak sınırlandırılmış ekosistem) çalışmalarında veya (yarı-) saha verilerinde kullanılacak değerlendirme faktörünün duruma göre gözden geçirilmesi gerekir.

Yüksek log Kow değerine sahip bileşikler için kısa dönem toksisite bulunmayabilir. Ayrıca uzun dönem testlerinde bile bu durumla karşılaşılabilir veya kararlı duruma halen daha erişilemeyebilir. Apolar (kutupsuz) narkotiklerle ilgili olarak balıklar üzerinde yapılan testler için ikinci durum uzun dönem QSAR verileriyle doğrulanabilir (QSAR'ların Kullanımı ile ilgili olarak bkz. Bölüm 3.2.1.2 ve Bölüm 4). Kararlı duruma erişilmediği görülen bu tür durumlarda daha yüksek bir değerlendirme faktörünün kullanımı düşünülebilir.

Kısa dönem testlerinde herhangi bir toksisite gözlenmeyen maddeler için eğer log Kow değeri 3'ten büyükse (veya $BCF > 100$) ve eğer $PEC_{kal} / \text{bölgesel suyun çözünürlüğünün } 100'de 1'inden büyükse$ uzun dönem testi gerçekleştirilmelidir (bkz. Bölüm 4.5). Uzun dönem toksisite testi normalde gereksiz omurgalı testinden kaçınmak için küçük canlı testi olmalıdır. Bu testten elde edilen NOEC daha sonra 100 değerlendirme faktörü ile kullanılabilir. Eğer gerekli uzun dönem testi yanında NOEC baz setten bir alg testiyle belirleniyorsa değerlendirme faktörü olarak 50 uygulanır.

Değerlendirme faktörleriyle gerçekleştirilen etki değerlendirmesi eğer yeterli veri mevcutsa istatistiksel çıkarım yöntemiyle de desteklenebilir (bkz EK V).

VIII.2 Soğutma suyu arıtma kimyasalları için biyositlere ağırlık veren bir yerel değerlendirme yöntemi konsepti

VIII.2.1 Giriş

Islak soğutma sistemleriyle ilgili endüstriyel soğutma sistemleri BREF'inde tanımlanan en önemli çevresel konulardan biri soğutma suyunun kimyasal arıtımıdır (korozyon önleme, kabuklaşma önleme, kirlilik önleme, biyolojik kirlilik kontrolü). Bu konuda biyositler kendilerinden beklenen işlevi yerine getirmelerinin sonucu olarak ortaya çıkardıkları yüksek toksisite etkisi nedeniyle özel önem taşımaktadırlar.

Soğutma BREF'i alıcı su ortamlarına yönelik soğutma suyu katkı maddesi/biyosit etkisinin azaltılmasını sağlamak için uygulanabilecek teknikleri üç seviye altında sınıflandırmaktadır:

1. Önleyici tedbirler (Tablo 4.7)
2. İzleme dâhil, işletmenin optimizasyonu (Tablo 4.8)
3. Katkı maddelerinin seçimi ve uygulanması (Tablo 4.8)

Bu üç kontrol seviyesi birbiriyle karşılıklı ilişki içindedir ve Teknik Çalışma Grubu bünyesinde yürütülen incelemeler göstermiştir ki uygun katkı maddelerinin seçimi süreci karmaşık bir işlem olup bu safhada bir dizi yerel ve tesis sahasına özgü unsurun mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Soğutma suyu katkı maddelerinin/biyositlerin değerlendirilmesine temel teşkil eden kavramların genel olarak belirlenmesi ihtiyacı bu katkı maddelerinin, özellikle de biyositlerin çevreye yönelik etkilerinin azaltılmasına yardımcı olacak önemli bir MET tedbiri olarak kabul edilmiştir. Bu bağlamda, sunulan BREF mevcut yöntemler ve verileri ("Kıyaslama Değerlendirmesi") esas alan bir eleme değerlendirme aracının geliştirilmesine yönelik bir Ek içermekte, Bölüm 3'te ise Hollanda ve Almanya'da kullanılan değerlendirme rejimlerine ilişkin bir arka plan bilgisine yer verilmektedir.

Doğaldır ki, yatay bir BREF'te biyositlerin ve diğer katkı maddelerinin seçimiyle ilgili MET prensiplerinin uygulanmasını kolaylaştıracak konseptlerin yalnızca genel ifadelerle açıklanması uygun ve mümkündür. Tekil tesisler için yerel seviyede MET uyumlu bir yaklaşımın belirlenmesinde anahtar unsurlar tesise özgü koşullar, iklim koşulları ve yerel çevredir.

Herhangi bir değerlendirme rejiminde biyositlere verilen önemin dayanağını bunların su çevresi üzerinde etki yaratma anlamında daha yüksek bir potansiyele sahip olmaları konusundaki endişe

oluşturmaktadır. Biyositleri kullanan soğutma sistemlerinin deşarjları çıkış noktalarında akut toksisite sergileyebilmektedir. Yerel koşullar, kullanılan maddelerin karakteristik özellikleri ve ayrıca alıcı su ortamında gerçekleşen fiili seyrelme durumu Çevre Kalite Standartlarının (EQS'ler) karşılanıp karşılanamayacağını belirlemektedir. Uygun biyosit seçimi ve biyosit kullanımından kaynaklanan olası etkilerin gereğince azaltılması ancak potansiyel etkilerin yeterli ölçüde değerlendirilebilmesiyle mümkündür. Katkı maddelerinin / biyositlerin kullanımında MET uyumlu bir yaklaşımın değerlendirilmesinde en önemli kıstas alıcı su ortamının çevresel durumudur.

Yukarıda sayılan nedenlerle, yatay soğutma BREF'i soğutma sistemlerinde kullanılan biyositlerin yerel düzeyde değerlendirilmesinde tesis sahasına özgü sorunların nasıl üstesinden gelineceğine ilişkin bir kılavuz işlevi görmektedir. Bu tür bir yerel değerlendirme EK VI.1'de sunulan Kıyaslama Metodu benzeri bir (seçimlik) hazırlık eleme çalışmasını takip eden ve daha detaylı bir aşama olarak görülebilir.

Bu nedenle, elinizdeki BREF, metodolojinin kendisini tanımlamadan, yerel koşulların değerlendirilmesiyle ilgili kavramlara dair bir kılavuz sunmaktadır. Emisyon senaryolarının yerel düzeyde değerlendirilmesine yönelik çok sayıda ve her geçen gün daha da gelişmeye devam eden çeşitli metotlar ve modeller vardır (basitten son derece sofistike/yenilikçi olanlara kadar geniş bir yelpaze içinde). Bütün bu seçenekler arasında yerel koşullara ve potansiyel çevresel etkilerin ortaya çıkardığı sorunun büyüklüğüne en uygun olanlarının seçimi tümüyle izin başvurusunda bulunan kuruluşlara ve Üye Devletlerin ilgili otoritelerine kalmıştır.

VIII.2.2 Temel Unsurlar

Soğutma sistemlerinde özellikle biyosit kullanımdan kaynaklanan etkilerin en aza indirilmesi sorununun MET ilkeleri doğrultusunda ne şekilde çözüme kavuşturulacağı bağlamında hakkında bilgi sahibi olunması gereken iki önemli yapı bulunmaktadır:

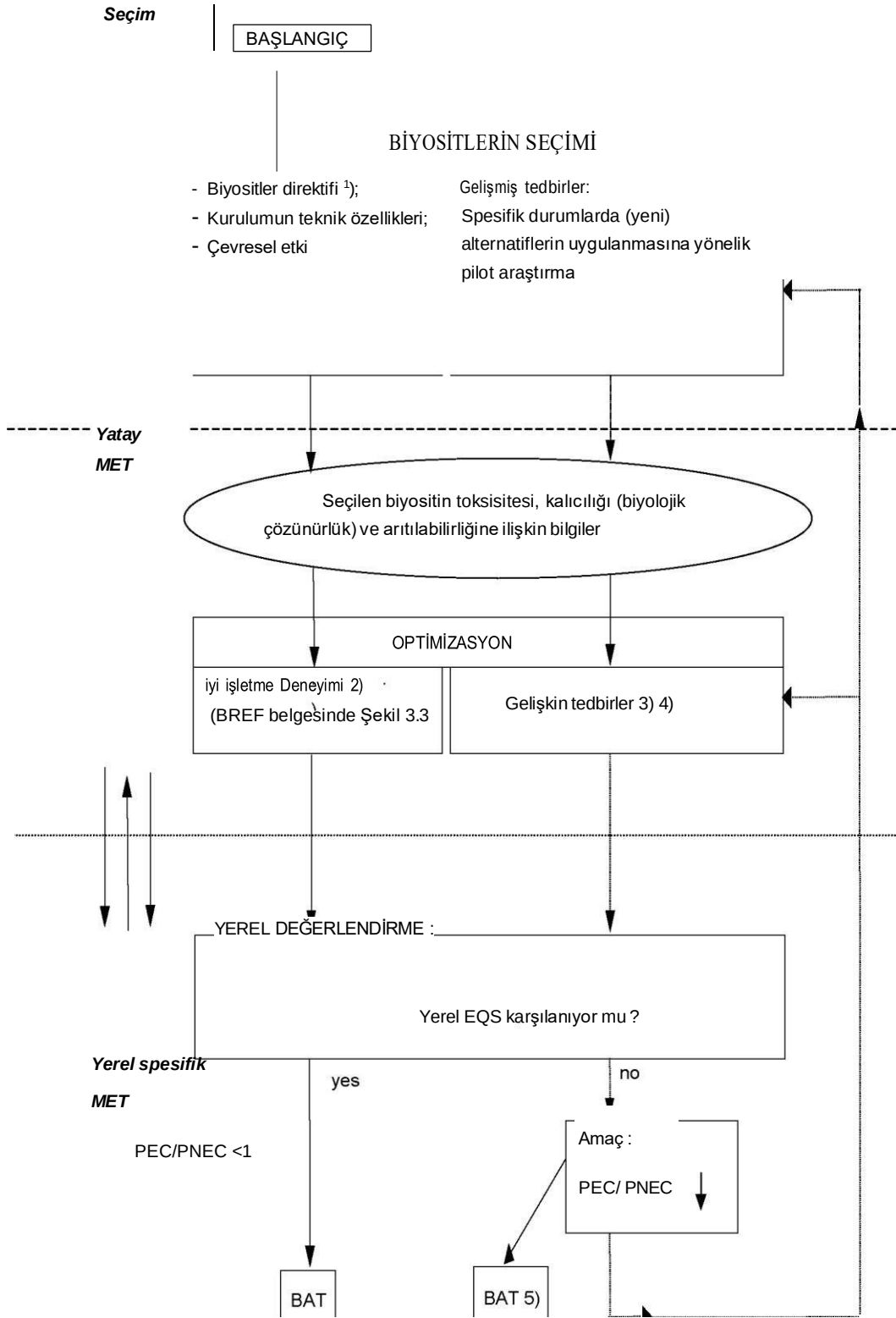
- 14 Mayıs 2005 tarihinden bu yana biyositlerin Avrupa piyasalarındaki konumunu düzenlemekte olan 98/8/EC sayılı Biyosidal Ürünler Direktifi (BPD). AB bu bağlamda, kapsanan 23 ürün kategorisinin tümüne ilişkin risklerin değerlendirilebilmesi amacıyla bir dizi maruzat senaryoları üzerinde çalışmalar gerçekleştirecektir. Otorizasyon kapsamında yer alan ürünlerden biri de soğutma sistemlerinde kullanılan biyositlerdir (Ürün Tipi 11). Yeni biyositler Direktife uygun olarak değerlendirilip derhal onaylanacaktır. Mevcut maddelerle ilgili olarak kapsam genişletilmesine gidilmiş olup, uygulama süresince inceleme ve izleme çalışmaları devam edecektir.
- Kaliteye ilişkin amaçların tümüne temel teşkil eden gelecekteki Su Çerçeve Direktifi (WFD). Bu amaçlar özellikle kimyasal maddelerle ilgili Çevre Kalite Standartlarının (EQS) oluşturulmasında kullanılacak bir metodolojiyi içermektedir (Su Çerçeve Direktifi EK V). EQS'lerin oluşturulmasına yönelik metodoloji AB kimyasal mevzuatında yer alan test metotları doğrultusunda, Beklenen Etkisizlik Yoğunluklarının (PNEC) belirlenmesinde kullanılan yöntemin aynısıdır. Söz konusu yöntem su ekosisteminin korunması için seçilen organizmalar üzerinde gerçekleştirilen toksisite testlerinden yola çıkılarak çıkarımlarda bulunulması sırasında devreye giren belirsizlikleri hesaba katabilmek için 1000'e kadar çıkabilen bir "güvenlik faktörünü" kullanmaktadır.

Soğutma sistemlerinde kullanılan biyositlere ilişkin toksisite verileri ya zaten genel olarak mevcuttur ya da BPD kapsamında tanımlanan tescil prosedürlerine uygun olarak ilgili diğer içkin özelliklere dair verilerle birlikte sağlanacaktır. Bu verilerden yola çıkılarak, sudaki bir maddeye uygulanacak EQS'in (yani PNEC değeri) belirlenmesinde Su Çerçeve Direktifinin EK V'inde tanımlı yöntem kullanılabilir.

Bu durumda EQS değeri meydana gelecek etki potansiyelinin belirlenmesine yardımcı olmak bağlamında Beklenen Çevresel Yoğunluk (PEC) değeri ile karşılaştırılabilir. EQS değeri PNEC değerine tekabül ettiğinden bu karşılaştırma genellikle “PEC / PNEC karşılaştırması” olarak da bilinir. Yukarıda da belirtildiği gibi, deşarj sonucunda alıcı su ortamlarında bulunması beklenen maddelerin yoğunluğunun belirlenmesi için kullanılabilecek çok sayıda ve çeşitte yöntem bulunmaktadır.

PEC/PNEC değeri soğutma sistemlerinde kullanılan biyositlere ilişkin MET uyumlu bir yaklaşım için bir MET belirlenmesinde kıyas noktası olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, bu yaklaşımda yeni ve mevcut tesisler arasında kesin bir ayırım yapılması gereği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Alıcı su ortamındaki PEC : PNEC değerinin gerçekçi bir karışım & seyrelme sürecinden sonra 1’den küçük olması yeni soğutma sistemlerinde biyosit kullanımı için bir kıyas değeri olarak (sınır değer) kabul edilebilir. Birçok tasarım parametresinin ve diğer kurulum özelliklerinin zaten belirlenmiş olduğu mevcut soğutma sistemlerinde 1’den küçük bir PEC : PNEC seviyesinin tutturulması her zaman mümkün olmayacaktır. Bu durumlarda PEC : PNEC oranının 1’den küçük olması hedefi korunmaya devam edilmelidir; ancak ekipman yenileme döngüsü vb. gibi sabitlere uygun olarak gelişen uzun dönemli bir hedef olarak.

Şekil VIII.2 mevcut soğutma sistemlerinde biyosit kullanımı için MET uyumlu bir yaklaşımın ne şekilde belirlenebileceğini gösteren bir örneğin grafik açıklamasını sunmaktadır. İyi tasarlanmış bir soğutma sisteminin gereği gibi optimize edilmiş işletimi PEC : PNEC oranı 1’den daha küçük seviyeye düşürülebildiğinde MET olarak kabul edilebilir. Suboptimal tasarım veya diğer yerel / tesis sahasına özgü nedenler dolayısıyla PEC : PNEC değerinin 1’den küçük olması hedefini yakalayamayan tesisler için sistem işletiminin olabildiğince yüksek seviyede optimizasyonu zorunlu olacaktır.



Şekil VII.2: Mevcut tesislerde soğutma suyu biyositlerinin değerlendirilmesine yönelik kombine yaklaşım

Şekil VIII.2 açıklamaları:

- 1) Bu direktifin uygulamaya konulması hazırlıkları devam etmektedir;
- 2) Soğutma sisteminin kontrolü ile ilgili parametrelerin izlenmesiyle biyosit kullanımının optimizasyonu ve dozlamının optimizasyonu (tercihen otomatik dozlama);
- 2) Ön-arıtma veya yan akım filtrelemesi gibi tedbirler düşünülebilir. Ayrıca hat sonu tedbirleri de dikkate alınabilir. Uygulanacak tedbirin seçimi genellikle duruma bağlıdır. Biyolojik arıtma, kum filtresi, soğurma teknikleri, ozonla okside etme vb. gibi birçok hat sonu tedbiri düşünülebilir.
- 4) Bu durumda uygulanacak tedbirlere yönelik (normal) MET kriterleri; bunun anlamı farklı özelliklerin değerlendirilmesidir: örneğin tedbirlerin kullanılabilirliği, uygulanması gerekli tedbirlerin ekonomik etkisinin çevresel etkiyle ilintisi;
- 5) Bu durumda eğer zayıflatma tedbirlerine ilişkin normal MET kriterleri kapsamındaki tedbirlerin (proses kontrolü, biyosit kullanımının optimizasyonu ve hat sonu tedbirlerinin uygulamaya konulması) uygulanması bağlamında optimize edilmiş bir durum ile ilgileniyorsak (bkz. 4). Yukarıdaki değerlendirme bize PEC/PNEC = 1 hedefine en yakın sonucu verir. Diğer uygun katkı maddeleri (daha düşük çevresel etki yaratan) mevcut değildir. Bu nedenle bu yöntem mevcut tesisler için MET olarak kabul edilebilir.

VIII.2.3 Önerilen yerel değerlendirme yöntemine örnek

[tm004, Baltus and Berbee, 1996] ve [tm149, Baltus ve ark, 1999]

Aşağıda, 29-31 Mayıs tarihleri arasında Sevilla’da düzenlenen Uzman Çalışma Grubu Toplantısında tartışılmış ve o tarihten sonra da üzerinde çalışılarak bu BREF’in Ek VII’ sinde sunulan biyositlerin değerlendirilmesine yönelik öneri haline getirilmiş olan yöntemin bir örneği yer almaktadır.

Önerilen bu metot üç ana bölüme ayrıştırılabilir:

1) BİYOSİTLERİN SEÇİMİ:

Biyositlerin seçimi süreci her soğutma sisteminin kendi ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleştirilir ve bu seçim normal olarak tesis işletmecileri ile kimyasal madde tedarikçileri arasındaki uzman değerlendirmeleri sonucunda ortaya çıkar. Bu BREF belgesine Ek VII kapsamında tanımlanan kıyaslama metodolojisi biyositlerin seçimiyle ilgili değerlendirmelerde çok yararlı bir destek aracı olarak kullanılabilir. Bu adımın sonucunun olası biyositlerin yalnızca bir ilk önceliklendirilmesi olduğuna dikkat edilmelidir. 2. ve 3. adımlardaki daha geniş kapsamlı değerlendirmeler sonucunda olası biyositlere ilişkin daha farklı bir tercih sıralaması ortaya çıkabilir.

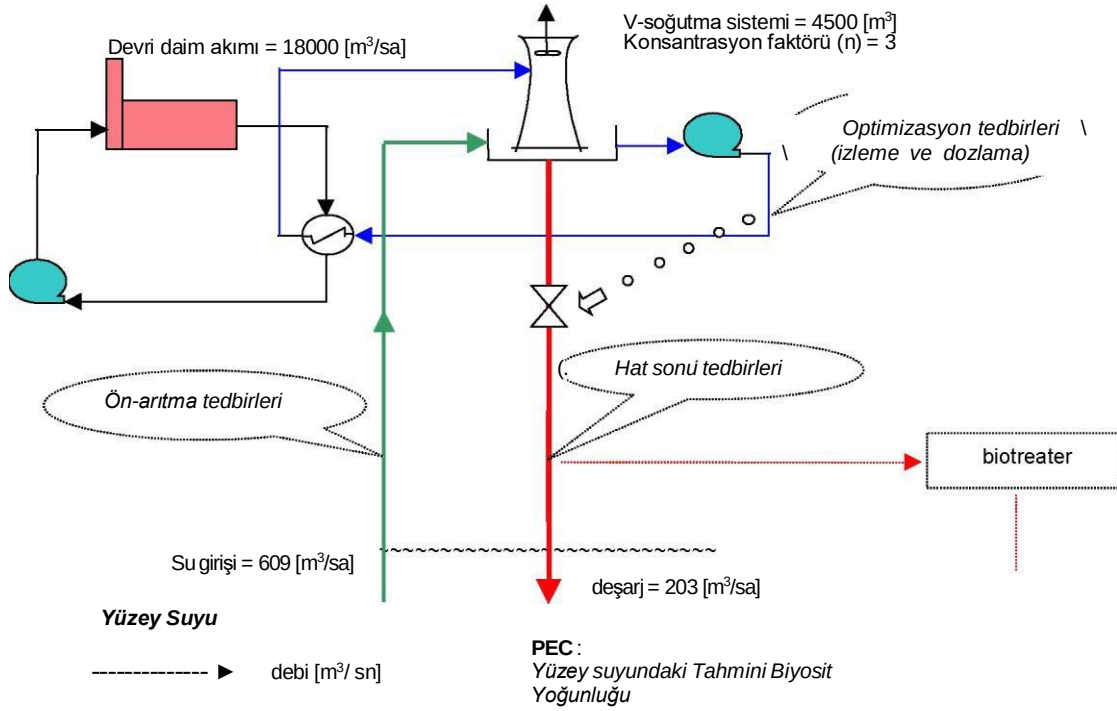
2) OPTİMİZASYON ADIMI:

Optimizasyon adımı takviye suyunun saflaştırılması, yan akım filtrelemesi ve ayrıca bir devri daim sisteminin tasfiyesinin kapatılması benzeri proses kontrol tedbirleri yanında her türden proses, dozlama ve izleme tekniğini ihtiva eder.

3) YEREL DEĞERLENDİRME:

Yerel değerlendirme biyositlerin değerlendirilmesi sürecindeki son adımı teşkil etmekte olup tesis işletmecilerine, kimyasal madde tedarikçilerine ve düzenleme kuruluşlarına yerel EQS’leri karşılayabilmeleri için hangi işlemler, kontrol teknikleri ve tedbirlerin ne aşamada uygulanmaları gerektiğinin belirlenmesi için bir kıyas noktası sağlamaktadır.

Bir örnek mahiyetinde aşağıdaki durum incelenebilir: soğutma sisteminde mikrobiyolojik kirliliğin önlenmesi için kimyasal maddelerle işlem den geçirilmesi gereken bir çevrimli soğutma sistemi. Soğutma sisteminin boyutları Şekil VIII.3’te gösterilmektedir.



Şekil VIII.3: Soğutma sistemi kimyasallarının yerel olarak seçilmesi yönteminden elde edilen verilere dayanarak çevrimli bir soğutma sisteminin şematik gösterimi

Bu örnekle ilgili olarak, 1. Adımın (kıyaslama metodu) hipoklorit biyositlerinin dibromonitrilpropiyonamidle (DBNPA) birlikte seçilmesiyle sonuçlandığı varsayılmaktadır.

Hipokloritin yeterli düzeyde izlenmesi ve dozlanması bağlamında en iyileştirilmesi atık sudaki ortalama yoğunluğun 0,2 [mg FO/l] yoğunluk seviyesini geçmemesi gerektiğini göstermektedir. Oksidan olmayan DBPNA biyositinin optimizasyonu 4 [mg/l] yoğunluk seviyesinde bir şok dozlamasının seçimiyle sonuçlanmaktadır (sıklık: günde bir kez).

DPBNA suda kendiliğinden hidrolize olan bir katkı maddesidir ($\tau_{1/2} = 2$ saat). Katkı maddesinin bu özelliği soğutma sisteminden kaynaklanan emisyonların azaltılması ve biyositin daha etkin bir şekilde kullanılması anlamında bir avantaj olabilir. Dozlama sırası ve sonrasında deşarjın belli bir süreyle kapatılması ile sistemdeki biyosit yoğunluğu azaltılacaktır. DPBNA'nın düşünüldüğü bu özel olayda tasfiyenin geçici olarak kapatılması çevreye deşarj edilen biyosit miktarının azaltılmasında ek bir seçenek (optimizasyon seçeneği) olarak kullanılır. işletmecilerin bakış açısından değerlendirildiğinde buradaki soru DBPNA yoğunluğunu hidroliz vasıtasıyla yeterli bir seviyeye düşürmek ancak bu esnada soğutma sisteminin işletim performansına da zarar vermemek için çevrimli sistemin tasfiyesi ne aşamada kapatılabilir? Söz konusu bu yeterli seviye atıksudaki DPBNA yoğunluğunun alıcı ortamdaki yoğunluğun (PEC: beklenen çevresel yoğunluk) EQS'i geçmesine yol açmayacak kadar olmasıdır.

Tablo VIII.3: Bu örnek için farklı yüzey sularında beklenen DBPNA yoğunlukları

Durum: Çevrimli soğutma sistemi; deşarj hacmi (akıtma) : 203 [m ³ /sa]; kullanılan biyosit: DBPNA ; Dozlama : şok (günlük) : konsantrasyon : 4 [mg/l] ; EQS : 7 [µg/l].							
Alıcı su	Boyutlar					PEC [µg/l]	EQS'i karşılamak için gerekli [%] azalma
	Debi [m ³ /saniye]	Genişlik [m]	Derinlik [m]	Akışkanlık [m/ saniye]	Deşarj Sonrası seyrelme		
Ortalama nehir	25	50	2,6	0,192	110	36,4	80,5
Büyük nehir	262	125	3,8	0,552	770	5,2	0
Küçük nehir / çay	1	10	1,5	0,067	10	400	98,5
Büyük kanal	40	200	6	0,033	92	43,5	83,9
Küçük kanal	2	25	2	0,04	14	286	97,6
Ark	0,15	5	1	0,03	3	1333	99,5
Göl	-	-	1,5	0,01	3	1333	99,5

Tablo VIII.3 doğrudan bir deşarjın seçili yüzey sularının büyük bir çoğunluğunda EQS seviyesinin aşılmasına neden olduğunu göstermektedir. Yüzey suyundaki DBPNA yoğunluğu yalnızca büyük bir nehre gerçekleşen atık su deşarjından sonra kabul edilebilir seviyede kalmaktadır.

Bu örnekte PEC değeri Hollanda'da genel olarak hariç tutulan ve izin kuruluşlarınca daha genel anlamda bir MET'in belirlenmesi sonrasında yerel etki değerlendirmesi için kullanılan (kombine yaklaşım) bir model yardımıyla hesaplanmaktadır. Hollanda modeli Fisher eşitliklerine dayanmaktadır. PEC değeri alıcı su sistemi genişliğinin 10 katı kadar ve en fazla 1000 metre mesafede hesaplanmaktadır (göllerde gölün yarıçapının ¼'ü kadar uzakta). Üye ülkelerin büyük kısmının PEC değerini belirlemek için kendilerine has metodolojileri uygulayacağı veya farklı türlerde alıcı ortamlar için farklı seyrelme faktörleri kullanacakları düşünülmektedir.

DBPNA için Çevre Kalite Standardı Su Çerçeve Direktifine Ek V kapsamında açıklanan metodolojiye uygun olarak hesaplanmaktadır. Aşağıdaki tabloda listelenen veriler 7 [µg/l] seviyesinde DBPNA için bir n EQS ile sonuçlanmaktadır. (bir NOEC ve 3 akut veri 100 değerlendirme faktörü ile sonuçlanmaktadır ve en düşük yoğunluk /100 > 7 [µg/l] [1]).

Tablo VIII.4: Ekolojik DBNPA verileri

Parametre	Konsantrasyon
LC-50 (balık) 96-hr	2 [mg/l]
MIC (algler)	2 [mg/l]
LC-50 (kabuklular)	0,7 [mg/l]
NOEC (balık)	4 [mg/l]

Hemen bozunur katkıları kullanıldığında sistem tasfiyesinin geçici olarak kapatılması biyosit kullanımını optimize etmek ve deşarj edilen biyosit yükünü azaltmak için iyi bir seçenektir. Aşağıdaki Tablo yüzey suyuna biyosit emisyonunun deşarj sonrasında EQS'in karşılanmasını sağlayacak seviyeye kadar düşürülmesi için ihtiyaç duyulan süre gösterilmektedir. Bu Tablonun son sütununda bu kapatmanın çevrim suyundaki tuz yoğunluğu üzerinde yol açtığı etkiler hesaplanmaktadır.

Tablo VIII.5: Deşarjın kapanmasının sonuçları

Durum: biyosit DBPNA : $k = 0,3 \text{ [sec}^{-1}\text{]}$; $\tau_{1/2} = 2 \text{ sa}$; $C_0 = 4 \text{ [mg/l]}$; $C = C_0 * \exp -(Qv/V+k)*t \text{ [1]}$; V = sistem hacmi $\text{[m}^3\text{]}$; $Qv = \text{deşarj [m}^3\text{/sa]}$; $t = \text{süre [sa]}$.			
Alıcı su	Gerekli azaltma [%]	Deşarjın kapanması için gerekli süre [sa.]	Notlar
Ortalama nehir	80,5	3,7	Artan tuz yoğunluğu: faktör 1,2
Büyük nehir	0	0	
Küçük nehir / çay	98,5	10,7	Artan tuz yoğunluğu: faktör 1,8
Büyük kanal	83,9	4,3	Artan tuz yoğunluğu: faktör 1,2
Küçük kanal	97,6	9,7	Artan tuz yoğunluğu: faktör 1,7
Ark	99,5	14,2	Artan tuz yoğunluğu: faktör 2,5
Göl	99,5	14,2	Artan tuz yoğunluğu: faktör 2,5

Özel duruma bağlı olarak, yukarıda belirtilen sonuçların asal kısmın (tuzların) yoğunluğu bağlamında kabul edilebilir olup olmadığının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ek Tedbirler

Eğer EQS karşılanamıyorsa alternatif biyositlerin düşünülmesinin gerekip gerekmediği ve / veya başka tedbirlere ihtiyaç duyulup duyulmadığı değerlendirilmelidir.

Bu tür tedbirlerden bazıları şunlar olabilir:

- Kullanılan soğutma suyunun ön arıtmadan geçirilmesi (yan akım filtrelemesi);
- Dozlama ve izlemenin geliştirilmesi yoluyla optimizasyon;
- Hat sonu artıtımı, örneğin blöfün biyolojik işleme artıtılması.

EK IX BLÖFTEKİ EMİSYON SEVİYESİNİ TAHMİN EDEN BİR YÖNTEME BİR ÖRNEK

RIZA açık çevrimli bir soğutma kulesinin biyosit deşarjının tahminine yönelik basitleştirilmiş bir model geliştirmiştir [tm004, Baltus en Berbee, 1996]. Bu modelin varsayımları şunlardır:

- Biyosit kaybına yol açan en önemli sebepler blöf yoluyla deşarj, buharlaşma ve soğrulmadır.
- Bu blöf devri daim suyuna oranla çok küçük bir miktardadır;
- pH ve sıcaklık sabittir;
- Şok dozlama uygulamalarında, başlangıç yoğunluğu dozlamadan hemen ardından tüm bir soğutma sisteminde aynı seviyededir;
- Hidroliz birincil derecede kimyasal bir reaksiyon olup bu reaksiyon sonucunda meydana gelen çözünme bilinmektedir;
- Tasfiye hacmi devri daim akımının hacminden çok daha küçüktür.

Gerçekliği hafifçe basitleştiren bu varsayımların sonucu olarak, alıcı ortama nihai olarak deşarj edilecek bir biyositin oranını hesaplamak üzere aşağıdaki formülü türetebiliriz:

$$\text{Oran (\%)} = \Phi_v \times 100 \% / (\Phi_v + kV)$$

$$<D_v = \text{tasfiye (m}^3/\text{sa)}$$

$$k = \text{çözünme faktörü (sa}^{-1}\text{) (eğer maddeler çözünmüyorsa k=0)}$$

$$V = \text{sistem hacmi (m}^3\text{)}$$

Maddenin %100'ü ile serbest bırakılan fiili oran arasındaki farkın hidrolize tabi olacağı varsayılmaktadır. Sistemde başka herhangi bir kimyasal tepkimenin meydana gelmeyeceği varsayımı nedeniyle, bu modelin olası en kötü durumu tanımladığı anlaşılabılır. Biyosit emisyonu yüzdesinin gerçekte bu modelle hesaplanandan daha düşük olacağını beklemek gerçekçi olacaktır. Bu modelin gerçekleşen deşarjı yalnızca kabaca tahmin etmek üzere geliştirildiğini ve tasfiye suyunun toksisitesine ilişkin herhangi bir bilgi vermediğini akılda tutmak önem taşımaktadır. Özellikle büyük ölçüde hidrolize uğrayan biyositler söz konusu olduğunda ortaya çıkan maddeler orijinal işleminden çok daha zararlı olabilir.

Çözünme faktörü (k) bir biyositin çözünme yoluyla sistemde görünmez hale gelme hızını verdiği için önemli bir faktördür. Eğer bu çözünme çok kısa bir süre içinde meydana gelirse blöfü kapatmak ve biyosit yoğunluğunun en düşük seviyesine inmesini beklemek yerinde olacaktır. Sistemin tuzlanması önüne geçmek için sistemdeki su dozlamadan hemen önce tazelenmelidir. Tuz yoğunluğunun artmasını önlemek için blöf birkaç saat sonra açılmalıdır. Açık ki bu yöntem hızlı hidrolize uğrayan biyositlerde yavaş hidrolize olanlara nazaran çok daha başarılıdır. Hızlı hidrolize olan biyositler arasında örneğin β -brom- β -nitrositrin veya DBNPA sayılabilir. Yavaş hidrolize olan bir biyositlere ise izotiyazolinler örnek verilebilir.

Bu modelin kullanımından elde edilen bazı sonuçlar göstermektedir ki pH seviyesi 8 ve sıcaklığı ise 25-40°C arasında olan biyositler halen daha kalıcı olabilmektedir ve bunların %80'inden fazlası blöfle birlikte deşarj olmaktadır. Hızlı hidrolize olan biyositlerin blöf suyundaki oranının daha düşük olduğu görülmüştür (%25). Ancak bu oran bu biyositlerin daha makbul olduğu anlamına gelmez; çünkü gerek bu biyositlerin ve gerekse çözünme ürünlerinin toksisitesi çok daha yüksek seviyelerde olabilmekte ve bu nedenle alıcı su ortamı bakımından daha az tercih edilir bir durum ortaya çıkarabilmektedirler.

EK X ENERJİ DIŞI TESİS UYGULAMALARI İÇİN YATIRIM VE DONANIMIN VE SOĞUTMA SİSTEM ELEMANLARININ ÇALIŞMA GİDERLERİ

[tm001, Bloemkolk, 1997]

Bu ekteki bazı veriler, büyük endüstriyel soğutma sistemleri için maliyet bilgisi çerçevesinde sunulmuştur. Pratikte fiyatlar, verilen bölgelere tekabül edenlere göre oldukça değişiklik gösterecektir. Daha küçük sistemler (seriler) için yatırım ve işletme maliyetleri de farklılık gösterecektir, ancak bu farklılık çok geniş çerçevede olacaktır.

Genel görünüm, yüksek yatırımların düşük işletme maliyetlerini beraberinde getirdiği yönündedir. Bu durum aynı zamanda çevresel etkinin az olmasını da sağlamaktadır.

Maliyet göstergesi sunulan her bir durum için, soğutma sistemlerinin maliyetlerine dayanan hesaplamalar büyük farklılık gösterir ve bu durumdan, farklı sistemlerin zorunlu olarak farklı pahalılıkları yaratmayacağı sonucuna varılabilir. Nihai olarak bütün maliyeti etkileyecek olan faktörler içinde, kullanıcıların gereksinimleri ve karşılanması gereken yasal gereklilikler çok önemlidir. Bu nedenle, bir sistemin olabilirliği ya da bir tekniğin uygulanabilirliği üzerine değerlendirme her özel durum için ayrı yapılmalıdır. Ayrıca enerji fiyatı, özellikle de geri dönüştürülebilir ısının çok önemli rol oynadığının düşünüldüğü durumlarda dikkate alınmalıdır. Maliyetler 1995 rakamlarına dayanmaktadır.

Soğutma sistemlerinin ve olası değişikliklerin maliyet hesabında önemli bir unsur, sistemin ilk yatırım maliyetleri (ya da uygulanmış ölçüm) ile yıllık maliyet sonuçlarının karşılaştırılmasıdır. Pratikte yüksek yatırım maliyetleri düşük bakım maliyetlerini beraberinde getirebilir ama aynı zamanda, daha baştan yatırımın önünde en olabilecek şekilde, yıllık sabit maliyetlerin yüksek olmasına da yol açabilir. Maliyet karşılaştırması gereği (kWth ya da MWth) olarak tasarlanmış sistemin ısı kapasitesi sunulmalıdır.

Unsurlar ve maliyetler

Endüstriyel (enerji dışı tesis) uygulamalar için bir dizi maliyet belirleyici unsur, toplam maliyetleri ve farklı sistemlerin karşılaştırılmasını hesaplamak için hem su soğutmalı hem de hava soğutmalı sistemler açısından Tablo X.1'de sıralandı. Maliyetler, soğutma sisteminin farklı unsurlarındaki maliyet farklılaşmasına dayanmaktadır.

Sabit maliyetler

Isı dönüştürücü maliyetleri, tip, materyal, büyüklük gibi unsurlara göre değişmektedir. Tabak ısı dönüştürücüler, daha pahalı olan titanyum materyalinden olsalar bile, çatı & tüp dönüştürücülerden daha ucuzdur. Ancak bu dönüştürücülerin alınan basınç seviyesi sınırlıdır. Kondansatörler, çatı ve tüp dönüştürücülerden yaklaşık '25 daha pahalı olur. Paslanmaz çelik ya da özel CuNi gibi materyaller ise çelikten (2-5 kat arası) pahalıdır. Özel tüplerin pahalılığı %10 ile %15 arasında değişebilmektedir. Hava soğutmalılarının maliyeti esas olarak ısı dönüştürme yüzey alanına ve fan türüne bağlıdır. Gerekli olan son sıcaklık da aynı zamanda karar verme unsuru olarak kaydedilir. Hava soğutmalı ısı dönüştürücünün materyali genellikle, su soğutmalı sistemlerinkinden daha az önemlidir ancak bu durum, yine de soğutucu olarak kullanılan maddenin paslandırıcı özelliğine bağlıdır.

Boru hattı ve dağıtım maliyetleri çaplara, materyale ve uzunluğa göre değişmektedir.

Yapının giriş ve çıkış hususiyetleri, oldukça konumlandırmaya bağlı bir konudur. Özellikle uzunluk, çap ve temin yapısı ve drenaj ağızları maliyet düzeylerini belirler. Her MW için 13000 civarı maliyet düzeyi 300 MW kurulu kapasite için gösterildi. Bu maliyetler, küçük kurulumlarda daha yüksek olacaktır.

Soğutma suyu sistemleri, suyu etrafa pompalayan pompalar ile takılır. Dolaylı olmayan sistemler iki

soğutma suyu boru hattına sahiptir ve bu nedenle ekstra pompalara ihtiyacı vardır. Pompa yatırımları bunların ömrüne, kapasitesine ve materyaline göre değişmektedir. Soğutma suyunun temizleyicisi gerekli materyallerin seçiminde daha az öneme sahiptir.

Soğutma kulesi rakamları büyük ölçüde model ve büyüklüğe bağlıdır. Kümeleşmenin olmaması gerekebildiği durumlarda soğutma kulesinin yatırım maliyeti yaklaşık 1,5-2 kat daha yükselir. Su tablalarının bir araya getirilmesi de soğutma kulesinin yapımının bir kısmını oluşturur.

Soğutma kulesi fiyatı kısmen istenilen tasarım alanına bağlıdır. Soğutma kulesi üzerinde küçükçe bir girişim, hem soğutma kulesinin kendisi olan yatırım hem de enerji tüketimi açısından daha büyük ve pahalı bir soğutma kulesi şeklinde sonuçlanır. Aşağıdaki tablo bir örnekle bu durumu göstermektedir:

Değişken maliyetler

Soğutma sistemlerinin değişken maliyetleri büyük oranda sisteme bağlıdır. En etkileyici maliyet unsurları (1995):

- Enerji (her kWh için 0,05-0,06 Euro)
- Toplama, vergi ve pompalamayı içeren yer altı suyu (her m³ için 0,09-0,22 Euro)
- Pompalama harici yeraltı suyu (her m³ için 0,09-0,11 Euro)
- Toplama ve vergiyi içeren içme suyu (her m³ 0,4-1,4 Euro)
- Bazı durumlarda yarı imalat ürünler de kullanılabilir, mesela bulanık nehir suyu ya da yükselen buhar. Bunların maliyeti alınan suyun maliyetinden daha düşüktür.

Soğutma suyu sistemlerinin belirleyici çalışma unsurları, pompa enerjisi ve soğutma kulesi olması durumunda ekstra vantilatör ve ek sudur. Soğutma suyunun arıtılması da maliyetlere eklenecektir ama bu, soğutma sistemine eşlik edecek uygulanan arıtma sistemine göre değişmektedir. Devri daimli sistemler ek seyreltici ve pas önleyici maddelere ihtiyaç duyarken tek yönlü sistemler genellikle sadece biyo-kirlenme kontrolüne ihtiyaç duyar.

Kuru hava soğutuculu sistemlerin çalışma maliyetleri esas olarak enerji giderlerinden oluşur. Hava soğutucuların enerji giderleri, çatı ve tüplü sistemlerin giderlerinin üçte biri ile yarısı arasındadır.

Yöntem

Farklı soğutucu sistemler arasında maliyet karşılaştırması yapmak için farklı yöntemler geliştirildi. Aşağıdaki yaklaşım, örnek olarak kullanılmaktadır; ancak diğer maliyet yöntemleri de aynı prensibe dayanmaktadır. Yöntem, kesin şartlarda doğru değildir; yani, başka bir ifade ile kesin yatırım değerlendirmeleri için kullanılması anlamına gelmez. Bununla birlikte, farklı soğutma sistemlerinin yatırım maliyetlerini karşılaştırmak için uygundur.

Çeşitli sistemler için genel maliyet faktörleri hesaba katılmalıdır ve bunlar, donanım kurulum maliyetlerinin (direkt bölge maliyetleri ya da DFC) sabit oranı olarak ifade edilebilir. Bu örnekteki bu maliyet faktörleri ve eşlik eden oranlar:

- Dolaylı maliyetler (yatırım maliyetlerinin %5'i)
- Mühendislik (yatırım maliyetlerinin %8'i)
- Öngörülemeyen maliyetler (donanım kurulum maliyetlerinin %15'i)

Yatırım maliyetleri ve maliyet faktörleri toplam yatırım maliyetlerini (TIC) oluşturur.

Yıllık giderler, sabit maliyetler (yatırım+aşınma payı) ile değişken maliyetlerin (işletme maliyetleri) toplamıdır. Yüksek yatırımın, sadece, yüksek yıllık sabit maliyetlere neden olduğu değil, aynı zamanda direkt yatırımın önünde bir engel olabileceği akılda tutulmalıdır. Ayrıca yıllık maliyetlere eklenen bakım giderleridir.

Karşılaştırmalar

Yukarıdaki unsurlar temelinde çeşitli soğutma sistemleri için yatırım hesaplandı ve karşılaştırıldı. Hesaplama, aynı zamanda, eşlik eden işletme maliyetlerinden oluşur. Toplam Tablo X.2'de özetlenmiştir. Yıllık maliyetlerin hesaplanmasında belli bir yatırımdaki aşınma periyodu hesaba katılmalıdır. Çalıştırma maliyetleri de aynı zamanda hesaplanmalıdır. Yıllık bakım maliyetleri

toplam yatırım maliyetlerine (TIC) dayanır.

Tablo X.1: Su ve hava soğutuculu sistemler için maliyet unsurları (tm001, Bloemkolk, 1997)

Maliyet türü	Maliyet unsurları	Su soğutuculu sistemler	Hava soğutuculu sistemler
Sabit	Isı dönüştürücü(ler) (çeşit, boyut ve model)	X	X
	Isı dönüştürücü (materyal)	X	X
	Çalışma dâhilindeki boru hatları, tüp-köprüler	X	X
	Pompalar / Rezerve pompalar	X	X
	Giriş yapıları	X	
	Tüp girişi / drenaj	X	
	Çıkış yapıları	X	
	Soğutma kulesi (ler) (mümkünse)	X	X
	Fanlar	X	X
	Ses zayıflatıcı	X	X
	Doğrudan sistemler (ekstra ısı dönüştürücü, ağızlar, pompalar)	X	X
Değişken	Su (yeraltı suyu, musluk suyu)	X	
	Ücret dışı su	X	
	Sızıntı izleme	X	X
	Su arıtma	X	
	Enerji tüketimi (pompalar ve fanlar)	X	X
	Bakım	X	X

Hesaplamalar, yatırım düzeyinin ve enerji kullanımının maliyet hassasiyetini geniş ölçüde etkilediğini gösterdi. Seçilen yapılandırma ve materyal tercihindendir. Ucuz materyaller ve modeller, hesaplanan alt sınırları, özel materyaller ise üst sınırları belirler. Aynı zamanda, iyi materyallerin hatırı sayılır derecede bakım ve işletme maliyetlerini ve kimyasal maddelerin kullanımını düşürdüğü unutulmamalıdır.

Hesaplanan yıllık maliyetler, yatırımlar ve işletme maliyetleri önemli ölçüde değişir. Gereken su (hazırlanılmış) ve fiyatı ve enerji tüketimi gibi faktörler etkilidir. Materyal seçimi de aynı zamanda yıllık işletme maliyetleri içinde sonuç doğurur. Kullanılan kuru hava soğutucularında, en son gelinen sıcaklık önemlidir ve gerekli sıcaklığın daha düşük olması daha pahalı daha pahalı hava soğutucusu halini alır. Soğutma suyu sistemlerinde düşük sıcaklık, hesaplamada küçük yaklaşımlar kullanılmıyorsa eğer maliyet hesaplamasını daha az etkiler.

Tablo X.2: Endüstriyel uygulamalar için, istisna enerji tesisleri ile birlikte su ve hava soğutucu sistemlerinin maliyet göstergeleri (1993–1995)
[tm001, Bloemkolk, 1997]

Sistem	Kurulumx1000 (Euro/MWth)	Toplam yatırım (TIC)x1000 (Euro/MWth)	Yatırım mahiyeti	işletme maliyetlerix1000 (Euro/MWth)	Her yıl için yatırım ve aşınma payı6x100 0 (Euro/MWth)	Genel toplam yıllık giderle r (Euro/MWth)
Tek yönlü sistem (0,2-10 MWth arası) (alan>10 MWth) elemanlar -ısı dönüştürücüler ² -tüpler vb. -pompalar -kaynak/drenaj	68-182 34-91 68 (36-136) 9,1-14 4,5-9,1 (9,1-14)	77-227	-materyal, model -uzunluk, materyal -kapasite, DP -konumlama (kaynak/drenaj)	-enerji 4,5-6,8 -arıtma 0,5-1,8 -bakım 2,7-7,7	10-30	18-46
Toplam	59-173					
Dolaylı tek yönlü sistem	18-50 (ekstra) 2,3		Ekstra ısı dönüştürücüler Ekstra ısı dönüştürücüler	10-19	13-37	23-56
Toplam		100-269				
Açık ıslak soğutma kuleli devir sistemler (0,2-1 MWth arası) (alan>1MWth) Elemanlar -soğutma kulesi -ısı dönüştürücüler -tüpler/pompalar	59-136 45-68 18-45 4 36-136 14-23	89-266	-model -materyal, model -ısı dönüştürücü materyali	-ek 6,3-22 -enerji 6,5-13 -bakım 2,3-9,1 -arıtma 1,8-4,5 19-41	11-35	30-76
Toplam	68-203					
Açık ıslak soğutma kuleli dolaylı devir sistemler	18-45 2,3 (ekstra)		Ekstra ısı dönüştürücüler Ekstra pompalar	-Enerji 9,3-16 -bakım 2,7-11 -arıtma 1,8-4,5 -ek 6,3-22		
Toplam	86-255	112-331		20,43	14-43	34-86

Sistem	Kurulumx1000 (Euro/MWth)	Toplam yatırım (TIC)x1000 (Euro/MWth)	Yatırım mahiyeti	işletme maliyetlerix1000 (Euro/MWth)	Her yıl için yatırım ve aşınma payıx1000 (Euro/MWth)	Genel toplam yıllık giderler (Euro/MWth)
Kuru hava soğutma Direkt			Son sıcaklık 8	—enerji 1,4–5,4 -bakım 1,4–3,4 ₅		
Toplam	81–220	105–288		2,8–8,8	14–38	17–47
Dolaylı	Ekstra 14–452,3		Son sıcaklık 8	-enerji 3,6–8,9 -bakım 1,8–5,4		
Toplam	95–266	123–351		5,4–14,3	16–46	21–60

1. Metne bakın
2. Şekle bağlı olarak ekstra ısı dönüştürücü için maliyetler
Genel maliyet faktör materyalleri
 - a. çelik 1 özel (bv Cu/Ni alaşım)
 - b. çelik kaplama 1,3-1,7 bakır 1,5-2
 - c. rvs 1,5-3 titanyum 1,7-2,5
3. ekstra pompalar ile birlikte ısı dönüştürücüsü (eşanjör) ve dağıtım maliyeti, genellikle tabak ısı dönüştürücüler
4. buhar kümelenmesini ortadan kaldırılması ile sistem 2-2,5 kez daha pahalı olur
5. bakım maliyetleri %3,5, hava soğutmalı için %1-1,5
6. Aşınma payı, yıllık sabit maliyetlerin yatırımların yaklaşık %13'ü (yıllık irat) olduğu zaman yatırımın %5'i olarak farz edilir,
7. Yılda işletme sayısı 8000
8. 30° C'ye kadar derin soğutma işlemleri için üst fiyat sınırı; 60° C için alt fiyat sınırı
9. Maliyet verisi yok

EK XI ENDÜSTRİYEL SOĞUTMA SİSTEMLERİ İÇİN ESAS MET YAKLAŞIMI KONUSUNDA ELE ALINAN TEKNİKLERE ÖRNEKLER

XI.1 Giriş

Endüstriyel soğutma sistemlerinin çevreye etkilerini azaltmak için birçok seçenek mümkündür. Genel yaklaşım, yeni endüstriyel soğutma sistemlerinin başarı elde etmesi var olan sistemlerden genel olarak daha kolay olduğu durumlarda, özel tasarım ve yapı ile özel koruma sağlamayı amaçlar. Azaltma ölçülerinin uygulanması, şantiye üzerinde alan sınırlaması gibi sınırlamaların yapılması ile birlikte soğutma yapılandırmasına bağlıdır. Enerji tüketimi, işletme gereklilikleri ve ekonomik sebepler gibi faktörler de aynı zamanda bu konuda önemli bir rol oynayacaktır. Bölüm 1’de sunulan genel yaklaşım ve Bölüm 3’te çevresel etkiyi azaltmak için açıklanan uygulamayı temel alan bu Ek, teknik ve alternatifleri daha detaylı olarak açıklamaktadır. Teknikler, MET yaklaşımı doğrultusundaki soğutma sistemlerinin en verimli düzeye getirilmesi olarak ele alınabilir.

Liste, endüstriyel soğutma sistemleri için MET konusundaki bilgilerin değişimi içinde TWG tarafından ileri sürülen bir dizi detaylı azaltma tekniklerinin bir özetidir. TWG tarafından bildirilen her bir teknik için kısa bir tanım, azaltıcı etkiler (niteliksel/niceliksel), karşı ortam etkileri, tesis boyutu sınırları, maliyetler ve örnek tesisler takip edilerek verilmektedir. Uygun soğutma tekniğinin değerlendirilmesine benzer bir şekilde, ileride sunulacak olan tekniklerden birinin uygulanması, kullanılan ya da planlanan soğutma yapılandırması ışığında değerlendirilmek zorunda kalacaktır. Benzer çevresel amacı içeren teknikler arasında seçim yapmak mümkün olduğu sürece, çevresel başarıları ve teknik uygulanabilirlikleri, yatırım ve bakım maliyetleri ve diğer çevresel unsurlara karşı etki göz önünde bulundurularak ilk seçme kriteri olur. Genel anlamda ne maliyet verisi ne de karşı medya etkileri açıklanmış olan birçok teknik hala bulunmaktadır ve bu tekniklerin daha çok araştırılması gerekir.

Tekniklerin olabilirliği ve uygulanmasına göre, dikkate alınmaları gerekir. Elde edilen çevresel sonuçlar belli çalışma koşulları altında elde edilmiştir ve farklı çalışma ortamında benzer niceliksel sonuçlar için hiçbir garanti vermez. Sonuçlar, gelişimin yönlendirilmesinin şekil alması için faydalıdır. Özellikle endüstriyel soğutma sistemlerinde, çalışma gereklilikleri ve soğutma sisteminin boyutu ve çalışması çok farklılık gösterir ve uygulanan azaltma ölçümünü etkiler.

XI.2 Suyun tekrar kullanılması ile sağlanan soğutma suyu tasarrufları

Soğutma suyunun kullanımı, genel olarak ya da periyodik kesintiler yaratmayı mümkün kılan iklimsel değişiklikler ile geçici olarak sınırlandırılabilir ya da sınırlandırılır. Birçok Avrupa Birliği ülkesinde, endüstri üzerinde, su kullanımını sınırlandırma ve optimize etme yönünde artan bir baskı var. Bu nedenle, endüstri kolunun, teknolojiyi değiştirmesi ve mümkünse tek yönlü sistemlerini devir daimli sistemler ile değiştirmesi ya da devir daimli soğutma kulelerini yüksek yoğunlaşma döngüsünde çalıştırmasına dikkat çekiliyor. Soğutma kulelerinde genellikle uygulanan diğer seçenekler sapma gidericilerdir.

Ayrıca, bir dizi su arıtma seçeneği, kullanılan suyun tekrar elde edilmesi soğutma döngüsünde tekrar kullanılması için geçerli olabilir. Bazı politikalar da aynı zamanda, su gerektirmeyen ve bu nedenle de buna eşlik eden problemlere neden olmayan ve diğer bedellerin de (iklim, yatırım maliyetleri, alan) sınırlı olabileceği kuru hava soğutmanın paylaşımının artmasını amaçlamaktadır.

Arıtma yöntemlerinin özeti aşağıdaki seçenekleri ortaya çıkarmıştır [tm065, Meier ve Fulks, 1990]:

- Soğuk kireç yumuşatma
- Sıcak işlem yumuşatma
- Tuz yoğunlaştırıcılar
- Biyolojik arıtma
- Ters osmoz
- Elektrodializ ters işlemi
- Buharlaştırma havuzları

Bu işlemler arasında ters osmoz ve elektrodializ ters işlemi çok fazla enerji isteyen işlemlerdir ve nispeten pahalı bir hal alırlar. Sıcak işlem yumuşatma etkilidir ancak ek soğutmanın ve ısı dönüşünün gerekli olması dezavantajlarına sahiptir. Biyolojik arıtma, sudan organik unsurların çıkarılması için kullanılır ve arıtma programının bir parçası olarak atıksu arıtma çıkışının besleme suyu olarak kullanılması özellikle ilginçtir. Buharlaştırma havuzları, kolay bir tesis atıksu azaltım yöntemidir. Büyüklük gereksinimleri ve var olan çamurun yok edilmesi sınırları kullanımlarını engelleyebilmektedir.

XII.2.1 Soğutma kulesinin düzenlemesi için gerekli (atık) suyun yeniden kullanılması [tm066, Philips ve Strittmatter, 1994] ve [tm064, Meier, 1990]

Açıklama

işletmenin içindeki ya da dışındaki su, soğutma kuleleri için hazırlanan su olarak kullanılabilir. Hem suyu kullanan işletmenin çıkan sularında hem de iskân atık sularında arıtma tesisleri uygulanabilir. Suyun kimyası önemlidir. Su denetlemesi tesisin her bölümü için tam bir su dengesini sağlar. Bu denetleme, yoğunlaşma döngüsü içinde kule suyunun kimyasını, tutulan zaman indeksini, hızı, sistem metalürjisini, sıcaklıkları ve mevcut arıtma kimyası ve çalışma başarısını içeren bilgileri vermelidir. Bazen suyun ilk önce filtreden geçirilmesi gerekir ve birçok filtreleme yöntemi kullanılabilir, ancak bu metnin kapsamında bu yöntemlere işaret edilmemiştir.

Suyun kimyası, döngü sayısının sürdürülmesi için soğutma kulesinde gerekli olan kimyasal arıtmaya karar verir. Özellikle, artan aşınma derecesinin ortaya çıktığı bildirilmiştir. Bazı durumlarda, sınırlandırıcı yoğunlaşma etkisi, yoğunlaşma döngülerini arttırmak için tabakalaşma önleyiciler kullanarak ya da çözülmemiş parçaların çıkarılması için ters gelişim tekniğini kullanarak genişletilebilir.

Azalma

Azalma oranı, büyük ölçüde devir daimli soğutma sisteminin alabildiğine ve o anda gerekli olan suyun yeniden kullanılabilirlik durumuna bağlıdır. %15'e varanlar olduğu kaydedilmiştir.

Çapraz medya etkisi

Suyun kullanılmadan önce filtrelenmesi nedeniyle atık, filtre kalıntısı olarak oluşabilir ve bertaraf edilmesi gerekebilir. Temiz suyun kullanımının getirisi, atıksunun durumuna eklenen atıkların ekstra kullanımının çevresel ve finansal maliyetlerine karşı değerlendirilebilir. Tekrar kullanım için buharın kimyasal arıtımı çok karmaşık olabilir ve sistemin çalışması için ekstra insan günü gerektirebilir.

Uygulama sınırları:

Suyun tekrar kullanımı, artan talepler için alternatif su kaynaklarının sundukları yetersiz olmasına rağmen, tesis büyüklüğü ne olursa olsun hem mevcut tesisler için hem de yeni tesisler için bir seçenektir. Organik içerik (BOİ) kontrol edilmesi gereken sınırlayıcı bir unsur olabilir.

Giderler

Gider göstergeleri büyük farklılık göstermektedir ve tesis için oldukça bellidir. Yönlendirici veri bilinmiyor.

Örnek tesis:

Rafineriler için, iskân bölgesi belediye atıksularının besleme/takviye suyu olarak kullanılabileceği kanıtlandı [066, Philips ve Strittmatter, 1994]. Sıfır boşaltmanın uygulandığı örnek [tm064, Meier, 1990]'da açıklandı.

Görüşler:

Atık akışlarının karşı karşıya bıraktığı genel problemler:

- Çözünmeyen gıdalardan dolayı mikrobiyolojik etkinliğin yüksek olması
- Çözünmemiş tuzların seviyesinin yüksekliğinden tabakalaşma riskinin artması
- Yüksek demir ve/veya geçici madde seviyesinin yüksek olmasının bir sonucu olan kirlenme problemleri
- Toplam çözünmüş madde seviyesinin yüksek olmasından dolayı paslanma problemleri (TDS)

Bahsedilen problemleri ortaya çıkaran ihtimaller önemli ölçüde atıksuyun birleşimine bağlıdır. İskân bölgesi atıksuları su kalitesi açısından büyük farklılık gösterir -bu sular, önemli miktarda çözünmemiş organik maddelere ek olarak, genellikle nispeten yüksek seviyelerde amonyak ve fosfat içerir. Ayrıca iskan bölgesi atıksuları tipik bir şekilde, tabakalaşmaya neden olabilecek şekilde yoğunlaşma sertliğine sahiptir. Yüksek seviyelerdeki demir ve/veya geçici maddeler kirlenme problemlerine yol açabilir. Bir rafinerinin toplam atık suyu, oksitleyici biyositlere ihtiyacı arttıracı şekilde yüksek miktarda yağ, gres yağı ve askıda katı madde düzeyleri içerir.

XI.2.2 Sıfır boşaltım sistemi

[yorum, D]

Açıklama:

Aşamalı soğutma sistemi, soğutma kulesi çıkışından sıvı boşaltımını ortadan kaldırmak için kullanılır. Ana kuleden boşaltım, iyi çalışma pratiği sınırları içinde tuz dengesini sürdürmek için gerçekleştirilir. Yüksek miktarda çözünmeyen tuzlar içeren su (kalsiyum tuzları), yüksek miktarda çözünür tuzlar içeren suya (sodyum tuzları) dönüştürülür. Bu işlem bir yumuşatıcı reaktör / durultucu içinde meydana gelir. Boşaltım direkt bir osmoza (DO) aktıktan sonra, suyu çeken doku yoğunlaştırıcı dokulardan sodyum klorit tuzlu suyuna geçirilir. Tuzlu su, ana kondansatörden artan ısıyı enerji kaynağı olarak kullanan ikinci soğutma kulesinde (tuzlu su soğutma kulesi de denir) yeniden yoğunlaştırılır. Tuzlu su soğutma kulesi, ana kuleden çok daha az su akışına sahip olacaktır. Tuzlu su akışının ana akışa olan genel oranı 1'e 750'dir. DO doku sisteminden elde edilen yoğunluk, çıkarılan parçalar ve alan dışı unsurlar ile küçük bir kristalizör içinde daha fazla olabilir. Kristalizörden sıvı boşaltımı, tuzlu su kulesine tekrar kazandırılır.

Azalma:

Ana su boşaltımının tekrar kullanımı, kalan kısmın ikinci soğutma kulesine buharlaşan (yaklaşık %16) ya da katı yok etmede artık nem olarak depolanan kısım %75 olarak bildirilmiştir.

Tuzlu su kulesindeki artık ısıyı kullanmak, ana kuledeki soğutma yüklemesini 45 m³/s boşaltmada yaklaşık 3,5 MW ile azaltır.

Çapraz medya etkisi:

Ana kuledeki düşük soğuk yüklemesi. Aşamalı soğutma sistemini işletmek için bir miktar enerji gerekir. Akışın emisyonları, tesisin üzerinde bulunduğu suyun yüzeyine yayılmaz ancak atık haline dönüşür. Atık haline dönüşmesi haline yok edilmesi gerekir.

Uygulama sınırları:

Bu sistem, boşa su harcamaları konusunda sıkı çevresel sınırlamaların olduğu yerlerde elverişli olacaktır. Sistem, yeni enerji ve kimyasal tesisler için bir seçenektir ancak mevcut kurulumlara bu sistemin uyarlanması gerekir.

Giderler:

Bu sistemin gerektirdiği ana yatırım, tek yapılı olan ıslak soğutma kuleleri için gerekenden daha yüksektir. Bu sisteme sahip ıslak soğutma kulesinin ana yatırım giderleri, aynı kapasitedeki hava soğutmalı sistem için gerekenden belirgin bir şekilde daha düşüktür. Enerji gereklilikleri konusundaki işletme giderleri, ana kondansatörün fazla ısısının kullanılmasından dolayı daha düşük olabilir. Aşamalı soğutma sistemlerinin işletme giderleri ve katı parçacıkların yok edilmesi giderlerinin, atık suyun arıtılması ve boşaltılması konusundaki çevresel giderler karşısında değerlendirilmelidir.

Örnek işletme:

Avrupa Topluluğu içinde varlığı bildirilen bir kurulum yoktur. ABD’de birçok uygulaması görülebilir.

Görüşler:

Suyun tekrar kullanımı konusundaki geleneksel teknolojilerde (mesela tuzlu su yoğunlaştırıcılar) yaratılan, yüksek sıcaklıktaki tuzlu sular aşırı derecede aşındırıcıdır, egzotik materyallere neden olurlar ve bakım konularını sürdürürler. Tanımlanan bu sistemde, düşük basınç (ca. 15 bar) OD’nin düşük çalışma sıcaklıkları (32 °C’den daha az) HDPE PVC ve diğer aşınmaz materyallerin aşınmadan endişelenilen bölgelerde kullanılmasına izin verir. Diğer deneyimlenenler geleneksel sistemlerindeki daha küçük olan kristalizörlerdir. Her ikisi de daha az bakım doğururlar.

Yürütme işlemi basittir ve özel bir eğitimi gerektirmez. Ek bir biyolojik arıtmaya gerek kalmaz.

Eğer yüzey sularına deşarjın olmamasının çevresel maliyetleri, atık bertarafının çevresel maliyetlerinden ağır basıyorsa, yerel olarak dikkate alınması gerekmektedir.

XI.2.3 Sprey Havuzları

[tm154, Besselink çevresi, 1999]

Açıklama:

Geçmişte sprej havuzları soğutma suyunun sıcaklığını düşürmek için kullanılırdı ve bazıları hala Avrupa’da kullanılıyor. Günümüzdeki araştırma, sprej havuzlarının termal boşalımları azaltmak ve su tasarrufu sağlama amaçlı endüstriyel kullanımları üzerinedir. Çalışmanın uygulanabilirliği, sprej havuzunun kullanımına ve 18–21 MWth kapasiteli soğutma kulesinin karşılaştırılmalı enerji tasarrufuna bakar. Sprej memelerinin boyutları ve sprej havuzunun özellikleri üzerine hava koşullarına bağlı olarak soğutma verimliliğini hesaplayan (yüzey alanı, su kalitesi) bir model geliştirildi. Model ile özel yerel koşullara göre sprej havuzunun gereken tasarımı mümkün kılındı.

Soğutma suyu akışının soğutma suyu akışının hepsi ya da bir kısmı spreyleme memeleri ile havuza alınır. Spreyleme soğutmayı artırır ve sprej havuzunun soğutma verimliliği, soğutma havuzundan yaklaşık 36 kat daha yüksektir. Sprej havuzları buharlaşma, iletim ve ısı yayımı yolu ile soğur. Yüksek hava sıcaklıklarında buharlaşma, soğuk hava koşullarında ise iletim ve ısı yayımı en önemli unsurdur. Kapasite, havuzun yüzeyine, hava koşullarına (rüzgâr hızı), spreyleme memeleri ve spreyleme özelliklerine bağlıdır. Etkili bir sprej havuzunun ısı yayılımı 722 J/m² değerinde olabilmektedir.

Azalma:

Soğutma sistemi üzerine çalışmanın sonuçları, soğutma kulesinin her bir MWth soğutma için kullanabildiği yaklaşık 6,5 kWe enerji ile karşılaştırıldığında potansiyel bir enerji tasarrufunun sağlanılabileceğini gösteriyor. Bu her yıl MWth başına yaklaşık 38 ton CO₂ emisyonuna eşdeğerdir.

Çapraz medya etkisi:

Spreyleme ile su dumanı meydana gelir. Bu, biyolojik bulaşmanın yayılmasında önemli bir rol oynar. Bu nedenle, özellikle yaz aylarında sprej havuzunun çalıştırılması uygun su arıtma programını gerekli kılar.

Uygulama:

Şantiye üzerinde uygun yerin olmaması, soğutma sisteminin gerektirdiği kapasiteye bağlı olarak spre yay havuzu seçeneklerini kısıtlar. Büyük sistemler için, bütün sistemi kapsayan bir seçenek olmayabilir, ancak soğutma suyunun bir kısmını kapsayan bir seçenek mümkün olabilir ve bu da su girişini azaltabilir. ABD'deki birçok geleneksel enerji tesisi (500 MWe'e kadar) spre yay havuzlarını kullanır ve nükleer enerji santralleri acil durumlar için bu havuzları kullanırlar.

Giderler:

Spre yay havuzu yatırımları, enerji giderleri ve kurulum alanının alınması unsurları göz önünde bulunduruluyorsa, soğutma kulesi yatırımlarına nazaran kısmen daha avantajlıdır. Toprağın alınmasında farklılık hesaba katılmaz, ancak bu durum tabii ki de kurulum ücretine bağlıdır.

Tablo XI.1: Spre yay havuzu ve soğutma kulesi için MWth başına yatırım ve enerji giderleri [tm154, Besselink çevresi, 1999]

Giderler	Spre yay havuzu	Soğutma kulesi
Yatırım (1000 Euro/MWth)	39 (25)	48
Spre yay ve fan enerjisi	4	11
Tasarlanabilirlik	Sağlıklı	Sağlıklı
Notlar: Kapasite 18–24 MWth Soğutma 32–24 °C		

Referans işletme:

Dow Europe, Terneuzen (NL)

Görüşler:

Var olan tekniğe dayanmasına rağmen, şu anki değişiklikler daha araştırma aşamasındadır. Isı salımı kısıtlamalarının üretim kapasitesinde kısıtlamalarda yol açtığı, yaz ayları gibi durumlarda uygulama özellikle cazip olabilir. Ayrıca, spre yay havuzu, yeraltı sularının kullanımındaki kısıtlamanın artma beklentisi ile düşünülebilir.

XI.2.4 Soğukluk muhafazası**[yorum–1, Belçika]**

Küçük endüstri kullanımı için özel uygulama, suyun sıcaklığının düşürülmesi için yeraltında muhafaza edilmesidir. Kullanımdan sonra ısınan yeraltı suyu, zemin altında soğuyacağı bir süre için muhafaza edilir. Suyun, (yazın) zemin altında depolanması ve kullanılmasından sonra (kışın) hava soğutucular kullanarak zemin üstünde soğutulması da sağlanabilir. Bu uygulama esas olarak yaklaşık 6–9 °C seviyelerindeki sıcakta soğutma gerekli görüldüğünde kullanılır.

Azalma:

Enerjinin azalması ve işletme giderleri, küçük soğutma kuleleri ile karşılaştırıldığında %40–80 daha az bildirildi.

Çapraz medya etkisi:

Bilinmiyor

Uygulama sınırları:

Uygulama, endüstriyel olduğu zaman, en az 150 kW yukarısında olunması durumunda ve soğutma kulelerinin soğutmasına ek olarak cazip hale gelir. Birçok MW'de soğutma ortaya çıktı. Yine de kullanım sınırlıdır. Örnekler, hizmet tesisleri inşaatı ve sera tarımıdır.

Giderler:

Gösterilmedi.

Referans işletme:

Yok.

Görüşler:

Teknik hala gelişim aşamasında. Tam endüstriyel kullanım söz konusu değil.

XI.3 Uygun düzeyde soğutma suyunun arıtılması yoluyla emisyonların azaltılması

Soğutma suyu tasarrufları ile ilgili paragrafın giriş kısmında devri daimli soğutma sistemi için işlenmiş su olarak atıksuyun yeniden kullanımı için uygulanabilecek bir dizi arıtma sıralandı. Aynı teknikler, suyun kimyasını optimize ederken gelişmiş su arıtma programına ihtiyacı en aza indirmek için doğal kaynaklardan elde edilen suya da aynı zamanda uygulanabilir. Daha önce ifade edildiği gibi, uygulama, suyun kimyasına ve soğutma sistemi için gerekene güçlü bir şekilde bağlıdır.

XI.3.1 Açık devir daimli su sisteminde yan-akım biyofiltreleme [tm146, Savelkoul, 1999]

Açıklama:

Birçok nedenden dolayı, minimum çıkış sağlayan seviyede bir açık devir daimli soğutma sisteminin işletilmesi ekonomik açıdan caziptir. Ancak bu, soğutma suyunda, genellikle biyositlerin kullanılması ile arıtılan biyolojik etkinliğin artması sonucu doğurur.

Diğer faktörlerden biyolojik etkinlik ve gelişim esas olarak besinlerin mevcudiyetine bağlıdır. Soğutma sistemi, su sirkülasyonu ya da iklim ne olursa olsun, kısıtlı besin koşulları altında biyolojik etkinlik sürmeye devam etmeyecektir. Bu nedenle, bütün arıtma işlemleri, soğutma su çevrimindeki çözülmemiş besinlerin ortadan kaldırarak biyolojik gelişimi azaltmayı amaçlamalıdır. Etkili bir arıtma işlemi için soğutma su sisteminin ölü hacmi (ya da çevrimdeki hacim) önemlidir. Bu ölü hacmin filtre ile arıtıldığı ve sonrasında ufak düzeylerde devamlı olarak klorlandığı bir gerçektir.

Bu, çözülmemiş gıdaları parçalayan ve aynı zamanda geçici mikro organizmaları ve diğer çözünmemiş besinleri filtreleyen yan akım üzerine devamlı bir kum filtrenin takılması ile yapılabilir. Sonuç olarak, daha az klor gerekir ve daha fazla yoğunlaşma döngüsü mümkün kılınır.

Bu teknik, yan-akım biyo filtreleme adı verilen, mikro organizmaların yüksek yoğunlaşmasına sahip kum filtre içinde aktif bir biyolojinin yaratılması ile geliştirilebilir. Aktif biyolojinin sürdürülmesi için soğutma su döngüsü içindeki yüksek biyosit (klor) yoğunluklarında kum filtreler aradan çıkarılır, çünkü yüksek yoğunluk kum filtresindeki biyolojiyi parçalarken onun etkisini de azaltır. Soğutma suyundaki klorun etkisi azalır azalmaz kum filtresinden geçişe tekrar izin verilir. Pratikte, soğutma suyu sadece günde bir ya da iki kez geçişe ihtiyaç duyar.

Uygulama 152 MWth kapasitesinde, 11000 m³/s su sirkülasyonunda ve 3500 m³ kanal hacmindeki açık bir devir daimli sisteme uygulandı. Bu sisteme 5 m² yüzeyli iki filtre, 10 kg VSS/m³ filtre ağırlığı, 4 m filtre yatağı yüksekliği, filtre kumu (1,4–2,00 mm ve 0,8–1,25) uygulandı. Tasarım model, kum filtrede 6,0/saat (=0,8–1,25 kum, bu yüzden 3,800 m²/m³) ve 4,5/saat (1,4–2,0 mm kum için 2,250 m²/m³) oranlı ilk sıra besin yok etme reaksiyon mekanizmasına dayanıyordu. Bu sistem, devreden su ile karşılaştırıldığın filtre alanındaki akıntıda organizma gelişim oranını önemli bir ölçüde azalttı.

Azalma:

Azalmanın oluşması, akış, biyosit kullanımı ve yan-akım filtreleme uygulamasının en iyi şekilde kombine edilmesine dayandı. Mesela, kum filtrenin görevini yerine getirmesi yan akıma, yıkama suyunun akışına, filtre dayanıklılığına ve su sıcaklığına bağlıdır. Filtrenin etkinliği, yüksek akış (yüksek hidrolik basınç), az temas oranı ve daha küçük bir alan anlamına gelen büyük kum tanelerinin kullanılması ile azalır.

Sonuçlar, CI dozajında her iki günde birden daha az sıklık azaltılması (0,42/gün) ile arttırılmış bir yoğunluk (5,0–5,5 arası) faktörünü göstermektedir. Bu, boşaltımın %12 azalması, su alımının %2,4 azalması ve katkı maddesi kullanımının %12 ya da aynı etkiideki klordan yedi kat daha az azalması anlamına gelir.

Klor miktarının azalmasından dolayı, aşındırıcı maddelerin düzeyi (klor ve sülfatın toplamı manasında), sistem için gereken düzey (sırası ile maksimum 86 ppm CI ve 77 ppm HSO₄) içinde kalmayı sürdürür. Bu durum, suyun aynı aşındırıcılığında biyo filtre sayesinde %12 azalmış akış oranının başarılmasını açıklar.

Çapraz medya etkisi:

Yan akım biyo filtreleme uygulaması için başlangıç noktası klorlama miktarının azaltılması ise, bahsedilen diğer bütün sonuçlar pozitif karşı ortam etkisi olarak görülür. Pompalar için ekstra enerji gereklilikleri üzerine veriden bahsedilmedi.

Ayrı pompalama donanımından kaçınılır ve biyo filtre başarısı, yan-akım filtresine direkt olarak sıcak soğutma suyu göndererek maksimize edilir ve bu filtre akışı direkt olarak soğutma kulesi havzasına gönderilir. Sıcak filtre akışındaki akım boşluğu soğutma kulesi dolgusunu fiilen devre dışı bırakır ve soğutma kulesi havzasını, 0,5 kWth/MW_{thsoğutma} arttırılmış dolaylı enerji kullanımına eşdeğer olan, ortalama 0,15 K değerinde ısıtır. Bio filtre akışını, sabit basıncın 14 mwg olduğu soğutma kulesi başlığına geri transfer etmek için ayrı bir pompa engelden kaçınılır. Ortalamada her MW_{th soğutma} da 0,1 kW_{th}/MW_{th} ya da 0,25 kW_{th}/MW_{th} soğutma (%40 enerji tesisi verimliliğinde) soğutma enerji tüketiminde 1 m²/MW_{th} soğutma pompalanmalıdır. Bu derece, soğutma kulesi işlemleri için standart direkt enerji kullanımı ile karşılaştırıldığında oldukça sınırlıdır.

Azalan sodyum hipoklorit tüketimine dayanan enerji tasarrufu da aynı zamanda çok sınırlı derecededir (her gün MW_{th} soğutma başına 1 litre %15’lik solüsyon her gün her saat için MW_{th} soğutma ya da 0,04 kW_{th}/MW_{th} soğutma başına 1 kW_{th} oksidan üretimine eşittir). %12 azaltılmış 0,04 m³/saat’lik boşalmadan dolayı işlenmiş suyun azalması bazında enerji tasarrufu, azalan işlenmiş suyun aktarılma enerjisi hesaba katıldığında önemsenebilecek düzeyde değildir.

Genel açıdan, biyofiltreden kaynaklanan bütün bu enerji farklılıklarının getirdiği net enerji dengesi önemsiz düzeyde ve 20 kW_{th}/MW_{th} soğutma düzeyindeki soğutma kulesi işlemlerindeki standart enerji tüketiminin %1 genişliğindedir (Tablo 3.2’e bakın). Soğutma suyu sirkülasyon akışında sadece %1–2 olarak beklenen küçük rakamlar biyo filtrenin ısı dönüştürücüler içindeki kirlenmeden kaçınılır için gereklidir.

Uygulama sınırı

Filtre kapasitesinin uyumlu yükseltilmesi ile uygulama sınırının olacağı görünmüyor. Mevcut soğutma sistemlerine uygulanabilir.

Giderler:

Giderler, uygulamanın çapına ve azalan işletme maliyetlerinin şeklinde yansıyan sonuçlara bağlıdır. Klorlama işletme giderleri %85 civarında azaldı. Verilen örneğe göre, beklenen yatırım giderlerindeki geri dönüş periyodu 3 ile 4 yıl arasında hesaplandı.

Referans işletme:

DSM, Geleen (Hollanda) ve Dow Benelux, Terneuzen (Hollanda)

Görüşler:

Yan akım filtre, besinlerin ortadan kaldırılmasında, sadece geçici sorunun ortadan kaldırılması için uygulanan standart 10–14 m/saat hız yerine 25 m/saat yüksek doğrusal hızı seçerek kasten düşük etkinliğin tercih edilmesi üzerine tasarlandı. Besinlerin yüksek oranda temizlenmesi, giriş suyu ATP olarak 200 RLU (adenozin trifosfatın azalması olarak aktarılan koloni sayılan birimler) ve tercihen sodyum hipoklorit şok dozajına başlamak için kriter olan 600 RLU'nun yukarısındaysa, karşıt akım kum yatağı ile başırlır. Bu, anaerobik koşulları korumak için yüksek doğrusal hız ile ortaya çıkar.

Yan akım biyofiltresi olmaksızın soğutma kulesi sistemini klorlama kriteri, ATP olarak 500'den 200'e kadar RLU olan mikro organizmaların, her çok dozajda MWth başına %15 olan 1 litre sodyum hipoklorit solüsyon ile başırlan ilk sıra reaksiyon ($=0,5[1/\text{saat}]$) yoluyla yarıya indirilmesi üzerinedir.

Filtre yatağındaki organik dolum her m^3 filtre yatağı için 10 kg organik halini alır ve istenilen temas süresi olan 10 dakika ile kum yüksekliğinin 4 m olması ihtiyacını doğurur ki bu durum ana maliyeti, filtre çaplarının büyütülmesinden daha az etkiler. Filtre yüzeyi her 15 MWth için 1 m^2 'dir ve bu genişlik her bir MWth için $1,7 \text{ m}^3/\text{saat}$ filtreleme akışını doğurur. Bu değer, filtreye takılan boşaltma yerindeki $0,3 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'lik hafif düşüş ile birlikte her MWth için $1,3 \text{ m}^3/\text{saat}$ buharlaşma oranına eşittir. Aslında devir daim içindeki soğutma suyunun her bir damlası yan akım filtresinden günde 1,7 kere geçer. Bu şekilde, bütün soğutma sisteminin hidrolik yarım süresi 40'tan 7 saate artar. Aynı zamanda boşaltma değeri %12 azalırken, arıtma kimyasalları ve klorlama sürekliliği inanılmaz bir şekilde günde üç defadan 2,4 günde bire geriledi. Klor ve sülfat toplamı olarak ifade edilen soğutma suyunun dönüşünün aşındırıcılığı aynı düzeyini korur.

Bu model temelinde, Avrupa bulunan soğutma kulelerinin çoğu için sonuç, sıcak su filtreden geçtiğinden ölü su hacmi olarak bilinen hacmin içinde günde 1–2 kez bulunulacaktır. Bu durum, haftada sadece iki kere bir saatlik oksidatif biyosit sınırlı şok dozajını beraberinde doğurur. Verilen birimler halinde: birçok dakikadan oluşan dayanma süresi yaratmak için birçok durumda 4 m filtre yüksekliği ile birlikte, sadece 15 MWth için 1 m^2 filtre yüzeyinin yeterli olması beklenilir. Genel bir durum için sudaki azalma ve kimyasal kullanımı, yan akım filtresi ana gideri için 3–4 yılda bir tekrar geri ödeme sunar. Bazalt benzeri kumdan başka diğer filtre ortamlarının MWth başına daha küçük filtreler doğurması beklenilir.

XI.3.2 Fiziki yöntemler

Su soğutmalı sistemler için temizleyici aygıtlar, temizleyici sünger toplar ya da fırçalar gibi çalışma düzeni üzerinde (devamlı temizleme) ya da yüksek basınçlı su jetleri ya da kondansatör tüpleri içinden “pikleme” adı verilen vuruşlar gibi çalışma düzeni üzerinde olmayan temizleme şeklinde olabilir. İyi temizleme uygulaması, daha az ihtiyaç duyulan, soğutma suyu kimyasallarının kullanılmasıdır. Bunun nedeni sadece tüp yüzeyi kirlenmesini mekanik olarak temizlemesi değil aynı zamanda kullanılan katkı maddelerinin yüzeye kolayca ulaşmasından dolayı daha etkili olmasıdır. Mekanik temizlemenin, makro kirlenme kontrol programının kullanılabilmesi için ön bir gereklilik olarak görülebileceği daha önce belirtilmişti.

Kuru soğutma sistemlerinin temizlenmesi, ısı transfer yüzeyinin kanat kısımlarına kadar sınırlıdır. Isı transfer bakımı (aynı zamanda dolaylı emisyonlardan kaçınılması) ve halkaların uzun ömürlü olması için temizlemenin yürütülmesi gerekir.

Makro kirlenme ile mücadele etmek için bir dizi fiziksel yöntem ve endüstri tecrübeleri Tablo XI.2’de sıralanmaktadır [005, Van Donk ve Jenner, 1996].

- Sistemde biyokirlenmenin tırmanmasını azaltmak. Sıvı alma yerleri; balık, artık, asılı unsurlar da dâhil olmak üzere organik ve inorganik maddelerin sürüklenmesini en az düzeyde tutacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, yan akım filtreleme, açık devridaimli sistemler için bir seçenek olabilir.
- Organik canlıların katılaşmasını önlemek için hızın yeterli yükseklikteki hızın (2 m/s’den yüksek hız) korunması. Bununla birlikte, çok yüksek hızlar paslanma riski ortaya çıkarabilir. Suyun hızının kritik düzeyi, kullanılan materyalin türüne sıkı sıkıya bağlıdır.
- Soğutma suyunun sıcaklığını birkaç düzine dakika boyunca 40 °C’nin üstüne çıkararak ani sıcaklık artışları sağlamak. Bu teknik, katılaşmış organizmaları (midyeler) ortadan kaldırır ancak bununla birlikte, soğutma sisteminin (soğutma suyunun devir daimî) uygun tasarımını gerekli kılar. Ayrıca sistemin soğutma kapasitesini kısıtlar ve eğer sıcaklık yükselmesine karşı dayanıklı değilse, uygulama boyunca çalışmaya ara verilebilir.
- Organizmaların katılaşmasını azaltan, hızın etkisini arttıran ve temizlemeyi kolaylaştıran anti-toksik kaplama ve boyalar.
- Sonik teknolojinin kullanılması. Sesin kullanılmasına dayanan prensip, sesin yayılmasına eşlik eden titreşim enerjisi yüzey üzerindeki birikintiyi sallayarak temizleyecektir.
- Ozmotik şok. Fiziko-kimyasal temelli bu yöntem hem tatlı su hem de deniz suyu içeren sistemlere, sırası ile deniz suyu ve tatlı konularak ozmotik şok uygular. Sonuç olarak, organizma hücreleri, ölmelerine sebep olabilecek şekilde iç basınç etkileri altında kalabilirler.

Tablo: XL2 Biyosit kullanımını en aza indirmek için fiziksel teknikler
([tm005, Van Donk ve Jenner, 1196]'dan elde edildi)

Teknik	Donanım	Alan deneyimi	İhtimaller / Kısıtlamalar
Filtreleme/su ön arıtması	Makro kirlenme: yuvarlak ekranlar, çöp süzücüler, bant elekler,	Evet, enerji istasyonu	Hem tek yönlü sistemler hem de devir daimli sistemler için
	Mikro kirlenme: döner çember ve kum filtreler	Evet, kimyasal endüstri	Büyük tek yönlü sistemler için değil
	Mikro kirlenme: devamlı geri yıkanan mikro filtreler (50–100µm)	Evet, deniz suyu arıtma tesisi	4 m ³ /s'e kadar olan su akışları için
Yan akım filtreleme	Hızlı kum filtreler Devamlı geri yıkamalı filtreler	Evet, kimyasal endüstri Evet, cam endüstri	Sadece devir daimli sistemler Bütün biyositler Filtre ek bakteri kaynağına olabilir
Çalışma anında temizleme	Sünger bez toplar	Evet, enerji istasyonları	Büyük tek yönlü sistemler Açık devir daimli sistemler için değil
	Fırça ve kafes sistemi	Sınırlı kimyasal endüstri ve enerji tesisi	Tek yönlü ve devir daimli sistemler
Çalışma haricinde temizleme		Evet, enerji istasyonları ve endüstrisi	iki planlı ya da düzenli işletme kesintilerini gerektirir
Isı arıtma	Makro kirlenme: 38–40 ° C	Evet, deniz suyu ve tatlı su kullanan sistemler	Seçenek yeni sistemler ile sınırlı, özel tasarım gerektiriyor, biyositlerle yer değiştirme
	Mikro kirlenme: 70–80 ° C	?	
Kaplama ve boyama	Toksik kaplama	Değişir	Çinko ve bakır temelli, kullanımı sınırlı olabilir, makro mikro kirlenmeye karşı
	Toksik olmayan kaplama	ABD'deki enerji istasyonları	Yeni sistemler için, kirlenmeleri temizleme, silikon bazlı ve hassas
UV ışık		Ufak çaplı testler	Devir daimli soğutma su sistemleri içinde kimyasal bio kirlenme kontrolüne karşı koruyucu ek teknik
Sonik teknoloji		Hayır, sadece test sonuçları	Yüksek enerji giderleri
Elektrikli su arıtması	Çok sık dönüştürücü	Hayır, sadece test sonuçları	Küçük endüstriyel sistemde test sonuçları
Ozmotik şok		Evet, deniz suyu kullanan tek yönlü sistem	Materyaller pasa dayanıklı olmalıdır Deniz suyuyla arıtma yapılırsa temiz su sistemi çürütme yapılabilir

XI.3.3 Biyosit kullanımının optimizasyonu

XI.3.3.1 izleme

[tm005, Van Donk ve Jenner, 1996]

Mikro kirlenmeyi izlemek için, tabaka sayma tekniği ve ATP ölçümü kullanılır. Makro kirlenmeyi izlemek için kullanılan panel görüntüsü ya da cam pencerelerdir. Tabakalaşma ve paslanma dolaylı bir şekilde biyosit kullanımını etkiler ve bu nedenle bu etkilerin ortaya çıkmasının izlenmesi ortaya çıkan biyo kirlenmenin ölçülmesi için de çok önemli olabilir. Referansta verilen izleme tekniklerine örnekler, KEMA biyo kirlenme monitörü ve makro kirlenmeleri ve biyosit arıtmanın etkilerini tespit etmek için kullanılan robotik cihazlar ile donatılmış su altı videosudur. Daha doğru ölçümlerin elde edilmesi için özellikle mikro kirlenme ve biyosit arıtma teknikleri, valf hareketi, metabolik sürecinin bir sonucu olarak mikro organizmaların ışık emisyonu şeklinde uygulanır. Her iki teknik için de ilkeyi görsel bir şekilde anlatan bir örnek verilmiştir ancak daha fazlası piyasada bulunmaktadır.

XI.3.3.1.1 Makro kirlenmenin izlenmesi

[tm157, Jenner çevresi, 1998]

Tek yönlü sistemlerde makro kirlenme ile savaşmak için biyositlerin miktarının belirlenmesini hedef alabilen, biyo kirlenmeyi izleme sistemi olarak adlandırılan bir sistem geliştirildi. KEMA® biyo kirlenme monitörü, yukarıdan aşağıya düşey su akışlı, PVC'den yapılmış kapalı bir silindir konteynirden oluşur. Tatlı su, tuzlu su ve deniz suyundaki bütün makro kirlenme dâhilindeki organizmaları izlemek için kullanılabilir. Bivalf spot yerleşimleri haftalık ve aylık direkt gözlemlere izin verir. Spat (pediveliger adı verilir), bivalfların son larval aşamalarında metamorfoza uğramış larvadır. Soğutma sisteminde makro kirlenmedeki gelişim konusunda doğru bilgiyi elde etmek için, doz noktasını belirlemeden ve doz noktasından sonra, soğutma sistemindeki kritik başka bir noktayı belirlemeden önce iç kısma bir biyo kirlenme monitörü yerleştirilmesi tavsiye edilir.

By-pass şekilde soğutma su kanalına paralel kurulduğu zaman, monitör, soğutma sisteminde oluşabilecek bütün makro kirlenmeyi tespit etmek için etkili bir araçtır. Monitördeki suyun hızı soğutma sisteminde olandan çok daha azdır. Bu, bivalf spat yerleşimi için uygun ortamı sağlar ve yerleşimin, büyümenin ve kontrol ölçümlerinin etkisinin zaman açısından kolayca araştırılmasına izin verir. Monitörden elde edilen bilgiler temelinde biyosit uygulaması, gerçekten gerekli ise periyotlar ile sınırlandırılabilir. Organizmaların hareketi konusunda daha fazla araştırma biyosit yoğunluklarının miktarını daha doğru belirleyebilir.

İç kanallara yakın batırılmış tabakaların kullanılması gibi başka teknikler de uygulanmaktadır. Bunlar, işletme yöneticisine klorlanmadan kaçınmak için periyot göstergeleri sunar.

XI.3.3.1.2 Biyosit ve mikrobiyolojik etkinlik için izlenen biyositler

[tm096, McCoy çevresi, 1995]

İzleyici teşhis sistemi, bir analizör, bir veri toplama sistemi, analitik yazılım ve bir parlak reaktifi içerir. Analizör, mikroorganizmalardan çıkan ışığı ölçer. Dakikalar içinde, biyosit yoğunluğunu ve soğutma suyu içindeki biyolojik etkinliği belirler. Yöntem, biyosit aktif içeriğin biyo-parlak biyo-tayin ediciliğine dayanır. Ölçüm sistemlerinin tüketimi ile devir daimli sistemlerde oksitleyici olmayan biyositlerin kullanımını optimum seviyeye getirmeyi amaçlar.

XI.3.3.2 Biyosit miktarı/dozu

XI.3.3.2.1 Makro ve Mikro kirlenmelere karşı tek yönlü sistemlerde optimum yıllık toplam oksidan kullanımını elde etmek için farklı koşullandırma rejimleri

Mikro kirlenmeden olduğu kadar mikro kirlenmeden de kaçınmak için, tek yönlü soğutma suyu sistemlerinde farklı koşullandırma rejimleri kullanılabilir. Bu rejimler, soğutma sisteminin ya da ısı dönüştürücünün sadece bir kısmı içinde sürekli, yarı sürekli ya da şok klorlama adı verilen, günde yarım saat, süreksiz durmalı klorlama ve değiştirici klorlama şeklinde uygulanmış düşük seviyeler olabilir. Farklı rejimlerin amacı, yıl içinde temiz ısı dönüştürücüler ile çalışarak yüksek enerji verimliliği başarmak ve bunu sürdürmek ve bununla birlikte olumsuz çevresel etkileri en aza indirmektir.

Klorlamanın çevresel değerlendirmesi iki ana kategoriye ayrılır: oksidanlar (zehirleyiciler) ve oksidan olmayanlar (zehirleyici olmayanlar). Bunlar, bileşen etki süresi, biyo-birikme ve su organizmalarına karşı toksisite olarak ifade edilen eko toksik risklerinde farklılık gösterir. Klorlanmış hidrokarbonlar gibi toksik olmayanlar dayanıklıdır ve bazı bileşenler su organizmaları içindeki yağlarda birikecek ve kronik mutajenik ve kanserojen toksisite gösterecektir. Oksidanlar, indirgeyici hücreler ile birlikte oldukça hızlı bir şekilde hareket eder ve kimyasal orantı fazlası dozdan sonra kirlenmeye karşı uygulama için geçerli olur. Ancak bu koşullar altında, dozun sonucu düşük yoğunluklar altında bile akut toksiktir ancak serbest oksidanların biyo birikmesi yoktur.

Akut toksisite, ısı dönüştürücüler içeren soğutma sistemi içinde organizma yerleşimlerinden korumak ve ısı dönüştürücülerini temiz tutmak gerekli olmalıdır ancak bu toksisitenin, soğutma suyu boşaltımında bulunması istenilmez.

Düşük miktarlarda sürekli klorlama yapma rejimi, bariz bir şekilde PEC / PNEC oranına sahip olsa da esas çevresel konu, oksidan kitlenin verimsiz kullanımından kaynaklı, klorlu türev ürünler olarak da adlandırılan halojenize hidrokarbonların oluşmasını azaltmaktır. Ancak bu bileşenler düzenli ya da sürekli olarak kolay bir şekilde ölçülmez ve ayrıca bu bileşenler potansiyel akut toksisiteye sahip değildir. Bu nedenle, arıtma rejiminin başarısı, devamlı kontrol tabanı üzerinde ayrıca daha uygulanabilir olan serbest oksidanlar yoluyla izlenir. Bütün oksidatif arıtma rejimleri, genel olarak serbest oksidanların devamlı ölçümünün, gerekli işlem kontrolüne göre avantajlı olması özelliğine sahiptir. Aynı zamanda, uygulanan analiz tekniğine bağlı olarak ve doğal soğutma suyu içinde mevcut bulunan ve arıtma rejiminin kendisini direkt olarak etkilemeyen bileşikler bağlamında doğal suların tespit sınırı ve eşik düzeyi 0,1 mg/l civarındadır. Klor diğer oksidanlar gibi seçici ve belirli olmadığından ve pratikte doğal sularda mevcut bulunan bütün eksilebilen bileşenler ile reaksiyona girebildiğinden, analizin getirdiği eşik düzeyi ile birlikte, başarılı arıtma rejimlerinin, kondansatörlerden önce neden en az bildirilen 0,2 mg/l serbest oksidan düzeyini kullandığını açıklar.

Halojenize hidrokarbonların üretimi miktarı, arıtma rejimi dikkate alınmaksızın belirlenmiş oksidan kitlesinin neredeyse doğrusal bir görevidir.

Sürekli ve sürekli olmayan düşük düzey arıtma rejimlerini karşılaştırmak, (yüksek oksidan kitlesine sahip) sürekli olmayan arıtma rejimlerinin, halojenize türev ürünlerin ölçülebilir yüksek yoğunlukları yarattığını gösterebilir. Eğer kitle dengesi dozajın durdurulduğu periyotlar için doğrulanırsa, o zaman sürekli olmayan rejimin yıllık dışarı verdiği kitle, devamlı düşük düzey rejimlerinden daha düşük de olabilir. Aslında uygulanan arıtma rejimi değil, su kalitesi, gerekli olan en düşük oksidan miktarını etkiler. Sürekli olmayan klorlama surumu için yüksek ilk serbest oksidan yoğunluğu aynı arıtma sonuçlarını elde edebilmek için düşük temas süresini telafi etmesi gereklidir. Bu, yıllık gereken oksidan düzeyinin, çıkış bölümündeki halojenize türev ürünlerin eşlik eden kalitesi kadar yüksek olduğu anlamına gelmez. Alınan sudaki karışımdan dolayı, herhangi bir oksidan arıtma rejiminden, akut toksisiteden ve aynı zamanda halojenize türev ürünlerin oluşumundan doğar.

Arıtma rejiminin etkisi, geçici akut toksisite düzeyi ile sudaki besinlerin kalitesi, mevcudiyeti ve karides ve midye (ya da bivalf) gibi filtre besleyici organizmaların filtre oranının olmaması durumunun birleşimidir. Durgun bölgeler ile birlikte pompalardan ısı dönüştürücülere kadar olan bölgenin, su dağıtım uçları ve kanallarda yerleşmeleri önlemek ve ısı dönüştürücülerini temiz tutmak için geçici olarak akut toksik olması gerekir. Daha geçici akut toksisite seçilen daha kısa periyotlar aynı etkide olmalıdır. Ya da diğer bir şekilde uzun temas süresi, ihtiyaç olunan akut toksisitede aynı sonucun sağlanması anlamına

gelir.

Bütün oksidatif koşullandırma rejimleri genel anlamda basınç altındaki midye ve karides gibi filtre besleyici organizmaların azalan besin girişi avantajına sahiptir. Bütün oksidatif arıtma rejimleri aynı zamanda, spat yerleşimi ve büyümesini, uzatılmış süreler için açılan çatılarının koruması sayesinde azaltılmasını içerir. Çatılarını kapatmak için güçlendirilmişlerse—doğal geçici kapasite-, organizmalar, anaerobik metabolizma ve yiyecek rezervleri üzerindeki yaşamı değiştirirler. Durumlarına ve yerel su sıcaklığına bağlı olarak, bu baskı dönemlerinde aylarca canlı kalabilirler. Yine de yavrular kadar spatlarda, aralıklı rejimlerin belli bölgelerdeki başarıları sayılan bir şekilde, yerleşmeme gibi ikinci bir geçici davranış yoluyla ya da ince bağlarını kopararak bu şartlar altında kalmaktan kaçınırlar.

Spat yerleşimleri ve büyümeleri için avantajlı şartlar, özel kıyı bölgelerde ve limanlarda rastlanılan ötrofikasyona uğraşmış sularda bulunur ve sınırlar dâhilinde artan su sıcaklıkları ile daha da gelişir. Bu nedenden dolayı bütün koşullandırma rejimleri, besinler düşük su sıcaklıklarında (12 °C) azken klorlamaya ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte, belli bölgelerde, düşük sıcaklıklarda bile zengin besinine ulaşılabilirdiğinden sınır 10 °C'dir.

Bütün bu koşullar, aralıklı dozajlar ve seçilen zaman aralıkları ile birlikte ısı dönüştürücülerden önce ya da hemen bunların yanında ölçülen gerekli serbest oksidan yoğunluklarını belirler.

Sürekli ya da sürekli olmayan arıtma rejimleri farklı seviyelerde klorlamayı gösterir. Suların çoğunda, pompaların yakınında sürekli düşük seviyeli klorlama ile organizmaların yerleşiminden korunuyorsa, 0,3 mg/l ısı dönüştürücülerden önceki FO seviyesi korunmalıdır. Bu durum, 15 dakikalık devre ile genellikle soğutma suyu kanallarının çıkış kısmında 0,2 mg/l seviyesi ile sonuçlanır. Ancak, besin yönünden zengin sularda biyo-kirlenme o kadar çetin olur ki yüksek giriş ve yüksek çıkış yoğunlukları gerekli hale gelir ve etkinliği korumak için çıkış 0,7 mg/l FO seviyelerine yükselir.

Eğer tüm bir soğutma sistemi bir ideal akım sistemi değilse bu durumda dalgalı değişimli klorlama olarak da adlandırılan daha yüksek sıklıkta dozlama rejimleri bile başarıyla uygulanabilir. (XI.3.3.2.2) Böylece çıkıştan hemen önceki, önceden klorlanmış soğutma suyunun belli bir bölümünde mevcut azaltıcılardan tümüyle yararlanılabilecektir. Burada esas olan şudur ki, okside edilen soğutma suyunun bir kısmı sistemde farklı bir kalıntı süresine sahip olacaktır ve azaltıcıları taşımakta olan klorlanmamış soğutma suyuna farklı sürelerde ulaşacaktır. Dozlama süreleri mekanik soğutma sisteminin kalıntı süresinin dörtte üçüne kadar varan sürelerle kadar kısaltılarak çıkış bölgesinde yetersiz stokiyometrik oksidan / azaltıcı karışımı oluşturulacaktır. Bununla eş zamanlı olarak, dozlama noktası ile farklı soğutma suyu akımlarının birbirine karıştığı nokta arasında bir aşırı stokiyometrik oksidan / azaltıcı koşulu yaratılır.

XI.3.3.2.2 Once-through sistemlerde dalgalı değişimli klorlama

[tm153, Paping et al, 1999], [tm168, De Potter et al, 1996], [tm169, De Potter et al, 1997], [tm170, De Potter and Polman, 1999], [tm171, Polman, 2000]

Açıklama:

Yaklaşık 11 m³/s akım seviyesinde deniz suyunun kullanıldığı mevcut bir once-through soğutma sistemi için entegre sistemin parçası olarak bir dizi tedbir geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Sistemde 4 km uzunluğundaki ana kanallara bağlı olarak çalışan 200 adet eőańjör bulunmaktadır (çoğunluğu bakır / nikel 90/10 ve karbon çelik kaplamalı). Zarar görmüş tüpler nedeniyle sistemin arızalanması ağırlıklı olarak erozyon ve korozyon sorunlarından kaynaklanmaktadır (%65). Sızıntı hasarlarının sayısını azaltan tedbirlerle aynı zamanda uygulanan biyosit miktarında da azalma sağlanabilir. Belirtilen durumda kirlilik önleyici olarak hipoklorit dozlanmıştır. Uzun süren deneyimlerin bir sonucu olarak bu sistem için ve mevcut soğutma suyu kalitesi için en uygun biyositin bu olduğu düşünölmektedir. Böylece çözüm olarak başka herhangi bir alternatif biyosit uygulaması düşünölmemiştir.

Optimizasyon farklı seviyelerde biyosit uygulaması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Farklı rejimlerin çevresel etkileri klorlama yan ürünlerinin ve oluşan potansiyel toksisitenin ölçümü ve karşılaştırılması yoluyla değerlendirilmiştir. Uygulama verimliliği değerlendirilirken aşağıdaki unsurlar dikkate alınmıştır:

- Eőańjör tüplerinde midyelerin neden olduęu sızıntı olayları,
- Biyolojik gelişim miktarı (makro kirliliğe bağlı)
- İstiridyelerin valf hareketine karşı davranışları.

Buna göre, koşullandırma rejimlerinde iyileőtirmeler yapılmıştır. Bu durumda kullanımın yerel biyotop hakkındaki bilgilere dayandığının bilinmesi önem taşımaktadır.

Azaltma:

Optimizasyon sonuçları göstermektedir ki hipoklorit seviyesinde başlangıçtaki bir yükselme (A dozu) ilk aşamada sızıntı vakalarını azaltmamakta ancak midye monitörlerinden izlenebildiği kadarıyla sistemdeki makro kirliliği neredeyse tümüyle ortadan kaldırabilmektedir. Soğutma sistemi bu şekilde bir kez temizlendikten sonra ilerleyen yıllarda düşük hipoklorit dozları (Doz B ve C) uygulanarak hem makro kirlilik tümüyle temizlenmekte hem de sızıntı sayıları sıfıra kadar indirilebilmektedir. Uygulanan metodoloji FO seviyesinin istenen düzeyde tutulabilmesini sağlamaktadır. Bu da makro kirlilik yaratan türlerin yaşam döngülerine, mikro kirlilik alanlarına ve soğutma sisteminin çeşitli noktalarındaki farklı kalıntı süreleri ve su akışkanlıklarına ilişkin bilgilere dayalı bir uygulamadır.

Düşük oksidan yoğunluklarını daha uzun sürelerle koruyarak dağıtım kanallarındaki bivalf yerleşimi ve gelişiminin önüne geçilebilir. Eőańjör yakınlarında kısa süreli dalgalı dozlama geçici olarak yüksek yoğunluklara neden olmakta ve böylece mikro kirliliği kontrol edebilmektedir. Su akışkanlığının çok büyük bir hızla düşerek durağan bölgeler yarattığı yerlerde aşırı stokiyometrik dozlama uygulanır. Sonuçlar aőaęıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo: XL3: Midyeler tarafından neden olunan bazı sızıntılar üzerinde optimize bir doz rejimi uygulamasının etkileri [tm153, Paping çevresi, 1999]

Periyot	Rejim	Midyeler tarafından sebep olunan sızıntılar		Hipoklorit (metrik ton / yıl)
		1. ünite	2. ünite	
1.yıl	A	28	4	1222
2.yıl	A	28	12	2095
3.yıl	A+B	32	10	2817
4.yıl	B	16	1	2480
5.yıl	C	0	2	1994
6.yıl	C	0	0	2013
7.yıl	C+sık.	1	0	1805
8.yıl	C+sık.	0	0	1330
C+sık.= çok sıklıkta C rejimi (yani her 20 dakikada bir 5 dakika doz aralığı)				

Daha çok hedeflenmiş doz rejimi, işlemin çeşitli bölümlerinde kalış sürelerini dikkate alan ani değişimli klorlamadır Şekil (X.1). Değişik sürelerde ve değişik noktalarda gerekli klor düzeyleri değişik işlem noktalarındaki soğutma suyu akımının akış özelliklerini takip eder şekilde belirlenir. İşlemin sonunda ya da soğuk su akımının boşaltımının öncesinde farklı akımların karışması ile seyrelme ortaya çıkar. Akımlardan sadece birinin klorlu, diğerinin klorsuz olduğu durumda, FO daha fazla azalır ve 0,1 mg/l'den küçük emisyon düzeyleri başarılabılır.

Çapraz medya etkisi:

Isı dönüşüm sorunundaki sıklığın hatırı sayılır derecede az olması gerekli bakımı ve çalışma dışı süreleri azalttı. Isı dönüştürücü temizleyicisi soğutmayı artırıp üretim sürecindeki emisyonu düşürdü.

Uygulama sınırı:

Aritma rejimi, değişen soğutma suyu kalım süreleri olmaksızın tek yönlü sistemlere uygulanamaz. Doz aralıklarının optimizasyonu için sistem, soğutma sistemindeki serbest oksidan düzeylerinin ve gerekli olan önemli bivalf periyotlarının dikkatli kontrolüne ihtiyaç duyar.

Giderler:

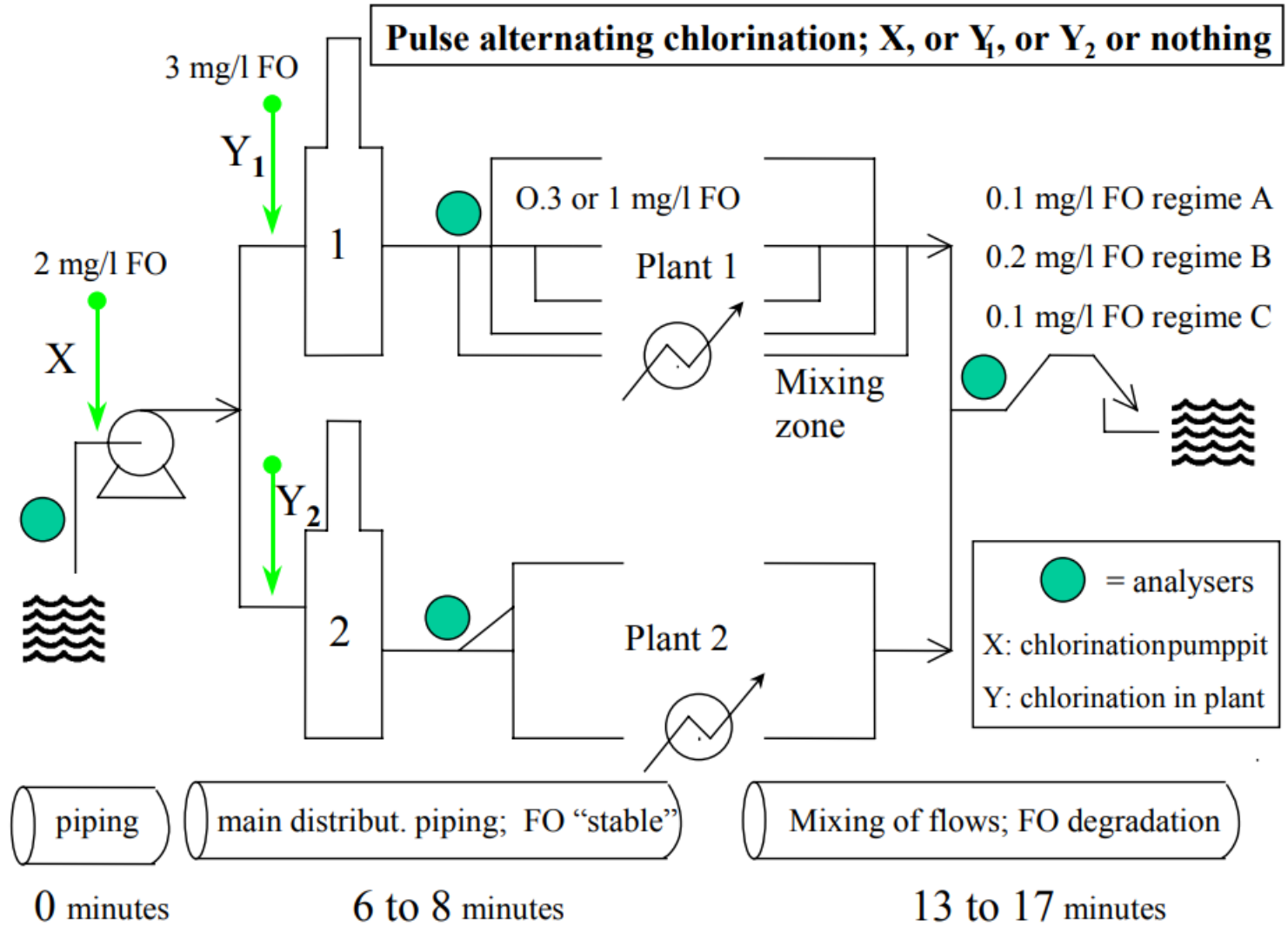
Araştırma giderleri, ilk 5 yılda 1 milyon Euro tuttu. İlk dozaj kurulumu için 0,2 milyon Euro ve sonraki değişiklikler için yine 0,2 milyon gerekti. Dozaj kurulumu için geri dönme süresi, bir yıl süresince ve aşağıdaki giderler temelinde:

- Yıllık bakım ve sodyum hipoklorit için azaltılmış gider düzeyi
- Koruyucu ve öngörülebilir yıllık bakım için artırılmış giderler
- Analiz giderleri

Giderler, araştırma giderini, tek yönlü sistemlerde ani değiştirici klorlama temel bilgisini elde etmek için yapıldığından, içermedi.

Referans işletme:

Dow Europe, Terneuzen (NL)



Şekil XI.1: kirlenmeyi hesaba katan optimize hipoklorit dozu (anlık değişen klorlama) ve soğutma sistemi özellikleri [153, Paping ve ark. 1999]'dan türetilmiştir.

XI.3.4 Alternatif soğutma suyu arıtmaları

Bu dokümandaki alternatif soğutma suyu arıtma teknikleri, kimyasal olmayan yöntemler ile birlikte alternatif kimyasalları ya da kimyasallar ile birleşimleri de içerir. Uygun izlemenin, gerekli katkı maddesi miktarını azaltan ve sistem hatalarının düşük yansımalarını hemen telafi eden daha etkili dozaj rejimini nasıl yaratabileceği daha önce gösterildi.

XI.3.4.1 Ozon

[tm032, Zimmermann ve Hamers, 1996], [039, Strittmatter çevresi, 1996], [tm084, Rice ve Wilkes, 1992], [tm096, McCoy çevresi 1990], [131, Dziobek, 1998] ve [tm156, Schmittecker, 1999]

Açıklama:

İçme suyundan ozon arıtma, geniş bir ölçüde tecrübe edildi. Almanya ve ABD'dekiler, devir daimli soğutma sistemine uygulanan ozon uygulamalarıdır. Ozon, sodyum hipokloritten güçlü olan klor dioksitten çok daha güçlü bir oksidandır. Pratikte çok reaktif ozonun, soğutma suyu içinde mevcut bulunan organik materyali ile etki ve atık etkisi hiç yoksa bile çok düşüktür. Ayrıca ozon, bazı pas önleyici soğuk su katkı maddelerini ortadan kaldırmak için önemli bir potansiyele sahiptir.

Ozonun etkinliği sudaki pH'ye bağlıdır. Ozon, pH değeri 8'den yüksek olan bir suya eklenildiği zaman (genellikle devir daimli soğutma sisteminde karşılaşılır), yarım mikro saniye ömürlerine rağmen, moleküler klordan daha güçlü oksitleyici maddeler olan serbest hidroksil radikal şeklinde ayrışır. Suyun doğal yüzeyinde brom iyonları olduğu zaman, bunlar, ozon ile gerçekte ozonun kendisinden atık ozon olarak ölçülen hipobrom asit yaratacak şekilde reaksiyona gireceklerdir. Başka bir önemli faktör suyun sertliğidir ve bunun 100 ile 400 ppm arasında CaCO_3 vw 200 ppm'den düşük klor seviyesinde tutulması tavsiye edilir.

Azalma:

Mikrobiyolojik etkinlik olarak ölçülen mikro kirlenmenin azalması değişkendir ve klor / brom arıtması ile karşılaştırılabilir. Başlangıç etkinliğinin %90'a kadar azalması, ml başı 20–50 koloni yoğunluk sonucuyla ölçüldü [tm156, Schmittecker, 1999]. Ozon arıtma sonuçta sadece mikrobiyolojik etkinliğin miktarında değil, özelliklerinde de değişiklik gösterdi. Türleri oluşturan kolonilerin azalma düzeyi, hiç arıtmanın olmaması durumu ile karşılaştırmada ortaya çıkarılabilir.

Sistemde mevcut olan ozonun yoğunluğu, bu yoğunluklar çok yüksekse (1,0 ppm) yumuşak çeliği ya da sarı metali aşındırmasının kolay olduğu sonucuna varılmış olsa da paslanma ya da tabakalaşma oranı üzerinde direkt bir etki göstermedi. Bu derece, gelişmiş paslanmaya, özellikle de çukur pasa, karşı koruma sağlayacaktır. Örnekte, çelik (C 1010) paslanması yılda 0,05 mm'e kadar %50 ve pirinç (CuZn28Sn1) paslanması yılda 0,004 mm'den daha az azalmıştır.

Ozon arıtmasının değişik durumlarına göre artık su içinde AOX ve KOİ seviyelerinde yaklaşık %50 azalma kaydedilmiştir. Sonuç seviyeleri sırası ile 0,01 mg/l (AOX) ve 10 mg/l'den (KOİ) düşüktür. KOİ derecesi miktarı belirlenen dengeleyici sertliğine ulaştı.

Çapraz medya etkisi:

Ozondaki enerjinin oluşumu yüksek olsa da ozonun uygulaması, genellikle çevresel anlamda hipokloritten daha kabul edilebilir olarak gösterilir, çünkü ozon daha az trihalometan (THM'ler) ve elde edilebilir organik halojen (EOX) oluşumuna yol açar. Ozonlaşma, bromat ve bromohidrin gibi türev ürünlerin oluşumlarına neden olabilir, ancak klorlama türev ürünlerin yaratılması ile karşılaştırılınca ozonlaşma nedeniyle yaratılan türev ürünlere nispeten daha az dikkat edildi.

Şimdiye kadar bildirilenler ışığında, ozonun havaya olan emisyonu soğutma sistemlerinin herhangi bir kısmından gözlenmedi.

Uygulanabilirlik:

Ozon, ağırlıklı olarak kimyasal ve petrol kimyasal endüstriye ve aynı zamanda rafineriler ve sınırlı kapsama sahip enerji endüstrisine uygulanmaktadır ama son dönemde tecrübe edilenler sayesinde, daha küçük endüstriler için daha geniş uygulama beklenilebilir. Uygulamanın avantajları:

- Verimlilik
- Düşük yan ürün yoğunlukları
- Sonuç olarak boşaltımda düşük ozon ya da hiç ozonun olmaması ile ozon dengesinde düşüklük
- KOİ ve AOX azalması

ABD’de, ozon, soğuk su arıtma için bütün amaçlara sahip “toplu” bir paket değildir, ancak sınırlı sayıdaki kullanıcılar için alternatif bir yolu gösterir. Ayrıca, ek paslanma ve tabaka kontrolü gerektirmeyen, tek başına soğutma su sistemlerinde kullanılabilen arıtma olarak faydalıdır. Reaktivitesi, hemen parçalanabilecek diğer biyositlerin kullanımını sınırlandırır ve ozonun etki alanı altında biyo kirlenme için işe yarayıcı olmayabilir.

Ozon, temiz devir daimli soğutma sistemlerinde mükemmel bir şekilde kullanılabilir ve yüksek reaktivitesinin, ozonun, tek yönlü sistem ya da uzun hatlı sistemlerde kullanımını uygunsuz kıldığı yorumu yapılmaktadır. Ozonun sistemden kaybolma hızı, kirlenmiş bir sistemde ozonun ilk kullanımından sonra doz miktarından 50 metre içinde belirlenme limitinin altına azalmış olduğunu gösteren örnek ile gösterilmiştir. Enerji tesisi soğutma kulelerinin artırılması için soğutma havzasında en düşük 50 µl/l derecesindeki yoğunluk günümüzde tavsiye edilmektedir, ancak daha düşük seviyeler ile de olumlu sonuçların elde edilebileceği gösterildi. En iyi ozon uygulaması olarak sürekli düşük seviyeler ön görülür.

Giderler:

Ozon üretimi önemli miktarda enerjiyi gerektirir ve ozon jeneratörlerinin verimliliğinin düşük olması gerçeğinden dolayı (100–150 g arası O₃/1000 g O₂, 10 kWh/kg O₃). Bununla birlikte, giderler konusundaki gözlemler, alternatif arıtmaların mümkün olmasına göre farklılık gösterebilir. Mesela, ozon arıtmasının, ek giderler içeren arıtmalara dayanan klor gaz ve klor ya da bromlu arıtmalar ile karşılaştırılabileceği gözlemler yapıldı. Giderleri yorumlarken, donanım yatırım giderlerinin kapsanmamış olabileceği ve referansın sadece işletme giderlerine yapılmış olduğuna dikkat edilmelidir.

Referans işletme:

Hoechst (Almanya), Seraing enerji istasyonu (Belçika), EZH-Rotterdam Capelle (Hollanda) [Kaynaklar’a bakın]

Görüşler:

Soğutma sisteminin su bölgesindeki minimum bir yoğunluk ozonun gerekli en az biyosidal etkisini elde etmek için gereklidir. En son yapılan çalışma, daha önce oluşmuş kirlenmenin üstesinden gelmek için başlangıç dozunun 0,1 ile 0,3 mg/l arasında olması gerebileceğini göstermektedir ve sistemlerin çevresine bağlı olarak, atık akışı içinde atık ozonun ölçülmesinden önce aylar geçebilir [tm131, Dziobek, 1998]. Ozon arıtması uygulamalarının %60’nın, temi yüzeylere sahip 9–12 ay içinde azaldığı ileri sürülmektedir. Bu arıtma şekli, soğutma kulesi 0,05 mg/l havzasında atık ozon yoğunlukları ile şeklinde sonuçlandı. Ayrıca, daha temiz soğutma kulesi dolgusunun, su kayıplarının %70 azalmasını ve döngü sayısının artmasına izin verdiği bildirildi.

Doz sayısı, soğutma sisteminin doğru bölgesinde gerekli ozon yoğunluklarının sürdürülmesi için önemlidir. Ozonun bozulmasını önlemek için, hassas önleyiciler, başka soğutma suyu arıtma kimyasalları ve işlenmiş suyun yan akım arıtması tavsiye edildi. Ozon, soğutma kulesinin kendisine de aynı zamanda uygulanabilir.

Şantiye üzerindeki ozon, kuru hava ya da oksijenin elektrik deşarjı altına alınması ile oluşturulur. Bundan sonra ürünün, soğutma suyu içine alınması gerekir. Amerika Hijyen uzmanları Meclisine göre

sürekli basınç için tavsiye edilen maksimum yoğunluk derecesi 0,1 mg/1'dir [tm059, Swinnen, 1995]. Ozon, diğer oksitleyici biyositlere göre çok uçucudur. [tm096, Mc Coy ve diğerleri, 1990] çalışması, soğutma kulelerindeki çeşitli biyositlerin uçuculuğunu inceledi. Bu çalışmadan elde edilen uçucu olma sıralaması: ozon > klor dioksit > klor amin > hipokloröz asit > hipobromuz asit. Ozon, 20 °C'de, hipobromöz asitten yaklaşık 167000 kat daha uçucu.

XI.3.4.2 UV arıtma

Açıklama:

Soğutma sistemlerinin devridaiminde kullanılan suya UV uygulanılmasında, UV ışığının iyi geçişini sağlamak için başlangıçta temiz suya ihtiyaç duyar ve suyun bir ön süzme işleminden geçirilmesi gerekebilir.

Azalma:

Özellikle yaz aylarında uygulama, nehre deşarj öncesinde akış içinde amip oluşumunun azalmasını etkilemiştir.

Çapraz medya etkisi:

Enerji gideri rapor edilmedi.

Uygulama sınırları:

Güneşli yerlerde, kalıntı etkinliğinin olmaması nedeniyle anti-alg (alg önleyici) uygulanmadığı takdirde alg büyümesinin gözlemlendiği belirtilmektedir. Bunun üstesinden gelmek için anti-alg kullanılması ya da kule havzasının temiz olması ve tortuların içinde mikroorganizmalar oluşmasını engellemek için tortusuzlaştırılması gerekecektir. UV lambalarının ayrıca sık sık temizlenmesi gerekir.

Masraflar:

Uygulama bütün yönleri ile kaydedilmedi.

Referans işletme:

Hidro elektrik istasyonu, Ontario, Kanada, EDF Nükleer Elektrik istasyonu, Poitiers, Fransa (ikisi de deneysel, 1999)

Düşünceler:

Suyun yeniden kullanımı konusundaki eğilimin artması ile dikkate değer derecede ve pahalı arıtma olmaksızın ihtiyaç duyulan derecede temiz suyun elde edilip edilemeyeceği belirsizdir.

XI.3.4.3 Çözücü hidrojen peroksit arıtması [yorum D]

Açıklama:

Çözücü hidrojen peroksit arıtması, soğutma suyunu mikroorganizmalardan dezenfekte etme tekniğidir. Bu teknoloji, suyun içinde bakteri düzeylerini çok düşük seviyelerde karşılamayı amaçlamaktadır. Sistem, biyofilm ve alglerin oluşmasına engel olacak şekilde hareket ederek böylelikle sistemler içinde lejyoner kolonilerini içeren bakterilerin yayılmasına engel olurlar. Hidrojen peroksit metal çözücü durumunda önemli miktarda OH radikalleri üreten oksitleyici araç olarak kullanılır. Bu radikallerin, ozon ya da klor gibi maddelerden daha fazla olduğu bildirilen, çok güçlü oksitleme etkileri vardır.

Teknolojinin, lejyonerleri de içeren oldukça çok mikroorganizmaya karşı etkili radikaller anlamına gelen bir geniş spektrumda olduğu belirtilmektedir. Genetik direnç kaydedilmedi ve bu nedenle şok dozuna gerek yoktur. Suyun içinde nispeten küçük H₂O₂ yoğunlukları sürdürülür ve suyun neredeyse tamamen bakterisiz olmasını sağlar.

Çözücü hidrojen peroksit arıtması AOX ve KOİ seviyelerini düşürecektir. Çözülme akışında tehlikeli kimyasal atıklar yaratmadığı bildirilmektedir. Bütün işletmenin biyofilm, alg ve bakterilerden muaf olduğu yerlerde devamlılığı azalttığından çalışma süresini arttırır.

Çapraz medya etkisi:

Çözücü ile arıtma ek bir enerji kullanımını gerektirmez. Hidrojen peroksitin tipik yoğunluğu (0,5–2 ppm arası) korozyon ya da tabakalaşma oranında etki göstermedi. Hidrojen peroksit, korozyon önleyici madde olarak da görev görür.

Uygulama sınırları:

Her uygulamada katalizörü (normalde paslanmaz bir çelik ya da PE taban üzerinde yer alan hafif örülü kablo file şeklinde) yerleştirmek için en iyi seçeneğin ayrı ayrı seçilmesi gerekir. Açık bir sistem kullanılıyorsa eğer katalizör su havzasının üst kısmına yerleştirilebilir. %30 yoğunluktaki hidrojen peroksit solüsyonunun uygulama ve hazne göz önünde bulundurulduğunda çok etkili olduğuna karar verilmiştir. Hücre tarzı **soğutma kulelerinde** kullanılmıştır. Soğutma kulesinin büyüklüğüne göre sınırlar bildirilmemiştir. Elde edilen veri küçük ile orta kapasiteli kuleleri işaret etmektedir, büyük kapasiteli işletmelerdeki uygulama ise hala devam etmektedir.

Maliyet:

Bu arıtma metal katalizör yatırımının yapılmasını gerekli kılar. Bir soğutma kulesi için aynı kapasiteye uygulandığında, katalizörün tipik amortisman süresinin 4 ila 5 yıl olduğu rapor edilmekte olup, katalizörün ve dozlama sisteminin amortismanı da dahil olmak üzere işletme maliyetleri, hem bir biyosidin (hipoklorit dahil) uygulanmasından hem de ozon tedavisinden önemli ölçüde daha düşüktür.

Referans işletme:

Ausimont Deutschland GmbH, Bitterfeld (D).

Düşünceler:

Hidrojen peroksit için dozaj noktası olarak iki alternatif denenerek seçilebilir: Soğutma kulesinin genel pompa giriş bölmesine ya da her bir hücrenin kalkan pompalarına H₂O₂ verilebilir.

XI.3.4.4 Klor dioksit**Açıklama:**

Klor dioksit (ClO₂), dezenfektan olarak etkili olması ve akıntı içindeki, ürünler tarafından yaratılan organo halojen oluşumları güçlü azaltıcı olmasından dolayı, deniz suyu koşulları için hipoklorite (HOCl) bir alternatif ve tatlı su biyositi olarak görülmektedir. Nispeten düşük düzeylerde mikroorganizmaların kontrolü için soğutma su sistemlerinde kullanımının etkili ve ekonomik olduğu bildirildi. Geniş bir pH düzeyi üzerinde kullanılabilir ve mikroorganizmaların geniş bir spektrumu üzerinde etkilidir. Özellikle şu kirleticiler içeren sistemlerde etkili olduğu bildirilmektedir: amonyak tuzlar, parafinler, alkenler, alkinler, alkoller, primer aminler, glikoller, eterler, doymamış aromatikler, inorganik asitlerin çoğu, organik asitler, dioller, doymuş alifatikler.

Klor dioksit kullanımının cazip görüldüğü koşullar:

1. Proses kirliliği
2. Alkali pH sistemler
3. Çıkış kloru deşarj limitleri
4. Sahadan gaz şeklindeki klorun çıkarılması

Klor dioksitin naklinin zor olduğu ve bu yüzden sahada üretilmesinin gerektiği bildirildiğinden yukarıda belirtilen son avantajın durumu şüpheli olabilir.

Klor dioksit su ile reaksiyona girmez ve sudaki çözünürlüğü yüksektir. Klor dioksitin sulu solüsyonlarına doğru olan esintinin solüsyonun içinden klor dioksitin çıkmasına neden olabileceği bulundu. Bu nedenle, klor dioksit tatbik edilen solüsyonlar, soğutma kulesine geçmeden önce püskürtme tankları gibi güçlü havalandırmanın olduğu yerlere konulmamalıdır. Sulu klor dioksit solüsyonları, uzun süre ultraviyole ışığa maruz kaldığı zaman foto ayrışım altında kalırlar. Klorlama ile birlikte klordioksitli arıtma, en yüksek etkinin başarılabilmesi için karanlıkta bırakılan saatler programlaştırılabilir.

Arıtmada başlangıçtan kısa süre sonra gelen yüksek değerlerdeki ClO_2 beslemelerinden sonra toplam plaka sayısının düşürülmesi gerektiği gözlemlendi. Bu başlangıç süresinden sonra, ClO_2 çamur tabakası altında biyokütle birikimi ve toplanmış yığıntıları temizlemeye başlar. Çamur kütleler hedef alındığından, mikroorganizmalar devir daim eden su ile parçalanır. Bu nedenle toplam tabak sayıları, kalsiyum ve bulanıklık okumaları bir süreliğine yükselecek ve sonra normal seviyelere düşecektir. Bu süre içinde köpüklenme de görülebilir.

Azalma:

İtalya'daki deneyler, İspanya'daki büyük kıyı elektrik istasyonlarından **once through sistem ile** yapılan gözlemler ile onaylandı [068, Ambrogi, 1997]. Büyüme sezonunda, 0,22 mg/l. (8 kg/saat) olan başlangıç yoğunluğundan sonra, ClO_2 dozunun, yaklaşık 0,18 mg/l. (6,5 kg/saat) düzeyine kadar düşürülebileceği ve hatta yaz aylarında bunun da aşağısına indirilebileceği görüldü. Bu seviyeler, kaydedilen diğer doz seviyelerini çok rahat karşılar. Doz, midye gelişimini kısıtlarken sürekli ve etkiliydi. Trihalometan (THM) oluşumlarından doğan yoğunluklar, reaksiyon sıcaklığı ya da reaksiyon zamanı hesaba katılmaksızın HOCl kullanılan durumlardan önemli derecede düşüktü. Sıcaklık 15 °C iken, 0,50 mg/l ClO_2 dozunun 10 dakikada ulaştığı yoğunluk 0,31 µg/l, sıcaklık 60°C iken 0,40 mg/l dozunun 60 dakikada ulaştığı yoğunluk 460,48 µg/l düzeyindeydi.

Etkili bir arıtmaya ihtiyaç duyan başlangıç dozu 0,22 mg/l olarak düşünüldüğünde, kanalın ucundaki beklenen deniz suyu yoğunluğu önemli derecede 54,7 µg/l LC_{50} 'sinin (96 s.) altına düşecektir. Etkili bir ClO_2 anti-kirleticinin 0,05–0,25 mg/l dereceleri arasında yoğunluk meydana getirdiği kanıtlandı. Açık devridaim eden soğutma su sistemlerindeki tipik doz, bütün sistemi besleyen düzene ek olarak hesaplanan derece temelinde 1–5 ppm arası klordur. Genellikle başlangıçta, klor dioksit, günde üç kez olmak üzere, temiz bir sisteme yedirilmek üzere, bir saatte, 1 ppm dolayında yedirilir. Bulanık ya da kirli sistemler dozun (3–5 ppm) ve yedirme zamanının artmasını gerektirebilir. Sistemlerin mekanik temizlemesinde, programlamanın daha uygun hale getirilmesini gerekli olabilir.

Bulanıklaşma sürecinden şüphe duyulan sistemler için tavsiye edilen sistemin gerektirdiği kadar klor dioksitin kullanılması şeklindeydi. Gerekli görülen belirlenmiş değerden başlangıç dozu elde edilebilir. Deneyin gösterdiği, gerekli görülen değer %30-50'sinin başlangıç dozu olarak kullanılabileceği yönündedir.

Tablo XI.4: Avrupa'daki tekli ve devridaimli sistemler için genel klor dioksit miktarı [CEFIC Sodyum Hipoklorit Grup, yorum]

Soğutma Sistemi	Uygulama modu	Uygulama zamanı	Genel doz (mg/l)
Once through sistem	Devamlı	Yılda 8 ay boyunca / günde 8 saat	0,4
Devridaimli sistem	Devamlı olmayan	1 saat / gün 6 kez	0,3
	Devamlı	Bütün yıl boyunca	0,2 kış aylarında 0,5 yaz aylarında

Tablo XI.5: Larva yatağı üzerindeki tekli sisteme uygulanan klor dioksitin etkisi (A.B.D veri, Van Hoorn, yorum)

Doz	Sıklık	Çökelti azalması
0,25 mg/l	4x15 dak./gün	%95
0,25 mg/l	2x30 dak./gün	%35

Çapraz medya etkisi:

Hiç THM ya da klorofenol oluşmamasına rağmen, belli durumlarda, aldehit, keton, kinon ya da hatta epoksiler gibi reaksiyon ürünlerin bulunması beklenir. Sonuncusu kanserojen ya da mutajenik olarak bilinir.

Uygulama:

Klor dioksit ile arıtma işlemi, yerinde üretim sisteminin kurulmasını gerektirir. Basınç ve sıcaklığa karşı hassas olmasından dolayı gaz, tüplere sıkıştırılıp taşınmaz. Yerinde üretimin üç yolu sırasıyla [tm059, Swinnen, 1995]:

1. Sodyum klorit / klorlu gaz ile
2. Sodyum klorit / sodyum hipoklorit (klor asit) ile
3. Asit aktivasyonu ya da klor asit yoluyla sodyum klorit ile

Besleme Noktası

En iyi sonuçları elde etmek için klor dioksit, **soğutma kulesinin** devridaim eden suyuna, iyi karıştırılarak, kritik bir şekilde suyun alt kısmındaki soğuk kısma ya da sadece ekipmanın ön kısmından direkt olarak yedirilmelidir. Klor dioksit yan akışı, havuzun uzak ucuna (soğuk kuyunun karşısına) beslenebilir ve havuzun üzerinde bir "süpürme" etkisi yaratmak için veya kule içindeki ek kontrol için geri dönüş yükselticiye beslenebilir.

İzleme

Klor dioksit soğuk suda mikrobiyosit olarak kullanıldığı zaman, kullanım miktarının ve etkisinin izlenmesi önemlidir. Tabak sayılarına dikkat ederek klor dioksit atıklarının yakın kontrolünün yapılması, en çok maddi giderlerde en iyi sonucun elde edilmesini sağlar.

Bazen, devir daim eden döngünün geri dönen suyunda ya da tekli sistemlerin atık suyunda serbest klor dioksit artıkları bulunabilir. Serbest atıklar, birçok durumda Kırmızı Klorofenol yöntemi ile test edildiklerinden, 0,5 ppm'den daha azdır. Serbest klor dioksit atıklarının bulunmadığı sistemlerde, biyo kitlelerin, biyolojik organizma sayılarının ya da basınç ölçümlerindeki farklılıkların bakarak gözlenmesi sonuçları verebilir.

A.B.D.'de, Redox kontrol, en çok kullanılan bilgisayar bağlantılı izleme tekniğidir. iyi bir kontrol için genellikle ORP değerleri 350–500 mV arasında bildirilir.

Maliyetler:

Masraflar bildirilmedi, ancak **once-through soğutma sistemlerinde** ihtiyaç duyulan miktarı azaltmak ve böylelikle de fiyatı azaltmak için, uygulama stratejisi üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerektiği sonucuna varıldı. Araştırmanın bu noktasında, çalışmanın bütün yönleri için giderlerin çok yüksek olduğu düşünülüyor (1996).

Düşünceler:

Once-through sistemler göz önünde bulundurulduğunda, klorlama ile bir karşılaştırma hem klor dioksitin hem de elektrik boşaltımı içinde, biyosit olarak klorlamanın özelliklerinin göz önünde bulundurulması için kullanılan miktarların normal düzeylere getirilmesi gerekecekti. Yukarıda öne sürülen sonuçlar için daha fazla araştırılma yapılması gerektiği görülmektedir.

XI.3.4.5 Soğutma kulesi suyunu arıtmak için iyonik su temizleme [tm036, Wilsey, 1997]

Açıklama:

Var olan destekleyici iyonik su temizleme kavramına dayanan yöntem, bakır iyonlar ile soğutma suyunu arıtmak için kullanılabilecek alternatif bir yöntemdir. Çevre için daha ekonomik, daha az zararlı maddeleri doğuran bu sistemin yerini ancak kimyasal su arıtma sisteminin alabileceği belirtilmektedir.

Azalma:

Mikrobiyologlardan edinilen bilgi, 0,4 ppm klora ek olarak yer alan küçük bir miktar bakırın, 2,0 ppm serbest klor kadar etkili olduğunun belirlendiği yönündedir.

Çapraz-medya etkisi:

Masraflar bildirilmedi, ancak bakır iyon oluşturunca için bir enerji girdisi olabilir.

Uygulama sınırları:

Bu arıtma işlemi uygulamak için, toplam çözülmemiş kalıntı miktarını kontrol eden, manyetik su sağlayıcı sistem ve suyun bileşimini analiz eden bir sistem ile birlikte bir bakır iyon oluşturunca ihtiyacı vardır. Bu sistem ile birlikte arıtma en uygun düzeyde sağlanabilir.

Birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Oluşturulan suyun bileşimi, kule haznesi 40 - 130 ppm arasında alkalinite seviyesi ve 7 - 8 arasında pH içerecek şekilde olmalıdır. Bakırın etkileri, daha kolay ayrışma ve süzme sağlamak için daha büyük kompleksleri oluşturan ölçeği pıhtılaştırıcı bir görev görür. Ayrıca, bakteri ve algler için öldürücü olan bakır bileşiklerini meydana getiren bakteriyel dezenfektan olarak da işlevi vardır. Sonuç olarak bir mavi-yeşil algere karşı alg önleyici olarak işlev görür.

Bununla birlikte, devir daim eden bakır miktarı, aynı zamanda, tasfiye edilen su ya da boşaltım yoğunluğunu göstereceğinden bu miktara dikkat edilmesi gerekir. Öldürücü bakır bileşiklerinin kalıntı yoğunluğu, alınan sudaki çözülmenin zararlı etkileri olabileceğinden daha fazla incelenmelidir.

Masraflar:

Bildirilmedi.

Referans işletme:

Bildirilmedi.

Görüşler:

Sonuçlar, uygulamanın bütün yönleri için kanıtlanmalıdır.

XI.3.4.6 Soğutma kulesi suyundaki halojenize biyositlerin dengede tutulması [tm62, Dallmier ve diğerleri, 1997]

Açıklama:

Özellikle klor ve brom temelli ürünler kullanılır. Halojenize biyositin biyosidal etkisi, toplam halojen tortuya bağlı olduğundan, soğutma suyu içinde tortu miktarını azaltabilecek reaksiyonlardan korumak önemlidir. Pas ve kapsama korumalar ile reaksiyonlar ortaya çıkabilir (tolil triazolü Br). Halogenlar, halojen uçuculuğunu azaltmak, inhibitörlerle uyumluluğu artırmak ve yeterli etkili halojeni korumak için stabilize edilebilir. Bromun dengede tutulması, hidantoinlerin kullanılması ile başarıldı. Dengeleme süreci için daha fazla bilgi bildirilmemektedir.

Azalma:

Soğutma kulelerinde dengelenmiş bromun kullanılması şu etkileri doğurdu:

1. Bromun dengelenmesi, soğutma suyu içinde serbest daha fazla bromun var olmasına neden olduğunda buharlaşma daha az olduğu için brom kaybı,
2. Dengelenmiş bromun balçık oluşturuıcı bakterileri öldürmede dengelenmemiş Br'e göre üçte bir daha hızlı olduğu görüldü,
3. Dengelenmiş Br'un karışık kültür biyofilmlerini çıkartmakta çok hızlı olduğu görüldü. Bio-zarların %45'inin çıkarılmasının, tüpe karşı basınçta %47 azalma yarattığı ölçüldü.
4. Bir ofis serinletme sisteminde kullanılmasının, lejyoner pnömöfillere karşı etkili olduğunu gösterdi
5. Br katıldığı zaman, sarı metal pas koruyucu totitriazolün %95'ten fazlası, soğutma suyu için kalmaya devam etti.

Çapraz medya etkisi:

Halojeni stabilize etmek için ek kimyasalların kullanılmasının etkileri üzerine elde edilmiş herhangi bir bilgi yok.

Uygulama sınırları:

Devridaimli sistemlere (ıslak soğutma kuleleri) uygulandı. Bu tekniğin uygulanabilirliği konusunda görüşler hidantonların kullanılması üzerinde yoğunlaşmaktadır. Hidantoinlerin kullanılmasının (hap formunda), maddelerin erimesini gerektiren bir zorlukta olduğu bildirilmiştir. Bu durum, uygulamayı küçük ölçekli soğutma sistemleri ile sınırılıyor. Büyük ölçekli sistemlere de uygulanabilecek sıvı güçlendirilmiş brom ürünler hali hazırda pazarda bulunmaktadır.

Masraflar:

Güçlendirme masrafları bildirilmemiştir.

Referans işletme:

Güçlendirilmiş sıvı ürün üzerine iki rafinerinin (Almanya ve Avusturya'da) ve Almanya'da da bir kimyasal işletmenin bulunduğu bildirilmiştir.

Görüşler:

Yukarıda bahsedilen etkiler, alan deneylerinden elde edilen sonuçlar tarafından onaylanmıştır. İki husus belirtilmelidir. Güçlendirici katılması ve onun soğutma sistemi ya da tasfiyedeki etkisi konusunda herhangi bir gözlem bildirilmemiştir. Tehlike ya da çevresel kabul edilebilirlik saptanılmamıştır.

Bir soğutucu sistem içindeki lejyonerler üzerindeki çalışması test edildi, ancak soğutma kule sistemlerindeki koşullara bir aktarım yapılması.

XI.3.4.7 Telvis, paslanma ve tabakalanmaya karşı film

oluşturan madde

Açıklama:

Film yapıcı maddeler, telvis ve paslanma ya da tabakalaşmadan tamamen korunmak ya da bu durumları azaltmak için su bölgesindeki kanalların yüzeylerini kaplayacak şekilde kullanılır ve soğutma suyun akışına tatbik edilmez. Ticari olarak elde edilebilen karışım, adı Mexel®432/0, uzun alifatik amin zincir muhteviyatlarına esas olarak uygulanır. Sulu emülsiyonlarda, bu ürün, doza bağlı olarak çeşitli seviyelerde dokuların parçalanmasını sağlayacak şekilde hücre perdeleri üzerinde bir zar şeklini alır. Bu teknolojik alternatifin verimliliği soğutma devresindeki suyun biyolojik yapısı ya da suyun kimyasal özelliklerindeki değişikliğe değil, Mexel®'in devre içinde bulunan bütün yüzeyler üzerine soğutulması ya da bu yüzeyler ile bütünleşmesine bağlıdır. Anti-telvis etkisi, Mexel bileşenlerinin biyolojik perdeler ve biyofilmler ile bütünleşmesi ile açıklanabilir. Bu bütünleşme biyolojik yapıdaki yapışkanlığa etki eder ve yüksek yoğunluklarda, perdelerin parçalanması sonucunu doğurur. Öldürücü etki altındaki yoğunluklarda, Mexel bileşenleri perdeler içine nüfuz ederler ve perdelerin iyonik ve gaz şeklinde aktarılmasını bozar. Bu durumda, uygulama, hayvanlar için işlemde geçirilen devrede kesin yerleşmelerinden kaçınabilmeleri için uygun, gerilimli bir durum yaratır.

Hem deniz sularında hem de tatlı sulardaki mikro ve makro telvis üzerinde geniş bir etki spektrumuna sahiptir. Bu ürün, aynı zamanda, anti-korozyon ve anti-tabakalanma özelliklerine sahiptir ve arıtma uygulaması, kesintilidir ve koruma için yüzeyler üzerindeki zarın yenilenmesini amaçlar. Periyodik arıtmaların, makro kirlenme üzerinde daha etkili olabileceği önerilerinde bulunuldu. Filmlerin süresi 10–20 arasındır.

Dozaj otomatik olarak yapılır ve başlangıç dozunun kullanılması ile zarın oluşumu başlamış olur. Boşaltım içindeki yoğunluk ölçülür ve doz seviyeleri, Mexel 432 boşaltım içinde tespit edilebilene kadar azaltılır. Tek yönlü sistemlerdeki büyük ölçekli deniz suları için başlangıç periyodu yaklaşık 10 gündür.

Tek yönlü sistemlerde ürün analizi ya spektro-fotometrik yöntem ya da renk ölçülü alan analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İkinci analiz yöntemi devrenin çeşitli noktalarında ürün yoğunluklarının anında kontrolüne izin verir.

Sonuçlar:

Enjeksiyonun süresi kadar enjekte edilen yoğunluk ile açıklanan arıtma koşulları, araştırma sonuçlarına (biyo-kirlenme, paslanma, kirlenme ya da tabaka oluşumu), normal suyun fiziko-kimyasal özellikleri ve devrenin özelliklerine (şekil, sıcaklık, yüzey durumu, materyaller, akış derecesi, vb.) bağlıdır.

Periyodik arıtma havzasında ve 3,5 mg/l. tortu yoğunluklarında çift kabuklu yumuşakçalara karşı etkili olabilir. Ayrıca, uzun süre aralıklı arıtmaların zebra midyeler üzerindeki etkililiği konusunda deneylerde ortaya çıkan: her gün 3 saatte, 6 mg/l ölçüsündeki bir doz zebra midyelerin %100'ünü öldürmektedir.

Örnek işletmede, alüminyum pirinci pas korumasının her gün 30 dak. süre ile 5 ppm dozu yeterliydi. Makro kirlenme için günde 5 saat için 0,5 ppm dozu uygulanmıştır. Biyoizleme yolu ile midyelerin doz karşısındaki reaksiyonları, en uygun arıtma düzeninin tanımlanabilmesi düzeyine ulaştı.

Çapraz medya etkisi:

Ziyaret edilen şantiyede, deniz suyunun artık elektrolize ihtiyaç duymaması avantajı açık bir şekilde vardı. Bu durum, hem çevre (insan sağlığı) hem de finans açısından faydalı olacak şekilde elektrolizörün varlığını sonlandırdı.

Çözümde Mexel'in ortadan kalkması durumundaki oluşacak üç süreç: acil ihtiyaç, suyun türbülansı ve aerobik şartlardaki bakteriyel bozulma. Bakteriler, 10 günde ürünün %98'ine kadar bozulma göstermiştir. Ürünün tatlı su organizmaları üzerindeki toksik etkileri göz önünde bulundurulduğunda, toksik formdayken ürünün doğal sularda hemen yok olduğunu ve saptanabilir toksisitenin bozulma sırasında olmadığını göstermiştir.

Uygulama sınırları:

Uygulama, test edilmiş metalden (tunç, bakır nikel karışımları, demir ve paslanmaz çelik 304L & 316L) ya da normal sudan (tatlı su ya da deniz suyu) bağımsızdır. Mexel, etkili bir kimyasal ya da biyolojik bir paslanma önleyici olabilir.

Açık ya da yarı kapalı, akış hızı saatte birkaç metre küp olanlardan (havalandırma sistemleri) tatlı, tuzlu sularda ya da deniz sularında saatte 100,000 metre küpe sahip olanlarına kadar devir daimli hidrolik sistemlerin arıtılmasına izin verir. Dünya genelinde, bu ürün, termal sıvı olarak su kullanan elektrik gücü işletmelerinin, jeotermal yapıların, taşıma, kimyasal endüstri, çelik fabrikası, rafinerler, kıyı dışı platformlar ve havalandırma birimlerinin hidrolik sistemlerinin arıtılmasında kullanılmaktadır.

Masraflar:

Masraf bilgileri, sadece klorlama uygulaması ve özellikle de elektroliz ile karşılaştırmalı bir şekilde verilmiştir. Klorlama ile karşılaştırılan Mexel gider dengesi konusunda onay alınmadı. Giderler arıtılacak olan yüzeye bağlıdır, soğutma suyunun miktarına değil.

Referans işletme:

EDF Güç istasyonu, Le Havre (F).

Görüşler:

Çevresel olarak düşük toksisiteye sahip olması ve saptanabilir toksik bozulma olmaması, ürünleri, soğutma su arıtmasında bir alternatif olarak kabul edilebilir yapmaktadır.

Ürün biyolojik olarak kolay bir şekilde parçalanabilir olduğundan, yüzeyin başlangıç arıtmasında bir miktara ihtiyaç duyulduğunda bu avantaj, bir dezavantaja dönüşebilmektedir. Ürünün reaktivitesi ihtiyaç duyulan miktarı yükseltebilir ve bu durum masrafları da içine alır. Tatlı suyun, genellikle, çözünmemiş katı parçacıklarının deniz suyundan daha fazla olması, deniz suyu koşullarında kullanımının daha fazla tercih edildiğine işaret etmektedir.

XI.3.4.8 Açık ıslak soğutma kulelerinde dayanıklı organik pas önleyiciler [tm091, CTI, Little ve diğerleri]

Açıklama:

Açık bir ıslak soğutma kulesinde kullanılan organik temelli arıtma, güçlü oksitleme maddelerine karşı aşırı duyarlı, aşırı ısı değişimine karşı hassas, çok zor durumlarda kalsiyum tuz özellikleri gösterme konusunda aceleci bir eğiliminin olmasından ve devamlı su akışına ihtiyaç duymasından dolayı etkisiz kılınabilir. Bu sorunların üstesinden gelmek için Etanol amin Bisfosfono-metil, N-oksit (EBO) geliştirilmiştir. EBO, soğutma suyu arıtımında anodik korozyon inhibitörü olarak kullanılabilen organik bir fosfonattır. EBO'nun halojenlere karşı iyi bir stabilite sergilediği bildirilmiştir. CaCO₃ olarak 500 mg/l kalsiyum seviyelerinde, 8.3 pH ve 60°C sıcaklıkta tamponlanmış stabilitesi HEDP ile karşılaştırılmıştır.

Azalma:

Çökeltme olmaksızın 100 mg/l'den daha fazla EBO'nun katılabileceği bulundu. Aynı koşullar altında HEDP için bu rakam sadece 7 mg/l'ydı. Sarı metal pas üzerinde yan etkilere işaret edilmemiştir. EBO olmaksızın organik arıtma ile karşılaştırıldığında paslanma önemli ölçüde azaldı.

Çapraz medya etkisi:

EBO, yüksek kalsiyum zorluk derecelerine karşı daha az hassas olduğundan, yüksek yoğunluk döngüleri için mümkün olabilecek seçenekten dolayı düşük su şartları ortaya çıkar.

Uygulama sınırları:

Sadece açık devir daimli sisteme uygulanır.

Masraflar:

Bildirilmedi.

Referans işletme:

Deneme soğutma kulesi, tam ölçekli uygulama bildirilmedi.

Görüşler:

Gelişmiş çalışmalar içeren EBO'nun ve benzer soğutma su arıtma kimyasallarının uygulanması için, uygulanan sistemlerin ayrı ayrı akışların boşaltımlarında toksisite düzeylerinin daha fazla araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

XI.3.5. Deşarj edilen soğutma suyunun arıtılması

Entegre olunan yaklaşımdan dışarı çıkmayı en aza indirme, kullanılan kaynakların en aza indirilmesi ile başlar. Konu 1’de alınması gereken başlangıç yaklaşımının sunulması buna örnektir. Soğutma sisteminin sınırlamaları ve saha özellikleri ile sonuç olarak yine de belli bir miktar kimyasalın belli bir boşaltım ile kullanılması gerekli olabilir. Arıtmanın izlenmesi ve uygun dereceye getirilmesi daha fazla boşaltım olmasını engelleyebilir.

Bazı durumlarda, soğutma suyu akıntılarının boşaltılmasından önce, harcanan su, arıtma tesislerinde arıtılır. Harcanan su konusunda bilgi için referans, BREF göz önünde bulundurularak yapıldı. Bazı soğutma su arıtılma örnekleri bildirilmemiştir. Arıtma konusunda bazı hususlar belirtilebilir:

- Dozdan sonra en yüksek düzeyde yoğunluklar içeren boşalan gazın arıtması, su çevresini ya da su arıtma tesislerinin mikrop kapmasını engellemek için tampon havzada toplanılır. Uzak havzada biyositlerin hidrolizi, suyun boşalması ya da yeniden kullanılmasından önce daha az toksik maddelerin oluşmasını gerçekleştirebilir.
- İşlem maddelerinin yoğunluklarından dolayı kapalı devir daimli sistem rafinerilerin boşaltılan gazlarının, arıtma tesisinin dengesinin bozulmasından korunmak için, harcanan suyun arıtılması işletmesine gönderilmesinden önde arıtılması gerebilir. Bu genel gaz boşaltmadaki gaz düzeyi, suyun ön arıtmasındaki artan gaz düzeyinden çok daha düşük olması sürdürülür ve bu yüzden ön arıtma olmaksızın harcanan su arıtma işletmesine izin verilebilir.

XI.4 Enerji kullanımını azaltmak için değişken sıklık sürücüler

Bir soğutma sisteminin çalışmasında, direkt gerekli enerji girişi, pompalama kapasitesi için gerekli olanın azaltılması ve fan kullanımının en uygun düzeye getirilmesi ile azaltılabilir. Yeşil alan durumlarında tasarım (yani soğutma kulesinin yapısı, doldurulma şekli, pompa yapılandırılması) konusunda birçok şey yapılabilir, ancak mevcut kurulumlar için seçenekler oldukça sınırlı ve ekipmanın değişimi risklidir.

Açıklama:

Değişken fan hızı sürücülerinin uygulanması, fan hızlarının gerekli soğutma işine özel olarak uygun hale getirilmesi için bir seçenektir. Bunun bir tekniği değişken sıklık sürücülerinin (VFD) kullanımıdır. Bir VFD, voltaj dönüştürücü ile akım eviricinin (DC'den AC'ye) bir birleşimidir.

Soğutma kuleleri, genel olarak, yılın en az yüzdelik diliminde açılan (% 1–2,5) ıslak termometre belli sıcaklıktaki yükleme için belli soğuklukta suyun kuleden çıkmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Çoğu zaman tasarlandıklarından daha düşük ıslak termometre sıcaklığında, ancak ıslak termometre sıcaklıklarının mevsimsel değişimi temelinde değişken düzeyde çalışacaktır.

VFD sistemi ile bu değişkenlik, gerekli su sıcaklığının elde edilmesi için farklı fan hızlarına dnştirlr. VFD, farklı sağlayıcılardan ticari olarak elde edilebilir.

Azalma:

Kullanılan enerjinin azalması ile birlikte, daha yavaş çalışma hızlarından dolayı ses düzeylerinin ve titreminin azaltılması başarılır. Motorun yumuşak geçişinden (yumuşak başlama olarak adlandırılır) dolayı ekipmanın çalışmasının uzun ömürlü olduğu gözlenmiştir.

Çapraz medya etkisi:

Azalma başlıklı bölüme bakın.

Uygulama sınırları:

Bir VFD'nin uygulanması için, otomatik sıcaklık kontrolü, soğutma kulesi fan motorunun ihtiyaçlarına uygun VFD planı ve teçhizatın rezonansının analizi gibi kontrol edilen, belirlenebilir özelliklerden bahsedilmiştir.

Masraflar:

Bir gider göstergesi verilmemiştir.

rnek işletme:

Uygulamadan deneyimler göz önünde bulundurularak bahsedilmemiştir.

EK XII ÖZEL UYGULAMA: ENERJİ ENDÜSTRİSİ **[tm132, Eurelectric, 1998]**

Sentez

Belli bir bilgi sentezi oluşturmak ve diğer endüstrilerin bundan faydalanmasını sağlamak için bu Ek, EURELECTRIC dahilinde oluşturuldu. Ek, sırası ile ELECTRICITE DE FRANCE, ELECTRABEL, LABORELEC ve VDEW ile Alman Elektrik Üretim operatörlerini temsil eden VGB arasındaki iş birliğinin bir ürünüdür. UNIPEDE¹⁹ ve CORECH' den²⁰ çeşitli kalıcı çalışma gruplarının elde ettiği sonuçlar da aynı zamanda yer almaktadır.

Ek, ana metinde sunulan bilgilerin daha iyi anlaşılması için bir arka plan bilgisi vermeyi amaçlamaktadır. Termal güç tesislerinin çalışmasını basit bir yoldan açıklar. Kondansatör ve yardımcılarının soğutma sistemlerinin ana görevlerini ortaya koyar. Ek'in bu bölümü özellikle ısı deşarjları, canlı organizmaların su girişlerine emilmesi, artıma reaktiflerinin deşarjı ve gürültü gibi diğer potansiyel zararlı etkilerle ilgilidir.

Ayrıca, akla yatkın çeşitli soğutma tekniklerinin analizi yapılmaktadır. Esas olarak yeni sistem tasarımına işaret edilir ve MET'in belirlenmesi için ek bilgi olarak kullanılır. Sadece teknik ya da ekonomik açılarla ilgili değildir, aynı zamanda ve hatta özellikle çeşitli çözümlerin ekolojik ve enerji etkisi ile ilgilidir. Ortaya koyduğu sonuçlar, özellikle enerji endüstrisi amaçlanmış olmasa bile, ana metnin 4. bölümünün genel MET çıkarımlarının kapsamına girmektedir.

Analizden elde edilen esas çıkarımlar:

- Enerji tesisi tasarlanmadan önce, soğutma sisteminin çevre üzerindeki etkisi konusunda çalışılmalıdır; bunu gerçekleştirmek için, rakamsal modellemelerin ve deneme kanallarındaki site üzeri testlerinin yapılması tavsiye edilir;
- Soğutma sistemlerinin tasarımı üzerinde, en yüksek ekolojik etki ve enerji etkisi dikkate alınarak çalışılmalıdır;
- Kirlenmeyi sınırlamayı amaçlayan fiziksel işlemlerin yürütülmesi için sistematik olarak çalışılmalıdır (mekanik temizleme, sıcaklık artışı, filtrelemelerde devamlılık);
- Kapasite kullanımını en yüksek derecede sınırlamak için kimyasal çözümler üzerine tek tek durum bazlı çalışılmalıdır;
- Enerji tesisinin soğutma sistemi tercihini etkileyen birçok yerel faktör bulunduğundan tek bir en iyi çözüm seçilemez. Tercihler, sadece elde edilebilen akış hızını değil, görsel yönleri de içerir.

XII.1 Giriş

Geleneksel termal enerji tesislerinin termodinamik döngüsü CARNOT ilkesine riayet eder. Verimlilik dereceleri, geleneksel yeni tasarımda %40 seviyelerine ulaşırken, ileri tasarımda ve ağır kömür yanmasıyla bile soğutma su koşulları (tek yönlü soğutma sistemi) uygunken oldukça tercih edilen iklim koşullarında %47 başarılabilmektedir. Sonuç, yanma ile elde edilen enerjinin miktarının neredeyse %45'inin kondansatör düzeyinde dağılmalıdır.

Kondansatör tesisin anahtar noktasıdır. Aslında, uyarlanmış soğutma modu dikkate alınmaksızın, enerji tesisi ile etrafını saran çevre arasındaki esas ara yüzlerden biridir.

¹⁹ Elektrik enerjisi üreticiler ve dağıtıcılar uluslararası birliği

²⁰ Araştırma komitesi

Enerji tesisinin verimliliği ve ulaşılabilirliği kondansatörün uyumuna ve temizliğine bağlıdır. Bunlar, neden artık uzun zamanda belli çözümlerin uyarlanılmış olduğunun nedenleridir: köpük balonları tarafından mekanik temizlemedeki devamlılık, titanyum ve paslanmaz çelik gibi pas-rezistans alaşımları, vb. Ayrıca, soğutma suyu arıtma sistemleri geliştirildi ve kullanılmakta, özellikle de sirkülasyonlu soğutma sistemleri.

Buna benzer olarak, akış dereceleri çeşitli m³/s düzeylere ulaştırılabildiğinden, uyarlanan arıtma modlarının seçilen çözümlerin diğer endüstriler üzerine tahminlerin yapılması zor olabilir.

XII.2 Enerji tesisi soğutma sistemleri – prensipler ve hatırlananlar

Enerji tesisinin işletmesi CARNOT prensibi ile yürütülür. Isı kaynağı, kazan, suyun buharlaşması için gereken enerjiyi sağlar. Soğuk kaynak, kondansatör, düşük basınç türbininden dışarı çıkan buharı yoğunlaştırır.

Enerji tesisinin, teknik ve ekonomik açıklardan, temel özelliklerinden biri onun **belli derecedeki tüketimi**, yani, bir kWh elektrik enerjisinin üretimi için gerekli sıcaklık miktarıdır. Bu belli tüketim, termal döngü dengesinden (tablo 1) elde edilir.

Tablo XII.1: Geleneksel yeni tasarım için basitleştirilmiş termal döngü dengesi örneği

Enerji dönüşümü	Enerji (kJ)	(%)	Verimlilik (%)
Yanmadan elde edilen enerji	9000	100	100
Buhar jeneratörü kaybı	1050	-11,7	88,3
Kondansatör —kayıbı	4200	-46,5	41,8
Besleme suyu sıcaklığı	(2000)	(22,2)	(döngüsel)
Turbo jeneratör kayıpları	65	-0,75	41,05
Yardımcıların sağladığı enerji	65	-0,75	40,3
Ana dönüştürücüdeki kayıp	25	-0,2	40,1
Tesisin genel verimliliği			40,1

Soğuk kaynağın varlığı esas meseledir. Soğutma sistemleri, her zaman nehir, deniz ya da gölden direkt olarak suyu çekerek kullanmaz. Soğutma kulesi ile birlikte devridaimli bir sistemin kullanılması gerekli olabilir. Termal döngü dengesine bir bakış, her bir kWh'ın yaratılması için 4200 kJ'nin verilmesi gerektiğini gösterir. Ayrıca, bu enerji, kullanılabilir kısmı çok düşük olduğundan geri alınamaz.

Yeni üretim sistemleri, özellikle de birleşik döngüler (ya da gaz-buhar türbinleri), %55'ten bile daha fazla verimliliğin elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu enerjiyi almak için sunulan soğutma sistemi genellikle sirkülasyonlu sistem olarak adlandırılır. Kondansatör tüp paketi, nehirde, denizden ya da gölden su çekilmesini içerir. Bu suyun ısınma ya da akış derecesi kurulan kapasiteye bağlıdır (tablo 2).

Tablo XII.2: Kurulan kapasite ile soğutma parametreleri arasındaki ilişki (Sirkülasyonlu sistemin şekline bağlı örnek değerleri, ortam hava sıcaklığı, soğuk su kaynağının sıcaklığı)

Ünitenin hesaplanmış kapasitesi (MW)	Sirkülasyondaki suyun debisi (m ³ /s)	Kondansatördeki suyun ısıtılması (K)
125	3-5	7-12
250	6-10	7-12
600	14-24	7-12

Her ünite, aynı zamanda yardımcı bir soğutma su sistemine sahiptir:

- Jeneratör kapak gaz soğutucular
- Kompresör soğutucular
- vb.

Minerallerden arındırılmış su sağlanan kapalı döngü soğutma sistemleri, şunlar için oluşturulmuş sistemlerdir:

- Jeneratör stator su soğutucular
- Jeneratör hidrojen soğutucular
- vb.

Ünitelere bağlı olarak, **yardımcıların** soğutma sistemlerinin soğutan su akış hızı, normalde, sirkülasyondaki su debisinin yaklaşık %4 ile %6'sı arasındaki değeri temsil eder. Isıtma sınırlıdır ve çalışmakta olan yardımcıları göre, 10 K kadarına denk gelir. Bununla birlikte, düşük termal yüklemeye bile, ünitenin kapatılmasından artan ısının boşaltılmasına kadar günlerce çalışmasını sürdürebilir.

XII.3 Soğutma sistemlerinin olası çevresel etkileri

Soğuk kaynaktaki ısı salınımı esas olarak iki çevresel unsuru içeriyor: hava ve su. Ancak, gerçekte, bir su bulunan ortam içinde boşaltım bile oluşsa, esas ısı alıcı atmosferde bulunur. Aslında su, çeşitli doğal işlemlerden –buharlaşma, iletme, ısıma- elde edilen ısıyı derece derece transfer eder. Ekonomik sebeplerden dolayı, ilk bakışta görülen alandır.

Soğutma sistemleri için MET olarak elde edilebilecek teknikler konusunda endişe duymadan önce, doğal çevre üzerindeki zararlı etkilerin analizinin yapılması, onun yapısı ve bolluğunun incelenmesi, bunun muhakemesinin yapılması, başka bir ifade ile tolere edilebilinip edilemeyeceği konusunda karar verilmesi daha arzu edilebilir görülmektedir.

XII.3.1 Atmosfere ısı boşalmaları

Soğutma sisteminin şekli dikkate alınmaksızın, soğuk kaynağa taşınan ısının tümü atmosfere aktarılır. Bu, soğutma kuleleri, hava soğutuculu kondansatörler ve kuru soğutma kuleleri durumunda belli bir temel üzerinden yürütülür. Nehir, deniz ya da göl üzerindeki tek yönlü soğutma sistemlerinde, ısı, geniş bir su alanı üzerinde yerel duruma bağlı olarak belli bir süre gecikmesi ile alınan suyun yüzeyinden aktarılır.

Tek yönlü sistem (Şekil XII.1, Bölüm XII.11) ile soğutulan enerji tesisinde, pompalanan su genellikle üniteler ölçülen kapasitelerinde çalıştığında 7 K'den 12 K'ye kadar ısıtılır. Soğutma suyunun boşalımı, alınan su ile karıştırılarak derece derece soğutulur. Daha sonra ısı, üç süreç halinde atmosfere aktarılır: buharlaşma (ortaya çıkan enerjinin %35'inden %45'ine kadarı), su yüzeyinin ısıması (%25-35 arası), hava ile iletme (%20-30 arası). Yerel duruma bağlı olarak, sıcaklığın ortaya çıkışı, yerel otorite tarafından sınırlandırılabilir.

Buharlaşma ile enerji transferi, her 100 MWth.'de 20 kg/s buhar debisini ifade eder. Boşaltımın yönünde su ısınma sürecindeki hızlı düşüş üzerine düşünüldüğünde, salınımına yakın bölgede, kapsam sınırlı olsa da sıcaklık farklılıklarının hala önemli derecede olduğu değişmek üzere olan ilk atmosferik olgundaki sıklık ve buharlaşma sisindeki direnç söz konusudur.

Her şey eşit, oluşumun sıcaklığı ya da buhar sisinin kaybolması yumuşak suyun yukarısında tuzlu suyun üzerinden daha yüksek olacak şekilde değeri yoktur. Bu nedenle enerji tesislerinin kurulumunun nehir ağızlarına ya da kıyı şeritlerine yapılması daha çok tercih ediliyor.

Islak soğutma kuleleri (Şekil XII.2, Bölüm XII.1 1) ile donatılmış enerji tesisleri için, bütün her şey, ısı sanki direkt bir şekilde atmosfere bırakılıyormuş gibi oluşur. Pratikte iki tür çalışma yöntemi vardır:

- soğutma kuleli once-through soğutma (şekil XII.3, Bölüm XII.11) ve sirkülasyonlu soğutma (şekil XII.4, Bölüm XII.11)

Boşaltım, küçük bir alan üzerinde yoğunlaştırılmış bir şekilde gerçekleşir. Islak soğutma kuleleri, gizli ısı (ıslak buhar) şeklinde artan ısıнын yaklaşık %70'ini, hassas ısı şeklinde ise yaklaşık %30'unu atmosfere aktarır. Bu nedenle, atmosfere salınan buhar akış düzeyi, soğutma kulesi olmaksızın tek yönlü soğutmada sonuçlandığı şekliyle iki keredir. Nem ile doyurulmuş hava, ortam sıcaklığından yüksek olan yaklaşık 10-20 K arası sıcaklıkta ve doğal çekişli soğutma kulelerinde 3-5 m/s arasına çıkan hız ile atmosfere salınır. Bu hız, mekanik çekişli soğutma kuleleri oldu zaman ikiye katlanır. Neme doymuş bu hava, ortamdaki hava ile düzensiz karışması ile soğuyarak, yapay bulut ya da kümelenmelerin yükselmesine neden olabilir.

Ağırlıklarının düşük ve rüzgârsız soğuk nemli hava şartlarından dolayı küme yoğunlaşmasının alçak düzeyde oluşması sonucu zeminde sis oluşması riski, özellikle de mekanik çekişli soğutma kulelerinde (Şekil XII.5, XII.6 ve XII.11) nispeten sık olabilen bir durumdur. Uygun bölge, çıkış kaynağından yaklaşık 500 metre uzaktadır.

Soğutma kuleleri yükseldikçe bu durumun sıklığı önemli ölçüde azalmıştır. Tesislerde, zemine ulaşacak kadar alçalan kümelerin ölçülmesi, yerel duruma bağlı olarak 50-75 m arası yükselmeden dolayı istisnaidir.

Donma, alçalan kümelenmeden dolayı oluşan sisin ya da boşaltmaya bağlı çökelmenin ya da soğutma kulelerinin tabanından püskürtülenlerin donmuş zemin ile buluşması nedeniyle olabilir. Ancak, bu tarz püskürtmelerin etkisi soğutma kulesine yakın bir alan ile sınırlılığını korur ve soğutma kulesinin temeline en fazla birkaç düzine metre yakınlık için düşünülür.

Islak soğutma kulelerinin çalıştırılmasından kaynaklanan esas iklimsel değişim, küme yoğunluğunun artması ile enerji tesisi çevresinde güneş ışığının ve ışığın azalması sonucu oluşan yerel bölge bulut oluşumunun artması olarak görülür.

Kuru soğutma kuleleri (Şekil XII.1 1, Bölüm XII. 11) ya da **hava soğutmalı kondansatörler** (Şekil XII.9 ve 10, Bölüm XII.1 1) ile donatılmış güç tesisleri konusunda, havadaki katıksız nem oranı değişmez, ancak sıcaklığı, ortam sıcaklığından 15-20 K kadar daha yüksektir. Bütün ısılar, hassas formda salınır ve atmosferde yükselen sıcak hava doyurulmuş ısıнын olmaması çok nadir bulutların oluşmasını sağlar.

Karışık soğutma kuleleri (ıslak/kuru) (Şekil XII.8, Bölüm XII.1 1) çoğu zaman küme oluşumundan kaçınılmasını mümkün kılar. Su (yani işlenmiş su) tüketimi, ıslak soğutma kelesininkinden %20 daha azdır. Ancak, günümüzde, karışık soğutma kuleleri, sadece mekanik çekiş çeşitleri için mümkün olabilmekte. Mekanik çekiş çeşidinde karışık soğutma kuleli enerji tesisinin yıllık dengesi, mekanik çekişli ıslak soğutma kulesi ile karşılaştırıldığında aynı düzeye sahip olabiliyor. Bu durum çalışma durumunu dikkate alıyor.

Birkaç yıldan beri, fosil yakılan enerji istasyonlarında, soğutma kulesi kullanarak kükürdü alınmış yakıt gazların elektriğinin alınması, en azından Almanya için tarih olmuş bir durum. Bu teknik, yığarak geleneksel elektrik boşaltımına bir alternatif ve ekolojik ve ekonomik yönlerden faydaları var.

XII.3.2 Alıcı sucul ortamlardan elde edilen ısıtma

Nihai ısı alıcı atmosfer olmasına rağmen, birçok durumda, termal güç tesisinden elde edilen elektriğin büyük bir bölümü sulu bir ortamda gerçekleştiriliyor. Bu durumda birçok fiziksel durum rol oynuyor:

- düzensiz difüzyon
- suda ısı yayım
- çeşitli yoğunluklardaki sıvıların akışı
- buharlaşma, ısıma, havadaki ısı yayım

Elektrik boşaltımının kapsamına bağlı olarak ve içe alınan çevreye göre böyle bir durum baskındır ve ısı yoluyla oluşan etkiler çevrenin kabulüne göre dağılır.

Soğutma su boşaltımına yakın bölge, alanın uzağından ayrılmalıdır.

Yakın bölge, sıcak su ile nehir suyunun karışımının tamamlanmadığı, nehrin içindeki bölge olarak tanımlanır.

Yakın bölge içindeki su sıcaklığı enerji tesisinin çıkardığı su ile alınan çevrenin suyunun karışmasına bağlıdır. Bazı araçlar kullanarak, kaplanılan çevrenin suyu ile dışa atılan suyun hızlı bir şekilde karışması bu alan üzerindeki ısınmayı azaltabilir.

Uzak bölge, su sütunu içinde derinlik ile tamamen karışmış ve bu yüzden de sıcak bölgenin arka planı olan sıcak su geometrisidir. Uzak bölgedeki aşırı sıcaklık, bölge suları ile karışma ve atmosfer ile ısı değişimi nedeniyle dereceli olarak azalır.

Gelgitli deniz ya da güçlü akımların olduğu denizlerdeki boşaltımlar düşünüldüğünde, enerji tesisinin boşaltımı nedeniyle oluşan sıcak su kümesi esas olarak, kaplanılan çevredeki esas hız çıkışı tarafından yönetilir. Bu durum, sıcak su ile soğuk su arasındaki yoğunluk farkından kaynaklanan tabakalaşmadan koruyarak, suyun hızlı karışması sonucunu doğurur. Sıcak su kümesinin sıcaklığındaki düşüş, en çok, su alan yüzeyinin ısı kaybetmesinden değil, suyun karışmasından gelmektedir. 1 K ısıtma izotermi içinde bölge olarak tanımlanan, gelgitli bir denizde sıcak su kümesinin kapsamı, 5000 MWe nükleer enerji tesisininki ile karşılaştırıldığında bir boşaltım için 2 km'den 10 km'ye kadar olan alanı içine alır.

Gelgitsiz denizdeki sıcak su kümesinin hareketi, ilk önce tabakalaşmış bir şekilde olur. Uyuşmazlık ve düzensizlik nedeniyle seyrelme sonucu sıcaklık hızlı bir şekilde düşer. Gelgitsiz bir denizde (ya da gölde) soğutma sularının yayılımı ya da aktarımı, rüzgârlar ile neden olunan akımlar ve sıcaklığın hızla değiştiği koşullardan güçlü bir şekilde etkilenir ve kabaca 1 saat/MWe- olarak ölçülür.

Normalde kıyı kenarında kurulu olan enerji tesisleri konusunda soğutma suyu, açık bir boşaltma kanalı ile denizin yüzeyine boşaltılır.

Sıcak su kümesinin bir **ağız** kısmındaki hareketi, güçlü akımları olan gelgitli denizdeki hareketine benzer. Suyun alternatif hareketi önemli bir rol oynar. Nehir akışı, sıcaklığı denize doğru taşıma yönünde olacaktır. Gelen akıntı yavaşlayacak ya da yönünü akıntıya doğru değiştirecektir ve bu nedenle, ağız kısmında bulunan sıcak su kümesinin yayılımını etkileyecektir.

Sıcak su deşarjının ardından gelen nehrin ısınması durumunun ölçülmesi nispeten karışıktır. Aslında, nehir akıntısının soğutma mekanizması, nehir ile atmosfer arasındaki enerji değişiminden doğar. Su alanı ile atmosfer arasındaki enerji akışı, önemli ölçüde meteorolojik koşullara ve günün zamanlarına bağlı olarak dalgalanır.

Bir nehirde, suyunun genişliği boyunca dağıtılan difüzörler, karışımı birkaç düzineden yüzlerce metre uzağa kadar taşıma görevi görür. Eğer boşaltım bir kıyı boyunca gerçekleşiyorsa, doğal akış ile karışımın tamamlanması birkaç kilometre ile yürütülür.

Bütün durumlarda, **nehirdeki sirkülasyondan kaçınılmalı** ya da enerji tesisinin güvenli ve verimli çalışmasını sağlamak için, denizdeki ve özellikle de nehir ağızlarındaki deşarjlar için sirkülasyon dereceleri en düşük düzeye çekilmelidir. Su giriş ve çıkış yapılarının konum ve tasarımı sirkülasyon riskini ortadan kaldıracak şekilde belirlenir.

Hazırlık çalışmaları, sirkülasyondan kaçınmak ve ısıtılmış su boşaltımlarının tercih edilen ilk karışımlarını sağlamak için en iyi şekilde uyarlanmış su giriş ve çıkış yapı ve araçlarının tasarlanmasını mümkün kılar. Fiziki (hidrolik) modeller ve sayısal modellere dayanır. Sayısal modellemenin mümkün olduğu yerlerde, modelleme, belirli bir şantiye hidrografik araştırma verisine dayanmalıdır.

Projelendirilen tesislerin etki çalışmalarının bir parçası olarak bu araçların kullanılması, karışma alanında en fazla ısınmanın ya da karışmadan sonraki sıcaklık derecesinin düşünülüp düşünülmediği konusunda, düzenleyici termal sınırlamaların dikkate alınacağı bir güvence sunulmasını sağlar.

XII.3.3 Su alım yerlerine organizmaların girmesi

Soğutma için ihtiyaç duyulan su pompalanırken, termal enerji tesisleri mikroskobik organizmalar (algler ve planktonlar) ile birlikte açık denizde yüzen canlıları da (bazı kabuklu canlılar ve balıklar) çeker. Planktonlar, ağ gözlerinin genellikle 1 mm ile 5 mm arasında olduğu dönen filtrelerin içinden geçer. Bu durum, filtre panellerinde ezilerek çekilen ve filtrelerin yıkama suları ile boşaltılan kabuklu canlılar ve balıklar için de geçerli değildir.

Bazı araştırmalar, su girişlerinden çekilen organizmaların çoğunun küçük büyüklükte olduğunu gösterdi: deniz ve nehir ağızlarındaki karides, larva ve alevinler (yavru balıklar) ve nehirlerdeki alevinler. Su girişleri tarafından özellikler çekilen genç somon balıklarının yer değiştirme akımlarında yapılacak şey bellidir.

Bu türlerin hareketini sınırlamak için üç tür önlem alınır:

1. Girişleri, yumurtlama alanları, deniz kenarında yavru balıkların olduğu yerler ya da nehir ağızlarında yılan balığı larvalarının olduğu balık akımı rotaları gibi kritik bölgelerin dışına yerleştirin.
2. Mikroorganizmaları en az düzeyde çeken bir giriş yapısı tasarlayın.
3. Organizmaları zarar görmeden doğaya geri göndermek için girişleri itici araçlar ya da teçhizat ile donatın.

Son on yıl içinde, birçok caydırıcı sistem (itici araç) geliştirildi ve hidro güç ve termal enerji istasyonlarının su girişlerine yerleştirildi:

- Tatlı su yapılarında, elektrik balık görüntüsü belli alanlardaki balıkları korkutup kaçırabilmektedir, ancak yavru balıklar üzerinde etkili olamamakta hatta onları girişe daha çok çekmektedir.
- Belli türler üzerinde ışık kısmen etkilidir, ancak balıklar alışmakta ya da bu yöntemin itici gücü sürekli olmamaktadır.
- İtici sesli sistemlerden elde bazı sonuçlar umut vaat etmektedir, ancak tutarsız sonuçlar bulunmaktadır.

Yatırım masrafları girişin ve akış derecesinin büyüklüğüne bağlıdır ve kabaca 40000 ila 200000 Euro arasında hesaplanabilir.

4. Girişlerin, canlıları zarar görmeden su çevrelerine geri gönderen kurtarıcı sistemli bir şekilde donatılması.

Dolaşım ekranlı geniş su girişlerinde, balıklar bir pompa ile ya da ekranın düşük basınçlı (1 bar) su jetleriyle yıkanarak çıkarılabilirler. Gironde (Fransa) nehir ağzındaki bir enerji istasyonunda bulunan buna benzer sistemler, karides, pisi balığı ve yılan balıkları için %80 ile %100 arası kurtarma sağlayarak nispeten iyi bir etkinlik göstermiştir. Diğer girişimler ya daha az etkili ya da çok masraflı olmaktadır.

XII.3.4 Alıcı ortamın kimyasal deşarjlar tarafından değiştirilmesi

Soğutma amaçlı çekilen su, bazen, üzerinde bulunan ortama kimyasalların salınmasına neden olabilir. Şu durumlar özellikle göz önünde bulundurulabilir:

- Soğutma kuleleri ile oluşturulmuş soğutma sistemlerinde tabakalaşmayı önlemek için reaktiflerin kullanılması,
- Biyolojik gelişimlere karşı savaşmak için reaktiflerin kullanılması, bunların bazıları reaksiyon ürünler,
- Koruma için demir sülfat anti-pas arıtmaların, bazı durumlarda bakır alaşım kondansatörlerinin kullanılması,
- Isı değiştiriciler ve boru tesisatı korozyon ürünleri.

Deniz çevresi ile ilgili endişelerden dolayı, biyosit arıtma, sistemlerin özel çalışmalarını gerçekleştirebilmek için temiz durumlarının sürdürülmesini amaçlar. Deniz su girişleri için esas problem, soğutma sisteminin içinde yumuşakçaların (midyeler, istiridyeler, vb.) yetişmesinden sakınmaktır. Şu anda uygulanmakta olan, klor enjekte etmektir. Genellikle, şantiye üzerinde, suyun elektrolize edilmesi ile elde edilir. Bu yöntem, NaOCI'nın kamyonlar ile taşınmasının içerdiği risklerden korur. Klorlama, şantiyenin iklimsel özellikleri, suyun kalitesi, soğutma devresinin tasarımı ve biyo kirlenme tipolojisi (yerleşme periyotları ve büyüme dereceleri) gibi birçok faktöre bağlı olarak sürekli ya da aralıklı (mevsimsel) yapılabilir.

Esas olarak enjeksiyon düşük dozlarda gerçekleşir, böylece deşarjdaki serbest klor konsantrasyonu genellikle normalde 0,1 ila 0,5 mg/l arasındadır (ara sıra 0,7 mg/l). Bu yoğunluk sınır değeri yerel düzenlemeler ile belirlenir.

Ne var ki, bazı organik maddeler ile reaksiyona girdiğinde klor, organo halojenize maddelerin (esas olarak deniz sularındaki bromoformların) oluşumuna yol açabilir. Yine de bazı çalışmalar, kıyıda kurulu olan enerji tesislerinden boşaltılan sıcak su kümelerindeki bromoform yoğunluklarının çok düşük oranını (yaklaşık 15 µg/l) koruduğunu gösteriyor.

Aşağıdaki değerler ile okyanuslarda doğal organo halojenize maddelerin oluşumunu karşılaştırma tavsiye edilebilir. Grimwall ve deLeer'e (1995) göre organo halojenlerin yıllık üretim değerleri:

- Kloro metan : 5.000.000 t
- Brom metan : 300.000 t
- iyodo metan : 300.000 ile 1.200.000 t arası
- Kloroform: 90.000 t ile 360.000 t arası
- Bromoform: 500.000 t ile 1.000.000 t arası
- iyo form: deniz suyunda saptanabilir durumda değildir.

AOX içindeki doğal yoğunluklar Bothnia körfezinde 6-17 µg Cl/g arasında, Finlandiya körfezinde 50-180 µg Cl/g arasında ölçüldü. Bu organo halojenize moleküllerin varlığı biyo halojenleşme reaksiyonlarına dayanır.

Klorlama, kıyıda kurulan enerji tesislerinin korunması için en çok kullanılan kirlenme karşıtı kimyasal arıtma yöntemidir. Başka bir oksidan olan klor dioksit, termal enerji tesislerinde başarılı bir şekilde hiç denenmemiştir.

Seneler içinde, kıyı kenarında kurulu enerji tesislerindeki sıcaklık değişim tüpleri için alaşım tercihi titanyuma doğru değişti. Bu şartlar altında, pas ürünlerinin katılması cüzi düzeyde ya da hiç görünmeyen düzeydedir. Ancak, soğutma suyuna demir sülfat katılması ile oluşturulan demir hidroksit zar ile korunan bakır alaşım içinde kondansatörler hala bulunuyor.

Nehir kenarına kurulmuş enerji tesisleri için kimyasal reaktiflerin katılması, büyük ölçüde soğutma sisteminin şekline ve biyolojik problemlere bağlı olacaktır.

Genellikle, devridaim şeklinde çalışma **tabakalaşma risklerini** artırır. Bu durum, genellikle, işlenmiş suyun ya da soğutma suyunun belli şekilde arıtmasının oluşturulmasını gerektirir. Kullanılabilecek arıtma şekilleri şu şekildedir:

- Su çok mineralleştirilmiş olmadığı takdirde arıtma işleminin olmaması işlenmiş
- Suyun kirecinin yumuşatılması
- Sirkülasyondaki suyun asit aşılması
- Çökelme geciktiricili arıtma
- Arıtma türlerinin birleşimi: asit aşılama ve tabaka önleyiciler ya da kireç yumuşatıcı ve asit aşılama

Arıtma şeklinin seçilmesi aşağıda örnek olarak bahsedilen birçok kritere bağlıdır:

- Yoğunluk faktörü,
- Nehir suyunun kimyasal birleşimi,
- Soğutma sisteminin tasarımı

Arıtma, soğutma sisteminin yoğunluk unsuruna bağlıdır:

- Düşük yoğunluk (1,05-1,2 arası) durumunda, genellikle sistem suyunun arıtılması gerekmez.
- Orta yoğunluk (1,2-2 arası) durumunda, suyun sertliğinin yüksek olduğu zamanlarda devir daim eden suya asit aşılması gerekir.
- Yüksek yoğunluk (3-7 arası) durumunda, işlenmiş suyun kirecinin yumuşatılması çoğu zaman tek seçenek haline gelir ve hafif asit aşılması eklenilebilir.

Sirkülasyondaki suya asit aşılması üç değişik yol ile yürütülebilir: ya 7,5-8,5 arasında genellikle yer alan pH'nin sürdürülmesi, ya toplam alkalinitenin 100 mg CaCO₃/l ile sınırlandırılması (düşük sülfat içerikli işlenmiş su için) ya da alkalinitenin, kireç zorluklarını ve sıcaklığı dikkate alan düzenleme yönergeleri üzerinde durulmasıyla. Birçok durumda sülfürik asit kullanılır.

İşlenmiş suların **kireçlerinin yumuşatılmasının** amacı sudaki pH'nin 10'a kadar yükselmesi ve böylelikle de karbonat ve hidroksit şeklinde kalsiyumun ve magnezyumun bir kısmının tortulaşması içindir. Karbondan arındırma çıkışında artan kalsiyumun yoğunluğu 0,5 ile 1 m arasında değişmektedir. Bununla birlikte, aşırı tabakalanmadan suyu arıtan karbonat ile birleşir. Karbonsuzlaştırılmış suyun dengesini tekrar kurmak için sıklıkla sonradan sülfürik asit ile aşılama yürütülür. Kirecin yumuşatılması, büyük miktarda çamurun oluşumu ile sonuçlanır. Ek olarak, pH'nin artmasıyla, kirecin yumuşatılması çekilen suda var olan bazı ağır metallerin çökmesi sonucunu doğurur.

Yumuşatma sürecindeki çökerme ile oluşan çamur arıtıcının alt tarında toplanır. Çamur, katı yoğunlukların, genellikle polielektrolit enjeksiyonun yardımı ile daha fazla tortulaşmanın sağlandığı çamur koyulaştırıcıya normalde pompalanır. Yoğunlaştırılmış çamur yuvarlak vakum filtreler ya da kemer filtreler içinde daha fazla hidratsızlaştırılırken, temiz su, temizleyiciye geri döner.

Hidratsızlaştırma ile yaratılan yaklaşık %50 su içeriğe sahip kalıp, gömülerek kaldırılır. Gömme alanlarındaki çamurun yumuşatılmasında hiçbir çevresel etki bildirilmemiştir.

Kondansatör tüpleri üzerinde biyofilmlerin oluşumunu ortadan kaldırmak için devridaimli sistemlerdeki devamlı klorlama, mekanik yöntemler (Taprogge, Tekno sistemler, vb.) kullanılması ile uzun bir zaman önce bırakıldı. Ancak, klorlama hala etkili arıtma olarak varlığını korumaktadır. Pratikte, beş klorlama arıtması uygulanabilir:

- Mevsim sonu uygulaması; örnek olarak, tatlı su Zebra midye *Dreissena polymorpha*'nın oluşmasının sonunda 2 ile 4 arasındaki bir süre ile düşük seviyelerde (0,5 mg/l) devamlı klorlamanın yapılması;
- Periyodik arıtma; oluşma mevsimi boyunca, birçok periyotta devamlı biyosit katılması; Kesintili arıtma, sık periyotlarda (saatte birkaç dakika) sık dozlarda (mesela her gün ya da üç günde bir);
- Oluşma periyodunda düşük düzeylerde devamlı arıtma; mesela, deniz midyelerinin ortadan kaldırılması için Kuzey Denizi ve İngiltere Kanalı'nda yılın yedi 0,5 ile 1,0 mg/l düzeyinde klorlama yapılması. Çıkıştaki artan oksidan 0,1-0,2 mg/l;
- Kısa süreli arıtmaları (15-60 dakika) ve sonrasında da buna eşit durma periyotlarını içeren yarı sürekli arıtma. Yarı sürekli klorlama ya da düşük seviyelerde aralıklı klorlama Kanada'da Zebra midyelere karşı ve Fransa ve Hollanda'da enerji istasyonlarındaki deniz midyelerini kontrol etmek için kullanılıyor.

Güçlü klorlama ya da şok dozaj, soğutma kulelerinin dolum ya da tabanlarındaki ipliksi algleri yok etmek için geliştirilmiş olan belli bir uygulamadır. Enjeksiyon noktasındaki yoğunlukları 5 ile 25 mg Cl₂/l arasında değişmektedir. Üzerinde bulunan çevreye klorun salınmasından kaçınmak için gaz boşaltımları birkaç saat kapalı tutulur. Devir daim eden su içindeki serbest klor miktarı başaltım sınırından daha aşağı düştüğü zaman gaz boşaltımı açılır. izinlere bağlı olarak bu limit 0,1 ile 0,5 mg TRO/l. arasında değişir. Bazı boşaltım izinleri akış içinde belirtilir. Bu arıtmalar, bütün sahalarda yürütülmez.

Güçlü arıtmaların sıklığı büyük ölçüde suyun kalitesine, yoğunluk faktörüne ve sistem devresinin genel temizlik durumuna bağlıdır. Haftalık, aylık ya da üç aylık olabilir.

Klorun hümit ve fulvik maddeler ile reaksiyona girmesi organo klorlu bileşiklerin oluşmasına yol açar. Aslında, nehir suyu içindeki bromit iyon yoğunlukları genel olarak belirsizdir. Bu koşullar altında, sadece organo klorlu bileşikler oluşabilir. Kloroform, diklorometan, (POX) ve emilebilir bileşikler (AOX) fark edilebilir.

Bununla birlikte, deniz suyunda olduğu gibi, bölge üzerindeki su yüzeyinde organo halojenize bileşiklerin varlığı, soğutma sisteminin klorlanmasıyla dolaylı münferit değildir. Mümkün diğer kaynaklar arasında tarımsal ve doğal üretimden bahsedilmelidir. Kirletilmemiş göllerde –mesela İsveç gölünde- AOX yoğunlukları 10 ile 190 µg Cl/l aralığındadır.

Soğutma suyu dezenfekte edilirken organo klorlu bileşiklerin oluşmasına neden olan reaksiyonları etkileyen değişkenler arasında şunlardan bahsedilmelidir:

- Hümit ya da fulvik yoğunluklar
- Klorun serbest kaldığı yoğunluklar
- Reaksiyon zamanı
- Çevrenin pH'ı
- Reaksiyon sıcaklığı
- Amonyak iyonlarının varlığı

Bu kompleks reaksiyonlar, şantiyeler üzerinde ölçümlerin yürütülmesi ile modellenilebilir ve geçerli kılınabilir.

Tek yönlü sistemlerin klorlanması, organo klorlu bileşiklerin önemli ölçüde artması ile sonuçlanmaz. Aslında, bağlantı halinde oldukları süre en fazla 10 dakika olacak şekilde kısadır ve serbest klor yoğunlukları düşük düzeydedir. Kullanılan klorlama işlemlerine göre, en yüksek seviyede ölçülen POX ve AOX yoğunlukları ayrı olarak 0 ile 10 µg Cl/l ve 20 ile 150 µg Cl/l arasındadır. Bu değerler 0,5 ile 10 mg/l arası enjeksiyondaki serbest klor yoğunluklarına benzer.

Devridaimli sistemlerin yakın döngüsünde klorlama yüksek yoğunlukta organo klorlu bileşiklere yol açabilir. Aşağıdaki unsurlar istenmeyen rol oynar:

- Temas süresinin uzun olması
- Döngü, öncülerin yoğunluğunu artırır.

Yine de CO₂ gazının alınmasına bağlı olan pH artışının, POX oluşumu açısından istenilen bir durum olduğundan bahsedilmelidir. CO₂, soğutma kulesi yoluyla kolay bir şekilde atmosfere aktarılır.

Bu koşullar altında, POX yoğunlukları 0-10 µg Cl/l ve AOX yoğunlukları 200-2500 µg Cl/l arasındadır. Enjeksiyondaki serbest klor yoğunlukları 5-25 mg/l olup, süreleri 2 ile 70 saat arasında değişmektedir.

Ancak, doğal su içinde amonyak iyon yoğunluklarının bulunmasının POX ve AOX yoğunluklarını önemli ölçüde azaltabileceği hususu belirtilmelidir. Aslında, klor-NH₄⁺ reaksiyonundaki kinetiğin, klor ile aromatik bileşikler arasında meydana gelenlerden daha hızlıdır.

XII.3.5 Bazı soğutma sistemlerinin seçilmesinin neden olduğu başka muhtemel zararlı etkiler

Doğal çekişin, güç kullanılan çekişin ve karma soğutma kulelerinin kullanılması ya da kuru kondansatörlerin ve soğutma kulelerinin kullanılması, enerji tesisinin su akış ihtiyacını önemli bir ölçüde azaltır ve sonuç olarak su çevresi üzerindeki muhtemel etkiyi sınırlar. Ancak, şantiye üzerinde soğutma sistemlerinin olması başka problemleri ortaya çıkarabilir. Kuru soğutma kuleleri ve kondansatörleri konusunda, daha önce bahsedilen iki yöne ek olarak, yüzey alanı üzerindeki ısı değişiminden, özellikle de eşanjörler galvanize çelikten kanatlı tüplerden oluştuğu zaman pas ürünlerinin havaya dağılması mümkündür.

Genellikle hoş karşılanmayan bir şekilde mat şeklinde olan **doğal çekişli ıslak soğutma kuleleri**, yine de uzaktan görülebilen ve açık bina görünümüne büründürülemeyen yapılardır.

Diğer taraftan, estetik özellikleri çok daha fazla şüphe uyandıran mekanik çekişli ıslak soğutma kuleleri ya da karma soğutma kuleleri, genel olarak, enerji tesisinin ana bölümünden daha alçak olma avantajına sahiptir.

Bunun ötesinde, yine de farklı teknolojiler arasında karşılaştırmalı unsurların belirtilmesi, birçok veri üreticiler tarafından masraf verisi sunmak için yapılmış tahminlere dayanabileceğinden, gereklidir.

Aynı hususlar **kuru soğutma kuleleri ve hava soğutma kuleleri** içinde belirtilebilir. Bununla birlikte büyüklük etkisi çok daha fazla dikkat uyandıran düzeydedir. Bunun nedeni düşük hava değiştirme özelliklerinin daha büyük yapıları gerektirmesidir. Ek olarak, mekanik çekişli sistemlerde hava sağlama için gerekli olan enerji, birimin net elektrik çıktısının yaklaşık %2'sidir.

Dağılacak aynı termal enerji için, büyüklük etkisi bu nedenle ıslak soğutma kuleleri ve birleşik sistemler için gerekli olandan üç kat daha büyüktür.

Soğutma sistemi tarafından neden olunabilecek kesin zarar verici etki, hava giriş ve çıkışında çıkarılan gürültüye dayanır. Doğal çekişli ıslak soğutma kulesinde bile ses düzeyi 100 m'de 60 dBA'ya kadar ulaşabilmektedir. Mekanik çekişli ıslak soğutma kulesi ve karma soğutma kulesindeki ses düzeyi, aynı koşullar altında 70 dBA düzeyine varmaktadır. Hava soğutuculu kondansatörler için bu değer 80 dBA'ya yakındır.

XII.4 Sahaların ön çalışması: kurulum kapasitesinin değerlendirilmesi için zorunlu ekipman, etki kontrolü ve zarar verici etkilerden korunma

XII.4.1 Durumun analiz edilmesi

Soğuk kaynak, şantiye tercihinde belirleyici unsurlardan bir tanesidir. Daha kurulumun ilk aşamasında, enerji tesisinin soğutmasının neden olacağı çevresel problemlerin göz önünde bulundurulması ile birlikte buna büyük önem verilmesinin nedeni budur. Daha önce bahsedildiği gibi bu problemler birçok çeşitte olabilir:

- Tek yönlü sistemler tarafından suyun ısıtılması
- Islak soğutma kuleleriyle, suyun kalitesine ve su organizmalarına etkiye bulunulması
- Kuru soğutma kuleleri ile havanın kalitesine etkiye bulunulması
- Meteorolojik etkiler, kimyasal maddelerin boşalımı ve uyarlanan soğutma şekli ne olursa olsun gürültü problemi

Tasarımcı sahip olunan problemler karşısında güçsüz değildir. Var olan enerji tesislerinin çevresinde yapılan birçok önemli gözlem sayesinde elde edilen bilgi, yeni bir enerji tesisi kurulmasından öncesinin üstesinden gelmek için çalışmaları etkili bir şekilde yönlendirecek sağlam bir deney temeli oluşturmaktadır.

XII.4.2 Matematiksel modelleme, modeller üzerinde simülasyonlar, deneme kollarında testler, zorunlu ekipmanlar

Sayısal modelleme yapılmasındaki çıkarın, uzak bölgede olduğu gibi yakın bölgede de termal değişikliklerin öngörülmesi üzerine olduğundan bahsedilmiştir.

Yakın bölgede, belirgin şekilde karmaşık araçlar termal boşalmaların seyrelme durumlarının açıklamasını sunar. Bu modeller, kaplanılan alandaki sıcak su kümesinin mümkün olduğunca hızlı ve uygun dağılımını sağlama ve bu sayede de etkileri (meteorolojik ve hidrobiyolojik veri) en aza indirme amacıyla yapı çıkışının uygun boyutlandırmasını ve mümkün en iyi kapsamı sunar.

Uzak bölgede, dikkate alınması gereken değişkenler çok daha fazla karmaşıktır. Kaplanılan bölgedeki sadece belli özellikler üzerinde değil aynı zamanda diğer şirketlerin kaynaklık ettiği boşaltımlar üzerinde de dururlar. Çok daha karmaşık modeller bu etki üzerine geliştirildiler. Suyun kalitesinin biyolojik değişkenlerini ve kimyasal kirleticilerin mevcudiyetini dikkate alır. Çeşitli kirlilik kaynaklarını bütünler ve termal ve kimyasal sıkıntı veren unsurlara ya da besinlerin aşırı birleşimine (ötrofikasyon olgusu) karşı su yollarına ya da göllere müdahale değerlendirmesi sunar.

Aynı saha üzerine kurulmuş birçok ıslak soğutma kulelerinin toplam etkisinin gösterilmesinde kullanılan başka yöntemler de vardır.

Sayısal modellerin kullanımını sağlayan tahminler, saha verisine ve deneysel bilgiye dayanmalıdır. Yerinde ve laboratuvarda yapılan bu çalışmalar kirlenmeye karşı arınmanın ya da sistemlerin temizlenme periyotlarının belirlenip optimize edilmesi için gereklidir. Biyolojik çalışmalar, esas biyolojik türlerin gelişme derecesini olduğu kadar larvaların yeniden üretim ve sabitleme periyotlarının bilinmesini mümkün kılar.

Saha ve laboratuvar çalışmaları uzundur. Aslında ekolojik alanda analitik tahmin araçları tamamen doğrulanmadı.

Devridaimli sistemin arıtılma şeklini belirlemek için deneme ayaklarında sistematik testler yürütülür. Bu testlerin amacı, bir yandan **tabakalaşma risklerini** anlamakken diğer yandan arıtmanın en uygun şeklini ve çalışma tanımlamaktır. Laboratuvar çalışmalarında, suyun buharlaşmasının ya da sıcak su kümeleri durumlarının görüntü haline getirilmesi gibi model simülasyonları bulunması beklenilir.

XII.5 Parçaların tasarımı ve materyal seçimi

XII.5.1 Islak soğutma

Daha önce bahsedildiği üzere, ıslak soğutma sistemlerinin ortaya çıkardığı problemler üç şekilde olabilir:

- Paslanma
- Tabakalaşma
- Biyolojik oluşumlar

Artık yıllardan beri, enerji tesislerinin soğutma sistemlerinde kullanılan malzemelerin tercihi, pas önleyici malzemelere göre şekilleniyor. Enerji tesisinin kondansatörünün basıncının 35 mbar civarında olduğu, ancak daha iyi verimlilik sağlayabilmek için özellikle iklim koşulları uygun olduğunda uygun düşük ya da iklim koşulları kötü olduğunda daha yüksek seviyeye getirilebileceği belirtilmelidir. Bu şartlar altında, tüplerdeki en küçük bir delinme bile su-buhar döngüsünde bozulmaya neden olur. Döngüde meydana gelen bu bozulma nedeniyle verilen zarar önemli olabilir ve ünitenin verimliliğini azaltabilir ve hatta çökmesine neden olabilir.

Sade suyun su-buhar döngüsüne karışmasını engellemek için, malzeme seçimi daha dayanıklı alaşımlara doğru kaydı. Bu nedenle titanyum, deniz suyu ve tuzlu sularda neredeyse her zaman kullanılan malzemedir. Nehir suları için, kondansatörler, çoğunlukla 316L (klor iyonlarının yoğunlukları 100 mg/l'den fazlaysa, daha yüksek Mo-kapsam olabilir) paslanmaz çelik ya da pirinç, bazen de titanyum tüplerden oluşurlar. Tüplerdeki tortulaşmayı (parçacıklar ve biyolojik oluşumlar) sınırlı düzeyde tutmak için, en düşük ortalama hız pirinç tüpler için 1,8 m/s olarak sabitlenir. Paslanmaz çelik ve titanyum gibi diğer materyaller için yüksek ortalama hız çok daha yüksektir. Ortalama hız tercihi aslında, tüplerdeki hızın görevi olan pompalama için gerekli enerji hesaba katan soğukluk sınırının en uygun seviyeye getirilmesinin bir sonucudur. Genellikle, paslanmaz çelik ya da titanyum için uygun seviye 1,8-2,5 m/s arasında bir hıza işaret eder.

Tüp tabakları genellikle karbon çelikten yapılır ya da titanyum kaplama olur. Boyamanın uygun olması (epoksi ya da ebonit giydirme) devir daim eden su ile temas eden yüzeyi korur. Bazı özel durumlarda, diğer şeyler arasındaki galvanik problemleri çözmek için katodik koruma aletleri takılmaktadır.

Paslanmaz çelik gibi alaşımlar, zengin bile olsalar, tortuların altının paslanması gibi, belli paslanmaya maruz kalabilirler. Bu durumdan korunabilmek için, tüpler her koşulda temiz olmalıdır. Bu amaç iki şekilde yerine getirilebilir:

- ya çabuk etkisini gösteren, klor gibi genellikle oksitleyici bir biyosit ile devamlı bir biyosit enjeksiyonunun yapılması,
- ya da devamlı bir mekanik temizleme işleminin yapılması. Çeşitli mevcut işlemler var. Bunlar, devamlı bir çerçevede yeniden kaplanan ya da kullanılan fırça enjeksiyonlarını ya da köpük sarmallarını içerir.

Kimyasal reaktiflerin kullanımını azaltma arzusu ikinci çözümü baskın kılar.

Paslanmaz çeliğin pas tutmasından korunmak için, tüpleri korumak amacıyla, işletmenin uzun süre kapalı kaldığında yürütülecek belli bir işlem tavsiye edilir. Bu koruma işlemi, tüpün içindeki suyu boşaltmayı, tüpü yıkamayı ve kurutmayı içerir.

Yardımcı soğurma sistemlerinin ana ısı dönüştürücüleri, genellikle, çelik ya da paslanmaz çelikten yapılmış soğutuculara sahiptir. Tabaklar arasındaki mesafe, nispeten, kimi zaman siltlenmeye yol açacak şekilde, kısadır. Ancak, bu sistemler ikinin biri ya da üçün ikisi prensibine göre çalışırlar. Başka bir ifadeyle, birli ya da ikili sistemlerin çalışması, güvenlik amaçlı bir çalıştırma ile yedeklerin soğumasının yürütülmesi için yeterlidir. Bu tasarım tercihi periyodik temizleme işlemleri programını sağlar. işlemler, kullanılmayan ısı dönüştürücünün çıkarılması ve tabakların tazyikli su ile yıkanmasını içerir.

Öz yapı ve tahliye yapılar, ana su geçiş boruları ve soğutma kuleleri sağlamlaştırılmış betondan yapılır. Kullanılacak çimentonun seçilmesi, devir daim edecek su ile uyumu sağlamak için arıtmanın şekline bağlıdır. Bu nedenle, sülfürik asit aşılması yapılacak durumlar için çimentoların kullanılması zorunludur. ince tozun katılması zorunludur. Yüksek sülfür asit yoğunluklarında, özel kaplamaların kullanılması gerekir.

Soğutma kulelerinin **dolgu**su genellikle termoplastik maddeler ile yapılır. Yapım aşamasında, yangına karşı dayanıklılık sağlamak amacıyla, genellikle özel dolumlar eklenir. Dolgulardaki yangın riski özellikle uzun süreli çalışmalar için geçerlidir. Bu tercih, daha önce üretilen enerjinin paketlenmesi ile ortaya çıkan asbest problemlerinden korur. Ayrıca, yakın zamanda sağlanan gelişimler, dolgunun termodinamik özelliklerinin büyük ölçüde gelişmesini sağladı. Özdeş bir dolum için, soğutma kulelerinin boyutunu hatırı sayılır derecede azaltmak amacıyla daha hafif sentetik materyal ve geliştirilmiş performanslar sağlandı. Ancak, mevcut bazı modeller (biyo) kirlenme ve tabakalaşmaya karşı daha fazla hassasiyet göstermektedir.

Görülebileceği gibi, dolgu tercihi birçok faktöre bağlıdır. Model tercihinde etkili olan, istenilen performanstan çok, suyun kalitesidir (ertelenen konunun varlığı, tabakalaşma eğilimi). Üreticiler, bu özel konuda gelişme kaydetmek için hala hem fikirler. ideal model tabii bir yandan yüksek performansı garantileyen diğer yandan da (biyo) kirlenme ve tabakalaşmaya karşı çok hassasiyet göstermeyenlerdir.

Standart akış giderici, %0,01 ya da toplam akış oranından daha azını hazırlayarak çekilen suyun miktarının sınırlandırılmasını mümkün kılar. Ana yollara yakın inşa edilen işletmeler için, bu değerler daha da düşürülebilir. Bu durumda kapasitedeki düşüşün karşılanması gerekir. Ayrıca, ayırıcılar plastikten yapılmıştır.

Pompalama enerjisinin bir kısmı, dolgunun altında geri ısı kazandırıcılar ile donatılmış soğutma kulelerinin kurulması ile yenilenebilir. Ancak, bu soğutma kuleleri donmaya karşı aşırı hassastır. Bu çözüm tercih edilmeden önce, yerel iklim koşulları bir çalışma yürütülmesi kesinlikle gereklidir.

XII.5.2 Karma soğutma

Karma soğutma kuleleri, özel saha şartları için önerilir. Karma soğutma kulelerinin en önemli özelliği buharlaşma işlemini buharlaşma dışı işlemle birleştirmesidir. Bu, nispi nemin azalması ve bu nedenle de soğutma kulesinin çıkış kısmındaki kümeleşmenin neredeyse tamamen yok olmasını sağlar. Mekanik çekişli bağlantıda, kulenin yüksekliğinin önemli derecede azaltılması mümkündür. Yatırım masrafları, ıslak soğutma kulesi için gerekenden daha yüksektir.

Genelde, fanların çalışması ile ilgili genel enerji tüketimi ve soğuk kaynağın sıcaklığının yüksek olması, döngülerin verimliliğinin düşük olması ve daha yüksek yakıt tüketimi ile sonuçlanır.

XII.5.3 Kuru soğutma

Kuru soğutma, esas olarak, su teminin yeterli olmadığı bölgelerde kullanılır.

XII.5.3.1 Güçlendirilmiş çekiş hava soğutmalı kondansatör (Şekil XII.9, Bölüm XII.11)

Hava soğutmalı kondansatör düzenlemesinde buhar tribününden buhar çıkışı, çok sayıdaki tüp kanatlarından buharın dağıtıldığı hava soğutmalı kondansatör (ACC) ile boru bağlantısına sahiptir. Soğutucu hava, bu tüp bağlantıları üzerinde fanlar tarafından güçte bulunulur. Buhar, ısıyı, tüp kanatlar ile direkt bir şekilde atmosfere gönderir, yoğunlaştırır ve çekim ile nem tankının içine akar. Nem tankından kazana geri döner. Isı dönüştürücü için klasik tasarım “A” iskelet kondansatördür (tüp bileşenlerini, fanları ve çelik yapıyı uyumlaştırmak için başka iskelet tasarımlar da mümkündür).

Büyük kuru kondansatörler, konumlandırma ve basınç azalması problemlerine sebep olabilecek şekilde, uzun ve karmaşık tüp sistemlerine sahip olma eğilimindedir. Buhar kanal sistemindeki basınç kayıplarını en aza indirmek için, soğutma bağlantıları hemen tribün yoluna bitişik olarak konumlandırılır. Şantiye üzerindeki koşullara bağlı olarak, ACC kapsamı, enerji tesisi ünite muhteviyatının geniş alanını teknik olarak kapsayacak şekildedir.

Islak soğutma sistemleri ile karşılaştırıldığında, ACC’nin, ısıнын atmosfere transferinin yeterliliği, kuru hava sıcaklık başı ile belirlenen tekrar soğutulmuş su sıcaklığı ile nispeten düşüktür. Sistemin, yoğunlaşabilir olmayan gazlar tarafından ölü bölgeler oluşumunu ortadan kaldıracak ve bu şekilde de soğuma altındaki yoğunlaşma ya da donma tehlikesini yok edecek şekilde tasarlanması gerekiyor. Ayrıca, tüp bağlantılarının tasarımının da etkinliği sürdürmek ve verim almak için dış yüzeylerin yüksek basınçlı su ile temizlenmesine izin verecek şekilde güçlendirilmeye ihtiyacı vardır. Bununla birlikte, ACC’li bu kuru soğutma yöntemi, büyük soğutma kuleleri ihtiyacından kaçınır, buhar kümelenmesini ortadan kaldırır ve soğutucu su tüketimi büyük ölçüde azaltır. Özellikle düşük sesli fanların ve aygıtların kullanılması zorunlu ses kısıtlamalarını karşılayabilir.

Doğrudan olmayan soğutma sistemleri ile karşılaştırıldığında, ACC, yoğunlaştırıcı buhar ile soğutucu hava arasında büyük bir sıcaklık farkının olmasını sağlar ve bu nedenle ACC sistemi nispeten daha küçük sıcaklık transfer yüzeyine sahip olur. iki ısı transfer işlemine (buhar yoğunlaştırıcı –kondansatör- ve hava soğutmalı ısı dönüştürücü) sahip olan dolaylı kuru soğutma sistemi ya daha büyük soğutma yüzeyi uyumlaştırarak ya/ya da soğutucu hava akımını arttırarak denge sağlamaya ihtiyaç duyar. ACC için yatırım giderleri, kuru soğutma sistemlerinde devridaim pompaları ve kondansatör yüzeyi giderleri arttırdığından, bu sistemlerden daha az olacaktır. Diğer yandan, mekanik olarak güçlendirilmiş çekiş ACC için yardımcı enerji tüketimi ve gerekliliklerin yerine getirilmesi, doğal çekiş kuru kuleden belirgin bir şekilde daha fazla olacaktır.

XII.5.3.2 Doğal çekiş hava soğutmalı kondansatör

Bir direkt hava soğutmalı kondansatörü doğal çekiş kule içine yerleştirilmesinin özellikleri, güçlendirilmiş çekiş hava soğutmalı kondansatör kadar uygulanabilir yapma da doğal çekiş kule yapısının yüksekliğinin artması ve bunun da giderleri yükseltecek olması dezavantajdır. Mesela, kulenin kendi gideri, büyük buhar çıkışının yönlenmesi soğutma kulesine bağlanır ve doğal hava çekişi şeklinde gerekli olan daha büyük ısı transfer yüzeyi güçlendirilmiş hava çekiş kulesinin sadece yarısı kadar olabilir.

Doğal çekişli ACC sisteminin avantajları içinde şunlar yer alabilir:

- ses yayılımının azalması/olmaması
- kule yapısının yüksekliğinden dolayı hava çevriminin azalması/olmaması
- fanlar, aygıtlar ya da su sirkülasyon pompaları için bakımın olmaması
- buhar yoğunlaşması için ek enerji tüketiminin olmaması

XII.5.3.3 Kapalı devir daimli kuru soğutucu kuleler

Kuru soğutma kulelerinde, su, kapalı bir sistem içinde soğutucu elemanlar içinden akar. Fazla ısı, nakil ile özel bir şekilde aktarılır. Buharlaşıma eksikliği nedeniyle ısı dağıtımının az olması soğutucu suyun sıcaklığının bariz bir şekilde artmasına ve bu nedenle de ıslak soğutmaya nazaran daha az verimlilik elde edilmesine yol açar.

Kuru soğutma sisteminde iki akış düzenlemesi mümkündür:

- yüzey kondansatör ile bağlantı içinde direkt soğutma olan kuru tipte soğutma kuleli kapalı devre soğutma ve
- enjeksiyon kondansatör ile bağlantı içinde direkt soğutma olan kuru tipte soğutma kuleli kapalı devre soğutma.

Kuru soğutmanın avantajları aşağıdaki gibidir:

- görünür tarzda küme oluşunun olmaması,
- basit kurulum ve devingen soğutucu suyun kimyasal değişkenlerinin denenmesi
- olası sızıntıların yarattığı kayıplar dışında, çalışma sırasında işlenmiş suya ihtiyaç olunmaması

Islak soğutma ile karşılaştırıldığında, kuru soğutmanın dezavantajları şunlardır:

- dikkate değer derecede yüksek yatırım ve işletme giderleri
- daha büyük bina boyutları
- soğutma başarısı üzerinde ortam hava sıcaklığının (yaz/kış) güçlü etkisi
- kışın çalışmanın, çalışmaya ara verilen zamanlarda özel buz önleyici önlemleri gerektirmesi
- soğutucu elemanların kirlenme yönündeki eğiliminin etkili, sabit bir temizleme aygıtını gerekli kılması

XII.5.4 Temizlenmiş gaz kanallı soğutma kuleleri

(Şekil XII.12, Bölüm XII.11)

Geçmiş yıllar boyunca, fosil yakıtlı tesislerde kükürtsüzleştirilmiş gaz kanalından yayılım (bacadan yayılıma bir alternatif olarak), çevresel ve ekonomik açılar göz önüne alındığında tercih edilebilir olduğunu kanıtladı. Kanal gazının daha yüksek atmosfer alanlarına taşınması etkisi, kanalla çıkan gazın kendisinin sıcaklığının yüksek olması ile değil, kanal gazı/soğutma kulesinin kümelenmesindeki karışım arasındaki yoğunluklarında farklılıklar ve göreceli olarak soğuk ortam hava ile başlanır. Bu yöntemi kullanarak, enerji tesisinin verimliliğinde artış elde edilir.

Kömür yakıtlı enerji santrallerinin baca gazı desülfürizasyon tesisleri genellikle ıslak desülfürizasyon prensibine göre çalışır. Islak temizleme, sıcak baca gazlarını 50 °C ile 70 °C arasında soğutur. Bir baca yoluyla bu temizlenmiş kana gazlarının çevresel uyumlu ve sorunsuz dağılımı için, ek bir enerji kullanımı ile ısıtma gereklidir. Tekrar ısıtma için alternatif doğal çekiş soğutma kulesi yoluyla temiz gaz emisyonudur. Şimdiye kadar bu prensip ıslak soğutma için üstün bir şekilde kullanıldı. Temiz gazlar, paketleme üstünde soğutma kulesine geçer ve soğutma kulesi kümeleri ile birlikte atmosfere salınır.

Üst bir halka giriş içeren soğutma kule çatısının iç kısmı paslanmaya **karşı tamamen kaplanmış** olmalıdır. Temiz kanal gazlarının soğutma kulesine girişi boyunca, nem, beton ile karşılaştırıldığında düşük pH değerinden dolayı çok sert olan soğutma kulesi çatısına doğru akabilir.

İç yapının beton bölümleri, yani kanal kısımlarını ve çıkış başlıklarını destekleyen dolgunun üst iskeleti çatının iç kısmına benzer bir şekilde kaplanmalıdır. Çelik parçalar, yani kümelenmeden gelen asit yoğunlaşmalarının deşebileceği kızak ya da kolluklar özel paslanmaz çelikten yapılmış olmalıdır.

Temiz gaz kanalı, temiz gazları FGD21 binasından soğutma kulesinin orta kısmına aktarır. Soğutma kulesine, FGD²¹ çıkışının yüksekliğinde (çok yüksek) ya da iç kule dolgusunun hemen yukarısında (az yüksek) sokulabilir. En büyük kanal genişliği 8 m civarındadır.

Temiz gaz kanalı, vinilester ya da buna eşdeğer bir materyal ile güçlendirilmiş cam dokudan yapılmalıdır. Ucuna, penakril reçine tabanı üzerine özellikle kimyasal dayanıklı döküm materyaller ve kumaş üretim gibi, özellikle ECR cam dışında asit dayanıklı dokular kullanılmalıdır.

Kanal içinde yoğunlaşmanın olmasından dolayı soğutma kulesine karşı hafif eğime sahip olmalıdır. Yoğunlaşan maddelerin çıkışı için, soğutma kulesinin içindeki temiz gaz kanalında, soğutma kulesinin havzasına ulaşan bir çıkış teşekkülü sağlanmalıdır.

XII.6 Çeşitli soğutma kulesi türleri arasında masraf karşılaştırması

Soğutma sistemlerindeki gider unsurları esas olarak üç türde sıralanır:

- yatırım giderleri
- enerji tüketimine bağlı giderler (yani verim alma giderleri)
- bakım giderleri

Enerji tesisleri için enerjiye bağlı çalışma giderlerinde, farklı seçeneklerde farklı verim alınmasına bağlı olarak elde edilebilecek finansal kar dikkate alınmalıdır. Enerji tesisleri için farklı seçenekler arasındaki karşılaştırma, genellikle, ülkeden ülkeye değişen “gerçekleştirme oranı” (yani Fransa için %8, Almanya ve İtalya için %5 ve Portekiz için %10) içeren “gerçekleştirilmiş” denge temelinde sosyoekonomik yöntem ile yürütülür. Bu yöntem “L. Caudron “Les refrigerants atmospheriques industriels” Collection de la Direction des Etudes et Recherches d’Electricite de France, 1991” kaynağında açıklanmaktadır.

Gerçekleştirilmiş denge şunlardan oluşur:

- dolaysız ödemelerin, I olarak düşünülen teknik çözümlere eklenmesi ile oluşan yatırım,
- cebirsel —gerçekleştirilen masraflar (teçhizat bakımı) ve çalışmada elde edilenler (tahmini ömürde —tı üretim),
- “Pi” yılın ortasında tahmin edilen, yılın “i” gider ve gelirlerinin dengesidir.

Denge, “gerçekleştirme” oranı olarak “a” işaretli aşağıdaki açılım ile gösterilir:

$$I + \sum_{i=1}^{i=if} P_i / ((1+a)^{L-1/2})$$

Pozitif sayılan giderler ile farklı çözümler arasında seçim kriteri en düşük gerçekleştirilmiş dengedir.

²¹ kanal gazı kükürtsüzleştirme

Mekanik çekişli soğutma kulelerinde bakım giderlerinin, esas olarak fan bakımına bağlı olduğundan oldukça benzer olması beklenilir. İlk iki kriteri dikkate alarak ve en düşük harcama çözümünü referans olarak seçerek Tablo XII.3, ıslak sistemin kuru sistemden, doğal çekişin mekanik çekişten daha ekonomik olduğunu gösterir. Kuru sistem fikirleri ekonomik olarak daha pahalı olmalarından ve kWh gideri konusundaki yüksek etkilerinden dolayı daha az tavsiye edilebilir olabilir. Bu yüzden kuru sistemler, sadece su olmayan durumlarda tavsiye edilebilir.

Tablo XII.3: 25 yıl ömürlü ve %8 gerçekleştirme oranlı farklı türlerdeki devir daimli soğutma sistemlerinin karşılaştırılması (1300 MWe'den EDF üniteler üzerindeki çalışma) [L.Caudron, "Les refrigerants atmospheriques industriels", Eyrolles baskı]

Soğutma sisteminin türü	Islak soğutma kule		Islak/kuru soğutma kulesi	Kuru soğutma sistemi	
	Doğal çekiş	Destekli çekiş	Destekli çekiş	Doğal çekiş	Destekli çekiş
K yaklaşımı (11°C kuru hava/9 °C ıslak hava)	12,5	12,5	13,5	16	17
nominal yoğunlaşma basıncı (mbar)	63	63	66	82	80
Termal enerji (MWth)	2458				
Dağıtılan elektrik enerjisi (MWe)	1285	1275	1275	1260	1240
Fan enerjisi MW	0	10	12	0	26
Pompa enerjisi MW	13	13	8	14	13
Soğutucu gideri	1	1,25	2,3	5,7	4,8
kWh/kWh (%) giderleri arasındaki fark	0	1,0	2,4	8,4	8,9

Tablo XII.4: Birleşmiş 290 MWth döngü ünite için, ıslak soğutma kulelerinin 20 yıl ömürlü ve %8 gerçekleştirilme oranlı hava soğutuculu kondansatörün karşılaştırılması

Soğutma sisteminin yürü	Once-through	Islak soğutma kulesi		Hava soğutmalı kondansatör
		Doğal çekiş	Destekli çekiş	
K yaklaşımı (11°C kuru hava/9 °C ıslak hava)	/	~8	~8	~29
Nominal yoğunlaşma basıncı (mbar)	34	44	44	74
Termal enerji (MWth)	290	290	290	290
Dağıtılan elektrik Enerjisi Farkı (MWe)	+0,6	0	0	-1,8
Fan ve pompa enerjisi (MW)	1,9	1,95	3	5,8
(MEuro)'da elektrik enerjisindeki global farklılık	-4,7	-2,9	0	12,6
Su tüketim giderindeki farklılık (MEuro)	-8,9	-8,9	0	0
Soğutma sistemi giderindeki farklılık (MEuro)	-3,0	1,9	0	8,9
Soğutma sistemi gideri	0,82	1,11	1	1,54
Giderlerin global dengesi	-16,5	-1,0	0	12,6

Aynı karşılaştırma, birleşik döngülü tesisler için yapılabilir. Tablo XII.4, kuru sistemlerin yine ıslak sistemlerden daha pahalı olduğunu göstermektedir ancak bu farklılık geleneksel enerji tesislerinkinden farklıdır. Mekanik ile doğal çekiş arasındaki farklılık küçük ve az ya da çok karşılaştırılabilir şekildedir. Islak sistemler, kuru sistemlere tercih edilirler. Bakım giderleri, düzenleme ya da su basınç salımları için nihai vergiler ve suyun arıtılması için gerekli olan kimyasal ürün giderleri, bu tabloda, ıslak sistem giderlerinin eksik ya da kuru sistem giderlerinin fazla değerlendirilebilecek şekilde dikkate alınmamıştır. Bu nedenle, su ve ıslak sistemler için su arıtma fiyatlarına bağlı olarak ya da daha kısa ömürlü olmanın kuru sistemler ile ıslak sistemler arasındaki farkı azalttığı durumlarda tesisin ömrünü dikkate alarak kuru sistemler tavsiye edilebilir.

Gider karşılaştırmalarındaki önemli unsur, daha az verimli soğutma sistemleri ile soğutmanın daha verimli ya da az verimli olmasıdır. Verimlilik kaybı, soğutma suyunun her bir sıcaklık derecesi farkı için ölçüsüz enerji sıcaklık faktörü kWth/MWth'de ölçülür. Aşağıdaki teorik örnekte bu faktör elde edilmektedir [Paping, pers. Comm].

Tanımdan, 530 °C'de 100 bar buharın 3451 kJ/kg değerine eşit olması [Moiller diyagramını kullanarak] şu şekilde takip edilir:

50 [mbar]	32,7 [°C]	2110 [kJ/kg]
60 [mbar]	35,6 [°C]	2130 [kJ/kg]
70 [mbar]	38,8 [°C]	2150 [kJ/kg]

Yukarıda bahsedilen vakum basınçlar ve onların bağlı olduğu yoğunlaşma sıcaklıkları aynı zamanda, kondansatörün içindeki soğutucu suyun kendisinin sıcaklığının 10 °C kadar arttığı Avrupa'daki ortama soğutucu su sıcaklığı olan 15 °C ile ilgilidir.

Kondansatörün ısı sıcaklık katsayısını kapsayarak, yoğunlaşma toplam 30 °C ve 43 mbar civarında ayrılmaz vakum basıncı (Tablo XXI.3 ve Tablo XII.4'e bakın) ile terk edecektir. Bu nedenle, bu nedenle, soğutma akış sıcaklıklarını arttırmak için enerji-sıcaklık faktörünü hesaplamada, hesaplama, 50 mbar ile başlar.

Etkinlik, verimlilik ile sonuçlandırılan, geleneksel enerji tesisleri için genellikle %40'ın kullanım ile sıralanan, Carnot döngüsünü takip ederek hesaplanır.

$$\begin{aligned} 50 \text{ mbar} &= (3451 - 2110) / (3451 - 4,18 \cdot 32,7) \cdot 100 = \%40,4609 \\ 60 \text{ mbar} &= (3451 - 2130) / (3451 - 4,18 \cdot 32,6) \cdot 100 = \%40,0037 \\ 70 \text{ mbar} &= (3451 - 2150) / (3451 - 4,18 \cdot 38,8) \cdot 100 = 39,5583 \end{aligned}$$

En düşük verimlilik kaybı, ideal (termodinamik) koşullar altında her bir sıcaklık derece farklılığı ile ifade edildi:

$$\begin{aligned} 50 \text{ mbar ile } 60 \text{ mbar arasındaki verimlilik farkı} &= \text{her bir } 2,9 \text{ K farklılık için } \%4,572 \\ 60 \text{ mbar ile } 70 \text{ mbar arasındaki verimlilik farkı} &= \text{her bir } 3,2 \text{ K farklılık için } \%4,454 \\ 50 \text{ mbar ile } 70 \text{ mbar arasındaki verimlilik farkı} &= \text{her bir } 6,1 \text{ K farklılık için } \%9,026 \end{aligned}$$

Bu verimlilik kaybı, toplam verimliliğe göre ve her bir K için de ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \%4,572 / (2,9 \text{ K} \cdot 0,4) &= \text{her bir K farklılığı için } 3,9 \text{ kWth/MWth} \\ \%4,45 / (3,2 \text{ K} \cdot 0,4) &= \text{her bir K farklılığı için } 3,5 \text{ kWth/MWth} \\ \%9,026 / (6,1 \text{ K} \cdot 0,4) &= \text{her bir K farklılığı için } 3,7 \text{ kWth/MWth} \end{aligned}$$

Bu basit hesaplamada, soğutma suyunun her bir sıcaklık farkı için %40 civarındaki bir verimlilik kaybı ya da ya da kazancı, her bir K için 3,5 kWth / MWth olarak görülür.

XII.7 Devir daim eden suyun artırılmasında alternatif yöntem tercihi – izleme

Daha önce de bahsedildiği gibi, enerji tesislerinin soğutma sistemlerinde korozyon problemi nadiren ortaya çıkar. Bu nedenle, korozyon önleyici ürünlerin saf su ile soğutulan soğutma sistemleri için kullanılması gereksizdir.

XII.7.1 Tabakalaşmaya karşı arıtma

Islak soğutma sistemi ile su alanına ısı akışını azaltmak için yol sadece soğutma suyunun sirkülasyonunu içerir. Bu işlem, yoğunlaşma faktörünün artması ile sonuçlanır (Tablo XII.5). Genellikle **suyollarında ve nehir ağızlarında** konumlanmış enerji tesisleri için uygulanır.

Bu yoğunlaşma, çok fazla eriyebilir türde olmayan kalsiyum tuzlarının –karbonat, sülfat, fosfat- çökmesine meyillidir. Ortaya çıkan tabakalaşmanın nedeni genellikle kalsiyum karbonattır. Verimliliğin azalmasına neden olacak şekilde kondansatör tüplerine ve soğutma kulelerinin dolgularına yerleşir. Enerji tesislerinin soğutma sistemlerindeki kalsiyum karbonat çökmesine engel olmak için genellikle iki teknik kullanılır. Bunlardan biri hazırlanmış suyun kirecinin yumuşatılması, diğeri ise devir daim eden suyun sülfürik ya da hidroklorik asit ile aşılmasıdır.

Tablo XII.5: Yoğunlaşma faktörü ile suyun çekişindeki akış oranı ve kaplanılan suyun içine verilen enerji arasındaki ilişki

Yoğunlaşma faktörü	Çekilen suyun debisi	Üzerinde bulunan suyun içine verilen enerji (%)
1	36000	100
1,2	3600	8,3
1,3	2600	5,5
1,4	2100	4,2
1,5	1800	3,3
2,0	1200	1,7
3,0	900	0,8
4,0	800	0,5
5,0	750	0,4
6,0	720	0,3

Sadece, hakkında ekotoksik verinin olduğu organik tabaka önleyiciler, mevzuatlar tarafından belirlenen sınırlar dahilinde kullanılır. Kullanımları oldukça sınırlıdır. Aslında, mevcut ekotoksik veriler genellikle yetersiz gelmektedir. Dahası, üzerinde bulunan suyun salınan bu maddeler boşaltımının akışı üzerinde konumlandırılmış işletmelerin su arıtma işlemlerini olumsuz yönde etkileyebilir.

Kıyıya konumlandırılmış enerji tesisleri genellikle tek yönlü sistem ile soğutulur. Soğutma tabanı sonrasında çalışan soğutma kuleleri termal yüklemeyi azaltacak şekilde oturtulabilir. Bu seçenek, esasen yerel koşullara (dalga, karışım, vb.) bağlıdır.

Diğer yandan, deniz suyunun devir daimi ile istisnaidir. Aslında, yüksek yoğunlaşma faktörleri tuzların çoğunun (kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat, baryum sülfat, vb.) çökmesine neden olabilir. Kalsiyum karbonat oluşumu asit katılarak korunabilir olmasına rağmen, organik engelleyiciler ile sadece sağlaştırılabilen diğer tuzlar (fosfonatlar, poliakrilatlar, kopolimerler, vb.) için aynı durum geçerli değildir.

XII.7.2. Kirlenmeye karşı arıtmalar (biyositler)

Yakın zamanda, biyolojik kirlenmeyi azaltmak için kullanılan yöntemler konusunda elde edilen deneyim eleştirileri aşağıdaki çıkarımların oluşmasını sağladı.

Sistemlerin mekanik temizlenmesi ve su süzme işlemi en çok kullanılan işlemlerdir. Kondansatör tüplerinin köpük sarmalları ile ya da fırçalarla, elle temizlemeyle, atık kazımayla, farklı enlerdeki delik filtreleri ile sürekli temizlenmesini içerir.

Diğer üç fiziksel yöntem de aynı zamanda endüstriyel sistemlerin kirlenmeye karşı arıtma amacıyla düzenli olarak kullanılır. Şu düşünceleri içerir:

- Organik canlıların katılaşmasını engellemek için yeter ki derecede hızın sürdürülmesi ($h > 2$ m/s), günümüzde bu tavsiye büyük oranda uygulanıyor,
- Birkaç on dakika süresince 40°C 'nin altındaki soğutma suyunun sıcaklığının yükseltilmesini içeren bir sıcaklık artışı; bu teknik katılaşmış organizmaları (midyeler) ortadan kaldırır, ancak, soğutma sistemlerinin uygun tasarımı gerektirir;
- Organizmaların katılaşmasını azaltan, toksik olmayan kaplamalar ve boyalar hızın etkisini artırır ve temizlemeyi kolaylaştırır. Bununla birlikte, bu kaplamalar pahalıdır ve bunların her 4-5 yılda bir yenilenmeleri gerekir.

Özellikle kullanılan diğer bazı teknikler aşağıdadır:

- Kurutmak
- Özel filtrelerin takılması

Fiziksel yöntemler hem deniz suları hem de tatlı sular için kullanılabilir.

Birkaç durum için kullanılan kimyasal olmayan arıtma UV'dir.

Kimyasal arıtma, fiziksel yöntemlerin uygun olmadığı ya da yetersiz sonuçlar vereceği durumlarda kullanılır. Kirlenmeye karşı arıtma olarak kullanılabilen oksitleyici ürünler, klor, monokloramin, ClO_2 ve ozon vardır. Arada sırada uygulanabilir olan ve üzerinde bulunan çevre için zehirli olmayan, parçalanabilir bazı organik bileşikler klorlamaya alternatif olabilir. Bunlar arasında, bazı amin zar yapıcı plomerler paslanma önleyici kimyasallar olarak vaat eder görünürler ancak şimdiye kadar demir sülfat aralıklı arıtması daha etkili oldu.

XII.7.3 İzleme

Enerji tesisi soğutma sistemlerinin akış oranlarının verilmesinden dolayı, ileri izleme ve kontrol sistemi olmaksızın makul bir şekilde çalışmaz. Bu muhakeme hem tabakalaşma ile ilgili hem de biyolojik oluşumlar ile ilgili uygulanabilir.

Tabakalaşmadan kaçınmak için, su devrine asit enjeksiyonunun düzenlenmesi, genellikle, alkalinite, kalsiyum sertliği, iletkenlik, kondansatör çıkışındaki sıcaklık gibi fiziko-kimyasal değişkenlerin sürekli izlenmesine bağlıdır. Bir bilgisayar, belli tabakalaşma indeksini hesaplamak için bu farklı değişkenleri kullanır ve çalışma yönergeleri ile karşılaştırır. Gerekliğinde, düzenleyici, enjeksiyon pompa akış oranını uyarlar. İnce kontrol yöntemleri de aynı zamanda yüksek risk bölgelerinde kullanılabilir. Özellikle kritik pH 4 ölçümü ve diğer tabaka izlemeleri üzerinde durur.

Biyolojik oluşumların takip edilmesi düşüncesiyle birçok türde alıcı ortaya çıkmakta ve uygulanmaktadır. Bunlar arasında biyo-monitörler ve elektro-kimyasal alıcılardan bahsedilmelidir.

Drenaj suyun kalitesinin kontrolü, sıcaklık, oksijen yoğunlaşması, pH, iletkenlik gibi değişkenlerin izlenmesi için istenir.

XII.8 Soğutma sistemi tasarımı

İhmal edilemez bir gereklilik olarak, soğutucu su sistemlerinin belli bir sahaya uyarlanması birçok farklı faktörün bir araya getirilmesi olarak kabul edilmelidir. Bu faktörlerden en önde olanı saha bazlı özelliklerdir.

XII.8.1 Tasarım ve enerji geri dönüşümü

Geleneksel termal enerji işletmelerinde, termodinamik döngü, teşekkülün bütün verimliliğine etki eder. Ekonomizör, süper ısıtıcı ve yeniden ısıtıcılar, kazanın çalışmasını en uygun düzeye getirirler. Düşük ve yüksek basınç süper ısıtıcılar, çekilen enerjinin bir kısmını buhar çıkarılması yolu ile yeniden dönüştürerek besleme suyunun sıcaklığını yükseltir. Yedeklerin elektrik tüketimini azaltmak için, buhar çıkışı ile ayrıca sağlanan türbin sürücülü besleme su pompaları da ayrıca kullanılır. Yanacak hava, kazana girmeden önce hava ısıtıcılar tarafından ısıtılır. Bütün bu araçların tek bir amacı vardır: **döngü içindeki enerji kayıplarını azaltmak.**

Soğutma sistemlerinde enerji kazançları elde edilebiliyorsa, esas olarak tasarım derecesinden ve eğer mümkünse sonuç tercihlerindendir. Bazı altın kurallar uygulanabilir:

- Pompaların sayısını sınırlamak
- Mekanik çekiş soğutma kulelerinden sakınmak
- Eğer soğutma kulesi gerekli ise, ıslak soğutma kulesini ger dönüşüm sistemlerine (ısı geri kazandırıcılar)
- Akış oranının yoğunlaşmasının ortadan kaldırılması yeterliyse, yoğunlaşma ortadan kaldırıcı basınç salınımı üzerine bir hidrolik geri dönüşüm yerleştirin,
- Akışlar devamlı olmamalı ise, pompalar ya da fanlar üzerinde sıklık değiştiriciler kullanın.

Böylelikle, bu gözlemlerden aşağıdaki çıkarımlar ortaya çıkmaktadır:

- İki set pompa yeterlidir; bir set yedek soğutma sistemi diğeri ise ana soğutma sistemi içindir;
- Tek yönlü sistem eğer mümkün değilse, doğal çekiş ıslak soğutma kuleleri, diğeri soğutma sistemleri karşı tercih edilmelidir.
- Sonuç olarak iki şema mantıklı olur (Bölüm XII.11’de Şekil XII.13 ve Şekil XII.14) ve soğutucu kule yoluyla yardımcı sistemden ısının yok edilmesini mümkün kılar.

XII.8.2 Tasarım ve ses azalması ölçümleri

Soğutma sistemlerinin sesinin azalması değişik yollardan yürütülür:

- Soğutma kulelerinin çevresine ses kesici duvarların yerleştirilmesi
- Şantiye rölyefinin değiştirilmesi (tahta eğimler)
- —düşük sesli fanların tercih edilmesi
- Anti-ses panellerinin kullanılması

Bu farklı çözümler, zor ses kısıtlamalarının sağlanmasını genellikle mümkün kılar.

XII.8.3 Fiziksel yöntemlerin kullanılması

Tasarım aşamasında, özellikle biyolojik oluşumlardan kaçınmak için fiziksel yöntemlerin kullanılması ihtimallerine yansıtma kesinlikle gereklidir. Bu durum özellikle aşağıdakileri kapsar:

- Sistemin bütün kısımlarında uygun hızın garanti edilmesi,
- Teknik açısından mümkünse eğer bütün ısı değiştiriciler üzerine devamlı temizleme sistemlerinin kurulması,
- Risk içeren şantiyelere midye filtreler sağlanması.

- Normal çalışma koşullarında elle temizlemeyi mümkün kılan sistemlerin tasarlanması,
- Sıcaklık artışını mümkün kılan sistemlerin tasarlanması (by-pass içinde soğutma kulesi ile devir daim)
- Doğal çekiş ıslak soğutma kulelerinde, kirlenmeyi azaltmak için uygun yüzey ve/veya yapılı dolguyu tercih edin. Kullanılan soğutma suyunda parça içeriklerinin yüksek olması gibi durumunda periyodik temizleme tercih edilebilir olmalıdır.

XII.8.4 Modelleme ve dememe testleri

Modellemenin amacı, fiziko-kimyasal etkiler ve bu etkileri mülkün olduğunca geniş kapsamda azaltmak için teşekküllerin adapte edilmesi üzerine çalışmaktır. Çalışmanın önemli kısımları:

- Su çekişi ve boşaltımlar
- Şantiyenin görsel yanı
- Kümelerin gelişimi
- Kapsanılan bölge üzerindeki termal ve kimyasal etki

Deneme çevrim testlerinin amacı soğutma suyunun hem tabakalaşma hem de organizma gelişimleri açısından en iyi düzeyde arıtılmasını sağlamaktır. Bunu gerçekleştirebilmek için, gerçek ticari çalışma şartlarını temsil eden pilot teşekküller, bir yıla kadar bir süre için şantiye üzerine inşa edilir. Genellikle bu pilot testler, en az, iklimsel farklılaşmadan dolayı suyun kalitesindeki değişikliklerin tamamlanmasını sağlayacak bir periyot kadar sürmelidir. Bu durum, aynı zamanda, temsili ölçekte bazı tercih imkânlarına (mesela soğutma kule dolgusu tercihi, alایشim tercihi, vb.) erişilmesini sağlar.

XII.8.5 Soğutma sistemi tercihi

Daha önceki analizlerin ele alınmasında görülebileceği gibi, soğutma sistemi konusunda tercih doğal olarak yerel şantiye koşullarına bağlıdır. Bu nedenle, tek bir tavsiyede bulunmak çok zordur ve uygun olmayabilir. (Şekil XII.15, Bölüm XII.11)'de gösterilen karar verme mantık diyagramı kapsanan makul bütün durumlar hakkında bir fikir verir.

Enerji açısından, ıslak soğutma (eğer ıslak soğutma kulesi gerekli ise tek yönlü soğutma), açık farkla, enerji tasarrufunun getirdiği ekolojik avantaj ve kanal gazlarının yayılımından kaçınılması ile en ekonomik çözümdür. Bu çözümde, tek yönlü tekniğin ya da ıslak soğutma kuleli devir daim sisteminin kullanılıp kullanılmadığına bakılmaksızın, enerji dengesi en çok avantajlı yöndür.

Bu tarz bir ıslak soğutma, tabii, üzerine kurulan bir su yolu ile uyum sağlanabiliyorsa sadece hayal edilebilir. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetim alanı içinde, bu noktanın, özellikle gelecekteki gelişimler dikkate alınarak çok dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği kesinlikle esastır. Uzun dönemi içeren modelleme, istatistiksel bilgilerin birleştirilmesi, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve hesaplanması için gerekli bir araçtır. Bu esaslı yaklaşımın temelinde, soğutma şeklinin seçimi, yoğunlaşma faktörü ve yapılması gereken arıtmalar yer alır.

XII.9 Sonuç

Yeni termal enerji tesislerinin soğutma sistemleri için MET yaklaşımı, bir grup düşünme noktasını gerektirir:

1. Saha koşullarını ele alan ön çalışmaların yürütülmesi ihtiyacı
2. Kondansatör ve soğutma kulelerinin ısı dönüşüm yüzeyleri için pas önleyici materyallerin seçilmesi
3. Yerel korumanın uygulanması (boyalar, katodik kotuma, vb.)
4. Enerji tüketicilerin azaltılması (fanlar, pompalar)
5. Ses kesici sistemlerin kurulması (duvarlar, paneller, şantiye rölyefinin değiştirilmesi, vb.) Ya da düşük emisyon yaratan çözümlerin (düşük sesli fanlar)
6. Arıtma reaktiflerinin kullanımının en iyi duruma getirilmesi ve (biyo) motorların, kimyasal izlemenin ve kontrol araçlarının kurulması
7. Sıcaklık artırma çalışmalarının yürütülmesi için sistem çalışmalarının yapılması
8. Canlı organizmaların girişini sınırlamak için su girişlerinin tasarımı
9. Kanal ile su deşarj kalitesinin kontrolü (sıcaklık, oksijen, vb.)

3., 4., 5., 6. ve 9. Maddeler, bir santralin işletilmesi ve bakımının yapılmasıyla ilgili olduğundan mevcut enerji santralleri için de geçerlidir. Diğer hususlar, mevcut bir tesis için belirli bir gerçek olan saha değerlendirmesi ile ilgilidir. Bu hususlarla ilgili olarak, mevcut bir tesis için yapılan değerlendirmenin sonucu, mevcut bir soğutma sisteminin tasarımında önemli bir değişikliğe yol açabilir, bu da genellikle pahalıdır ve muhtemelen maliyet etkin değildir. Bu gibi durumlarda tesisin (ısı eşanjörü, emme yapısı) amortisman süresi, saha değerlendirmesinden kaynaklanan olası değişiklikleri etkileyecektir.

Deneyimlerden tek bir çözüm ortaya çıkmış gibi görünmüyor. Her durum kendine özgüdür ve örneğin enerji santralinin çevrimine bağlıdır. Devridaim sistemli üniteler söz konusu olduğunda, su arıtma seçimi seçilen konsantrasyon faktörüne, maksimum sıcaklıklara ve çekilen suyun kalitesine bağlı olacaktır. Aynı durum biyolojik gelişmelere karşı mücadele için de geçerlidir. Makro organizmalar genellikle termal şoklarla ortadan kaldırılabilir de, bu çözüm biyofilmi ortadan kaldırmak için uygulanamaz.

XII.10 Kaynaklar

- B. Vincent, "Exploitation et maintenance de la source froide", Revue Générale Nucléaire, n° 3, 247-257, mai/juin 1986.
- R. Gras et J. Jacquet "Problèmes d'environnement liés à la source froide des centrales thermiques", École d'Ete de mecanique des fluides, 353-393, 6-10 octobre 1975.
- H.A. Jenner, C.J.L. Taylor, M. Van Donk, M. Khalanski, "Chlorination By-products in Chlorinated Cooling Water of some European Coastal Power Stations", Marine Environmental Research, vol. 43, n°4, pp. 279-283, 1997.
- R. Ambrogi, "Environmental Impact of Biocidal anti-fouling Treatment by Chlorine Dioxide". Proceedings of the First European Symposium on Chlorine Dioxide. Collana ambiente, vol. 17, pp. 119-132, Rome, 1996.
- L. Duvivier, "Etude des divers procédés de lutte contre l'entartrage des circuits de réfrigération des centrales électriques", Travail de Fin d'etudes, Université Catholique de Louvain, Facultes des Sciences Appliquées, juin 1988.
- G. Gutner, "Aéroréfrigérants secs et mixtes", École d'Ete de mecanique des fluides, 60-69, 6-10 October 1975.
- Proceeding: Cooling Tower and Advanced Cooling Systems Conference, EPRI TR-104867, February 1995.
- L. Duvivier, "Concentration et conditionnement des eaux de surface intérieures dans les circuits de refroidissement atmopshériques des grandes centrales thermiques", 36 émes Journées internationales du CEBEDEAU, 205-234, Liege, 25-27 mai 1983.
- Deleval, Duvivier, Hosdain, "Lutte contre l'entartrage des circuits de réfrigération des centrales électriques", 9th Cooling Tower and Spraying Pond Symposium-International Association for Hydraulic Research, Institut von Karman, 20-23 septembre 1994.
- L. Duvivier, "Considérations générales relatives à l'entartrage des circuits de refrigeration industriels", Proceedings Journées Information Eaux, Vol. 1, 311-3111, 18-20 septembre 1996.
- H.A. Jenner, J.P.M. Mommen, "Driehoeksmosselen en aangroeiproblemen", H₂O, 18^{de} jaargang, nr. 1, pp. 2-6, 1985.
- Guide de l'environnement non radioactif - Protocole de chloration massive des réfrigérants, EDF-SPT, Département Sécurité - Radioprotection - Environnement, juillet 1984.
- Aprosi, Bidard, Nepveu de Villemarceau, "Expérience d'expolitation des réfrigérants des centrales françaises: hydrobiologie - chimie aquatique", Revue Generale Nucléaire, n° 5, 425-429, septembre/octobre 1986.
- Rook, "Formation of Haloforms during Chlorination of Natural Waters", Water Treatment and Examination, 23 (part 2), 234, 1974.
- Bellar, Lichtenberg, Kroner, "The Occurrence of Organohalides in Clorinated Drinking Waters", JAWWA, 66, 73, December 1974.
- Amy et al., "Evaluation of THM Precursor Contributions from Agricultural Drains", JAWWA, 57-64, January 1990.

- G. Asplund, A. Grimvall, "Organohalogens in Nature - More widespread than previously assumed", *Environmental Science and Technology*, 25, pp. 1346-13450, 1991.
- L. Duvivier, "Formation et élimination des organo-halogénés lors de la désinfection des eaux", Thèse de Doctorat en Sciences Appliquées, Université Catholique de Louvain, juin 1993.
- C.T. Jafvert, R.L. Valentine, "Reaction Scheme for the Chlorination of Ammoniacal Water", *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 26, n° 3, 1992.
- Bilello, Singley, "Removing Trihalomethanes by Packed Column and Diffused Aeration", *JAWWA*, 62-71, February 1986.
- Munz, Roberts, "Air-Water Phase Equilibria of Volatile Organic Solutes", *JAWWA*, 62-69, May 1987.
- Isaac, Morris, "Rates of Transfer of Active Chlorine between Nitrogenous Substances", *Water Chlorination - Environ. Impact and Health Effects*, Vol. 3, 1980.
- Weil, Morris, "Kinetics Studies on the Chloramines. The Rates of Formation of Monochloramine, N-chloromethylamine and N-chlorodimethylamine", *Jour. Am. Chem. Soc.*, Vol. 71, 1979.
- 4 S.A. Hubbs et al., "Use of Chlorine Dioxide and Chloramines as alternate Disinfectants at Louisville", *Proceedings AWWA Seminar, AWWA Conference*, pp. 51-60, Atlanta, 15 June 1980.
- Neden et al., "Comparing Chlorination and Chloramination for Controlling Bacterial Regrowth", *JAWWA*, 80-88, July 1992.
- "Centrale de CHOOZ B1 B2-Examen des Salissures biologiques- Rapport de synthèse", *Rapport LABORELEC CO3-800-95-005F/LDU/RVM*, 22/03/05.
- "CHOOZ B - Essais sur poste pilote. Conditionnement des eaux de réfrigération", *Rapport LABORELEC CO3/06578 - 1*, 15/01/1991.
- "Eaux de réfrigération: Centrale de Seraing-Résultats des essais en station pilote", *Rapport Laborelec SER/ER/LD-CO3*, 04/11/92.
- "Eaux de réfrigération: Centrale de Drogenbos-Résultats des essais en station pilote", *Rapport Laborelec DROG/ER/LD-CO3*, novembre 91.
- L.C. Neale, "Cooling Problems of Thermal Power Plants - Physical Model Studies", *École d'Ete de mécanique des fluides*, 159-180, 6-10 October 1975.
- J.P. Benque, *Modèles mathématiques des rejets thermiques*, *École d'Ete de mécanique des fluides*, 184-200, 6-10 octobre 1975.
- J. Smits, "Pégase-Planification et gestion de l'assainissement des eaux", *Ministère de la Région Wallonne, Rapport de Synthèse*, 1991.
- Ernst, Winkler, "Flow Patterns of Cooling Tower Plumes in the near atmosphere Results from a mathematical model", *9th Cooling Tower and Spraying Pond Symposium - International Association for Hydraulic Research, Institut von Karman*, 20 -23 September 1994.
- *Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: All Volatile Treatment*, EPRI, TR-105041, April 1996.

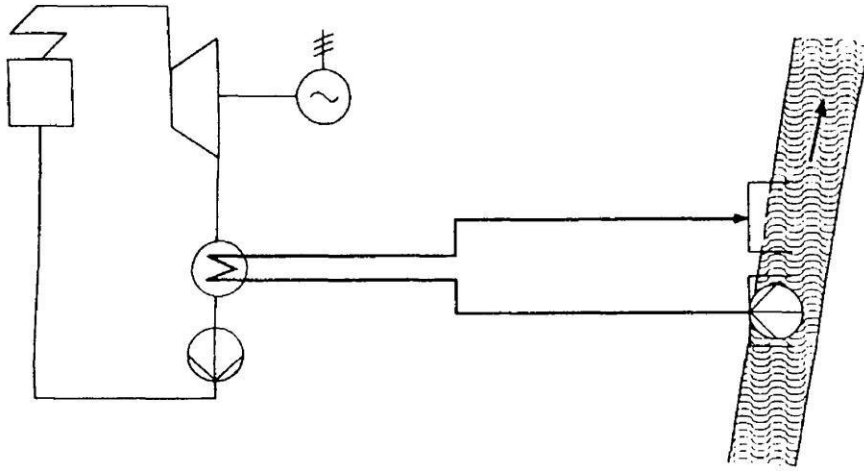
- Mortensen, Conley, "Film Fill Fouling in Counterflow Cooling Towers: Mechanism and Design", Cooling Tower Institute, Paper TP94-05, Houston, February 13-16, 1994.
- Montjoie, Noble, Mirsky, "Research of Fouling Film", Cooling Tower Institute, New Orleans, February 17-19, 1993.
- Duvivier, van Damme, Bolsée, "Le choix des corps d'échange des tours de réfrigération et leur influence sur les phénomènes d'entartrage par le carbonate de calcium", Proceedings Journées Information Eaux, Vol. 1, 371-3711, 18-10 septembre 1996.
- Dedieu, "Etude expérimentale de l'entartrage des corps d'échange de réfrigérants industriels", Thèse de doctorat INSA Toulouse, 05/06/97.
- J.P. Fesson, "Le primage et la séparation dans les réfrigérants", École d'Ete de mecanique des fluides, 202-215, 6-10 octobre 1975.
- G. Ribier, "Optimisation dans le calcul thermique et la détermination dun réfrigérant atmosphérique à tirage naturel"; École d'Ete de mecanique des fluides, 217-229, 6-10 octobre 1975.
- Manoha, Lepeintre, Pechon, "Le Modèle TELEMAT-3D pour les écoulements tridimensionnels: de nouvelles perspectives pour les études d'environnement", Hydroécologie Appliquée, Tome 4, Vol. 1, 13-20, 1992.
- Nagel, "New Developments in Air-Cooled Steam Condensers and Dry cooling Towers", 9th Cooling Tower and Spraying Pond Symposium - International Association for Hydraulic Research, Institut von Karman, 20-23 September 1994.
- van der Spek, "Advanced Low Noise Cooling Fan", 9th Cooling Tower and Spraying Pond Symposium - International Association for Hydraulic Research, Institut von Karman, 20-23 September 1994.
- Kosten, Wyndrum, Wet, Dry and Hybrid Systems - A Comparison of the Thermal Performance", EPRI - Conference on Cooling Towers and Advanced Cooling Systems, St Petersburg, August 3, 1994.
- Burns, Nicholson, Annett, Alexander, "The Impacts of Retrofitting Cooling Towers at a Large Power Station", EPRI - Conference on Cooling Towers and Advanced Cooling Systems, St Petersburg, August 3, 1994.
- Lindahl, Jameson, "Plume Abatement and Water Conservation with the Wet/Dry cooling Tower", EPRI - Conference on Cooling Towers and Advanced Cooling Systems, St Petersburg, August 3, 1994.
- Gill et al. "A Mechanistic Approach to the Development of Chemical Solutions for Fouling of Cooling Tower Film Fills", EPRI - Conference on Cooling Towers and Advanced Cooling Systems, St Petersburg, August 3, 1994.
- J.F. Commaille, "Perturbations apportées par le rejet de produits tartrifuges dans les rivières sur les traitements physico-chimiques ultérieurs de ces eaux", Thèse de doctorat, INSA Toulouse, 25 octobre 1982.
- L. Duvivier, "Elimination des tartrifuges avant rejet. Conséquences industrielles", Tribune du Cebedeau, n° 487-488, 37, 247-252, 1984.
- "Zebra Mussel Monitoring and Control Guide", EPRI TR-101782, December 1992.

- Leyen et al., "Mitigation of Macrofouling: A Comparative Study of Ozone and on Organic Filminducing Polymer", 7th International Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species Conference, New Orleans, January 28-31, 1997.
- Duvivier et al., "Do we need Chlorine for Water Treatment?", Proceedings Power-Gen '96 Europe, Vol. 1, 757-770, June 96.
- Duvivier et al., "Fighting Zebra Mussel Fouling with Ozone", EPRI-Service Water System Reliability Improvement Seminar, Daytona Beach, June 25-27, 1996.
- K. D'Hondt, "On-line Analyse van de "Kritische pH", Applitek, Vergadering Scheikunde, Laborelec, 28/04/93.
- Lin et al., "Surveillance de la menace d'entartrage du circuit de refroidissement d'une centrale nucléaire par un capteur électrochimique automatique", Proceedings Journées Information Eaux, Vol. 1, 331-3316, 18-20 septembre 1996.
- G.J. Licina, "Monitoring Corrosion and Biofilm Formation in the Emergency Service Water System at Susquehanna", EPRI-Service Water System Reliability Improvement Seminar, Daytona Beach, June 25-27, 1996.
- L. Caudron, "Les réfrigérants atmosphériques industriels", Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricite de France, 1991.
- Y. Coeffe, P-M. Clique, B. Manoha, "Thermal Impact Studies for French Coastal Nuclear Sites", 18th ICCE. Cape town, pp 2342-2356, 1982.
- M. Darras, J. Montfort, J.F. Parent, "Ouvrages de prise et de rejet d'eau, conception et réalisation. A. The Dilution of Heated Discharges of Power Plants. B. Seashore Power Stations and Protection of the Marine Environment", Rapport EDF DER HE/ 42/85.18, 1985.
- F. Bordet, "Conception des ouvrages d'eau des centrales nucléaires littorales", Rapport EDF DE E-3011, 1983.
- B. Manoha, "Three-dimensional numeric Modelling of Thermal impact for Gravelines Nuclear Power Plant", 23rd IAHR Congres. Ottawa, 1989.
- A. Gilbert, R. Gras, D. Rault, "Numeric Computation of Natural River Temperatures", International Conference on Water Quality Modelling in the Inland Natural Environment. Bornemouth England, paper M1, pp. 457-472, 10-13 June 1986.
- A.W.H. Tumpenny, T.E. Langford, R.J. Aston, "Power Stations and Fish", CEGB Research, pp. 27-39, April 1985.
- F. Travade, "Aspiration d'organismes aux prises d'eau des centrales", Revue générale nucléaire, n°1, pp. 59-62, 1987.
- EDF International, "Cordemais Coal-Fired Power Station. Units 4 and 5. Environmental Impact Study", 1987.
- J.W. Whitehouse, M. Khalanski, M. Saroglia, "Marine Macrofouling Control Experience in the UK with an overview of European Practices", Proceedings of the Symposium on Condenser Macrofouling Control Technologies, Hyannis, Mass. EPRI report CS 3343, pp. 17.1-17.16, Dec., 1983.

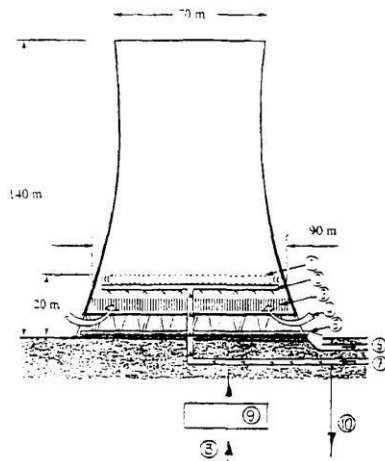
- J.W. Whitehouse, M. Khalanski, M. Saroglia, H.A. Jenner, "The Control of Biofouling in Marine and Estuarine Power Stations", Joint report of CEGB, EDF, ENEL and KEMA, 48 pp., 1985.
- M. Khalanski, G. Aprosi, F. Travade, "Biofouling Control in Power Station Circuits. Overview of Electricité de France's experience", Condenser Biofouling Control Symposium; the State of the Art, EPRI Meeting, Lake Buena Vista, Florida, 1985.
- M. Khalanski et Ph. Lutz, "La chloration de l'eau de réfrigération", Revue Générale Nucléaire, n°1, pp. 52-58, 1987.
- NCASI, "Naturally occurring Organohalogen Compounds - A Survey", Technical Bulletin, n°629, 1992.
- H. Palm, R. Lammi, "Fate of Pulp Mill Organochlorines in the Gulf of Bothnia Sediments", Environmental Science and Technology, 29, pp. 1722-1727, 1995.
- H. Kankaanpää, J. Tossari, "Background Levels of EOX and AOX in Sediments of the Gulf of Finland. Molecular Weight Distribution of EOX in Sediments", Chemosphere, 28, pp. 99-116, 1994.
- 3 G. Asplund, "The Origin of Organohalogens found in the Environment", Linköping Studies in Arts and Science, n° 77, Linköping University, Sweden, 1992.
- Ph. Gosse, M. Khalanski, "La modelisation numerique appliquee a revaluation d'impact hydrobiologique", Revue Generale Nucleaire, n° 1, pp. 46-51, 1987.
- M.J. Saleçon, J.M. Thébault, "Modélisation d'écosysteme lacustre" Masson, ISBN 2-225-85627-3, 1997.
- G. Aprosi, C. Nepveu de Villemarccau, "French operational Experience of fouling Problems (Algae, Bryozoa) in cooling Towers", 6th IAHR Cooling Tower Workshop, Pisa, Oct. 4-7, 1988.
- J.C. Moretteau, M. Khalanski, "Settling and Growth of *D. polymorpha* in raw Water Circuits of the Cattenom Nuclear Power Plant (Moselle, France)", Proceedings: Fourth International Mussel Conference, Madison, EPRI Report, March 1994.
- M. Khalanski; "Zebra Mussel and other invasive Species in cooling Water Circuits of French Power Stations on Rivers", Seventh International Zebra Mussel and Aquatic Nuisance Species Conference, New-Orleans, 28-31 Jan. 1997.
- H.A. Jenner, J. Whitehouse, C. Taylor, M. Khalanski, "Cooling Water Management in European Power Stations", to be published in Hydroécologie Appliquée.
- B. Comby, "Un écologiste pour le nucléaire", La compagnie du livre, ISBN 2-84155-035-4, 1994.
- VGB-Richtlinie für die Planung von Kühlturmanlagen, R 135 P, 1997.
- VGB-Richtlinie „Empfehlung für den Winterbetrieb von Kraftwerks-Naßkühltürmen", R 129 P, 1988
- VGB-Richtlinie „Einsatz von Holz im Kühlturmbau", R 611 U, 1996
- DIN 1947: Wärmetechnische Abnahmemessungen an Kühltürmen.

- VGB-Richtlinie: "BTR Bautechnik bei Kühltürmen", R 610 U, 1997.
- VGB-"Kühlwasser Richtlinie", R 455 P, 1990.
- VGB-Merkblatt "Aufbereitung von Betriebswasser und Kühlturm-Zusatzwasser durch Entcarbonisierung bzw. Flockung und Entcarbonisierung", M 403 G, 1992.
- VGB-Fachbuch: Bautechnik in Wärmekraftwerken, B 009, 1993.
- Tesche, W.; Planerische Berücksichtigung von Rezirkulation bei Zellenkühltürmen in Reihenanordnung. VGB-TB 110, VGB-Kraftwerkstechnik GmbH, Essen (1996).
- VDI-Wärmeatlas: Berechnung von Rückkühlwerken.
- Held: Kühlwasser-Verfahrenstechnik und chemische Methoden für die Kühlwasserbehandlung in Industrie und Kraftwerken, Vulkan-Verlag, Essen (1994).
- DIN EN 45 531: Bestellrichtlinien Turbinenhilfseinrichtungen, Trockenkühlturm.
- DIN EN 45 532: Bestellrichtlinien Turbinenhilfseinrichtungen, Naßkühlturm.
- VDI 3734 B12: Emissionswerte technischer Schallquellen; Rückkühlanlagen; Kühltürme, 1990.
- Abwärme-Auswirkungen, Verminderung, Nutzen. Bericht 82-3 der Abwärmekommission 1982.
- Auswirkungen von Kühltürmen. Bericht 82-1 der Abwärmekommission, 1982.
- Ernst, Wurz: Naturzug-Naßkühlturm des Kernkraftwerks Philippsburg (Block 1). Untersuchungen des Betriebsverhaltens der Emissionen und der Schwadenausbreitung. Fortschritt-Bericht R. 15, Nr. 25 der VDI-Zeitschriften, 1983.
- Ernst Schnabel: Naturzug-Naßkühlturm des Kernkraftwerkes Philippsburg (Block 1). Ergebnisse der Schwadenausbreitungsrechnungen. Fortschritt-Berichte R. 15 Nr. 30 der VDI-Zeitschriften, 1984.
- Baer et al.: Thermodynamische Untersuchungen am Naturzug-Naßkühlturm des Kraftwerks Neurath und Modelle für das Betriebsverhalten und die Schwadenausbreitung, Fortschritt-Berichte R. 15 Nr. 7 der VDI-Zeitschriften.

XII.11 Şekiller



Şekil XII.1: Once-through sistem



- Wet cooling tower:**
- 1: drift eliminator
 - 2: water distribution
 - 3: film pack
 - 4: air inlet
 - 5: water outlet
- Once through cooling with cooling tower**
- 6: to aquatic environment
 - 7: from aquatic environment through condenser to cooling tower
 - 8, 9, 10: not existent
- Recirculating cooling**
- 6: to condenser
 - 7: from condenser
 - 8: from aquatic environment
 - 9: water treatment
 - 10: to aquatic environment

(Wet cooling tower:

1: Water distributor

2: Drift eliminator

3: Film pack

4: Air inlet

5: Water outlet

Once-through cooling with cooling tower

6: to aquatic environment

7: from aquatic environment through condenser to cooling tower

8, 9, 10: not existent

Recirculating cooling

6: to condenser

7: from condenser

8: from aquatic environment

9: water treatment

10: to aquatic environment

Islak soğutma kulesi

1: Su dağıtıcı

2: Damla Tutucu

3: Film dolgusu

4: Hava girişi

5: Su çıkışı

Soğutma kuleli once-through soğutma

6: Su çevresine

7: Su çevresinden kondansatör yoluyla soğutma kulesine

8, 9, 10: mevcut değil

Çevrimli soğutma

6: Kondansatöre

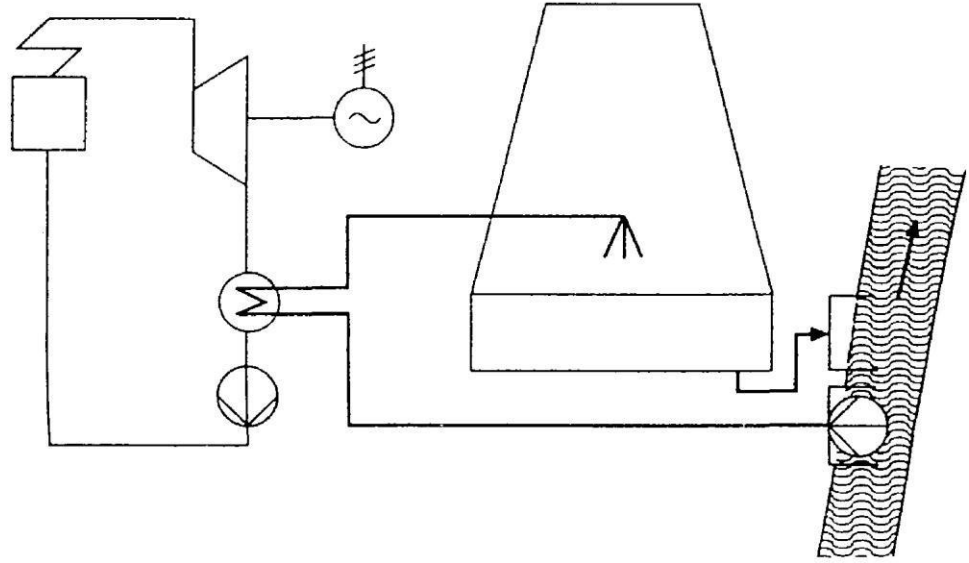
7: Kondansatörden

8: Su çevresinden

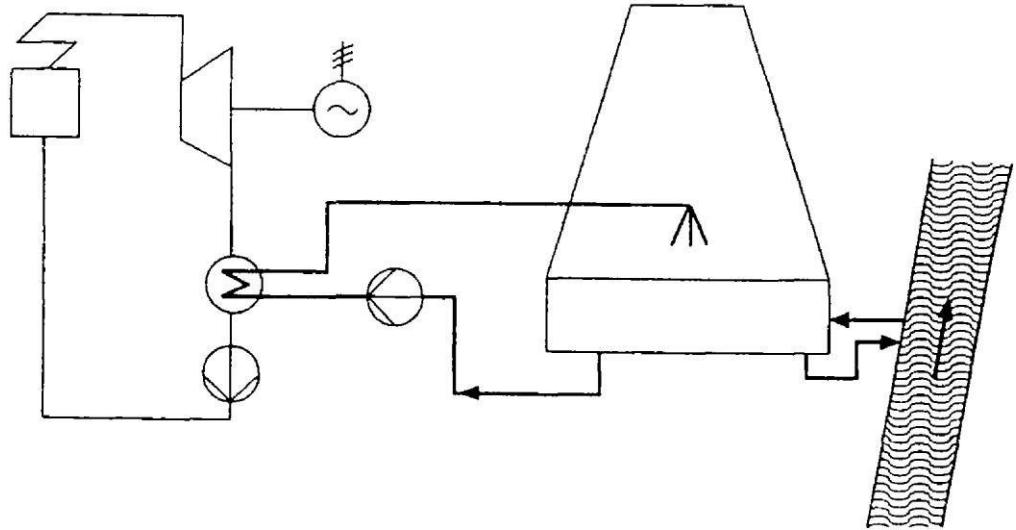
9: Su arıtımı

10: Su çevresine

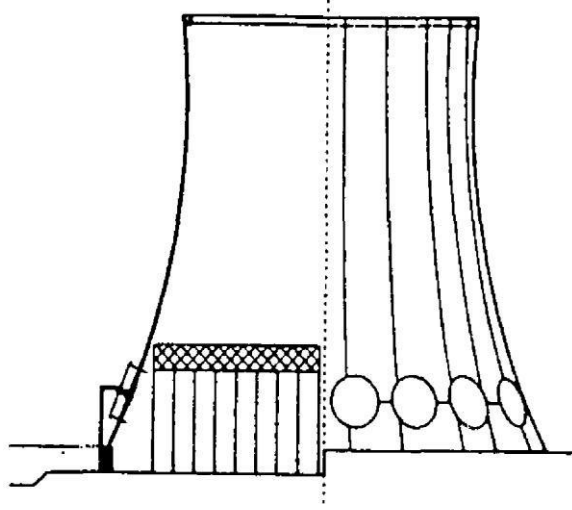
Şekil XII.2: Islak soğutma kulesi



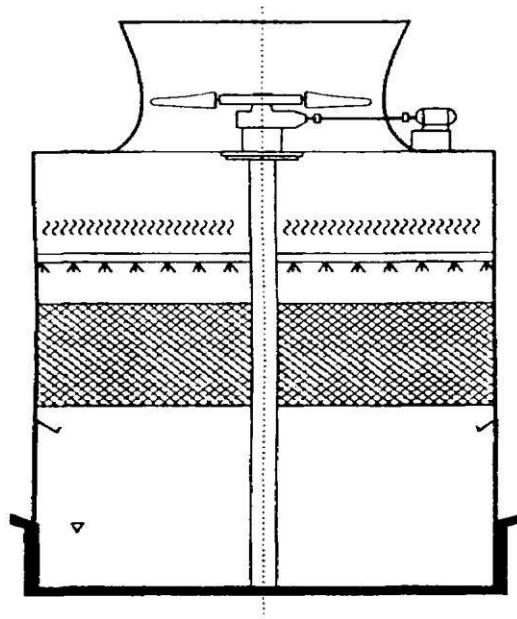
Şekil XII.3: Soğutma kuleli once-through soğutma



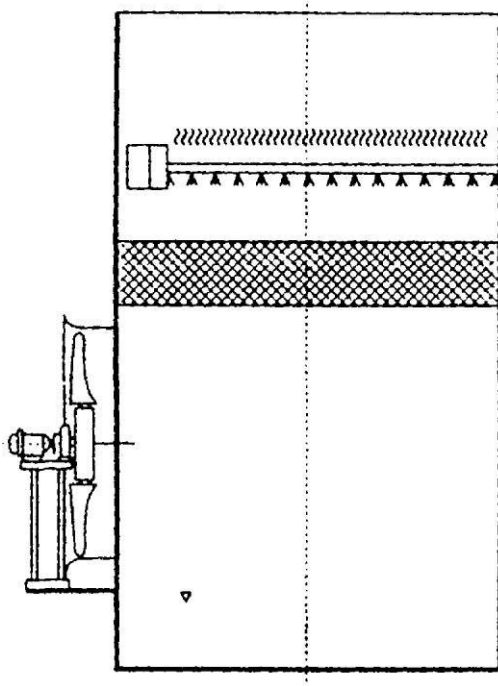
Şekil XII.4: Çevrimli soğutma



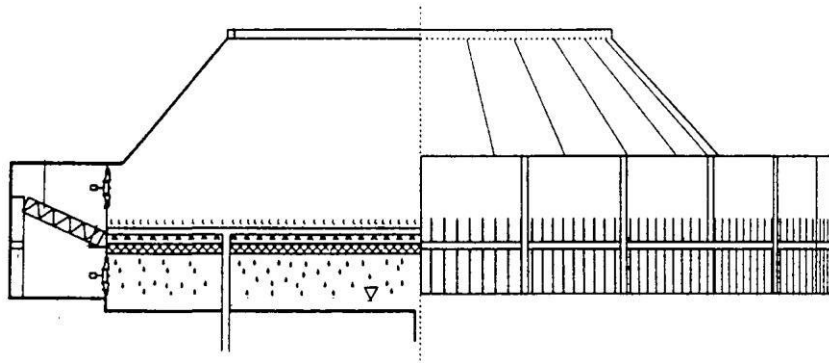
Şekil XII.5: Mekanik çekişli soğutma kulesi (basınç fanları)



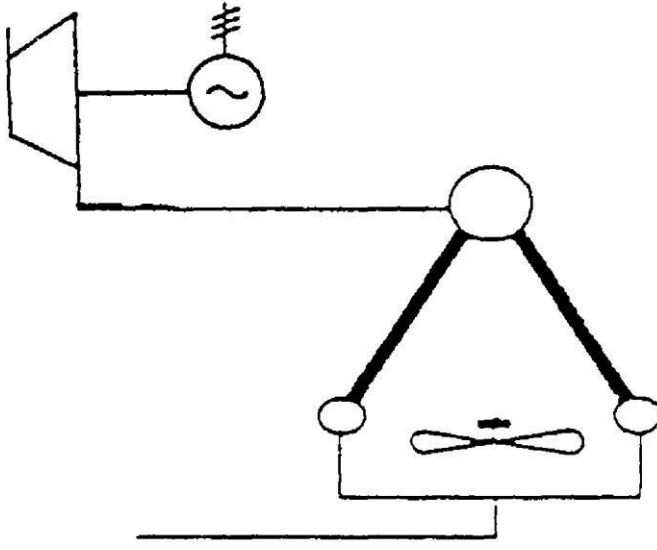
Şekil XII.6: Mekanik çekişli soğutma kulesi (emiş fanları, hücre yapısı)



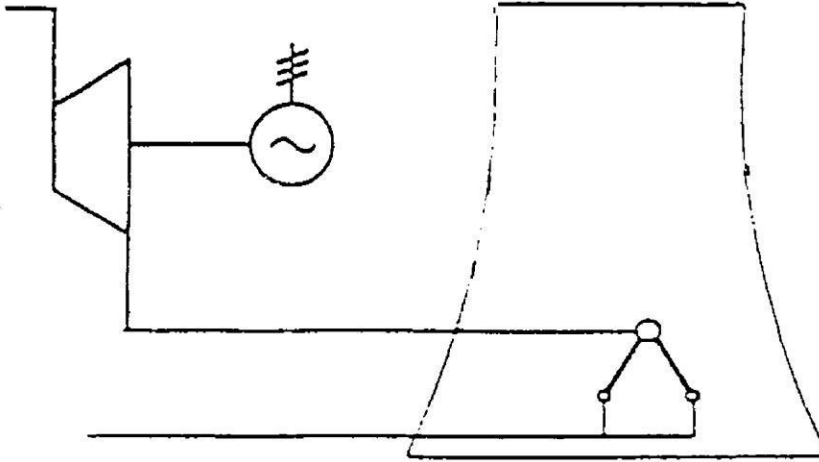
Şekil XII.7: Mekanik çekişli soğutma kulesi (basınç fanları, hücre yapısı)



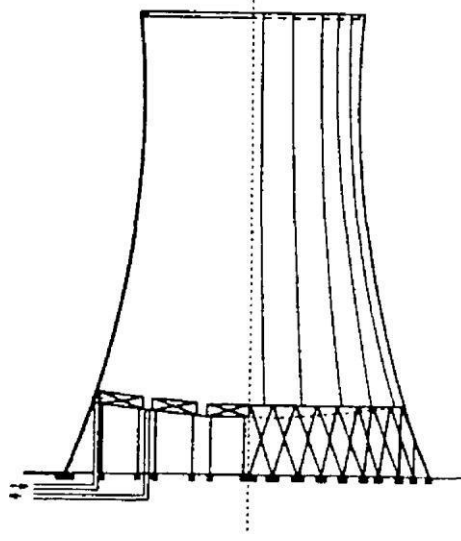
Şekil XII.8: Hibrid soğutma kulesi



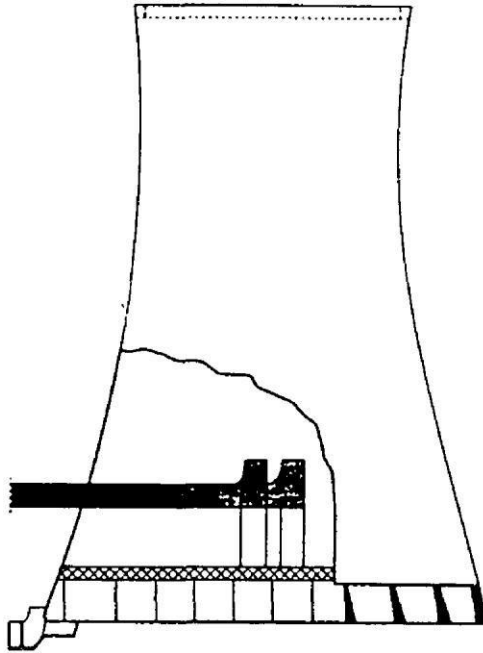
Şekil XII.9: Cebri çekişli hava soğutma kondansatörü



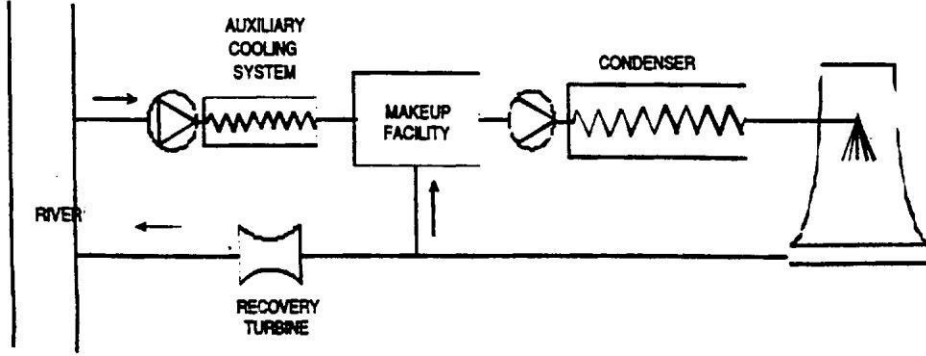
Şekil XII.10: Doğal çekişli hava soğutma kondansatörü



Şekil XII.11: Kapalı çevrimli dolaylı kuru soğutma kulesi



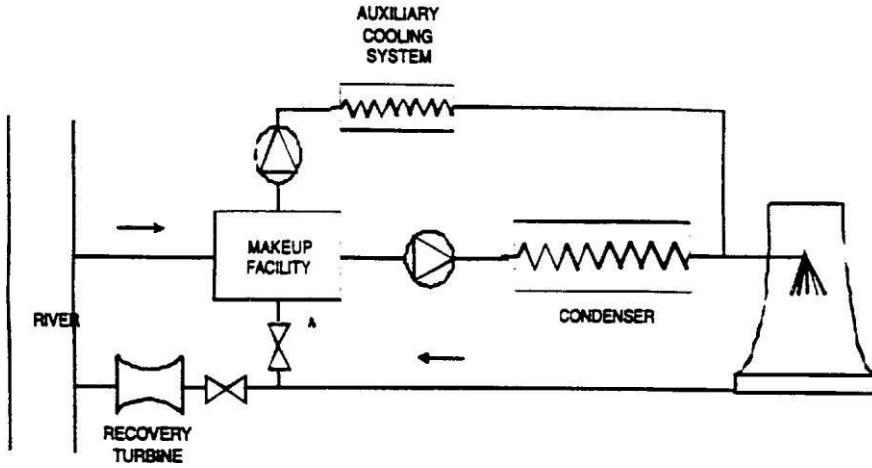
Şekil XII.12: Temizlenmiş baca gazı deşarjlı soğutma kulesi



Auxiliary cooling system
 Makeup facility
 Condenser
 River
 Recovery turbine

Yardımcı soğutma sistemi
 Takviye tesisi
 Kondansatör
 Nehir
 Geri kazanım türbini

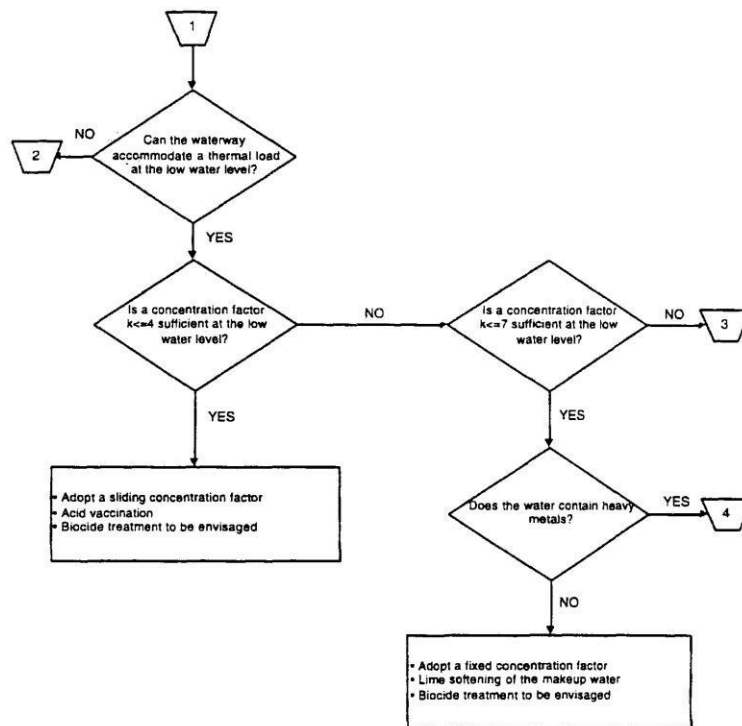
Şekil XII.13: Sabit konsantrasyon faktörlü soğutma sistemi



Auxiliary cooling system
 Makeup facility
 Condenser
 River
 Recovery turbine

Yardımcı soğutma sistemi
 Takviye tesisi
 Kondansatör
 Nehir
 Geri kazanım türbini

Şekil XII.14: Değişken konsantrasyon faktörlü soğutma sistemi



- Can the waterway accommodate a thermal load at the low water level? : **Su havzası düşük su seviyesinde ısı yükü kaldırabilir mi?**
- Is a concentration factor $k \leq 4$ sufficient at the low water level? : **$k \leq 4$ konsantrasyon faktörü düşük su seviyesinde yeterli olacak mıdır?**
- Is a concentration factor $k \leq 7$ sufficient at the low water level? : **$k \leq 7$ konsantrasyon faktörü düşük su seviyesinde yeterli olacak mıdır?**
- Adopt a sliding concentration factor / acid vaccination / biocide treatment to be envisaged : **Değişken bir konsantrasyon faktörü belirleyin / asit aşısı / biyosit arıtımı tasarlanacaktır.**
- Does the water contain heavy metals? : **Su ağır metaller içeriyor mu?**
- Adopt a fixed concentration factor / lime softening of the makeup water / biocide treatment to be envisaged: **Sabit bir konsantrasyon faktörü belirleyin / takviye suyunda kireç yumuşatma / biyosit arıtımı tasarlanacaktır.**

Şekil XII.15: Soğutma sistemi seçimi için karar alma mantıksal akış diyagramı