



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



Su **Verimliliği**  
Seferberliği



# Su Verimliliği Rehber Dokümanları Serisi

## DOKUMA

NACE KODU: 13.20

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 Müdürlüğünün izni alınmadan kullanılamaz ve çoğaltılamaz.

# İçindekiler

	Kısaltmalar	4
1	Giriş	5
2	Çalışmanın Kapsamı	8
2.1	Doküman	10
2.1.1	Sektöre Özgü Önlemler	20
2.1.2	İyi Yönetim Uygulamaları	38
2.1.3	Genel Önlemler Niteliğindeki Önlemler	42
2.1.4	Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler	52
	Kaynakça	58

## 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.

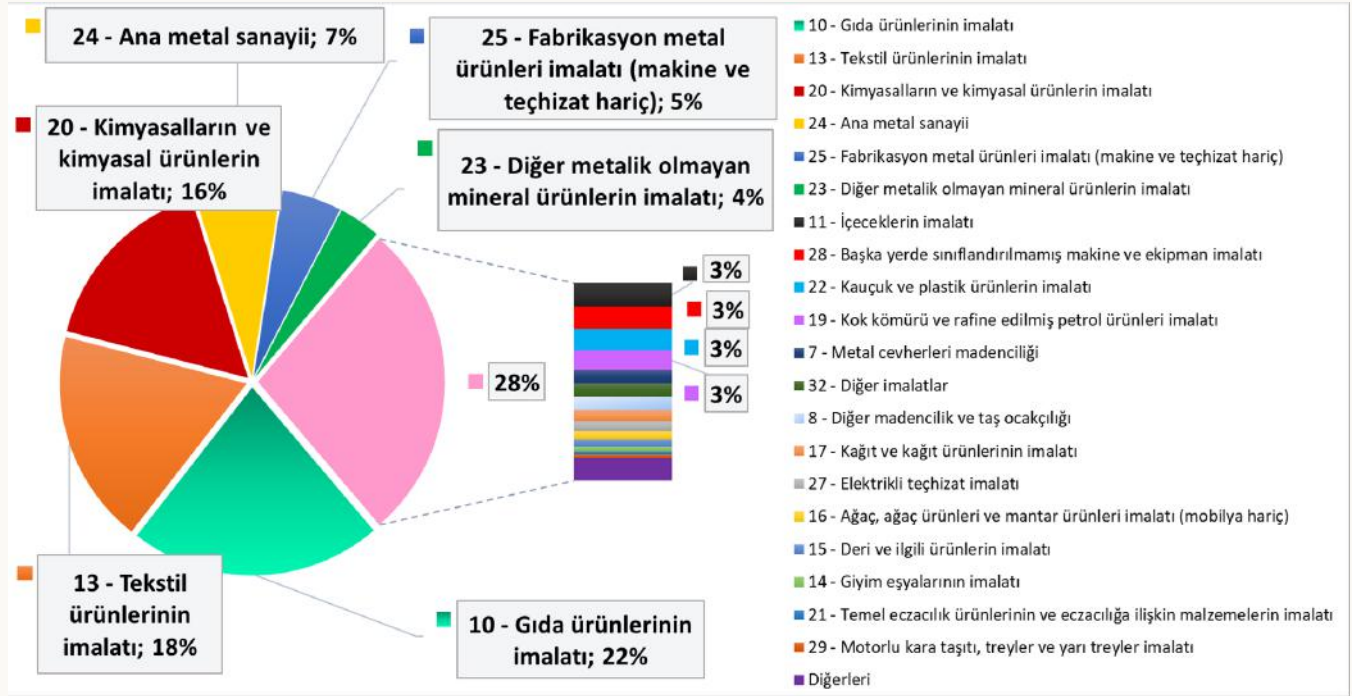
Karbon nötr hedefiyle temiz, döngüsel bir ekonomi modelini hayata geçirmek, kaynakların verimli kullanımını yaygınlaştırmak ve çevresel etkileri azaltmak gibi hedefler üzerinde üye ülkelerin uzlaştığı Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında ülkemizin hazırlamış olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı Eylem Planında 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 yürütölmektedir. 2023/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesiyle yürürlüğe giren “**Değişen İklima 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 Müdürlüğünün sorumluluğuna tanımlanmıştır.

Diğer yandan, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütölen “**NACE Kodlarına Göre Endüstriyel Su Kullanım Verimliliği Projesi**” ile sanayide su verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar kapsamında ölkemize özgü sektörel en iyi teknikler belirlenmiştir. Çalışmanın neticesinde ölkemizde 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 ölkemizde de su tüketiminde en yüksek paya sahip olan sektörler gıda, tekstil, kimya ve ana metal sektörleridir. Çalışmalar kapsamında, ölkemizde 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)
- 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 dağıtım (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)

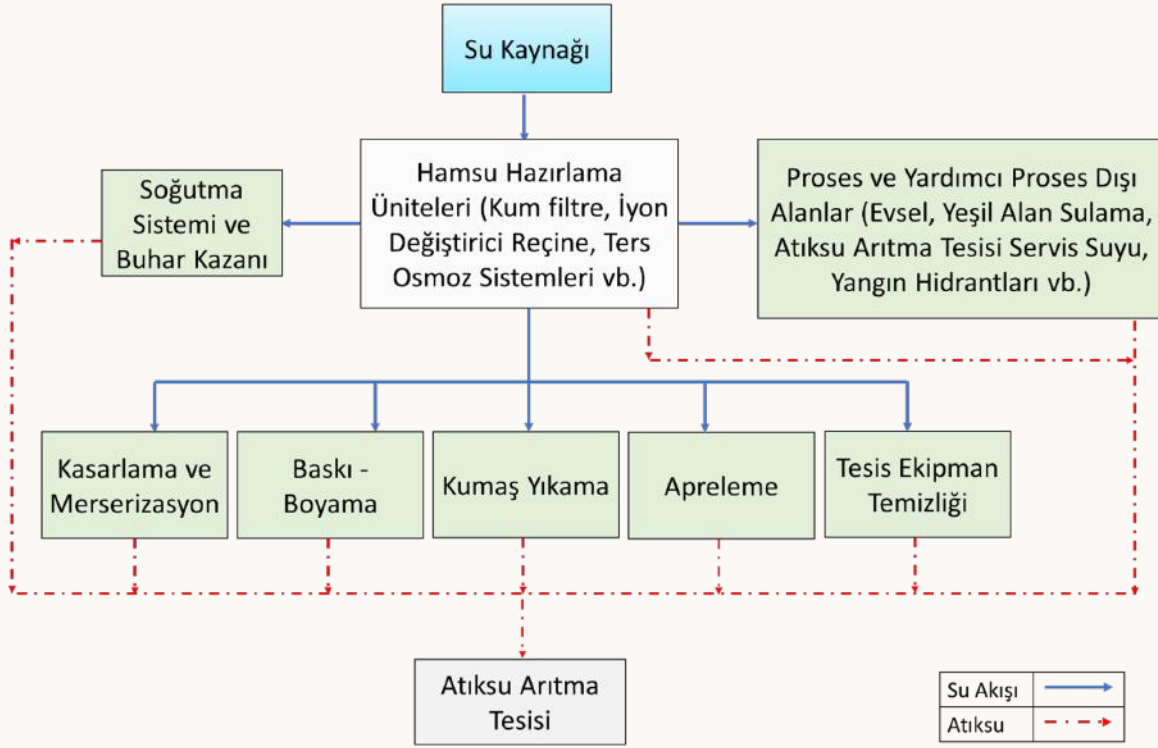
### "Tekstil Ürünlerinin İmalatı" ve "Giyim Eşyalarının İmalatı"

"Tekstil Ürünlerinin İmalatı" ve "Giyim Eşyalarının İmalatı" sektörü altında, rehber dokümanları hazırlanan alt üretim kolları şu şekildedir:

13.10	Tekstil elyafının hazırlanması ve bükülmesi
13.20	Dokuma
13.30	Tekstil ürünlerinin bitirilmesi
13.91	Örgü (triko) veya tığ işi (kroşe) kumaşların imalatı
13.92	Giyim eşyası dışındaki tamamlanmış tekstil ürünlerinin imalatı
13.93	Halı ve kilim imalatı
13.95	Dokusuz kumaşların ve dokusuz kumaştan yapılan ürünlerin imalatı, giyim eşyası hariç
13.96	Diğer teknik ve endüstriyel tekstillerin imalatı
13.99	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer tekstillerin imalatı
14.13	Diğer dış giyim eşyaları imalatı

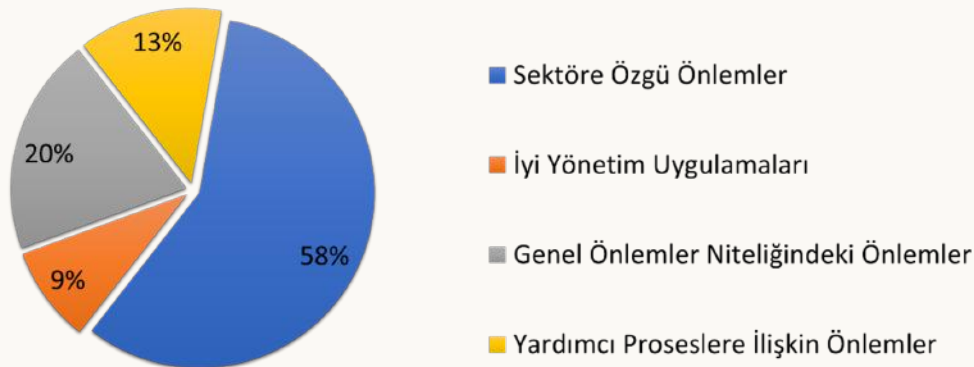
## 2.1 Dokuma (NACE 13.20)

Dokuma Kumaş İmalatı Sektörü Su Akım Şeması



	Minimum	Maksimum
Proje Kapsamında Ziyaret Edilen Tesislerin Spesifik Su Tüketimi (L/kg ürün)	3,8	152,4
Referans Spesifik Su Tüketimi (L/kg ürün)	50	250

Su Verimliliği Uygulamalarının Yüzdelerle Dağılımı



Dokuma kumaş imalatı, çözgü (dikey) ve atkı (yatay) ipliklerinin belirli bir düzende birbiri içerisinden geçerek örtücü bir yüzey oluşturması ile gerçekleşmektedir. Dokunmuş ham kumaşların fiziksel ve kimyasal özellikleri terbiye prosesi ile iyileştirilmektedir. Terbiye prosesi genellikle yakma-haşıl sökme, kasarılama, mersevizasyon ve boyama/baskı adımlarından oluşsa da istenilen nihai ürüne göre bu adımlar değişmektedir. Terbiye prosesinin ilk adımı olan yakma-haşıl sökme her kumaşa uygulanmamakla birlikte temel amacı kumaş üzerindeki haşıl maddesini uzaklaştırmaktır. Pişirme ve ağartma adımlarından oluşan kasarılama ise beyaz olarak kullanılacak ürünleri apreye, boyanacak ürünleri ise boyama işlemine hazırlamaktadır. Mersevizasyon işlemi ise liflerdeki selüloz moleküllerini yeniden düzenleyerek; pamuk liflerinin boya afinitesini, parlaklığını ve kopma mukavemetini artırmak amacıyla pamuk iplik ve dokuma kumaşlara uygulanmaktadır. Boyama proseslerinde boya ve yardımcı malzemeler eklenerek, boyama faaliyeti gerçekleştirilmektedir. Boyama ve durulama işlemi tamamlanan kumaşlar kurutma makinasına alınmaktadır. Baskı işleminde ise baskı şablonları hazırlanarak kumaşa baskı işlemi gerçekleştirilmektedir. Boyahaneden ya da baskıdan gelen kumaşlar apreleme işlemine tabi tutulmaktadır. Apre, kumaş üzerinde yanmazlık, buruşmazlık, su iticilik, ipeksi apre vb. özellikler için kumaşa uygulanan fiziksel ve kimyasal büküm işlemidir. Apre işlemi tamamlanan kumaşlar türlerine uygun sıcaklıklarda ramöz makinalarında kurutulmaktadır. Ramözden çıkan kurutulmuş ve apre işlemi tamamlanmış kumaşlar açık en sanfor makinelerinde kumaşın çekmezliği sağlanarak kumaşın yüzeyi ütülenmektedir. Son olarak kalite kontrolleri tamamlanan kumaşlar ambalajlanarak müşteriye sevk edilmektedir.

Dokuma kumaş imalatı kapsamında genellikle kasarılama, mersevizasyon, baskı/boya ve apreleme proseslerinde su tüketimi gerçekleşmektedir. Sektörde üretim proseslerinde kullanılmak üzere yumuşak su üretilebilmesi için kullanılan aktif karbon filtre, iyon değiştirici reçine, ters osmoz gibi ham su hazırlama ünitelerinde filtre yıkama, reçine rejenerasyonu ve membran temizliği işlemleri için de kayda değer oranlarda su tüketimleri gerçekleşmektedir. Ayrıca soğutma kulesi ve buhar kazanları gibi yardımcı ünitelerde de su tüketimi gerçekleşmektedir.

Dokuma kumaş imalatı sektöründe referans spesifik su tüketimi 50 – 250 L/kg aralığındadır. Çalışma kapsamında analiz edilen üretim kolunun spesifik su tüketimi 3,8 – 152,4 L/kg'dır. Sektöre özgü tekniklerin, iyi yönetim uygulamalarının, genel önlemler niteliğindeki önlemlerin ve yardımcı proseslere ilişkin önlemlerin uygulanması ile sektörde %36 - 61 oranında su kazanımı sağlanması mümkündür.

13.20 Dokuma NACE kodu kapsamında önerilen öncelikli su verimliliği uygulama teknikleri aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
13.20	Dokuma	<p><b>Sektöre Özgü Önlemler</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ağartma işleminde hidrojenperoksit stabilizatörlerinin kullanımının azaltılması</li> <li>2. Rotasyon baskı makinelerinde baskı patı kayıplarının azaltılması</li> <li>3. Boya formülasyonlarının dozlanması ve dağıtımında boya sayısının azaltılması ve otomatik dozlama ve dağıtım sistemlerinin kullanılması</li> <li>4. Elyafa yüksek oranda tutunabilen boyarmaddelerin ve bunu sağlayan yardımcı kimyasalların kullanılması</li> <li>5. Boyama atıksularının kimyasal çöktürme ile arıtılması</li> <li>6. Boyama banyosu çözelti atığının boyamada yeniden kullanılması</li> <li>7. Boyama banyolarının yeniden kullanılması</li> <li>8. Boyama sonrası yıkama atıksularının membran filtrasyon ile geri kazanılması</li> <li>9. Çözgü ipliklerinin önceden ıslatılmasıyla haşıl madde kullanımının azaltılması</li> <li>10. Buhar kayıplarının azaltılması için otomatik kontrol mekanizmalı ekipman ve izolasyon sisteminin kullanılması</li> <li>11. Durulama suyunun bir sonraki boyamada tekrar kullanılması</li> <li>12. İşlenecek lot büyüklüklerine en uygun makinelerin seçilmesi</li> <li>13. Taşar yıkama yöntemi yerine doldur-boşalt sistemlerin uygulanması</li> <li>14. Yeni makinelerin seçiminde düşük flotte oranı tercih edilmesi</li> <li>15. Örgü yağlarının kumaştan uzaklaştırılmasında temizleme ve yıkamada çözücü kullanılması</li> <li>16. Konvansiyonel madeni yağ esaslı lubrikantların yerine biyolojik olarak bozunabilen ve suda çözülebilen lubrikantların kullanılması</li> <li>17. Tehlikeli taşıyıcıların kullanımından kaçınılması</li> <li>18. Reaktif boyalarla boyanan pamuğun son yıkamasında deterjan kullanımı yerine kaynar durulama yapılması</li> <li>19. Reaktif boyalarla pad-batch yöntemiyle boyama yapılarak su ve enerji tüketiminin azaltılması</li> <li>20. Yüksek fiksaj sağlayan düşük tuz oranlı reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama</li> </ol>

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
13.20	Dokuma	<p>21. Elyafta kalan kirli suyun bir sonraki yıkama öncesinde elyaftan uzaklaştırılması</p> <p>22. Emdirme flottelerinin dozlanmasında gelişmiş sistemlerin kullanılması</p> <p>23. Kimyasalların ayrı hatlarla on-line olarak dağıtılması</p> <p>24. Ters akımlı yıkamanın kullanılması</p> <p>25. Yıkama/durulama kaynaklı atıksuların temizlik amaçlı kullanılması</p> <p>26. Sürekli işlemlerde yüksek verimli yıkama makinalarının ve enerji geri kazanım ekipmanlarının kullanılması</p> <p>27. Taşırarak yıkama/durulama yerine doldur-boşalt yıkama veya akıllı durulama tekniklerinin kullanılması</p> <p>28. Asit ve bazik boyalarla gerçekleştirilen boyamalarda pH kontrol yöntemlerinin uygulanması</p> <p>29. Krom içeren boyalar yerine reaktif boyaların kullanılması</p> <p>30. Metal kompleks boyalarla boyama işleminde ağır metallerin atıksuya karışmasının minimize edilmesi</p> <p>31. Baskı boyama bandı temizliğinden gelen yıkama sularının yeniden kullanılması</p> <p>32. Geleneksel yağların suda çözünebilen yağlarla değiştirilmesi</p> <p>33. Kumaşla/iplikle temas etmeyen soğutma sularının toplanarak sıcak su gerektiren işlemlerde yeniden kullanılması</p> <p>34. Ön terbiye ve bitim işlemleri atıksuları dışındaki atıksuların membran teknolojileri kullanarak üretim sürecine geri döndürülmesi</p> <p>35. Terbiye atıksularının diğer proseslerde yeniden kullanılması</p> <p>36. Ürünle temas etmeyen soğutma sularının proses içinde yeniden kullanılması</p> <p>37. Sentetik lif hazırlanma sürecinde biyobozunurluğu düşük olan madeni yağların ikame edilmesi</p> <p>38. Ağartma işleminde kullanılan sodyum hipoklorit ve klorit içeren bileşiklerin ikame edilmesi</p> <p>39. Hipoklorit ağartmasından gelen atıksuyun diğer atıksu akımlarından ve kompozit atıksulardan ayrı tutulması</p>

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
13.20	Dokuma	40. Ön terbiye ve boyama proseslerinde biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen kompleks oluşturuıcı maddelerin kullanılması
		41. Çevresel performansı optimize edilmiş pigment baskı patlarının kullanılması
		42. Boyama sonrası son yıkamadan gelen atıksuların, boyama için gerekli proses suyu kriterlerini sağlaması durumunda boyama banyosu hazırlığında kullanılması
		43. Boyama sonrası yıkama atıksularının adsorpsiyon ile geri kazanılması
		44. Halı ve hacimli kumaşların baskısında dijital jet baskı makineleri kullanılarak baskı patı kayıplarının azaltılması
		45. "Sıcak Çıkarma Sistemi" olan modern haspellerin kullanılması
		46. Hammadde kaynağının kontrol edilemediği durumlarda oksidasyonla haşıl sökme işleminin uygulanması
		47. Haşıl maddelerinin ultrafiltrasyon ile geri kazanılarak yeniden kullanılması
		48. Haşıl sökme/yıkama ve ağartmanın tek bir adımda birleştirilmesi
		49. İlave madde aplikasyonunun düşük olduğu hammaddelerin seçilmesi
		50. Geleneksel toz ve sıvı kükürt boyalarının yerine stabilize edilmiş ön-indirgenmemiş sülfür içermeyen boyarmaddelerin veya sülfür içeriği %1'den az olan ön-indirgenmiş sıvı boya formülasyonlarının kullanılması
		51. Oksitleyici olarak hidrojenperoksit kullanılması
		52. Sadece boyar maddenin indirgenmesi için gerekli miktarda indirgen maddenin kullanılması
		53. Sodyum sülfürün yerine öncelikle kükürt içermeyen indirgen maddelerin veya sodyumdiyonitin kullanılması
54. Merserize durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması		

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri	
13.20	Dokuma	55. Organik çözücülerle yıkama yapılarak suda çözünmeyen yağların uzaklaştırılması	
		56. Termofiksaj işleminin yıkama öncesinde gerçekleştirilmesi	
		57. Az girdili proseslerin kullanılması ve emdirme teknesi hacminin en aza indirilmesi	
		58. Konsantre flotte kayıplarının azaltılması	
		59. Halojenli organik çözücülerin kullanımında tamamen kapalı devre ekipmanlarının kullanılması	
		60. Konvansiyonel reaktif boyalar yerine polifonksiyonel reaktif boyarmaddelerin kullanılması	
		61. Son işlemlerde köpük, püskürtme gibi uygulama teknikleri ile atıksu oluşumunun azaltılması	
		<b>İyi Yönetim Uygulamaları</b>	
		1. Atıksu miktarını ve kirlenici yükünü azaltmak için entegre atıksu yönetimi ve arıtma stratejisi kullanılması	
		2. Çevre yönetim sisteminin kurulması	
		3. Su akış şemalarının ve su için kütle denkliklerinin hazırlanması	
		4. Su kullanımını azaltmak ve su kirliliğini önlemek amacıyla su verimliliği eylem planı hazırlanması	
		5. Su kullanımının azaltımı ve optimizasyonu için personele teknik eğitimlerin verilmesi	
		6. Su tüketiminin optimize edilmesi için üretim planlamasının iyi yapılması	
7. Su verimliliği hedeflerinin belirlenmesi			
8. Üretim proseslerinde ve yardımcı proseslerde kullanılan suyun ve oluşan atıksuların miktar ve nitelik açısından izlenmesi ve bu bilgilerin çevre yönetim sistemine adapte edilmesi			
<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			



NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
13.20	Dokuma	<p>Filtrasyon işlemlerinde filtre yıkama sularının tekrar kullanılması, üretim süreçlerinde nispeten temiz temizlik sularının tekrar kullanılması ve yerinde temizlik sistemleri (CIP) kullanılarak su tüketiminin azaltılması</p> <p>5. İçme suyunun üretim hatlarında kullanımından kaçınılması</p> <p>6. Soğutma suyunun diğer proseslerde proses suyu olarak kullanılması</p> <p>7. Su kayıplarının tespit edilmesi ve azaltılması</p> <p>8. Su kullanımını optimize etmek için otomatik kontrol-kapatma vanalarının kullanılması</p> <p>9. Su ve enerji israfını engellemek için üretim prosedürlerinin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve çalışanlar tarafından kullanılması</p> <p>10. Su yumuşatma öncesindeki basınçlı filtrasyon geri yıkama sularının uygun noktalarda yeniden kullanılması</p> <p>11. Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon sıklığının ve süresinin (durulamalar da dahil) optimize edilmesi</p> <p>12. Sucul ortam için toksik ya da tehlikeli kimyasalların taşınmasının engellenmesi için kapalı depolama ve geçirimsiz atık/hurda sahası yapılması</p> <p>13. Sucul ortamda risk oluşturan maddelerin (yağlar, emülsiyonlar, binderler gibi) depolanması, saklanması ve kullanım sonrası atıksuya karışmasının engellenmesi</p> <p>14. Teknik olarak mümkün olan durumlarda uygun atıksuların arıtılarak buhar kazanı besleme suyu olarak kullanılması</p> <p>15. Temiz su akımlarının kirli su akımlarıyla karışmasının önlenmesi</p> <p>16. Tüm atıksu oluşum noktalarında atıksu miktarlarının ve niteliklerinin karakterize edilmesiyle arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı mümkün olan atıksu akımlarının belirlenmesi</p> <p>17. Uygun proseslerde kapalı döngü su çevrimlerinin kullanılması</p> <p>18. Üretim proseslerinde bilgisayar destekli kontrol sistemlerinin kullanılması</p> <p>19.</p>

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri	
13.20	Dokuma	20. Üretim proseslerinde yıkama, durulama ve ekipman temizliğinden kaynaklanan nispeten temiz atıksuların arıtılmadan tekrar kullanımı	
		21. Yıkama ve durulama sularının tekrar kullanım kapsamalarının belirlenmesi	
		22. Tesiste gri suların ayrı toplanıp arıtılması ve yüksek su kalitesi gerektirmeyen alanlarda (yeşil alan sulama, yer, zemin yıkama vb.) kullanılması	
		23. Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması ve tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi	
		24. Yağmur sularının toplanarak tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi	
		25. Ardışık proseslerde uyumlu kimyasallar kullanılarak faaliyetler arasında durulama ihtiyacının önlenmesi	
		26. Nanofiltrasyon (NF) veya ters osmoz (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılarak veya arıtılmadan tekrar kullanılması	
		<b>Yardımcı Proseslere İlişkin Önlemler</b>	
		1. Buhar kazanı kondensatının yeniden kullanılmasıyla su tasarrufu elde edilmesi	
		2. Buhar ve su hatlarının (sıcak ve soğuk) izolasyonu ile su tasarrufu sağlanması, 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	

NACE Kodu	NACE Kodu Açıklaması	Önceliklendirilmiş Sektörel Su Verimliliği Teknikleri
13.20	Dokuma	<p>7. Kapalı su döngüsüne sahip sistemlerde korozyon ve kireç önleyici inhibitörler kullanılarak çevrim sayısının artırılması</p> <p>8. Kazan boşaltmadan kaynaklanan flaş buhar kayıplarının önlenmesi</p> <p>9. Soğutma sistemlerinde suyla soğutma yerine havayla soğutma sistemlerinin kullanılması</p> <p>10. Soğutma suyu geri kazanımı sistemlerinin sağlıklı çalışabilmesi için su yumuşatma sistemlerinin kurulması</p> <p>11. Su kullanımının azaltılması amacıyla kapalı döngü soğutma sisteminin kullanılması</p> <p>12. Yılın bazı dönemlerinde soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda lokal kuru hava ile soğutma yapılması</p> <p>13. Yüzeysel akış ile oluşan suların ayrı bir toplama sistemiyle toplanarak soğutma suyu, proses suyu vb. amaçlarla kullanılması</p> <p>14. Buhar kazanlarında degazörler kullanarak blöf miktarının azaltılması</p> <p>15. Buhar kazanlarında kazan boşaltma suyunun (blöf) minimize edilmesi</p> <p>16. Buhar kondenserinden üretilen enerjinin tekrar kullanılması</p>
Bu sektörde toplam 111 adet teknik önerilmiştir.		

**Doküma 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 yağların suda çözünebilir yağlarla değiştirilmesi**

Geleneksel örgü yağları (konvansiyonel madeni yağ esaslı lubrikantlar) çeşitli kimyasal maddelerin yardımıyla emülsifiye edilerek uzaklaştırılmaktadır. Bu işlem alkali koşullar altında yoğun su tüketimi, yüksek sıcaklık ve uzun işlem süreleri ile gerçekleşmektedir. Suda çözünebilir yağlar ise daha düşük sıcaklıklarda yıkanarak kumaştan kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir. Pamuk veya pamuğun sentetik lifler ile karışımından elde edilen örme kumaş üretiminde, suda çözünebilir yağlar 40°C'de yıkanarak kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir. Bu da kumaşta tek bir adımda hidrofilleştirme ve ağartmayı sağlayarak su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Sentetik liflerden (poliester veya poliamid gibi) yapılan örme kumaş üretiminde ise kumaş çoğu kez yıkanmadan önce termofikse edilmektedirler. Eğer kumaş üzerinde konvansiyonel yağlar bulunuyorsa, yoğun bir gaz emisyonu oluşmakta ve kalan yağın sonraki yıkamalar da dahil olmak üzere kumaştan uzaklaştırılması zorlaşmaktadır. Bu durumda çoğu kez konvansiyonel lubrikantlar yerine suda-çözünebilir yağlar kullanılarak yıkama termofiksaj öncesinde yapılabilir. Geleneksel yağların suda çözünebilir yağlar ile ikame edilmesi işlem süresini kısaltırken; su, enerji ve kimyasal madde tüketimi de azaltmaktadır. Ayrıca, biyolojik olarak parçalanabilir olduğu bilinen bu yağlardan kaynaklı oluşan atıksular biyolojik arıtma tesisleri için daha uygun karakterizasyondadır.

- **Terbiye atıksularının diğer proseslerde yeniden kullanılması**

Terbiye atıksularının diğer proseslerde yeniden kullanılması, sektördeki su kullanımını azaltan etkili uygulamalardandır. Bu uygulama ile çeşitli endüstriyel tesislerde değişen oranlarda su tasarrufları sağlanabilir.

- **Kumaşla/iplikle temas etmeyen soğutma sularının toplanarak sıcak su gerektiren işlemlerde yeniden kullanılması**

Soğutma suları bir tankta toplanıp, boyama, beyazlatma, yıkama gibi sıcak su gerektiren işlemlerde kullanılabilir. Kondenser-soğutma suları, eşanjör suları, kompresörlerden gelen suları geri kazanılabilir.

- **Son işlemlerde köpük, püskürtme gibi uygulama teknikleri ile atıksu oluşumunun azaltılması**

Köpük, herhangi bir sıvının uygun bir gaz, genellikle hava ile şişirilerek yüzey alanı kabaca 1000 kat artırılmış, dolayısıyla daha az sıvı içeren, birbirinden ince bir film tabakası ile ayrılan, mikroheterojen kolloid, kısa veya uzun ömürlü, metastabil bir sistemdir. Tekstil sanayiinde kullanılan köpüklerde sıvı olarak normal aplikasyon yöntemlerinde kullanılan sulu flotteler, gaz olarak da hava kullanılmaktadır. Köpük, havanın yüzey aktif maddeler (tensidler) yardımıyla su içinde ince zerrecikler halinde dağıtılması ile elde edilir. Eğer bir yüzey aktif madde, sulu çözelti içinde çözülür ve bu çözelti içerisinde hava kabarcıkları bulunursa, hava kabarcıklarının etrafını bir tensid filmi kaplar. Hava kabarcıkları, üzeri bir tensid filmiyle kaplı bulunan sıvının üst yüzeyine doğru hareket ederler. Yukarı doğru çıkan hava kabarcıklarının etrafında böylece ikinci bir tensid filmi meydana gelir. Bu şekilde, etrafını saran iki tensid filmi arasında sıvının bulunduğu gaz kabarcığına köpük hücresi denir. Köpük kullanımı ve püskürtme metodu sayesinde son işlemlerde daha az su tüketimi gerçekleşir.

- **Ürünle temas etmeyen soğutma sularının proses içinde yeniden kullanılması**

Soğutma işleminde en elverişli ısı transfer akışkanı olarak su kullanılmaktadır. Sanayi uygulamalarında tek geçişli soğutma sistemlerde, kapalı devre soğutma sistemlerde ve açık tip soğutma devrelerinde soğutma suyu kullanılmaktadır. Herhangi bir ürünle temas etmeyen soğutma suları kapalı devre içerisinde döndürülerek veya uygun şekilde muhafaza edilerek proses içinde yeniden kullanılabilir (IPPC BREF, 2003).

- **Baskı boyama bandı temizliğinden gelen yıkama sularının yeniden kullanılması**

Baskı blanket yıkamalarında yüksek kaliteli proses suyuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Uygun karakterizasyona sahip atıksular baskı blanket yıkamasında yeniden kullanılabilir. Ayrıca, baskı blanketi yıkama atıksuları aynı amaç için 2-3 kez tekrar da kullanılabilir (Öztürk, 2022). Hafif renkli ve içeriğinde lif bulundurabilen baskı boyama bandı atıksularının mekanik bir filtrasyon sonrasında bir tankta toplanarak aynı proseste yeniden kullanılması mümkündür. Bu uygulamayla temiz su ilavesinin yetersiz olduğu durumlarda %70 oranında su tasarrufu sağlanabilir (IPPC BREF, 2003).



<https://www.lezhougarmet.com/wp-content/uploads/2021/04/1.-washing-fabric-1536x890.jpg>

Tekstil Sektöründe Yıkama Makineleri

- **Çözgü ipliklerinin önceden ıslatılmasıyla haşıl madde kullanımının azaltılması**

Dokumaya hazırlama esnasında çözgü ipliğine uygulanan haşıl miktarının azaltılması haşıl maddelerinden kaynaklanan organik yükün azaltılması için en etkili kirlilik önleme yöntemlerinden birisidir. Ön ıslatma uygulaması çözgü ipliğinin haşılama işlemi öncesinde sıcak su içerisinde geçirilmesine dayanmaktadır. Çözgü ipliği sıcak suya daldırılmakta (ek bir sıcak su püskürtmesi mümkün olabilmektedir) ve sonra bir sıkma silindirleri çifti haşılama adımı öncesinde fazla suyu uzaklaştırmaktadır. Ayrıca, çift daldırma ve sıkma adımlı sistemler de kullanılmaktadır. Ön ıslatma uygulamasıyla daha homojen haşılamanın yanı sıra haşıl adhezyonu artırılarak iplik tüylülüğünün azaltılması da sağlanır. Bu yöntemle liflere, dokuma verimini etkilemeden daha az miktarda haşıl maddesi uygulanabilmektedir. Haşıl madde kullanımının azaltılması atıksudaki kirletici yükünü azaltarak atıksu geri kazanım potansiyelini artırır.

Dokuma esnasında iplik kopmasını önlemek için çözgü ipliklerine haşıl maddeleri uygulanmaktadır. Haşıl maddelerin çözgü ipliğine uygulanmasından önce çözgü ipliğine ön ıslatma uygulanabilir. Ön ıslatma; çözgü ipliğinin haşılama işlemi öncesinde sıcak su içerisinde geçirilmesine dayanmaktadır. Çözgü ipliği sıcak suya daldırılmakta (ek bir sıcak su püskürtmesi mümkün olabilmektedir) ve sonra bir sıkma silindirleri çifti haşılama adımı öncesinde fazla suyu uzaklaştırmaktadır. Ön ıslatma daha homojen haşılama sağlamak ve kullanılan haşıl maddesi miktarını da asgariye düşürmektedir (IPPC tekstil BREF, 2003). Çözgü ipliğinin ön ıslatılmasıyla kullanılan haşıl madde miktarında %20-50 oranında azalmalar sağlanabilir (IPPC tekstil BREF, 2003). Haşıl madde kullanımının azaltılması atıksudaki kirletici yükünü azaltarak atıksu geri kazanım potansiyelini artırmaktadır.

- **Haşıl maddelerinin ultrafiltrasyon ile geri kazanılarak yeniden kullanılması**

Dokuma işlemi esnasında çözgü ipliklerini korumak için haşılama işlemi yapılmaktadır ve haşıl maddelerinin tekstil ön terbiyesi esnasında uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem dokuma kumaş terbiyesinde toplam KOİ yükünün %40-70 artmasına neden olmaktadır. Polivinilalkol, poliakrilatlar ve karboksimetilselüloz gibi suda çözülebilen sentetik haşıl maddeleri, ultrafiltrasyon yoluyla yıkama flottelerinden geri kazanılabilmektedirler. Ayrıca karboksimetilnişasta gibi modifiye nişastaların da geri kazanılması mümkündür. Haşıl maddeleri tekstil ön terbiyesinde kontinü yıkama makinesinde sıcak suyla yıkanarak uzaklaştırılmaktadır. Yıkama flottesindeki yaklaşık 20-30 g/L haşıl maddesi konsantrasyonu ultrafiltrasyon tesisinde 150-350 g/L'ye yükseltilebilmektedir. Bu konsantre madde geri kazanılarak haşılama için tekrar kullanılabilir. Haşıl maddesi alınmış süzüntü (permeat) de yıkama makinesinde tekrar kullanılabilir (IPPC BREF, 2003).



- **Yeni makinelerin seçiminde düşük flotte oranı tercih edilmesi**

Yüksek flotte oranına sahip makineler sadece yüksek miktarda su ve enerji tüketimine değil, aynı zamanda, flotte hacmine göre dozajlanan kimyasal madde ve yardımcı maddelerin tüketimine de neden olmaktadır. Düşük flotte oranı ile çalışan makineler ise su ve enerjiden olduğu kadar kimyasallardan da tasarruf sağlayarak daha yüksek fiksaj verimleri elde etmektedirler. Fakat toplam su tüketimi sadece boyama adımındaki flotte oranı tarafından belirlenmemekte, aynı zamanda durulama ve yıkama proseslerinden de etkilenmektedir. “Ultra düşük flotte oranı” ise tekstil mamulünün tamamen ıslanmasını sağlamak ve pompaların kavitasyonunu önlemek için gerekli en az miktardaki su ile çalışabilen makinelerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Bu terim yalnızca halat halinde boyama yapılan makineler için kullanılmaktadır. Düşük flotte oranı olması, işlem flottesi ile yıkama flottelerinin ayrılabilmesi, flottenin işlem sırasında hammaddeden ayrılabilmesi gibi özelliklerin tercih edilmesiyle hem materyalin hem de flottenin aynı anda sirküle olması su kullanımının azaltılmasını sağlar (IPPC BREF, 2003).

- **Taşar yıkama yöntemi yerine doldur-boşalt sistemlerin uygulanması**

Yıkama ve durulama prosesleri tekstil sektöründe en yaygın kullanılan proseslerdendir. Kesintili işlemlerde yıkama ve durulama proseslerinde “taşar yıkama” ve “doldur-boşalt sistemler” sistemler kullanılmaktadır. Taşar yıkamada makineye temiz su beslenmekte ve taşıma bendinden de su boşaltılmaktadır. Taşar yıkama yüksek flotte oranlarında çalışan makinelerde verimsiz su tüketimine neden olmaktadır. Doldur-boşalt sistemler ise daha verimli su tüketimine sahiptir. Bu sistemlerde durulama birbirini takip eden doldurma, çalışma ve boşaltma adımlarından oluşmaktadır. Modern doldur-boşalt sistemlerde makineler (IPPC BREF, 2003);

- Güçlü doldurma ve boşaltma, birleştirilmiş soğutma ve durulama, tam hacimli ısıtılan tanklar ile donatılmıştır. Bu sistemler klasik taşar yıkamaya göre çalışma sürelerinin daha kısa olmasını sağlamaktadır.
- Birleştirilmiş soğutma ve durulama sisteminin kullanılması ile ilk durulama adımındaki ısıtım çok önlenmektedir (IPPC BREF, 2003).

Akıllı durulama tekniğinde ise temiz su makineye alınmakta ve makine tabanına yakın bir yerde bulunan bir taşıma bendinden boşaltılmaktadır. Ayrıca, makineye temiz su girişi, alt seviyedeki taşıma ile boşaltılan flotte miktarıyla orantılı bir şekilde ayarlanmaktadır. Özellikle durulamalarda sıcak su kullanıldığında etkili olmaktadır. Taşar yıkama yerine doldur-boşalt sistemlerin kullanılması ile makinenin su tüketiminde %50-75 oranında tasarruf sağlanabilmektedir. Akıllı durulama ve doldur-boşalt sistemler su ve enerjinin etkin kullanımını sağlarken işlem süresini kısaltarak da toplam üretim maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadırlar (IPPC BREF, 2003).

- **İlave madde aplikasyonunun düşük olduğu hammaddelerin seçilmesi**

Kimyasal maddelerin sulu ortamlarda kumaşlara aktarılması işlemine aplikasyon denir. Aplikasyon için "emdirme" ve "çektirme" yöntemleri kullanılır. İlave madde aplikasyonunun düşük olduğu hammaddelerin kullanımıyla kimyasal kirlilik oranında azaltım sağlanabilir. Böylece atıksu kirlilik yükü azaltılır ve atıksuların geri kazanım potansiyeli artar.

- **Hammadde kaynağının kontrol edilemediği durumlarda oksidasyonla haşıl sökme işleminin uygulanması**

Tekstil sektöründe kaynak kullanım verimliliği kapsamında hammadde kaynağının kontrol edilemediği durumlarda oksidasyonla haşıl sökme işleminin uygulanması gerekmektedir. Önerilen teknik, su ve enerji tüketiminde önemli çevresel yararlar sağlamaktadır. Oksidasyon ajanı olarak ozon kullanımı ile atıksudaki KOİ değerleri azalmakta ve atıksuyun geri kazanım potansiyeli artmaktadır.

- **Haşıl sökme/yıkama ve ağartmanın tek bir adımda birleştirilmesi**

Haşıl sökme tekstil prosesleri içindeki en önemli kirlilik kaynağıdır. Özellikle doğal haşıl maddelerinin söküldüğü durumlarda haşıl sökmeden gelen yıkama suları nihai atıksulardaki toplam KOİ'nin %70'ini oluşturabilir. Tekstil sektöründe kaynak kullanım verimliliği kapsamında haşıl sökme/yıkama ve ağartmanın tek bir adımda birleştirilmesi önerilmektedir.

Yeni yardımcı madde formülasyonları, otomatik dozajlama ve yeni buharlayıcılar: haşıl sökme, hidrofilleştirme (alkali parçalama) ve pad steam peroksit ağartmasının tek adımda yapılmasına olanak sağlamaktadır. Üç işlemin tek adımda birleştirilmesi su ve enerji tüketimini önemli oranda azaltmaktadır.

Örneğin, beyaz, boyanmamış pamuklu örtülerin üretimi incelendiğinde, dokuma sonrasında kumaşın haşılının sökülmesine gerek bulunmamaktadır. Geleneksel işlem, ıslatma/hidrofilleştirme, bazik peroksit ağartması ve ard arda üç durulama adımını içeren beş adımdan oluşmaktadır. Son durulama suyu, ilk banyoyu oluşturacak şekilde tekrar kullanılmaktadır. Bu işlem, ıslatma/hidrofilleştirme ve ağartma adımlarını tek adımda birleştirerek, durulamayı iki adımda yaparak ve ikinci durulama banyosunu ağartma/hidrofilleştirme banyosunda tekrar kullanarak daha da geliştirilebilmektedir. Ayrıca ısı geri kazanımı ile işlemin enerji tüketimi de azaltılabilmektedir. Bu iyileştirmeler ile prosesteki su ihtiyacında % 50'lik bir azalma sağlanacağı belirtilmektedir.

• **Ağartma işleminde hidrojenperoksit stabilizatörlerinin kullanımının azaltılması**

KontROLSÜZ OH radikallerinden kaynaklı liflerde meydana gelen katalitik zararların önlenmesi için genellikle katalizörleri inaktive edecek iyon tutucuların, stabilizatörlerin ve benzeri kompleks oluşturucuların kullanılması gerekmektedir. Hidrojenperoksit ağartmasında kullanılan stabilizatörler kuvvetli kompleks oluşturarak çeşitli çevresel problemlere sebep olmaktadır. Hidrojenperoksit ile ağartma sırasında liflere zarar veren reaktif oksijenli bileşikler ( $O_2$ ,  $H_2O_2/HOO^-$ ,  $H_2O/OH\cdot$ ) oluşmaktadır. Optimum şartlar altında (pH yaklaşık 11,2, homojen bir şekilde dağılmış katalizör ve kontrol edilmiş peroksit konsantrasyonu) OH radikallerinin uzaklaştırılması ve hidrojenperoksidin optimum kullanımı sağlanabilmektedir. Formik asidin (formiyat iyonunun) ortamdan uzaklaştırıcı madde olarak ilave edilmesi de OH radikalleri oluşumunun kontrolü ve liflerdeki zararın azaltılması için yararlı olmaktadır. Zararlı iyon tutucu maddelerin kullanılmaması, minimum peroksit tüketimi (kontrol edilmemiş şartlarla karşılaştırıldığında <%50) ve uzaklaştırılan maddelerin (ön) oksidasyonu ile liflerin zarar görmeden yüksek verimle ağartılması sağlanabilmektedir.

• **Ağartma işleminde kullanılan sodyum hipoklorit ve klorit içeren bileşiklerin ikame edilmesi**

Sodyum hipoklorit ağartması, genellikle AOX olarak ölçülen organik halojen bileşiklerini (oluşan bileşiklerin çoğunluğunu triklorometan oluşturmaktadır) meydana getiren ikincil reaksiyonlara yol açmaktadır. Hipoklorit (1. adım) ve hidrojenperoksidin (2. adım) kombine edilerek uygulandığı durumlarda, işlemin gerçekleştiği NaOCl – ağartma banyosunda 90-100 mg Cl/l'lik AOX değerleri gözlemlenmiştir. Bir önceki banyodan tekstil materyali tarafından taşınmasından dolayı, kullanılmış  $H_2O_2$ - ağartma banyosunda da 6 mg Cl/l'ye kadar çıkan konsantrasyonlar bulunabilmektedir. Klorit ağartması sırasında oluşan AOX miktarı, sodyum hipokloritteki nazaran çok daha düşüktür. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, AOX oluşumunun sodyum kloritin kendisinden değil, kirlilik şeklinde bulunan ya da aktive edici madde olarak kullanılan klor ya da hipokloritten kaynaklandığını göstermiştir. Sodyum kloritin kullanımı ve depolanması, zehirlilik, korozyon ve patlama riskleri nedeniyle özel bir dikkat gerektirmektedir. Ağartmada klorit içeren bileşiklerin kullanılmasıyla daha az miktarda organik halojen bileşikleri meydana geleceği için çevresel faktörler bakımından fayda sağlar. Böylece atıksuların geri kazanım potansiyeli artar.

• **Boya formülasyonlarının dozlanması ve dağıtımında boya sayısının azaltılması ve otomatik dozlama ve dağıtım sistemlerinin kullanılması**

Tekstil endüstrisinde boyama prosesleri en çok su tüketen proseslerden biridir. Boya sayısının azaltılması ve otomasyon sistemi kullanılması ile boyama verimi artacağından tekniğin uygulanması ile su tüketimi azalmaktadır. Boya formülasyonlarının dozlanması ve dağıtımında su tüketimini azaltmak için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir:

- Trikromatik sistemlerin kullanılmasıyla boya sayısının azaltılması,
- Sadece sık kullanılmayan boyaların dozlanması ve dağıtımı için manuel, diğer boyaların dozlanması ve dağıtımı için ise otomatik sistemlerin kullanılması,
- Farklı kimyasalların işlem öncesinde boya ile karıştırılmadığı ve sistemin tam otomatik olarak temizlendiği merkezi olmayan otomasyon istasyonları kullanılarak uzun kesintisiz hatlarda dağıtım hattındaki ölü hacmin azaltılması.

• **Ön terbiye ve boyama proseslerinde biyolojik olarak parçalanabilen/elimine edilebilen kompleks oluşturucu maddelerin kullanılması**

Kompleks oluşturucu maddeler, sulu çözeltilerdeki sertlik oluşturan toprak-alkali kanyonlarının ve geçiş-metal iyonlarının, özellikle ön terbiye işlemleri ve boyama işlemleri esnasındaki zararlı etkilerini (örneğin, hidrojenperoksidin katalitik parçalanması) önlemek için kullanılmaktadırlar. Kompleks oluşturucu maddelerin kullanılması gerektiğinde, polikarboksilatlar veya substituye polikarboksilik asitler (örneğin, poliakrilatlar ve poliakrilat-maleik asit kopolimerizatları), hidroksikarboksilik asitler (örneğin, glukonatlar, sitratlar) ve bazı şeker-akrilik asit kopolimerleri, konvansiyonel kompleks oluşturucu maddelere alternatiflerdir. Bu ürünlerin moleküler yapılarında N veya P bulunmamaktadır. Ayrıca, hidroksikarboksilik asitler ve şeker-akrilik asit kopolimerleri biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedirler.

Bu ürünlerin kullanılmasıyla sağlanan başlıca faydalar şunlardır:

- Arıtılmış atıksuların verildiği alıcı ortamlarda (sularda) ötrofikasyonun azalması,
- Nihai atıksuların biyolojik olarak parçalanabilirliğinin artması,
- Çökeltilerdeki ağır metallerin yeniden harekete geçme riskinin azalması.

Atıksuların biyolojik olarak parçalanabilirliğinin artması ve kirlilik yükünün azalması sebebiyle atıksuların arıtılarak geri kazanım potansiyeli artış göstermektedir.

• **Merserize durulama suyundaki alkalinin geri kazanılması**

Temel kimyasal olarak yüksek miktarda kostik kullanılan merserizasyon prosesinde kumaş ilk önce %18-25 oranındaki konsantre kostik çözeltisine kısa süre ile daldırılmakta ve daha sonra fazla kostiğin uzaklaştırılması için yıkanmaktadır (Yang vd., 2007; Avdičević vd., 2017). Bu nedenle merserizasyon prosesinde çok yüksek hacimlerde (200-300 L/dk) atıksu oluşmaktadır (Varol, 2008). Alkali karakterizasyona sahip bu atıksu ve kostik; evaporasyon ve membran filtrasyon sistemleri ile geri kazanılabilmektedir. Evaporasyon sisteminin uygulanması ile zayıf kostik çözeltisi yoğunlaştırılarak konsantre kostik geri kazanılmaktadır. Dört kademeli evaporatör ile %70-80 oranında kostik geri kazanılmaktadır. Membran filtrasyon sistemi ile kostik geri kazanımında ise süzüntü suyundaki kostik geri kazanılarak yeniden kullanılmaktadır (Balkan vd., 2021). Membran prosesleri ile %90'dan fazla kostik geri kazanımı mümkündür (Varol 2008). Merserizasyon prosesinden kostik geri kazanımı ile hem atıksuyun alkali içeriği hem de atıksuyun nötralizasyonu için gerekli kimyasal tüketimi azalmaktadır (Balkan vd., 2021).

• **Elyafa yüksek oranda tutunabilen boyarmaddelerin ve bunu sağlayan yardımcı kimyasalların kullanılması**

Elyafa yüksek oranda tutunabilen boyaların kullanılması ile yıkama banyosu sayısı ve ard işlemlerde su tüketimleri azaltılabilmektedir. Bu tekniğin uygulanması ile su tüketiminde, kimyasal madde kullanımında, atıksu miktarında ve atıksuyun kirlilik yükünde iyileşmeler sağlanabilmektedir (IPPC BREF, 2003).

- **Buhar kayıplarının azaltılması için otomatik kontrol mekanizmalı ekipman ve izolasyon sisteminin kullanılması**

Makinelerin tam kapanmasını sağlayan kapaklar gibi otomatik kontrol mekanizmaları kesikli boyamada buhar kayıplarını azaltmaktadır. Tesiste buhar hatlarının uygun şekilde tasarlanmaması ve rutin bakım onarımların yapılmamasından kaynaklı buhar hatlarının ve sıcak yüzeylerin tam izolasyonunun sağlanmaması durumunda buhar kaçakları olabilmektedir. Bu durum tesisin hem su tüketimini hem de enerji tüketimini arttırmaktadır. Buhar izolasyonu yapılması ve otomatik kontrol sistemleri kullanılarak buhar tüketimlerinin sürekli izlenmesi su tüketimini azaltabilmektedir.

- **İşlenecek lot büyüklüklerine en uygun makinelerin seçilmesi**

Flotte oranı, çektirme yöntemine göre boyama işlemlerinin çevresel performansını etkileyen parametrelerdendir. Makinelerin tasarlanan nominal flotte oranları aralığında çalışmasını sağlamak için işlenecek lot büyüklüklerine en uygun makineler seçilmelidir. Flotte oranına bağlı olarak su tüketimi de artacağından uygun makinelerin seçimi ile gereğinden yüksek flotte oranlarının kullanılmasının ve su tüketiminin önüne geçilebilmektedir (IPPC BREF, 2003).

- **Sodyum sülfürün yerine öncelikle kükürt içermeyen indirgen maddelerin veya sodyumdiyotinin kullanılması**

Piyasada toz halinde bulunan klasik kükürt boyalarının boyama öncesinde bazik ortamda sodyum sülfür ile indirgenmeleri gerekmektedir. Diğer tipik kükürt boyaları ön indirgenmiş/ kullanıma hazır boyalardır. Bunlar sıvı formda temin edilebilir ve formülasyonlarında indirgen madde içerebilir (kükürt içerikleri %5'den fazla olabilir (ÇŞİDB, 2012b)). Boyarmaddeden ve indirgen maddeden gelen sülfür fazlalığı sulu ortam zehirliliğine ve kötü kokulara (işyeri atmosferi) neden olmaktadır. Aşırı indirgenmeyi önlemek için sodyumdiyotite glikoz ilave edilmektedir. Düşük kükürt içeren veya kükürt içermeyen boyalar sayesinde atıksudaki kükürt içeriği en aza indirgenmektedir. Böylece atıksuyun geri kazanım potansiyeli artmaktadır.



<https://www.hursan.com.tr/up/galeri/bastik-1454924924-boyahane-2.jpg>

Tekstil Boyahaneleri



- **Konsantre flotte kayıplarının azaltılması**

Konsantre flotte kayıplarının azaltılması için aşağıdaki teknikler uygulanabilir:

- Az madde aplikasyonu gerektiren yöntemlerin kullanılması ve emdirme ile boyama teknikleri kullanıldığında emdirme teknesinin hacminin en aza indirilmesi
- Kimyasalların ayrı hatlarla on-line olarak dağıtılması ve aplikatöre beslenmeden hemen önce karıştırılması
- Emdirme flottelerinin alınan flotte miktarları esas alınarak dozajlanması.

Yarıdaki tekniklerin uygulanması ile boyama verimi artar, flotte oranları düşürülerek boyahane proseslerinde su tüketimi azaltılabilir. Mümkün olan en az seviyede ki durulama suyu akışı ile çalışan modern boyama sistemleri %25 oranında ilave bir su tasarrufuna olanak sağlamaktadırlar.

- **Az girdili proseslerin kullanılması ve emdirme teknesi hacminin en aza indirilmesi**

Emdirme yöntemine göre boyama işlemlerindeki temel emisyon kaynaklarını, her partinin sonunda yeni bir renkte boyamaya geçilirken, tekne, pompa ve borulardaki atık boya flottelerinin boşaltılması oluşturmaktadır. Bu kayıpların azaltılması, emdirme adımının sıkma merdaneleri arasındaki üst boşluğa flotte koyulmasıyla veya tekne hacminin en aza indirilmesiyle (örneğin, esnek-şasi, U-şeklinde şasi) sağlanabilmektedir. Klasik emdirme teknelerinin kapasiteleri 30 ile 100 litre arasında değişmektedir. U-şeklindeki teknelerin (12 litre kapasiteli) kullanılması kullanılmamış flotte miktarını klasik sisteme nazaran parti başına %60-%90'a varan oranlarda azaltabilmektedir. Bunun yerine, merdaneler arasında flotte aplikasyonu sistemleriyle boyama yapılması durumunda (5 litre) %95'e varan oranlarda azalma sağlanmaktadır.

- **Kimyasalların ayrı hatlarla on-line olarak dağıtılması**

Derişik emdirme flottelerinin kullanıldığı ön terbiye, boyama ve bitim işlemlerinde (kesintisiz veya yarı kesintisiz işlemlerde), flotte fazlalıklarının önlenmesi veya minimuma indirilmesi çevresel açıdan fayda sağlamaktadır. Flottelerin tam zamanında hazırlanması için kullanılan otomatik sistemlerde flotte alımlarının ve işlem görmüş kumaş miktarlarının on-line ölçülmesi ile gerekli miktarda flotte hazırlanmakta ve ilave edilebilmektedir. Böylece, flotte fazlalıkları ve atıksu kirliliği en aza indirilmiş olmaktadır. Ayrıca, modern dozajlama ve dağıtım sistemlerinde, hazırlanacak flotte miktarı hesaplanırken hazırlık kabı ve besleme borularını yıkamada kullanılan su da hesaba katılmaktadır. Bu uygulama ile atıksu miktarı azalsa da hala kimyasalların ön karışımı gerçekleşmektedir. Bu durumda, kimyasalların, aplikatör veya boyama makinelerine gelmeden önce birbirleriyle karıştırılmadığı otomatik dozaj sistemleri kullanılabilir. Her bir ürün için ayrı bir hattın kullanılması kesintisiz proses hatları için önemli bir durumdur. Sonuç olarak, bir sonraki adımdan önce tanklar, borular ve pompaların temizlenmesine gerek olmaması sayesinde, kimyasal, su ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Boyama için gerekli flottenin kumaş tarafından alınan flotte miktarının on-line ölçümüne dayanarak hazırlanmasıyla besleme tanklarında 150 litreye kadar çıkabilen artık boya flottesi miktarı 10-15 litreler kadar düşürülebilmektedir. Böylece gereğinden fazla flotte kullanımı engellenmekte ve su tüketimi azaltılmaktadır.

- **Emdirme flottelerinin dozlanmasında gelişmiş sistemlerin kullanılması**

Boyama ve bitim işlemlerinden artan emdirme flotteleri tekstil sektörüne özgü kontrol gerektiren atıklardır. Sürekli boyama işlemlerinde emdirme flottelerinin dozlanmasında gelişmiş sistemler kullanılmasıyla kimyasal kullanımı ve atıksu kirlilik yükü azaltılabilir.

- **Ters akımlı yıkamanın kullanılması**

Özellikle kesintisiz (kontinü) işlemlerde boyama, baskı sonrası yapılan yıkamalar, boyama ve baskı adımlarının kendilerinden daha fazla miktarda su tüketmektedir. Su ve enerji tasarrufu, yıkama verimliliğinin artırılması ile sağlanabilmektedir. Örneğin; sıcaklık, işlem süresi, flotte/ madde değişimi gibi birçok faktör yıkama verimliliğini etkilemektedir. Yıkama makinelerinde uygulanan teknikler, büyük ölçüde yıkanacak kumaşın türüne bağlıdır. Ters akım prensibine göre yıkama işleminde tekmeden tekneye taşıma etkisi (carry-over) azaltılarak (örneğin, vakumla emme) yıkama etkinliği artırılabilir. Yıkama etkinliğinin artmasıyla yıkama amaçlı su ve enerji tüketimi azaltılabilir.

- **Elyafta kalan kirlı suyun bir sonraki yıkama öncesinde elyaftan uzaklaştırılması**

Sürekli boyama proseslerinde elyafta kalan kirlı suyun bir sonraki yıkama adımı öncesinde sıkma silindirleri ve benzeri ekipmanlar kullanılarak elyaftan uzaklaştırılmasıyla atıksu kirlıteci yükünün, miktarının ve su kullanımının azaltılması sağlanabilmektedir.

- **Tehlikeli taşıyıcıların kullanımından kaçınılması**

Poliester ve poliestere karışımlarının dispers boyalarla boyanmasının çevresel etkilerinin en aza indirilmesi için aşağıdaki teknikler uygulanabilir:

- Tehlikeli taşıyıcıların kullanımından kaçınılması,
- Aşağıdaki yöntemleri uygulayarak sodyum ditiyonit kullanımından kaçınılması:
  - Sodyum ditiyonit yerine sülfirik asit türevleri esaslı indirgen maddelerin kullanılması,
  - İndirgenme yerine, alkali ortamda hidrolitik solubilizasyon ile temizlenebilen dispers boyaların kullanılması.
- Biyolojik ayrışabilirliği yüksek dispers gaterleri içeren optimize edilmiş boya formülasyonlarının kullanılması.

- **Geleneksel toz ve sıvı kükürt boyalarının yerine stabilize edilmiş ön-indirgenmemiş sülfür içermeyen boyarmaddelerin veya sülfür içeriği %1'den az olan ön-indirgenmiş sıvı boya formülasyonlarının kullanılması**

Boyama işleminde kullanılan kükürt boyarmaddeleri hiç sodyum sülfür kullanmadan yalnızca glikoz (sadece bir durumda) ya da glikozun ditiyonit, hidroksiaseton veya formamidin sülfirik asit ile kombinasyonlarını kullanarak indirgenabilmektedirler. Düşük kükürt içeren veya kükürt içermeyen boyaların kullanılmasıyla atıksudaki kükürt içeriği azaltılarak atıksuyun geri kazanım potansiyeli artırılmaktadır.



- **Sadece boyar maddenin indirgenmesi için gerekli miktarda indirgen maddenin kullanılması**

Sodyum sülfürün yerine öncelikle kükürt içermeyen indirgen maddelerin kullanılması amacıyla sadece boyarmaddenin indirgenmesi için gerekli miktarda indirgen maddenin tüketilmesi gereklidir. Makine içerisindeki oksijen ile indirgen maddenin reaksiyona girmesi engellenmelidir. Makinedeki flotte ve havadan oksijeni uzaklaştırmak için azot kullanılmaktadır. Kükürt içermeyen indirgen maddelerin kullanılmasıyla atıksudaki kükürt içeriği en aza indirgenerek atıksuyun geri kazanım potansiyeli artırılmaktadır.

- **Oksitleyici olarak hidrojenperoksit kullanılması**

Selülozik, yün ve bunların karışımlarından mamul iplik ve dokuma kumaşların ağartılmasında genellikle hidrojenperoksit kullanılmaktadır. Mevcut teknolojilerle örgü pamuklu & pamuklu karışımlarının ağartılmasında tek başına hidrojenperoksit kullanılarak yüksek beyazlık derecesi (>75 Berger Beyazlık İndisi) sağlanabilmektedir. Tek başına peroksit kullanılarak ağartılamayan keten ve diğer gövde lifleri istisna oluşturmaktadır. Keten için iki adımlı hidrojenperoksit-klordioksitle ağartma yapılmaktadır.

Hidrojenperoksit kullanılmasıyla atıksuda triklorometan ve klorasetik asit gibi zararlı adsorbe edilebilir organik halojen bileşiklerin (AOX) oluşması önlenerek atıksuyun geri kazanım potansiyeli artmaktadır.

- **Yüksek fiksaj sağlayan düşük tuz oranlı reaktif boyarmaddelerle çektirme yöntemine göre boyama**

Selülozik elyafın reaktif boyarmaddelerle klasik çektirme yöntemine göre boyanmasında, boyarmadde alımını arttırabilmek için yüksek miktarlarda tuz ihtiyacı duyulmaktadır. Düşük tuzlulukta kullanılan boyarmaddelerin büyük kısmı polifonksiyonel boyarmaddelerdir ve yüksek düzeyde fikse olabilmektedirler. Düşük miktarda tuz gerektiren reaktif boyarmaddeler yüksek çözünürlüğe sahiptir ve düşük flotte oranlı boyama makineleri için gerekenden daha yüksek konsantrasyondaki çözeltilerde bile çözülmüş olarak kalmaktadır. Selülozik elyafın çektirme yöntemiyle boyanması tuz tüketimini, klasik reaktif boyarmaddelerde ihtiyaç duyulana göre 1/3 oranında azaltarak atıksu tuzluluğunu ve atıksu arıtma işlemlerini olumlu yönde etkilemektedir (IPPC BREF, 2003). Ayrıca bunlara ek olarak düşük enerji ve su tüketimi avantajları da sağlamaktadır.

- **Reaktif boyalarla boyanan pamuğun son yıkamasında deterjan kullanımı yerine kaynar durulama yapılması**

Reaktif boyama sonrasında deterjanla yıkama yerine kaynar (95°C'da) durulama yapılarak deterjan tüketimi ve atıksudaki kirlilik yükü azaltılabilir. Sıcak durulama sonrası ürünün haslık değerleri ilk nötralizasyon durulamasından sonra, deterjan ve iyon tutucu ile yapılan klasik durulamalara göre daha iyi olmaktadır. Tekniğin uygulanması ile elde edilen temel fayda deterjan tüketiminin ve atık suya verilen kirlilik yükünün azaltılmasıyla atıksuların geri kazanım potansiyelinin artırılmasıdır.

- **Krom içeren boyalar yerine reaktif boyaların kullanılması**

Krom boyalarının yerine reaktif boyaların kullanılması veya bunun mümkün olmadığı durumlarda ultra-düşük kromlama metotlarının kullanılmasıyla krom kirliliği azaltılarak ile atıksuların geri kazanım potansiyeli artmaktadır.

- **Konvansiyonel reaktif boyalar yerine polifonksiyonel reaktif boyarmaddelerin kullanılması**

Reaktif boyaların selüloz liflerine fiksajı, ya aplike edilen toplam boya miktarının bir yüzdesi olarak (fiksaj oranı) ya da çektirilen boya miktarının bir yüzdesi olarak (çektirme oranı) ifade edilmektedir. Monofonksiyonel boyalarda fiksaj oranı %60, çektirme oranı ise yaklaşık %70 civarındadır. Diğer bir deyişle, aplike edilen boyanın %40'ı atıksularda kaybedilmektedir. Bifonksiyonel reaktif boyalarda ise yaklaşık %80 fiksaj oranları ile %90'ın üzerindeki çektirme oranları elde edilebilmektedir. Bifonksiyonel reaktif boyaların kullanılması ile atıksuya verilen kullanılmamış boyarmadde miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu azalma atıksulardaki boyaların arıtılması için ileri oksidasyon tekniklerinin kullanıldığı durumlarda avantajlı olmaktadır. Konvansiyonel reaktif boyalarla karşılaştırıldığında, polifonksiyonel reaktif boyarmaddelerin kullanımı yüksek fiksaj verimi sağlarken tuz, enerji ve su kullanımını da azaltmaktadır.

- **Durulama suyunun bir sonraki boyamada tekrar kullanılması**

Durulama işleminde geri kusmanın etkisini en aza indirecek tekniklerin kullanılmasıyla durulama banyosu bir sonraki boya banyosu için kullanılabilir. Böylece, durulama flottesinin tüm kalıntıları giderilmiş olur ve toplam su tüketimi %50 oranında azalır (IPPC BREF, 2003).

- **Örgü yağlarının kumaştan uzaklaştırılmasında temizleme ve yıkamada çözücü kullanılması**

Çözücü ile yıkama işlemi tumbler içerisinde kesikli olarak (genellikle örme kumaşlar için) veya açık enli kumaşlarda kesiksiz olarak (dokuma ve örme kumaşlar için) gerçekleştirilir. Kirlilik unsurları kapalı bir döngü içerisinde devamlı olarak saflaştırılan ve geri dönüştürülen bir çözücü ile uzaklaştırılarak atıksu kirlilik yükü azaltılır ve atıksuların geri kazanım potansiyeli artar.

- **Halojenli organik çözücülerin kullanımında tamamen kapalı devre ekipmanlarının kullanılması**

Halojenlenmiş organik çözücülerin kullanımından kaçınılamadığı durumlarda (örneğin, su ile uzaklaştırılması zor olan silikon yağları gibi preparasyon maddeleriyle yüksek oranda yüklenmiş kumaşlarda) olası kontaminasyonları engellemek amacıyla tamamen kapalı devre cihazları kullanılır. Böylelikle kalıcı kirleticilerin devre içerisinde bozunması için gerekli koşullar sağlanır. Çözgenle yıkama işlemlerinde kapalı devre sistemlerin kullanılmasıyla çözgenin buharlaşması için gerekli ısının daha düşük olmasıyla hem su hem de enerji tüketiminde azalma sağlanır. Atıksuda organik madde kirliliği de azaltılır.

- **Reaktif boyalarla pad-batch yöntemiyle boyama yapılarak su ve enerji tüketiminin azaltılması**

Pad-batch yöntemi (yarı kesintili), fulardda yapılan emdirme adımını içermektedir. Kumaş sıkıldıktan sonra bir doka sarılarak oda sıcaklığında bekletilmektedir. İstenilen kimyasal reaksiyonlar (örneğin, boyarmaddenin fiksajı vb.) tamamlanana kadar dok yavaşça döndürülmektedir. İşlem tamamlanınca kumaş, açık-en yıkama makinesinde yıkanmaktadır. Bu yöntem genellikle ön terbiye (örneğin, haşıl sökme) ve boyama (özellikle reaktif ve direkt boyalarla) için kullanılmaktadır. Bu yöntemin karakteristik özellikleri, düzgün bir şekilde tekrarlanabilir olması ile düşük su ve enerji tüketimi (klasik sistemlerden yaklaşık olarak %50-80 daha az) sağlamasıdır.

- **Krom içeren boyalar yerine reaktif boyaların kullanılması**

Krom boyalarının yerine reaktif boyaların kullanılması veya bunun mümkün olmadığı durumlarda ultra-düşük kromlama metotlarının kullanılmasıyla krom kirliliği azaltılarak ile atıksuların geri kazanım potansiyeli artmaktadır.

- **Metal kompleks boyalarla boyama işleminde ağır metallerin atıksuya karışmasının minimize edilmesi**

Yünlülerin metal kompleks boyalarla boyanmasında atıksuların ağır metallerle yüklenmesinin en az seviyede olması sağlanmaktadır. Yün boyama işleminde 1:10 flotte oranında çalışıldığında kullanılmış kromlama banyosunda 1-2 mg/l krom konsantrasyonuna eşit olan bir kg işlem görmüş yün için 10-20 mg krom emisyon değeri elde edilmektedir. Boya alımını arttıran yardımcı kimyasalların kullanılması ve diğer yünlü mamullerde nihai flotte alımını en üst seviyeye çıkarmak için pH kontrollü metotların kullanılması ile bu değerlere ulaşılabilir. Bu yöntemle atıksuların ağır metal kirlilik yükü azaltılarak atıksuların geri kazanım potansiyeli artırılabilir.

- **Asit ve bazik boyalarla gerçekleştirilen boyamalarda pH kontrol yöntemlerinin uygulanması**

Boyama işlemlerinde egaliz denilen boyamadan önce ya da boyama sırasında ilave edilerek boyarmadde alımını yavaşlatan ve böylelikle daha düzgün renk oluşumunu sağlayan boya yardımcı maddesi kullanılmaktadır. Asidik veya bazik karakterli boyalarla yapılan boyama işlemlerinde pH kontrollü yöntemler tercih edilerek organik egaliz kullanımı azaltılarak boyama işleminde lifler tarafından

- **Boyama sonrası son yıkamadan gelen atıksuların, boyama için gerekli proses suyu kriterlerini sağlaması durumunda boyama banyosu hazırlığında kullanılması**

Kumaş terbiye ve boyamasında özellikle boyama sonrası yapılan terbiye işlemlerinde (son terbiye prosesleri) yoğun su tüketimi gerçekleşmektedir. Son terbiye işlemlerinde oluşan atıksular (yıkama/durulama ve yumuşatma atıksuları) ise geri kazanılarak yeniden kullanılabilir (Öztürk, 2014). Bu proseslerin özellikle son adımlarında oluşan atıksular proses suyu karakterindedir. Bu nedenle yıkama/durulama işlemlerinde oluşan atıksuların büyük bir bölümü diğer terbiye işlemlerinde, boya banyolarının hazırlanmasında ve tesis içi diğer işlemlerde yeniden kullanılabilir. Söz konusu atıksu akımları proses suyu karakterine sahip olduğundan çoğu zaman arıtımı da gerekmemektedir. Boyama sonrasında son yıkamadan gelen ve kirlilik yükü düşük atıksuların boyama banyosu hazırlığında kullanılmasıyla atıksu miktarı ve su kullanımı azaltılabilmektedir.

- **Boyama banyolarının yeniden kullanılması**

Boyama banyosunda oluşan bulanıklık tolüen ve benzeri ekstraksiyonlar ile giderilerek tekrar kullanım için önceki kullanımdan ötürü eksilen boya ve kimyasallar tamamlanır. Farklı banyo çözeltileri için farklı iyileştirme yöntemleri geliştirilmesi gerekebilir. Bu tekniğin uygulanması ile boyama banyosu boşaltma sıklığı azaltılarak daha verimli boyama sağlanabilir.

- **Boyama sonrası yıkama atıksularının membran filtrasyon ile geri kazanılması**

Boyama banyosu atıksularının nanofiltrasyon/ters osmoz ile yaklaşık 7-10 bar'lık bir basınç uygulanarak arıtılmasıyla %65-70 mertebesinde yeniden kullanılabilir süzüntü suyu üretilebilir. Sıcak boyama banyosu atıksularından elde edilen sıcak süzüntüler boyama sonrası yıkamada yeniden kullanılabilir (IPPC BREF, 2003).

- **Boyama sonrası yıkama atıksularının adsorpsiyon ile geri kazanılması**

İlk yıkama atıksuları başta olmak üzere boyama atıksularının aktif karbon ile arıtılarak organik bileşenlerin etkin şekilde giderilmesi mümkündür. Aktif karbon kolonlarından geçirilen atıksuyun tuz içeriği (yaklaşık 80 g/l) değişmezken atıksu parlak ve renksiz bir forma dönüşerek banyo çözeltisi hazırlığına uygun hale gelmektedir.



Tekstil boyaları

- **Çevresel performansı optimize edilmiş pigment baskı patlarının kullanılması**

Pigment baskıda son adımlar, basılmış kumaşın sıcak havayla kurutulmasından ve fiksajından oluşmaktadır. Her iki adımda da uçucu organik bileşiklerin havaya emisyonları önemli miktarlara ulaşabilmektedir.

Yüksek biyolojik ayrışabilirlik, düşük amonyak içeriği gibi özellikler bakımından optimize edilmiş baskı patları kullanılarak amonyak emisyonları 0,6 g NH<sub>3</sub>/kg tekstilin altına düşürülebilmektedir. Tekniğin uygulanması doğrudan su tasarrufu sağlamamaktadır, hava kirliliği emisyonlarının azaltılmasına yönelik çevresel fayda sağlanmaktadır

- **Taşıyarak yıkama/durulama yerine doldur-boşalt yıkama veya akıllı durulama tekniklerinin kullanılması**

Doldurup boşaltma ve akıllı durulama yöntemleri su tüketimi açısından klasik taşıymalı durulamalara göre daha etkindirler. Doldurup boşaltma yöntemi dikkate alındığında, her bir taşıyarak durulama yerine 2-4 defa "doldurup boşaltma" şeklinde durulama yapılarak su tüketiminde %50-75 oranında azaltım sağlanabilir.

Sıcak ve ılık durulama işlemlerinde su tüketiminin yanı sıra enerji tüketimi de azaltılabilir. Klasik taşıymalı yöntemle karşılaştırıldığında, hem "akıllı durulama", hem de doldurup boşaltma yöntemlerinin başka bir avantajı da kullanılmış konsantre boyama flotteleriyle durulama sularının ayrı ayrı muhafaza edilmesinin mümkün olmasıdır.

- **Sürekli işlemlerde yüksek verimli yıkama makinalarının ve enerji geri kazanım ekipmanlarının kullanılması**

Yıkama verimliliğini etkileyen sıcaklık, işlem süresi, flotte/madde değişimi ve benzeri çok sayıda değişken bulunmaktadır. Yıkama yöntemleri büyük ölçüde yıkanacak kumaşın tipine (örneğin, hafif veya ağır gramajlı kumaşlar, vs.) bağlıdır. Yıkamada temel strateji, ters akım prensibiyle kumaştaki kirli suyun/flottenin azaltılmasıdır. Ters akım prensibi, son yıkama teknesindeki az kirlenmiş suyun sondan bir önceki teknede tekrar kullanılması ve suyun bu yöndeki hareketinin boşaltılacağı ilk tekneye ulaşıncaya kadar devam etmesi anlamına gelmektedir. Bu yöntem kesintisiz haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma, boyama veya baskı işlemlerinden sonraki yıkamalarda uygulanabilmektedir (EPA, 1995). Bu yöntem su kullanımını azaltırken ile yıkama verimliliğini artırmaktadır. Daha az miktarda su ısıtılacağından enerji kullanımı da önemli ölçüde azalmaktadır. Sürekli yıkama makinesine ısı geri kazanım sistemi kurulması eş zamanlı su giriş ve çıkışları depo ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Sözü edilen önlemler toplam su ve enerji tüketiminin azaltılması sağlanabilir.

- **Yıkama/durulama kaynaklı atıksuların temizlik amaçlı kullanılması**

Tekstil endüstrisinde terbiye, boyama gibi temel üretim proseslerinde ve ham su yumuşatma sistemleri gibi yardımcı üretim proseslerinde farklı karakterde proses atıksuları oluşmaktadır. Bazı proses atıksularının özellikle pH, elektriksel iletkenlik, KOİ, AKM ve renk içeriğinin yüksek olması arıtılmadan geri kullanımını engellemektedir. Ancak bu karakterdeki atıksular yüksek su kalitesi gerektirmeyen tesis yıkama işlemlerinde kullanılabilir (Öztürk, 2014). Tesis ve ekipman temizliğinde kullanılan suların, proses suyu kalitesinde olmasına gerek duyulmamaktadır. Çok kirlenmemiş yıkama ve durulama sularının temizlik işlemlerinde kullanılmasıyla tesis ve ekipman temizliğindeki su tüketimi ve atıksu oluşumu azaltılabilir.



- **Hipoklorit ağartmasından gelen atıksuyun diğer atıksu akımlarından ve kompozit atıksulardan ayrı tutulması**

Hipoklorit kullanımı kanserojen triklorometan gibi bir dizi klorlanmış hidrokarbon bileşiğinin oluşumuna yol açan yan reaksiyonlara neden olmaktadır. Bu yan ürünlerin çoğunluğu, absorbe edilebilen organik halojenler olarak, toplam AOX parametresi vasıtasıyla belirlenebilmektedirler. Klor, klor açığa çıkaran bileşikler ve yüksek derecede klorlanmış asitlerden de (örneğin, triklorasetik asit) zararlı AOX oluşumuna benzer katkılar kaynaklanabilmektedir. Halojenlenmiş çözümler de AOX problemine sebep olmaktadır. Sodyumhipoklorit kullanımının sadece yüksek beyazlığın istendiği durumlarla ve depolimerizasyona karşı hassas ve kırılabilir kumaşlarla sınırlandırılması problemi hafifletebilir. AOX oluşumunu azaltmak için sodyumhipoklorit ağartmasında ilk adımda peroksidin ve ikinci adımda hipokloritin kullanıldığı iki adımlı bir işlem uygulanmalıdır. AOX kontaminasyonunu azaltmak ve atıksuların geri kazanım potansiyelini korumak amacıyla hipoklorit ağartmasından gelen atıksu diğer atıksulardan ayrı tutulmalıdır.

- **Boyama banyosu çözelti atığının boyamada yeniden kullanılması**

Kesintisiz boyama işlemlerinde materyal boya; indirgen madde ve ıslatıcı ile tek banyolu veya iki banyolu işlemlerle emdirilmektedir. Tek banyolu yöntem olan pad-steam de indirgen madde ve boya aynı anda eklenmektedir. İki banyolu yöntem olan pad-dry/pad-steam de ise öncelikle boya ve ıslatıcı içeren flotte ile emdirilmekte ve gerekiyorsa bir ara kurutmadan sonra ikinci adımda indirgen madde aplike edilmektedir. Ardından materyal tam doymuş buhar ile işlem görmektedir. Son olarak durulama, oksidasyon ve tekrar durulama işlemleri uygulanmaktadır. Kesintisiz yöntemlerde flotteden boyarmaddenin çekilip alınmasının çok yüksek olmaması nedeniyle, boyama banyosunun tekrar kullanılabilir. Boyama banyosu atıksularının boyama sonrası yıkama atıksularından ayrı toplanmasıyla boyama banyosu atıksularının yeniden kullanımı ve geri kazanımı sağlanabilir. Boyama banyosunun yeniden kullanımıyla atıksu miktarında, BOİ ve KOİ yüklerinde önemli düzeyde azalma sağlanabilir.

- **Rotasyon baskı makinelerinde baskı patı kayıplarının azaltılması**

Baskı boyama proseslerinde su verimliliğini sağlamak için; rotasyon baskı makinelerinde baskı patı tedarik sistemlerinin hacminin en aza indirilmesi, baskı patının geri kazanımı, iki adımlı reaktif baskı yöntemi vb. tekniklerle rotasyon baskıda baskı patı kayıplarının azaltılması gerekir. Besleme ekipmanlarının/tanklarının boyutunun optimize edilmesi ve baskı patlarının yeniden kullanılmasıyla da (siyah boya üretimi vb.) baskı patı kayıpları azaltılır. Böylece atıksu kirlilik yükü azaltılır ve atıksuların geri kazanım potansiyeli artar.

- **Boyama atıksularının kimyasal çöktürme ile arıtılması**

Pamuklu tekstil imalatından kaynaklanan boyama atıksularının kimyasal çöktürme ile geri kazanılması tekniğinde alüminyum sülfat, katyonik organik polielektrolit ve çok düşük dozda anyonik polielektrolitin birlikte kullanılmasıyla yüksek (>%90) renk giderimi ve düşük KOİ giderimi (%40-50) elde edilebilmektedir. Elde edilen suyun, değişik amaçlarla kullanılabilirliği mümkün olmaktadır. Ancak bu yöntem yüksek çözünmüş katı madde, sıcaklık, deterjan ve KOİ içeriğinden olumsuz etkilenmektedir.

- ***Halı ve hacimli kumaşların baskısında dijital jet baskı makineleri kullanılarak baskı patı kayıplarının azaltılması***

Dijital jet baskıcılıkta trikromatik boyalar on-line olarak dozajlanmaktadır. Talep edilen miktara uygun şekilde boya aplike edilmektedir. Böylece, konvansiyonel baskı yöntemlerinden (düz ve rotasyon baskı) tamamen farklı olarak boya kayıpları ve işlem sonundaki baskı patı fazlası sorunları tümüyle önlenmektedir. Boyanın doğrudan kumaş yüzeyine etkin şekilde işlemesi nedeniyle kullanılan kıvamlaştırıcı miktarının azaltılması da tekniğin diğer bir önemli avantajıdır. Dijital jet baskı işlemiyle konvansiyonel yöntemlere göre %20 oranında su azaltımı sağlanabilir (IPPC BREF, 2003).

- ***"Sıcak Çıkarma Sistemi" olan modern haspellerin kullanılması***

Bu yöntemde haspel boyama makinelerinde ekipman optimizasyonu uygulanarak durulama suyu akımları ile kullanılmış sıcak flotlenin birbirleriyle karıştırılması önlenerek her iki akımın da tekrar kullanılabilmesi sağlanır. "Sıcak çıkarma sistemi" bulunan modern haspeller halıyı, flotteyi boşaltmadan ve soğutmadan veya durulama suyu ilave etmeden çıkarmak için tasarlanmışlardır. "Sıcak çıkarma sistemi" sayesinde halı otomatik olarak tekmeden dışarı alınmakta ve tutunmamış olan suyu uzaklaştıran vakumlu emme donatımından geçirilmektedir. Geri kazanılan flotte boya banyosuna tekrar gönderilmektedir. Daha sonra halıya su püskürtülmekte ve halı emilen durulama suyunun toplandığı ikinci bir emme donatımından geçirilmektedir. Ayrıca sıcaklığı korumak ve ısı kayıplarını en aza indirmek için üstü kapalı olan modern haspeller, boyama işlemi sırasında kimyasal madde ilavelerinin ve sıcaklık profilinin tam kontrolü için, otomatik dozajlama ve proses kontrol sistemleri ile donatılmaktadırlar. Modern haspellerin kullanılması ile su, kimyasal madde ve enerji tüketimi açısından önemli tasarruflar sağlamaktadırlar.

- ***Ön terbiye ve bitim işlemleri atıksuları dışındaki atıksuların membran teknolojileri kullanarak üretim sürecine geri döndürülmesi***

Kumaşın dokuma makinesi veya örme makinesinden çıktıktan sonra kumaş üzerindeki yabancı maddelerin uzaklaştırılması amacıyla yapılan yakma, hidrofilleştirme, mersevizasyon ve ağartma işlemlerine ön terbiye denir. Ön terbiye işleminin amacı; ham kumaşı boyama veya baskı işlemine hazır duruma getirmektir. Tekstil materyallerinin ön terbiye ve renklendirme işlemleri sonrası terbiye işletmesine terk etmeden önce gördükleri mekanik ve kimyasal tüm işlemlere bitim işlemleri veya apre işlemleri denir. Ön terbiye (hidrofilleştirme ve ağartma) ve bitim işlemlerinden (emdirme flottesi atıkları) gelen atıksular hariç, diğer atıksular birleştirilerek ultrafiltrasyon + nanofiltrasyon + ters osmoz uygulaması ile üretim sürecine geri çevrilebilir.



- **Termofiksaj işleminin yıkama öncesinde gerçekleştirilmesi**

Termofiksaj adımının yıkama öncesinde gerçekleştirilmesi ve ramözden çıkan hava emisyonlarının, yağların ayrı olarak toplanmasına ve enerji geri kazanımına izin veren kuru elektrofiltrasyon sistemleri ile işleme tabi tutulması enerji geri kazanımına ve yağın ayrı bir yerde toplanmasına olanak sağlar. Böylece, atık suya gelen kirlilik yükü azaltılarak atıksuyun geri kazanım potansiyeli artar.

- **Sentetik lif hazırlanma sürecinde biyobozunurluğu düşük olan madeni yağların ikame edilmesi**

Birçok uygulama için madeni yağların yerine kullanılacak ürünler mevcut olup yağ asidi esterleri de bunlardan biridir. Bu teknik sayesinde atık oluşumunda %20, su kullanımında ise %30-40 azalma ile çevresel iyileştirme sağlanır.

- **Konvansiyonel madeni yağ esaslı lubrikantların yerine biyolojik olarak bozunabilen ve suda çözülebilen lubrikantların kullanılması**

Örgü makinesi iğnelerinin örgü makinesi yağı kullanılarak yağlanması gerekmektedir. Makinedeki kayıplardan dolayı lif ağırlığının yaklaşık % 4-8'i oranında örgü kumaş üzerinde yağ kalmaktadırlar. Bu durum madeni yağ bazlı formülasyonların emülsifiye olabilmeleri için yıkama banyolarına yüzey aktif madde ilave edilmesini gerektirmektedir. Bunu engellemek için klasik madeni yağ esaslı lubrikantlar yerine suda çözünür ve biyodegradasyon oranı yüksek lubrikantların tercih edilmesi gerekmektedir. Suda çözünebilen yağlar, konvansiyonel madeni yağlara kıyasla daha düşük sıcaklıklarda yıkanarak kumaştan kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir. Sentetik liflerden yapılmış örme kumaşlarda yıkama işleminin, yağları uzaklaştırmak ve havaya emisyonlarını önlemek amacıyla, termofiksaj öncesinde gerçekleştirilmesi gerekir. Böylece yıkama banyolarında yüzey aktif madde kullanımı da önlenmektedir. Konvansiyonel madeni yağ esaslı lubrikantların aksine suda çözünebilen yağlar yıkanarak kumaştan kolaylıkla uzaklaştırılabilir. Suda çözünen yağların kullanılması işlem süresi ile birlikte su, enerji ve kimyasal madde tüketiminin azaltılmasını da sağlar.

- **Organik çözücülerle yıkama yapılarak suda çözünmeyen yağların uzaklaştırılması**

Suda çözünmeyen yağların giderilmesinde kullanılan organik çözücüler inatçı kirliliklerin devre-içi sistem ile (örneğin, gelişmiş oksidasyon yöntemleri ile) parçalanmasını sağlar. Bu tekniğin avantajı kalıcı kirlleticilerin işlem sırasında (örneğin, ileri oksidasyon prosesleriyle) bozunmasıdır. Yöntem suda çözünmeyen yağların uzaklaştırılmasını, atıksuların arıtılmasını ve geri kazanılmasını kolaylaştırmaktadır.

## 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 dışarjı 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 teknolojisinin 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).

### • **Teknik olarak mümkün olan durumlarda uygun atıksuların arıtılarak buhar kazanı besleme suyu olarak kullanılması**

Endüstriyel tesislerde uygulanması zor olsa da uygun atıksuların proses suyu kalitesine kadar arıtılarak buhar kazanları dahil olmak üzere üretim proseslerinde geri kullanılması mümkündür. Bu sayede toplam su tüketiminde ve atıksu oluşumunda %20-50 arasında değişen oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014; TUBİTAK MAM, 2016). Uygulama için gerekli ilk yatırım maliyetini kullanılacak arıtma sistemi oluşturmaktadır. Geri kazanılacak su miktarı, ekonomik tasarruf miktarı, uygulanan birim su-atıksu maliyetleri, arıtma sistemi işletme-bakım maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda geri ödeme süreleri değişkenlik göstermektedir (TOB, 2021). Geri kazanım için membran sistemleri (ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (TO) sistemlerinin bir kombinasyonu kullanılabilir. Örneğin bazı endüstriyel tesislerde soğutma sistemi blöf sularının arıtılarak proses suyu olarak geri kullanımı mümkündür (TOB, 2021).

- **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).

- **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).

Tekstil endüstrisinde yıkama ve durulama sularının arıtılmadan yeniden kullanımıyla %30-70 oranında su tasarrufu sağlanabilmektedir (USEPA, 2008; LCPC, 2010; TOB, 2021). Ayrıca tekstil endüstrisinde gerçekleştirilen bir temiz üretim çalışmasında uygun atıksu akımlarının arıtılarak/arıtılmadan geri kazanım uygulamalarıyla toplam su tüketiminde %29-55 aralığında ve kompozit atıksuların kirlilik yüklerinde %42-53 aralığında azalma sağlanacağı bildirilmiştir (Öztürk, 2014). Tekstil terbiye-boyaması yapan başka bir tekstil işletmesinde ise atıksuların arıtılarak ya da arıtılmadan tekrar kullanılmasıyla su tüketiminde %46-50 oranında, atıksu miktarlarında %48-56 oranında ve atıksuların KOİ yükünde %16-20 oranında azalma sağlanabildiği tespit edilmiştir (Öztürk, 2014).



Ters Osmoz Sistemi



- **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).

- **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 gerçekleşen 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 arıtdıktan 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 bileşikler 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).

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

Endüstriyel tesislerde ham suyun yumuŝatılmasında en sık kullanılan yöntemlerden birisi olan katyonik iyon değiştirici reĝineler rutin olarak rejenere 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 sıklığının 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

- **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 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 önlenir. 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 arıtmadan 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 çözüldüğü doğrudan sistem içerisinde bekletilmekte ve özelliğini kaybedene kadar defalarca kullanılabilir.

- ***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).



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

Endüstriyel tesislerde verimsiz kaynak kullanımı ve çevresel problemler doğrudan girdi-çıkışı akışları ile bağlantılı olduğundan üretim prosesleri özelinde proses girdi-çıkışlarının en iyi şekilde tanımlanması gerekmektedir (TUBİTAK MAM, 2016). Böylece kaynak verimliliğinin, ekonomik ve çevresel performansın artırılması açısından önlemlerin geliştirilmesi mümkün hale gelmektedir. Girdi-çıkışı 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).

- **Nanofiltrasyon (NF) veya ters osmoz (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılmadan ya da arıtıldıktan sonra geri kullanılması**

Atıksu karakterizasyonuna ve uygun kullanım noktalarına göre, membran proseslerinden kaynaklanan diğer atıksuların geri kullanım potansiyelleri (kimyasal kullanılmadan veya kimyasal kullanılarak geri yıkamalar, CIP temizlikler, modül temizlikleri, kimyasal tankların temizlikleri, 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 çıkarabilir (AKGÜL, 2016).

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



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

Bilgisayar Destekli Kontrol Sistemi

- ***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).

- ***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 sulardır 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 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.

- ***Üretim proseslerinde yıkama, durulama ve ekipman temizliğinden kaynaklanan nispeten temiz atıksuların arıtmadan 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 arıtmadan 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).

- ***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).



- **Yıkama ve durulama sularının tekrar kullanım kapsamlarının 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 arıtmadan geri kullanılabilir (Öztürk, 2014). Böylelikle ham su tüketiminde %1-5 arasında tasarruf sağlanabilir (TOB, 2021).

- **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.



## 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 takip edilmesi**

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 izolasyonlarının yapılması ve buhar tüketimlerinin sürekli izlenmesi amacıyla otomatik kontrol mekanizmalı kontrol sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Buhar kayıplarının azaltılmasına bağlı olarak yakıt tüketiminde ve kazanlardaki ilave yumuşak su tüketiminde benzer oranlarda tasarruf 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 ozmoz konsantrlerinde de azalma sağlanmaktadır. 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 sağlanmaktadır.

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; TÜBİTAK MAM, 2016).

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

Buhar kazanı kondensi genellikle ekipman çıkışlarından ve buhar kapanları çıkışından atmosferik basınçta sistemden atılmaktadır. Kondens sistemlerinde basınç azaldıkça kondensin bir kısmı yeniden buharlaşmakta ve atmosferik basınçta suyun kaynama noktasına kadar soğumaktadır. Flaş buhar olarak adlandırılan yeniden buharlaşan kondens, atmosfere atılarak kaybolmaktadır. Genellikle oldukça uzun olan kondens dönüş hatlarında, soğuma ve dolayısı ile buharlaşma kaçınılmazdır. Kondensin yeniden buharlaşmasını önlemek amacıyla kazan besleme tankına geri dönünceye kadar basınç altında bir flaş tankında tutulması ile tasarruf sağlanabilmektedir. Tank içine alınan kondensatta basınç düştükçe oluşan buhar, tankın üzerinde toplanmakta ve buradan düşük basınçlı buhar sistemini beslemektedir. Geriye kalan sıcak kondens ise tankın dibinden kazana alınmaktadır.

- **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 kullanılması**

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 çözülmüş 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 çözülmüş gazlar uzaklaştırılmaz ise söz konusu sistemlerin faydalı ömrü kısalmakta, 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 çözülmüş gazlardan arındırılması gerekmektedir. Degazör sistemleri suya fan ile hava verilerek sudan çözülmüş gazların uçurulmasını sağlayan mekanik sistemlerdir. Degazör sistemi içerisinde su ve hava temas yüzeyinin artırılması sayesinde çözülmüş gaz giderimi artırılabilir. Bu sayede korozyon oluşumu azaltılırken kazan verimi artırılmaktadır (TUBİTAK MAM, 2016; TOB, 2021).

### 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.



Soğutma Sistemleri (Chiller)

- **Kapalı döngü soğutma sistemlerinde döngü sayısının artırılarak, 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 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).

- **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).

- **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).

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

Soğutma ihtiyacının az olduğu durumlarda kuru hava ile soğutma yapılarak su tasarrufu sağlanması mümkündür.

- **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**

Soğutma kuleleri ve evaporatif kondenserler, klima 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).

## Havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine ilişkin METler

- **Havalandırma sisteminden gelen yoğuşma ile oluşan sının 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](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.
- Avdičević, M. Z., Košutić, K., & Dobrović, S. (2017). Effect of Operating Conditions on the Performances of Multichannel Ceramic UF Membranes for Textile Mercerization Wastewater Treatment. *Environmental Technology*, 38:65-77. doi:<https://doi.org/10.1080/09593330.2016.1186225>
- Ayan, B. (2010). Kaynaklı İmalat Yapan İşletmelerde Uluslararası Sertifikasyon Sistemleri. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Balkan, M., Öztürk, E., & Kitiş, M. (2022). Economic and Cross-Media Effect Analyses of Best Available Techniques for Caustic Recovery from Mercerization Textile Wastewater. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1043-1058. doi:<https://doi.org/10.1007/s10098-022-02424-9>
- Christopher, S. (1998). ISO 14001 and Beyond Environmental Management Systems in the Real World.
- CPRAC. (2021). Med No:55. <http://www.cprac.org/en/media/medclean> adresinden alındı
- ÇŞİDB. (2012b). Tekstil Sanayi için MET kılavuzu.
- 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.
- EPA. (1995). Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry Manual. United States Environmental Protection Agency.
- 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.
- 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.
- 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. (2009). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. [https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE\\_Adopted\\_02-2009.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE_Adopted_02-2009.pdf) adresinden alındı
- 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.
- 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.
- MedClean. (t.y). Pollution Prevention Case Studies No: 46.
- 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.
- Ozturk, E. (2022). Improving Water-Use Efficiency and Environmental Performances in an Integrated Woven-Knitted Fabric Printing-Dyeing Textile Mill. *Journal of Cleaner Production*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134805>
- 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
- Varol, C. (2008). *Caustic Recovery from Highly Alkaline Denim Mercerizing Wastewaters Using Membrane Technology*. Middle East Technical University, Science Institute, Department of Environmental Engineering, M.Sc. Thesis, 97p.
- Yaman, C. (2009). *Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Bina*. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- Yang, J., Park, C., Lee, D., & Kim, S. (2007). Recovery of Caustic Soda in Textile Mercerization by Combined Membrane Filtration. *Nanotechnology Conference and Trade Show-NSTI Nanotech 2007, Technical Proceedings*, 4:660-663.



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)