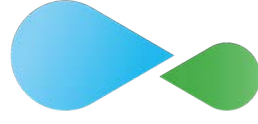




T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



Su **Verimliliği**
Seferberliği



Su Verimliliği
Rehber Dokümanları Serisi

HAVA YOLU TAŞIMACILIĞINI DESTEKLEYİCİ HİZMET FAALİYETLERİ

NACE KODU: 52.23

ANKARA 2023

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından
Yüklenici ile Çevre Çözümleri Ar-Ge
Ltd. Şti. 'ne hazırlattırılmıştır.

Her hakkı saklıdır.
Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi
Genel Müdürlüğünün izni alınmadan
kullanılamaz ve çoğaltılamaz.

İçindekiler

	Kısaltmalar	4
1	Giriş	5
2	Çalışmanın Kapsamı	8
2.1	Hava Yolu Taşımacılığını Destekleyici Hizmet Faaliyetleri	10
2.1.1	Sektöre Özgü Önlemler	16
2.1.2	İyi Yönetim Uygulamaları	20
2.1.3	Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler	23
2.1.4	Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler	26
	Kaynakça	32

Kısaltmalar

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	Avrupa Birliği
AKM	Askıda Katı Madde
BREF	Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı
ÇYS	Çevre Yönetim Sistemi
ÇŞİDB	Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DOM	Doğal Organik Madde
EMAS	Eko Yönetim ve Denetim Programı Direktifi
EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
IPPC	Endüstriyel Kirlilik Önleme ve Kontrolü
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
MET	Mevcut En İyi Teknikler
NACE	Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TO	Ters Osmoz
TOB	Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
NF	Nanofiltrasyon
MF	Mikrofiltrasyon
UF	Ultrafiltrasyon
YAS	Yeraltı Suyu
YÜS	Yerüstü Suyu

1 Giriş

Ülkemiz, küresel iklim değişikliğinin etkilerinin yoğun olarak hissedildiği Akdeniz havzasında yer almakta olup iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden en fazla etkilenecek bölgeler arasında kabul edilmektedir. Havzalarımızdaki su varlığımızın iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte nasıl etkileneceğine ilişkin projeksiyonlar su kaynaklarımızın önümüzdeki yüz yıl içerisinde yüzde 25'e varan oranlarda azalabileceğini göstermektedir.

2022 yılı için Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1.313 m³ olup, beşeri baskılar ve iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarının 2030 yılından sonra 1.000 metreküpün altına düşmesi beklenmektedir. Gerekli tedbirlerin alınmaması halinde çok yakın gelecekte Türkiye'nin su kıtlığı çeken bir ülke durumuna geleceği, sosyal ve ekonomik pek çok olumsuz sonucu da beraberinde getireceği aşikârdır. Gelecek dönem projeksiyonlarının sonuçlarından da anlaşılacağı üzere ülkemizi bekleyen kuraklık ve su kıtlığı riski mevcut su kaynaklarımızın verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Su verimliliği kavramı *"bir ürünün veya hizmetin üretiminde en az miktarda su kullanımı"* olarak tanımlanabilir. Su verimliliği yaklaşımı; suyun, miktar ve kalite bakımından korunarak sadece insanların değil, ekosistem duyarlılığı ile tüm canlıların gereksinimlerini dikkate alacak şekilde başta içme suyu, tarım, sanayi ve hane halkı kullanımları olmak üzere tüm sektörlerde akılcı, paylaşımcı, hakkaniyetli, verimli ve etkin şekilde kullanılmasını esas almaktadır.

Su kaynaklarına olan talebin giderek artması, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak yağış ve sıcaklık rejimlerinin değişmesi, nüfusun, kentleşmenin ve kirlenmenin artması ile kullanılabilir su kaynaklarının kullanıcılar arasında adil ve dengeli bir şekilde paylaştırılması her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu nedenle, kısıtlı olan su kaynaklarının sürdürülebilir yönetim uygulamalarıyla korunarak kullanılması için verimlilik ve optimizasyon esaslı bir yol haritası oluşturulması zorunluluk haline gelmiştir.

Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen sürdürülebilir kalkınma vizyonunda, Binyıl Kalkınma Hedeflerinden *Hedef 7: Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanması* ile Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından *Amaç 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı* ile *Amaç 12: Sorumlu Üretim ve Tüketim amaçları* kapsamında su başta olmak üzere kaynakların verimli, adil ve sürdürülebilir kullanımı, çevre dostu üretim ve gelecek nesillerin kaygısını taşıyan tüketim gibi hususlara yer verilmektedir.

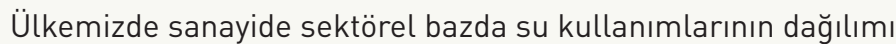
Karbon nötr hedefiyle temiz, döngüsel bir ekonomi modelini hayata geçirmek, kaynakların verimli kullanımını yaygınlaştırmak ve çevresel etkileri azaltmak gibi hedefler üzerinde üye ülkelerin uzlaştığı Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında ülkemizin hazırlamış olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planında sanayi başta olmak üzere çeşitli alanlarda, üretimde ve tüketimde su ve kaynak verimliliğini vurgulayan eylemler belirlenmiştir.

Avrupa Birliği çevre mevzuatının sanayi açısından en önemli bileşenlerinden olan “Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED)” sanayi faaliyetlerden kaynaklanan ve hava, su ve toprak olmak üzere alıcı ortama yapılan deşarjların/emisyonların entegre bir yaklaşımla kontrolü ve önlenmesi veya azaltılmasına yönelik alınması gereken tedbirleri içermektedir. Direktifte, temiz üretim süreçlerinin uygulanabilirliğini sistematik hale getirmek ve uygulamada yaşanan güçlükleri ortadan kaldırmak amacıyla Mevcut En İyi Teknikler (MET) (Best Available Techniques-BAT/MET) sunulmuştur. MET’ler maliyet ve faydaları göz önünde bulundurulduğunda, çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili uygulama teknikleridir. Direktif uyarınca, her bir sektör için MET’lerin detaylı olarak anlatıldığı Referans Dokümanlar (BAT-BREF) hazırlanmıştır. BREF dokümanlarında MET’ler, iyi yönetim uygulamaları, genel önlemler niteliğindeki teknikler, kimyasal kullanımı ve yönetimi, çeşitli üretim prosesleri için teknikler, atıksu yönetimi, emisyon yönetimi ve atık yönetimi gibi genel bir çerçevede sunulmaktadır.

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından kentsel, tarımsal, endüstriyel ve bireysel su kullanımlarında verimli uygulamaların yaygınlaştırılması ve toplumsal farkındalığın artırılmasına hedefleyen çalışmalar yürütülmektedir. 2023/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesiyle yürürlüğe giren **“Değişen İklimle Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033)”** kapsamında tüm sektörlerle ve paydaşlara hitap eden su verimliliği eylem planları hazırlanmıştır. Endüstriyel Su Verimliliği Eylem Planında 2023-2033 dönemi için toplam 12 eylem belirlenmiş olup söz konusu eylemler için sorumlu ve ilgili kurumlar tayin edilmiştir. Söz konusu Eylem Planı kapsamında; sanayide alt sektörler bazında spesifik su kullanım aralıklarının ve kalite gereksinimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması, sektörel bazda teknik eğitim programları ve çalıştaylar düzenlenmesi ve su verimliliği rehber dokümanlarının hazırlanması eylemleri Su Yönetimi Genel Müdürlüğü’nün sorumluluğuna tanımlanmıştır.

Diğer yandan, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen **“NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi”** ile sanayide su verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar kapsamında ülkemize özgü sektörel en iyi teknikler belirlenmiştir. Çalışmanın neticesinde ülkemizde faaliyet gösteren yüksek su tüketimine sahip sektörlerde su kullanım verimliliğinin iyileştirilmesi için önerilen tedbirleri içeren NACE kodları ile sınıflandırılmış sektörel rehber dokümanlar ve eylem planları hazırlanmıştır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de su tüketiminde en yüksek paya sahip olan sektörler gıda, tekstil, kimya ve ana metal sektörleridir. Çalışmalar kapsamında, ülkemizde faaliyet gösteren ve su tüketimi yüksek olan NACE Kodları kapsamında farklı kapasite ve çeşitlilikte üretim alanlarını temsil edecek nitelikte gıda, tekstil, kimya, ana metal sanayi başta olmak üzere 35 ana sektörde 152 adet alt sektörü temsil eden işletmelerde saha ziyaretleri gerçekleştirilerek su temini, sektörel su kullanımları, atıksu oluşumu, geri kazanım konularında veriler temin edilmiş ve Avrupa Birliği tarafından yayımlanan mevcut en iyi teknikler (MET) ve sektörel referans dokümanlar (BREF), su verimliliği, temiz üretim, su ayakizi, vb. konularda bilgilendirmeler yapılmıştır.



Yürütülen proje kapsamında her bir sektöre yönelik MET'lerin belirlenmesi aşamasında; çevresel faydalar, operasyonel veriler, teknik özellikler-gereksinimler ve uygulanabilirlik kriterleri dikkate alınmıştır. MET'lerin belirlenmesinde yalnızca BREF dokümanları ile sınırlı kalınmamış olup, küresel ölçekte güncel literatür verileri, gerçek vaka analizleri, yenilikçi uygulamalar, sektör temsilcilerinin raporlamaları gibi farklı veri kaynakları da detaylı şekilde incelenerek sektörel MET listeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan MET listelerinin ülkemizin yerel sanayi altyapısına ve kapasitesine uygunluğunun değerlendirilebilmesi için her bir NACE kodu için spesifik olarak hazırlanan MET listeleri işletmeler tarafından; su tasarrufu, ekonomik tasarruf, çevresel fayda, uygulanabilirlik, çapraz medya etkisi kriterleri üzerinden puanlanarak önceliklendirilmiş ve puanlama sonuçları kullanılarak nihai MET listeleri belirlenmiştir. Proje kapsamında ziyaret edilen tesislerin su ve atıksu verileri ile sektörel paydaşlar tarafından öne çıkarılan ve ülkemize özgü yerel dinamikleri dikkate alınarak belirlenen nihai MET listeleri üzerinden NACE kodu bazında sektörel su verimliliği rehberleri oluşturulmuştur.

2 Çalışmanın Kapsamı

Sanayide su verimliliği tedbirleri kapsamında hazırlanan rehber dokümanlar aşağıdaki ana sektörleri içermektedir:

- Bitkisel ve hayvansal üretim ile avcılık ve ilgili hizmet faaliyetleri (6 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kömür ve linyit çıkartılması (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Madencilik destekleyici hizmet faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Metal cevherleri madencilik (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer madencilik ve taş ocakçılığı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Gıda ürünlerinin imalatı (22 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- İçeceklerin imalatı (4 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Tütün ürünleri imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Tekstil ürünlerinin imalatı (9 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Giyim eşyalarının imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Deri ve ilgili ürünlerin imalatı (3 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek yapılan eşyaların imalatı (5 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı (3 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı (13 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı (6 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı (12 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Ana metal sanayii (11 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç) (12 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Elektrikli teçhizat imalatı (7 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı (8 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı (3 adet dört haneli

- NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Diğer ulaşım araçlarının imalatı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Diğer imalatlar (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtımı (2 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Bina dışı yapıların inşaatı (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Konaklama (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Eğitim Faaliyetleri (Yükseköğretim Kampüsleri) (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
 - Spor faaliyetleri, eğlence ve dinlence faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)

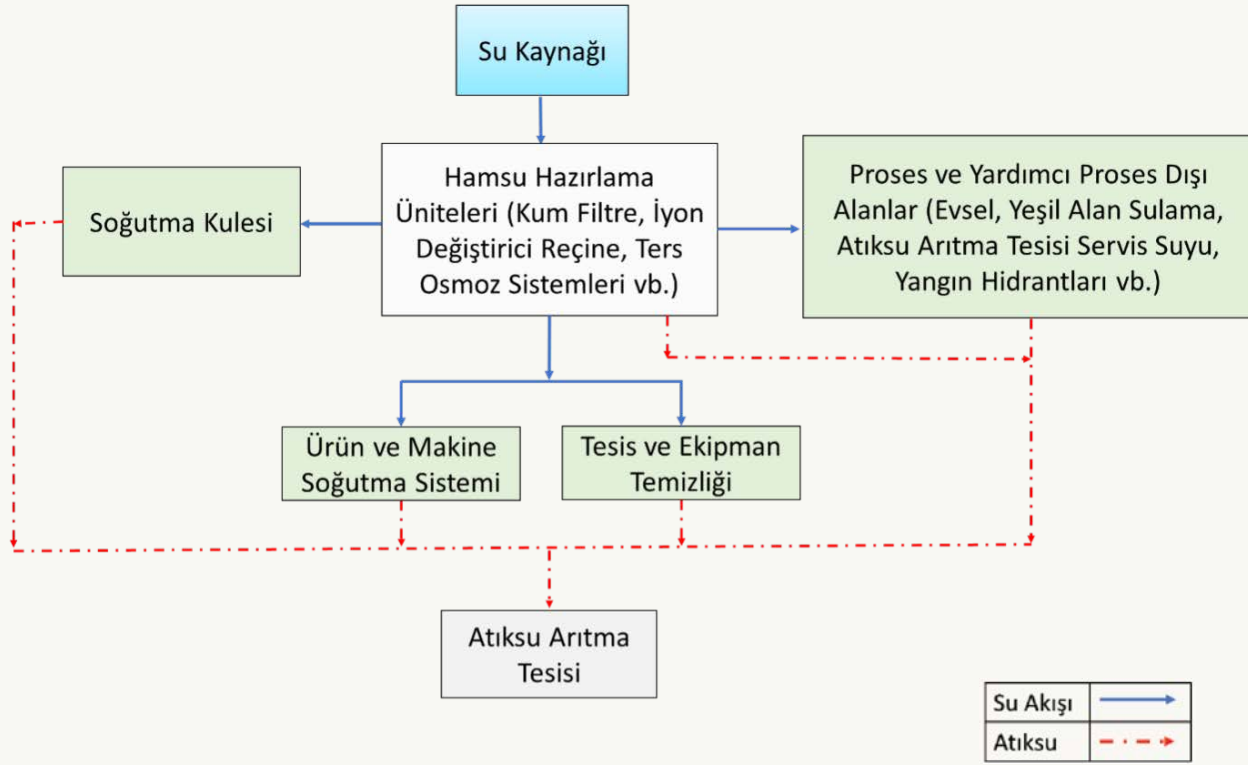
Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler

Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler sektörü altında, rehber dokümanları hazırlanan alt üretim kolları şu şekildedir:

52.23 Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri

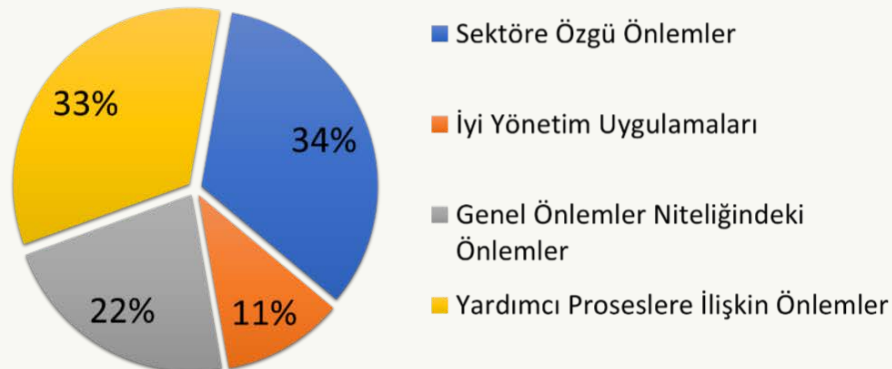
2.1 Hava Yolu Taşımacılığını Destekleyici Hizmet Faaliyetleri (NACE 52.23)

Hava Yolu Taşımacılığını Destekleyici Hizmet Faaliyetleri
Sektörü Su Akım Şeması



	Minimum	Maksimum
Proje Kapsamında Ziyaret Edilen Tesislerin Spesifik Su Tüketimi (L/yolcu)	7,5	
Referans Spesifik Su Tüketimi (L/yolcu)	9	30

Su Verimliliği Uygulamalarının Yüzdelik Dağılımı



Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetlerinde tüketilen suyun önemli bir bölümü soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Yumuşak su üretilebilmesi için kullanılan aktif karbon filtre, iyon değiştirici reçine, ters osmoz gibi hamsu hazırlama üniteleri mevcut ise filtre yıkama, reçine rejenerasyonu ve membran temizliği işlemleri için de kayda değer oranlarda su tüketimleri gerçekleşmektedir.

Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri sektöründe referans spesifik su tüketim değeri 9 – 30 L/yolcu aralığındadır. Çalışma kapsamında analiz edilen üretim kolunun spesifik su tüketimi 7,5 L/yolcu'dur. Sektöre özgü önlemlerin, iyi yönetim uygulamalarının ve genel önlemler niteliğindeki önlemlerin ve yardımcı proseslere ilişkin önlemlerin uygulanması ile sektörde %47 – 73 oranında su kazanımı sağlanması mümkündür.

52.23 Hava Yolu Taşımacılığını Destekleyici Hizmet Faaliyetleri NACE kodu kapsamında önerilen öncelikli su verimliliği uygulama teknikleri aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
52.23	Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri	Sektöre Özgü Önlemler - Musluk havalandırıcıları kullanılarak su ve hava karışımı ile akış sağlanması, havalandırıcılarla donatılmayan musluklara ise akış kısıtlayıcı cihazların takılması - Atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun yağmur suyu veya kuyu suyu ile paçallandıktan sonra koagülasyon, flokülasyon, kum filtre ve aktif karbon filtre ile arıtılıp iyi kalitede su elde edilerek soğutma kulesinde kullanılması (Galeão Havalimanı, Brezilya) - Geleneksel sıhhi tesisat armatürlerinin daha verimli olanları ile değiştirilmesi, örneğin çift kademeli yıkama mekanizması içeren armatürlerin veya susuz pisuvarların kullanılması - Uçak ikram tesislerinden ve terminal binası mutfaklarından toplanan gri suyun, uçak yıkama faaliyetlerinden gelen sularla birlikte arıtılarak sulama sistemlerinde kullanılması (Hong Kong Havalimanı, Çin) - Yağmur suyu drenaj sistemi ile yağmur suyunu apronlardan, buz çözme alanlarından, yollardan, otoparklardan ve çatılardan tahliye edilmesi, havuzlarda toplanması ve sulama sistemi, yangın kontrol sistemi ve tuvalet sifonlarına ayrı sistemlerle beslenmesi (Frankfurt Uluslararası Havalimanı, Almanya) - Terminal çatısından veya uydu binalarından toplanan yağmursuyunun uçaklardaki veya pistteki buz çözme işleminde ham glikolün seyreltilmesi için kullanılması (Heathrow Havalimanı, Londra) - Zaman ayarlı veya manuel kontrollü cihazlar yerine toprak nemini izlemeyi sağlayan sensörler kullanılarak yalnızca gerektiğinde sulama yapılması - Araç ve uçak yıkama için geri kazanılmış su veya yağmur suyu kullanılması - Arıtılmış atıksuların araç yıkamada kullanılması ve araç yıkamadan kaynaklanan atıksuların arıtma tesisine gönderilmesi (Dubai Havalimanı, BAE) - Atıksuların membran biyoreaktör sistemi ile arıtılması ve yeşil alan sulamada ve yangın kontrolünde kullanılması (Qingdao Havalimanı, Çin) - Denize yakın havaalanlarında deniz suyunun sifonlarda ve soğutma sisteminde kullanılması (Hong Kong Havalimanı, Çin) - Peyzaj alanlarında toprak/iklim analizi yapılarak uygun bitki materyali kullanılarak sulama gereksinimlerinin azaltılması - Sıhhi tesisat, mutfak ve restoran atıksularının aktif çamur sistemi + dezenfeksiyon sonrasında peyzaj sulamada veya yangın kontrolünde kullanılması (Fiumicino Havalimanı, Roma) - Sızıntı tespit programı ve gelişmiş gerçek zamanlı su talebi izleme sistemi kullanılması - Yolcu terminallerindeki restoran mutfaklarından gelen atıksuların arıtılarak tuvalet sifon sistemlerine beslenmesi (Narita Havalimanı, Japonya)

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
52.23	Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri	İyi Yönetim Uygulamaları 1. Atıksu miktarını ve kirletici yükünü azaltmak için entegre atıksu yönetimi ve arıtma stratejisi kullanılması 2. Çevre yönetim sisteminin kurulması 3. Su kullanımını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla su verimliliği eylem planı hazırlanması 4. Su tüketiminin optimize edilmesi için üretim planlamasının iyi yapılması 5. Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler 1. Dökülme ve sızıntıların en aza indirilmesi 2. Durulama çözümlerinden suyun geri kazanılması ve geri kazanılan suyun kalitesine uygun proseslerde tekrar kullanılması 3. Duş/tuvalet vb. su kullanım noktalarında su tasarrufu sağlayacak otomatik donanım ve ekipmanların (sensörler, akıllı el yıkama sistemleri vb.) kullanılması 4. Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması 5. Sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların taşınmasının engellenmesi için kapalı depolama ve geçirimsiz atık/hurda sahası yapılması 6. Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının engellenmesi 7. Temiz su akımlarının kirliliği su akımlarıyla karışmasının önlenmesi 8. Uygun proseslerde kapalı döngü su çevrimlerinin kullanılması 9. Üretim proseslerinde bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin kullanılması 10. Üretim proseslerinde yıkama, durulama ve ekipman temizliğinden kaynaklanan nispeten temiz atıksuların arıtılmadan tekrar kullanımı 11. Tesiste gri suların ayrı toplanıp arıtılması ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (yeşil alan sulama, yer, zemin yıkama vb.) kullanılması 12. Ardışık proseslerde uyumlu kimyasallar kullanılarak faaliyetler arasında durulama ihtiyacının önlenmesi

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
52.23	Hava yolu taşımacılığını destekleyici hizmet faaliyetleri	Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler 1. Buhar kazanı kondensatının yeniden kullanılmasıyla su tasarrufu elde edilmesi 2. Buhar ve su hatlarının (sıcak ve soğuk) izolasyonu ile su tasarrufu sağlanması ve hatlarda boru, vana ve bağlantı noktalarındaki su ve buhar kayıplarının önlenmesi ve bilgisayar sistemi ile takibi 3. Havalandırma sisteminden gelen yoğuşma ile oluşan sıvının yeniden kullanılması 4. Islak soğutma ihtiyacı olan prosesler belirlenerek gereksiz soğutma işlemlerinden kaçınılması 5. Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısı artırılarak ve tamamlama suyunun kalitesi iyileştirilerek su tüketiminin azaltılması 6. Kapalı döngü soğutma suyunda buharlaşma kayıplarının azaltılması 7. Kapalı su döngüsüne sahip sistemlerde korozyon ve kireç önleyici inhibitörler kullanılarak çevrim sayısının artırılması 8. Kazan boşaltmadan kaynaklanan flaş buhar kayıplarının önlenmesi 9. Soğutma sistemlerinde suyla soğutma yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması 10. Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemlerinin kurulması 11. Yılın bazı dönemlerinde soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda lokal kuru hava ile soğutma yapılması 12. Yüzeysel akış ile oluşan suların ayrı bir toplama sistemiyle toplanarak soğutma suyu, proses suyu vb. amaçlarla kullanılması 13. Buhar kazanlarında degazörler kullanarak blöf miktarının azaltılması 14. Buhar kazanlarında kazan boşaltma suyunun (blöf) minimize edilmesi 15. Buhar kondenserinden üretilen enerjinin tekrar kullanımı
Bu sektörde toplam 47 adet teknik önerilmiştir.		

Hava Yolu Taşımacılığını Destekleyici Hizmet Faaliyetleri NACE Koduna Yönelik;

- (i) Sektöre Özgü Önlemler,
- (ii) İyi Yönetim Uygulamaları,
- (iii) Genel Önlemler ve
- (iv) Yardımcı proseslere ilişkin önlemler
ayrı başlıklar halinde verilmektedir.

2.1.1 Sektöre Özgü Önlemler

- **Atıksuların membran biyoreaktör sistemi ile arıtılması ve yeşil alan sulamada ve yangın kontrolünde kullanılması (Qingdao Havalimanı, Çin)**

Evsel atıksuların arıtılarak yeniden kullanımı konusunda küresel eğilim havalimanlarında da benzer uygulamaların giderek daha fazla benimsenmesine neden olmuştur (Carvalho vd., 2013). Çin'de Qingdao Havalimanında atıksuların arıtılması için membran biyoreaktörler kullanılmaktadır. Havalimanı 1.000 m³/gün'lük bir atıksu arıtma kapasitesine sahiptir. Arıtılan atıksular havalimanı kompleksinin bakımı, ağaçlandırma, yeşil alan sulama ve yangın kontrol sistemleri alanlarında kullanılmaktadır (Liu vd., 2007).

Kurulan sistemde membran kirlenmesinin azaltılması için ön arıtmanın güçlendirilmesi önerilmektedir. MBR çıkış suyu kalite bakımından çeşitli tüketimler için uygun olup ağaçlandırma, yangınla mücadele ve peyzaj alanları için kullanılabilir (Liu vd., 2007).



Qingdao Havaalanı'nda Peyzaj ve Yeşil Alan Uygulaması

- **Arıtılmış atıksuların araç yıkamada kullanılması ve araç yıkamadan kaynaklanan atıksuların arıtma tesisine gönderilmesi (Dubai Havalimanı, BAE)**

Dubai Havalimanı'nda günlük 80 m³ arıtma kapasiteli atıksu arıtma tesisi ve yağ-su ayırıcı sistem bulunmaktadır. Atıksu arıtma tesisi çıkış suları geri kazanılarak araçların yıkanmasında ve mühendislik çalışmalarında kullanılmaktadır. Mühendislik Hizmetleri Bölümü tarafından işletilen tüm araçlar geri kazanılmış su kullanılarak temizlenmekte ve tüm drenaj suları yeniden atıksu arıtma tesisine gönderilmektedir. Havalimanı kompleksinde bulunan yeşil alan sulamalarında ise su tüketiminin en aza indirilmesi için evsel atıksular arıtılarak yeniden kullanılmaktadır (Carvalho vd., 2013).

- ***Sihhi tesisat, mutfak ve restoran atıksularının aktif çamur sistemi + dezenfeksiyon sonrasında peyzaj sulamada veya yangın kontrolünde kullanılması (Fiumicino Havalimanı, Roma)***

Bu yöntemle örnek olarak, Roma'daki Fiumicino Havalimanı'nda terminal restoranlarından ve uçakta servis edilen yemeklerin hazırlanmasından sorumlu şirketten temin edilen gri sular toplanmakta ve yağın ayrıştırılması için yapılan fiziksel işlemlerden sonra aktif çamur/biyolojik arıtma sistemi kullanılarak evsel atıksu ile birlikte arıtılmaktadır. Arıtılan sular ultraviyole dezenfeksiyon işleminden geçirilerek peyzaj sulamada, iklimlendirme sistemlerinde ve yangın kontrolü sistemlerinde yeniden kullanılmaktadır (Carvalho vd., 2013).

- ***Atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun yağmur suyu veya kuyu suyu ile paçallandıktan sonra koagülasyon, flokülasyon, kum filtre ve aktif karbon filtre ile arıtılıp iyi kalitede su elde edilerek soğutma kulesinde kullanılması (Galeão Havalimanı, Brezilya)***

Brezilya'da Galeao Havalimanı'nda atıksu arıtma tesisi çıkış suları kum filtrasyon, koagülasyon, aktif karbon filtrasyonu prosesleri ile fiziksel ön arıtmaya tabi tutulmaktadır. Ardından ters osmoz membranları ile soğutma kulelerinde kullanılabilecek iyi kalitede su elde edilmektedir.



Galeao Havaalanı Fiziksel Arıtma Sistemi ve Ters Osmoz Membranları

- ***Araç ve uçak yıkama için geri kazanılmış su veya yağmur suyu kullanılması***

Chicago Havacılık Departmanı tarafından 2018 yılında "Sürdürülebilir Havalimanları El Kitabı" yayınlamış olup havaalanlarında uygulanabilecek en iyi teknikler ortaya koyulmuştur. Bu teknikle araç ve uçak yıkama için geri kazanılmış su veya yağmur suyu kullanılarak araç yıkama için ihtiyaç duyulan içme suyu miktarının azaltılması sağlanmaktadır (CDA, 2018).

- ***Terminal çatısından veya uydu binalarından toplanan yağmursuyunun uçaklardaki veya pistteki buz çözme işleminde ham glikolün seyreltilmesi için kullanılması (Heathrow Havalimanı, Londra)***

Londra Heathrow Havalimanı'nda toplanan yağmur suyunun yaklaşık %85'inin yeniden kullanım potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Terminal ve uydu binalarının çatılarından toplanan yağmur suyu buz çözme işleminde "ham" glikolün seyreltilmesi için kullanılabilir. Bu sularla içme suyu dışındaki su ihtiyacı karşılanabilmektedir (AMEC, 2014).

- **Yağmur suyu drenaj sistemi ile yağmur suyunu apronlardan, buz çözme alanlarından, yollardan, otoparklardan ve çatılardan tahliye edilmesi, havuzlarda toplanması ve sulama sistemi, yangın kontrol sistemi ve tuvalet sifonlarına ayrı sistemlerle beslenmesi (Frankfurt Uluslararası Havalimanı, Almanya)**

Frankfurt Uluslararası Havalimanı'nda pist sisteminin batı noktasında yağmur suyunu toplamak üzere yağmur suyu havuzu bulunmaktadır. Kış döneminde taksi yollarından, pistlerden ve buz çözme alanından gelen yağmur suyu geçici olarak bu havuzlarda depolanmaktadır. Toplanan yağmur suyu KOİ konsantrasyonuna bağlı olarak arıtılmaktadır (Born & Ermel, 2007). Toplanan sular yeşil alan sulama, yangın kontrol sistemi ve tuvalet sifonları için kullanılmaktadır (Fraport AG, 2019).



Frankfurt Uluslararası Havalimanı Yağmur Suyu Tutma Havuzu

- **Yolcu terminallerindeki restoran mutfaklarından gelen atıksuların arıtılarak tuvalet sifon sistemlerine beslenmesi (Narita Havalimanı, Japonya)**

Bu yöntem kapsamında, Narita Havalimanı'nda terminallerdeki restoranlardan gelen atıksular arıtılarak havalimanı tuvaletlerinde sifon suyu olarak yeniden kullanılmaktadır. Terminallerde su tasarrufunun yanı sıra arıtılmış yağmur suyu ve mutfaklardan gelen gri sular kullanılarak içme suyu kullanımı azaltılmıştır. Yürütülen çalışmalarla 2019 yılında içme suyu kullanımı %9,1 (28,1 L/yolcu) oranında azaltılmıştır (NAA, 2021).

- **Zaman ayarlı veya manuel kontrollü cihazlar yerine toprak nemini izlemeyi sağlayan sensörler kullanılarak yalnızca gerektiğinde sulama yapılması**

Sulama sistemlerinde manuel kontrole ve zaman ayarlı cihazlara olan bağımlılığı azaltmak ve ayrıca sızıntıları tespit etmek için bir toprak nemi izleme sistemi önerilmektedir (CDA, 2018).

- **Uçak ikram tesislerinden ve terminal binası mutfaklarından toplanan gri suyun, uçak yıkama faaliyetlerinden gelen sularla birlikte arıtılarak sulama sistemlerinde kullanılması (Hong Kong Havalimanı, Çin)**

Hong Kong Havalimanında yemek tesislerinden ve terminal binası mutfaklarından toplanan gri sular uçak yıkama faaliyetlerinden gelen sularla birlikte toplanarak arıtılmaktadır. Arıtılmış sular yeşil alan sulama amacıyla yeniden kullanılmaktadır (Carvalho vd., 2013).

Havalimanında arıtılmış suyun kalitesini artırmak için membran biyolojik reaktör de kurulmuştur. Gri sular çözünmüş hava flotasyonu, membran biyoreaktör, batık biyolojik havalandırma filtresi ve UV ile dezenfeksiyon aşamalarından geçmektedir. Bu tesisten elde edilen günlük 800 m³ kadar su yeşil alan sulamada kullanılmaktadır (Kilburn, M, 2013).

- **Peyzaj alanlarında toprak/iklim analizi yapılarak uygun bitki materyali kullanılarak sulama gereksinimlerinin azaltılması**

Chicago Havacılık Departmanı tarafından 2018 yılında “Sürdürülebilir Havalimanları El Kitabı” yayınlanmış olup havaalanlarında uygulanabilecek en iyi teknikleri ortaya koyulmuştur. Bu tekniklerden biri de uygun bitki materyalini belirlemek için bir toprak/iklim analizi yapılarak sulama gereksinimlerini azaltmak veya ortadan kaldırmak için doğal veya uyarlanmış bitkilerle peyzaj tasarımı yapılmasıdır. Uygun peyzaj stratejisini belirlemek için toprak ve iklim analizi yapılması önerilmektedir (CDA, 2018).

- **Geleneksel sıhhi tesisat armatürlerinin daha verimli olanları ile değiştirilmesi, örneğin çift kademeli yıkama mekanizması içeren armatürlerin veya susuz pisuvarların kullanılması**

Atıksu miktarını azaltmak için kompost tuvalet sistemleri ve su kullanılmayan pisuvarlar gibi yüksek verimli kuru sistemlerin kullanılması önerilmektedir (CDA, 2018). Frankfurt Havalimanında musluklarda susuz pisuvarların takılmasıyla yıllık 4,2 milyon litre içme suyu tasarrufu sağlanmıştır (Carvalho vd., 2013).

- **Musluk havalandırıcıları kullanılarak su ve hava karışımı ile akış sağlanması, havalandırıcılarla donatılmayan musluklara ise akış kısıtlayıcı cihazların takılması**

Frankfurt Havalimanı'nda musluklarda debi sınırlama ekipmanlarının kullanılmasıyla her yıl binlerce metreküp su tasarrufu sağlanmaktadır (Carvalho vd., 2013).

- **Sızıntı tespit programı ve gelişmiş gerçek zamanlı su talebi izleme sistemi kullanılması**

Sızıntı kontrolü ve su ihtiyacının izlenmesi gibi girişimler havaalanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Sidney, Londra Heathrow ve Manchester Havalimanlarında sızıntı tespit programları bulunmaktadır (Carvalho vd., 2013). Paris Havalimanında içme suyu dağıtım ağı sürekli olarak hem sızıntı kontrolü açısından hem de su kalitesi açısından izlenmekte ve işletim verileri fiber optik kablolar kullanılarak bir bilgi teknolojisi merkezine iletilmektedir. Sızıntı durumunda acil durum telefonuna yönlendirme yapılarak hızlı şekilde aksiyon alınması sağlanmaktadır (Carvalho vd., 2013).

- **Denize yakın havaalanlarında deniz suyunun sifonlarda ve soğutma sisteminde kullanılması (Hong Kong Havalimanı, Çin)**

Havaalanlarında alternatif su kaynaklarından biri de deniz suyudur. Kıyıya yakın havaalanları için değerlendirilmektedir. Örneğin, Hong Kong Havalimanının su talebinin %41'i deniz suyundan karşılanmaktadır. Bu suyun büyük bir bölümü soğutma sisteminde kullanılmaktadır (HKIA, 2011).

2.1.2 İyi Yönetim Uygulamaları

• Çevre yönetim sisteminin kurulması

Çevre Yönetim Sistemleri (ÇYS) sanayi kuruluşlarının çevre politikalarını geliştirmek, uygulamak ve izlemek için gerekli organizasyon yapısını, sorumlulukları, prosedürleri ve kaynakları içermektedir. Çevre yönetim sisteminin kurulması, kurumların hammadde, su-atıksu altyapısı, planlanan üretim süreci, farklı arıtma teknikleri arasında karar verme süreçlerini iyileştirmektedir. Çevre yönetimi, kaynak temini ve atık dışarı taleplerinin en yüksek ekonomik verimle, ürün kalitesinden ödün vermeden ve çevre üzerinde mümkün olan en az etkiyle nasıl yönetebileceğini organize etmektedir.

En yaygın kullanılan Çevre Yönetim Standartı ISO 14001'dir. Alternatifleri arasında Eko Yönetim ve Denetim Programı Direktifi (EMAS) (761/2001) mevcuttur. İşletmelerin çevresel performanslarının değerlendirilmesi, iyileştirilmesi ve raporlanması için geliştirilmiştir. AB mevzuatında eko-verimlilik (temiz üretim) kapsamında önde gelen uygulamalardan olup gönüllü olarak katılım sağlanmaktadır (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Çevre Yönetim Sistemi kurmanın ve uygulamanın faydaları şunlardır:

- İşletme performansı iyileştirilerek ekonomik faydalar elde edilebilmektedir (Christopher, 1998).
- Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) standartları benimsenerek küresel yasal ve düzenleyici gerekliliklere daha fazla uyum sağlanmaktadır (Christopher, 1998).
- Çevresel sorumluluklara bağlı ceza riskleri en aza indirilirken, atık miktarında, kaynak tüketiminde ve işletme maliyetlerinde azalma sağlanmaktadır (Delmas, 2009).
- Uluslararası kabul görmüş çevre standartlarının kullanılması, dünyada farklı lokasyonlarda faaliyet gösteren işletmeler için birden fazla kayıt ve sertifika ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (Hutchens Jr., 2017).
- Özellikle son yıllarda şirketlerin iç kontrol süreçlerinin iyileştirilmesi tüketiciler tarafından da önemsenmektedir. Çevre yönetim sistemlerinin uygulanması, standardı benimsemeyen şirketlere karşı rekabet avantajı sağlamaktadır. Ayrıca kurumların uluslararası alanlarda/pazarlarda daha iyi konuma gelmesine de katkı sağlamaktadır (Potoski & Prakash, 2005).

Yukarıda sayılan faydalar, üretim prosesi, yönetim uygulamaları, kaynak kullanımı ve potansiyel çevresel etkiler gibi çok sayıda faktöre bağlıdır (TOB, 2021). Çevre yönetim sistemiyle benzer içeriğe sahip yıllık envanter raporlarının hazırlanması ve üretim proseslerinde girdilerin ve çıktıların miktar ve nitelik açısından izlenmesi gibi uygulamalar ile su tüketiminde %3-5 arasında tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014). ÇYS'yi geliştirme ve uygulama aşamalarının toplam süresi tahmini olarak 8-12 ay sürmektedir (ISO 14001 User Manual, 2015).

Sanayi kuruluşları, su ayak izini değerlendirmek ve raporlamak konusundaki gereklilik ve kılavuzları tanımlayan uluslararası bir standart olan ISO 14046 Su Ayak İzi Standardı kapsamında da çalışmalar yürütmektedir. İlgili standardın uygulanması ile üretim için gerekli olan tatlı su kullanımının ve çevresel etkilerin azaltılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, sanayi kuruluşlarının su tasarrufu sağlamasına ve işletme maliyetlerini düşürmesine yardımcı olan ISO 46001 Su Verimliliği Yönetim Sistemleri Standardı, izleme, kıyaslama ve inceleme çalışmalarının yapılması ile kuruluşların su verimliliği politikalarını geliştirmelerine yardımcı olmaktadır.

• **Atıksu miktarını ve kirletici yükünü azaltmak için entegre atıksu yönetimi ve arıtma stratejisi kullanılması**

Atıksu yönetimi, atıksuyun üretiminden nihai bertaraf aşamasına kadar bütünsel bir yaklaşımı baz almalı ve kompozisyonu, toplanması, çamur bertarafı dahil arıtılması ve yeniden kullanımı gibi fonksiyonel unsurları kapsamaktadır. Endüstriyel atıksular için uygun arıtma teknolojisini seçimi; arazi mevcudiyeti, istenen arıtılmış su kalitesi, ulusal ve yerel yönetmeliklere uyum gibi entegre faktörlere bağlıdır (Abbassi & Al Baz, 2008).

Arıtılmış atıksuyun tesiste yeniden kullanımı yalnızca su kütlelerinin kalitesini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda tatlı suya olan talebi de azaltmaktadır. Bu nedenle farklı yeniden kullanım hedefleri için uygun arıtma stratejilerinin belirlenmesi çok önemlidir.

Entegre endüstriyel atıksu arıtımında, atıksu toplama sistemi, arıtma prosesi ve yeniden kullanım hedefi gibi farklı yönler birlikte değerlendirilmektedir (Naghedi vd., 2020). Endüstriyel atıksu geri kazanımı için SWOT yöntemi (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler), PESTEL yöntemi (politik, ekonomik, sosyal, teknolojik, çevresel ve yasal faktörler), karar ağacı gibi metotlar uzman görüşleri ile birleştirilerek entegre atıksu yönetim çerçevesi belirlenebilmektedir (Naghedi vd., 2020). Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Birleşik Uzlaşma Çözümü (CoCoSo) tekniklerinin entegre edilmesi, endüstriyel atıksu yönetimi süreçleri için çok sayıda kritere dayalı öncelikleri belirlemek için kullanılabilmektedir (Adar vd., 2021).

Entegre atıksu yönetimi stratejilerinin uygulanmasıyla su tüketiminde, atıksu miktarında ve atıksuların kirlilik yüklerinde ortalama %25'e varan azalma sağlanabilmektedir. Uygulamanın potansiyel geri ödeme süresi 1-10 yıl arasında değişmektedir (TOB, 2021).



Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi

- ***Su tüketiminin optimize edilmesi için üretim planlamasının iyi yapılması***

Endüstriyel üretim süreçlerinde bir hammaddenin ürüne dönüşmesine kadarki süreçte en az proses kullanılarak planlanması iş gücü maliyetlerinin, kaynak kullanımı maliyetlerinin ve çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin sağlanması için etkili bir uygulamadır (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Endüstriyel tesislerde üretim planlamasının su verimliliği faktörü de göz önünde bulundurularak yapılması su tüketimini ve atıksu miktarını azaltmaktadır. Endüstriyel tesislerde üretim süreçlerinin modifiye edilmesi ya da bazı proseslerin birleştirilmesi su verimliliği ve zaman planlaması açısından önemli faydalar sağlamaktadır (TOB, 2021).

- ***Su kullanımını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla su verimliliği eylem planı hazırlanması***

Endüstriyel tesislerde su-atıksu miktarlarını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla kısa, orta ve uzun vadede yapılacakları içeren bir eylem planının hazırlanması su verimliliği açısından önemlidir. Bu noktada tesis genelinde ve üretim proseslerinde su ihtiyaçlarının belirlenmesi, su kullanım noktalarında kalite gereksinimlerinin belirlenmesi, atıksu oluşum noktaları ve atıksu karakterizasyonu yapılmalıdır (TOB, 2021). Aynı zamanda su tüketiminin, atıksu oluşumunun ve kirlilik yüklerinin azaltılmasına yönelik uygulanacak tedbirlerin belirlenmesi, fizibilitesinin yapılması ve kısa-orta-uzun vade için eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir. Bu sayede tesislerde su verimliliği ve sürdürülebilir su kullanımı sağlanmaktadır (TOB, 2021).

- ***Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi***

Endüstriyel tesislerde su verimliliği sağlamanın ilk adımı hedeflerin belirlenmesidir (TOB, 2021). Bunun için öncelikli olarak prosesler bazında detaylı bir su verimliliği analizinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle gereksiz su kullanımları, su kayıpları, su verimliliğini etkileyen yanlış uygulamalar, proses kayıpları, arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanılabilir su-atıksu kaynakları vb. belirlenebilmektedir. Her bir üretim prosesi ve tesis geneli için su tasarrufu potansiyeli ve su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi de son derece önemlidir (TOB, 2021).

2.1.3 Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler

• ***Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması***

Endüstriyel üretim proseslerinde ekipmanlar, pompalar ve boru hatlarında su kayıpları gerçekleşmektedir. Öncelikle su kayıpları tespit edilmeli ve ekipmanlar, pompalar ve boru hatlarının düzenli bakımları yapılarak iyi durumda tutularak sızıntılar engellenmelidir (IPPC BREF, 2003). Düzenli bakım prosedürleri oluşturularak özellikle şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Pompalar, valfler, seviye anahtarları, basınç ve akış düzenleyicilerin bakım kontrol listesine eklenmesi,
- Yalnızca su sisteminde değil, aynı zamanda özellikle ısı transferi ve kimyasal dağıtım sistemleri, kırık ve sızıntı yapan borular, variller, pompalar ve vanalar için denetimlerin yapılması,
- Filtrelerin ve boru hatlarının düzenli olarak temizlenmesi,
- Kimyasal ölçüm ve dağıtım cihazları, termometreler vb. gibi ölçüm ekipmanlarının kalibre edilmesi, rutin olarak belirlenen periyotlarda kontrol edilmesi ve izlenmesi (IPPC BREF, 2003).

Etkin bakım-onarım, temizlik ve kayıp kontrolü uygulamaları ile su tüketiminde %1-6 arasında değişen oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014).

• ***Dökülme ve sızıntıların en aza indirilmesi***

İşletmelerde yaşanan dökülme ve sızıntılarla hem hammadde hem de su kayıpları yaşanabilmektedir. Ayrıca dökülme gerçekleşen alanların temizlenmesinde ıslak temizleme yöntemlerinin kullanılması durumunda su tüketimi, atıksu miktarları ve atıksuların kirlilik yüklerinde de artışlar meydana gelebilmektedir (TOB, 2021). Hammadde ve ürün kayıplarının azaltılması amacıyla sıçrama önleyiciler, kanatlar, damlama tepsileri, elekler kullanılarak dökülme ve sıçrama kayıpları azaltılmaktadır (IPPC BREF, 2019).

• ***Üretim proseslerinde yıkama, durulama ve ekipman temizliğinden kaynaklanan nispeten temiz atıksuların arıtılmadan tekrar kullanımı***

Endüstriyel tesislerde özellikle yıkama-son durulama atıksuları ve filtre geri yıkama atıksuları gibi nispeten temiz karakterdeki atıksular yüksek su kalitesi gerektirmeyen zemin yıkama ve bahçe sulama işlemlerinde arıtılmadan geri kullanılarak ham su tüketiminde %1-5 arasında tasarruf sağlanabilmektedir. Uygulama için gerekli ilk yatırım maliyetlerini yeni boru hatlarının kurulması ve rezerve tanklar oluşturmaktadır (Öztürk, 2014).

• ***Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının engellenmesi***

Endüstriyel tesislerde yağlar, emülsiyonlar ve binderler gibi sucul ortam için risk taşıyan kimyasalların atıksu akımlarına karışmasının engellenmesi için kuru temizleme tekniklerinin kullanılması ve sızıntıların önlenmesiyle su kazanımı sağlanmaktadır (TUBİTAK MAM, 2016).

- **Temiz su akımlarının kirlı su akımlarıyla karışmasının önlenmesi**

Endüstriyel tesislerde atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi ve atıksuların karakterize edilmesiyle yüksek kirlilik yüküne sahip atıksular ile nispeten temiz atıksular ayrı hatlarda toplanabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Bu sayede uygun kaliteye sahip atıksu akımları arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanılabilir. Atıksu akımlarının ayrılması ile su kirliliği azaltılmakta, arıtma performansları artırılmakta, arıtma ihtiyaçlarının azaltılması ile ilişkili olarak enerji tüketimleri azaltılabilmekte ve atıksu geri kazanımı ve değerli materyallerin geri kazanımı sağlanarak emisyonların azaltımı sağlanmaktadır. Ayrıca ayrılmış sıcak atıksu akımlarından ısı geri kazanımı da mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Atıksu akımlarının ayrılması genellikle yüksek yatırım maliyetleri gerektirmekte olup, yüksek miktarda atıksuyun ve enerjinin geri kazanılmasının mümkün olduğu durumlarda maliyetlerin azalması sağlanabilmektedir (IPPC BREF, 2006).

- **Uygun proseslerde kapalı döngü su çevrimlerinin kullanılması**

Soğutucu akışkanlar genel anlamda soğutulacak olan maddelerden ısı alarak onları soğutan, soğutma işleminin performansını etkileyen belirli termodinamik özelliklere sahip kimyasal bileşiklerdir (Kuprasertwong vd., 2021).

İmalat sanayi proseslerinde ve ürün soğutma işleminin başını çektiği birçok proseste soğutucu akışkan olarak su kullanılmaktadır. Bu soğutma işlemi gerçekleştirilirken su, soğutma kulesi veya merkezi soğutma sistemleri aracılığıyla geri kullanılabilir. Eğer soğutma suyunda istenmeyen mikrobiyal büyüme gerçekleşir ise resirkülasyon suyuna kimyasal ilave edilerek kontrol altına alınabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016).

Soğutma suyunun temizlik gibi işlemlerde yeniden kullanılmasıyla su tüketimi ve oluşan atıksu miktarı azaltılır. Ancak, soğutma sularının soğutulması ve resirkülasyonu için enerjiye gereksinim duyulması bir yan etkileşim olarak ortaya çıkmaktadır.

Soğutma sularında ısı değiştiricilerin kullanımı ile ısı geri kazanımı da sağlanmaktadır. Genellikle sulu soğutma sistemi kullanılan tesislerde kapalı döngü sistemler kullanılmaktadır. Ancak soğutma sistemi blöfleri doğrudan atıksu arıtma tesisi kanalına verilerek uzaklaştırılmaktadır. Uzaklaştırılan bu blöf suları uygun olan üretim proseslerinde yeniden kullanılabilir.

- **Sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların taşınmasının engellenmesi için kapalı depolama ve geçirimsiz atık/hurda sahası yapılması**

Endüstriyel tesislerde sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların alıcı ortamlara taşınımının engellenmesi için kapalı ve geçirimsiz atık/hurda depolama sahaları yapılabilir. Ülkemizde mevcut çevre düzenlemeleri kapsamında bu uygulama halihazırda uygulanmaktadır. Yürütülen saha çalışmaları kapsamında endüstriyel tesislerde toksik ya da tehlikeli madde depolama alanlarına ayrı bir toplama kanalı yapılarak söz konusu sızıntı sularının ayrı toplanması ve doğal su ortamlarına karışması engellenebilir.

- **Tesiste gri suların ayrı toplanıp arıtılması ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (yeşil alan sulama, yer, zemin yıkama vb.) kullanılması**

Endüstriyel tesislerde oluşan atıksular sadece üretim proseslerinden kaynaklanan endüstriyel atıksular olmayıp duşlar, lavabolar, mutfaklar vb. alanlardan kaynaklanan atıksuları da içermektedir. Duş, lavabo, mutfak vb. alanlardan oluşan atıksular ise gri su olarak adlandırılmaktadır. Oluşan bu gri suların çeşitli arıtma prosesleriyle arıtılarak yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda kullanılmasıyla su tasarrufu sağlanabilmektedir.

- ***Durulama çözeltilerinden suyun geri kazanılması ve geri kazanılan suyun kalitesine uygun proseslerde tekrar kullanılması***

Endüstriyel tesislerde durulama atıksuları nispeten temiz karakterdeki atıksular, yüksek su kalitesi gerektirmeyen zemin yıkama ve bahçe sulama işlemlerinde arıtılmadan tekrar kullanılabilir (Öztürk, 2014). Durulama sularının geri kazanımıyla ham su tüketiminde %1-5 arasında tasarruf sağlanabilmektedir.

- ***Ardışık proseslerde uyumlu kimyasallar kullanarak faaliyetler arasında durulama ihtiyacını önlemek***

Kimyasal uyumluluk, bir maddenin başka bir madde ile karıştırıldığında ne kadar kararlı olduğunun bir ölçüsüdür. İki madde birbirine karışabilir ve kimyasal reaksiyona girebilirse, bunlar uyumsuz olarak kabul edilir.

Endüstriyel tesislerde yıkama ve durulama verimini arttırmak için çeşitli kimyasallar kullanılır. Bu kimyasalların uyumlu olup çözücü görevi görmesi verimin artmasında olumlu seyir gösterir. Dolayısıyla malzeme üzerindeki kirler daha kısa sürede ve daha etkin şekilde uzaklaştırılabilir ve yıkama işlemlerinde kullanılan su miktarları önemli ölçüde azaltılabilir. Bu durumda atıksu miktarında azalma sağlanabilse bile atıksuların taşıdıkları kimyasal yüklerde artış olabilir. Yıkama durulama proseslerinde kullanılan çözücü içeren yıkama sularının geri kullanılması sağlanarak bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi sağlanabilir.

Yıkama sularının geri kullanımıyla %25-50 oranlarında su tasarrufu sağlanabilir. Uygulama için rezerve tanklara ve yeni boru hatlarına ihtiyaç duyulabilir. Bazı durumlarda doğrudan sistem içerisinde yıkama çözeltisi bekletilmekte ve özelliğini kaybedene kadar defalarca kullanılabilir. İki durum için de gerekli yatırım maliyetleri değişken olabilmektedir. Ancak uygulamaların ilk yatırım maliyeti 5.000-30.000 TL arasında olabilir.

- ***Üretim proseslerinde bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin kullanılması***

Endüstriyel tesislerde verimsiz kaynak kullanımı ve çevresel problemler doğrudan girdi-çıkıtlı akışları ile bağlantılı olduğundan üretim prosesleri özelinde proses girdi-çıkıtlarının en iyi şekilde tanımlanması gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Böylece kaynak verimliliğinin, ekonomik ve çevresel performansın artırılması açısından önlemlerin geliştirilmesi mümkün hale gelmektedir. Girdi-çıkıtlı envanterlerinin düzenlenmesi sürekli iyileştirmenin ön koşulu olarak kabul edilmektedir. Bu tür yönetim uygulamaları teknik personel ve üst yönetimin katılımını gerektirirken çeşitli uzmanların çalışmalarıyla kendini kısa sürede amorti etmektedir (IPPC BREF, 2003). Uygulama prosesleri bazında ölçüm ekipmanlarının kullanımı ve prosesler özelinde bazı rutin analizlerin/ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Uygulamadan en üst düzeyde verim alınabilmesi açısından bilgisayarlı izleme sistemlerinden mümkün olduğunca yararlanılması elde edilecek teknik, ekonomik ve çevresel faydanın artırılmasını sağlamaktadır (TUBİTAK MAM, 2016).

- ***Duş/tuvalet vb. su kullanım noktalarında su tasarrufu sağlayacak otomatik donanım ve ekipmanların (sensörler, akıllı el yıkama sistemleri vb.) kullanılması***

Su, imalat sanayinin birçok sektöründe hem üretim prosesleri için hem de personellerin gerekli hijyen standartlarını sağlamaları için oldukça önemlidir. Endüstriyel tesislerin üretim proseslerinde su tüketimleri çeşitli yollarla sağlanabileceği gibi personellerin su kullanım alanlarında sensörlü muslukların ve akıllı el yıkama sistemleri gibi ekipmanların kullanılmasıyla da su tüketimlerinde tasarruflar sağlanabilir. Akıllı el yıkama sistemleri su, sabun ve hava karışımını doğru oranda ayarlarken su tasarrufuna ek olarak kaynak verimliliği de sağlamaktadır.

2.1.4 Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler

Buhar üretimine ilişkin MET'ler

- **Buhar ve su hatlarının (sıcak ve soğuk) izolasyonu ile su tasarrufu sağlanması ve hatlarda boru, vana ve bağlantı noktalarındaki su ve buhar kayıplarının önlenmesi ve bilgisayar sistemi ile takibi**

Tesislerde buhar hatlarının uygun şekilde tasarlanmaması, buhar hatlarının rutin bakım ve onarımlarının yapılmaması, hatlarda meydana gelen mekanik problemler ve hatların uygun şekilde işletilmemesi, buhar hatlarının ve sıcak yüzeylerin tam izolasyonunun yapılmaması durumunda buhar kayıpları olabilmektedir. Bu durum tesisin hem su tüketimini hem de enerji tüketimini etkilemektedir. Buhar izolasyonu eksiklikleri olan bölgelerde izolasyonların yapılması ve buhar tüketimlerinin sürekli izlenmesi amacıyla analizörlerin ve otomatik kontrol mekanizmalı kontrol sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Buhar kayıplarının azaltılmasına bağlı olarak yakıt tüketiminde ve kazanlardaki ilave yumuşak su tüketiminde benzer oranlarda tasarruflar sağlanabilir. Buhar kazanlarında yakıt tüketimi azalacağından atık gaz emisyonlarının da aynı oranda azalması beklenmektedir. Uygulamayla buhar kazanlarında kullanılan ilave yumuşak su kullanımı azalacağından rejenerasyon suyu miktarları, rejenerasyonda kullanılan tuz miktarları ve ters osmoz konsantrasyonlarında da azalmalar sağlanabilir. Tam buhar izolasyonu uygulaması ve buhar kayıplarının en aza indirilmesi için otomatik kontrol mekanizmaları yoğun buhar tüketimi gerçekleşen birçok tesiste kullanılmaktadır. Uygulamanın yapılandırılması ile buhar kazanlarında %2-4 oranında yakıt tasarrufu sağlanabilir.

Üretim proseslerinde kayıpların önlenmesi amacıyla; pompalar, valfler, ayar düğmeleri, basınç, akış regülatörleri gibi ekipmanların en önemli parçalarının bakım kontrol listesine eklenmesi, sadece su sistemlerinin değil ayrıca ısıtma ve kimyasal dağıtma sistemlerinin, tambur, pompa ve valflerin denetimlerinin yapılması, filtrelerin ve boru hatlarının düzenli olarak temizlenmesi, ölçüm ekipmanlarının (termometreler, kimyasal tartıları, dağıtım/dozajlama sistemleri vb.) düzenli kalibrasyonun yapılması ve ısıtma ünitelerinin (bacalar dahil olmak üzere) rutin olarak belirlenen periyotlarda denetlenmesi ve temizlenmesi, etkin bakım-onarım, temizlik ve kayıp kontrolü uygulamaları ile su tüketiminde %1-6 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (Hasanbeigi, 2010; Öztürk, 2014; TOB, 2021).



Endüstriyel Buhar Kazanları

- **Buhar kazanı kondensatının yeniden kullanılmasıyla su tasarrufu elde edilmesi**

Üretim proseslerinde ısı enerjisinin iletilmesinde buharla dolaylı ısıtma teknikleri kullanıldığında yoğunlaşan buharın (kondensatın) geri kazanılması su tüketiminin azaltılması açısından etkili bir uygulamadır (IPPC BREF, 2009). Kondens sularının geri kazanılmasıyla su tüketiminde ortalama %5 oranında azalma sağlanabilmektedir (Greer vd., 2013). Ayrıca potansiyel geri ödeme süresi 4-18 ay (enerji tasarrufu da dikkate alındığında) arasında değişmektedir (Öztürk, 2014; TUBİTAK MAM, 2016).

- **Kazan boşaltmadan kaynaklanan flaş buhar kayıplarının önlenmesi**

Üretim proseslerinde ısı enerjisinin iletilmesinde buharla dolaylı ısıtma teknikleri kullanıldığında yoğunlaşan buharın (kondensatın) mümkün olduğunca geri dönüşünün sağlanması su tüketiminin azaltılması açısından etkili bir uygulamadır (IPPC BREF, 2009). Kondens sularının geri kazanılmasıyla su tüketiminde ortalama %5 oranında azalma sağlanabilmektedir (Greer vd., 2013). Ayrıca potansiyel geri ödeme süresi 4-18 ay (enerji tasarrufları da dikkate alındığında) arasında değişmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; Öztürk, 2014).

- **Buhar kazanlarında kazan boşaltma suyunun (blöf) minimize edilmesi**

Kazan blöfü buharın sürekli buharlaşması sırasında kirletici unsurların yoğunlaşmasını önlemek için bir kazandan harcanan suyu ifade etmektedir. Kondensat geri kazanımıyla kazan blöfü %50 oranında azaltılabilmektedir (IPPC BREF, 2009).

Otomatik sistemlerde kazanlardaki blöfler sürekli olarak takip edilmekte ve blöf sonrası alınan su ile beraber sistem yeniden analiz edilmektedir. Analizde su içindeki çözünmüş ve çözünmemiş partiküller, su yoğunluğu gibi veriler işlenmektedir. Kazan için yoğunluk sistem limitlerinin üzerinde ise blöf işlemi tekrarlanır. Sistem otomatize edilip optimum blöf sıklığı belirlenmelidir. Blöf sıklığı azaltıldığında atıksu miktarı düşer. Bu atık suyun soğutulması için kullanılan enerjiden ve soğutma suyundan tasarruf edilir (IPPC BREF, 2009). Buhar kazanı blöfü işleminin optimize edilmesiyle, kazan suyu sarfiyatında, atık maliyetlerinde, şartlandırılmasında ve ısıtılmasında kazanç sağlanarak işletme maliyetleri düşürülür.

- **Buhar kondenserinden üretilen enerjinin tekrar kullanımı**

Boru sistemine basit bir değişiklik uygulanması ile su dinlendirme/karbon giderme birimini besleyen su türbin kondenser biriminin çıkışından elde edilebilir. Bu su, dinlendirme/karbon giderme ünitesi için yeterli sıcaklığa sahiptir. Bu nedenle bu suyun ısı eşanjör sistemi tarafından üretilen buhar vasıtasıyla ısıtılması gerekmemektedir. Bu çalışma sayesinde önemli ölçüde buhar kazanımı sağlanabilir. Ayrıca soğutma suyu tüketimi de azaltılabilir (CPRAC, 2021).

- **Buhar kazanlarında degazörler kullanarak blöf miktarının azaltılması**

Buhar kazanları besleme suyu ve sıcak su kazanları takviye suları içerisinde çözünmüş halde bulunan serbest oksijen ve kazanlar içerisinde karbonatların parçalanması ile oluşan karbondioksit buhar kazanları, buhar kullanılan cihazlar ve özellikle tesisatlarda gözenekler ve paslanma ile erimeler şeklinde korozyona neden olabilmektedir. Bu gazların etkileri taze besleme suyu oranı ve sistem işletme basıncı arttıkça daha da artmaktadır. Kazan besleme sularından bu çözünmüş gazlar uzaklaştırılmaz ise söz konusu sistemlerin faydalı ömrü kısaltmakta, korozyon ve çeşitli deformasyonlar oluşabilmektedir. Bu gazlar ayrıca karbondioksit serpantinler, buharlı cihazlar ve kondens borularında aşırı korozyona neden olmaktadır. Kazan besleme sularının degazörden geçirilerek oksijen ve karbondioksit gibi çözünmüş gazlardan arındırılması gerekmektedir. Degazör sistemleri suya fan ile hava verilerek sudan çözünmüş gazların uçurulmasını sağlayan mekanik sistemlerdir. Degazör sistemi içerisinde su ve hava temas yüzeyinin artırılması sayesinde çözünmüş gaz giderimi artırılabilir. Bu sayede korozyon oluşumu azaltılırken kazan verimi artırılmaktadır (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021).

Soğutma sistemlerine ilişkin MET'ler

- **Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısı artırılarak ve tamamlama suyunun kalitesi iyileştirilerek su tüketiminin azaltılması**

Su, imalat sanayinin üretim proseslerinde ve ürünlerin soğutulması gibi birçok proseste soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. Su, soğutma kulesi veya merkezi soğutma sistemleri aracılığı ile resirküle edilerek soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Eğer soğutma suyunda istenmeyen mikrobiyal bir büyüme gerçekleşir ise resirkülasyon suyuna kimyasal ilavesi yapılarak kontrol altına alınabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Resirkülasyon işleminde kimyasal şartlandırmanın iyi yapılmasıyla döngü sayısı artırılabilir. Bu şekilde sisteme beslenen taze su miktarı da azalacak ve su tüketiminde tasarruf elde edilebilecektir. Ayrıca soğutma tamamlama suyunun iyi şartlandırılması ile de döngü sayısı artırılabilir (TOB, 2021).

- **Yılın bazı dönemlerinde soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda lokal kuru hava ile soğutma yapılması**

Soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda kuru hava ile soğutma yaparak su tasarrufu yapabilecek bir sistem teşkil edilmesi avantaj sağlayacaktır.

- **Kapalı döngü soğutma suyunda buharlaşma kayıplarının azaltılması**

Soğutma sistemlerinde ısınan suyun soğutulması sırasında bir miktar su buharlaşmaktadır. Dolayısıyla kapalı çevrim soğutma sistemlerinde buharlaşan su miktarı kadar soğutma suyu ilavesi yapılmaktadır. Soğutma sistemlerinin optimize edilmesiyle buharlaşma kayıpları önlenir. Ayrıca soğutma sistemlerine ilave edilen tamamlama suyunun arıtılması ve soğutma sistemlerinde biyolojik büyümenin önlenmesi gibi uygulamalar ile blöf miktarında da azalma sağlanabilir. Yürütülen saha çalışmaları kapsamında soğutma sisteminde oluşan blöf suları genellikle doğrudan atıksu kanalına verilerek uzaklaştırılmaktadır. Soğutma sistemi blöf sularının geri kullanılmasıyla soğutma sistemlerinin su tüketiminde %50'ye varan oranlarda tasarruf sağlanabilir. Bu tedbirin uygulanması için yeni boru hatlarının ve rezerve tankların kurulması gerekebilir. (TOB, 2021).

- ***Soğutma sistemlerinde suyla soğutma yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması***

Endüstriyel soğutma sistemleri ısınan ürün, proses ve ekipmanların soğutulması için kullanılmaktadır. Kapalı ve açık devre soğutma sistemleri bu amaçla kullanılabilir gibi bir akışkanın (gaz ya da sıvı) ya da kuru havanın kullanıldığı endüstriyel soğutma sistemleri bulunmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Havayla soğutma sistemleri kanatlı boru elemanlarından, kondenser ve hava fanlarından oluşmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Havayla soğutma sistemleri farklı çalışma prensiplerine sahip olabilir. Endüstriyel havayla soğutma sistemlerinde ısınan kapalı devre soğutucu kondenserlerde ve ısı değiştiricilerde havayla soğutulmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Sulu soğutma sistemlerinde ise ısınan su bir soğutma kulesine alınmakta ve damlatmalı sistemlerde suyun soğutulması sağlanmaktadır. Ancak su soğutmalı sistemler kapalı devre çalışmasına rağmen önemli miktarda buharlaşma gerçekleşmektedir. Ayrıca soğutma sistemlerinde bir miktar su blöf olarak atılmaktadır. Bu yolla da su kaybı olmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Soğutma sistemlerinde su yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması buharlaşma kayıplarının azaltılmasını ve ayrıca soğutma suyunun kirlenme riskinin azaltılmasında etkili olmaktadır (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Ancak havayla soğutma sistemlerinin kapasitesi düşüktür. Diğer taraftan havayla soğutma sistemlerinde su kullanımı olmasa da hava fanlarının çalışması için elektrik tüketimi gerçekleşmektedir. Havayla soğutma sistemleri çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca havayla soğutma sistemleri sulu soğutma sistemlerine göre daha geniş bir yüzey alanına ihtiyaç duymaktadır ve daha yüksek maliyetlere sahip olabilir (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021).

- ***Islak soğutma ihtiyacı olan prosesler belirlenerek gereksiz soğutma işlemlerinden kaçınılması***

Tesis sahasının sınırları soğutma kulesi yüksekliği gibi tasarım parametrelerini etkilemektedir. Kule yüksekliğinin azaltılması zorunluluğunun bulunduğu hallerde hibrit soğutma sistemi uygulanabilmektedir. Hibrit soğutma sistemleri buharlaştırmalı ve buharlaştırmaz (ıslak ve kuru) soğutma sistemlerinin bir kombinasyonudur. Hibrit soğutma kulesi ortam sıcaklığına bağlı olarak tümüyle ıslak soğutma kulesi olarak işletilebileceği gibi kombine bir ıslak/kuru soğutma kulesi olarak da işletilebilir (TUBİTAK MAM, 2016). Yeterli soğutma suyu bulunmayan bölgelerde ya da su maliyetlerinin yüksek olduğu durumlarda soğutma takviye suyu miktarının azaltılması için kuru soğutma sistemlerinin veya hibrit soğutma sistemlerinin değerlendirilmesi etkili bir çözüm olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016).

- ***Yüzeysel akış ile oluşan suların ayrı bir toplama sistemiyle toplanarak soğutma suyu, proses suyu vb. amaçlarla kullanılması***

Endüstriyel tesislerin çoğunda proses kaynaklı veya proses dışı alanlardan atıksu oluşmaktadır. Oluşan atıksuların arıtılarak uygun yerlerde tekrar kullanılması sağlanabilir. Tesiste oluşan atıksuların arıtıldıktan sonra yeniden kullanılması ile çeşitli endüstriyel tesislerde değişen oranlarda tasarruf elde edilebilir. Yüzeysel akış ile oluşan sular ayrı bir toplama sistemiyle toplanarak soğutma suyu olarak kullanılabilir (TOB, 2021).

• **Kapalı su döngüsüne sahip sistemlerde korozyon ve kireç önleyici inhibitörler kullanılarak çevrim sayısının artırılması**

Soğutmakuleleri ve evaporatif kondenserler, iklim ve endüstriyel proses soğutma sistemlerinden çıkan ısıyı uzaklaştıran etkili ve düşük maliyetli sistemlerdir (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Bu sistemlerde sirküle olan suyun %95'inden fazlası geri kazanılabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Soğutma sistemlerinde, resirkülasyon suyunun bir kısmının buharlaştırılması esasına göre çalışılması nedeniyle safsızlıklar resirkülasyon suyu içerisinde kalmaktadır ve her bir döngüde safsızlık konsantrasyonları giderek artmaktadır. Hava ile birlikte soğutma sistemine dahil olabilen safsızlıklar resirkülasyon sularında kontaminasyona neden olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Eğer safsızlıklar ve kirleticiler etkin şekilde kontrol edilmez ise kazantaşı (kışır) ve korozyon oluşumuna, istenmeyen biyolojik büyümeye ve çamur birikimine neden olabilmektedir. Bu durum ısı transfer yüzeylerinin veriminin düşmesine ve işletme maliyetlerinin artmasına neden olan kronik bir sorun haline gelebilir. Bu durumda soğutma sistemine verilen besi suyunun kalitesi, soğutma suyu sistemi yapı malzemesi ve işletme koşulları açısından özel olarak tasarlanmış bir su şartlandırma programının uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda; blöf kontrolü, biyolojik büyümenin kontrolü, korozyon kontrolü, sert su kullanımından kaçınılması, çamur kontrol kimyasallarının kullanılması, filtrasyon ve elek sistemlerinin kullanılması uygun olabilir (TUBİTAK MAM, 2016). Ayrıca etkin bir temizlik prosedürünün ve programının oluşturulması ve periyodik olarak uygulanması da soğutma sistemlerinin korunması açısından bir iyi yönetim uygulamasıdır. Soğutma sistemlerinde korozyon en önemli problemlerden biridir. Kule resirkülasyon suyunda, sertlik derecesi arttıkça cidarlarda kireç taşı ve birikinti oluşması sonucu korozyona neden olan çözünmüş katı maddeler (sülfat, klorür, karbonat vb.) zaman içerisinde yüzeyde aşınmaya neden olacaktır. Ayrıca birikinti oluşumu ısı transferini de olumsuz yönde etkileyerek enerji verimliliğini azaltmaktadır. Bu olumsuzlukların engellenmesi için kireç ve korozyon önleyici kimyasal şartlandırma programının uygulanması, biyolojik aktivasyon engelleyici biyosit ile dezenfeksiyon yapılması, kullanımda olan soğutma kulelerinin yılda en az iki kez kimyasal ve mekanik temizliğe tabi tutularak tortuların temizlenmesi, takviye suyunun sertlik ve iletkenlik değerlerinin mümkün olduğunca düşük seviyede olması gerekmektedir (IPPC BREF, 2001; Kayabek vd., 2005). Takviye suyu kalitesinin artırılması için uygun bir arıtma sistemi kullanılarak arıtılması (şartlandırılması) gerekli olabilir. Ayrıca istenmeyen mikrobiyal büyümenin de kontrol altında tutulması gerekmektedir (IPPC BREF, 2001b; TOB, 2021). Soğutma suyunda bulunan mikro-kalıntılar ve tortular nedeniyle buhar kazanlarında olduğu gibi soğutma sistemlerinde de blöf oluşmaktadır. Soğutma sistemindeki katı maddelerin artan yoğunluğunu dengeye getirmek için soğutma sisteminin bilinçli olarak drene edilmesi soğutma blöfü olarak adlandırılmaktadır. Soğutma sularının uygun yöntemler ile ön arıtımının yapılması ve soğutma suyu kalitesinin sürekli izlenmesi ile biyosit kullanımlarının ve blöf miktarlarının azaltılması sağlanabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Yatırım maliyeti uygulamanın ölçeğine bağlı olmakla birlikte beklenen yatırım giderlerindeki geri ödeme periyodu 3 ila 4 yıl arasında değişmektedir (IPPC BREF, 2001).

- ***Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemlerinin kurulması***

Soğutma suları ayrı toplanarak soğutma amaçlı kullanılmakta ya da uygun proseslerde tekrar değerlendirilmektedir (EC, 2009). Bu sistemin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemi gerekmektedir. Soğutma suyu, temizlik ve sulama suyu olarak yeniden kullanım açısından uygun su kalitesine sahiptir. Ancak soğutma suyu olarak kullanımında bir miktar sertlik içermesi nedeniyle zamanla oluşacak korozyon problemlerinin önlenmesi amacıyla ilave bir yumuşatma yapılması gerekmektedir. Soğutma suyu ya da proses içerisinde geri kullanılmadan önce bu sular uygun bir dezenfeksiyon işleminden geçirilmelidir. Ayrıca, söz konusu suların uygun arıtma teknikleri (membran filtrasyonu, ileri oksidasyon, kimyasal çöktürme, granül aktif karbon adsorpsiyonu vb. prosesleri) ile arıtılarak sadece soğutma proseslerinde değil, tüm üretim proseslerinde yeniden kullanımı mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016). Soğutma suyunun sertlik derecesi arttıkça cidarlarda kireç taşı ve birikinti oluşumu gerçekleşmektedir. Birikinti oluşumu ısı transferini olumsuz yönde etkileyerek enerji verimliliğini azaltmakta ve enerji maliyetlerini artırmaktadır. Sistem içerisinde buharlaşmanın artması ile sudaki iyon konsantrasyonu ve iletkenlik değeri artmaktadır. Bu olumsuzlukların engellenmesi için soğutma suyuna kireç ve korozyon önleyici kimyasal şartlandırma yapılması, biyolojik aktivasyon engelleyici bir biyosit ile dezenfeksiyon yapılması, soğutma kulelerinin yılda en az iki kez kimyasal ve mekanik temizliğe tabi tutulması ve tortuların temizlenmesi, sertlik ve iletkenlik değerlerinin mümkün olduğunca düşük seviyede tutulması gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016).

Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine ilişkin METler

- ***Havalandırma sisteminden gelen yoğuşma ile oluşan sıvının yeniden kullanılması***

Havalandırma döngüsü sırasında sistemde iyi su kalitesine sahip yoğuşma suyu üretilebilir. Örneğin İspanya'da bir tesiste havalandırma sistemindeki yaklaşık 200 µS iletkenliğe sahip yoğuşma suları bir tankta toplanarak otomatik galvanizleme hattının yıkanmasında kullanılmaktadır (MedClean, t.y).

Kaynakça

- Abbassi, B., & Al Baz, İ. (2008). Integrated Wastewater Management: A Review. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74492-4_3.
- Adar, E., Delice, E., & Adar, T. (2021). Prioritizing of industrial wastewater management processes using an integrated AHP-CoCoSo model: comparative and sensitivity analyses. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-22.
- AMEC. (2014). Heathrow Airport Limited Heathrow's North-West Runway Sustainable Drainage Assessment.
- Born, & Ermel. (2007). Expansion of the Frankfurt International Airport Rain water retention basin K.
- Carvalho, I., Calijuri, M. L., Assemany, P., Silva, M., Neto, R., Santiago, A., & Souza, M. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. *Resources Conservation and Recycling*. doi:10.1016/j.resconrec.2013.02.016
- CDA. (2018). Chicago Department of Aviation Sustainable Airport Manual. <https://are320k.files.wordpress.com/2019/03/2018airportsustainabilitymanual.pdf> adresinden alındı
- Christopher, S. (1998). ISO 14001 and Beyond Environmental Management Systems in the Real World.
- Delmas, M. (2009). Erratum to "Stakeholders and Competitive Advantage: The Case of ISO 14001. doi:10.1111/j.1937-5956.2004.tb00226.x.
- EC. (2009). Enerji Verimliliğine İlişkin En Uygun Teknikler Kaynak Belgesi. Avrupa Komisyonu.
- Fraport AG. (2019). Environmental Statement 2019 For the corporations Fraport AG, NICE, FCS, GCS und FraGround at Frankfurt Airport.
- Hasanbeigi, A. (2010). Energy-Efficiency improvement opportunities for the textile industry. China Energy Group Energy Analysis Department Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- HKIA. (2011). Plant the future—Annual Report 2010/2011.
- Hutchens Jr., S. (2017). Using ISO 9001 or ISO 14001 to Gain a Competitive Advantage.
- IPPC BREF. (2001b). Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).
- IPPC BREF. (2003). Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference> adresinden alındı
- IPPC BREF. (2006). European Commission (EC) Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics.
- IPPC BREF. (2019). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.
- ISO 14001 User Manual. (2015). Generic ISO 14001 EMS Templates User Manual.
- Kayabek, C. Y., Yıldırım, A. Ş., & İnce, F. (2005). Açık Çevrimli Soğutma Sistemlerinde (AÇSS) Bakım ve Dezenfeksiyon. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 88, s. 35-39,.
- Kilburn, M. (2013). Hong Kong Airport's Triple Water System. <https://chinawaterrisk.org/opinions/hong-kong-airports-triple-water-system-2/> adresinden alındı
- Kuprasertwong, N., Padungwatanaroj, O., Robin, A., Udomwong, K., Tula, A., Zhu, L., . . . Gani, R. (2021). Computer-Aided Refrigerant Design: New Developments.
- Liu, Z., Qun, M., An, W., & Sun, Z. (2007). An Application of Membrane Bio-Reactor Process for the Wastewater Treatment of Qingdao International Airport. *Desalination*, 202(1-3), 144-149. doi:10.1016/j.desal.2005.12.050
- MedClean. (t.y). Pollution Prevention Case Studies No: 46.

- NAA. (2021). What is Sustainable Airport. https://www.naa.jp/en/environment/pdf_2021/environment2021eng.pdf adresinden alındı
- Naghedi, R., Moghaddam, M., & Piadeh, F. (2020). Creating functional group alternatives in integrated industrial wastewater recycling system: A case study of Toos Industrial Park (Iran). *Journal of Cleaner Production*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120464>.
- Öztürk, E. (2014). Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü ve Temiz Üretim Uygulamaları. Isparta.
- Potoski, M., & Prakash, A. (2005). Green Clubs and Voluntary Governance: ISO 14001 and Firms' Regulatory Compliance. *American Journal of Political Science*, 235-248.
- TOB. (2021). 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- TUBİTAK MAM. (2016). Sanayide Temiz Üretim Olanaklarının ve Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi (SANVER) Projesi, Final Rapor. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi.



Reşitpaşa Mah Katar Cd.
Arı Teknokent 1 2/5, D:12, 34469
Sarıyer/İstanbul

[0212] 276 65 48

www.iocevre.com