



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



Su **Verimliliği**  
Seferberliği



Su Verimliliği  
Rehber Dokümanları Serisi

**HAFİF METALLERİN DÖKÜMÜ**

NACE KODU: 24.53

ANKARA 2023

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

Her hakkı saklıdır.  
Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün izni alınmadan kullanılamaz ve çoğaltılamaz.

# İçindekiler

Kisaltmalar	4
1 Giriş	5
2 Çalışmanın Kapsamı	8
2.1 Hafif Metallerin Dökümü	10
2.1.1 Sektöre Özgü Önlemler	16
2.1.2 İyi Yönetim Uygulamaları	18
2.1.3 Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler	22
2.1.4 Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler	31
Kaynakça	34

## Kısaltmalar

<b>AAT</b>	Atıksu Arıtma Tesisi
<b>AB</b>	Avrupa Birliği
<b>AKM</b>	Askıda Katı Madde
<b>BREF</b>	Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı
<b>ÇYS</b>	Çevre Yönetim Sistemi
<b>ÇŞİDB</b>	Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
<b>DOM</b>	Doğal Organik Madde
<b>EMAS</b>	Eko Yönetim ve Denetim Programı Direktifi
<b>EPA</b>	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
<b>IPPC</b>	Endüstriyel Kirlilik Önleme ve Kontrolü
<b>ISO</b>	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
<b>MET</b>	Mevcut En İyi Teknikler
<b>NACE</b>	Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflaması
<b>SYGM</b>	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
<b>TO</b>	Ters Osmoz
<b>TOB</b>	Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı
<b>TÜİK</b>	Türkiye İstatistik Kurumu
<b>NF</b>	Nanofiltrasyon
<b>MF</b>	Mikrofiltrasyon
<b>UF</b>	Ultrafiltrasyon
<b>YAS</b>	Yeraltı Suyu
<b>YÜS</b>	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 m<sup>3</sup> 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 paylaşılması 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.

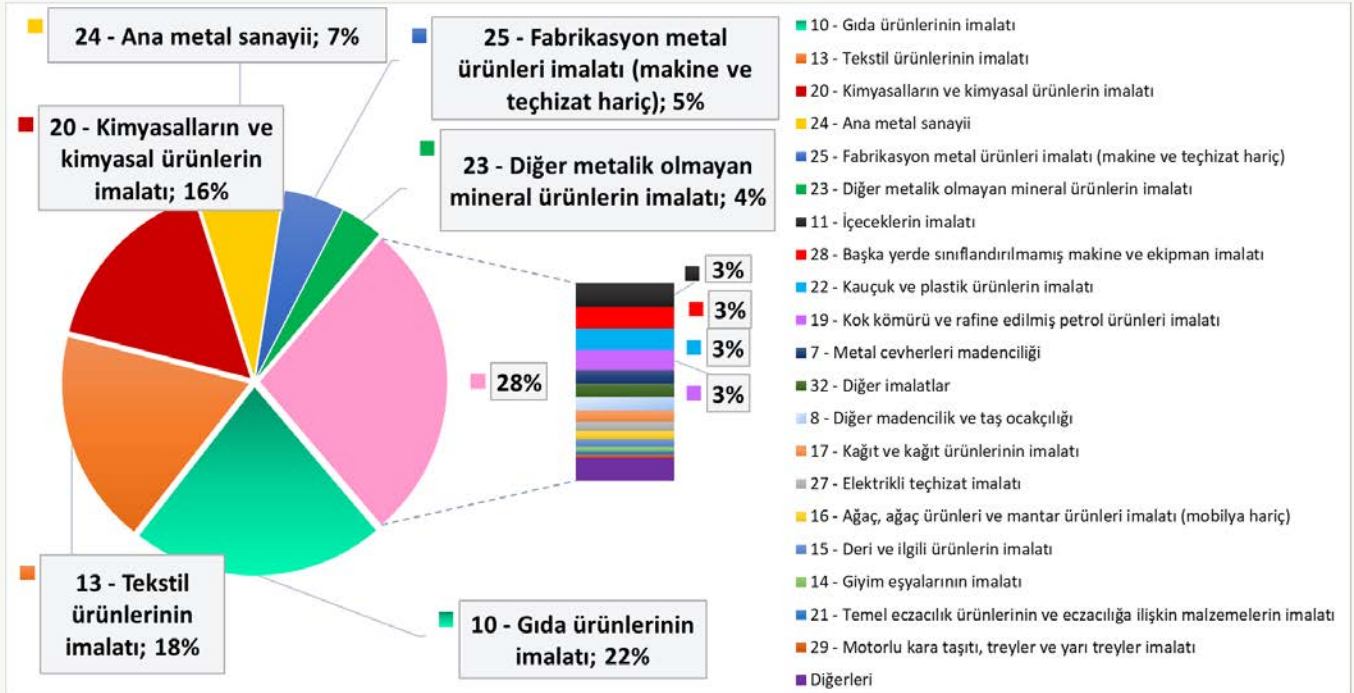
Karbon nötr hedefiyle temiz, döngüsel bir ekonomi modelini hayata geçirmek, kaynakların verimli kullanımını yaygınlaştırmak ve çevresel etkileri azaltmak gibi hedefler üzerinde üye ülkelerin uzlaştığı Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında ülkemizin hazırlamış olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planında 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 İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2023-2033)”** kapsamında tüm sektörler 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.



Ülkemizde sanayide sektörel bazda su kullanımlarının dağılımı

Çalışmalar neticesinde, yüksek su tüketimini haiz 152 farklı 4 haneli NACE kodu için işletmelerin proseslerine yönelik spesifik su tüketimleri ve potansiyel tasarruf oranları belirlenmiş, AB mevcut en iyi teknikleri (MET) ve diğer temiz üretim teknikleri dikkate alınarak su verimliliği rehber dokümanları hazırlanmıştır. Rehberler içerisinde su verimliliğine yönelik 500 adet teknik (MET); (i) İyi Yönetim Uygulamaları, (ii) Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler, (iii) Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler ve (iv) Sektöre Özgü Önlemler olmak üzere 4 ana grup altında incelenmiştir.

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 kalmamış 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)
- Madenciliği destekleyici hizmet faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)
- Metal cevherleri madenciliği (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 dinlenme faaliyetleri (1 adet dört haneli NACE Koduyla temsil edilen alt üretim alanı dahil)

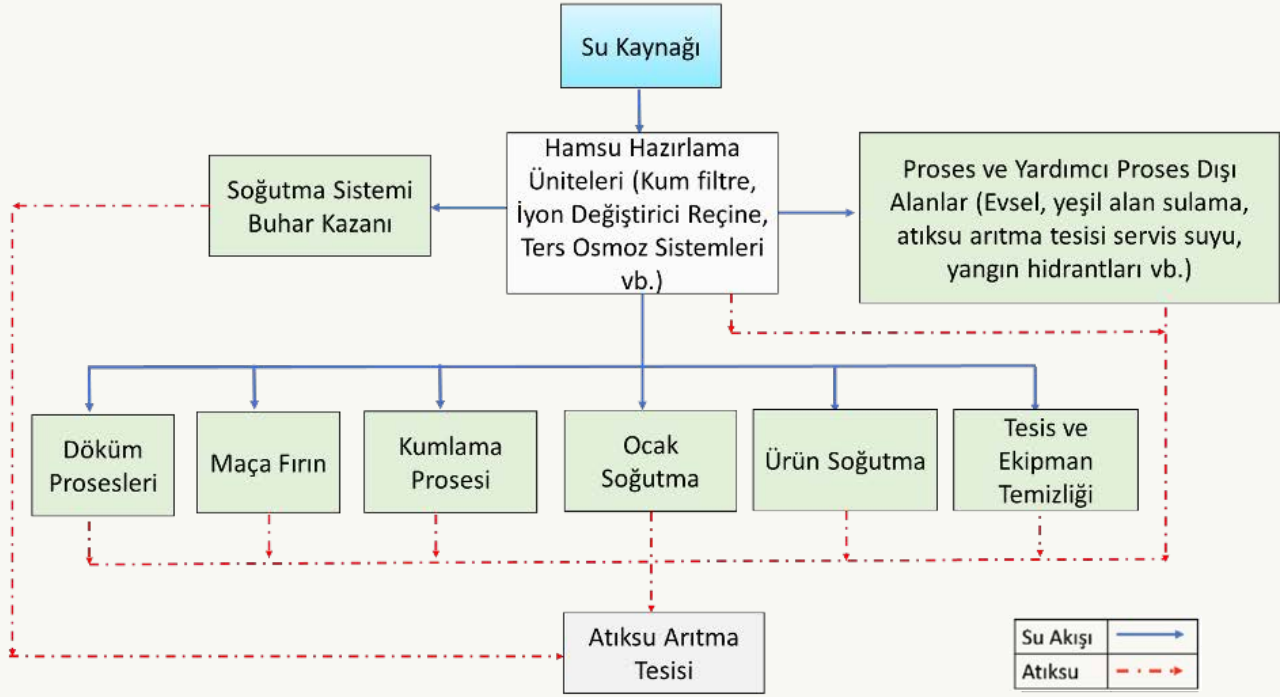
#### “Ana metal sanayii” ve “Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)”

“Ana metal sanayii” ve “Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)” sektörleri altında rehber dokümanları hazırlanan alt üretim kolları şu şekildedir:

24.10	Ana demir ve çelik ürünleri ile ferro alaşımların imalatı
24.20	Çelikten tüpler, borular, içi boş profiller ve benzeri bağlantı parçalarının imalatı
24.31	Barların soğuk çekilmesi
24.32	Dar şeritlerin soğuk haddelenmesi
24.34	Tellerin soğuk çekilmesi
24.41	Değerli metal üretimi
24.42	Alüminyum üretimi
24.51	Demir döküm
24.52	Çelik dökümü
24.53	Hafif metallerin dökümü
24.54	Diğer demir dışı metallerin dökümü
25.12	Metalden kapı ve pencere imalatı
25.21	Merkezi ısıtma radyatörleri (elektrikli radyatörler hariç) ve sıcak su kazanları (boylerleri) imalatı
25.30	Buhar jeneratörü imalatı, merkezi ısıtma sıcak su kazanları (boylerleri) hariç
25.50	Metallerin dövülmesi, preslenmesi, baskılanması ve yuvarlanması; toz metalürjisi
25.61	Metallerin işlenmesi ve kaplanması
25.62	Metallerin makede işlenmesi ve şekil verilmesi
25.71	Çatal-bıçak takımları ve diğer kesici aletlerin imalatı
25.73	El aletleri, takım tezgahı uçları, testere ağızları vb. imalatı
25.92	Metalden hafif paketleme malzemeleri imalatı
25.93	Tel ürünleri, zincir ve yayların imalatı
25.94	Bağlantı malzemelerinin ve vida makinesi ürünlerinin imalatı
25.99	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer fabrikasyon metal ürünlerin imalatı

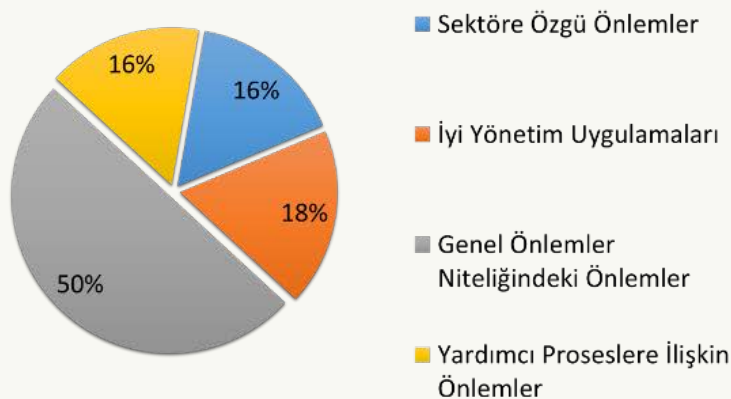
## 2.1 Hafif Metallerin Dökümü (NACE 24.53)

Hafif Metallerin Dökümü Sektörü Su Akım Şeması



	Minimum	Maksimum
Proje Kapsamında Ziyaret Edilen Tesislerin Spesifik Su Tüketimi (L/kg ürün)	2,5	6,8
Referans Spesifik Su Tüketimi (L/kg ürün)	0,8	1,7

Su Verimliliği Uygulamalarının Yüzdelerle Dağılımı



En yaygın şekilde dökümü gerçekleştirilen hafif metal alüminyumdur. Alüminyum hafif ve dayanımı yüksek olmasından dolayı birçok sektörde tercih edilen bir malzemedir. Bu sektörlerden en çok kullanım alanına sahip olanı otomotiv sektörüdür. Alüminyum döküm parça üretimi için alüminyum kokil kalıba döküm, alüminyum metal enjeksiyon kalıba döküm, alüminyum kum kalıba döküm en çok kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler üretilecek alüminyum parçanın fizyolojik özellikleri, şekli, kalitesi ve üretim miktarına bakılarak tercih edilmektedir.

Hafif metal dökümü yapılan tesislerinde ilk olarak ürünün yapısını doğrudan etkileyen tüm hammaddeler (kum hazırlama, kalıplama, maça ve ergitme üniteleri katkı malzemeleri gibi) tedarik edilip malzeme deposuna alınmaktadır. Yolluk ve besleyici sistem içeren kum kalıbı hazırlanır. Eğer dökümde iç yüzeyler olması gerekiyorsa maça da eklenir. Kum kalıplar ve kum maçalar dayanımı, geçirgenliği, ısıl kararlılığı, genleşme miktarı yüksek olmalıdır. Bozulan kalıptan çıkan kumlar diğer kalıplarda kullanılır. Eritilmiş hafif metal (alüminyum, magnezyum, titanyum, çinko vb.) kum kalıba dökülür. Metal soğutulup katılaştıktan sonra dökümü çıkartmak için kalıplar dağıtılır. Döküm yüzeyinden kumun temizlenmesi ve yüzey görünümünün iyileştirilmesi için yüzey temizliği yapılır. Metalurjik işlemlerini iyileştirmek amacıyla döküme ısıl işlem uygulanır.

Hafif metallerin dökümünü gerçekleştiren tesislerde boyahane bulunabilmektedir. Bu durumda boyahane ve durulama işlemlerinde ve kimyasal hazırlama prosesinde su tüketimi gerçekleşebilir. Sektörde üretim proseslerinde kullanılmak üzere yumuşak su üretilebilmesi için kullanılan iyon değiştirici reçine, ters osmoz gibi ham su hazırlama ünitelerinde, reçine rejenerasyonu ve membran temizliği işlemleri için de su tüketimleri gerçekleşmektedir. Ayrıca mevcut toz tutma sistemlerinde, ocak soğutma ve buhar kazanları gibi yardımcı proseslerde de su tüketimi gerçekleşmektedir.

Hafif metal dökümü yapılan tesislerde referans spesifik su tüketimi 0,8 – 1,7 L/kg aralığındadır. Çalışma kapsamında analiz edilen üretim kolunun spesifik su tüketimi 2,5 – 6,8 L/kg aralığındadır. Sektöre özgü tekniklerin, iyi yönetim uygulamalarının, genel önlemler niteliğindeki önlemlerin ve yardımcı proseslere ilişkin önlemlerin uygulanması ile sektörde %14 – 46 oranında su kazanımı sağlanması mümkündür.

24.53 Hafif Metallerin Dökümü NACE kodu kapsamında önerilen öncelikli su verimliliği uygulama teknikleri aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
24.53	Hafif Metallerin Dökümü	<p><b>Sektöre Özgü Önlemler</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kullanılan ayırıcı madde miktarının kontrolü için otomatik püskürtme prosesinin kullanılması</li> <li>2. Geleneksel sulu gaz yıkayıcılar yerine biyolojik atık gaz yıkayıcıların veya kompost filtrelerin kullanılması</li> <li>3. Bazik oksijen fırını (BOF) emisyonlarının ıslak temizleme ile arıtılmasından sonra atıksu olduğundan, bu metod yerine kuru metotlar ile tozsuzlaştırılması</li> <li>4. Karbonatların çökmesini arttırmak için ikinci çökeltme aşamasından önce karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) enjeksiyonu ile yıkama suyu akışında iki aşamalı bir çökeltme prosesi vasıtasıyla geri kazanım sağlanması</li> <li>5. Külçe döküm yerine sürekli döküm yapılması</li> <li>6. Su toplama sisteminin sızıntıdan gelen yağları toplayacak şekilde tasarlanması ve atıksular için yağ önleyici kullanılması</li> <li>7. Sürekli dökümden kaynaklanan atıksu miktarını en aza indirmek amacıyla sıyırma tanklarında veya diğer cihazlarda bulunan yağın bertaraf edilmesi</li> <li>8. Toz giderme işlemi için sulu sistemler yerine yeniden kullanımı sağlayan kuru işlemlerin uygulanması</li> <li>9. Yıkama suyu devresindeki askıda katı maddelerin hidrosiklon ve/veya çökeltme yoluyla uzaklaştırılması</li> </ol> <p><b>İyi Yönetim Uygulamaları</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atıksu miktarını ve kirlenici yükünü azaltmak için entegre atıksu yönetimi ve arıtma stratejisi kullanılması</li> <li>2. Çevre yönetim sisteminin kurulması</li> <li>3. Su akış şemalarının ve su için kütle denkliklerinin hazırlanması</li> <li>4. Su kullanımını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla su verimliliği eylem planı hazırlanması</li> <li>5. Su kullanımının azaltımı ve optimizasyonu için personele teknik eğitimlerin verilmesi</li> <li>6. Su tüketiminin optimize edilmesi için üretim planlamasının iyi yapılması</li> <li>7. Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi</li> <li>8. Üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve oluşan atıksuların miktar ve nitelik açısından izlenmesi ve bu bilgilerin çevre yönetim sistemine adapte edilmesi</li> </ol>

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
24.53	Hafif Metallerin Dökümü	<b>Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler</b>
		1. Dökülme ve sızıntıların en aza indirilmesi
		2. Durulama çözeltilerinden 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. Ekipman temizliği, genel temizlik vb. işlemlerde basınçlı yıkama sistemlerinin kullanılması
		5. Filtrasyon işlemlerinde filtre yıkama sularının tekrar kullanılması, üretim süreçlerinde nispeten temiz temizlik sularının tekrar kullanılması ve yerinde temizlik sistemleri (CIP) kullanılarak su tüketiminin azaltılması
		6. İçme suyunun üretim hatlarında kullanımından kaçınılması
		7. Soğutma suyunun diğer proseslerde proses suyu olarak kullanılması
		8. Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması
		9. Su kullanımını optimize etmek için otomatik kontrol-kapatma vanalarının kullanılması
		10. Su ve enerji israfını engellemek için üretim prosedürlerinin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve çalışanlar tarafından kullanılması
		11. Su yumuşatma öncesindeki basınçlı filtrasyon geri yıkama sularının uygun noktalarda yeniden kullanılması
		12. Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon sıklığının ve süresinin (durulamalar da dahil) optimize edilmesi
		13. Sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların taşınmasının engellenmesi için kapalı depolama ve geçirimsiz atık/hurda sahası yapılması
		14. Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının engellenmesi
		15. Temiz su akımlarının kirlı su akımlarıyla karışmasının önlenmesi
		16. Tüm atıksu oluşum noktalarında atıksu miktarlarının ve niteliklerinin karakterize edilmesiyle arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı mümkün olan atıksu akımlarının belirlenmesi
		17. Uygun proseslerde kapalı döngü su çevrimlerinin kullanılması
18. Üretim proseslerinde bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin kullanılması		

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri	
24.53	Hafif Metallerin Dökümü	19. Yıkama ve durulama sularının tekrar kullanım kapsamlarının belirlenmesi	
		20. Tesiste gri suların ayrı toplanıp arıtılması ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (yeşil alan sulama, yer, zemin yıkama vb.) kullanılması	
		21. Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması ve tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi	
		22. Yağmur sularının toplanarak tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi	
		23. Ardışık proseslerde uyumlu kimyasallar kullanılarak faaliyetler arasında durulama ihtiyacının önlenmesi	
		24. Nanofiltrasyon (NF) veya ters osmoz (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan tekrar kullanılması	
		<b>Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler</b>	
		1. Islak soğutma ihtiyacı olan prosesler belirlenerek gereksiz soğutma işlemlerinden kaçınılması	
		2. Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısı artırılarak ve tamamlama suyunun kalitesi iyileştirilerek su tüketiminin azaltılması	
		3. Kapalı döngü soğutma suyunda buharlaşma kayıplarının azaltılması	
		4. Kapalı su döngüsüne sahip sistemlerde korozyon ve kireç önleyici inhibitörler kullanılarak çevrim sayısının artırılması	
		5. Soğutma sistemlerinde suyla soğutma yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması	
		6. Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemlerinin kurulması	
		7. Su kullanımının azaltılması amacıyla kapalı döngü soğutma sisteminin kullanılması	

Bu sektörde toplam 48 adet teknik önerilmiştir.

**Hafif Metallerin Dökümü 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

- **Geleneksel sulu gaz yıkayıcılar yerine biyolojik atık gaz yıkayıcıların veya kompost filtrelerin kullanılması**

Aritılacak gazların fenoller gibi biyolojik olarak çözünebilir maddeler içermesi halinde biyolojik olarak arıtılan atıksu daha fazla sıklıkta sirküle edilebildiği için ve geleneksel sulu gaz yıkayıcılara kıyasla daha az atıksu ürettiği için geleneksel sulu gaz yıkayıcılar yerine biyolojik atık gaz yıkayıcıların veya kompost filtrelerin kullanılması önerilmektedir. Biyolojik atık gaz yıkayıcı kullanımı ancak arıtılacak gazlar kolayca parçalanabilen maddeler (örneğin fenoller) içeriyorsa düşünülebilir. Biyolojik atık gaz yıkayıcılar, biyolojik olarak arıtılmış suyu yeniden sirküle edebildiği için geleneksel ıslak yıkayıcılara göre daha az atıksu üretirler (IPPC BREF, 2005a).

- **Karbonatların çökmesini arttırmak için ikinci çökeltme aşamasından önce karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) enjeksiyonu ile yıkama suyu akışında iki aşamalı bir çökeltme prosesi vasıtasıyla geri kazanım sağlanması**

Atıksu deşarjını en aza indirmek için en etkili yöntemlerden biri yıkama suyunun sirkülasyonunu arttırmaktır. Yüksek sirkülasyon ve ileri arıtma teknikleri uygulanarak geri kazanılan atıksu yeşil alan sulama amacıyla kullanılabilir. (BREF , 2013).

- **Kullanılan ayırıcı madde miktarının kontrolü için otomatik püskürtme prosesinin kullanılması**

Otomatik püskürtme işlemiyle demir döküm işlemlerinde kullanılan ayırıcı maddenin su bazlı çözeltisi yüksek basınçlı döküm (HPDC) kalıbı üzerine püskürtülür. Bu işlem kalıbın soğutulmasını sağlar. Buna benzer basit proses değişiklikleriyle demir döküm işlemlerinde kullanılan ayırıcı maddenin ve su tüketiminin azaltılması sağlanabilir (IPPC BREF, 2005a).

- **Külçe döküm yerine sürekli döküm yapılması**

Bu yöntemin talaşlı değirmenler ve kütük fabrikalarının elimine edilmesi nedeniyle enerji tasarrufu, azaltılmış emisyonlar ve azalan su kullanımı, iyileştirilmiş çalışma koşulları, yüksek verimlilik gibi avantajları vardır. İstenen çelik kalitesi elde edildikten sonra çelikler bir döküm potasında döküm makinelerine taşınır. Döküm işlemlerinde, standart yöntem ergimiş çeliğin süresiz bir prosesle kalıcı kalıplara (kalıcı kalıp veya külçe döküm) dökülmesidir. Ortadan kalkan talaşlı değirmenler ve kütük fabrikaları sayesinde emisyonlar ve su kullanımı azalır. Enerji eldesinin yanı sıra iyileştirilmiş çalışma koşulları ve %95 üzerinde yüksek verim elde edilir (BREF , 2013).

- **Sürekli dökümden kaynaklanan atıksu miktarını en aza indirmek amacıyla sıyırma tanklarında veya diğer cihazlarda bulunan yağın bertaraf edilmesi**

Katıların flokülasyon, çökeltme ve/veya filtrasyon yoluyla uzaklaştırılması, sıyırma tanklarında veya başka cihazlarda yağın çıkarılması, soğutma suyunun ve vakum üreticiden gelen suyun mümkün olduğu kadar sirkülasyonunun yapılması gibi tekniklerin birlikte uygulanmasıyla yağ giderimi ve atıksu miktarının azaltılması sağlanabilir (BREF , 2013).



- **Toz giderme işlemi için sulu sistemler yerine yeniden kullanımı sağlayan kuru işlemlerin uygulanması**

Toz ve partikül giderme işlemi için, hem sulu hem de kuru sistemler kullanılmaktadır. Kuru sistemlerin kullanımının ana avantajı, tozun kuru olarak yakalanmasıdır. Ayrıca, sulu sistemlerde olduğu gibi, ortama başka herhangi kirlilik aktarmaz (IPPC BREF, 2005a).

- **Yıkama suyu devresindeki askıda katı maddelerin hidrosiklon ve/veya çökeltme yoluyla uzaklaştırılması**

Yıkama atıksuları uygun pH düzenlemelerinden sonra geri kazanılarak yeniden kullanılabilir. Yıkama suyu devresinde hidrosiklon ve/veya askıda katı maddelerin çökmesi sonucu çamur oluşumu söz konusudur (BREF , 2013).

- **Su toplama sisteminin sızıntıdan gelen yağları toplayacak şekilde tasarlanması ve atıksular için yağ önleyici kullanılması**

Yağ önleyiciler, kalıcı kalıp dökümhanelerinden çıkan atıksular için kullanılır. Kalıp döküm otomatlarının hidrolik sistemleri potansiyel olarak petrol ve hidrolik yağ sızdırabilir. Su toplama sistemi, sızıntılardan kaynaklanan yağı toplayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ortaya çıkan atıksu yağ önleyici kullanılarak arıtılabilir ve su kirliliği önlenir (IPPC BREF, 2005a).

- **Bazik oksijen fırını (BOF) emisyonlarının ıslak temizleme ile arıtmadan sonra atıksu oluştuğundan, bu metod yerine kuru metodlar ile tozsuzlaştırılması**

Islak temizleme prosesinde BOF gazındaki emisyonların giderimi için yıkayıcılar kullanılmaktadır. Bu sistem ile bir taraftan gazın temizlenmesi sağlanırken diğer taraftan kirlenmelerin suya geçmesi nedeniyle atıksu oluşmaktadır. BOF gazının kuru metodlar ile tozsuzlaştırılması ile su tüketimi ve birincil atıksu oluşumu önlenmektedir (BREF , 2013).



<https://www.hartmann.com/en/wp-content/uploads/2015/11/aluminum-sand-casting-services-banner.jpg>  
Kum Kalıba Alüminyum Döküm İşlemi

## 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 deşarjı 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 çıktılarının 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 kullanılabilir (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 kullanımının azaltımı ve optimizasyonu için personele teknik eğitimlerin verilmesi**

Bu tedbir ile personelin eğitimi ve farkındalığı artırılarak su tasarrufu ve su geri kazanımı sağlanabilmekte, su tüketimi ve maliyetleri azaltılarak su verimliliği sağlanabilmektedir. Endüstriyel tesislerde personelin gerekli teknik bilgiye sahip olmaması sebebiyle yüksek miktarda su kullanımı ve atıksu oluşumu ile ilgili problemler ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, endüstriyel operasyonlarda su tüketiminde önemli bir oranı temsil eden soğutma kulesi operatörlerinin uygun şekilde eğitilmesi ve teknik bilgiye sahip olması önemlidir. Üretim proseslerinde su kalite gereksinimlerinin belirlenmesi, su ve atıksu miktarlarının ölçülmesi vb. uygulamalarda da ilgili personelin yeterli teknik bilgiye sahip olması gereklidir (TOB, 2021). Bu nedenle, su kullanımının azaltılması, optimizasyonu ve su tasarrufu politikaları hakkında personele eğitim verilmesi önem arz etmektedir. Personelin su tasarrufu ile ilgili çalışmalara dahil edilmesi, su verimliliğine yönelik girişimlerin öncesinde ve sonrasında su kullanım miktarları hakkında düzenli raporlar oluşturulması ve bu raporların personel ile paylaşılması gibi uygulamalar, sürece katılımı ve motivasyonu desteklemektedir. Personel eğitimi ile elde edilecek teknik, ekonomik ve çevresel faydalar orta veya uzun vadede sonuç vermektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021).

• **Üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve oluşan atıksuların miktar ve nitelik açısından izlenmesi ve bu bilgilerin çevre yönetim sistemine adapte edilmesi**

Endüstriyel tesislerde kaynak kullanımları mevcut olup kaynak kullanımı sonucunda oluşan verimsizlik ve çevresel problemler girdi-çıkı akışlarından kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve atıksuların miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Proses bazlı miktar ve kalite izlemesi diğer iyi yönetim uygulamalarıyla (personel eğitimi, çevre yönetim sistemi kurulması vb.) birlikte enerji tüketiminde %6-10, su tüketiminde ve atıksu miktarlarında %25'e varan oranlarda azaltım sağlayabilmektedir (Öztürk, 2014).

Suyun ve atıksuyun miktar ve nitelik açısından izlenmesine yönelik başlıca aşamalar şunlardır:

- Prosesler bazında su, enerji vb. tüketimlerin izlenmesi için izleme ekipmanlarının kullanılması (sayaçlar gibi),
- İzleme prosedürlerinin oluşturulması,
- Üretim prosesine ilişkin tüm girdi ve çıktılarının (hammadde, kimyasal, su, ürün, atıksu, çamur, katı atık, tehlikeli atık ve yan ürün) kullanım/çıkış noktalarının belirlenmesi, miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi, dokümanite edilmesi, karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve raporlanması,
- Hammaddelerin ürüne dönüştüğü üretim proseslerinde hammadde kayıplarının izlenmesi ve hammadde kayıplarına karşı önlemler alınması (ÇŞİDB, 2020e).

- ***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).

- ***Su akış şemalarının ve su için kütle denkliklerinin hazırlanması***

Endüstriyel tesislerde su kullanım ve atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi, üretim prosesleri ve üretim prosesleri dışındaki yardımcı proseslerde su-atıksu denkliklerinin oluşturulması genel olarak birçok iyi yönetim uygulamasının temelini oluşturmaktadır. Tesis genelinde ve üretim prosesleri bazında proses profillerinin oluşturulması; gereksiz su kullanım noktalarının ve yüksek su kullanım noktalarının belirlenmesini, su geri kazanım imkanlarının değerlendirilmesini, proses modifikasyonlarını ve su kayıplarının belirlenmesini kolaylaştırmaktadır (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).

### • **Temiz su akımlarının kirliliğiyle 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 artırılabilmekte, 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).

- ***Tüm atıksu oluşum noktalarında atıksu miktarlarının ve niteliklerinin karakterize edilmesiyle arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı mümkün olan atıksu akımlarının belirlenmesi***

Endüstriyel tesislerde atıksu oluşum noktalarının belirlenmesi ve karakterize edilmesiyle çeşitli atıksu akımlarının arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanımı mümkündür (Öztürk, 2014; TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Bu kapsamda filtre geri yıkama suları, TO konsantreleri, blöf suları, kondens suları, nispeten temiz yıkama ve durulama suları aynı/farklı proseslerde ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (tesis ve ekipman temizliği gibi) arıtılmadan yeniden kullanılabilir. Bunun dışında doğrudan tekrar kullanımı mümkün olmayan atıksu akımlarının uygun arıtma teknolojileri kullanılarak arıtıldıktan sonra üretim proseslerinde yeniden kullanımı mümkündür.

Membran filtrasyon prosesleri birçok atıksu yeniden kullanım sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır. Nanofiltrasyon (NF) ve Ters osmoz (TO) filtreleme sistemleri, endüstriyel atıksu geri kazanımı için kullanılmaktadır. Mikrofiltrasyon (MF) ve ultrafiltrasyon (UF) genellikle suyun NF veya TO işlemine gitmeden önce ön arıtımı için kullanılmaktadır (Singh vd., 2014).

- ***Soğutma suyunun diğer proseslerde proses suyu olarak kullanılması***

Isıl enerjinin yoğun olarak kullanıldığı ve soğutmanın gerekli olduğu proseslerde su ile soğutma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğutma suyu geri dönüşünde ısı değiştiricilerin kullanılması ile ısı geri kazanımı yapılması, soğutma suyunun kirlenmesinin önlenmesi ve soğutma suyu geri dönüş oranlarının artırılması ile su ve enerji tasarrufu sağlanması mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Ayrıca soğutma sularının ayrı toplanması durumunda, toplanan suların soğutma amaçlı kullanılması ya da uygun proseslerde tekrar değerlendirilmesi genellikle mümkündür (EC, 2009). Soğutma sularının yeniden kullanımı ile toplam su tüketiminde %2-9 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (Greer vd., 2013). Enerji tüketiminde ise %10'a varan oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014; TOB, 2021).

- ***Yıkama ve durulama sularının tekrar kullanım kapsamının belirlenmesi***

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 kullanılabilir (Öztürk, 2014). Böylelikle ham su tüketiminde %1-5 arasında tasarruf sağlanması mümkündür (TOB, 2021).

- ***Ekipman temizliği, genel temizlik vb. işlemlerde basınçlı yıkama sistemlerinin kullanılması***

Su nozulları ekipman tesis temizliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su tüketiminin ve atıksu kirlilik yüklerinin azaltılmasında doğru yerleştirilmiş, uygun nozulların kullanılmasıyla etkili sonuçlar elde edilebilmektedir. Yüksek su tüketimi gerçekleştiren ve mümkün olan noktalarda aktif sensörler ve nozulların kullanılması suyun verimli kullanımı açısından oldukça önemlidir. Mekanik ekipmanların basınçlı nozullar ile değişimi sayesinde önemli oranda su tasarrufu sağlamak mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016). Teknik açıdan uygun olan proseslerde su basıncı optimize edilmiş nozulların kullanımıyla su tüketiminin, atıksu oluşumunun ve atıksu kirlilik yükünün azaltılması uygulamadaki başlıca çevresel faydaları oluşturmaktadır.

- ***Su kullanımını optimize etmek için otomatik kontrol-kapatma vanalarının kullanılması***

Su tüketiminin akış kontrol cihazları, sayaçlar ve bilgisayar destekli izleme sistemleri kullanılarak izlenmesi ve kontrol edilmesi teknik, çevresel ve ekonomik açıdan önemli avantajlar sağlamaktadır (Öztürk, 2014). Tesis içerisinde ve çeşitli proseslerde tüketilen su miktarının izlenmesi su kayıplarını önlemektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Tesis geneli ve üretim prosesleri özelinde debimetre ve sayaçların kullanılması, sürekli çalışan makinelerde otomatik kapatma vanaları ve valflerin kullanılması, bilgisayar destekli sistemler kullanılarak su tüketimleri ve belirlenen bazı kalite parametrelerine göre izleme-kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Söz konusu uygulamayla proses bazında su tüketimlerinde %20-30'a varan oranlarda tasarruf sağlanması mümkündür (DEPA, 2002; LCPC, 2010; IPPC BREF, 2003). Prosesler bazında su tüketiminin izlenmesi ve kontrolü ile proses suyu tüketiminde %3-5 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014).

- ***İçme suyunun üretim hatlarında kullanımından kaçınılması***

İmalat sanayinin farklı alt sektörlerinde üretim amaçlarına uygun olarak farklı su kalitesine sahip sular kullanılabilir. Endüstriyel tesislerde genellikle yeraltı su kaynaklarından temin edilen ham sular arıtıldıktan sonra üretim proseslerinde kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda üretim proseslerinde maliyetli olmasına rağmen içme suları doğrudan kullanılabilir ya da ham sular klorlu bileşikler ile dezenfekte edildikten sonra üretim proseslerinde değerlendirilmektedir. Bakiye klor içeren bu sular üretim proseslerinde su içerisinde bulunan organik bileşikler (doğal organik maddeler (DOM)) ile reaksiyona girerek canlı metabolizmalar açısından zararlı dezenfektan yan ürünlerini oluşturabilmektedir (Özdemir & Toröz, 2010; Oğur vd.; TOB, 2021). Bakiye klor bileşikleri içeren içme sularının ya da klorlu bileşikler ile dezenfekte edilmiş ham suların kullanımından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Ham suların dezenfeksiyonunda klorla dezenfeksiyon yerine ultraviyole (UV), ultrason (US) ya da ozon gibi yüksek oksidasyon kabiliyetine sahip dezenfeksiyon yöntemleri kullanılabilir. Uygulamayla sağlanacak teknik, ekonomik ve çevresel faydanın artırılabilmesi için her bir üretim prosesinde gerek duyulan su kalitesi parametrelerinin belirlenerek kullanılması, gereksiz su temin ve arıtım maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu uygulamayla su, enerji, kimyasal maliyetlerinin azaltılması mümkündür (TUBİTAK MAM, 2016).

- ***Yağmur sularının toplanarak tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi***

Su kaynaklarının azaldığı günümüzde yağmur suyu hasadı özellikle az yağış alan yörelerde sıkça tercih edilmektedir. Yağmur suyu toplama ve dağıtım sistemleri konusunda farklı teknolojiler ve sistemler mevcuttur. Sarnıç sistemleri, zemine sızdırma, yüzeyden toplama ve filtre sistemleri kullanılmaktadır. Özel drenaj sistemleri ile toplanan yağmur suları ihtiyaç duyulan kalite gereksinimlerini karşılaması halinde üretim prosesleri, bahçe sulaması, tank ve ekipman temizliği, yüzey temizliği vb. amaçlar için kullanılabilir (Tanık vd., 2015).

Çeşitli örneklerde sanayi tesislerinde toplanan çatı yağmur suyu depolandıktan sonra bina içinde ve peyzaj alanlarında kullanılarak peyzaj sulamasında %50 su tasarrufu sağlanmıştır (Yaman, 2009). Zeminin geçirimini artırmak ve yağmur suyunun sahada toprağa geçmesini ve emilmesini sağlamak amacı ile delikli taşlar ve yeşil alanlar tercih edilebilir (Yaman, 2009). Bina çatılarında toplanan yağmur suları araç yıkama ve bahçe sulamada kullanılabilir. Toplanan suların kullanıldıktan sonra biyolojik arıtmayla %95 oranında geri kazanılarak yeniden kullanılması mümkündür (Şahin, 2010).

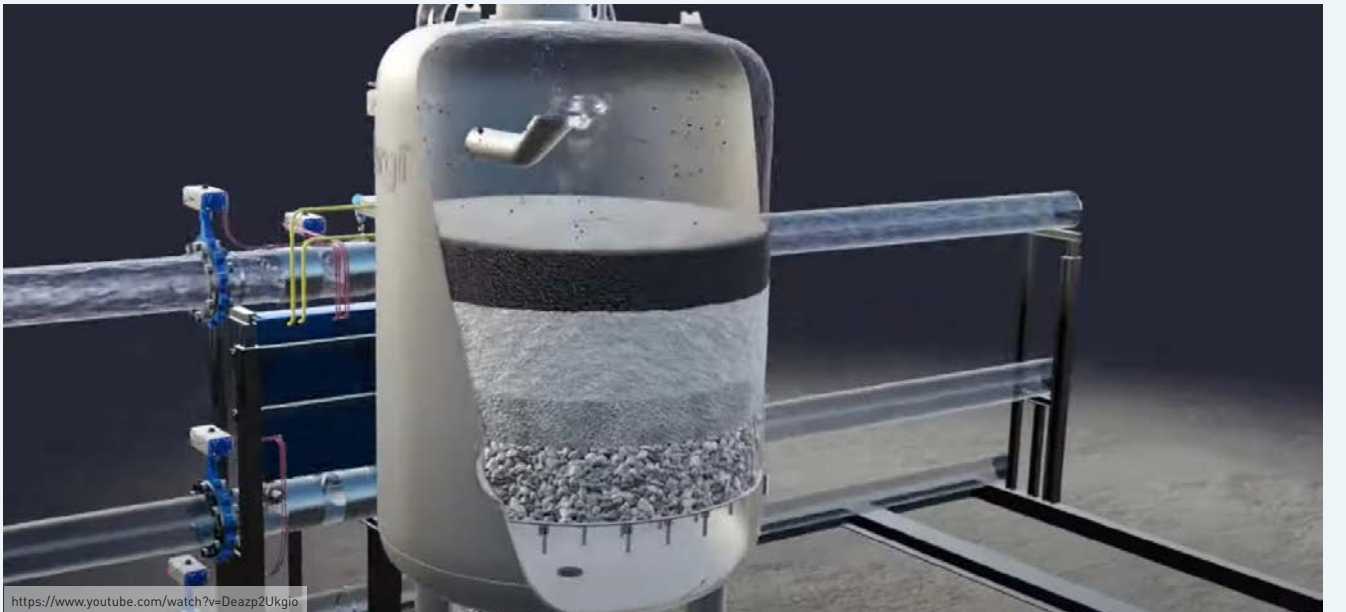


- ***Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon sıklığıının ve süresinin (durulamalar da dahil) optimize edilmesi***

Endüstriyel tesislerde ham suyun yumuŝatılmasında en sık kullanılan yöntemlerden birisi olan katyonik iyon değiştirici reĝineler rutin olarak rejener edilmektedir. Rejenerasyonda sırasıyla reĝinenin ham su kullanılarak ön yıkama, tuzlu suyla rejenerasyon ve son durulama işlemleri yapılmaktadır. Rejenerasyon periyotları suyun sertliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Sertlik yüksekse su yumuşatma sistemlerinde daha sık rejenerasyon yapılmalıdır.

Rejenerasyon işlemlerinde yıkama, rejenerasyon ve durulama atıksuları genellikle doğrudan uzaklaştırılmaktadır. Bununla beraber yıkama ve son durulama suları ham su kalitesindeyse ham su deposuna gönderilebilmekte veya tesis temizliği, yeşil alan sulama gibi yüksek su kalitesi gerektirmeyen proseslerde yeniden kullanılabilir (TOB, 2021).

Rejenerasyon sistemlerinde optimum rejenerasyon sıklığıının belirlenmesi oldukça önemlidir. Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon, tedarikçinin önerdiği sıklıklara göre veya yumuşatma sistemine giren debiye ve süreye bağlı olarak ayarlansa da bu sıklık ham sudaki kalsiyum konsantrasyonuna bağlı olarak da değişmektedir. Bu sebeple rejenerasyon sıklığı belirlenirken online sertlik ölçümü uygulanmaktadır. Böylece rejenerasyon sıklıkları optimize edilebildiği gibi online sertlik sensörleri kullanılarak gereğinden fazla yıkama durulama veya tuzlu suyla geri yıkama yapılması engellenebilmektedir.



Su Yumuşatma Sistemleri

- ***Su yumuşatma öncesindeki basınçlı filtrasyon geri yıkama sularının uygun noktalarda yeniden kullanılması***

Pek çok endüstriyel proses için düşük kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonuna sahip yumuşatılmış sulara ihtiyaç duyulmaktadır. Su yumuşatma sistemleri ile sert suyun içindeki kalsiyum, magnezyum ve diğer bazı metal katyonlar su içinden uzaklaştırılarak yumuşak su elde edilmektedir.

Su yumuşatma öncesinde basınçlı filtrasyon geri yıkama sularının uygun noktalarda yeniden kullanılması ile tasarruf sağlanmaktadır. Bu tedbir, "Filtrasyon işlemlerinde filtre geri yıkama sularının, üretim süreçlerinde nispeten temizlik sularının tekrar kullanılması, yerinde temizlik sistemleri kullanılarak su tüketiminin azaltılması" gibi uygulamalar ile içerik olarak benzerlik göstermektedir.

- ***Nanofiltrasyon (NF) veya ters osmoz (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan tekrar kullanılması***

Atıksu karakterizasyonuna ve uygun kullanım noktalarına göre, membran proseslerinden kaynaklanan diğer atıksuların yeniden kullanım potansiyelleri (kimyasal kullanılmadan veya kimyasal kullanılarak geri yıkama, CIP temizlik, modül temizliği, kimyasal tankların temizliği, vb.) değerlendirilmelidir.

Nanofiltrasyon kuyu suyunun ve yüzey suyunun arıtılması için uygun olan düşük enerji tüketimine ve düşük işletme basınçlarına sahip membran bazlı bir sıvı ayırma tekniğidir Ters osmoz da membran bazlı sıvı ayırma tekniği olup nanofiltrasyondan daha küçük maddeleri ayırabilir (Akgül, 2016).

Nanofiltrasyon veya ters osmoz konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan yeniden kullanılması ile tasarruf sağlanmaktadır. Filtrasyon işlemlerinde filtre geri yıkama sularının üretim süreçlerinde temiz suların tekrar kullanılması ve temizlik sistemleri kullanarak su tüketiminin azaltılması yönünde önlemler alınmalıdır (TOB, 2021).



Ters Osmoz Sistemi

- **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 enerji 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 ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının mümkün olduğunca engellenmesi**

Endüstriyel tesislerde yağlar, emülsiyonlar ve binderler gibi sucul ortam için risk taşıyan kimyasalların atıksu akımlarına karışmasının engellenmesi için kuru temizleme teknikleri kullanılabilir ve sızıntılar önenebilir. Bu sayede su kaynaklarının korunması sağlanabilir (TUBİTAK MAM, 2016).

- **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.

- **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 kullanılarak faaliyetler arasında durulama ihtiyacının önlenmesi***

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

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

Yıkama sularının geri kullanımıyla %25-50 oranlarında su tasarrufu mümkündür. Uygulama için rezerve tanklara ve yeni boru hatlarına ihtiyaç duyulabilir. Alternatif durumlarda yıkama çözeltisi doğrudan sistem içerisinde bekletilmekte ve özelliğini kaybedene kadar defalarca kullanılabilir.

- ***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.

- ***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.



<https://sayachizmet.com/wp-content/uploads/2020/01/SCADA-nedir-1280x720-1.jpg.webp>

Bilgisayar Destekli Kontrol Sistemi

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

Endüstriyel tesislerde verimsiz kaynak kullanımı ve çevresel problemler doğrudan girdi-çıkıtı 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-çıkıtı 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).

- **Filtrasyon işlemlerinde filtre yıkama sularının tekrar kullanılması, üretim süreçlerinde nispeten temiz temizlik sularının tekrar kullanılması ve yerinde temizlik sistemleri (CIP) kullanılarak su tüketiminin azaltılması**

Aktif karbon filtreler ve yumuşatma cihazlarının ters yıkamalarından kaynaklanan atıksular çoğunlukla içerik olarak sadece yüksek oranda askıda katı madde (AKM) içermektedir. Geri kazanımı en kolay atıksu türlerinden olan ters yıkama suları ultrafiltrasyon tesisleriyle filtrelenerek geri kazanılabilir. Bu şekilde %15'e varan oranlarda su tasarrufu sağlanmaktadır (URL - 1, 2021).

Rejenerasyon işlemi sonrasında oluşan rejenerasyon atıksuları yüksek tuz içeriğine sahip yumuşak sular ve toplam su tüketiminin yaklaşık %5-10'unu oluşturmaktadır. Rejenerasyon atıksularının ayrı bir tankta biriktirilerek yüksek tuz gereksinimi duyulan proseslerde, tesis temizliğinde ve evsel kullanımlarda değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Bunun için bir rezerve tank, su tesisatı ve pompaya ihtiyaç duyulmaktadır. Rejenerasyon atıksularının yeniden kullanılmasıyla su tüketiminde, enerji tüketiminde, atıksu miktarlarında ve atıksuların tuz içeriğinde yaklaşık %5-10 oranında azalma sağlanmaktadır (Öztürk, 2014). Geri ödeme süresi rejenerasyon sularının üretim proseslerinde, tesis temizliğinde ve evsel amaçlı kullanımlarda tüketilmesi durumuna göre değişiklik göstermektedir. Yüksek tuz gerektiren üretim proseslerinde rejenerasyon sularının yeniden kullanılması durumunda (hem su hem de tuz geri kazanımı yapılmış olacağından) potansiyel geri ödeme süresinin bir yıldan daha kısa olacağı tahmin edilmektedir. Tesis ve ekipman temizliği, evsel kullanımlarda ise geri ödeme süresinin bir yılın üzerinde olacağı tahmin edilmektedir (TOB, 2021).

Ülkemizde ters osmoz (TO) konsantreleri diğer atıksu akımları ile birleştirilerek atıksu arıtma tesisi kanalına verilmektedir. İlave sertlik giderimi amacıyla kullanılan TO sistemlerinde oluşan konsantrelerin bahçe sulamasında, tesis içi ve tank-ekipman temizliğinde kullanılabilir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Ayrıca ham su kalitesine yönelik izlemelerin yapılandırılmasıyla birlikte TO konsantrelerinin ham su haznelere geri beslenip karıştırılarak tekrar değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (TOB, 2021).

- **Su ve enerji israfını engellemek için üretim prosedürlerinin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve çalışanlar tarafından kullanılması**

Bir işletmede verimli üretim yapılabilmesi için potansiyel sorunların ve kaynaklarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ve üretim aşamalarının kontrol edilmesi amacıyla etkin prosedürler uygulanmalıdır (Ayan, 2010). Üretim süreçlerinde uygun prosedürlerin belirlenerek uygulanması kaynakların (hammadde, su, enerji, kimyasal, personel ve zaman gibi) daha verimli kullanılmasını ve üretim süreçlerinde güvenilirlik ve kalitenin güvence altına alınmasını sağlamaktadır (Ayan, 2010). Üretim süreçlerinde dokümante edilmiş üretim prosedürlerinin bulunması işletme performansının değerlendirilmesi ve sorunların çözümü için ani refleks geliştirme kabiliyetinin geliştirilmesine katkıda bulunur (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Üretim prosesleri özelinde oluşturulan prosedürlerin etkin şekilde uygulanıp izlenmesi ürün kalitesinin güvence altına alınması, geri beslemelerin alınabilmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesinde en etkili yollardan biridir (Ayan, 2010). Üretim prosedürlerinin dokümante edilip etkin şekilde uygulanması ve izlenmesi iyi bir yönetim uygulaması olup, temiz üretim yaklaşımının ve çevre yönetim sisteminin yapılandırılması ve sürekliliğinin sağlanmasında etkili bir araçtır. Potansiyel faydaların yanında uygulamanın maliyeti ve ekonomik kazanımları konusunda sektörden sektöre ya da tesis yapısına bağlı olarak değişiklikler olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021). Üretim prosedürlerinin oluşturulması ve izlenmesi maliyetli olmamakla birlikte sağlayacağı tasarruf ve faydalar göz önünde bulundurulduğunda geri ödeme süresi kısa olabilir (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021).

- **Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması ve tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi**

Endüstriyel üretim süreçlerinde hammaddenin ürüne dönüşmesine kadarki sürecin en az proses kullanılarak planlanması iş gücü maliyetlerinin, kaynak kullanımı maliyetlerinin ve çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin sağlanması için etkili bir uygulamadır. Bu kapsamda üretim süreçlerinin yeniden gözden geçirilerek en az sayıda proses adımı kullanılacak şekilde yeniden revize edilmesi gerekli olabilmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Temel üretim proseslerindeki bazı yetersizlikler, verimsizlik ve tasarım hataları nedeniyle istenilen ürün kalitesinin sağlanamadığı durumlarda üretim proseslerinin yenilenmesi gerekebilir. Dolayısıyla bu durumda birim miktardaki ürünün imalatında gerekli olan kaynak kullanımı ve oluşan atık, emisyon ve katı atık miktarı artmaktadır. Üretim süreçlerinde zaman optimizasyonu yapılması etkin bir uygulamadır (TUBİTAK MAM, 2016).



## 2.1.4 Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler

### Soğutma sistemlerine ilişkin MET'ler

- ***Su kullanımının azaltılması amacıyla kapalı döngü soğutma sisteminin kullanılması***

Kapalı döngü soğutma sistemleri, daha yoğun su kullanıma sahip açık döngü sistemlere kıyasla su tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Kapalı döngü sistemlerde, aynı su sistem içerisinde resirküle edilirken, genellikle buharlaşan su miktarı kadar soğutma suyu ilavesi gerekmektedir. Soğutma sistemlerinin optimize edilmesiyle buharlaşma kayıpları da azaltılabilmektedir.

- ***Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısının artırılarak, tamamlama suyunun kalitesi iyileştirilerek su tüketiminin azaltılması***

Su, imalat sanayinin üretim proseslerinde ve ürünlerin soğutulması gibi birçok procese 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 azaltılarak su tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca soğutma tamamlama suyunun iyi şartlandırılması da döngü sayısını artırılabilir (TOB, 2021).

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

Isınan ürün, proses ve ekipmanların soğutulması için endüstriyel soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla kapalı ve açık devre soğutma sistemleri kullanılabilir gibi bir akışkanın (gaz ya da sıvı) ya da kuru havanın kullanıldığı endüstriyel soğutma sistemleri de 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 su 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 atıldığından 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).



Soğutma Sistemleri (Chiller)

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

Soğutma kuleleri 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 çözülmüş 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).



- **Islak soğutma ihtiyacı olan proseslerin 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 buharlaştırıcı 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).

- **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 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).

## Kaynakça

- Abbassi, B., & Al Baz, İ. (2008). Integrated Wastewater Management: A Review. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74492-4\\_3](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.
- Akgül, D. (2016). Türkiye'de Ters Osmoz ve Nanofiltrasyon Sistemleri ile İçme ve Kullanma Suyu Üretiminin Maliyet Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayan, B. (2010). Kaynaklı İmalat Yapan İşletmelerde Uluslararası Sertifikasyon Sistemleri. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- BREF . (2013). Çelik Üretimi . <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.
- Christopher, S. (1998). ISO 14001 and Beyond Environmental Management Systems in the Real World.
- ÇŞİDB. (2020e). Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları Projesi. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Delmas, M. (2009). Erratum to "Stakeholders and Competitive Advantage: The Case of ISO 14001. doi:10.1111/j.1937-5956.2004.tb00226.x.
- DEPA. (2002). Danish Environmental Protection Agency (DEPA). Danish Experience, Best Available Techniques-Bat in the Clothing and Textile Industry.
- EC. (2009). Enerji Verimliliğine İlişkin En Uygun Teknikler Kaynak Belgesi. Avrupa Komisyonu.
- Greer, L., Keane, S., Lin, C., & James, M. (2013). Natural Resources Defense Council's 10 Best Practices for Textile Mills to Save Money and Reduce Pollution. Natural Resources Defense Council.
- 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. (2005a). Demirhaneler ve Dökümhaneler Endüstrisi. <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.
- 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,.
- Kuprasertwong, N., Padungwatanaroj, O., Robin, A., Udomwong, K., Tula, A., Zhu, L., . . . Gani, R. (2021). Computer-Aided Refrigerant Design: New Developments.
- LCPC. (2010). Lebanese Cleaner Production Center . Cleaner Production Guide for Textile Industries.
- 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>.
- Oğur, R., Tekbaş, Ö. F., & Hasde, M. (2004). Klorlama Rehberi: İçme ve Kullanma Sularının Klorlanması. Ankara: Gülhane Askeri Tıp Akademisi Halk Sağlığı Anabilim Dalı.

- Özdemir, K., & Toröz, İ. (2010). İçmesuyu Kaynaklarında Klorlama Yan Ürünlerinin Deferansiyel UV Spektroskopi Yöntemi ile İzlenmesi. İtüdergisi.
- 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.
- Singh, M., Liang, L., Basu, A., Belsan, M., Hallsby, G., & Morris, W. (2014). 3D TRASAR™ Technologies for Reliable Wastewater Recycling and Reuse. doi:10.1016/B978-0-08-099968-5.00011-8.
- Şahin, N. İ. (2010). Binalarda Su Korunumu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tanık, A., Öztürk, İ., & Cüceloğlu, G. (2015). Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı). Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- 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.
- URL - 1. (2021). Filtre Ters Yıkama Sularının Geri Kazanımı. <https://rielli.com/portfolio/filtre-ters-yikama-sularinin-geri-kazanimi/> adresinden alındı
- Yaman, C. (2009). Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Bina. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.



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

[0212] 276 65 48

[www.iocevre.com](http://www.iocevre.com)