



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**DERİ ENDÜSTRİSİNDE TEMİZ ÜRETİM**  
**YAKLAŞIMI:**  
**SU VE ATIKSU YÖNETİMİ**

**Havva KILIÇ**

**DOKTORA TEZİ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Kasım, 2021**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Havva KILIÇ tarafından hazırlanan “Deri Endüstrisinde Temiz Üretim Yaklaşımı: Su ve Atıksu Yönetimi” adlı tez çalışması 25/11/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Ülkü YETİŞ

.....

#### Danışman

Prof. Dr. Bilgehan NAS

.....

#### Üye

Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN

.....

#### Üye

Prof. Dr. Mustafa KARAMAN

.....

#### Üye

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Havva KILIÇ  
Tarih: 30/11/2021

## ÖZET

### DOKTORA

## DERİ ENDÜSTRİSİNDE TEMİZ ÜRETİM YAKLAŞIMI: SU VE ATIKSU YÖNETİMİ

Havva KILIÇ

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Bilgehan NAS**

**2021, 146 Sayfa**

**Jüri**

**Prof. Dr. Bilgehan NAS**

**Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN**

**Prof. Dr. Mustafa KARAMAN**

**Prof. Dr. Ülkü YETİŞ**

**Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ**

Temiz üretim kavramı, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından “toplam etkinliği artırmak, insan ve çevre üzerindeki riskleri azaltmak için entegre ve önleyici bir çevre stratejisinin prosedürlere, ürünlere ve hizmetlere sürekli olarak uygulanması” şeklinde tanımlanmaktadır. Avrupa Birliği çevre mevzuatının sanayi açısından en önemli bileşenlerinden birini, 1996 yılında yayımlanan eski adı ile “Entegre Kirlilik Önleme Kontrolü Direktifi (EKÖK)”, yeni adı ile “Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED)” oluşturmaktadır. Direktif, sanayi kirliliğinin önlenmesine farklı bir yaklaşım getirerek, deşarj standartları yanında alıcı ortam özellikleri ve doğal yenilenme sürecinin de temel alındığı kirleticilerin kaynağında önlenmesi ilkesinin somutlaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla 33 sektör için Mevcut En İyi Teknik (MET) Referans Dökümanı, bazı sektörler için MET Sonuç Belgeleri de yayımlanarak emisyonların azaltılması/önlenmesi için zorunlu olarak yapılması gereken MET’ler tanımlanmıştır.

Deri endüstrisi atıksularında çok yüksek değerlerde tespit edilen ve konvansiyonel arıtma prosesleri ile giderilemeyen iletkenlik parametresi bu atıksuların yönetiminde en önemli problemlerden biridir. Arıtılmış atıksuların deşarj edildiği ortamlardan beslenen ve sulama suyu kullanımının olduğu kaynaklarda tuzluluk yükselmekte ve alıcı ortam kalitesi ciddi ölçüde bozulmaktadır. Bu atıksuların yönetiminde, oluştuktan sonra ileri arıtma yöntemleri ile tuzluluk gideriminden ziyade, kaynağında tuzluluğun önlenmesi önem arz etmektedir. Avrupa Birliği tarafından 2013 yılında yayımlanan deri işleme sektörü MET Sonuç Belgesi Dökümanında, atıksuların yönetiminde tuzluluk gideriminde mekanik sallama ekipmanı kullanılarak veya tuzlanmamış derilerin işlenmesi tekniklerinden uygun olanın tesis için uygulanması zorunlu MET olarak sunulmaktadır.

Bu çalışmada deri endüstrisinde su ve atıksu yönetimi detaylı şekilde ele alınmış, Türkiye’de faaliyet gösteren deri işleme tesisleri için su ve atıksu yönetimi konusunda MET uygulama ve uygulanabilirlik oranları değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca, deri işleme tesisi atıksularının yönetiminde en önemli problemlerden biri olan “İletkenlik” parametresinin alıcı ortam kalitesinin iyileştirilebilmesi için kabul edilebilir değerlere düşürülmesi amacıyla, deri işleme sektörü MET listelerinde yer alan iki MET alternatifi kıyaslanmıştır. 1 MET alternatifi, tuzla muhafaza edilmiş ham derilerin işlenmeden önce mekanik sallama ekipmanı ile üzerindeki gevşek tuzun silkelenmesi olarak belirlenmiştir. Ancak tek başına bu yöntemle atıksu emisyonunda hedeflenen iletkenlik değerlerine ulaşamayacağından, alıcı ortamda hedeflenen kriterlere ulaşabilmek için ayrıca atıksu arıtma tesisi sonuna Ultrafiltrasyon (UF), Ters Ozmoz (RO) ve Evaporasyon sistemi kurulumu da dahil edilmiştir. 2. MET alternatifi; ham derilerin tuz kullanmadan soğuk hava depolarında saklanması olarak belirlenmiştir. Her iki MET alternatifi Çapraz Medya Etkisi ve Maliyet Analizi ile kıyaslanmış olup; sektörel uyum kabiliyeti ve MET’lerin çevre korumaya katkısı da değerlendirilerek en iyi MET seçeneği belirlenmiştir. Hem çevresel faktörler hem de maliyet kıyaslaması sonucunda derilerin tuzlanmadan soğuk muhafazası (2. Yöntem) tercih edilmesi gereken MET alternatifi olarak belirlenmiştir.

Çalışmada ayrıca, ülkemizde değişen kapasitelerde çalışan ve farklı sürelerde derileri depolayarak muhafaza eden tesisler ile bağlı buldukları atıksu altyapı yönetimlerinin mevcut yapısı da göz önünde bulundurularak iletkenlik probleminin çözümünü hedefleyen ve kıyaslama yapılan 2 MET alternatifinin uygulanması durumunda farklı senaryolara göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri de hesaplanmıştır.

Kıyaslama yapılan MET seçeneklerinden hangisinin en iyi MET seçeneği olduğuna karar vermede en önemli kriterlerden bir tanesi de sektörel uygulanabilirliğin değerlendirilmesidir. Ülkemizde deri işleme tesislerinin tamamında, 6 aydan 1 yıla kadar uzayabilen uzun saklama koşulları nedeniyle deriler tuzla kürlenerek muhafaza edildiğinden, 1.yöntem sektör tarafından daha uygulanabilir görülmektedir. Bu önemli problemin çözümünde, sektörün temiz üretim çalışmalarında fiilen görev alması sağlanarak, uzun vadede MET uygulamalarının getireceği çevresel ve ekonomik faydalara dikkat çekilmelidir. Ayrıca ulusal teşvik mekanizmalarının sağlanması sektörel uyum kabiliyetinin artırılmasına olumlu katkı sağlayacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Deri işleme, temiz üretim, mevcut en iyi teknik (MET), çapraz medya etkisi, deri kütleme.



## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **CLEAN PRODUCTION APPROACH IN LEATHER INDUSTRY: WATER AND WASTEWATER MANAGEMENT**

**Havva KILIÇ**

**Konya Technical University Graduate Education Institute  
The Degree of Doctor of Science In Environment Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Bilgehan NAS**

**2021, 146 Pages**

**Jury**

**Advisor Prof. Dr. Bilgehan NAS**

**Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN**

**Prof. Dr. Mustafa KARAMAN**

**Prof. Dr. Ülkü YETİŞ**

**Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ**

“Cleaner Production” is defined by the United Nations Environment Program (UNEP) as the continuous application of an integrated and preventive environmental strategy to processes, products and services in order to increase total efficiency and reduce risks on human and environment. One of the most important components of the European Union's environmental legislation in terms of industry is the "Integrated Pollution Prevention Control Directive (IPPC)", with its new name "Industrial Emissions Directive (IED)", published in 1996. The Directive brings a different approach to the prevention of industrial pollution and aims to concretize the principle of preventing pollutants at their source, which is based on the recipient environment characteristics and natural regeneration process as well as discharge standards. For this purpose, the Best Available Techniques (BAT) Reference Document were published for 33 sectors and the BAT Result Documents were published same sector and the required BATs were defined for reduction/prevention of emissions.

The conductivity parameter which is detected in very high value in leather industry wastewaters and cannot be eliminated by conventional treatment processes, is one of the most important problems in the management of these wastewater. Salinity increases in the sources fed from the environments where treated wastewater is discharged and where irrigation water is used and the quality of the receiving environment is seriously deteriorated. In the management of these wastewater, it is important to prevent salinity at the source rather than removing salinity with advanced treatment methods. In the BAT Result Document published by the European Union in 2013 for leather processing sector, the use of mechanical shaking equipment for salinity removal in the management of wastewater or the appropriate one of the unsalted leather processing techniques are presented as mandatory BAT for the plant.

In this study, water and wastewater management of leather industry discussed, MET practices and MET applicability rates were determined for leather processing plants operating in Turkey. In addition, two BAT alternatives selected in order to reduce the "Conductivity" parameter, which is one of the most important problems in the management of leather processing plant wastewater, to the acceptable values in order to improve the quality of the receiving environment, which is in the leather processing sector BAT lists and is one of the most important problems. As the first option, it was chosen to shake off the loose salt with mechanical shaking equipment before processing the salted leathers. However, since the conductivity values targeted in wastewater emission could not be achieved with this method alone, the installation of a Ultrafiltration (UF), Reverse Osmosis (RO) and Evaporation at the end of the wastewater treatment plant was also included in order to achieve the targeted criteria in the receiving environment. As the second option, curing of the leathers with cold preservation, which is a physical protection method, was chosen for the preservation of unsalted leathers. By comparing both BAT alternatives with Cross

Media Effect and Cost Analysis, sectoral adaptability and contribution of BATs to environmental protection were also evaluated and the best BAT option was determined. As a result of both environmental factors and cost comparisons, cold preservation of leather without salting (2nd Method) has been determined as the BAT alternative to be preferred.

In the study, the initial investment and operating costs were also calculated according to different scenarios in the case of applying the 2 BAT alternatives, which aim to solve the conductivity problem and make comparisons, taking into account the existing structure of the wastewater infrastructure managements and the facilities operating at varying capacities in our country and storing and preserving the skins for different periods of time.

One of the most important criteria in deciding which of the benchmarked BAT options is the best BAT option is the evaluation of sectoral applicability. The 1st method is considered more applicable by the sector as the leather is preserved by curing with salt due to the long storage conditions that can extend from 6 months to 1 year in all leather processing facilities in our country. In solving this important problem, the long-term environmental and economic benefits of BAT applications should be highlighted by ensuring that the industry takes part in cleaner production activities. In addition, providing national incentive mechanisms will contribute positively to increasing the sectoral adaptability.

**Keywords:** Leather processing, clean production, best available technique (BAT), cross-media effect, leather curing.



## ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, tecrübeleriyle çalışmama yön veren Konya Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Danışmanım Prof. Dr. Bilgehan NAS'a çok teşekkür ederim.

Konya Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN ve Konya Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Mustafa KARAMAN'a değerli katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdür Yardımcısı Sayın Gürsel ERUL'a ve "Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları (BESTÜ) Projesi"nin yürütücüsü Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Ülkü YETİŞ'e, proje uzmanı Süleyman Demirel Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ'e ve tüm proje ekibine teşekkürü bir borç bilirim.

Beni yetiştirip bugünlere getiren, her zaman her koşulda yanımda olan ve desteğini daima hissettiren babam Ercan USLU ve annem Emine USLU'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince en büyük destekçim olan eşim İbrahim KILIÇ'a ve en büyük motivasyon kaynağım çocuklarım Mübine Zehra'm ve Kerem Zahit'ime teşekkür ederim.

Havva KILIÇ  
Çevre Yüksek Mühendisi  
KONYA-2021



# İÇİNDEKİLER

|   |             |
|---|-------------|
| <b>ÖZET</b> .....   | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>vi</b>   |
| <b>ÖNSÖZ</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....  | <b>ix</b>   |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....  | <b>xiv</b>  |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>    |
| <b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....  | <b>3</b>    |
| 2.1. Deri İşleme Sektörü .....  | 3           |
| 2.1.1. Tabaklama öncesi prosesler .....                                       | 6           |
| 2.1.1.1. Koruma ve depolama .....   | 6           |
| 2.1.1.2. Yıkama (ıslatma/yumuşatma) .....                                     | 6           |
| 2.1.1.3. Kıl giderme (zırnıklama) ve kireçleme .....                          | 7           |
| 2.1.1.4. Etleme (kavaleta) .....  | 8           |
| 2.1.1.5. Yarma.....   | 8           |
| 2.1.1.6. Kireç giderme ve sama .....  | 8           |
| 2.1.1.7. Yağ giderme.....   | 9           |
| 2.1.2. Tabaklama prosesleri .....   | 10          |
| 2.1.2.1. Piklaj .....   | 10          |
| 2.1.2.2. Ön tabaklama .....   | 11          |
| 2.1.2.3. Tabaklama (sepileme).....  | 11          |
| 2.1.2.4. Retenaj .....  | 12          |
| 2.1.3. Tabaklama sonrası prosesler .....                                      | 12          |
| 2.1.3.1. Tıraşlama .....  | 12          |
| 2.1.3.2. Boyama .....   | 12          |
| 2.1.3.3. Yağlama .....  | 14          |
| 2.1.3.4. Kurutma .....  | 15          |
| 2.1.3.5. Finisaj.....   | 15          |
| 2.1.4. Deri sanayi atıkları.....  | 16          |
| 2.2. Deri Endüstrisinde Su ve Atıksu Yönetimi.....                            | 18          |
| 2.2.1. Deri tabaklama prosesi su kullanımı ve yönetimi.....                   | 18          |
| 2.2.2. Deri tabaklama prosesi atıksu karakterizasyonu.....                    | 20          |
| 2.2.3. Deri endüstrisi atıksu arıtımı.....                                    | 21          |
| 2.2.4. Tabakhanelerde enerji kullanımı ve yönetimi .....                      | 29          |
| 2.3. Temiz Üretim Kavramı .....   | 30          |
| 2.4. Yasal Mevzuat .....  | 33          |
| 2.5. Deri İşleme Sektörü İçin Ülkemizde ve Dünya’da Uygulanan MET Örnekleri.. | 37          |
| 2.6. Post ve Derilerin Daha Temiz Korunma/Muhafazasında Son Gelişmeler .....  | 40          |
| 2.6.1. Kimyasal koruma yöntemleri.....  | 42          |
| 2.6.2. Fiziksel koruma yöntemleri .....                                       | 47          |
| 2.7. Çapraz Medya Etkisi.....   | 49          |

|   |            |
|---|------------|
| 2.7.1. İnsan toksisitesi.....   | 51         |
| 2.7.2. Küresel ısınma .....   | 51         |
| 2.7.3. Sucul toksisite .....  | 51         |
| 2.7.4. Asitlendirme.....  | 52         |
| 2.7.5. Ötrofikasyon .....   | 52         |
| 2.7.6. Ozon tüketme potansiyeli .....                                   | 53         |
| 2.7.7. Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli .....                    | 53         |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>                                       | <b>55</b>  |
| 3.1. MET (Mevcut En İyi Teknik) Listelerinin Oluşturulması.....         | 55         |
| 3.2. Saha Ziyaretleri.....  | 55         |
| 3.3. MET Alternatiflerinin Seçilmesi .....                              | 55         |
| 3.4. MET Alternatiflerinin Çapraz Medya Etkilerinin Hesaplanması .....  | 57         |
| 3.5. MET Alternatiflerinin Maliyetinin Hesaplanması .....               | 58         |
| 3.6. MET'lerin Karşılaştırılması ve En İyi Seçeneğin Belirlenmesi ..... | 59         |
| <b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>                          | <b>61</b>  |
| 4.1. Saha Ziyareti Bulguları.....                                       | 61         |
| 4.2. Deri Sektörü MET Uygulama Durumları .....                          | 63         |
| 4.3. MET Alternatiflerinin Çapraz Medya Etkilerinin Hesaplanması .....  | 68         |
| 4.3.1. İnsan toksisite etkisi.....                                      | 76         |
| 4.3.2. Küresel ısınma etkisi.....                                       | 78         |
| 4.3.3. Asitlendirme potansiyeli etkisi .....                            | 79         |
| 4.3.4. Ötrofikasyon potansiyeli etkisi .....                            | 81         |
| 4.3.5. Fotokimyasal ozon oluşturma etkisi .....                         | 82         |
| 4.3.6. Sucul Toksisite.....   | 83         |
| 4.4. Çapraz Medya Etkilerinin Yorumlanması .....                        | 84         |
| 4.5. MET Alternatiflerinin Maliyetlerinin Hesaplanması.....             | 85         |
| 4.6. Sektörel Uygulanabilirliğin Değerlendirilmesi.....                 | 91         |
| 4.7. MET'lerin Karşılaştırılması ve En İyi Seçeneğin Belirlenmesi ..... | 92         |
| 4.8. Senaryolar .....   | 94         |
| 4.8.1. Senaryo 1 .....  | 97         |
| 4.8.2. Senaryo 2 .....  | 102        |
| 4.8.3. Senaryo 3 .....  | 106        |
| 4.8.4. Senaryo 4 .....  | 110        |
| 4.8.5. Senaryo 5 .....  | 113        |
| 4.8.6. Senaryo 6 .....  | 117        |
| 4.8.7. Senaryo 7 .....  | 121        |
| 4.8.8. Senaryo 8 .....  | 124        |
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                    | <b>131</b> |
| 5.1. Sonuçlar .....   | 131        |
| 5.2. Öneriler .....   | 135        |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>  | <b>138</b> |

## ÇİZELGELER LİSTESİ

- Çizelge 2.1.** Deri özelliklerine göre boyama işlemindeki faktörler
- Çizelge 2.2.** Deri tiplerine özel uygulanması gereken yağ yüzdeleri
- Çizelge 2.3.** Deri sanayinden salınan katı, sıvı ve gaz fazındaki atıklar
- Çizelge 2.4.** Konvansiyonel deri işleme endüstrisi tipik proses suyu tüketimleri
- Çizelge 2.5.** Farklı deri türlerine göre 1 adet deri işleme için kullanılan su miktarı (m<sup>3</sup>/adet deri)
- Çizelge 2.6.** Büyükbaş hayvan derisi işlemede “MET ile ilişkili su tüketim değerleri”
- Çizelge 2.7.** Küçükbaş hayvan derisi işlemede “MET ile ilişkili su tüketim değerleri”
- Çizelge 2.8.** Deri endüstrisinde oluşan atıksu karakterizasyonu
- Çizelge 2.9.** Tabakhane atıksuyu arıtma prosesleri özeti, işlevi ve faydası
- Çizelge 2.10.** Deri endüstrisi atıksu arıtımında kullanılan arıtma proseslerinin avantaj ve dezavantajları
- Çizelge 2.11.** MET ile ilişkili spesifik enerji tüketimleri
- Çizelge 2.12.** Temiz üretim yaklaşımının kirlilik kontrolü yaklaşımından temel yaklaşımından temel farklılıkları (Demirer, 2003)
- Çizelge 2.13.** Alıcı ortama deşarj eden tesisler için uyulması gereken MET-ESD değerleri
- Çizelge 2.14.** Kanalizasyona deşarj eden tesisler için uyulması gereken MET-ESD değerleri
- Çizelge 2.15.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği deri işleme sektörü atıksularının alıcı ortama deşarj standartları
- Çizelge 4.1.** Saha Ziyareti Yapılan Tesislerde Su Kullanımı ve Su-Atıksu Yönetimi
- Çizelge 4.2.** Su ve Atıksu Yönetimi İle İlgili MET’ler, Uygulanma (A) ve Uygulanabilirlik (B) Oranları
- Çizelge 4.3.** Her iki yöntemin direk emisyonları
- Çizelge 4.4.** Türkiye elektrik arz dağıtımı ve 1 MWh elektrik üretimi için salınan emisyonlar
- Çizelge 4.5.** Türkiye’de 1 GJ elektrik üretmek için salınan ortalama emisyon
- Çizelge 4.6.** Soğuk oda yaklaşık soğutma kapasitesi
- Çizelge 4.7.** MET alternatiflerinin enerji tüketimi
- Çizelge 4.8.** 1.ve 2.yöntem tarafından elektrik tüketimi ile salınan dolaylı emisyon kütlesi
- Çizelge 4.9.** Alternatif MET’lerin insan toksisite etkisi
- Çizelge 4.10.** Alternatif MET’lerin küresel ısınma etkileri
- Çizelge 4.11.** Alternatif MET’lerin asitlendirme potansiyeli etkisi
- Çizelge 4.12.** Alternatif MET’lerin ötrofikasyon potansiyeli etkisi
- Çizelge 4.13.** Alternatif MET’lerin fotokimyasal ozon oluşturma etkisi
- Çizelge 4.14.** Alternatif MET’ler için karşılaştırma tablosu
- Çizelge 4.15.** Her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri
- Çizelge 4.16.** MET alternatifleri maliyet ve giderim verimlerinin karşılaştırılması
- Çizelge 4.17.** MET alternatiflerinin avantaj ve dezavantajları
- Çizelge 4.18.** 1.ve 2. yöntem için senaryolar
- Çizelge 4.19.** Senaryo 1
- Çizelge 4.20.** Senaryo 1 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri
- Çizelge 4.21.** Senaryo 2
- Çizelge 4.22.** Senaryo 2 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri
- Çizelge 4.23.** Senaryo 3
- Çizelge 4.24.** Senaryo 3 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

- Çizelge 4.25.** Senaryo 4 için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı  
**Çizelge 4.26.** Senaryo 5  
**Çizelge 4.27.** Senaryo 5 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri  
**Çizelge 4.28.** Senaryo 6  
**Çizelge 4.29.** Senaryo 6 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri  
**Çizelge 4.30.** Senaryo 7  
**Çizelge 4.31.** Senaryo 7 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri  
**Çizelge 4.32.** Senaryo 8  
**Çizelge 4.33.** Senaryo 8 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri  
**Çizelge 4.34.** Tüm senaryolara göre her iki yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri  
**Çizelge 4.35.** Tüm Senaryolara Göre Maliyet Kıyaslaması



## ŞEKİLLER LİSTESİ

**Şekil 2.1.** Bir ton ham sığır derisinin konvansiyonel olarak işlenmesi sırasında (kromlu tabaklama) giren ve çıkan malzeme miktarları

**Şekil 2.2.** Konvansiyonel deri tabaklama prosesleri

**Şekil 2.3.** Tabakhanelerde üretilen tipik katı ve sıvı atıklar

**Şekil 2.4.** Atıksu akımlarının ayrıldığı bir tabakhane de akış diyagramı (Swartz ve ark., 2017)

**Şekil 2.5.** Deri endüstrisi tipik enerji kullanımı (%)

**Şekil 2.6.** Temiz üretim stratejileri (Demirer, 2010).

**Şekil 2.7.** Deri işleme operasyonlarında kullanılan kimyasallar (Kanagaraj ve ark., 2015)

**Şekil 3.1.** MET alternatiflerinin akım şeması

**Şekil 3.2.** Alternatiflerin değerlendirilmesi akım şeması

**Şekil 4.1.** Su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET Uygulanma ve Uygulanabilirlik Durumları

**Şekil 4.2.** Su ve Atıksu Yönetimi İle İlgili MET Uygulanma ve Uygulanabilirlik Sayı ve Oranları

**Şekil 4.3.** Ortalama MET Uygulanma ve Uygulanabilirlik Oranları

**Şekil 4.4.** Çapraz medya etkileri hesaplama prosedürünün akım şeması (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006)

**Şekil 4.5.** Alternatif MET'lerin insan toksisite etkisi

**Şekil 4.6.** Alternatif MET'lerin küresel ısınma etkisi

**Şekil 4.7.** Alternatif MET'lerin asitlendirme potansiyeli etkisi

**Şekil 4.8.** Alternatif MET'lerin ötrofikasyon potansiyeli etkisi

**Şekil 4.9.** Alternatif MET'lerin fotokimyasal ozon oluşturma etkisi

**Şekil 4.10.** Maliyet analizi prosedürünün akım şeması (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).

**Şekil 4.11.** Münferit Deri İşleme Tesisi Atıksu Arıtımı Akım şeması

**Şekil 4.12.** Senaryo 1 Akım Şeması

**Şekil 4.13.** Senaryo 2 Akım Şeması

**Şekil 4.14.** Senaryo 3 Akım Şeması

**Şekil 4.15.** Senaryo 4 Akım Şeması

**Şekil 4.16.** Senaryo 5 Akım Şeması

**Şekil 4.17.** Senaryo 6 Akım Şeması

**Şekil 4.18.** Senaryo 7 Akım Şeması

**Şekil 4.19.** Senaryo 8 Akım Şeması

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

kg: Kilogram  
L: Litre  
m<sup>3</sup>: Metreküp  
m<sup>2</sup>: Metrekare  
mg: Miligram  
μs: Mikrosiemens  
cm: Santimetre  
t: Ton  
GJ: Gigajoule  
MWh: Mega watt saat  
kW: Kilowatt

### Kısaltmalar

AAT: Atıksu Arıtma Tesisi  
AB: Avrupa Birliği  
AcAc: Asetik asit  
AKM: Askıda Katı Madde  
AOX: Adsorblanabilen Organik Halojenler  
APEO: Alkil Fenol Etoksilat  
BAT: Mevcut En İyi Teknikler (Best Available Techniques)  
BOİ: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı  
BREF: Mevcut En İyi Teknik Referans Doküman (Best Available Techniques Reference Document)  
CaOH<sub>2</sub> kireç  
CaSO<sub>4</sub>: Kalsiyum Sülfat  
Cd: Kadmiyum  
Cl: Klor  
CO<sub>2</sub>: Karbondioksit  
Cr(OH)SO<sub>4</sub>: bazik krom sülfat  
Cr: Krom  
CTLS: Kromlu deri talaşı  
Cu: Bakır  
EDTA: ethylene diamine tetra-acetic acid  
EED: Endüstriyel Emisyonlar Direktifi  
EKÖK: Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol  
H<sub>2</sub>S: Hidrojen Sülfür  
Hg: Civa  
K: Potasyum  
KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
kWh: Kilowatt saat  
MET: Mevcut En İyi Teknik  
MET-ESD: MET ile ilişkili Emisyon Sınır Değerleri)  
Na<sub>2</sub>S: Sodyum Sülfür  
NaHS: Sodyum Hidrosülfit  
NH<sub>3</sub>: Amonyak

NH<sub>4</sub>-N: Amonyum Azotu  
NO<sub>2</sub>: Azot Dioksit  
SC: Sodyum Klorür  
scCO<sub>2</sub>: Süperkritik karbondioksit  
SKKY: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği  
SO<sub>2</sub>: Kükürt Dioksit  
SO<sub>4</sub><sup>-</sup>: Sülfat  
TDS: Total Dissolved Solids  
TKN: Toplam Kjeldahl Azotu  
TP: Toplam Fosfor  
TÜP: Temiz Üretim Planları  
UF: Ultrafiltrasyon  
UNEP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı  
UNIDO: Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı  
USD: Amerikan Doları  
Zn: Çinko



## 1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ve endüstriyel faaliyetler sonucunda çevreye verilen zararlar giderek artmakta olup; bu durum çevre ve insan sağlığını tehdit eden boyutlardaki kirlilikleri beraberinde getirmektedir. Son yıllarda tüm dünyada, özellikle gelişmiş ülkelerde çevreye olan duyarlılığın artması ile daha temiz üretim teknolojileri kullanımı yaklaşımı benimsenmeye başlanmıştır. Temiz üretim kavramı, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından “toplam etkinliği artırmak, insan ve çevre üzerindeki riskleri azaltmak için entegre ve önleyici bir çevre stratejisinin proseslere, ürünlere ve hizmetlere sürekli olarak uygulanması” şeklinde tanımlanmaktadır. Temiz üretim, yüksek verime sahip üretim teknoloji ve yöntemlerinin kullanımıyla, aynı miktarda üretim için daha az doğal kaynak ve enerji kullanımı ve daha az atık üretimi prensibine dayanmaktadır. Avrupa Birliği çevre mevzuatının sanayi açısından en önemli bileşenlerinden birini, 1996 yılında yayımlanan eski adı ile “Entegre Kirlilik Önleme Kontrolü Direktifi (EKÖK)”, yeni adı ile “Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED)” oluşturmaktadır. Direktif, sanayi kirliliğinin önlenmesine farklı bir yaklaşım getirerek, deşarj standartları yanında alıcı ortam özellikleri ve doğal yenilenme sürecinin de temel alındığı kirleticilerin kaynağında önlenmesi ilkesinin somutlaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla 33 sektör için Mevcut En İyi Teknik (MET) Referans Dökümanı, bazı sektörler için MET Sonuç Belgeleri de yayımlanarak emisyonların azaltılması/önlenmesi için zorunlu olarak yapılması gereken MET’ler tanımlanmıştır.

1 No'lu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin 103'üncü maddesinin 1'inci fıkrasının (c) bendi ile "Temiz üretim ve entegre kirlilik önleme çalışmalarına yönelik politika ve stratejilerin belirlenmesine ilişkin çalışmaları yapmak ve ilgili mevzuatı hazırlamak" görevi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na verilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2021 yılında “Deri İşleme Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Taslak Tebliği” sektör görüşleri doğrultusunda revize edilmek üzere yayımlanmıştır.

Temiz Üretim kavramının yeni bir yaklaşım olması, farkındalığının sağlanabilmesi ve uygulanabilirliğinin tespit edilmesi, gelişmişliğe bağlı olarak ülkeden ülkeye göre farklılık gösterdiği için bu alanda yapılmış olan ulusal bilimsel çalışmalar önem taşımaktadır. Ülkemizde deri sektöründe temiz üretimle ilgili çok fazla araştırma bulunmamakta olup, temiz üretimle ilgili bilimsel çalışmalarda tekstil sektörüne yoğunlaşmıştır. Deri sektöründe “Temiz Üretim” başlığı altında yapılmış olan ulusal



çalışmalarda, sektörün mevcut durumu ve temiz üretim olanakların araştırılmasından ziyade genel anlamda atıksu ve enerji tasarrufundan bahsedilmektedir. Deri işleme sektörü su kullanımının ve atıksu kirlilik yükünün oldukça yoğun olduğu bir sektör olup; detaylı inceleme yapmayı gerektirmektedir. Deri işleme proseslerinin her bir aşamasında Mevcut En İyi Tekniklerin (MET) belirlenmesi ve sektöre tavsiye olacak nitelikte kapsamlı bir çalışma yapılması, deri sektöründe MET'lere uyum için karşılaşılan ortak veya benzer problemlere çözüm önerileri getirilmesi gerekmektedir. Uluslararası alanda yapılmış çalışmalardan ziyade, MET'lere uyum için gerekli olan, ülkemizde uygulanan veya uygulanabilecek özellikte olan Temiz Üretim stratejilerinin ortaya konması ve ulusal çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması ile deri işleme sektörü faaliyetlerinin çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine, çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanması için üretim sırasında suya, havaya ve toprağa verilecek her türlü emisyon, deşarj ve atıkların kontrolü ile hammadde ve enerjinin etkin kullanımına ilişkin; çevrenin, sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasının sağlanması için kirliliğin kaynağında engellenmesi, her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların, hammaddenin ve enerjinin verimli kullanımının sağlanması için temiz üretim teknolojilerinin teşvik edilmesi ve uygulanması, her türlü emisyon, deşarj ve atıkların oluşumunu engelleyen, kaynağında azaltan ve/veya geri kazanımını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması, çevre bilincinin artırılması kapsamında, doğal kaynakların korunması, kirliliğin kaynağında engellenmesi, geri kazanım konularının tümünü içeren "Temiz Üretim Uygulamaları" kapsamında, OSB'de yer alan 5 deri tesisine saha ziyareti gerçekleştirilmiş, BESTÜ Projesi (2019) kapsamında deri işleme sektörü MET kontrol listelerinde yer alan başlıklar için belirlenen MET uygulama ve uygulanabilirlik oranları su ve atıksu yönetimi konuları özelinde değerlendirilmiştir. Çalışmada ayrıca MET listelerinde yer alan ve ülkemizde ve dünyada deri işleme atıksularının yönetiminde en önemli problemlerden biri olan "İletkenlik" parametresinin giderimini esas alan iki MET alternatifi belirlenerek, alternatifler Çapraz Medya Etkisi Analizi ile kıyaslanmış, her iki alternatif için maliyetler belirlenerek sektörel uyum kabiliyeti ve MET'lerin çevre korumaya katkısı da değerlendirilmiş, en iyi MET seçeneği belirlenmiştir. Farklı senaryolara göre, ülkemizde değişen kapasitelerde çalışan ve farklı sürelerde derileri depolayarak muhafaza eden tesisler göz önünde bulundurularak iletkenlik probleminin çözümünü hedefleyen ve kıyaslama yapılan 2 MET alternatifinin uygulanması durumunda ilk yatırım ve işletme maliyetleri de hesaplanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Deri İşleme Sektörü

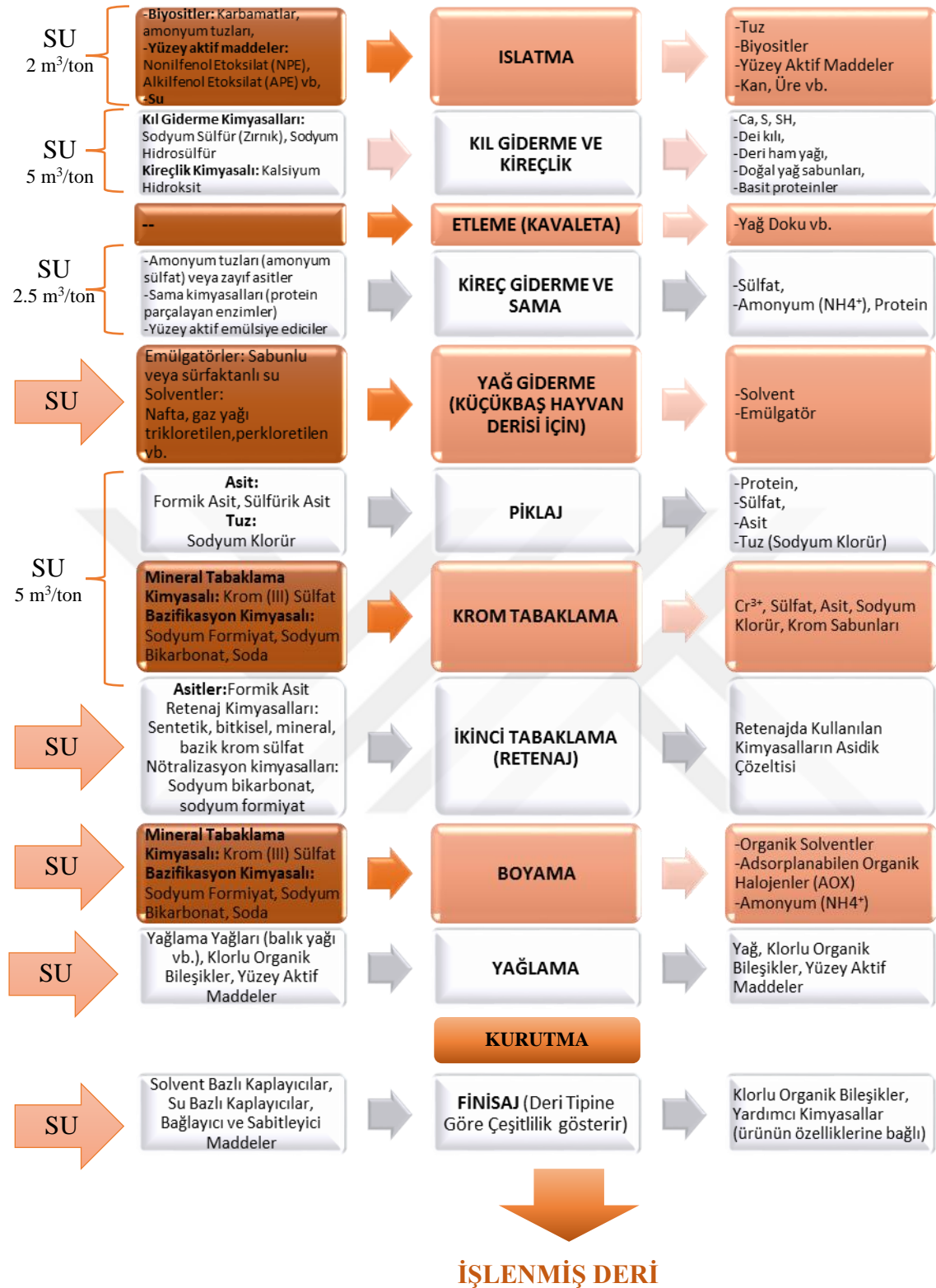
Deri sektörü, 1970'lerden beri Türkiye ekonomisinde giderek artan önemde bir role sahip olmuştur. Türkiye'de deri işleme sektörü özellikle 1970'li yıllardan sonra daha popüler hale gelmiş olup; yurt içi ve yurt dışından temin edilerek işlenen derilerin son yirmi yıldır önemli ölçüde ihracatı yapılmaktadır. Ülkemizde deri sektörünün belirli bir rekabet potansiyeli mevcuttur. Ham deri temininde ülkemizdeki kaynaklar yeterli olmadığından yurt dışından da büyük miktarlarda ithalatı yapılmaktadır. Hammaddenin döviz üzerinden temin edilmesi katma değeri yüksek ürünlerin ihraç edilmesi yönünde bir yaklaşımı da beraberinde getirmektedir. Ülkemizde ağırlıklı olarak deri işleme sektöründe faaliyet gösteren tesisler, Uşak, Bursa, İstanbul-Tuzla, Bolu-Gerede, İzmir-Menemen, Tekirdağ-Çorlu, Balıkesir-Gönen, Isparta, Hatay, Manisa-Kula'da bulunmaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Deri ve Deri Mamulleri Sektör Raporu 2020).

Deri tabaklama işlemi büyükbaş (sığır, manda vb.) ve küçükbaş hayvanlardan (koyun, keçi vb.) elde edilen ham derinin çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerle muamele edilmesi sonucu işlenmiş deriye dönüştürülmesidir. Tabaklama işleminde uygulanacak prosesler, üretilmesi amaçlanan derinin tipine ve kullanım amacına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Şekil 2.1'de bir ton ham sığır derisinin konvansiyonel olarak işlenmesi için gerekli olan toplam su, kimyasal gibi genel proses girdi-çıkıtı değerleri verilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013). 1 ton derinin işlenmesi sırasında yaklaşık 500 kg kimyasal kullanılırken, 15-50 m<sup>3</sup> arasında su tüketimi olmakta ve 15-50 m<sup>3</sup> atıksu oluşmaktadır. Bunun yanı sıra deri işleme proseslerinde oluşan katı atık miktarı da oldukça yüksek olup yaklaşık 450-730 kg civarında katı atık oluşumu söz konusudur.

| GİREN                    |                        | ÇIKAN                                  |  |
|--------------------------|------------------------|--|--|
| <b>Kimyasal maddeler</b> | ~ 500 kg               | <b>Deri</b>                            | 200 -250 kg  |
| <b>Su</b>                | 15 – 50 m <sup>3</sup> | <b>Su</b>                              | 15 – 50 m <sup>3</sup>   |
| <b>Ham deri</b>          | 1 t                    |  |  |
| <b>Enerji</b>            | 9.3 – 42 GJ            | <b>Katı atıklar</b>                    | ~ 450 – 730 kg   |
|                          |                        | Tabaklanmamış                          | Kesilen parçalar ~ 120 kg<br>Et kısmı ~ 70 – 350 kg                          |
|                          |                        | Tabaklanmış                            | İnceltme, Tıraşlama, Parça kesilmesi sırasında ortaya çıkan atıklar ~ 225 kg |
|                          |                        | Boyanmış / Aprelenmiş                  | Toz: ~ 2 kg  |
|                          |                        | Arıtma sırasında ortaya çıkan tortular | Kesilen parçalar (~ % 40 kuru madde içerir) ~ 30 kg<br>~ 500 kg              |
|                          |                        | <b>Hava</b>                            | ~ 40 kg  |
|                          |                        |  | Organik çözücüler  |

Şekil 2.1. Bir ton ham sığır derisinin konvansiyonel olarak işlenmesi sırasında (kromlu tabaklama) giren ve çıkan malzeme miktarları

Şekil 2.2’de ise tipik bir deri tabaklama tesisinde uygulanan genel prosesler prosesin her aşamasında kullanılan su, kimyasallar ve oluşan emisyonlar detaylı bir şekilde yer almaktadır.



Şekil 2.2. Konvansiyonel deri tabaklama prosesleri

## 2.1.1. Tabaklama öncesi prosesler

### 2.1.1.1. Koruma ve depolama

Koruma işlemi, deri ve postların kesimhaneden tabaklama tesisine kadar süren depolama ve taşıma süresi boyunca, derinin bozulmadan kalmasını sağlamak amacıyla derinin sıcaklık kontrolü, tuz muamelesi gibi işlemlerle korunmasıdır. Derinin kısa süreli korunması için soğutma işlemi, ezilmiş buz ve biyosit ile muamele etme yöntemleri uygulanabilmektedir. Bu yöntemler derinin taşınacağı mesafenin kısa olduğu durumlar için geçerli olmaktadır. Eğer derinin daha uzak mesafeler için taşınması gerekirse, uzun süreli koruma (6 aya kadar) amacıyla tuzlama, kurutma veya tuzlu kurutma işlemleri uygulanarak deri korunmaktadır. Derilerin depolandığı alanlarda havalandırma ve soğutma sistemlerinin kullanılması gerekmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

### 2.1.1.2. Yıkama (ıslatma/yumuşatma)

Yıkama işlemi derinin depolanma süresi boyunca kaybettiği suyu geri kazanması ve deri üzerindeki kir, kan ve gübre gibi maddelerin uzaklaştırılması amacıyla uygulanmaktadır. Yıkama işlemi sırasında depolama boyunca kaybedilmiş suyun deri tarafından geri emilmesi sonucunda deri yüzeyindeki bakteri aktivitesi artış göstermektedir. Dolayısıyla, bakteri artışı önlemek amacıyla yıkama işlemi sırasında biyositler kullanılmaktadır. Ayrıca, deriyi kirlerden arındırmak için su ile birlikte yüzey aktif maddeler ve enzimler kullanılmaktadır. Yıkama prosesinde deri/su oranı yıkamanın verimi açısından önem arz etmektedir. Dericilikte deri/su oranına flote denmektedir. Dolapta gerçekleştirilen yıkama işlemi genellikle %150-250 flotede gerçekleştirilmektedir. Yıkama işleminde önemli olan bir diğer faktör de sıcaklıktır. Düşük sıcaklık derinin su emilimini azaltırken, yüksek sıcaklık lif yapısının bozulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, yıkama işlemi genelde 22-23°C civarında gerçekleştirilir. İşlenen ham derinin küçükbaş veya büyükbaş olmasına bağlı olarak, yıkama işlemi pervaneli teknede veya dolap içerisinde gerçekleştirilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

**Pervaneli teknede yıkama:** Günümüzde daha çok küçükbaş derilerin ıslatma işlemi için uygulanan bu yöntemde, deriler su ile doldurulmuş bir tekne içerisine

batırılarak, muamele edilmektedir. Teknede pervane kullanılmasının amacı yünlü ve kılları uzun derilerde bol suyla yavaş bir çalkalama sistemi oluşturarak keçeleşmeyi engellemektir. Bu işlemde deriler tartılıp deri ağırlığının %500-800'ü kadar su kullanılarak tekne içerisinde yıkanmaktadır. Dolapta yıkama işlemine kıyasla, bu yöntemde kullanılan su miktarı oldukça fazladır.

**Dolapta yıkama:** Bu yöntem yaygın olarak büyükbaş deriler için uygulanmaktadır. Dolap içerisindeki kuvvetli dönmenin meydana getirdiği mekanik etki, küçükbaş derilerinde keçeleşmeye yol açabileceği için dolapta yıkama işlemi küçükbaş derilerinde tercih edilmemektedir. Eğer bu yöntem küçükbaş deriler için uygulanıyorsa, dolabın dönme devri azaltılmalı ve mümkünse deriler yüksek flotede yıkanmalıdır.

Diğer proseslerin de aynı dolap içerisinde gerçekleştirilebilmesi, büyükbaş deriler için gerekli mekanik etkiyi sağlaması ve derileri boşaltmaya gerek kalmadan suyun boşaltılabilmesi gibi avantajları sayesinde dolapta yıkama yöntemi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Fakat dolapta yıkama uygulandığında yüksek mekanik etki dolayısıyla deride damarlanma, boşluk ve gevşeklik oluşma ihtimali bulunmaktadır.

### **2.1.1.3. Kıl giderme (zırıklama) ve kireçleme**

Bu prosesin amacı derideki kıl, doku ve bazı lifli proteinleri uzaklaştırmak ve deriyi etleme işlemi için hazır hale getirmektir. İki aşamalı olan bu proseste önce kıl giderme daha sonra kireçleme işlemi uygulanmaktadır. Kıl giderme kimyasallarıyla (NaHS, Na<sub>2</sub>S) derideki kıl uzaklaştırılırken kireç (CaOH<sub>2</sub>) ile derideki liflerin açılarak genişlemesi amaçlanmaktadır. Kıl giderme genellikle zırık olarak da adlandırılan sodyum sülfür kimyasalıyla gerçekleştirilmektedir. Bazı durumlarda proses performansını artırmak amacıyla enzimler de eklenebilmektedir. Kıl giderme yöntemleri aşağıda verilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

- **Banyo usulü kıl giderme:** Aynı banyo içerisinde kireç ve sodyum sülfür ile derinin muamele edilip, kılların uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlemde, önce kireç daha sonra sodyum sülfür uygulanırsa deride kıl gidermesine karşı bağışıklık oluşup, kıl giderme süresi uzayabilmektedir. Bu nedenle kireç ve sodyum sülfür banyoya aynı anda eklenmelidir. Kıl giderme süresince sabit tutulması gereken sıcaklık yaklaşık 18-22°C civarında olmalıdır.

- **Sürme (badana) ile kıl giderme:** Bu yöntem kıl giderme işlemi sırasında kılın yapısını bozmaması ve parçalamaması nedeniyle keçi ve koyun derisi gibi kılları uzun ve değerli olan derilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kıl giderici madde olarak bileşiminde zırnık ve kireç içeren badana bulamacı kullanılır. Kıl giderme özelliğine sahip badana, derinin et yüzeyinden uygulanmaktadır. Derinin et yüzeyinden içerisine nüfuz eden badana, deri içerisinde kıl köklerini kılın cilt yüzeyinde kalan kısmına zarar vermeden sökerek kılların uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

#### **2.1.1.4. Etleme (kavaleta)**

Bu prosesin amacı deri yüzeyindeki et tabakasını mekanik bıçaklı sistemle sıyırmak ve deriden uzaklaştırmaktır. Etleme işlemi kireçleme ve kıl gidermeden önce uygulanırsa bu işlem “yeşil etleme”, sonra uygulanırsa “kireç etleme” olarak adlandırılmaktadır.

#### **2.1.1.5. Yarma**

Bu proses deri kalınlığı üretilmek istenen deri kalınlığından daha fazla olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Deri kendi kalınlığı boyunca ikiye veya bazı durumlarda üçe ayrılarak bir deriden iki veya üç tabaka deri elde edilmektedir. Yarma işlemi şerit bıçak sistemi ile donatılmış yarma makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Yarılmış derinin etle temas eden yüzeyi “et katı” veya “yarma deri” olarak adlandırılırken, üst yüzeyi “sırçalı deri” veya “cilt katı” olarak adlandırılmaktadır. Yarma işlemi deri kireçlemeden sonra veya tabaklamadan sonra uygulanabilmektedir.

#### **2.1.1.6. Kireç giderme ve sama**

Kireçleme işlemi sonrasında şişmiş ve pH'sı 12.5'e kadar yükselmiş olan derinin öncelikle kirecinin giderilmesi gerekmektedir. Kireç giderme işleminde amonyum tuzları veya zayıf asitler kullanılarak deri pH'sı 8-8.5'e düşürülmektedir. Bu asitler deride asit şişmesi meydana getirebilmektedir. Bu aşamada önemli olan banyonun pH değeri değil derinin pH değeridir. Bu nedenle, kireç giderme işleminin sonunda deriden kesitler alınarak pH kontrol edilmeli ve pH değerinin 8-8.5'e düşürüldüğünden emin

olunmalıdır. Kontrol edilen deri pH'nın durumuna göre kireç giderme işleminin süresi ayarlanabilmektedir. Derideki kireç uzaklaştırılıp derinin pH'sı sonraki prosesler için uygun seviyeye düşürüldükten sonra, sama işlemine geçilmektedir. Sama işlemi enzimatik bir proses olup derinin proteolitik enzimler ile muamele edilmesi işlemidir. Sama işleminden önceki proseslerde derinin yüzeyindeki yün, epidermis ve alt deri bağ dokusu çeşitli kimyasallar yardımıyla deriden uzaklaştırılmıştır. Sama işleminde ise deriyi sert ve gevrek yapan proteinler giderilmektedir. Proteolitik enzimler yardımıyla bu proteinler parçalanmaktadır. Sama işleminin genel prensiplerinden biri, işlem süresinin mümkün olduğunca kısa tutulmasıdır. Çünkü kireç giderme sonrası pH'ın düşmesi ile bakteriyel aktivite tekrar artış göstermektedir. Uzun süreli sama işlemlerinde bu artış daha fazla olmaktadır. Sama işleminde bir diğer önemli husus ise sıcaklıktır. Enzimatik aktivitelerin gerçekleşebilmesi için sama banyosunun sıcaklığı 30-35 °C arasında sabit tutulmalıdır. Kireç giderme ve sama işlemi önce kireç giderme sonra sama olacak şekilde birbirini takiben aynı banyo içerisinde gerçekleştirilmektedir. Sama işleminin sonunda banyo boşaltılarak soğuk su ile doldurulmaktadır. Enzimatik aktivitelerin sonlandırılması için deri soğuk su ile yıkanmaktadır. Kireç giderme ve sama işlemlerinden sonra deri, bitkisel tabaklama için hazır durumdadır. Fakat krom tabaklama için yıkama ve piklaj gibi ekstra prosesler gerekmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

#### 2.1.1.7. Yağ giderme

Derideki yağ, tabaklama maddelerinin ve boyaların deriye nüfuz etmesini engelleyebilmektedir. Bu nedenle, bu proseslerden önce derideki yağ tabakası uzaklaştırılmalıdır. Bu işlem yağ içeriğinin fazlalığından dolayı genellikle küçükbaş deriler için uygulanmaktadır. Yağ giderme işlemi için uygulanabilecek yöntemler aşağıda verilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

- **Sıkma (basınç uygulanması) ile yağ giderme:** Derilerin basınç altında sıkılması ile derideki yağın çıkarılması işlemidir. Basınç kaynaklı deride meydana gelebilecek hasarlardan dolayı bu yöntemin günümüzde kullanımı kısıtlıdır.
- **Solvent ile yağ giderme:** Derideki yağ metil alkol, benzin, petrol eteri ve gaz yağı gibi çözücüler kullanılarak deriden uzaklaştırılmaktadır. Bu çözücüler arasında gaz yağı ucuz olması nedeniyle en yaygın kullanılan yağ gidericidir.



Deri yağı solvent ile muamele edilirken, deri yağının etkili bir biçimde çözünüp deriden ayrılması için sıcaklık 30-35°C civarında olmalıdır. Bu işlemin sonunda çözünmüş yağ ve solvent, yıkama ile deriden uzaklaştırılmaktadır.

- **Emülsiyon ile yağ giderme:** Günümüzde en yaygın uygulanan ve çevresel açıdan da kabul görmüş yöntem emülsiyon ile yağ giderme yöntemidir. Yağ, sabunlu veya yüzey aktif madde içeren su ile deriden uzaklaştırılmaktadır. Yağ gidermede kullanılan yüzey aktif madde, yağın su ile karışmasını sağlayarak yağı deriden ayırıp floteye taşınmasını sağlamaktadır. Emülsiyon oluşması için en uygun sıcaklık 25°C'dir. Sıcaklığın düşmesi emülsiyonu azaltacağı için yağ giderme verimini de düşürmektedir. Yağ giderme işlemi alkali pH'da etkili bir şekilde gerçekleşmektedir. Eğer yağ giderme işlemi piklajdan sonra uygulanacaksa, öncelikle pH değerinin artırılması gerekmektedir.

## 2.1.2. Tabaklama prosesleri

### 2.1.2.1. Piklaj

Bu prosesin amacı deri pH'sını tabaklama işlemi için uygun seviyeye getirerek deri yüzeyini sonraki prosesler için hazır duruma getirmektir. Piklaj işlemi deriye asit (sülfürik asit, formik asit, vb.) ve tuz uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Krom tabaklama işlemi sırasında kullanılan +3 değerlikli krom tuzlarının toksik ve tabaklama etkisi olmayan Cr<sup>+6</sup>'ya dönüşmesini engellemek için tabaklamadan önce deri, asit ile muamele edilerek pH düşürülmelidir. Bu amaçla, sülfürik asit veya formik asit kullanılarak sama işlemi sonrası 8.5 olan pH, piklaj işlemi ile 3.5'e düşürülür.

Tuz ise asitin deride meydana getireceği şişme ve deride asit kaynaklı oluşabilecek hasarı engellemek amacıyla tampon olarak kullanılmaktadır. Deri asitle muamele edilmeden önce tuz ilavesi gerçekleştirilmektedir. Eğer piklaj işlemi sırasında tuz uygulanmazsa, fazla şişmeden dolayı derideki protein liflerinde zayıflama ve kopma meydana gelebilmektedir. Sonuç olarak, tuz asidin deride meydana getirebileceği olumsuz etkilerden deriyi korumuş olmaktadır. Piklaj işlemi deriyi tabaklamaya hazırlık aşaması olup, deri tabaklama işlemi piklaj ile aynı flote içerisinde gerçekleştirilmektedir.

### 2.1.2.2. Ön tabaklama

Bu proses esas tabaklama maddesinin deriye bağlanma oranını artırmak amacıyla, tabaklama işleminden önce derinin çeşitli ön tabaklayıcılarla muamele edilmesi işlemidir. Ön tabaklama genellikle piklaj flotesine glutardialdehit, şişme yapmayan aromatik asitler, naftalin, sentetik sepi maddeleri ve alüminyum tuzları gibi maddelerin ilavesi ile gerçekleştirilmektedir.

### 2.1.2.3. Tabaklama (sepilme)

Tabaklama işlemi derinin kolajen lifli yapısının tabaklama maddeleri ile stabilize edilip deriyi bozulmayan ve dayanıklı bir forma dönüştürme işlemidir. Bu işlem ile deri mikroorganizmalara, suya, sıcaklığa, kısacası dış etkenlere karşı dirençli hale getirilmektedir. Tabaklama işlemi için çeşitli tabaklama maddeleri kullanılabilir. Kullanılan tabaklama maddesine göre tabaklama yöntemleri aşağıda sıralanmaktadır (BREF Deri Sektörü, 2013);

- Mineral tabaklama (krom, alüminyum, titanyum, vb.)
- Bitkisel tabaklama (kestane, palamut, mimoza gibi bitkisel ekstraktlar, vb.)
- Sentetik tabaklama (fenol, naftalin, üre bazlı ürünler veya sinterler)
- Diğer tabaklama maddeleri (aldehit, yağ, vb.)

Bu yöntemler arasında günümüzde en yaygın kullanılan krom tabaklama yöntemi bazik krom sülfat ( $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ ) ile tabaklama işlemidir. Krom tabaklama işleminde dikkat edilmesi gereken hususlardan biri  $\text{Cr}^{+3}$  tuzunun toksik ve krom tabaklama etkisi olmayan  $\text{Cr}^{+6}$ 'ya oksidasyonunun önlenmesidir. Bu oksidasyon bazik koşullarda gerçekleştiği için tabaklama işleminde pH dengesinin iyi sağlanması gerekmektedir.

**Bazlaştırma:** Krom tabaklama sonunda uygulanması gereken işlemlerden biri de bazlaştırma (nötralizasyon) işlemidir. Bazlaştırma işleminde kromun deriye fiksasyonunu artırmak amacıyla sodyum formiyat, sodyum bikarbonat veya soda gibi bazifikasyon kimyasalları kullanılarak deri pH'sı 3.5'ten 4.5'e çıkarılır. pH'nın artması krom fiksasyonunu artırırken, pH'nın azalması krom penetrasyonu artırmaktadır. Kaliteli bir deri elde etmek için bu ikisinin dengede tutulması gerekmektedir. Bu

amaçla, bazifikasyon işleminde pH 3.5'ten 4.5'e artırılarak kromun fiksasyon ve penetrasyonunun sağlandığı optimum pH değeri elde edilmiş olmaktadır.

#### **2.1.2.4. Retenaj**

Yeniden tabaklama veya ikincil tabaklama olarak da adlandırılan bu işlem tabaklanmış deriye daha iyi özellikler kazandırarak, deri kalitesini artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Esas tabaklama aşamasında derideki kolajen lifler arasında tabaklama maddesi ile doldurulmadan kalmış olan boşluklar, retenaj işlemi ile doldurulmaktadır. Retenaj işlemi mineral tabaklayıcılar (krom tuzları, vb.), bitkisel tabaklayıcılar, sentetik tabaklayıcılar, reçine, polimerler ve aldehitler kullanılarak uygulanabilmektedir.

Yumuşak deri üretimi için retenaj işleminde tabaklayıcı olarak krom tuzlarının uygulanması derinin istenilen yumuşak yapıya kavuşmasını sağlayabilmektedir. Bitkisel retenaj maddesi olarak ise en yaygın kullanılan toz mimozadır. Toz mimoza deriye dolgunluk ve sıkılık kazandırdığı için yaygın olarak kullanılan retenaj maddelerinden biridir. Diğer retenaj maddeleri de üretilecek derinin özelliklerine bağlı olarak tercih edilip uygulanabilmektedir.

#### **2.1.3. Tabaklama sonrası prosesler**

##### **2.1.3.1. Tıraşlama**

Tıraşlama işlemi derinin her yerinde eşit kalınlığı sağlamak amacıyla silindir kesme makineleri kullanılarak derinin etli yüzeyine uygulanan yöntemdir. Genellikle tabaklama işleminden sonra uygulanmaktadır. Bu işlem sonucunda kesilen küçük deri parçaları "talaş" olarak adlandırılmaktadır.

##### **2.1.3.2. Boyama**

Boyama işlemi derinin tipine ve kullanım amacına göre değişebilmektedir. Ayrıca bitkisel tabaklama işlemi görmüş deri ile krom tabaklama işleminden geçmiş derinin boyama işlemi farklılık göstermektedir. Bitkisel tabaklayıcılar deride boyanın bağlanacağı yerleri doldurarak boyama aşamasında boyanın deriye tutunmasını engellemektedir. Dolayısıyla, bitkisel tabaklama yöntemiyle tabaklanmış derilerin

boyanması, kromla tabaklanmış derilere göre nispeten daha zordur. Boyama işlemlerinde boyanın derideki penetrasyonunu artırmak amacıyla amonyak kullanılmaktadır. Amonyak kullanımını yerine sodyum bikarbonat, boraks, sodyum format gibi kimyasallar ile nötralizasyon işlemi gerçekleştirilip, boya penetrasyonu artırılabilir.

Boyama işlemi genellikle deri tipine göre 50-55 °C'de ve nötrale pH'da (5-5,5) gerçekleştirilmektedir. Aşağıda farklı boyama yöntemleri ve hangi durumlarda uygulandığı verilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

- **Fırça ile boyama:** Bu boyama tipi derinin yalnızca cilt yüzü boyanmak istendiğinde uygulanmaktadır. Boyama yüzeysel olacağı için ekonomik bir yöntemdir. Fırça ile boyama genellikle pistole makinesi olmayan küçük işletmelerde uygulanmaktadır.
- **Teknede boyama:** Bu yöntem az miktarda derinin bir tekne içerisindeki boya çözeltisine daldırılarak boyama işlemi ile gerçekleştirilmektedir.
- **Dolapta boyama:** Bu yöntem ile deriler dönen dolap sisteminin içerisinde sıcak su ile boyanmaktadır.

Boyama işleminde boyama banyosunu oluşturan su içerisinde asit veya alkali reaksiyon verici maddelerin bulunmaması gerekmektedir. Ayrıca boyama banyosuna sabit miktarda boya verilirken flote düşürülürse boyama dolabındaki mekanik etkinin artması ile birlikte boyanın derideki penetrasyonu artmaktadır.

Boyama işlemi sonunda deri yüzeyinde boya düzgünlüğü, boyanın deriye fazla nüfuz etmesi ve açık renkli deri elde etmek isteniyorsa boyama işlemi düşük sıcaklıkta, az düzgünlük, yüzeysel ve koyu boyama isteniyorsa boyama işlemi yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilmelidir.

Boyama işleminde yüksek ve düşük sıcaklık için alt ve üst sınırlar sırasıyla 40 °C ve 60 °C'dir. Üretilen ürünün özelliklerine göre boyama işlemini etkileyecek bu gibi faktörler değişebilmektedir. Çizelge 2.1' de son ürünün özelliklerine göre boyamayı etkileyecek faktörler verilmektedir.

**Çizelge 2.1.** Deri özelliklerine göre boyama işlemindeki faktörler (BREF Deri Sektörü, 2013)

| <b>Daha düzgün boyama, derine nüfuziyet, açık yüzey rengi istenen deriler için</b> | <b>Daha az düzgün boyama, yüzeysel boyama, koyu yüzey rengi istenen deriler için</b> |
|--|--|
| Kuvvetli maskeleme   | Zayıf maskeleme  |
| Kuvvetli retenaj   | Hafif retenaj  |
| Anyonik yardımcı madde   | Katyonik yardımcı madde  |
| Fazla boya ilavesi   | Az boya ilavesi  |
| Düşük flote  | Yüksek flote   |
| Düşük sıcaklık   | Yüksek sıcaklık  |
| Yüksek pH  | Düşük pH   |
| Hafif asit verme   | Fazla asit verme   |
| Uzun boyama süresi   | Kısa boyama süresi   |
| Yüksek dolap hızı  | Düşük dolap hızı   |
| Yüksek (çapı fazla) dolap  | Geniş dolap (boyu fazla)   |

### 2.1.3.3. Yağlama

Bu aşamada deriye istenilen karakteristik özelliği vermek ve önceki aşamalardan kaynaklı deride azalan yağ içeriğini artırmak amacıyla deri yağlanmaktadır. Bitkisel, mineral veya hayvansal yağlar kullanılarak yağlama gerçekleştirilebilmektedir. Yağlama işlemi deri lifleri arasında sürtünmeyi azaltıp deriye elastik ve yumuşak bir yapı kazandırmaktadır. Ayrıca yağlama ile deri su geçirmez forma dönüştürülebilmektedir. Yağlama prosesi döner dolap içerisinde su ilavesi ile emülsiyon elde edilerek gerçekleştirilebileceği gibi, su kullanılmadan fırça ile sürme yöntemiyle de uygulanabilmektedir. Yağın derinin iç yüzeyine nüfuzunu gerektiren deri tipleri için dolapta yağlama uygulanırken, derinin sadece yüzey kısımlarının yağlama gerektirdiği deri tiplerinde sürme yöntemiyle yağlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Elde edilmek istenen deri ürününün tipine göre farklı oranlarda yağlama yapılmaktadır. Çizelge 2.2’de farklı deri tipleri için uygulanması gereken yağ yüzdeleri verilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).

**Çizelge 2.2.** Deri tiplerine özel uygulanması gereken yağ yüzdeleri

| <b>Deri Tipi</b>  | <b>Verilecek Yağ Miktarı</b> |
|---|------------------------------|
| Kösele  | % 2-5                        |
| Glase deri (keçi ve oğlaktan elde edilen yumuşak ayakkabılık deri)    | % 5-6                        |
| Keçi yüzlük   | % 4-8                        |
| Koyun giysilik  | % 4-10                       |
| Sığır giysilik  | % 10-13                      |
| Vidala (dana, sığır ve at derilerden yapılan dayanıklı deri ürünleri) | % 4-6                        |
| Vidala softy  | % 6-8                        |
| Döşemelik deri  | % 3-12                       |

Deri yağlama için kullanılan yağlar genellikle anyoniktir. Yağlama yağının deri yüzeyine penetrasyonu için deri yüzeyinin de anyonik olması gerekmektedir. Bu nedenle deri yüzeyi nötrale pH'sı 5,5'e ayarlanmaktadır. Yağlar dolap içerisinde suyla karıştırılarak emülsiyon halinde uygulandığında yağ/su oranı genellikle 1:10 şeklinde ayarlanmaktadır. Sıcaklığı 60°C olarak ayarlanmış su banyosuna ilave edilen yağ ile yağlama işlemi, 45 dakika ile 1 saat arasında sürebilmektedir. Deri yağlama işleminde yağın deri tarafından tutulması ve emilimi çeşitli faktörlere göre aşağıdaki değişimleri göstermektedir;

- mekanik etki ile artar,
- flotenin fazlalaşması ile azalır,
- sıcaklık ile artar,
- süre ile artar,
- iyonik yüke bağlı olarak pH ile artar veya azalır.

#### **2.1.3.4. Kurutma**

Boyama ve yağlama işleminde sonra uygulanan kurutma işlemi ile derideki su uzaklaştırılarak deri kolajenleri arasındaki yağlama, boyama ve tabaklama maddelerinin sulu ortamda birbiri ile etkileşimi engellenmektedir. Yani, deri lifleri arasında devam edebilecek olası kimyasal reaksiyonlar kurutma ile tamamen durdurulmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan kurutma yöntemi asarak kurutmadır. Bu yöntem, derilerin asılarak havada kurutulmasına dayanan maliyeti düşük bir kurutma yöntemidir. Bu sisteme enerji girdisi olmadığı için oldukça ekonomik bir işlemdir. Ayrıca derinin fazla kurutulup sertleşme riski yoktur. Bu nedenlerden dolayı en yaygın kullanılan kurutma yöntemidir. Kurutma işleminde önce deri bir süre bekletilerek suyun bir kısmı süzülür veya daha etkili bir yöntem olarak sıkma uygulanmaktadır. Kurutma prosesinden önce sıkma uygulandığında derideki suyun yaklaşık %45-55 kadarı uzaklaştırılmış olmaktadır. Böylelikle, kurutma işleminin süresi kısalmış ve kurutma için harcanan maliyet azalmaktadır.

#### **2.1.3.5. Finisaj**

Deriyi dış etkilere karşı korumak ve deri ürününün kullanım amacına göre deriye istenilen özellikleri sağlamak amacıyla derinin finisaj maddeleri kullanılarak

kaplanması işlemidir. Finisaj işlemleri ile deriye düzgünlük, matlık, parlaklık, vb. özellikler kazandırılmaktadır. Finisaj işlemi silindir kaplama, perde kaplama, sprej kaplama (pistole) gibi farklı kaplama yöntemleri ve baskı makineleri kullanılarak uygulanmaktadır.

- **Perdah Kaplama:** Bu yöntemde deriye merdaneli bir sistem ile sürtme uygulayıp baskı yapan makineler kullanılmaktadır. Uygulanan baskı ile gerekli kimyasallar kullanılarak derinin homojen bir şekilde parlaklık kazanması amaçlanmaktadır. Pahalı ve kaliteli deri yapımında genellikle perde kaplama uygulanmaktadır.
- **Sprej (Pistole) Kaplama:** Püskürtme veya pistole kaplama olarak da bilinen bu yöntemde hava komprasörleri sayesinde püskürtmeyi gerçekleştirebilen tabancalı sistemler kullanılmaktadır.

#### 2.1.4. Deri sanayi atıkları

Deri tabaklama tesislerinden çıkan katı, sıvı ve gaz fazındaki prosese özel atıklar Çizelge 2.3'te verilmektedir (ÇŞB Deri Sektörü Rehber Doküman, 2012).

Çizelge 2.3. Deri sanayinden salınan katı, sıvı ve gaz fazındaki atıklar

| Prosesler                     | Sıvı Atık   | Katı Atık  | Gaz Atık   |
|-------------------------------|---|--|--|
| Koruma ve Depolama            | Az miktarda kan, yüksek tuz ve yağ içerikli sızıntı suyu  | Tuz  | Koku   |
| Yıkama                        | Çözünmüş protein, kan, gübre: BOİ, KOİ, askıda katı madde (AKM), çözünmüş katı maddeler, tuz, organik azot, AOX, yüzey aktif maddeler, biyosit, emülgatörler  | -  | -  |
| Kireçleme ve kıl giderme      | Emülsifiye yağ, sabunlaşmış yağ, protein ve kıl bozunma ürünlerinden kaynaklı; BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler, kireç, yüksek pH, organik nitrojen (NH <sub>4</sub> -N), sülfür, biyositler   | Kıl, kireçlemeden çıkan çamur  | Sülfürlü bileşikler (H <sub>2</sub> S), koku                         |
| Etleme                        | Doku, sıvı yağ ve iç yağından kaynaklı: BOİ, KOİ, AKM ve çözünmüş katı maddeler   | Yağ, bağlayıcı dokular, kireç  | -  |
| Yarma                         | Kireçleme prosesinin atıksu içeriği ile aynıdır ; Emülsifiye yağ, sabunlaşmış yağ, protein ve kıl bozunma ürünlerinden kaynaklı; BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler<br>Kireç, yüksek pH, organik nitrojen (NH <sub>4</sub> -N), sülfür, biyositler | Deri kırpıntıları, kireçli yarma parçaları   | -  |
| Kireç giderme ve sama         | Epidermis, deri ve pigment kalıntıları, bozunma ürünleri ve yıkama maddelerinden kaynaklı; BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler, amonyum azotu (NH <sub>4</sub> -N), sülfürlü bileşikler, kalsiyum tuzları (yaygın olarak CaSO <sub>4</sub> ), AOX   | -  | NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, yıkama maddelerinden salınan toz |
| Yağ Giderme (küçükbaş derisi) | BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler, organik maddeler (yağ, çözücüler), yüzey aktif maddeler  | Distilasyon kalıntıları, atıksu arıtımından çıkan kalıntılar   | APEO, uçucu organik bileşikler                                       |
| Piklaj                        | BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler, asidite, tuz, fungusit   | -  | H <sub>2</sub> S, asit buharı, koku                                  |
| Tabaklama                     | Tabaklama yöntemine bağlı atıksu içeriği (Cr <sup>+3</sup> , bitkisel tabaklama ürünleri, vb.) BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler, asidite, kompleks yapıcı maddeler, fungusit   | İşletme hatalarından kaynaklı atık deriler, tabaklayıcı madde kalıntıları içeren tabaklama sızmaları | -  |
| Tıraşlama                     | -   | Tıraşlamadan çıkan deri parçaları (Talaş)  | Partikül maddeler  |
| Retenaj                       | Tabaklama yöntemine bağlı atıksu içeriği (Cr <sup>+3</sup> , bitkisel tabaklama ürünleri, vb.), BOİ, KOİ, AKM, çözünmüş katı maddeler, Asidite, Kompleks yapıcı maddeler  | İşletme hatalarından kaynaklı atık deriler, tabaklayıcı madde kalıntıları içeren tabaklama sızmaları | -  |
| Boyama                        | Renk, organik çözücüler, boyama maddeleri, AOX  | Kimyasal kalıntıları, boyama maddeleri   | NH <sub>3</sub> , fenoller, uçucu organik bileşikler                 |
| Yağlama                       | Yüksek oranda yağ, AOX, yüzey aktif maddeler  | -  | Uçucu organik bileşikler   |
| Finisaj (kaplama)             | Su içerisindeki finisaj maddeleri (organik çözücüler, ağır metaller, yardımcı maddeler  | Kimyasal kalıntıları, finisaj maddelerinden kaynaklı çamur   | UOB, organik çözücüler, aerosoller, formaldehit, partikül maddeler   |



## 2.2. Deri Endüstrisinde Su ve Atıksu Yönetimi

### 2.2.1. Deri tabaklama prosesi su kullanımı ve yönetimi

Deri sektörü, ülkemizde su tüketiminin yoğun olduğu sektörlerden bir tanesidir. Proses suyu tüketimi, ilgili proseslere, kullanılan hammaddeye ve üretilen ürünlere bağlı olarak tabakhaneler arasında büyük farklılıklar gösterir. Proses aşamasına göre kullanılan su tüketimleri Çizelge 2.4'te sunulmaktadır (BREF Deri Sektörü, 2013).

Proseste kullanılan su; nehirден, şehir şebekesinden veya tesise ait kuyulardan temin edilebilmektedir. Çizelge 2.4'teki rakamlar, su tüketimini azaltmak için herhangi bir önlem almayan tabakhanelerin su tüketim verileridir. Su tüketimini azaltmaya yönelik girişimler, büyük ölçüde su kaynağına ve atıksu arıtma maliyetlerine bağlıdır.

**Çizelge 2.4.** Konvansiyonel deri işleme endüstrisi tipik proses suyu tüketimleri

| Proses aşaması                       | Spesifik su tüketimi<br>her bir ton ham deri için su tüketimi,<br>(m <sup>3</sup> /t) |
|--------------------------------------|---|
| Ham deriden ıslak mavi/beyaz deriye  | 20-25   |
| Tabaklama sonrası prosesler ve bitim | 21-28   |
| Toplam                               | 34-40   |

Farklı deri türlerine göre 1 adet derinin işlenmesi sırasında, ıslatma, tabaklama, ikincil tabaklama, bitirme aşamaları için kullanılan su miktarları (m<sup>3</sup>) Çizelge 2.5'te sunulmaktadır (BREF Deri Sektörü, 2013).

**Çizelge 2.5.** Farklı deri türlerine göre 1 adet deri işleme için kullanılan su miktarı

| Proses            | Tuzlu sığır derileri<br>(veya keçi derileri)<br>(m <sup>3</sup> /t) | Koyun derileri (ıslak<br>tuzlu)<br>(m <sup>3</sup> /t) | Yün (Koyun<br>Derisinde)<br>(Litre/adet deri) |
|-------------------|---|--|---|
| Islatma           | 7-25  | 65-150   | 160-240                                       |
| Tabaklama         | 1-3   | 30-100   | 40-70   |
| İkincil Tabaklama | 4-8   | 15-35  | 75-100  |
| Bitirme           | 0-1   | 0-10   | -   |
| Toplam            | 12-37   | 110-295  | 275-410                                       |

Avrupa Birliği tarafından 2013 yılında yayımlanan MET Sonuç Belgesi Dokümanı'nda, deri sektörü için Mevcut En İyi Teknik (MET)'lerin kullanılması sonrası hedeflenen spesifik su tüketimleri de belirlenmiştir. Çizelge 2.6 ve 2.7'de

büyükbaş ve küçükbaş hayvan derisinin işlenmesi aşamalarında hedeflenen “MET ile İlişkili Su Tüketim Değerleri” sunulmaktadır.

**Çizelge 2.6.** Büyükbaş hayvan derisi işlemede “MET ile ilişkili su tüketim değerleri”

| Proses aşaması                       | Spesifik su tüketimi<br>bir ton ham deri için su tüketimi,<br>(m <sup>3</sup> /t) |                |
|--------------------------------------|---|----------------|
|                                      | Tuzlanmamış deri  | Tuzlanmış deri |
| Ham deriden ıslak mavi/beyaz deriye  | 10-15   | 13-18          |
| Tabaklama sonrası prosesler ve bitim | 6-10  | 6-10           |
| Toplam                               | 16-25   | 19-28          |

**Çizelge 2.7.** Küçükbaş hayvan derisi işlemede “MET ile ilişkili su tüketim değerleri”

| Proses aşaması                       | Spesifik su tüketimi<br>bir ton ham deri için su tüketimi*,<br>(m <sup>3</sup> /t) |
|--------------------------------------|--|
| Ham deriden beyaz deriye             | 60-80  |
| Ham deriden ıslak mavi deriye        | 30-55  |
| Tabaklama sonrası prosesler ve bitim | 15-45  |
| Toplam                               | 110-180  |

\* Üzerinde yün bulunan koyun derileri daha yüksek su tüketimi gerektirebilir.

İyi bir su yönetimi politikasının uygulanabilmesinde yapılması gerekenler aşağıda özetlenmiştir (BREF Deri Sektörü, 2013).

- Proses suyu hacim kontrolü: Su yönetiminin iyi olmadığı bazı tabakhanelerde, kullanılan suyun yalnızca %50'si proseslerde kullanılmakta, geri kalan % 50'nin ise kayıp/kaçak, sızıntı, sürekli akan borular ve yerlerin/tamburların fazlasıyla sık temizlenmesi nedeniyle kaybolmaktadır. Suyun verimsiz kullanımına karşı alınacak önlemler arasında; proseslerde debimetre kullanılması, işçilerin konuyla ilgili eğitilmesi gibi önlemler yer alır.
- Proseslerde kesikli veya sürekli yıkama sistemlerinin kullanılması tüketilen su miktarı açısından kıyaslama yapıldığında tabakhaneler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Sürekli yıkama sistemler, su israfının başlıca kaynaklarından biridir. Akış hızı ve gerekli süre açısından kontrol minimumdur. Kesikli yıkamalar genellikle toplam sudan %50'den fazla tasarruf sağlamakta ve nihai üründe büyük bir homojenlik elde edilmektedir.
- Kısa/düşük flote (deri/su oranı) için mevcut ekipmanın modifikasyonu gerekmektedir. Kısa/düşük flote oranı, su tüketiminde ve tabaklama süresinde

azalma ve artan mekanik işlemler nedeniyle kimyasal girdide de tasarruf sağlamaktadır. Ekipmanı kısa yüzdürme kullanacak şekilde değiştirerek, belirli işlem adımları için %100- 250 yerine %40-80 flote oranı elde edilir.

- Kısa flote için mevcut ekipmanın modifikasyonu yerine modern ekipman kullanımı: Kimyasal tasarruflara ek olarak su tüketimi (geleneksel bir işleme kıyasla) %50 azaltılabilmektedir.
- Etkili bakım programı: Borulardaki ve proses kaplarındaki sızıntılar, önemli miktarda su kaybına neden olabilir. Önleyici bakım programları kayıpların oluşmasını önleyebilirken, düzeltici bakım kayıpları en aza indirebilir.

### **2.2.2. Deri tabaklama prosesi atıksu karakterizasyonu**

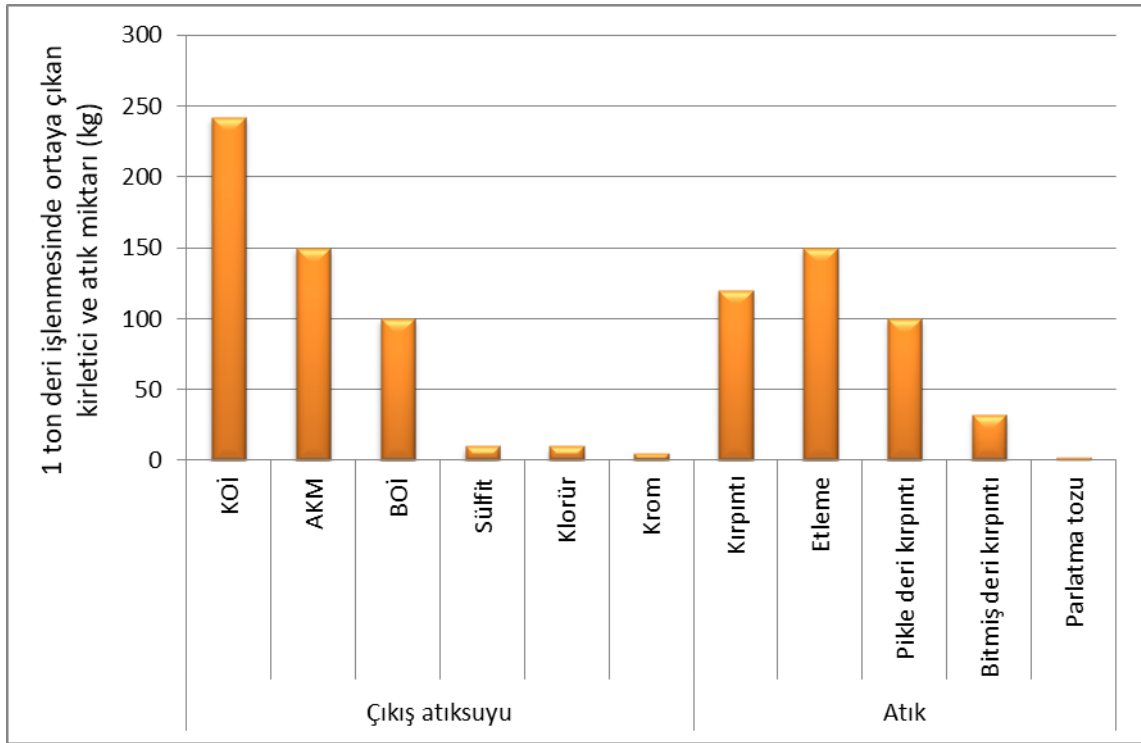
Deri Endüstrisi Türkiye’de en yaygın endüstrilerden biri olup derinin işlenmesi sonucu büyük hacimlerde atıksu oluşmaktadır. Meydana gelen bu atıksu, yüksek miktarda kıl, yün, deri parçaları, kavelata atıkları, çözülmüş proteinler, krom bileşikler, kireç, sodyum sülfat, sodyum hidroksit ve fenollü maddeleri içermektedir. Bu maddeler hacim olarak çok fazladır ve geri dönüşüm olanakları oldukça kısıtlıdır. Deri endüstrisi atıksularında sülfür, krom, organik maddeler, yüksek iletkenlik, yağ gres ve çeşitli azot türleri en önemli kirletici parametrelerdir. Deri endüstrisinde oluşan atıksu karakterizasyonu Çizelge 2.8’de verilmiştir. Deri atıksuyundaki bu kirleticilerin giderilmesi için fiziksel, kimyasal, biyolojik, ileri arıtım ve bu arıtım metotlarının kombinasyonları üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Deri tabaklama prosesinde KOİ değerlerinin 2,000-20,000 mg/L gibi geniş bir aralıkta değişkenlik gösterdiği literatür çalışmalarında ifade edilmektedir (Mosca Angelucci ve ark., 2017). Deri endüstrisi atıksuyunda krom değerleri 258 mg/L’ye kadar çıkabilmektedir. Klorür konsantrasyonu 50,000 mg/L seviyelerine ulaşabilmektedir (Lofrano ve ark., 2013). Sülfat parametresi 745-7,000 mg/L arasında, sülfid parametresi 2-860 mg/L arasında, NH<sub>4</sub>-N 18-384 mg/L arasında değişkenlik gösterebilmektedir.

**Çizelge 2.8.** Deri endüstrisinde oluşan atıksu karakterizasyonu

| pH       | KOİ (mg/L)   | TAKM (mg/L)   | Klorür (mg/L) | Sülfat (mg/L) | Sülfid (mg/L) | NH <sub>4</sub> -N (mg/L) | Cr (mg/L)   | Referans                      |
|----------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|
| 3-13     | 2,000-20,000 | -             | 1,500-28,000  | 1,000-7,000   | -             | -                         | -           | Panizza ve Cerisola, 2004     |
| -        | 3,000-6,000  | 25,000-40,000 | 15,000-30,000 | -             | 0-700         | -                         | -           | Sundarapandiyar ve ark., 2010 |
| 6-10     | 5,000-11,800 | 2,300-6,700   | 17,000-50,000 | -             | -             | -                         | -           | Cassano ve ark., 2001         |
| 4.6-8.1  | 1,100-3,000  | 58-200        | -             | -             | -             | 75-135                    | <0.001-0.36 | Calheiros ve ark., 2007       |
| 8.0-8.2  | 3,300-3,600  | 800-1,000     | 6,000-7,000   | -             | -             | 220-260                   | 0.2-0.3     | Di Iaconi ve ark., 2003       |
| 7.4-8    | 2,188-3,000  | -             | 5,438-5,561   | -             | 176-371       | 257-384                   | 29-30.3     | Szpyrkowicz ve ark., 2005     |
| 7.2      | 2,810        | -             | 6,400         | -             | 89            | 130                       | 62          | Kurt ve ark., 2007            |
| 7.4      | 3,700        | -             | 6,520         | -             | 440           | 180                       | 22          | Apaydin ve ark., 2009         |
| 2.5-5.5  | 2,000-7,600  | 500-800       | 1,200-2,060   | 900-2,270     | 2             | 80-160                    | 120         | De Gisi ve ark., 2009         |
| 9.6-11.5 | 2,000-3,560  | 655-2,136     | 4,500-12,100  | -             | 40-72         | 18-56                     | 56-125      | Ram ve ark., 1999             |
| 8-9      | 5,000-5,500  | -             | 5,000-6,000   | 1,800-2,000   | -             | -                         | 80-100      | Fababuj-Roger ve ark., 2007   |
| 7-10     | 1,760-3,320  | 568-2,132     | 1,000-4,549   | -             | 14.8-424.5    | -                         | 23-122      | Haydar ve Aziz, 2009          |
| 7.9-9.2  | 2,533        | 1,244         | 6,528         | -             | 860           | 118                       | 258         | Mandal ve ark., 2010          |
| 8.4      | 4,947        | 2,239         | 7,601         | -             | -             | 95                        | -           | Ates ve ark., 1997            |
| 10.5     | 3,114        | -             | -             | -             | 55            | 33                        | 83          | Ram ve ark., 1999             |
| 7.79     | 2,155        | -             | -             | -             | 35.8          | 168                       | 50.9        | Orhon ve ark., 2000           |
| 7.5-9    | 5,000-10,000 | -             | -             | -             | -             | -                         | 100         | Song ve ark., 2000            |
| 7.4      | 2,227        | 578           | 3,430         | 1,210         | -             | 137                       | -           | Cotman ve ark., 2004          |
| 8.2-8.5  | 5,650        | -             | -             | -             | -             | -                         | -           | Thanigavel ve ark., 2004      |
| 10.72    | 11,153       | -             | -             | -             | 507           | 162                       | 32.87       | Leta ve ark., 2004            |
| 7.7      | 2,200        | -             | -             | -             | -             | -                         | -           | Lefebvre ve ark., 2006        |
| 6.6      | 6,855        | 2,865         | 2,835         | 745           | -             | 70.5                      | 140         | Lofrano ve ark., 2006         |
| 7.08     | -            | -             | -             | -             | -             | 128                       | 90-100      | Ganesh ve ark., 2006          |
| 8.3      | 3,100        | 1,195         | 4,150         | -             | -             | 54                        | -           | Karahan ve ark., 2008         |
| 7.08-8.7 | 4,100-6,700  | -             | -             | -             | -             | -                         | 11.5-14.3   | Kongjao ve ark., 2008         |
| 7.2      | 2,102        | 576           | 3,260         | -             | -             | 118                       | -           | Munz ve ark., 2009            |

### 2.2.3. Deri endüstrisi atıksu arıtımı

Uluslararası çalışmalar, 1 ton ham derinin işlenmesi sırasında; 200 kg deri artığı, 50 m<sup>3</sup> atıksu, minimum 500 kg ıslak çamur ve 120 kg katı çamur oluştuğunu ortaya koymaktadır. Tabakhanelerde üretilen tipik katı ve sıvı atıklar Şekil 2.3'te gösterilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013)

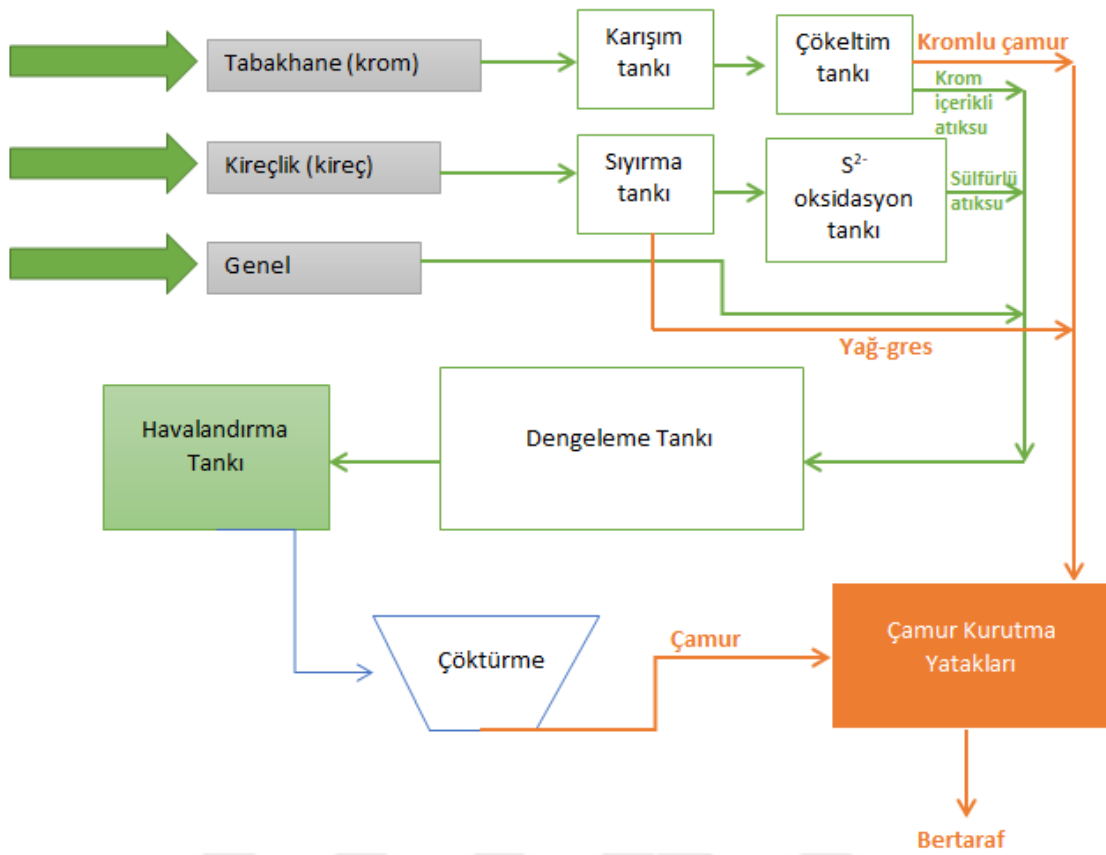


Şekil 2.3. Tabakhanelerde üretilen tipik katı ve sıvı atıklar

Tabaklama ve deri işleme endüstrisindeki entegre atık su arıtma sistemleri, ön arıtma (veya ön işlem), birincil, ikincil ve üçüncül arıtma işlemlerini içerir. Bununla birlikte, her atıksu arıtma tesisi sahaya özgüdür. Islak mavi yeniden tabaklama ve deri terbiye ile ilgili tabakhaneler esas olarak ön işlem ve birincil işlem süreçlerini kullanırken, tam ölçekli tabakhaneler ek olarak ikincil işlem (biyolojik işlem) kullanır.

Bazı tabakhanelerde atıksu akımları birbirinden ayrılırken bazılarında bütün atıksular toplanıp tek bir noktada birleştirilmektedir (Swartz ve ark., 2017). Atıksu akımlarının ayrı tutulması tercih edilmelidir, çünkü yüksek konsantrasyonlarda organik atıklar, kromlu bileşikler atık akışlarının ana bileşenleridir.

Şekil 2.4'te atıksu akımlarının birbirinden ayrı toplanarak arıtıldığı bir tabakhane örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Atıksu akımlarının ayrıldığı bir tabakhane akış diyagramı (Swartz ve ark., 2017)

**Ön Arıtma:** Ön arıtmada mekanik elek ve ızgaralar, kum/yağ giderici, dağıtım yapıları ve dengeleme tankları kullanılır. Bu aşamada askıda katı maddelerin %30 ila %40' ı mekanik döner elekler kullanılarak giderilir. Elekler genellikle 3 mm ile 0.5 mm arasında açıklıklara sahiptir ve kaba malzemeler, kum ve/veya gres dahil olmak üzere büyük katı malzemenin çoğunu giderir. Ön arıtmada aynı zamanda atıksuyun sülfür içeriği de önemli ölçüde azaltılmaktadır (Buljan ve Král, 2011). Iızgaradan geçen atıksuyun içeriğindeki KOİ değeri kum ve yağ tutucularda %30'a kadar giderilebilmektedir (UNIDO, 1991).

**Birincil Arıtma:** Birincil arıtma, yağların fiziksel olarak ayrıştırılabildiği ve birincil çökeltme tanklarında askıda katıların çökmesini kolaylaştırmak için kimyasal pıhtılaştırıcıların ve/veya yumaklaştırıcıların ilave edildiği fizikokimyasal işlemlerden oluşur. Pıhtılaştırma, optimum bir pH ile karakterize edilir ve bu nedenle bu aşamada pH'ı istenilen seviyeye ayarlamak için bazı kimyasallar eklenir. Birincil arıtmada atıksudaki partiküllerin giderilmesinin yanı sıra, ayırık atıksu akımlarından gelen krom ve sülfür de kimyasal çöktürme kademesinde arıtılmaktadır (Sahasranaman ve Emmanuel, 2001). Tabakhane kromlu ve sülfürlü atıksu akımı oluşan hatların ayırık

akım hatları kullanılarak ayrı ayrı çöktürülmesi tercih edilmelidir çünkü alkali atıksuyun nötrleştirilmesi gaz formda hidrojen sülfür salınmasına neden olur. Atıksu arıtımında yayılan kötü kokuları önlemek için, metal sülfürlerin hızlı çökmesini sağlayabilmek için genellikle bir metal katalizör kullanılarak havalandırma yapılmalıdır. Bununla birlikte, aşağı akış anaerobik arıtma işlemleri kullanılırsa sülfür yenilenir. Bu gibi durumlarda, atıksuda demir sülfat ve demir klorür kullanılarak doğrudan çöktürme uygulanır ve büyük miktarda koyu kıvamlı ıslak çamur üretilir.

Güney Afrika'daki tabakhanelerin çoğunda krom içerikli atıksu akımları ve sülfür içerikli atıksu akımları birbirinden ayrılmaktadır. Kireç ve sülfür atık akışı tortulaşmaya uğrar (katılar kolayca çökebilir), ardından bir katalizörle (mangan sülfat) sülfür oksidasyonu gerçekleşir. Atıksu daha sonra bir dengeleme tankına boşaltılır. Bunun birçok faydası vardır. Krom sıvıları, magnezyum oksit ile çöktürülerek daha yoğun bir çamur elde edilir ve bu durum kromun geri kazanılarak yeniden kullanımına olanak sağlamaktadır. Arıtma işlemi, bir karıştırma tankında karıştırmayı, bir çöktürme tankına aktarmayı, çamurun yeniden kullanım için çekilmesini veya çamur kurutma yataklarına boşaltılmasını içerir. Nispeten krom içermeyen süpernatant, atıksu dengeleme tankına boşaltılır ve diğer atıksular ile birleştirilir. Diğer tüm tabakhane atıksularında akışlar dengeleme tankına boşaltılır ve karışık akımlar aktif çamur işlemine beslenir veya kimyasal çöktürme öncesinde havalandırılır. Koku rahatsızlığı olasılığını sınırlamak için, tabakhane atıksu ayrık akımlarının anoksik veya oksijensiz olmasına izin verilmemelidir.

Aktif çamur sisteminden gelen taşma, çamurun doğrudan aktif çamur sistemine geri döndüğü bir durultucuya gider. Arıtılan atıksu kanalizasyona deşarj edilmektedir. Sülfat içeren tabakhane atık suyunun anaerobik arıtımı, sülfatların sülfüre indirgenmesi sonucu koku rahatsızlığına neden olur. Çamurlar (kireç ve kullanılmış biyolojik çamur) susuzlaştırıldıktan sonra kompostlama veya toprağı iyileştirme için kullanılabilir. Tabakhane atıksuyunun kimyasal arıtma ile çökebilir katıları uzaklaştırmak üzere birincil çöktürmede kireç kullanımının avantajı, alkali aralığında (7.0'ın üzerinde) pH'ı korumak için aktif çamur işlemi sırasında atıksuda yeterli olarak bulunması gereken alkalinitenin kalması ve çamur kabarmasının önlenmesidir.

Krom çöktürme, atıksu akımının alkalinitesini artırmak (pH 8) için kireç uygulaması ve alüminyum sülfat (alum) ve anyonik polielektrolit eklenmesiyle gerçekleştirilir. Magnezyum oksit, daha kompakt bir krom çamuru ile sonuçlandığı için daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal dozu atıksuyun karakterine ve

hedeflenen sınır değerlere göre belirlenir (Buljan ve Král, 2011). Çökeltmenin ardından, kiriş odasından ve tanyard akışlarından gelen süpernatant, ikincil işlemde önce bir dengeleme tankında eşitlenir.

**İkincil Arıtım:** İyi bir arıtma tesisine sahip tabakhanelerde, atıksudaki BOİ'yi daha da azaltmak için birincil arıtmayı, aerobik veya anaerobik biyolojik arıtma izlemektedir. Güney Afrika'da, genişletilmiş havalandırılmalı tamamen karışık sistemler olarak çalıştırılan geleneksel aktif çamur (CAS) sistemleri yaygındır.

Anaerobik arıtma, nispeten daha düşük maliyetlerle çamur hacmini azaltmak için potansiyel olarak etkili bir süreçtir ve diğer endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Organik yük anaerobik olarak sindirilir ve biyogaz (metan, karbon dioksit ve hidrojen sülfür) üretir. Bununla birlikte, tabaklama endüstrisi tarafından, toksik ve aşındırıcı olan hidrojen sülfür salınımına sebep olduğundan anaerobik teknolojileri yaygın bir şekilde benimsememiştir (Buljan ve Král, 2011).

**Üçüncül arıtım:** Birincil ve/veya ikincil arıtmanın ardından, çamurun susuzlaştırılması için durultucular ve çamur yatakları kullanılır. Çamur, daha fazla ayrışmaya izin veren kısmi aerobik koşullar altında birkaç gün bırakılır. Daha sonra depolama alanlarına gönderilmeden önce güneşte kurutulur. Kurutma yatakları kullanmak yaklaşık %30 katı içeriğine kadar kuruduktan sonra çamurun yataktan manuel olarak çıkarılmasını gerektiren ucuz bir yöntemdir. Bazı tabakhanelerde belt filtre veya filtre presler kullanılır.

**İleri Arıtma:** Belirli atıksu kalite kriterlerini karşılamak için tasarlanabilen karmaşık arıtma yöntemleridir. Ancak bu yöntemler genellikle pahalıdır ve uzman işletimi gerektirir. Bu teknolojiler, yüksek verimli karbon filtrasyonu, ters ozmoz, membran filtrasyonu, iyon değişimi, elektrodializ ve yüksek oranlı buharlaştırmayı gibi prosesleri içermektedir.

**Çamur işleme:** Deri endüstrisi atıksu arıtımından çıkan ve susuzlaştırılan çamurun tehlikeli olduğu düşünülmektedir ve uygun belediye veya özel atık depolama sahalarına gönderilerek bertaraf edilir. Bu durum, özellikle düzenli depolama sahaları tabakhanelere yakın değilse maliyetli olabilir. Krom içeriği yüksek çamurun toksik etkisi sebebiyle uygun bir depolama sahasında bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu konuda yapılan son araştırmalar, Cr (III) çamurunda Cr'nin doğal koşullar altında Cr(VI)'ya dönüştüğüne dair hiçbir bilimsel kanıt olmadığını ve bu nedenle potansiyel bir toksik atık olduğunu göstermiştir.



Deri Endüstrileri Araştırma Enstitüsü (LIRI), 1990'larda belirli atıksu akımlarının ayrılarak ön arıtmadan geçirilmesi amacıyla bir arıtma sistemi geliştirerek, deri endüstrisi atıksularının arıtımında sorun olan kirleticilerin giderimlerini araştırmıştır. LIRI, 1990'ların başında atıksuyun biyofiltreler ile arıtılması konusunda bazı araştırmalar yapmış olsa da, endüstri tarafından kullanılmamıştır. Biyolojik filtrasyonun etkili olabilmesi için, ön arıtma (eleme) ve birincil arıtma işlemlerinin (kireç tortusunun çökeltilmesi ve katı yağ ve gresin uzaklaştırılması), filtre yatağını tıkayabilecek sorunlu katı ve yağların uzaklaştırılmasında çok etkili olması gerektiği sonucuna varmışlardır. Pilot tesis çalışmalarından elde edilen sonuçlar, bu teknolojinin tabakhane atıkları için ikincil bir arıtma işlemi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca çalışmada tabakhane atıksularında yüksek miktarda bulunan tuzları uzaklaştırmak için mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve ters ozmoz sistemleri kullanımına yönelik fizibilite çalışmaları gerçekleştirilmesi sonucuna varılmıştır. Deri sektöründeki proseslerin kontrol ve denetim mekanizmalarının işleyişinin güçlüğü nedeniyle atıksu yönetiminde bazı kısıtlılıklar bulunmaktadır.

Deri endüstrisi atıksularının yönetiminde bir diğer önemli problem, atıksudaki amonyak içeriği olup; amonyak içeriğinin azaltılması için de farklı öneriler getirilmiştir. Tabakhane atıksularındaki yüksek tuzluluk içeriği ve sebep olduğu su kirliliğinin probleminin çözümü için tuzla koruma yöntemlerinden ziyade soğutulmuş derilerin işlenmesi gerekmektedir. Tabakhaneler için bir sonraki adım, şu anda kullanılan birçok proses kimyasalının çevre üzerinde daha az etkiye sahip kimyasallarla ikame edildiği temiz üretim tekniklerinin benimsenmesidir (Swartz ve ark., 2017).

Gelişmekte olan ülkelerde tabakhane atıksularının arıtımı için kullanılan ikincil arıtma proseslerinin en yaygın iki teknolojisi genişletilmiş havalandırılmalı ve anaerobik havuzlu CAS sistemidir. Ardışık kesikli reaktörler ve membran biyoreaktörlerin uygulandığı ülkeler de bulunmaktadır.

Çizelge 2.9'da tabakhane atıksularının arıtılması için kullanılan arıtma işlemleri özetlemekte olup; her prosesin işlevi ve faydası açıklanmaktadır.

Çizelge 2.9. Tabakhane atıksuyu arıtma prosesleri özeti, işlevi ve faydası (Swartz ve ark., 2017).

| Arıtma Prosesi                          | İşlevi   | Faydası  |
|---|--|--|
| <b>Birincil arıtma</b>                  |  |  |
| Izgara                                  | Büyük partikülleri ve askıda katıları gidermek   | Çıkış suyunda KOİ ve AKM azalır  |
| Yağ Tutucu                              | Yağ ve gres gidermek   | Çıkış suyunda yağ gres azalır  |
| <b>Ön arıtma</b>                        |  |  |
| Kireç Çöktürme                          | Çözünmemiş kireci ve askıda katıları gidermek  | Sülfür oksidasyonu sağlanır ve düşük kataliz gereksinimi sağlar              |
| Sülfür Oksidasyonu                      | Sülfür içeriğini azaltmak  | Koku oluşumunu minimize eder, aerobik procese katkı sağlar                   |
| Krom Çöktürme                           | Atıksudaki kromu gidermek  | Çıkış atıksuyunda alıcı ortama deşarjda izin verilen sınır değerler sağlanır |
| <b>İkincil Arıtma</b>                   |  |  |
| Aktif Çamur                             | Çözünür ve askıda organik maddeyi, NH <sub>3</sub> -N ve diğer bileşenleri gidermek                                  | Kirlilik ve deşarj maliyetleri azalır  |
| Fosfat İlaveli Aerobik Biyolojik Proses | Organik bileşenler giderilir, proses verimi %30 artar  | Kirleticilerin etkin giderimi sağlanır                                       |
| Son Çöktürme                            | Çamur döngüsü için çıkış atıksuyundaki biyokütle giderilir ve aze atık suyun biyokütle ile yeniden aşılması sağlanır | Çıkış atıksuyunda minimum AKM ve KOİ/BOİ oranına ulaşılır.                   |
| Kimyasal Çöktürme                       | Askıdaki katılar çökeltilir  | KOİ/BOİ ve AKM azaltılır   |
| <b>Üçüncül Arıtım</b>                   |  |  |
| Plastik Ortamlı Biyofiltrasyon          | Çözünmüş ve askıda katılar, yağ ve KOİ içeriği azalır  | Düşük KOİ/BOİ oranı ve yüksek kalitede çıkış suyu sağlanır                   |
| <b>İleri Arıtım</b>                     |  |  |
| Ultrafiltrasyon                         | İnce askıda partiküller ve çözünmüş yağ gidermek   | Ters ozmoz prosesine hazırlık  |
| Ters Ozmoz                              | Çözünmüş inorganik katılar ve tuzu (NaCl) gidermek   | Tuz giderilir  |
| <b>Çamur Susuzlaştırma</b>              |  |  |
| Kurutma Yatakları                       | Drenaj ve buharlaşma ile susuzlaştırılmış çamur  | Koku oluşumu ve çöp sahasına taşıma maliyeti azalır                          |
| Santrifüj                               | Suyu katıdan ayırır  | Koku oluşumu ve çöp sahasına taşıma maliyeti azalır                          |
| Belt Pres                               | Gözenekler arası basınçlı kumaşla suyu katıdan ayırır  | Koku oluşumu ve çöp sahasına taşıma maliyeti azalır                          |
| Pres Filtre                             | Plakalar arasındaki basınçla suyu katıdan ayırır   | Koku oluşumu ve çöp sahasına taşıma maliyeti azalır                          |

Çizelge 2.10'da ise her bir arıtma kademesinin başlıca avantajları ve dezavantajları karşılaştırılmaktadır.

**Çizelge 2.10.** Deri endüstrisi atıksu arıtımında kullanılan arıtma proseslerinin avantaj ve dezavantajları  
(Swartz ve ark., 2017)

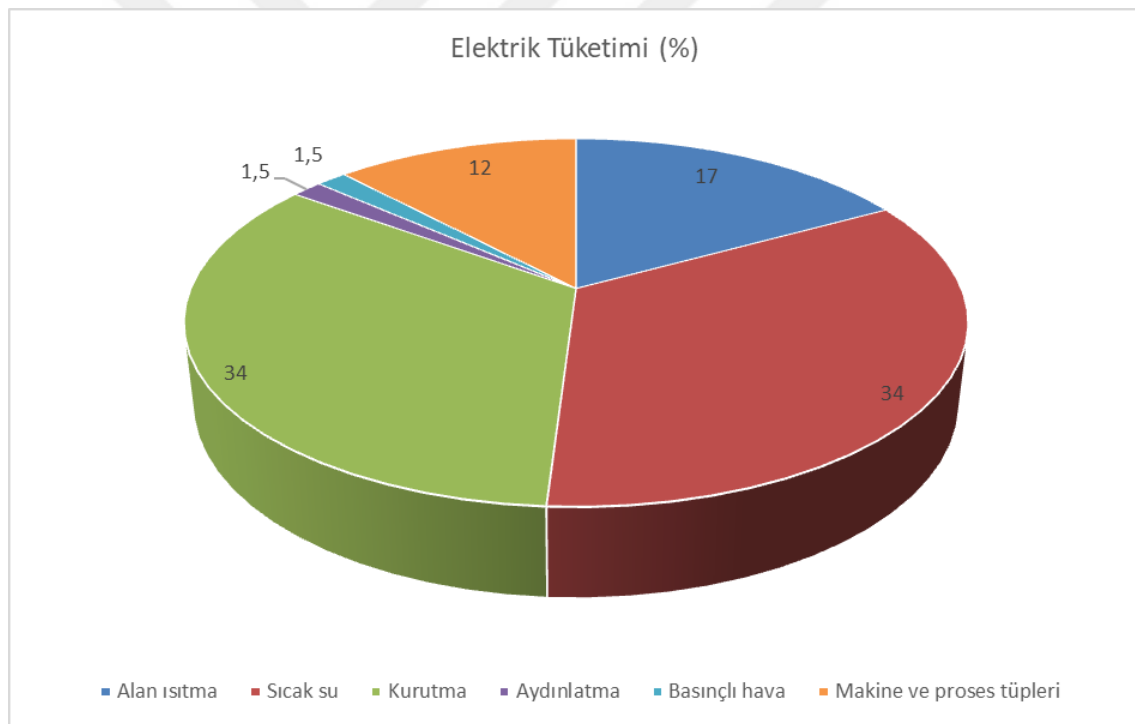
| <b>Arıtma</b>                        | <b>Avantaj</b>   | <b>Dezavantaj</b>   | <b>Referans</b>   |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Genişletilmiş havalandırmalı CAS     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktif Çamur Sistemi en yaygın kullanılan biyolojik prosestir</li> <li>- Kurulumu uygundur</li> <li>- Yüksek organik giderimi sağlar</li> <li>- Sürekli işletim</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- İyi flok oluşumu</li> <li>- Filametli bakterilerden dolayı köpürme problemi</li> <li>- Yüksek havalandırma ve işletme maliyeti</li> <li>- Diğer arıtma proseslerine göre daha yüksek ayak izi</li> <li>- Son çökeltim gereksinimi</li> <li>- Şok hidrolik ve organik yükelemeleri tolere edemez</li> </ul> | Mandal ve ark., 2010<br>Buljan ve Kral, 2011  |
| Membran Biyoreaktör                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ürünler geri kazanılabilir</li> <li>- Su yeniden kullanılabilir</li> <li>- Flok oluşumu yoktur</li> <li>- Düşük ayak izi</li> <li>- Hidrolik ve organik yükleri tolere edilebilir</li> <li>- Son çökeltim gerektirmez</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yüksek kurulum işletme maliyeti</li> <li>- Atıksudaki yüksek yağ-gres içeriğinden membran çabuk kirlenir</li> <li>- İşletmede tecrübe gereksinimi</li> </ul>   | Durai, 2011<br>Faouzi ve ark., 2013<br>Jafarinejad, 2016                            |
| Ardışık Kesikli Reaktör              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CAS sistemine göre daha az çamur hacmi</li> <li>- Düşük ayak izi</li> <li>- Hidrolik ve organik yükleri tolere edilebilir</li> <li>- Son çökeltim gerektirmez</li> <li>- Arıtma prosesi nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesi için modifiye edilebilir</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CAS sistemine göre daha yüksek kurulum ve işletme maliyeti</li> <li>- CAS sistemine göre daha yüksek enerji gereksinimi</li> <li>- İyi flok oluşumuna bağlı</li> <li>- Kesikli işletim</li> </ul>  | Singh ve Srivastava, 2011<br>Patil ve ark., 2013<br>Jafarinejad, 2016               |
| Anaerobik Havuz                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kurulum ve işletimi ucuzdur</li> <li>- Düşük enerji gereksinimi</li> <li>- Düşük çamur hacmi</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Su geri kazanılmaz</li> <li>- Sızıntı ve emisyonlar çevre kirliliğine neden olur</li> <li>- Kötü koku problemi</li> <li>- Çamur susuzlaştırması zor</li> </ul>   | Buljan ve Kral, 2011<br>Goswami ve Mazumder, 2013                                   |
| Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yatağı | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Düşük çamur hacmi</li> <li>- Biyogaz üretimi</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Çeşitli organik ve hidrolik yüklemelere karşı kararlı değildir</li> <li>- Metanojenler sülfite duyarlıdır</li> <li>- Sistem durdurulduktan sonra uzun başlama periyodu gerekir</li> </ul>  | Rajeswari ve ark., 2000<br>Goswami ve Mazumder, 2013<br>Tamilchelvan ve Mohan, 2013 |

#### 2.2.4. Tabakhanelerde enerji kullanımı ve yönetimi

Tabakhanelerde enerji tüketimi temel olarak, üretim yöntemi, ekipman kapasitesi, motor kontrollerinin karmaşıklığı, derileri taşımak için kullanılan ekipmanlar, kurutma yöntemleri, proses tankları ve binalardaki ısı kayıpları, atıksu arıtma prosesleri, atık oluşuşumu/atıktan enerji geri kazanımı gibi faktörlere bağlıdır.

Isı kayıpları ısı yalıtımı ile önlenabilir ancak düşük bir dış sıcaklık ile daha da kötüleşebilir. Havadaki yüksek nem içeriği, kurutmada tüketilen enerjiyi artırabilir. Enerji kullanımı verileri, iklim koşullarına göre bölgeden bölgeye göre değişebilmektedir.

Deri endüstrisi tipik enerji tüketim oranları Şekil 2.5'te gösterilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013).



Şekil 2.5. Deri endüstrisi tipik enerji kullanımı (%)

Tabakhanelerdeki enerji tüketiminin ürün çıktısı ile ilişkilendirilmesi (işlenen deri başına kullanılan enerji) sonucu ortaya çıkan rakamlar tesisten tesise büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Deri tabaklama işleminde deri başına tüketilen enerji 1.9-4.4 kWh arasında değişmekte olup, bazı spesifik üretim yapan tabakhanelerde elektrik tüketimi 165 kWh kadar yüksek tespit edilebilmektedir (Swartz ve ark., 2017).

Enerji tüketimini minimuma indirmek, enerjiyi verimli kullanmak ve enerji tasarrufu sağlamak için uygulanması gereken MET'ler AB tarafından tanımlanmış ve temiz üretim uygulamaları sonrası belirlenen MET ile ilişkili spesifik enerji tüketim değerleri Çizelge 2.11'de sunulmuştur (BREF Deri Sektörü, 2013).

**Çizelge 2.11.** MET ile ilişkili spesifik enerji tüketimleri

| Proses aşaması   | Spesifik Enerji Tüketimi* |         |
|--|---------------------------|---------|
|  | GJ/t                      | KWh/t   |
| Büyükbaş ham deriden ıslak mavi/beyaz deriye   | <3                        | <833.3  |
| Büyükbaş tabaklama sonrası prosesler ve bitim  | <14                       | <3888.8 |
| Küçükbaş tabaklama sonrası prosesler ve bitim  | <6                        | <1666.6 |
| <i>*Enerji tüketimi verileri elektrik ve iç mekanlar için toplam ısıtma dahil üretim sürecindeki enerji kullanımını kapsamakta olup; atıksu arıtımı için enerji kullanımını kapsamamaktadır.</i> |                           |         |

### 2.3. Temiz Üretim Kavramı

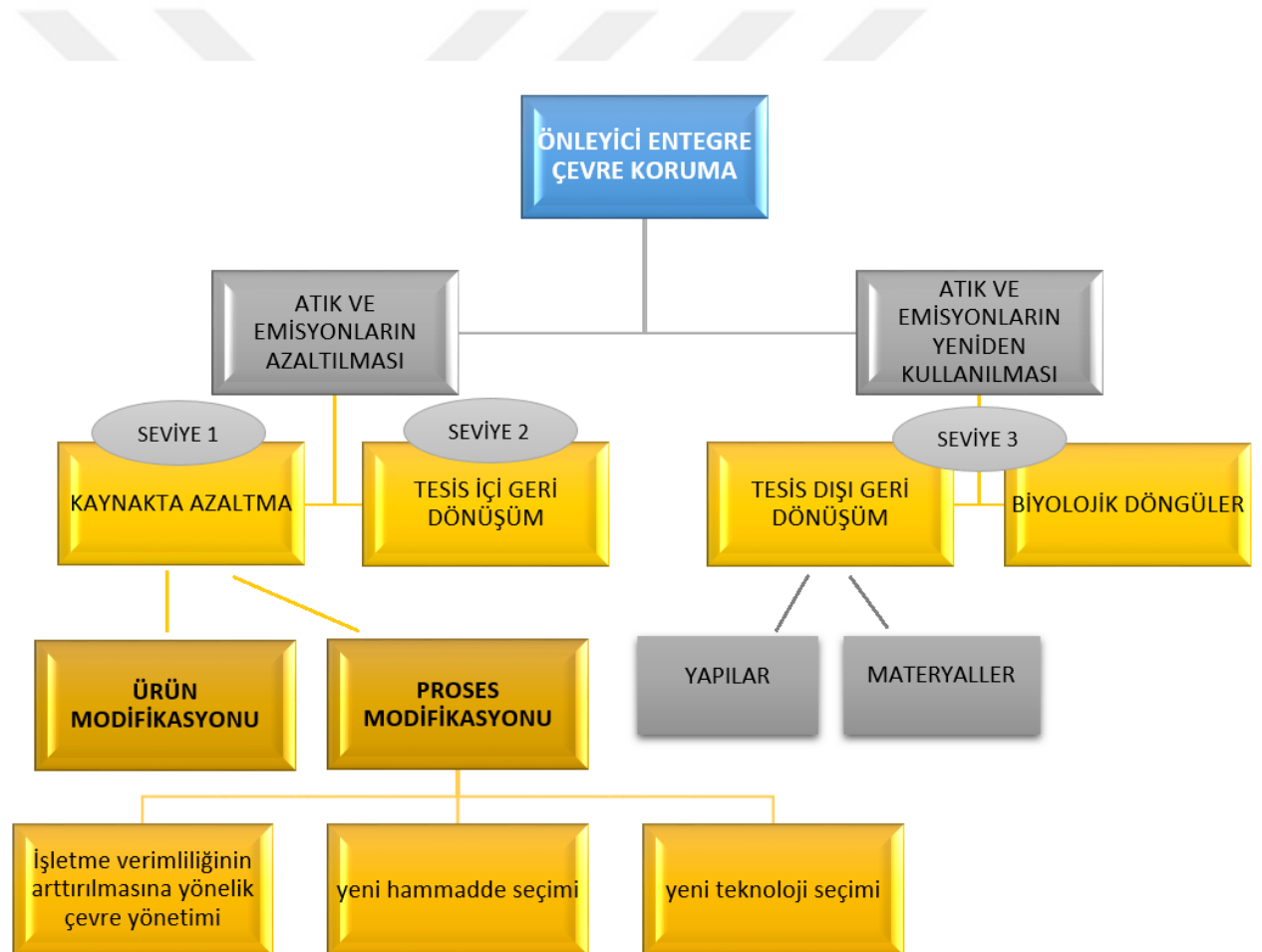
Temiz üretim, UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) tarafından; önleyici çevre stratejilerinin proseslere, ürünlere ve hizmetlere sürekli olarak uygulanması ile verimliliğin artırılması ve çevre ve insana yönelik risklerin azaltılması, olarak tanımlanmaktadır.

Temiz üretim uygulamaları ile; kirliliğin ve atığın kaynağında önlenmesi; atık ve emisyon oluşumu ile tehlikeli kimyasal kullanımının en aza indirilmesi, su ve enerji gibi doğal kaynakların ve çevrenin korunması, aynı zamanda işletme maliyetlerinin de kaynak kullanımına bağlı olarak azaltılması amaçlanmaktadır. Sanayide temiz üretim ile sağlanan çevresel faydanın yanı sıra yadsınamayacak düzeyde ekonomik faydalar sağlanmaktadır.

Temiz üretim, kaynakta kirliliği önleme ve atık azaltımını içeren, sürekli, önleyici ve bütünsel bir çevre yönetimi yaklaşımıdır. Kirliliği üretilmeden engellemeyi ve daha verimli üretim yöntemleriyle doğal kaynakları, enerjiyi korumayı hedefleyen bir yaklaşım biçimidir.

Temiz Üretim programlarının başarılı olabilmesi için en önemli etken Çevre Mevzuatının etkin bir şekilde uygulanmasıdır. Temiz üretim stratejileri Şekil 2.6'da sunulmaktadır. Özellikle küçük ve orta ölçekteki firmaların Temiz Üretim yaklaşımını

benimsemeleri için daha verimli enerji, su ve hammadde kullanımı nedeniyle ortaya çıkan ekonomik faydaların farkındalığının oluşturulması önem arz etmektedir. Hiç yatırım yapmadan bile sadece kaynak kullanımında tasarruf sağlanmasıyla iyi işletme prosedürü oluşturulabilir. Temiz Üretim çevre dostu teknolojiler önerdiği için firmaların pazar payında artışa da yardımcı olacaktır. Temiz üretim uygulaması; kültürel değerler, kaynak imkanları, ülke politikası, sanayi ve pazarın kabulü gibi faktörlere bağlıdır. İnsanların bu yeni yaklaşımı benimsemesi ve kabullenmesi uygulamanın başarılı olabilmesindeki en önemli adımdır. Bilgi eksikliğinden dolayı, firmalar Temiz Üretim yaklaşımının sadece ekstra maliyet gerektireceğini düşünmekte ve uygulamada isteksiz davranmaktadırlar. Burada yapılması gereken, “Temiz Üretim” yaklaşımının sektöre doğru bir biçimde anlatılmasıdır.



Şekil 2.6. Temiz üretim stratejileri (Demirer, 2010).

Temiz Üretim Yaklaşımı, kirliliğin kaynağında önlenmesi prensibine dayanmakta olup; klasik boru sonu tekniklerden birtakım farklılıkları içermektedir.

Kirlilik Kontrolü Yaklaşımından Temel Yaklaşımından Temel Farklılıkları Çizelge 2.12’de sunulmuştur.

**Çizelge 2.12.** Temiz üretim yaklaşımının kirlilik kontrolü yaklaşımından temel farklılıkları (Demirer, 2003)

| <b>Kirlilik Kontrolü Yaklaşımları</b>  | <b>Temiz Üretim Yaklaşımları</b>  |
|--|---|
| Kirleticiler filtreler ve atık arıtım teknik ve teknolojileriyle kontrol edilir; yani problemin kendisi değil, sonucunda ortaya çıkan olumsuzluklar giderilmeye çalışılır. | Kirleticilerin oluşumu, kaynağında ve bütünsel (entegre) tedbirlerle önlenir.   |
| Kirlilik kontrolü, proses ve ürünler geliştirildikten ve kirlilik problemi ortaya çıktıktan sonra gündeme gelen uygulamalardır.  | Kirliliğin önlenmesi, proses ve ürün geliştirme sürecinin ayrılmaz bir bölümüdür, dolayısıyla daha etkilidir.   |
| Kirliliğin kontrolü ile gerçekleştirilen çevresel iyileştirmeler, kuruluşlarca ilave bir maliyet faktörü olarak görülür.   | Kirleticiler ve atıklar, zararsız hale getirilerek faydalı ürün ya da yan ürünlere dönüştürülebilecek potansiyel kaynaklar olarak görülür   |
| Kirlilik kontrolü teknolojilerinin uygulanması, atık yöneticileri vb. çevre uzmanlarının görevidir.  | Çevresel iyileştirmelerin ve temiz üretim gereklilerinin yerine getirilmesi, tasarım ve proses mühendisleri de dahil olmak üzere kuruluşun tüm çalışanlarının sorumluluğundadır.  |
| Çevresel iyileştirmeler, çeşitli teknik ve teknolojilerin uygulanmasını gerektirir.  | Çevresel iyileştirmeler sadece teknik değil, aynı zamanda teknik olmayan yaklaşımları da içerir.  |
| Çevresel iyileştirme önlemleri, otoritelerce konulmuş bir seri standarda uyum sağlamak üzere alınır.   | Temiz üretim, sürekli olarak daha iyi çevre standartlarına ulaşmayı hedefleyen devamlı bir süreçtir.  |
| Kalite, müşterilerin ihtiyaçlarına cevap verme olarak tanımlanır.  | Kalite, müşterilerin ihtiyaçlarına cevap verecek ürünler üretilmesinin yanı sıra insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerin en aza indirilmesi şeklinde tanımlanır.  |
| Kirliliğin kontrolü için kullanılan teknolojilerin sürekli bir maliyeti vardır ve bu maliyet zaman içinde artış gösterir.  | Aynı sorunu çözmeye yönelik temiz üretim yaklaşımının maliyeti başlangıçta yüksek olabilir, ancak uzun vadedeki uygulama, işletme ve bakım maliyetleri toplamı daha düşük olmaktadır; çünkü temiz üretim uygulamaları sonucunda hammadde, su ve enerji gibi girdilerin tüketimi azalmaktadır. |

### **Mevcut En İyi Teknikler (MET)**

Mevcut En İyi Teknikler (MET), Endüstriyel Emisyonlar Direktifinde “*Emisyonların çevre üzerindeki etkilerinin bütün olarak önlenmesi, bunun mümkün olmadığı durumlarda en aza indirilmesi amacıyla tasarlanmış emisyon sınır değerleri ve iznin diğer şartlarına temel oluşturmak için belirli tekniklerin uygulanabilirliğini gösteren faaliyetlerin ve işletim yöntemlerinin geliştirilmesi sırasındaki en etkin ve ileri aşama*” şeklinde tanımlanmış olup; esas itibariyle, maliyet ve faydaları göz önünde bulundurulduğunda, çevrenin yüksek düzeyde korunmasına yönelik en etkili tekniklerdir. MET’lerin, yalnızca bir işletme içerisinde kullanılan teknolojiyi ifade

etmediği, bunun yanı sıra işletmenin tasarlanma, kurulma, işletme ve bakım şekline de atıfta bulunduğu altının çizilmesi gerekmektedir.

Daha iyi çevresel performans elde edebilmek için atılması gereken çözüm önerilerinin maliyetleri ve çevresel faydalarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. En iyi çözüm önerisinin tespitinde; süreç içerisinde farklı sonuçlar oluşturabilir tekniklerin etkileri bir bütün olarak değerlendirilmesi ve en iyi çevresel sonucun elde edileceği tekniklerin seçilmesi gerekmektedir.

Mevcut en iyi teknikler; havaya, suya salınan emisyonların ve atık oluşumunun azaltılması için prosesteki değişiklikleri içerebileceği gibi, boru sonu azaltma tekniklerini de içerebilmektedir. Doğal kaynakların daha verimli kullanılması ile emisyonların ve atık oluşumunun kaynağında azaltılması sadece çevresel olarak pozitif bir etki oluşturmakla kalmayıp, azalan bertaraf maliyetleri ve elde edilen tasarruflar tesisler için büyük ekonomik kazanç sağlamaktadır. Ancak mevcut en iyi teknik (MET) uygulamalarının işlevsel bir şekilde yürütülebilmesi için, ulusal mevzuatla desteklenmesi gerekmektedir.

#### **2.4. Yasal Mevzuat**

Avrupa Birliği çevre mevzuatının sanayi açısından en önemli bileşenlerinden birini, 1996 yılında yayımlanan eski adı ile “Entegre Kirlilik Önleme Kontrolü Direktifi (EKÖK)”, yeni adı ile ”Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED)” oluşturmaktadır. Direktif, sanayi kirliliğinin önlenmesine farklı bir yaklaşım getirerek, deşarj standartları yanında alıcı ortam özellikleri ve doğal yenilenme sürecinin de temel alındığı kirliticilerin kaynağında önlenmesi ilkesinin somutlaştırılmasını amaçlamaktadır.

1 No'lu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin 103'üncü maddesinin 1'inci fıkrasının (c) bendi ile "Temiz üretim ve entegre kirlilik önleme çalışmalarına yönelik politika ve stratejilerin belirlenmesine ilişkin çalışmaları yapmak ve ilgili mevzuatı hazırlamak" görevi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na verilmiştir.

Bu çerçevede, ülkemizde sanayi kaynaklı kirliliğin en aza indirilmesi için önemli kazanımlar sağlayacak olan Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Uygulanmasının ilk somut adımlarından biri olarak “Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği” 14 Aralık 2011 tarih ve 28142 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiş ve 2015 yılında revize edilmiştir. Bu tebliğ ile tekstil sektörünün çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için üretim sırasında



suya/havaya/toprağa verilecek her türlü emisyonun kontrolü ile hammadde ve enerjinin etkin kullanımı ve mevcut en iyi tekniklerin kullanımı hedeflenmektedir. Diğer bir ifadeyle, kirliliğin kaynaktan azaltımı ve kontrol altına alınması amaçlanmaktadır. Tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerden; haşılama, yıkama, haşıl sökme, merserizasyon, ağartma, boyama-baskı, apre ve diğer terbiye işlemlerinin gerçekleştirildiği ve kurulu kapasitesi 10 ton/gün üzerinde olan tesisler bu Tebliğ hükümlerine tabidir. Tebliğ kapsamında kalan işletmeler tebliğ ekinde yer alan mevcut en iyi tekniklerden (MET) kendilerine uygun olanları belirleyerek Temiz Üretim Planları (TÜP) hazırlamakta ve İl Müdürlüklerimize sunmaktadırlar. Tebliğ, işletmelerde temiz üretim anlayışının yaygınlaştırılması amacıyla hareketle gönüllülük temeline oturtulmuş ve zorlayıcı hükümler içermemektedir.

Temiz üretimle ilgili sektörel mevzuatların hazırlanmasına yönelik Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından çalışmalar gerçekleştirilmekte olup; 2021 yılında “Deri İşleme Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği” sektör görüşleri doğrultusunda revize edilmek üzere Bakanlık internet sitesinde yayımlanmıştır. Söz konusu Taslak Tebliğ’in amacı deri işleme sektöründe temiz üretim uygulamalarına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Taslak Tebliğ’in yürürlüğe girmesiyle birlikte, deri işleme tesisleri tarafından bazı MET’lerin uygulanması zorunlu hale getirilecektir.

Temiz üretim uygulamalarında genel olarak MET’lerin uygulanıp uygulanmadığının tespit edilebilmesi için doğru ve güvenilir izleme/denetim mekanizmasının da mevzuatlaştırılması gerekmektedir.

AB tarafından aşağıda yer alan 33 sektör için MET Referans Dökümanı yayımlanmış olup; bazı sektörler için MET Sonuç Belgesi Dökümanı (BAT Conclusion) da yayımlanmıştır. Deri işleme sektörü için MET Referans Dökümanı ve MET Sonuç Belgesi yayımlanmış bulunmaktadır.

1. Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit İmalat Sanayi
2. Seramik Üretimi Sanayi
3. Kimya sanayiinde atık suların ve atık gazların arıtılması ve yönetimi
4. Ekonomi ve Çapraz Medya Etkileri
5. Depolamadan Kaynaklanan Emisyonlar
6. Enerji Verimliliği
7. Demirli Metaller İşleme Sanayi
8. Gıda, İçecek ve Süt Endüstrisi

9. İzlemenin Genel İlkeleri
10. Endüstriyel Soğutma Sistemleri
11. Yoğun kümes hayvancılığı ve domuz yetiştiriciliği
12. Demir ve Çelik Üretimi
13. Büyük Yakma Tesisleri
14. Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar - Amonyak, Asit ve Gübre Sanayii
15. Büyük Hacimli İnorganik Kimyasallar – Katılar ve Diğer
16. Büyük Hacimli Organik Kimyasal Sanayi
17. Madencilik Faaliyetlerinde Artık ve Atık Kayaların Yönetimi
18. Cam Üretimi
19. Organik Özel Kimyasallar Üretimi
20. Demirli Olmayan Metal Sanayii
21. Klor-Alkali Üretimi
22. Polimerlerin Üretimi
23. Özel İnorganik Kimyasalların Üretimi
24. Kağıt Hamuru ve Kağıt Sanayii
25. Madeni Yağ ve Gaz Rafinerileri
26. Mezbahalar ve Hayvansal yan ürünleri endüstrileri
27. Demirhaneler ve Dökümhaneler Endüstrisi
28. Metal ve Plastik Maddelerin Yüzey İşlemesi
29. Organik Solventler Kullanılarak Yapılan Yüzey İşlemleri
30. Deri tabaklama sanayii
31. Tekstil endüstrisi
32. Atık Yakma
33. Atık Arıtma Endüstrisi

Temiz üretim çalışmalarının ülke genelinde yaygınlaştırılması için temelde iki politikanın izlenmesi gerekmektedir. İlk adımda, temiz üretim çalışmaları ile çevrenin korunmasının yanısıra tesislere getireceği ekonomik katkıların da yeterince vurgulanabilmesi gerekmektedir. İkinci adımda ise tesisler için MET tedbirlerinin önceliklendirilerek ve yıllara sari olarak küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerin mevcut durumları da göz önünde bulundurularak yasal mevzuatlarla zorunlu hale getirilmesi hatta bazı MET tedbirleri için teşvik mekanizmalarının da geliştirilmesi gerekmektedir.

Yasal mevzuatla desteklenmesi gereken ‘‘Sektörel Temiz Üretim’’ çalışmalarında, çevre kirliliğinin azaltılması üzerine olumlu etkileri izleyebilmek ve denetim mekanizmalarının MET uygulama durumlarının tespit edilebilmesi için belirlenen bazı parametrelerin izlenmesi gerekmektedir. AB tarafından BAT Conclusion (MET Sonuç Belgeleri) yayımlanan sektörler için, MET’lerin uygulanma durumlarının tespiti ve izlenmesinde gerekli parametreler ve limit değerleri yer almaktadır. Deri Sektörü için MET Sonuç Belgesi yayımlanmış olup; kendi atıksu arıtma tesisi bulunan ve alıcı ortama deşarj yapan münferit sanayi tesisleri için uyulması gereken MET-ESD (MET ile ilişkili Emisyon Sınır Değerleri) değerleri Çizelge 2.13’de verilmektedir.

Çizelge 2.13’te görüleceği üzere alıcı ortama deşarj yapan tesislerin MET uygulamaları sonrası hedeflenen MET ile ilişkili emisyon sınır değerlerinde KOİ, BOİ<sub>5</sub>, AKM, NH<sub>4</sub>-N, Toplam Cr ve sülfür parametreleri yer almaktadır.

**Çizelge 2.13.** Alıcı ortama deşarj eden tesisler için uyulması gereken MET-ESD değerleri

| Parametre                | MET-ESD (mg/L) |
|--------------------------|----------------|
| KOİ (mg/L)               | 200-500*       |
| BOİ <sub>5</sub> (mg/L)  | 15-25          |
| AKM (mg/L)               | <35            |
| NH <sub>4</sub> -N(mg/L) | <10            |
| Toplam Cr (mg/L)         | <0.3-1         |
| Sülfür (mg/L)            | <1             |

\*Giriş KOİ değeri ≥8000 mg/L olması durumunda

Diğer taraftan MET Sonuç Belgesi Dökümanında ayrıca atıksu altyapı sistemine deşarj yapan tesisler için (Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi AAT kanalizasyon hattı) uygulanması gereken MET-ESD değerleri ile ülkemizde kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerine deşarjda uyulması gereken deşarj standartları deşarj Çizelge 2.14’te verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere, AB MET Sonuç Belgesi Dokümanında kanalizasyona deşarj yapan tesisler için yalnızca krom ve sülfür parametreleri izlenmekte olup; ülkemizde atıksu altyapı tesislerine deşarj eden tesisler için uygulanan sınır değerler daha yüksektir.

**Çizelge 2.14.** Kanalizasyona deşarj eden tesisler için uyulması gereken MET-ESD değerleri

| Parametre       | AB,<br>MET-ESD (mg/L) | SKKY Tablo 25,<br>Kanalizasyona deşarj |
|-----------------|-----------------------|--|
| Toplam Cr(mg/L) | <0.3-1                | 5                                      |
| Sülfür(mg/L)    | <1                    | 2                                      |

Bilindiği gibi ülkemizde alıcı ortama deşarj eden endüstriyel tesisler için 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayanılarak çıkartılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ekinde yer alan tablolar (Tablo 5-Tablo 21 arası) uygulanmaktadır. Söz konusu tablolarda münferit sanayi tesislerinden kaynaklanan atıksuların alıcı ortama deşarjında uyulması gereken endüstriyel atıksu deşarj standartları yer almakta olup; sanayi tesislerinin sektör tablosuna uygun şekilde deşarj yapmaktadırlar.

SKKY Tablo 12'de deri işleme sektörü atıksularının alıcı ortama deşarj standartları yer almaktadır. Ülkemizde faaliyet gösteren münferit sanayi tesisleri bu standartlara uygun deşarj yapmak zorundadır (Çizelge 2.15).

**Çizelge 2.15.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği deri işleme sektörü atıksularının alıcı ortama deşarj standartları

| Parametre                       | Birim | Kompozit Numune<br>(2 saatlik) | Kompozit Numune<br>(24 saatlik) |
|---------------------------------|-------|--------------------------------|---------------------------------|
| KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ) | mg/L  | 300                            | 200                             |
| ASKIDA KATI MADDE (AKM)         | mg/L  | 125                            | -                               |
| TOPLAM KJELDAHL AZOTU           | mg/L  | 20                             | 15                              |
| YAĞ VE GRES                     | mg/L  | 30                             | 20                              |
| SÜLFÜR (S <sup>-2</sup> )       | mg/L  | 2                              | 1                               |
| KROM (Cr <sup>+6</sup> )        | mg/L  | 0.5                            | 0.3                             |
| TOPLAM KROM                     | mg/L  | 3                              | 2                               |
| BALIK BİYODENEYİ (ZSF)          | -     | 4                              | 4                               |
| pH                              | -     | 6-9                            | 6-9                             |

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) içinde faaliyet gösteren deri tesisleri OSB'nin belirleyeceği standartlara göre, belediyeye ait kanalizasyona deşarj yapan deri işletmeleri ise Belediye'nin belirlediği kriterlere göre kanala deşarj yapmak zorundadır.

## 2.5. Deri İşleme Sektörü İçin Ülkemizde ve Dünya'da Uygulanan MET Örnekleri

Karaman ve Gülümser (2016), kromsuz deri üretiminde tabaklama maddesi olarak alkalialüminyum silikatların kullanım olanaklarını belirlemek için yaptıkları araştırmada, tabaklama prosesinde krom yerine bir tür zeolit olan alkali alüminyum silikatları ile bitkisel, bitkisel sentetik tabaklama maddeleri ve alüminyum triformiat arasında çeşitli tabaklama kombinasyonları uygulamışlardır. Alkali alüminyum silikatların tek başına tabaklayıcı etkisi olup olmadığını, kromsuz çevre dostu işlenmiş deri üretimi için alternatif bir yöntem olarak alkali alüminosilikatlardan yararlanma olanaklarının artırılabilmesi sonucuna varmışlardır.

Ömürbek ve ark., (2012), deri sektöründe çevreye duyarlı üretim üzerine bir araştırma yapmışlar, Çorlu Deri Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyette bulunan deri işletmelerinin çevreye duyarlı üretime yönelik çalışmalarını, çevreye duyarlı üretime yatırım yaparken dikkate aldıkları faktörleri ve çevreye duyarlı üretim ile ilgili düşüncelerini belirlemek amacı ile araştırma yapılmış ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Mhlanga ve ark., (2013) tabakhane atıklarının azaltılması için oluşan atık ve atıksu miktarını azaltmak için proses değişikliği ve kullanılan kimyasalın geri kazanımı veya daha az tehlikeli kimyasal kullanımı gibi konularda temiz üretim teknikleri üzerine araştırmalar yapmışlar ve sonuç olarak hem maliyet hem atık azaltımı yönünden olumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Çetinkaya ve Çetinkaya (2010), derinin tabaklanması işleminde maskeleyici maddeleri kullanımının krom alımı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında tabaklama işleminde maskeleyici maddelerinden yararlanarak derinin aldığı krom oksit miktarını artırarak tabaklamada kullanılan krom miktarını azaltmak ve arıtmanın yükünü hafifletmeyi amaçlamışlar, bu sebeple tabaklama işleminde geleneksel krom tuzları ve sodyum formiyat, sodyum asetat, sodyum sitrat, fitalik asit ve sodyum oksalat gibi maskeleyici maddeler kullanmışlar ve maskeleyici madde kullanım ile derideki krom oksit miktarının arttığı ve atık suda bulunan krom oksit miktarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Kromlu deri talaşı (CTLS), deri endüstrisinde üretilen, esas olarak protein kollajen ve kromdan oluşan ve çevreye ciddi bir tehdit oluşturan katı atıklardan sadece biridir (Pati ve ark., 2014). Fang ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada deri endüstrisinde tehlikeli katı atık olarak kromlu deri talaşının bertarafına ilişkin yakma yöntemlerini araştırmışlar ve Yanmanın pirolizden daha iyi bulunduğu ve CTLS nin termal ayrışmasının yüksek sıcaklıkta oksijen ile hızlandırılabileceği sonucuna varmışlardır. Kluska ve ark. (2019), çalışmalarında “Deri Tabakhane Atıklarının Piroliz Ürünlerinin Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Sıcaklığın Etkisini” araştırmışlardır. Atıkların deri tabaklama tesislerinden 300-500°C'de pirolizi incelenmiş olup, bu tür atıkların yakıt olarak enerji potansiyelinin kullanımındaki güçlükler nedeniyle önemli olduğunu ve bu yüzden termokimyasal işlemlerde enerji kaynağı olarak kullanımının son yıllarda araştırmalara konu olduğunu vurgulamışlardır.

Ozkan ve ark. (2019), deri endüstrisinde tabaklama maddesi olarak mısır nişastasının kullanılması: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tarafından kontrollü (kademeli) bozunmasını

araştırmışlardır. Çalışmalarında, krom (III) tuzunun sağlık ortamı üzerinde hiç veya daha az risk taşıyan alternatif tabaklama maddeleri ile değiştirilmesine ilişkin son yıllarda araştırmalar yapıldığını, Sağlık ve çevre bilinci göz önüne alındığında, biyolojik olarak parçalanabilir özelliğe sahip yenilenebilir doğal kaynaklardan alternatif potansiyel bronzlaşma ajanları üretmenin, sürdürülebilirlik, insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşıdığını ifade etmişler ve elde ettikleri sonuçlara göre, doğal mısır nişastasının H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile oksitlenebildiği ve oksitlenmiş nişastanın deri yapımında tabaklama/retanj maddesi olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Onem (2018) çalışmasında, su ve süper kritik akışkan ortamda üretilen derinin kalite özelliklerini incelemiştir. Genel olarak, klasik krom tabaklama metodunun, çevre ve insan sağlığı konusundaki artan farkındalık nedeniyle sanayileşmiş ve çevre ülkelerdeki çevre yetkililerinin yakından incelenmesine neden olduğunu, Bu nedenle, yeşil üretim teknolojileri (temiz üretim) için sürekli araştırmalar yapıldığını, bitkisel tanenlerin ve diğer doğal malzemelerin kullanımını içeren tabaklama yöntemlerinin, endüstrideki sürdürülebilirlik için son zamanlarda önem kazandığını belirtmiştir. Bu amaçla temiz üretim teknolojisi olan süperkritik karbondioksit (scCO<sub>2</sub>) ortamında tabaklama işlemini gerçekleştirmişler ve bu ortamda 6-8 saat tabaklanmış derilerin yüksek kalitede olduklarını tespit etmişlerdir.

Tanenler, bitkisel tabaklama aşamasında kullanılan kimyasallar olup; atık suların tanenlerin giderim yöntemleri kimyasal oksidasyon, flokülasyon, adsorpsiyon, iyon değişimi, ozonoliz ve biyolojik teknikler olarak sıralanabilir (Anirudhan ve Ramachandran, 2006; Liu ve ark., 2010; Walker ve Weatherley, 1998). Romero-Dondiz ve ark. (2015) çalışmalarında deri endüstrisindeki suyun geri kazanımı için UF (Ultrafiltrasyon) polimerik membranları ile bitkisel tanenlerin giderimini araştırmışlardır. Membran prosesler ile atıksuyun geri kazanımının yanı sıra tanenlerin de geri kazanımının sağlandığını belirtmişlerdir.

Malek ve ark. (2009), Organik şelatların kullanılmasıyla katı krom deri atığının yeni bir şekilde çöktülmesi yaklaşımını, ekonomik ve çevresel etkileri araştırmışlardır. Potasyum oksalat, potasyum tartarat, asetik ve sitrik asitler gibi organik tuzlar ve asitlerin, kromu deri atıklarından ayırma etkinliklerini test etmişler ve optimum şartlarda krom ekstraksiyon oranını %95 olarak belirlemişlerdir.

Elabbas ve ark. (2016), çalışmalarında yüksek konsantrasyonlu tabakhane atıksularının elektrokoagülasyon kullanılarak arıtılmasını ve elektrot için kullanılan

alüminyum kalitesinin etkisini araştırmışlar, alüminyum alaşımının, KOİ ve krom gideriminde saf alüminyumdan daha verimli olduğunu belirlemişlerdir.

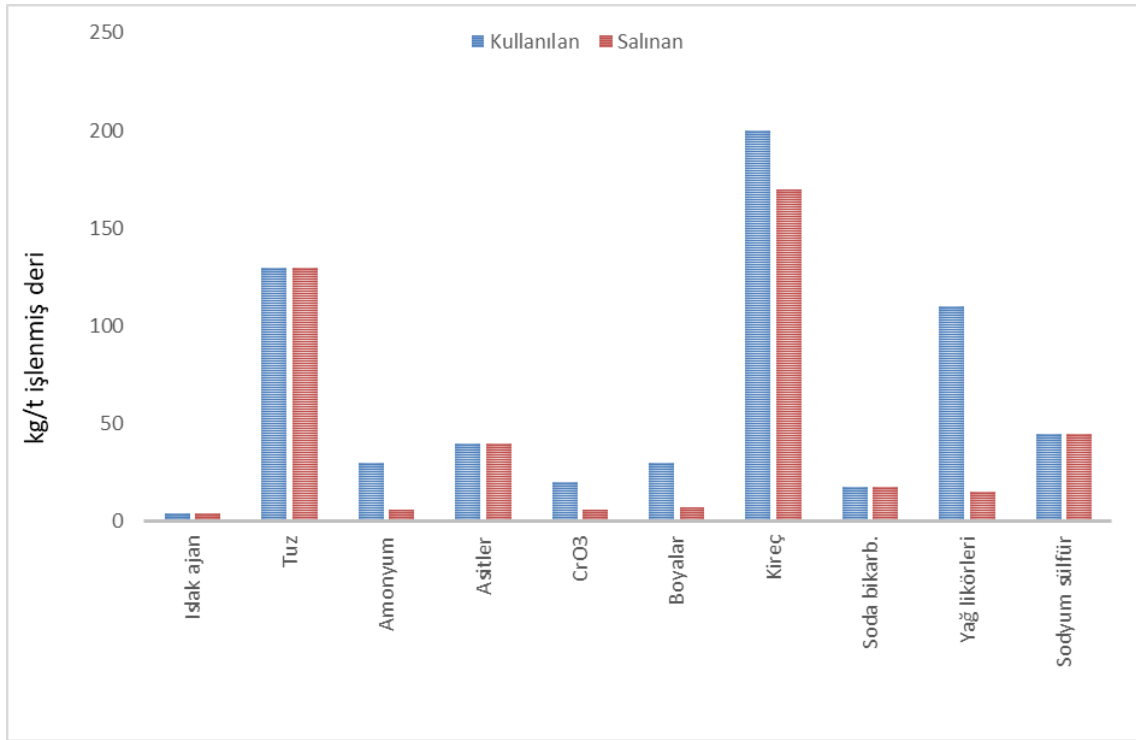
Mevcut en iyi tekniklerin (BAT) belirlenmesi, endüstriyel atık su deşarjı yapan tesislerinin yönetiminde vazgeçilmez bir unsurdur. Chung ve ark. (2013), çalışmalarında Güney Kore'deki deri tabaklama ve terbiye endüstrisindeki atıksu tesisleri için mevcut en iyi teknolojinin (MET) değerlendirilmesi ve seçimine yönelik; kaynak karakterizasyonu hakkında bilgi, aday teknolojinin seçimi, mevzuata uygunluk analizi, çevresel faktörlerin değerlendirilmesi (su kalitesi olmayan faktörler), ekonomik fizibilite değerlendirmesi, teknik faktörlerin değerlendirilmesi ve MET'in seçimi adımlarını içeren araştırmalar yapmışlardır. Tabakhane sularının arıtımı için 6 arıtma yöntemi içerisinde mevcut en iyi teknik olarak kimyasal çökeltme+değiştirilmiş Ludzack–Ettinger prosesi+fenton işlemi prosesi olarak tespit etmişlerdir.

Krishnamoorthy ve ark. (2013), deri tabaklama işlemine daha yeşil yaklaşım olarak kromsuz tabaklama işlemi için yeni tabaklama maddesi olarak D-Lisin aldehit kullanımını araştırmışlardır. Geliştirilmiş tabaklama işleminin, krom tabaklama işlemine kıyasla toksik atık oluşumunu azaltma, çevre üzerindeki etkileri azaltma ve daha çevreci veya daha temiz bir proses gelişimine katkıda bulunması açısından çevre dostu olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.

## **2.6. Post ve Derilerin Daha Temiz Korunma/Muhafazasında Son Gelişmeler**

Deri endüstrisi, çevre üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle son derece kirletici endüstrilerden biri olarak sınıflandırılmıştır (Kanagaraj ve Babu, 2002, Kanagaraj ve ark., 2015; Dixit ve ark., 2015). Derilerin tuzlanarak korunması yüksek çevre kirliliğine neden olduğundan dolayı son yıllarda yapılan çeşitli çalışmalarda daha çevreci fiziksel ve kimyasal koruma teknikleri araştırılmıştır (Wu ve ark., 2017).

Şekil 2.7'de gösterildiği gibi deri işleme sırasında kullanılan çeşitli kimyasallar deriler tarafından tam olarak absorbe edilmezler ve atıksuda büyük miktarda kirlilik yükü bırakırlar. 200–300 kg deri ile sonuçlanan bir üretim prosesinde yaklaşık 600 kg'ın üzerinde atık üretilmekte ve her ton ıslak tuzlu deri için 30–35 m<sup>3</sup> su kullanıldığı tahmin edilmektedir (Ozgunay ve ark., 2007).



Şekil 2.7. Deri işleme operasyonlarında kullanılan kimyasallar (Kanagaraj ve ark., 2015)

Büyük çoğunluğu derilerin kürlenmesinde, az bir kısmı ise ıslatma, piklaj ve kromla tabaklama işlemlerinde kullanılan tuz, deri üretim prosesi sonucunda oluşan atıksu içinde toplam çözünmüş katılar (TDS) ve klorürler açısından büyük miktarda kirlilik oluşturur. Bu kadar yüksek konsantrasyonda tuz içeren atıksuyun arıtılması için verimli ve uygun maliyetli bir teknoloji henüz bulunmamaktadır. Tuzla kürlenme yönteminin post ve derilerin uzun süreli muhafazasında yaygın olarak uygulanmasının ana nedenleri düşük maliyet ve düşük teknoloji özellikleridir.

Yapılan araştırmalarda SC (Sodyum Klorür) ile kürlenme yönteminde birçok dezavantaj fark edilmiştir (Bailey, 2003). Örneğin derilerin tuzla muhafazasında halofilik bakterilerin derileri kürlenme ve saklama sürecinde yıkıcı rolü daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilmiştir. Halofilik bakteriler, SC ile kürlenmiş postlarda bulunan maddeleri potansiyel olarak sindirebilen özel lipazlar ve proteazlar içermekte ve bu durum deri işlemede en yaygın dezavantajlardan biri olan "kırmızı ısıya" neden olmaktadır. Bu organizmalarla ilişkili kırmızı renk, bu bakteriler tarafından üretilen bir pigmentten kaynaklanmaktadır (Akpolat ve ark., 2015). Bu kırmızı renk, SC ile kürlenmiş postlarda bulunduğu bu organizmaların derilerde bulunduğunu açıkça göstermektedir. SC kürlenme yönteminde en ciddi ve tartışmalı konu, atıksuya büyük miktarda TDS ve klorür yüklediği için çevre üzerindeki olumsuz etkidir. Tabaklama



endüstrisi tarafından SC kullanımıyla atıksudaki yüksek iletkenlik içeriği, toprak ve yer altı suyunun kalitesinde kötüleşmeye neden olmaktadır.

Günümüzde halen en yaygın uzun vadeli ham deri koruma yöntemi olan SC ile kürlenmeye alternatif olarak yapılan bazı çalışmalarda tuz kullanımının azaltılabilmesi için çeşitli teknoloji optimizasyonu ve modifikasyonları araştırılmıştır (Aslan ve Birbir, 2011; Eduard ve ark., 2008; Vijayalakshmi ve ark., 2009; Barinova ve ark., 2009; Balada ve ark., 2009). Son on yıllık literatürde post ve derilerin uzun ve kısa süreli korunması amacıyla SC-less ve SC-free koruma yöntemlerinde kapsamlı ilerleme sağlayacak doğal bitki koruyucuları, antimikrobiyal ve kirletmeyen özelliklere sahip kimyasal maddeler ve gelişmiş fiziksel koruyucu teknolojiler araştırılmıştır.

### **2.6.1. Kimyasal koruma yöntemleri**

#### ***Daha Az Sodyum Klorür (SC Less) Metodları***

##### **-SC+EDTA**

Bu yöntemde düşük %25 tetra-sodium ethylene diamine tetra-acetic acid (EDTA), %40 SC and 35% orta iri talaş içeren (çam) bir karışım derilerin muhafazasında kullanılır. Liricure adı verilen toz biyosit bileşimi Russell ve ark. (1997), tarafından geliştirilerek Güney Afrika'da post ve derilerin korunmasında bir yöntem olarak uygulanmıştır. Bu tozun nemli et yüzeyine (örneğin koyun derisi başına yaklaşık 200 g veya sığır derisi başına 3 kg) dağıtılması ve ardından derinin katlanması yoluyla önemli bir depolama süresinin (saha çalışmalarında 6 hafta) mümkün olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntemle kürlenmiş ve 12 aylık depolama süresinden sonra üretilen koyun ve sığır derilerinin fiziksel özelliklerinin, geleneksel SC ile kürlenmiş derilerle karşılaştırılabilir olduğu bildirilmiştir. EDTA temelde bir biyosidal ajan olarak görülmesede, mevcut uygulamadaki etkinliği, enzim aktif bölgelerdeki metallerin kompleksleşmesi ve inaktivasyonundan kaynaklanmakta olup; bakteri büyümesini ve çoğalmasını inhibe etmektedir. "Lirikür" yöntemi %20 veya daha fazla SC azaltımı imkanı sunmaktadır. Ancak içerdiği EDTA atıksu arıtımında krom bileşiklerinin çökeltmesinde zorluklara neden olabilmektedir (Russell ve ark., 1997).

### **-SC+Silika jel**

Geleneksel SC kürlenme yöntemine göre inert bileşik silika jel kullanan daha temiz bir koruma tekniğidir. Koruma için önerilen daha az SC yönteminde %0.1 PCMC (p-klorometakresol) içeren veya içermeyen %5 silika jel ve %5 SC kullanılmasını içermektedir (Kanagaraj ve ark., 2000). Bu sistemde, silika jel nemi emer ve SC dehidrasyona katkıda bulunan ve bakteri büyümesini engelleyen deri matrisinin içine yayılmaktadır. Bu yeni yöntemin kürlenme etkinliği, bakteri sayımı ve mikro görüntüleme tekniği kullanılarak nem içeriği, toplam ekstrakte edilebilir nitrojen, cildin hidrotermal stabilitesi, taramalı elektron mikroskobu (SEM), işlenmiş derinin fiziksel mukavemet özellikleri gibi çeşitli parametrelerle değerlendirilmiş ve deri işlemede oluşan kirlilik yükü karşılaştırılmıştır. Bu yöntemin geleneksel SC ile kürlenme kadar verimli olduğu, ıslatma veya deri tabaklama işleminde herhangi bir sorun teşkil etmeyeceği ve üretilen deri kalitesinin geleneksel olarak SC ile korunmuş stoktan elde edilen deri kalitesine eşit olduğu tespit edilmiştir. Ancak en önemlisi, atıksu kirlilik yükündeki klorür içeriğinde yaklaşık %80-85 oranında azalma sağlanmaktadır. Bu nedenle, çevresel açıdan bu yöntemin geleneksel yöntemle göre avantaja sahip olduğu açıkça görülmekte ve etkili bir alternatif olarak sunulmaktadır (Kanagaraj ve ark., 2000).

### **-SC+ sodyum meta bisülfid**

Derinin, azaltılmış SC içeriğine ilaveten sodyum meta-bisülfid kullanılarak muhafazası, yeni koruma sistemleri olarak geliştirilmiştir (Kanagaraj ve ark., 2005a). Bu yöntemde de işlenmiş derinin kalitesinde herhangi bir problem olmayıp; atıksudaki klorür seviyeleri 15-20 kat daha az tespit edilmektedir.

### **-SC+ borik asit**

Borik asit (BA) bakterisit özelliklere sahip olup; lifler arasındaki açıklıktan nemi emme eğilimindedir. Bu özelliği ile derilerin nem seviyesinin düşürülmesine yardımcı olmakta ve derilerin korunması/muhafazasına önemli katkı sağlamaktadır (Kanagaraj ve ark., 2005b). Azaltılmış SC içeriği ve BA ilavesi tekniği alternatif koruma yöntemleri olarak kullanılabilir (Kanagaraj ve ark., 2005b). BA bazlı sistemlerin kullanımının geleneksel kürlenme sisteminden daha pahalı sistemlerdir ancak atıksuda

klorür seviyesinde %80'den fazla azalma sağlanabilmektedir. Bununla birlikte BA kullanımı, atıksudaki kimyasal kirliliğe katkıda bulunduğundan dolayı bazı ülkelerde kısıtlanmıştır.

### ***Sodyum Klorürsüz Yöntemler***

#### **-Potasyum Klorür (KCl)**

İnorganik koruyucu olan potasyum klorür (KCl), SC'ye benzer fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir, ancak bir açıdan çok farklıdır. SC toprağa uygulandığında bitkilerin büyümesi üzerinde olumsuz etkilere sahipken KCl, bitki büyümesini teşvik eden ve doymuş salamura ile ilişkili çevre sorunlarına yol açmayan bir gübredir. Deri ve postların SC ile aynı şekilde KCl ile kürlenmesini sağlayan iki tuzun benzer özellikleridir. İşlenen deri kalitesinde herhangi bir olumsuzluk oluşturmayan ve derilerin kürlenmesinde kullanılabilen KCl'nin SC yerine kullanılabileceği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Bailey ve Gosselin, 1996). Ancak KCl'nin yüksek maliyeti ve atıksudaki sınırlı baskı bu malzemenin kütleme için kullanılmasını engellemiştir. Ayrıca, KCl'nin sıcaklık düştükçe azalan çözünürlüğü, soğuk iklimlerde deri işletmeleri tarafından dikkate alınmalıdır.

#### **-Sodyum Sülfat**

Bazı çalışmalarda; AAT çıkış atıksuyundaki TDS ve klorür (Cl) miktarının azaltılabilmesi için, SC'ye benzer özelliklere sahip ancak formülasyonunda Cl bulunmayan sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) tek başına kütleme ajanı olarak keçi ve manda derilerinin korunmasında kullanımını araştırmışlardır (Vankar ve ark. 2006; Vankar ve Dwivedi 2009a, 2009b).

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ 'ün yaygın olarak bulunan bir kimyasal olması sebebiyle alternatif olarak kullanılabileceği, TDS ve Cl değerlerinde büyük bir azalma tespit edildiği ifade edilmiştir. Derilerin kısa süreli muhafazasında SC'nin yerini kolayca alabileceği sonucuna varılabilmektedir.

### **-Silikat**

Silikatla işlenmiş deriler daha sert olarak elde edilmekte olup; yeniden nemlendirme işlemi gerektirmektedir. Bu durum yeniden nemlendirilen deriler için herhangi bir sorun teşkil etmemekte ve deri kalitesinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmamaktadır. Ham derilerin korunması için nötrale alkali silikatların uygulanması, ıslatma prosesi atıksuyunda TDS içeriğinde %60 azalma sağlamaktadır (Munz, 2007).

### **-Ozon**

Ozon güçlü bir oksidan ve güçlü bir dezenfektan maddesidir. Bakterilerin ozonla yok edilmesi çeşitli gıda ürünleri üzerinde kapsamlı bir şekilde araştırılırken, ozonun deri yapımında işlenmemiş derilerin/postların korunması üzerindeki etkisine dair çok fazla bilgi mevcut olmasa da bazı çalışmalarda, ham derilerinin kısa süreli korunması için bir sterilant olarak ozon kullanımı araştırılmıştır (Sivakumar ve ark., 2010). Ozonlamanın, derilerin muhafazasında tuzlamaya etkili bir alternatif olabileceği, ancak ozonun derilerin kısa süreli korunması uygulanabileceği ve kirlilik yükünü azalttığı sonucuna varılmıştır.

### **-Doğal Koruyucular**

Hayvan derilerinin korunması için veya ıslatma aşamasında kullanılan biyositler olarak deri işleme endüstrisinde birçok bitki bazlı koruyucu formülasyon bildirilmiştir (Preethi ve ark., 2006; Bayramoğlu, 2006, 2007, 2010; Musa ve ark., 2011; İyappan ve ark., 2013; Kumar ve ark., 2014; Selvi ve ark., 2015; Colak ve ark., 2010; Zengin ve ark., 2014). Deri endüstrisinde bitki bazlı doğal koruyucular Çizelge 2.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.16. Deri endüstrisinde kullanılan bitki bazlı doğal koruyucular

| Bitkiler                 | Kullanım şekli                       | Ana içerik  | Proses  |
|--------------------------|--------------------------------------|---|---------|
| Neem yağı                | Temel yağ                            |   | Kürleme |
| Myrtus communis          | Temel yağ                            | 1,8-cineol, $\alpha$ -pinene, limonene, linalool, myrtenil asetat, $\alpha$ -terpineol      | Islatma |
| Oregano                  | Temel yağ                            | Carvacrol, timolol, terpinen-4-ol, para-cymene  | Islatma |
| Acalypha indica          | Öğütülmüş yapraklardan yapılan hamur | Emodin, $\beta$ -sitosterol, loliolid, nikotinik asit, gallik asit                          | Kürleme |
| Sesuviumportulacastrum   | Toz bitkilerden yapılan hamur        | NaCl, O-cymene, $\alpha$ -pinene, 2- $\beta$ -pinene, $\alpha$ -terpinene                   | Kürleme |
| Salicornia brachiata     | Toz bitkilerden yapılan hamur        | NaCl, flavonoidler  | Kürleme |
| Sığla ağacı              | Temel yağ                            | Carvacrol, P-cymene, timol, linalol   | Islatma |
| Lawsonia inermis (henna) | Hanna yapraklarının sulu ekstraktı   | Terpenoidler, limonen, $\beta$ -sistosterol glukozit, flavonoidler, gallik asit, kumarinler | Kürleme |
| Semecarpus anacardium    | Fındık özü                           | Terpenler, flavonoidler, fenolikler, saponinler, alkaloidler                                | Kürleme |
| Citrus sinensis kabuğu   |                                      | Flavonoidler, fenolik asitler   | Kürleme |
| Tamarindus indica        | Yaprak özü içeren hamur              | Flavonoidler, alifatik asit, vitaminler   | Kürleme |
| Bitkisel tanenler        | Kestane, palamut, mimoza ekstraktı   | Yoğunlaştırılmış ve hidrolize edilebilir tanenler   | Islatma |
| Tanenli asit             | Tanen toz formu                      | -   | Islatma |

Derilerin muhafazasında antimikrobiyal aktivite gösteren aktif bileşenler bu bitkilerde bulunan uçucu yağlardır. Uçucu yağlar, bitkilerden elde edilen ikincil metabolitlerin doğal karışımlarıdır ve ana bileşenleri, terpenler, aromatik, alifatik bileşikler, nitrojen ve sülfür içeren bileşikler gibi küçük moleküllerdir. Çevre dostu özellikleri ve antibakteriyel ve/veya antifungal aktiviteleri nedeniyle deri kimyagerleri, derileri ve postları korumak için kullanılan SC'ye alternatif olarak kullanılma olasılıklarını halen araştırmaktadırlar (Wu ve ark., 2017).

## 2.6.2. Fiziksel koruma yöntemleri

### -Elektik akımı

Bakterilerin elektrik akımları ile inaktivasyonu, yüksek verimliliği, düşük maliyeti ve uygulama kolaylığı nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Düşük seviyeli doğru elektrik akımı ile mikrobiyal inaktivasyon mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılmamış olsa da, hücre yüzeyindeki bakteri membranı ve/veya elektroliz moleküllerin bütünlüğünün elektrik akımından zarar görebileceği varsayılmaktadır. Doğru akım bakteri hücrelerine uygulandığında sadece zarar enerjisini arttırmakla kalmayıp, aynı zamanda zarar lipidlerinin oryantasyonunu ve hücre canlılığını da etkilemektedir. Klorür, oksijen ve klor dioksit varlığında, daldırılmış elektrotlarla sulu bakteri süspansiyonlarına elektrik akımı verilmesi koşuluyla kimyasal oksidanlar üretilmektedir (Birbir ve Birbir, 2006).

### -Soğutma

Soğutma, deri ve postların SC'siz kısa süreli korunması için alternatif bir kürlenme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Ancak bu yöntemle ilgili sistematik bir çalışma yapılmamıştır. Babu ve ark. (2012), cilt kaynaklı beş büyük bakterinin farklı sıcaklıklarda soğuk aktivitesini ve kollajenolitik aktivitelerini araştırmışlar, *Bacillus sphaericus*'un 2°C'de bile büyüme sergileyen soğuğa en toleranslı bakteri olduğu, *Macroccoccus caseolyticus*'un ise 2°C'de tolerans sergilediği sonucuna varmışlardır. Deri ve postların korunması için bir soğutma yöntemi tasarlanırken bu iki bakterinin kontrol edilmesi gerekir. 37°C'de sıcaklıkta maksimum aktivite sergileyen *Bacillus firmus*'un soğuğa da en duyarlı bakteri olduğu bilinmektedir.

Soğutarak muhafaza yönteminde bir biyositin birlikte kullanılması gerekmektedir. Saklama süresinin 9 günden olması durumunda, 4° C'de soğutma gerekmektedir.

Bu yöntemde deriler tuzlama ile korunmaz. Bozulmayı önlemek için kısa teslim süreleri veya sıcaklık kontrolü kullanılır. Derileri soğutmak kısa süreli bir koruma yöntemi olarak kabul edilir ve kısa depolama süreleri için çevre dostudur. Soğutma sıcaklığı 2°C'ye düşürülürse, deriler ve postlar zarar görmeden üç hafta saklanabilir. Koruma ve kaplamaların soğutulması gereken sıcaklıklar, gerekli koruma süresine bağlıdır.

Soğutulmuş postların işlenmesinde aşağıdaki avantajlar vardır:

- Islatma aşamasında tuz oluşmaz
- Postların kalitesi daha iyidir; daha yumuşaktırlar ve daha düzenli boyun parçalarına sahiptirler, işlenmesi çok daha kolaydır;
- %1- 1.5 daha iyi verim elde edilir
- Islatma süresi azalır.
- Islatma işleminden çıkan atıksudaki tuz içeriğinde yaklaşık %100'e yakın bir azalma elde edilir.
- Taze derilerin işlenmesinde kullanılan su miktarı, tuzlu derilerin işlenmesinde kullanılan su miktarından daha azdır.

Derilerin ve postların soğutulması birkaç şekilde yapılabilir:

- Derileri temiz bir mermer zemine sıyırdıktan hemen sonra et tarafı soğuk zemine temas edecek şekilde yayarak; derileri, parça veya buz içeren bir karıştırıcıda sıyırdıktan hemen sonra işleyerek,
- Soğutmalı su deposundan sıyırdıktan ve saklama kabına buz ekledikten hemen sonra postların geçirilmesi,
- CO<sub>2</sub> kar küreleri kullanarak,
- Soğutmalı depolama üniteleri kullanarak.

Temel olarak, taze (soğutulmuş) postların taşınması için soğutmalı bir kamyon/konteyner gerekli olmadığından, taze postların tuzlanmış postlara kıyasla taşıma maliyetlerinde bir fark yoktur. 3 saate kadar süren mesafelerde, hiçbir soğutma gerekli değildir. Daha uzun taşıma süreleri için deriler üzerine bir buz parçası (1-2 kürek) tabakası ile kafes kutularında muhafaza edilir ve tabakhaneye ulaştığında soğuk bir depoda saklanırlar.

### **-Vakumlama**

Gudro ve ark. (2014), vakum kullanılarak korunan posttan üretilen derinin özelliklerini ve yapısal değişiklikleri araştırmışlardır. Taze buzağı derisi numuneler özel bir vakumlu ambalaj filmine konularak ve 4° C'de bir buzdolabında saklanmıştır. Mikroorganizmalar tüm saklama süreleri için (21 güne kadar) etki ederler, ancak etki zayıftır ve postun kalitesi üzerinde gözlemlenebilir bir etkisi yoktur. Postun büzülme

sıcaklığının hafif düşmesi ile post moleküller arası bağlarının zarar görmediğini göstermektedir. Bu tür postlardan üretilen derinin kalitesini etkileyebilecek yapısal bir değişiklik olmadığı sonucuna varmışlardır.

## 2.7. Çapraz Medya Etkisi

En iyi MET seçeneğinin belirlenmesinde, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlama konusunda en etkili tekniğin seçilmesi gereklidir. Hangi tekniğin en yüksek düzeyde korumayı sağladığının net olmadığı bazı durumlar yaşanabilir. “Çapraz Medya Etkisi” hangi tekniğin 'en iyi' olduğunu belirlemek için bir değerlendirme yapılmasının gerekli olduğu durumlarda, bu belirlemeye yardımcı olacak metodolojileri içeren bir analiz yöntemidir. Metodoloji, ekonomi ve çapraz medya etkileri üzerine IPPC Teknik Çalışma Grubu tarafından yürütülen çalışmaya dayanmakta olup; yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkileri belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan “Yaşam Döngüsü Analizi”nin kısaltılmış bir versiyonudur. Temelinde çevresel etkilerin belirlenmesi esasına dayanan “Çapraz Medya Etkisi Analizi” entegre kirlilik önleme ve kontrol çalışmalarında, karşılaştırma yapılan MET’ler arasında hangi MET alternatifinin en iyi seçenek olduğuna karar vermede kullanılan bir yöntemdir.

Çapraz Medya Etkisi Analizi’nde incelenen alternatif tekniklerin her birinin çevresel etkilerini değerlendirmek için aşağıda belirtilen metodolojiler envanterde tanımlanan farklı kirleticilerin yedi çevre temasına dönüştürülmesine izin vermektedir. Bu temalar, kirleticilerin neden olduğu en muhtemel çevresel etkilere dayanmaktadır. Kirleticilerin temalara harmanlanması, farklı kirleticilerin birbirleriyle karşılaştırılmasını sağlar. Her bir tema için, etki yalnızca veya öncelikle bir ortamda olabilir veya hava, su gibi birden fazla ortamda olabilir. Kullanılan her türlü basitleştirmeye tabi olan her bir durumdaki tüm etkileri dikkate almak için özen gösterilmelidir. Bu temalar aşağıda sıralanmış olup; değerlendirmede pratik ve konuyla ilgili çevresel etkileri kapsamaktadır (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).

1. İnsan toksisitesi
2. Küresel ısınma
3. Sucul toksisite
4. Asitlendirme



5. Ötrofikasyon
6. Ozon tabakasının incelenmesi
7. Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli

Çapraz medya etkisi hesaplamasında; 7 temadaki hesaplamalara esas olan faktörler, Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman eklerinde sunulmaktadır.

Çapraz medya etkilerini hesaplamada çeşitli etkiler için iki farklı yaklaşım kullanılır. Küresel ısınmanın etkileri, asitlenme, ötrofikasyon, ozon tabakasının incelenmesi ve fotokimyasal ozon oluşum potansiyeli değerlendirilirken, bireysel kirleticiler çarpma faktörleri kullanılarak eşdeğer bir referans maddeye dönüştürülebilir. Örneğin, çok çeşitli sera gazları “küresel ısınma potansiyelini” (GWP) tanımlamak için karbondioksit eşdeğerlerinde ifade edilebilir.

Bireysel kirleticilerin referans maddesi olarak ifade edilmesi, bunların doğrudan karşılaştırılmasını sağlar ve ayrıca salımın toplam etkisinin önemini değerlendirmek için bir dizi kirleticinin bir araya toplanmasına izin verir. Alternatif seçeneklerden salınan her bir sera gazı kütle emisyonu daha sonra o sera gazı için karbondioksit kütlelerinin eşdeğer etkisi olarak ifade edilebilir. Sera gazları, tek tek hangisinin en büyük etkiye sahip olduğunu görmek için karşılaştırılabilir ve aşağıdaki denklem (2.1) kullanılarak (kg karbon dioksit cinsinden) toplam bir karbondioksit eşdeğeri elde etmek için toplanabilir.

$$\text{Küresel Isınma Potansiyeli} = \sum GWP (\text{kirletici}) \times \text{kütle} (\text{kirletici}) \quad (2.1)$$

Hem insan toksisitesi hem de sucul toksisite temaları için yayılan bireysel bir kirleticinin kütlesi, söz konusu kirletici maddenin güvenli su seviyelerinde seyreltilmesi için gerekli olan kirleticinin toksisite eşiğine bölünebilir. Hava veya su hacmi daha sonra eşik değerine kirli olan toplam teorik hava veya su hacmini elde etmek için toplanabilir.

$$\text{Toksosite} = \sum \frac{\text{salınan kirletici kütlesi}}{\text{kirleticinin toksisite eşiği}} \quad (2.2)$$

Yukarıdaki yaklaşımların her ikisinde de kullanılan çarpım faktörleri ve toksisite eşikleri, tanınmış uluslararası forumlarda geliştirilen yerleşik yöntemlerden türetilmiştir. Toplam insan toksisitesi potansiyelini değerlendirmek için sunulan yaklaşım, hipotetik bir toplama ulaşmak için kurşun eşdeğeri olarak türetilen boyutsuz bir toksisite faktörü kullanılmaktadır (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).

### 2.7.1. İnsan toksisitesi

İnsan toksisitesi (Human toxicity) etki olasılığını ortadan kaldırmak veya en aza indirmek, önerilen herhangi bir MET alternatifi için yüksek bir önceliktir. Endüstriyel bir işlem gerçekleştirilirken, potansiyel toksik etkiler yayılan kimyasallara, salınan kimyasalların kütesine ve bu kimyasalların insan toksisitesine bağlı olacaktır. Metodoloji, seçeneklerin karşılaştırılması için hipotetik bir toplamı hesaplamak için yayılan her kirleticinin kütesini ve bu kirletici için bir toksisite faktörünü kullanır. Bu yaklaşım aynı zamanda kullanıcının çevre üzerinde en önemli etkiye sahip olan kirleticileri tespit etmesine ve dolayısıyla kontrol için bir öncelik teşkil etmesine izin verir.

$$\text{İnsan toksisite potansiyeli (kg kurşun eşdeğeri)} = \sum \frac{\text{havaya salınan kirletici kütesi (kg)}}{\text{kirleticinin toksisite faktörü}} \quad (2.3)$$

### 2.7.2. Küresel ısınma

Atmosferdeki artan sera gazı miktarı, güneş enerjisinin daha fazlasını hapsedme etkisine sahiptir. Bu etki genellikle "küresel ısınma" veya "sera etkisi" olarak adlandırılır. Küresel ısınmanın etkilerinin tahminleri arasında artan sıcaklıklar ve dünyanın ikliminde yapılan değişiklikler sayılabilir. Bu durum; yağış düzenleri, tatlı su mevcudiyeti, tarımsal uygulamalardaki değişiklikler, yükselen deniz suyu seviyeleri vb. gibi olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir.

Küresel ısınmanın etkisini yavaşlatmak için kirletici gazların salınımının azaltılması gerekmektedir. En iyi MET seçeneği belirlenmesi işlemi için hangi alternatifin uygulanacağına, alternatif tekniklerin her biri tarafından salınan sera gazı miktarı dikkate alındıktan sonra karar verilmelidir.

### 2.7.3. Sucul toksisite

Toksik emisyonların sucul ortamlara boşalması, o ortamda yaşayan bitki ve hayvanlar üzerinde toksik bir etkiye sahip olabilir. Aşağıda verilen metodoloji, karar vericinin alternatif seçeneklerin toplam sudaki toksisite etkisini değerlendirmesini ve ardından bu seçenekleri su ortamına neden olabilecekleri çevresel zararın seviyesine

göre sıralamasını sağlar. Sudaki toksisiteyi belirlemek için kullanılan hesaplama, bir MET'in insan toksisite potansiyelini belirlemek için kullanılan benzerdir. Deşarjı toksisite eşğine kadar seyreltmek için gereken su hacmi, salınan kirleticiler için bilinen "Tahmini zarar vermeyen konsantrasyon" ndan (PNEC'ler) hesaplanır.

$$\text{Sucul toksisite: } \sum \frac{\text{suya salınan emisyon kütlesi (kg)}}{\text{PNEC } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} \quad (2.4)$$

#### 2.7.4. Asitlendirme

Havadaki asit gazlarından birikmesinin çok çeşitli etkilere neden olduğu bilinmektedir. Asitlendirme etkileri; ormanlara, göllere ve ekosistemlere verilen zararları, balık popülasyonlarının bozulmasını ve binaların ve tarihi eserlerin aşınmasını içerir. Bazı asit gazları doğal kaynaklardan, çoğu ise nakliye, endüstriyel işlemler ve tarımsal uygulamalar gibi insan yapımı kaynaklardan kaynaklanmaktadır.

Asitlendirici emisyonların kontrolü son yıllarda yüksek önceliğe sahiptir ve asit biriktirme mekanizmalarının anlaşılmasını geliştirmek, endüstriyel asit gazı emisyonlarının azaltılmasını araştırmak için çok fazla çalışma yapılmaktadır (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006). Asitlendirme etkisine neden olan gazlar, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), amonyak (NH<sub>3</sub>) ve azot oksitleridir (NO<sub>x</sub>). Her bir kirleticinin bir kükürt dioksit eşdeğeri olarak ifade edilmesini sağlamak için "asitlenme potansiyelleri" hesaplanmaktadır. Gazların asitlendirme potansiyeli ile salınan kirletici madde kütlesinin çarpılması ile bir MET'in toplam asitlendirme etkisi "kükürt dioksit eşdeğeri" olarak hesaplanmaktadır.

#### 2.7.5. Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, kirleticiler fotosentetik organizmalar için besin maddesi olarak işlev görebildiklerinde ve doğrudan veya dolaylı olarak bir ekosisteme beslendiklerinde meydana gelen besin zenginleştirme işlemidir. Besin maddelerindeki artış, bazı bitki türlerinin aşırı büyümesine, bazılarının ise kaybolmasına neden olur. Ötrofikasyon özellikle alg çiçeklerinin gelişebileceği ve sudaki oksijenin tükenmesine yol açabileceği, bitkileri, balıkları ve diğer yaşam formlarını etkileyebileceği için su ve deniz sularındaki bir problemdir. Algler hayvanlar ve insanlar için genellikle toksiktir.

Karada aşırı azot birikmesi, yeraltı sularındaki nitrat konsantrasyonlarını artırabilir. Ötrofikasyon ayrıca, azotun topraklardan sızmasına neden olarak yüzey ve yeraltı sularının asitlenmesini de arttırır (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006). Ötrofikasyon potansiyeli ile salınan kirletici madde kütlesi çarpılarak ötrofikasyon etkisi hesaplanmaktadır.

#### **2.7.6. Ozon tüketme potansiyeli**

Ozon tabakası, tüm canlıları güneşin UV ışınlarından korumaya yardımcı olan stratosferdeki tabakadır. Ozon tabakasının incelmesi, stratosferik ozon tabakasının insan faaliyetlerinden salınan kirletici gazlarla kimyasal reaksiyonlarla parçalanmasının etkisidir. Bu kirletici gazlar arasında kloroflorokarbonlar, halojenler ve endüstriyel işlemlerinden salınabilecek diğer gazlar bulunur.

Ozon tabakasının tükenmesi, mahsullerde hasara ve hem insanlarda hem de hayvanlarda göz kataraktı ve cilt kanseri gibi sağlık etkilerine neden olabilir. Ozon tüketimini azaltmak için strateji, ozon tabakasının bozulmasına neden olan kirletici gazların emisyonlarını azaltmaktır (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).

#### **2.7.7. Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli**

Fotokimyasal ozon, güneş ışığı ile başlayan, azot oksitlerin ( $NO_x$ ,  $NO_x = NO + NO_2$ ) ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) ozon oluşturmak için reaksiyona girdiği karmaşık bir kimyasal reaksiyonlar dizisidir. Bu kimyasal reaksiyonlar anlık olmayıp, bileşiğe bağlı olarak birkaç saat hatta günlerce meydana gelebilmekte, ozon üretildikten sonra birkaç gün sürebilmektedir. Belirli bir yerde ölçülen ozon, VOC'lar ve  $NO_x$  emisyonlarından, yüzlerce hatta binlerce kilometre öteden kaynaklanmış olabilir ve benzer mesafeler için daha da ilerleyebilir. Bu nedenle, maksimum konsantrasyonlar genellikle öncül kirletici emisyonlarının kaynak alanlarının altında görülür. Trafik emisyon konsantrasyonlarının yüksek olabileceği kentsel alanlarda, egzoz emisyonlarından kaynaklanan azot oksit (NO) azot dioksit ( $NO_2$ ) oluşturmak için ozon ile reaksiyona girerek, yer seviyesindeki ozon konsantrasyonlarını azaltır. Bununla birlikte hava hareketi birincil kirleticileri uzaklaştırırken daha fazla ozon üretilir ve rüzgarlı bölgelerde konsantrasyonlar artar.

Troposferik ozon, hassas insanlarda solunum güçlüğü, bitki örtüsünde hasar ve malzemelerde korozyon gibi insan sağlığına zarar verebilir. Zemin seviyesindeki ozon seviyelerinin kontrolüne yönelik yaklaşım, endüstriyel işlemlerden salınan NOX ve VOC seviyelerini azaltmaktır (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MET (Mevcut En İyi Teknik) Listelerinin Oluşturulması

Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları Projesi (BESTÜ, 2019) kapsamında, Endüstriyel Emisyonlar Direktifi'nde (EED- 2010/75/EU) EK-1 Bölüm 6'da yer alan deri işleme tesisleri için hazırlanan Bref dökümanı Türkçeleştirilerek oluşturulan Mevcut En İyi Teknikler (MET) listesi oluşturulmuş olup; anket sonuçları ile ülkemizde faaliyet gösteren deri sektörünün tümü için MET'lerin uygulama ve uygulanabilirlik oranları belirlenmiştir. Söz konusu MET kontrol listelerinden su ve atıksu yönetimi ile ilgili olan MET'ler gruplandırılarak, "MET Uygulama" ve "MET Uygulanabilirlik" oranları tez çalışması kapsamında ayrıca değerlendirilmiştir.

#### 3.2. Saha Ziyaretleri

Ülkemizde faaliyet gösteren 5 deri işleme tesisine yapılan saha ziyaretlerinde, öncelikle tesiste uygulanan prosesler yerinde görülmüş, proseslere ilişkin detaylı bilgiler edinilmiş ve sonrasında Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları Projesi (BESTÜ, 2019) kapsamında hazırlanan MET uygulamalarına ilişkin anket uygulanmıştır. Anket sonuçlarında su ve atıksu yönetimine yönelik MET'lerin uygulanma ve uygulanabilirlik durumu ile tez çalışması kapsamında kıyaslama yapmak üzere seçilen 2 MET alternatifine yönelik tesislerde mevcut durum belirlenmiştir. Su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET'lerin uygulama düzeyleri ve MET bazlı emisyon seviyelerinin (MET-ESD) karşılanma durumları değerlendirilmiştir.

#### 3.3. MET Alternatiflerinin Seçilmesi

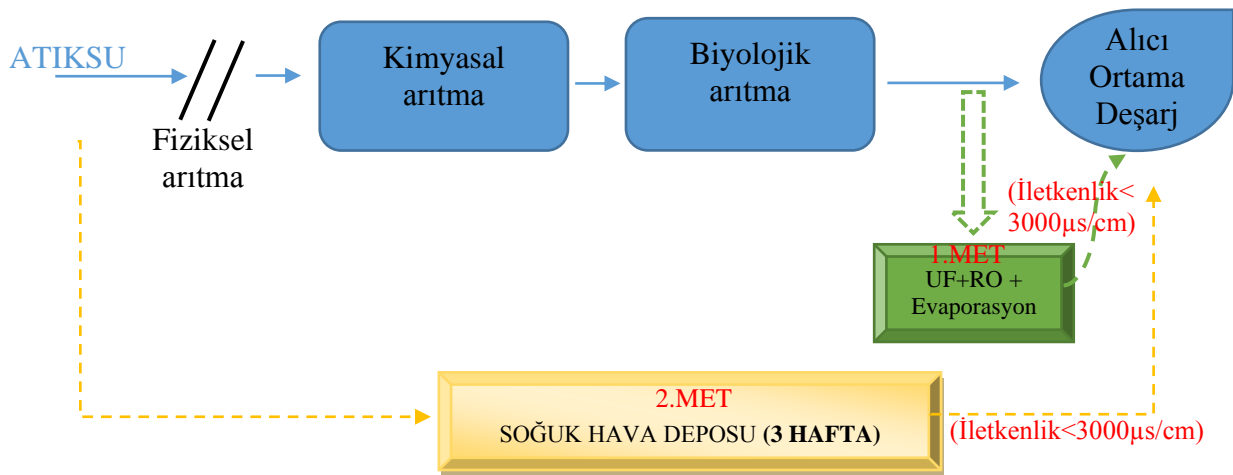
Bu çalışmada deri işleme sektörü atıksularının yönetiminde en önemli problemlerden biri olan iletkenlik parametresinin giderimini esas alan iki MET alternatifi seçilerek kıyaslanmıştır (Çizelge 3.1) Tuz, deri sanayide derilerin muhafazası aşamasında sıklıkla kullanılmakta olup; atıksuda yüksek iletkenliğe sebep olmaktadır. Problemin çözümünde AB MET Referans Dökümanı ve MET Sonuç Belgesi Dokümanında, temelde atıksudaki iletkenlik içeriğini azaltmayı hedefleyen iki MET alternatifi bulunmaktadır (BREF Deri Sektörü, 2013).

**Çizelge 3.1.** En İyi MET seçeneğini belirlemek üzere kıyaslama yapılan iki MET alternatifi

|               |   |
|---------------|---|
| <b>1. MET</b> | Yıkama işleminden önce mekanik sallama ekipmanları ile post ve derideki gevşek tuzun silkelenerek uzaklaştırılması, |
| <b>2. MET</b> | Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı (soğutma vb. ile koruma)   |

Her iki MET alternatifi de atıksudaki yüksek iletkenliğin düşürülmesini hedeflemekte olup; AB MET Sonuç Belgesi Dokümanında her iki MET alternatifinden tesislerin kendilerine uygun olanı uygulamaları zorunlu tutulmaktadır.

Seçilen iki alternatif kıyaslama yapılırken 1. MET alternatifinde belirtilen mekanik sallama ekipmanı kullanımı ülkemizdeki deri işleme tesislerinde uygulanmamaktadır. Mekanik sallama ekipmanı kullanımı ile atıksudaki tuz içeriğinde yalnızca %15’lik bir azalma sağlanabildiği bilimsel çalışmalarda belirtilmekte olup (UNIDO, 2001); atıksudaki iletkenlik seviyesinde hedeflenen değerlere ulaşamamakta ve bu alternatifin uygulanması durumunda, atıksu arıtma tesisi çıkışına ayrıca ultrafiltrasyon (UF), ters ozmoz (RO) ve evaporasyon sistemi kurulumu da gerekmektedir (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** MET alternatiflerinin akım şeması

2. alternatif olan “Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı” seçeneği, taze derilerin tuz kullanılmadan başka fiziksel/kimyasal yöntemlerle korunması/muhafazasını içermektedir. Derilerin muhafazası/korunmasında son yıllarda yapılan çalışmalar ve koruma yöntemleri Bölüm 2.6’da detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu

bölümde derilerin fiziksel koruma yöntemlerinden biri olan “Soğutma” ile muhafaza edilmesi 2. MET alternatifi olarak seçilmiş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

### 3.4. MET Alternatiflerinin Çapraz Medya Etkilerinin Hesaplanması

En iyi MET seçeneğinin belirlenmesinde, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlama konusunda en etkili tekniğin seçilmesi gereklidir. Hangi tekniğin en yüksek düzeyde korumayı sağladığının net olmadığı bazı durumlar yaşanabilir. “Çapraz Medya Etkisi” hangi tekniğin 'en iyi' olduğunu belirlemek için bir değerlendirme yapılmasının gerekli olduğu durumlarda, bu belirlemeye yardımcı olacak metodolojileri içeren bir analiz yöntemidir. Metodoloji, ekonomi ve çapraz medya etkileri üzerine IPPC Teknik Çalışma Grubu tarafından yürütülen çalışmaya dayanmakta olup; yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkileri belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan “Yaşam Döngüsü Analizi”nin kısaltılmış bir versiyonudur. Temelinde çevresel etkilerin belirlenmesi esasına dayanan “Çapraz Medya Etkisi Analizi” entegre kirlilik önleme ve kontrol çalışmalarında, karşılaştırma yapılan MET’ler arasında hangi MET alternatifinin en iyi seçenek olduğuna karar vermede kullanılan bir yöntemdir.

MET’ler arasında hangi tekniğin “en iyi” olduğunu belirlemek için bir değerlendirme yapılmalıdır. En iyi MET’in belirlenmesine yardımcı olacak metodolojilerin ortaya konması gerekmektedir. Bu amaçla, MET’lerde önerilen seçeneklerin maliyetleri ve çevresel etkileri karşılaştırılarak, “**Economy-Cross-Media Effect** (Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi)” çalışması ile en iyi uygulama tespit edilmiştir. Çapraz Medya Etkisi hesaplamasında kirleticilerin neden olduğu en muhtemel çevresel etkileri değerlendirmek için çevresel etkilerin boyutu 7 başlık altında incelenmekte, maliyet de hesaba katılarak toplam çevresel etki hesaplanmakta ve en iyi MET belirlenmektedir ( AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).

- ✓ İnsan toksisitesi
- ✓ Küresel ısınma
- ✓ Akuatik toksisite
- ✓ Asitlendirme
- ✓ Ötrofikasyon
- ✓ Ozon tabakasının incelmeye



✓ Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli

Yukarıda ana hatları verilen metodolojiler alternatif işlem seçenekleri arasında karşılaştırma yapılmasını sağlar. Çapraz Medya Etkisi Rehber Dokümanda yer alan Yönergeler, değerlendirmeyi mümkün olduğu kadar şeffaf yapmak için basitleştirilmiş şekilde tasarlanmıştır. Söz konusu dokümanda, değerlendirmenin verimli olmasını sağlamak için metodolojileri basitleştirmeye ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir.

Bu nedenle, değerlendirmenin karmaşıklığı ile kullanıldığında gereken kaynaklar arasında bir denge kurulmuştur. Kullanıcıların bu dengeyi dikkatli incelemeleri ve nihai seçimin doğruluğunu sağlamaları gerekir.

Çapraz medya yönergeleri dikkatli kullanılmalıdır; metodoloji ile ilgili sınırlamalara rehber dokümanda dikkat çekilmekte ve en büyük endişelerden birinin, sonuçların önemli ölçüde çarpıtılabilmesine neden olan çarpma faktörlerinin seçimi olduğuna vurgu yapılmaktadır. Hesaplanan sonuçlara duyulan güvenin, çarpma faktörleri kullanıldığından ve farklı kirletici maddeler toplandıkça azalabileceği belirtilmektedir. Rehber Dokümandan faydalanacak olan kullanıcıların dikkatli olmalı istenmekte ve bir MET'in uygulanması sonucunda ortaya çıkabilecek diğer önemli çevresel etkilerin değerlendirmede dikkate alındığından emin olunması gerektiği ifade edilmektedir.

### 3.5. MET Alternatiflerinin Maliyetinin Hesaplanması

Bu çalışmada deri işleme sektörü atıksularının yönetiminde en önemli problemlerden biri olan iletkenlik parametresinin giderimini esas alan iki MET alternatifi seçilerek kıyaslanmıştır.

Atıksudaki iletkenlik emisyonunu azaltmak üzere seçilen iki MET alternatifinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Arıtılmış atıksuların alıcı ortama deşarjında iletkenlik parametresi, özellikle sulama suyu olarak kullanılan alıcı ortamların kalitesini bozmaktadır. Deri endüstrisi atıksularında iletkenlik değerleri çok yüksek tespit edilmekte ve 40,000  $\mu\text{s/cm}$  değerlerine kadar çıkabilmektedir. İletkenliğin konvansiyonel arıtma prosesleri ile arıtılması mümkün olmayıp; bu atıksuların boru sonu tekniklerle arıtımında bir ileri arıtma sistemi olan membran proses (UF-RO) kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Atıksudaki iletkenlik emisyonunu azaltmak üzere 1. MET seçeneğinin kullanılması sırasında tuz giderme veriminde ancak %15 lik bir giderim verimi elde edilmektedir (UNIDO, 2001). Atıksu arıtma tesisi çıkışında iletkenlik parametresi için hedeflenen değerler sağlanamamakta ve alıcı ortam kalitesinin iyileştirilebilmesi için tek başına 1. MET'in kullanımı yeterli olmamaktadır. 1. MET'in kullanılması durumunda; iletkenlik parametresi için atıksu arıtma tesisi çıkışında hedeflenen değerlere ulaşılamamakta ve alıcı ortama deşarjdan önce mutlaka bir Ters Ozmoz (RO) sistemi kurulması gerekmektedir. Su kaynaklarımızda II. Sınıf su kalitesine ulaşılması için, atıksu arıtma tesisi çıkışına ultrafiltrasyon (UF), ters ozmoz (RO) ve evaporasyon sistemi kurulumu tasarlanmış, gerekli ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

1. MET alternatif için, mekanik sallama ekipmanı yatırım maliyeti anket sonucundan elde edilmiş olup; atıksu arıtma tesisi çıkışında hedeflenen iletkenlik değerine ulaşmak için tek başına mekanik sallama ekipmanı kurulumu yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, UF+RO+Evaporasyon maliyeti de hesaplanarak maliyete ilave edilmiştir.

2. yöntemde soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri; endüstriyel soğuk hava depoları kurulumu yapan firmalardan temin edilmiştir. Maliyet hesabında, deponun kurulum, inşaa ve arsa maliyeti toplam olarak hesaplanmıştır.

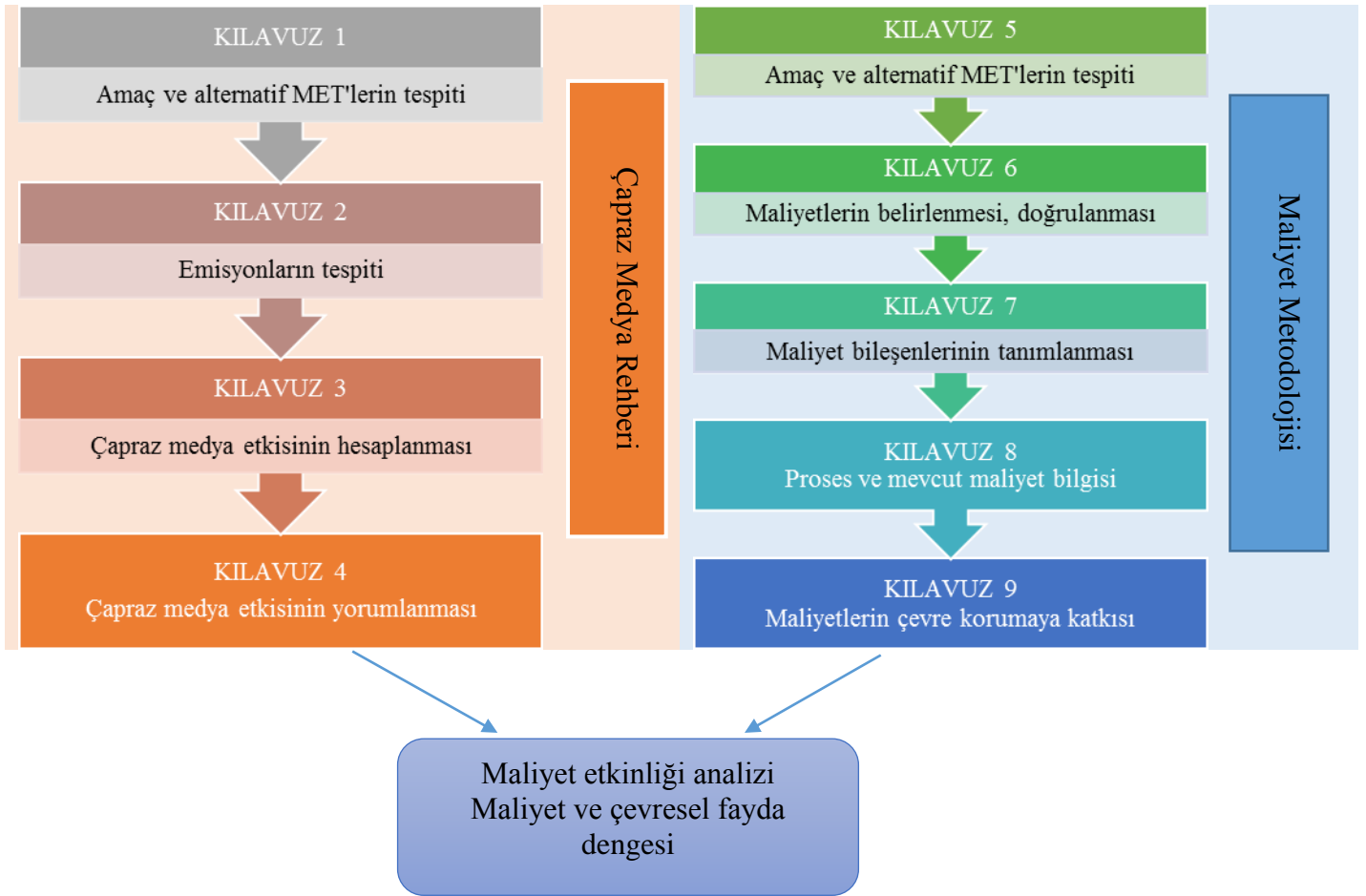
### **3.6. MET'lerin Karşılaştırılması ve En İyi Seçeneğin Belirlenmesi**

Çevrenin yüksek düzeyde korunmasını sağlamak için MET'ler arasında en etkili tekniği seçmeye ihtiyaç vardır. Uygulamada bunu başarmak için, hangi tekniğin en yüksek seviyede koruma sağladığının net olmayacağı durumlar olabilir. Bu durumda, hangi tekniğin "en iyi" olduğunu belirlemek için bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. En iyi MET'in belirlenmesine yardımcı olacak metodolojilerin ortaya konması gerekmektedir. Bu amaçla; MET'lerde önerilen seçeneklerin maliyetleri ve çevresel etkileri karşılaştırılarak, "Ekonomi-Cross-Media Effect (Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi)" çalışması ile en iyi uygulama tespit edilecektir.

Bir tekniğin maliyet etkinliği, MET'in belirlenmesinde çok önemlidir ve bu bağlamda, hangi tekniğin daha az maliyetle daha fazla çevresel çevresel fayda sunduğunun belirlenmesi en önemli adımlardan biridir. En iyi MET seçeneğinin belirlemek üzere seçilen alternatif MET'lerin maliyetlerinin tespit edilmesi ve çevresel faydalar ile birlikte kıyaslanması noktasında bazı uzman yorumlamalara da ihtiyaç

duyulabilmektedir. En son değerlendirmede, daha önceki deneyimlerden yola çıkılarak, ülkedeki mevcut durumun da göz önünde bulundurulmasıyla en iyi MET'in seçilmesi gerekmektedir. Alternatifler değerlendirilirken karar verilen aşamalarda, mutlaka işin mantığının ortaya konması gerekmektedir.

Çapraz medya etkileri ile ilgili maliyet değerlendirme metodolojisi ve metodolojilere uyma yöntemi Şekil 3.2'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Alternatiflerin değerlendirilmesi akım şeması (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006)

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Saha Ziyareti Bulguları

Ülkemizde ağırlıklı olarak deri işleme sektöründe faaliyet gösteren tesisler, Uşak, Bursa, İstanbul-Tuzla, Bolu-Gerede, İzmir-Menemen, Tekirdağ-Çorlu, Balıkesir-Gönen, Isparta, Hatay, Manisa-Kula'da bulunmaktadır. 2019 yılı verilerine göre deri işleme sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 6500 firma bulunmaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Deri ve Deri Mamulleri Sektör Raporu 2020). Ancak ham deri temininden tabaklamaya kadar olan proseslerin veya tabaklamadan bitime kadar olan proseslerin tamamının uygulandığı, su kullanımı ve atıksu oluşumu söz konusu olan yaklaşık 500 firma bulunmaktadır.

Tez çalışmasında, ülkemizde Deri Organize Sanayi Bölgesi (OSB)'nde faaliyet gösteren 5 deri işleme tesisine yapılan saha ziyaretlerinde, öncelikle tesiste uygulanan prosesler yerinde görülmüş, proseslere ilişkin detaylı bilgiler edinilmiştir. Özellikle, derilerin muhafaza/kürlenmesine yönelik olarak, tez çalışması kapsamında da değerlendirilen tuzla veya tuzsuz muhafaza yöntemlerinin uygulanabilirliği sorgulanmıştır. Ayrıca tesislerin su ve atıksu yönetimine yönelik uygulamaları da değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1). Saha ziyareti gerçekleştirilen tesislerin tamamında yurtiçi veya yurtdışından tuzlanmış olarak temin edilen deriler, depolarda tekrar tuzla kürlenerek muhafaza edilmektedir. Literatürde her ne kadar derilerin tuzla muhafaza edilerek 2 ay süresince depolarda muhafaza edilebileceğine yönelik bilgiler mevcut olsa da, deri işleme tesislerinin bu sürelerle riayet etmediği, derilerin uzun sürelerde saklanabilmesi için fazladan tuzla tekrar kürlenerek muhafaza sürelerinin 6 aya çıkarıldığı tespit edilmiştir. Özellikle yaz aylarında derilerin bozulmasını ve biyolojik aktiviteyi önlemek için tesisler tarafından ilave tuz kullanımının olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Söz konusu uygulamalardan sonra ülkemizdeki deri işleme tesislerinden kaynaklanan atıksulardaki yüksek iletkenlik içeriği kaçınılmazdır. Atıksudaki tuzluluk içeriğine karşı herhangi bir kontrol veya önlem alma mekanizmasının bulunmayışı, bu atıksuların yönetimini her geçen gün zorlaştırmaktadır. AB tarafından 2013 yılında yayımlanan Deri İşleme Sektörü MET Referans Belgesi dokümanında yer alan ve MET sonuç belgesinde zorunlu tutulan, derilerin tuz kullanmadan muhafazası seçeneğinin uygulanması ile ilgili tesislerden bilgi

alınmış olup; ülkemiz şartlarında hiçbir tesiste uygulanmadığı ve tesisler tarafından yüksek oranda uygulanabilir görülmediği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Saha Ziyareti Yapılan Tesislerde Su Kullanımı ve Su-Atıksu Yönetimi

|   | A  | B  | C  | D  | E  |
|---|--|--|--|--|--|
| <b>Deri</b>                                       | Küçükbaş   | Küçükbaş   | Küçükbaş   | Küçükbaş   | Küçükbaş   |
| <b>Kapasite (ton/yıl)</b>                         | 4,050  | 2,100  | 1,740  | 1,800  | 900  |
| <b>Üretim prosesi</b>                             | Ham deriden-bitim  | Ham deriden-bitim  | Ham deriden-bitim  | Ham deriden-bitim  | Ham deriden-bitim  |
| <b>Su Kaynağı</b>                                 | OSB şebekesi ve tesise ait kuyular   | OSB şebekesi ve tesise ait kuyular   | Tesise ait kuyular   | OSB şebekesi ve tesise ait kuyular   | Tesise ait kuyular   |
| <b>Yıllık Ort. su tüketimi (m<sup>3</sup>)</b>    | 108,084  | 40,000   | 53,000   | 120,000  | 23,000   |
| <b>Su tasarrufu önlemleri</b>                     | Atıksuların geri kazanım/yeniden kullanımı, atıksu akımlarının ayrılması mevcut değil                      | Atıksuların geri kazanım/yeniden kullanımı, atıksu akımlarının ayrılması mevcut değil                      | Atıksuların geri kazanım/yeniden kullanımı, atıksu akımlarının ayrılması mevcut değil                      | Atıksuların geri kazanım/yeniden kullanımı, atıksu akımlarının ayrılması mevcut değil                      | Atıksuların geri kazanım/yeniden kullanımı, atıksu akımlarının ayrılması mevcut değil                      |
| <b>Deri Kürleme (Muhafaza) Yöntemi</b>            | Tuzla muhafaza   | Tuzla muhafaza   | Tuzla muhafaza   | Tuzla muhafaza   | Tuzla muhafaza   |
| <b>Derilerin Tuzsuz (soğuk) muhafazası</b>        | Uygulanmıyor, uygulanabilir görülüyor  | Uygulanmıyor, uygulanabilir görülüyor  | Uygulanmıyor, uygulanabilir görülüyor  | Uygulanmıyor, uygulanabilir görülüyor  | Uygulanmıyor, uygulanabilir görülüyor  |
| <b>Atıksu Yönetimi (MET-ESD Karşılama durumu)</b> | Ön arıtma sonrası kanala deşarj, OSB kanala kabul kriterleri uygulanıyor. MET-ESD sınır değer uygulanmıyor | Ön arıtma sonrası kanala deşarj, OSB kanala kabul kriterleri uygulanıyor. MET-ESD sınır değer uygulanmıyor | Ön arıtma sonrası kanala deşarj, OSB kanala kabul kriterleri uygulanıyor. MET-ESD sınır değer uygulanmıyor | Ön arıtma sonrası kanala deşarj, OSB kanala kabul kriterleri uygulanıyor. MET-ESD sınır değer uygulanmıyor | Ön arıtma sonrası kanala deşarj, OSB kanala kabul kriterleri uygulanıyor. MET-ESD sınır değer uygulanmıyor |

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2021 yılında “Deri İşleme Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Taslak Tebliği” sektör görüşleri doğrultusunda son şekli verilmek üzere yayımlanmıştır. Tebliğ’de yer Mevcut En İyi Teknik-Emisyon Sınır Değerleri (MET-ESD) arasında iletkenlik parametresi sınır değeri 6000 µs/cm olarak belirlenmiştir. Deri işleme tesislerinden kaynaklanan atıksuların, arıtma sonunda iletkenlik içeriği 20,000-30,000 µs/cm seviyelerine ulaşabilmektedir. Taslak Tebliğ’de yer alan sınır değerlerin sağlanabilmesi için, deri

işleme tesisleri ve Deri İhtisas OSB'lerin fizibilite çalışmalarını yapmaları gerekmektedir. Senaryolarda hesaplanan maliyetler göz önünde bulundurulduğunda söz konusu sınır değere ulaşılabilmesi için tercih edilmesi gereken MET alternatifi soğuk hava deposu kullanımındır.

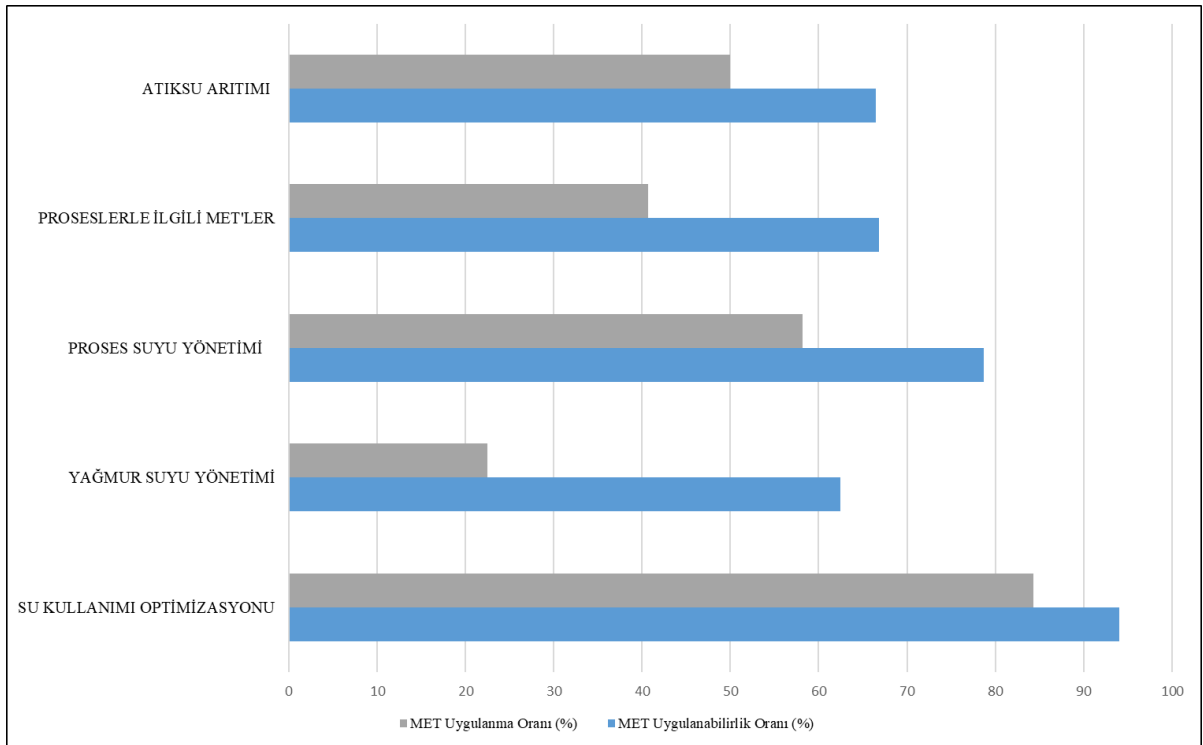
Saha ziyareti gerçekleştirilen tesislerde, Avrupa'ya ihracat yapan firmaların MET'lerin çoğunu halihazırda uyguladığı görülmüştür. Ülkemizde MET-ESD değerlerinin uygulanmasına yönelik henüz yasal bir zorunluluk bulunmamakla birlikte, söz konusu tesislerin, kanala deşarjda atıksuda birçok parametreyi izlediği belirlenmiştir.

#### **4.2. Deri Sektörü MET Uygulama Durumları**

Tez çalışmasında, Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları (BESTÜ, 2019) Projesi kapsamında Deri Sektörü MET Sonuç Belgesi ve MET Referans Dokümanından faydalanılarak detaylı bir şekilde hazırlanan ve ülkemizde deri işleme sektöründe faaliyet gösteren tüm tesislere online olarak gönderilen anket formları sonuçlarında yer alan su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET'lerin uygulanma ve uygulanabilirlik oranları değerlendirilmiştir.

Deri sektörü için hazırlanan AB MET Referans Dokümanda; tüm ıslak proseslerde su kullanımının optimizasyonu, yağmur suyu yönetimi, proses suyu yönetimi, koruma ve depolama, yıkama, etleme, kıl giderme ve kireçlik, yarma, kireç giderme ve sama, yağ giderme, piklaj, tabaklama, retenaj, boyama, yağlama, finisaj, atıksu arıtımı, enerji, gürültü, genel MET Uygulamaları, çevre yönetim sistemi ve izleme başlıklarında MET'ler yer almaktadır.

BESTÜ Projesi kapsamında deri sektörü için bütün MET başlıklarında, Mevcut En İyi Teknik (MET) uygulama ve uygulanabilirlik oranları belirlenmiş olup; anket sonuçlarda yer alan MET'ler; su yönetimi ve atıksu yönetimi başlığı altında kategorize edilerek değerlendirilmiştir. Su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET'ler beş başlık altında (atıksu arıtımı ile ilgili MET'ler, prosesle ilgili MET'ler, proses suyu yönetimi ile ilgili MET'ler, yağmur suyu yönetimi ile ilgili MET'ler ve su kullanımı optimizasyonu ile ilgili MET'ler) gruplandırılarak MET uygulama ve uygulanabilirlik oranları değerlendirilmiştir (Şekil 4.1). MET Uygulama Oranı; tesisler tarafından halihazırda uygulanmakta olan MET oranlarını, MET Uygulanabilirlik Oranı ise tesiste şu anda uygulanmayan ancak uygulanabilir olarak görülen MET oranlarını ifade etmektedir.



**Şekil 4.1.** Su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET Uygulanma ve Uygulanabilirlik Durumları

Su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET başlıkları altında yer alan tüm MET'lerin yer aldığı, uygulanma ve uygulanabilirlik oranları detaylı olarak Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Su kullanımı optimizasyonu ile ilgili MET'lerde ortalama MET uygulanma oranı %84, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %94, yağmur suyu yönetimi ile ilgili MET'lerde ortalama MET uygulanma oranı %22, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %62, proses suyu yönetimi ile ilgili MET'lerde ortalama MET uygulanma oranı %58, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %79, proseslerde su kullanımının olduğu bölümlerdeki MET'lerde ortalama MET uygulanma oranı %41, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %67, atıksu arıtımı ile ilgili MET'lerde ortalama MET uygulanma oranı %50, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %67 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Su ve Atıksu Yönetimi İle İlgili MET'ler, Uygulanma (A) ve Uygulanabilirlik (B) Oranları

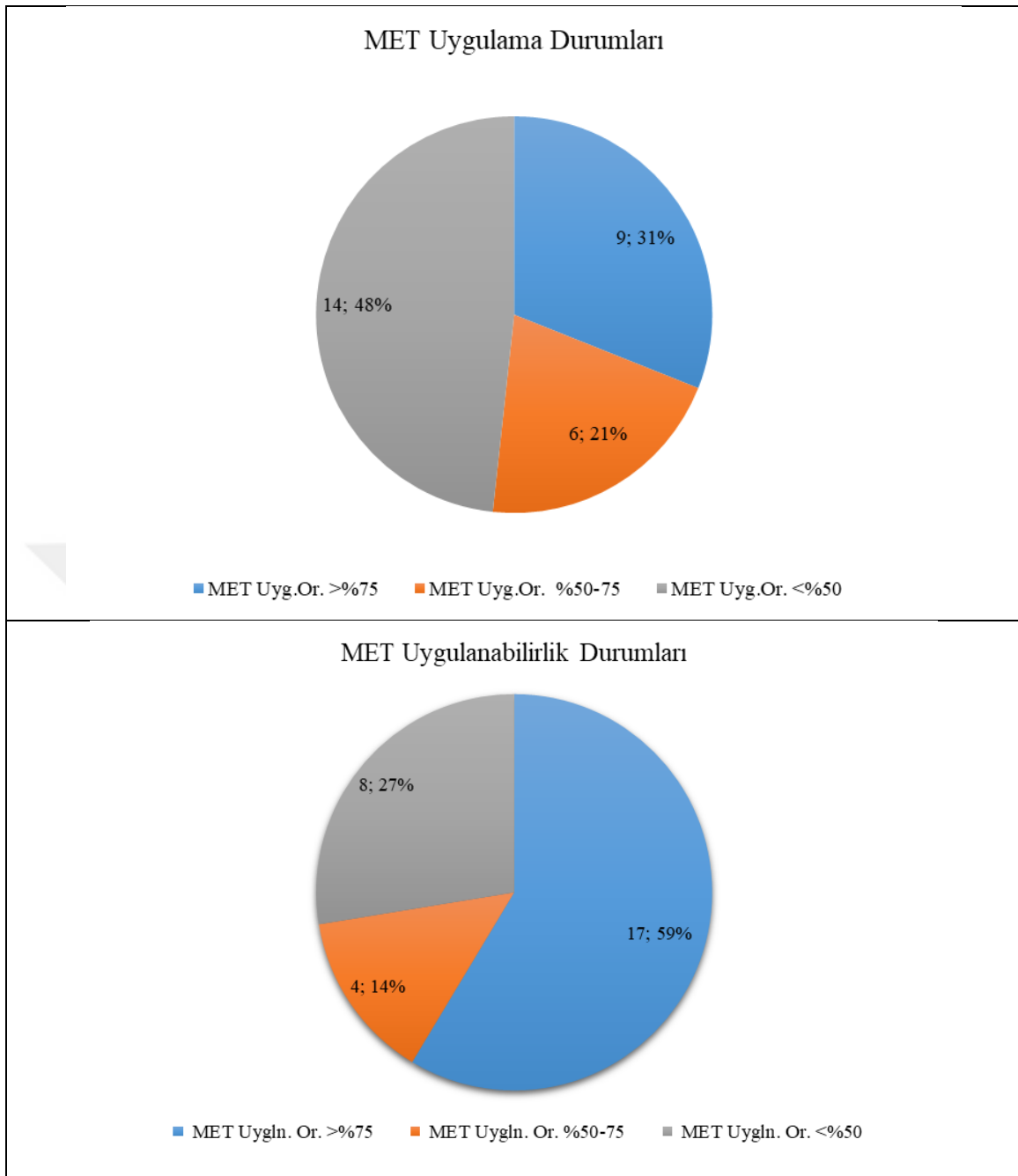
|   | MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER (MET)   | A   | B  |
|---|---|-----|----|
| SU VE ATIKSU YÖNETİMİ   | <b>1. PROSESLERDE SU KULLANIMININ OPTİMİZASYONU</b>   |     |    |
|   | Sürekli akan yıkama sistemleri yerine kesikli yıkama sistemlerinin kullanımı  | 94  | 97 |
|   | Her proses aşaması için harcanması gereken optimum su miktarını belirleme   | 88  | 97 |
|   | Düşük flote kullanımı   | 71  | 88 |
|   | <b>2. YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ</b>  |     |    |
|   | Yağmur suyunun proses atık sularından ayrı yerde toplanması,  | 33  | 78 |
|   | Ayrı toplanan yağmur suyunun depolanıp proses suyu veya yıkama suyu olarak kullanımı vb.  | 12  | 47 |
|   | <b>3. PROSES SUYU YÖNETİMİ</b>  |     |    |
|   | Proses giren suyun düzenli kontrolü   | 82  | 93 |
|   | Sürekli akan yıkama sistemleri yerine kesikli yıkama sistemlerinin kullanımı  | 85  | 97 |
|   | Düşük flote kullanımı için mevcut ekipmanın yenilenmesi   | 48  | 72 |
|   | Düşük flote için modern ekipmanların kullanımı  | 55  | 80 |
|   | Önleyici ve onarıcı bakım programları uygulanarak borulardan ve proses tanklarından çıkan su sızıntılarının önlenmesi ve minimum düzeye getirilmesi                                       | 79  | 97 |
|   | Her bir proses aşamasından çıkan atıksuyun veya arıtılmış suyun geri kullanımı  | 0   | 33 |
|   | <b>4. PROSESLER</b>   |     |    |
|   | <b>a) Koruma ve Depolama</b>  |     |    |
|   | Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kullanımı yasaklanmış pestisitleri yüzeyinde barındırmayan ham madde seçimi   | 44  | 68 |
|   | Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı (soğutma vb. ile koruma)   | 0   | 44 |
|   | <b>b) Yıkama</b>  |     |    |
|   | Temiz post ve derilerin kullanımı   | 76  | 81 |
|   | Yıkama işleminden önce mekanik sallama ekipmanları ile post ve derideki gevşek tuzun silkelenerek uzaklaştırılması  | 0   | 78 |
|   | Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan İzinli Biyosidal Ürünler Listesi'nde yer alan biyositlerin kullanımı   | 77  | 93 |
|   | Düşük flote kullanılması  | 69  | 88 |
|   | <b>c) Kıl Giderme ve Kireçlik</b>   |     |    |
|   | Kireçleme prosesinden çıkan atık suyun pH kontrolü ve arıtımı   | 62  | 67 |
|   | Sülfürlü atıksu ve hidrojen sülfür oluşumunu önlemek amacıyla kıl giderme işleminde inorganik sülfür bileşikleri yerine organik kükürt bileşikleri veya uygun ilave enzimler kullanılması | 8   | 43 |
|   | <b>d) Kireç Giderme ve Sama</b>   |     |    |
|   | Amonyum tuzları yerine kısmen veya tamamen karbondioksit gazı kullanılması  | 7   | 33 |
|   | Amonyum tuzları yerine zayıf organik asitlerin kullanılması   | 50  | 80 |
|   | <b>e) Piklaj</b>  |     |    |
|   | Piklaj sırasında uygulanan tuz yerine kısmen veya tamamen ikame kimyasalların (şişme yapmayan polimerik veya aromatik sülfonik asitler) kullanımı   | 3   | 29 |
|   | <b>f) Tabaklama</b>   |     |    |
| İşletme parametrelerinin (örneğin; pH, flote, sıcaklık, zaman ve merdane hızı) ve kimyasal kullanımının optimizasyonu                                       | 90  | 93  |    |
| Prosesten çıkan krom çözeltilerinin piklaj veya tabaklama proseslerine geri dönüşümü ve geri kullanımı  | 6   | 33  |    |
| Krom tabaklama prosesinde krom içermeyen tabaklama maddeleri ile ön tabaklama işleminin uygulanması   | 43  | 74  |    |
| Krom kullanılmayan deri tabaklama işlemlerinde aldehit ile ön tabaklama işleminin uygulanması   | 48  | 84  |    |
| <b>g) Boyama</b>  |   |     |    |
| Boya penetratörü olarak amonyak kullanılması yerine ikame maddelerin kullanımı  | 68  | 82  |    |
| <b>5. ATIKSU ARITIMI</b>  |   |     |    |
| Doğrudan alıcı ortama deşarj yapan tesisler için; Mekanik arıtma, Fiziksel-kimyasal arıtma (Sülfür oksidasyonu ve/veya çöktürme), Biyolojik C ve N giderimi | 100   | 100 |    |
| Dolaylı Deşarj Yapan Tesisler (Kentsel AAT ya da OSB AAT'lerine deşarj eden) için; Tabakhane atıksuyuna krom çöktürme ve sülfür oksidasyonu uygulama        | 0   | 33  |    |



Diğer taraftan, su ve atıksu yönetimi ile ilgili olarak; koruma ve depolama başlığı altında yer alan MET'lere yönelik uygulama oranı %0-%44 arasında iken, uygulanabilirlik oranı %44-68 arasında değişmekte, yıkama başlığı altında yer alan MET'lere yönelik uygulama oranı %0-%77 arasında iken, uygulanabilirlik oranı %74-93 arasında değişmekte, kıl giderme ve kireçlik başlığı altında yer alan MET'lere yönelik uygulama oranı %8-%62 arasında iken, uygulanabilirlik oranı %43-67 arasında değişmekte, kireç giderme ve sama başlığı altında yer alan MET'lere yönelik uygulama oranı %7-%50 arasında iken, uygulanabilirlik oranı %33-80 arasında değişmekte, piklaj başlığı altında yer alan MET'lere yönelik uygulama oranı %3 iken, uygulanabilirlik oranı %69 olarak belirlenmiştir. Tabaklama başlığı altında yer alan MET'lere yönelik uygulama oranı %6-%90 arasında iken, uygulanabilirlik oranı %33-93 arasında değişmekte, boyama başlığı altında yer alan MET uygulama oranı %68 iken, uygulanabilirlik oranı %72 olarak belirlenmiştir. Su ve atıksu yönetimi ile ilgili gruplandırılan MET başlıkları incelendiğinde, yağmur suyu yönetimi ile ilgili MET'lerin uygulama ve uygulanabilirlik oranlarının diğer gruplara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

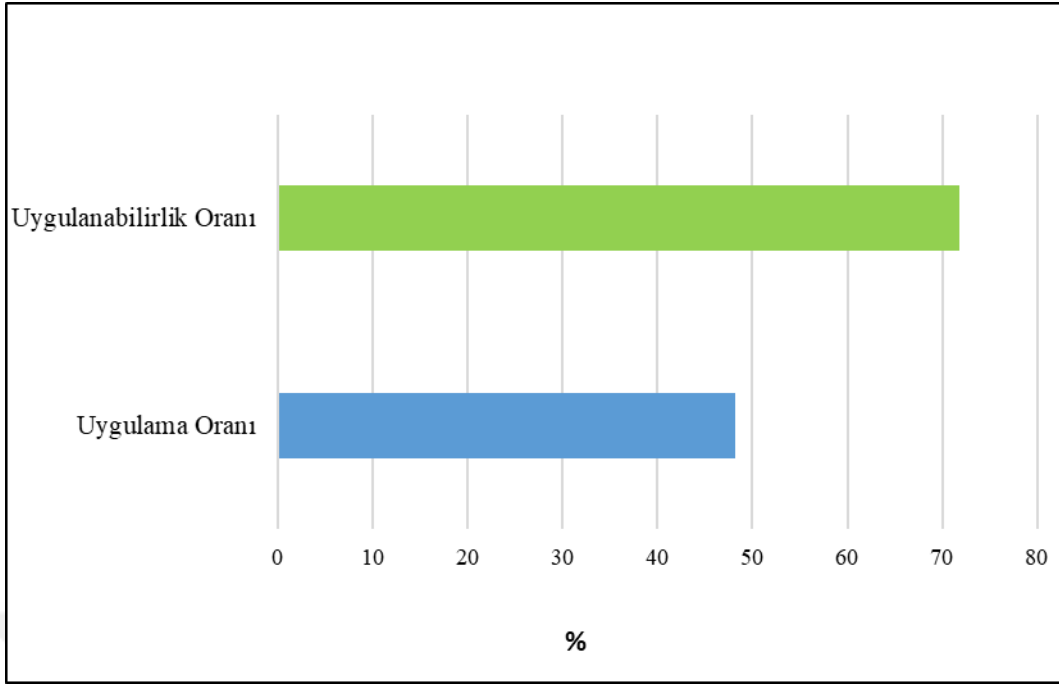
Su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET'lerden 14 tanesi %50'nin altında uygulama oranına sahip iken, 6 tanesi %50-75 arasında uygulanmakta, 9 tanesi ise %75'ten daha yüksek oranda uygulanmaktadır (Şekil 4.2).

Şekil 4.2 incelendiğinde su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET'lerden 8 tanesi %50'nin altında uygulanabilir görülmekte iken, 4 tanesi %50-75 arasında uygulanabilir görülmekte, 17 tanesi ise %75'ten daha yüksek oranda uygulanabilir görülmektedir.



**Şekil 4.2.** Su ve Atıksu Yönetimi İle İlgili MET Uygulanma ve Uygulanabilirlik Sayı ve Oranları

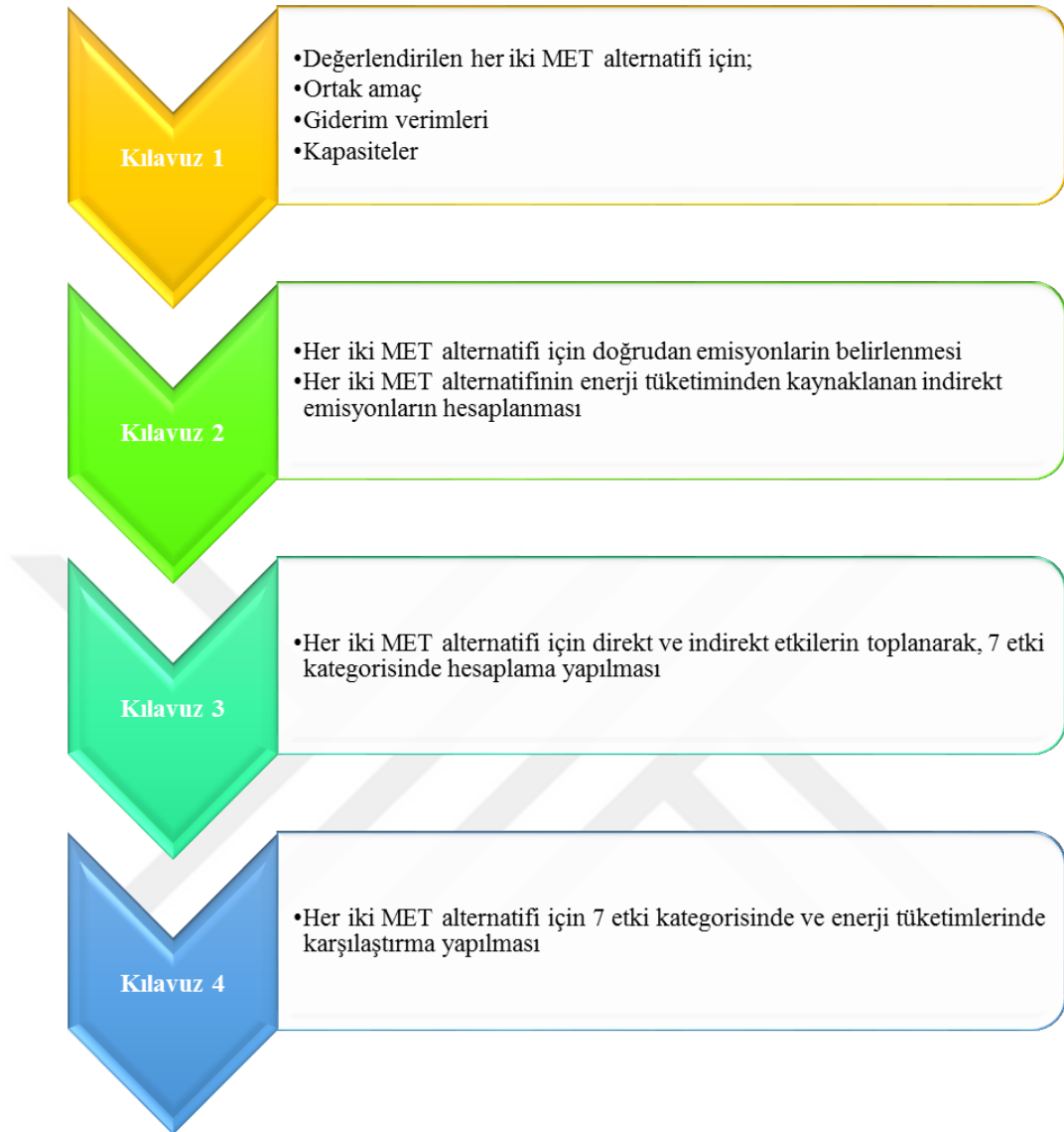
Su ve atıksu yönetimi ile ilgili tüm MET başlıklarının ortalama uygulanma oranı yaklaşık %48 iken, uygulanabilirlik oranı yaklaşık %72 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Ortalama MET Uygulanma ve Uygulanabilirlik Oranları

### 4.3. MET Alternatiflerinin Çapraz Medya Etkilerinin Hesaplanması

AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Dokümanda yer alan Çapraz medya etkileri hesaplama prosedürünün akım şeması Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Akım şemasına göre çapraz medya etkisi hesaplanırken kılavuzlarda yer alan adımların sırası ile uygulanması gerekmektedir. Öncelikle kıyaslama yapmak üzere seçilen iki MET alternatifi için ortak amaç ve her iki alternatifin hedeflenen parametreye yönelik giderim verimleri belirlenmelidir. Değerlendirilen her iki MET alternatifi için doğrudan emisyonlar ve enerji tüketiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlar belirlenmelidir. Doğrudan ve dolaylı etkiler toplanarak; İnsan toksisitesi, küresel ısınma, akuatik toksisite, asitlendirme, ötrofikasyon, ozon tabakasının incelmeye, fotokimyasal ozon oluşturma potansiyelini içeren yedi etki kategorisinde hesaplama yapılması gerekmektedir. Son olarak değerlendirilen her iki MET alternatifinin enerji kıyaslaması yapılmalıdır.



**Şekil 4.4.** Çapraz medya etkileri hesaplama prosedürünün akım şeması (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006)

#### **-Hedef ve alternatif MET'lerin belirlenmesi**

Bilindiği üzere deri işleme sektörü atıksularındaki yüksek iletkenlik içeriği, bu atıksuların arıtılmış olsa dahi alıcı ortamlarda ciddi problemler oluşturmasına neden olmaktadır. Özellikle arıtılmış atıksuların deşarj edildiği ortamlardan sulama suyu kullanılması durumunda, bu atıksuların iletkenliğinin düşürülmesi gerekmektedir. Deri işleme sektörü için yayımlanan MET Sonuç Belgesi Dökümanında tesisler tarafından zorunlu olarak yapılması gereken MET'ler belirlenmiş olup; iletkenliğin düşürülmesi

amacı ile iki MET seçeneği yer almaktadır. Tesislerin aşağıda yer alan iki MET seçeneğinden kendilerine uygun olanı uygulaması zorunlu tutulmaktadır:

1. **MET:** Yıkama işleminden önce mekanik sallama ekipmanları ile post ve derideki gevşek tuzun silkelenerek uzaklaştırılması,
2. **MET:** Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı (soğutma vb. ile koruma)

Her iki MET seçeneği de atıksudaki iletkenliğin düşürülmesini hedeflemektedir. Deri işleme sektörü için yayımlanan AB MET Referans Dökümanında da söz konusu MET'ler için emisyonlar ve uygulama koşullarına yönelik bilgiler de yer almaktadır.

Bu çalışmada deri işleme sektörü atıksularının yönetiminde en önemli problemlerden biri olan iletkenlik parametresinin giderimini esas alan iki MET alternatifi seçilerek kıyaslanmıştır. Tuz, deri sanayide derilerin muhafazası aşamasında sıklıkla kullanılmakta olup; atıksuda yüksek iletkenliğe sebep olmaktadır. Problemin çözümünde AB tarafından yayımlanan BAT-BREF Dökümanlarında, atıksudaki iletkenlik içeriğini azaltmak üzere iki MET alternatifi bulunmaktadır:

1.MET seçeneği: derilerin tuzlanarak kürlenmesi sonrası emisyonların azaltılması, 2. MET seçeneği ise, derilerin tuz kullanılmadan fiziksel koruma/muhafaza yöntemlerinden biri olan soğutma tekniği ile kürlenmesi ile tuz kullanımından tamamen kaçınılması esasına dayanmaktadır. Her iki MET seçeneği de deri işleme sektöründe derilerin kürlenmesi aşamasında yüksek oranda kullanılan tuzun ıslatma kademesinde atıksulara karışarak alıcı ortamda çok büyük problem teşkil eden ve geleneksel atıksu arıtma tesislerinde giderilemeyen iletkenlik içeriğinin düşürülmesini hedeflemektedir.

#### **-Emisyon envanteri:**

“Envanter emisyonlarının” belirlenmesinde, MET önlemlerinin uygulanmasından kaynaklanan hem doğrudan hem de dolaylı emisyonlar dikkate alınmalıdır. Doğrudan emisyonlar, tesiste MET önlemlerinin uygulanmasından sonra elde edilebilen atıksu emisyonlarıdır.

Dolaylı emisyonlar ise enerji tüketiminden kaynaklanan emisyonlar olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifadeyle, bu enerjinin üretilmesinden kaynaklanan emisyonlar da hesaba katılması gerekmektedir. BREF'in Ekonomi ve Çapraz Medya Etkileri

Dokümanında çevreye olan dolaylı zararın da dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Öncelikle MET önlemlerinin doğrudan emisyonları belirlenmiştir. Bref Dökümanında atıksudaki iletkenlik içeriğini azaltmayı hedefleyen MET'ler aşağıda verilmiştir.

Kürleme ve depolama aşamasında kullanılan tuz, ıslatma aşamasında suya geçmektedir. 1. MET (tuzlanmış derideki tuzun silkelenerek uzaklaştırılması) ve 2. MET (derilerin soğuk muhafazası) için doğrudan emisyonları Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

Deri İşleme Tesisleri için yayımlanan BREF Dokümanında tuzla kürleme yapan deri tesislerinde ıslatma prosesinde suya salınan Cl<sup>-</sup> emisyonu 55 kg/t olarak belirtilmekte ve tuzla veya tuzsuz muhafaza edilen derilerin işlenmesinden kaynaklanan direkt emisyonlar verilmektedir (BREF Deri Sektörü, 2013). Mekanik yöntemlerle deri üzerindeki tuzun giderilmesi için yapılan çalışmalarda belirtildiği üzere iletkenlik içeriğinde sadece %15'lik (UNIDO, 2001) bir azalma sağlanabileceği üzerinden gerekli hesaplamalar yapılmış ve ortalama 4,000 ton/yıl kapasiteli bir tesis için atıksu emisyonları Çizelge 4.3'te hesaplanmıştır. Emisyon konsantrasyonları yıllık emisyon kütesine dönüştürülür. Çizelgede gösterildiği gibi, 2. MET seçeneğinin uygulanması sonrası atıksuda klorür parametresi için çok daha düşük emisyon değerlerine ulaşılmaktadır.

**Çizelge 4.3.** Her iki yöntemin direk emisyonları

| Parametre                      | 1. MET <sup>a</sup> |         | 2. MET <sup>b</sup> |         |
|--------------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|
|                                | kg/t                | kg/yıl  | kg/t                | kg/yıl  |
| Cl <sup>-</sup>                | 46.7*               | 132,000 | 5                   | 20,000  |
| Su tüketimi, m <sup>3</sup> /t | 4                   |         | 2                   |         |
| TKM                            | 130                 | 520,000 | 45                  | 180,000 |
| AKM                            | 10                  | 40,000  | 10                  | 40,000  |
| BOİ                            | 10                  | 40,000  | 12                  | 48,000  |
| KOİ                            | 23                  | 92,000  | 23                  | 92,222  |
| TKN                            | 1.5                 | 6,000   | 2                   | 8,000   |

<sup>a</sup>derideki tuzun silkelenerek uzaklaştırılması

<sup>b</sup>derilerin soğuk muhafazası

\* (BREF dokümanında tuzla kürlemede verilen emisyon değeri (55 kg/t) üzerinden %15 giderim ile hesaplanmıştır, UNIDO 2001)

İkinci olarak, MET önlemlerinin dolaylı emisyonları hesaplanmıştır. Bu çalışmada karşılaştırılan alternatiflerin her ikisi de enerji kaynağı olarak elektrik tüketmektedir. Elektrik emisyonları, 1 GJ elektrik tüketiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> emisyonlarını gösteren Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi BREF Belgesinin Ek 8'inde verilen tabloya göre hesaplanabilir. Bununla birlikte, elektrik üretimi için birincil

enerjinin yerel kullanımına ilişkin verilere ulaşılabilmesi durumunda, emisyonların büyük ölçüde birincil enerjiye bağlı olduğu belirtilerek, yerel verilerin kullanılmasının daha güvenilir sonuçlar vereceği ifade edilmektedir.

### -Elektrik üretimi

MET önlemleri için ihtiyaç duyulan elektriğin hesaplanmasında Türkiye'deki genel elektrik arzı kullanılmıştır. Çizelge 4.4'te gösterildiği gibi Türkiye'de elektriğin %23.56'sı doğalgazdan üretilirken, %36.14'ü kömürden, %26.55'i hidroelektrikten üretilmekte, %8.35'i rüzgar, %3.38 jeotermal ve %0.14 güneş enerjisi izlemektedir. (Elektrik Piyasası Gelişim Raporu, EPDK 2020). Ayrıca, bu tabloda bu birincil enerjilerin 1 MWh elektrik üretimi için kullanımından kaynaklanan ortalama emisyonlar da gösterilmektedir (Çakır, 2012).

**Çizelge 4.4.** Türkiye elektrik arz dağıtımı ve 1 MWh elektrik üretimi için salınan emisyonlar

| Birincil enerji kaynağı | (1)<br>%, 2018 | CO <sub>2</sub><br>(kg) | SO <sub>2</sub><br>(kg) | NO <sub>2</sub><br>(kg) | H <sub>2</sub> S<br>(kg) | Cd<br>(mg) | Hg<br>(mg) |
|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|------------|
| Doğalgaz                | 23.56          | 751                     | -                       | -                       | 550                      | 0.2        | 0.35       |
| Kömür                   | 36.14          | 902                     | 4.71                    | 1.95                    | -                        | 4.65       | 37.5       |
| Hidroelektrik           | 26.55          | 15                      | -                       | -                       | -                        | 0.03       | -          |
| Rüzgar                  | 8.35           | 21                      | -                       | -                       | -                        | -          | -          |
| Jeotermal               | 3,38           | 477                     | 0.08                    | -                       | 407                      | -          | -          |
| Güneş                   | 0.14           | -                       | -                       | -                       | -                        | -          | -          |
| Diğer                   | 1.88           | -                       | -                       | -                       | -                        | -          | -          |

Tesisin 1 GJ elektrik tüketimi için dolaylı emisyonları hesaplamak için birincil enerji dağıtımının payı yukarıdaki tabloda verilen birim emisyonlarla çarpılarak toplanarak kg/GJ'ye çevrilmiştir (Çizelge 4.5). Örnek olarak 1 MWh elektrik üretimi için CO<sub>2</sub> emisyonu şu şekilde hesaplanmıştır;

$$CO_2 \left( \frac{kg}{Mwh} \right) = \frac{23.56}{100} \times 751 + \frac{36.14}{100} \times 902 + \frac{26.55}{100} \times 15 + \frac{8.35}{100} \times 21 + \frac{3.38}{100} \times 477$$

$$=524.8 \text{ MWh}$$

(4.1)

**Çizelge 4.5.** Türkiye'de 1 GJ elektrik üretmek için salınan ortalama emisyon

| <b>Emsiyon</b>        | <b>MWh</b> | <b>GJ*</b> |
|-----------------------|------------|------------|
| CO <sub>2</sub> (kg)  | 524,8      | 1889       |
| SO <sub>2</sub> (kg)  | 1,7        | 6,1        |
| NO <sub>2</sub> (kg)  | 0,7        | 2,5        |
| H <sub>2</sub> S (kg) | 143,3      | 516        |
| Cd (mg)               | 1,7        | 6,2        |
| Hg(mg)                | 13,6       | 49,1       |

\*(1 MWh = 3.6 GJ)

### **-Enerji hesaplamaları**

1. yöntemdeki mekanik ekipman, kapasite ve günlük çalışma süreleri dikkate alınarak, piyasada benzer işlevde çalışan makinaların tükettiği enerji sarfiyatları ile kıyaslanarak hesaplanmıştır. 4,000 ton/yıl deri işleyen tesiste, günde yaklaşık 10 ton (2,000-2,500 adet) deri işlenmektedir. Günde yaklaşık 2,500 adet deriyi silkeleyecek mekanik sallama ekipmanı tasarımı: 1. Yöntem için 4,000 ton/yıl kapasitede tek vardiya (8 saat) çalışan bir tesiste, günlük yaklaşık 10 ton deri (2,000-2,500 adet) işleneceği hesabından yola çıkılarak, 1 saatte yaklaşık 300 deriyi sallayabilecek bir mekanik ekipmanın harcayacağı elektrik tüketimi hesaplanır. 1. Yöntem için elektrik enerjisi hesabında bu değer 50 kW olarak kabul edilmiştir. Daha sonra tesis tek vardiya (8 saat) çalıştığı için enerji ihtiyacı 8 saat ile çarpılarak günlük, 365 ile çarpılarak yıllık enerji tüketimine çevrilir.

$50 \text{ kW} * 8 \text{ saat} = 400 \text{ kWh/gün}$  (Mekanik sallama ekipmanı günlük enerji tüketimi)

1. Yöntemde mekanik sallama ekipmanı kullanımı ile atıksuda istenilen emisyon değerleri sağlanamamaktadır. Bu sebeple tuzla kürlenmiş derilerin, ıslatma aşamasına geçilmeden önce mekanik sallama ekipmanı ile tuz giderimi aşamasına, atıksu arıtma tesisi sonunda alıcı ortama deşarjdan önce iletkenliğin hedeflenen emisyon değerlerine ulaşılabilmesini sağlayacak bir ultrafiltrasyon (UF), ters ozmoz (RO) ve evaporasyon sistemi kurulumu da ilave edilmiştir. UF+RO+Evaporasyon günlük enerji tüketimi hesabında, birim enerji tüketimi  $1,4 \text{ kWh/m}^3$  (ÇŞB MEMKON Projesi, 2018) kullanılarak,  $1,000 \text{ m}^3/\text{gün}$  kapasiteli AAT için hesaplanmıştır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvan derisi işlemede su tüketimleri ve oluşan atıksu hacimleri değişmekte olup; yünlü koyun derisi işlemede bu oran daha da artmaktadır. AB MET Referans Dokümanında tüm deri türleri için birim atıksu miktarı yer almakta olup; birim ürün başına oluşan atıksu miktarı ortalama  $100 \text{ m}^3/\text{ton}$  kabul edilerek (AB, BREF, 2013) 4,000 ton/yıl deri



işleyen tesiste günde yaklaşık 10 ton deri işlenmekte ve 1,000 m<sup>3</sup>/gün atıksu oluşmaktadır.)

$$1000 \frac{m^3}{gün} \times 1,4 \frac{kWh}{m^3} = 1400 \text{ kWh/gün} \quad (4.2)$$

1. Yöntemde günlük toplam enerji tüketimi; mekanik sallama ekipmanının enerji tüketimi ile ters ozmoz sisteminin enerji tüketimleri toplanarak hesaplanmıştır. 2. Yöntem için ise soğutucunun kullanacağı sürekli bir elektrik enerjisi olacaktır. Soğutulan deri maksimum 3 hafta muhafaza edilebilmektedir (2°C). Bu sebeple 2. yöntemde yılda yaklaşık 4,000 ton/gün deri işleyen bir tesisin, soğuk muhafaza uygulaması durumunda, yaklaşık 3 haftalık bir koruma süresinde derilerin depolanacağı depo hacmi hesaplanmış olup; endüstriyel soğuk hava depo kurulumu yapan firmalardan temin edilen bilgiler ile hesaplanan depo hacmine uygun endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu sonrası günlük ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

Günlük yaklaşık 10 ton (2,000 adet) deri işlenen bir tesiste, 21 günde toplam yaklaşık 42.000 adet derinin depolanacağı kapasitede soğutuculu ortamda depo tasarımı: Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu yapan firmalardan temin edilen tasarım bilgilerinden yola çıkılarak, soğuk hava deposunda saklanacak olan ürünün özellikleri, askı kullanma durumu, en efektif biçimde alanı değerlendirme gibi faktörler dikkate alınarak diğer ürün grupları için yapılan benzer hesaplamalar dikkate alınmış olup; 1 m<sup>3</sup> lük bir alana yaklaşık 3 cm et kalınlığına sahip olan küçükbaş hayvan derilerinin askılanarak dizilmesi yoluyla yaklaşık 21 adet derinin sığabileceği kabulü ile 2000 m<sup>3</sup> lük bir depo hacmine ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır.

20 m X 20 m X 5m lik bir depoya 42,000 adet deri sığmaktadır.

2000 m<sup>3</sup> iç oda hacmine sahip bir deponun 2°C'de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.6'da sunulmakta olup; elektrik tüketimi yaklaşık 50,000 Watt (50 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır. Çizelge 4.6'da yer alan enerji tüketim verilerinden yararlanılarak 2,000 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık 1,200 kWh enerji gerektiği hesaplanmıştır.

$$50 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 1200 \text{ kWh} \quad (4.3)$$

Çizelge 4.6. Soğuk oda yaklaşık soğutma kapasitesi, Watt (Anonim, 2020)

| Oda İç Hacmi (m <sup>3</sup> ) | 0/2 °C Soğuk Muhafaza* |                | -10°C Soğuk Muhafaza* |                |
|--------------------------------|------------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|                                | Normal Kullanım        | Aşırı Kullanım | Normal Kullanım       | Aşırı Kullanım |
| 5                              | 550                    | 840            | 700                   | 1,045          |
| 7.5                            | 690                    | 1,045          | 870                   | 1,335          |
| 10                             | 870                    | 1,305          | 1,100                 | 1,680          |
| 15                             | 1,200                  | 1,800          | 1,510                 | 2,320          |
| 20                             | 1,570                  | 2,350          | 2,030                 | 3,020          |
| 25                             | 1,960                  | 2,935          | 2,550                 | 3,830          |
| 30                             | 2,230                  | 3,365          | 2,840                 | 4,180          |
| 40                             | 2,550                  | 3,830          | 3,190                 | 4,870          |
| 50                             | 2,970                  | 4,470          | 3,710                 | 5,570          |
| 60                             | 3,410                  | 5,100          | 4,290                 | 6,380          |
| 70                             | 3,780                  | 5,685          | 4,500                 | 6,960          |
| 80                             | 4,000                  | 6,030          | 4,640                 | 7,540          |
| 90                             | 4,500                  | 6,750          | 5,685                 | 8,585          |
| 100                            | 4,760                  | 7,190          | 5,920                 | 8,820          |
| 125                            | 5,740                  | 8,610          | 7,200                 | 10,800         |
| 150                            | 6,680                  | 10,035         | 8,350                 | 12,530         |
| 175                            | 7,190                  | 10,790         | 8,990                 | 13,460         |
| 200                            | 7,250                  | 10,900         | 9,050                 | 13,570         |
| 250                            | 8,470                  | 12,760         | 10,670                | 16,010         |
| 300                            | 10,150                 | 15,200         | 12,760                | 19,140         |
| 400                            | 11,890                 | 17,870         | 15,080                | 22,620         |
| 500                            | 14,210                 | 21,460         | 17,400                | 26,100         |
| 750                            | 19,140                 | 29,000         | 23,200                | 34,800         |
| 1,000                          | 25,520                 | 38,280         | 31,900                | 46,400         |
| 1,500                          | 38,280                 | 55,680         | 48,720                | 69,600         |
| 2,000                          | 48,720                 | 69,600         | 60,900                | 87,000         |
| 3,000                          | 73,080                 | 104,400        | 92,800                | 133,400        |

Her iki MET alternatifinin enerji tüketimi, Çizelge 4.7’de gösterildiği gibi kWh/yıl'den GJ/yıl'a dönüştürülür.

Çizelge 4.7. MET alternatiflerinin enerji tüketimi

| Yöntem                            | İşlem   | Hesaplanan Enerji Gereklinimi | Enerji Tüketimi |         |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|-----------------|---------|
|                                   |   | kWh/gün                       | kWh/yıl         | GJ/yıl* |
| <b>1. Yöntem (Tuzla Kütleme)</b>  | <b>Mekanik sallama+ UF+Ters Ozmoz+Evaporasyon</b> | 400+1,400 kWh                 | 657,000         | 2,365   |
| <b>2. Yöntem (Tuzsuz Kütleme)</b> | <b>Soğuk Hava Deposu</b>                          | 1,200                         | 438,000         | 1,576   |

\*1 GJ  $\approx$  277.78 kWh

Alternatif MET’lerin kullanımıyla hesaplanan dolaylı emisyon miktarı, MET alternatiflerinin elektrik tüketimleri (GJ/yıl) ile Tablo Çizelge 4.5’te sunulan birim emisyon değerleriyle çarpılarak Çizelge 4.8’de gösterildiği gibi hesaplanır.

**Çizelge 4.8.** 1.ve 2.yöntem tarafından elektrik tüketimi ile salınan dolaylı emisyon kütlesi

| Emisyon          | Hesaplanan dolaylı emisyon miktarı (kg/yıl) |                       |
|------------------|---|-----------------------|
|                  | 1.yöntem <sup>a</sup>                       | 2.yöntem <sup>b</sup> |
| CO <sub>2</sub>  | 4,467,485                                   | 2,977,064             |
| SO <sub>2</sub>  | 14,427                                      | 9,614                 |
| NO <sub>2</sub>  | 5,913                                       | 3,940                 |
| H <sub>2</sub> S | 1,220,340                                   | 813,216               |
| Cd (mg)          | 8,514                                       | 9,771                 |
| Hg (mg)          | 116,122                                     | 77,382                |
| Toplam           | 5,832,800                                   | 3,890,986             |

<sup>a</sup> 1. yöntem: Mekanik sallama ekipmanı+ AAT çıkışı UF+RO+Evaporasyon

<sup>b</sup> 2. Yöntem: Derilerin soğutulması muhafazası

Seçilen alternatifler tarafından çevreye salınan farklı kirleticilerin etkileri insan toksisitesi, küresel ısınma, akuatik toksisite, asitleşme, ötrofikasyon, ozon tabakasının incelmeye, fotokimyasal ozon oluşumunu içeren yedi etki kategorisine göre hesaplanmalıdır. Bununla birlikte, bu MET alternatiflerinden hiçbiri ozon tabakasını incelten maddeleri hedef almadığından ozon tabakasının incelmeye üzerinde çevresel etkilerinin olmadığı varsayılmaktadır. Bu nedenle bu bölümde sadece insan toksisitesi, küresel ısınma, akuatik toksisite, asitleşme, ötrofikasyon ve fotokimyasal ozon oluşumu hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

Her etki kategorisi üzerindeki etkilerin hesaplanmasında, sudaki iletkenlik parametresinin giderimini hedefleyen MET alternatiflerinin elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların dolaylı etkileri (dolaylı emisyonlar), BREF Ekonomi ve Çapraz-Medya Etkileri Dokümanının Eklerinde verilen tablolardaki ilgili parametreler kullanılarak hesaplanmıştır.

#### 4.3.1. İnsan toksisite etkisi

Her iki alternatifin de "kg/yıl kurşun eşdeğeri" olarak insan toksisite etkisi, Çapraz Medya Etkisine ilişkin BREF Belgesinin "Ek 1-İnsan Toksikite Faktörleri Tablosu" nda verilen insan toksisite faktörleri ve emisyonun toplu salımı ile tahmin edilir. Direkt etkiler Çizelge 4.3'te gösterilen emisyonlar olup; atıksudaki iletkenlik parametresinin insan toksisite faktörüne ilişkin parametrelere ilişkin BREF Dökümanının Ek-1'inde herhangi bir veri bulunmamaktadır. Doğrudan etki su ortamına olup; su ortamı ile ilgili toksisite akuatik toksisite kısmında hesaplanmıştır. Bu nedenle her iki yöntem için de indirekt (dolaylı) etki olarak değerlendirilen elektrik

kullanımından kaynaklanan emisyonların neden olduğu insan toksisitesi Çizelge 4.9'da hesaplanmış ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

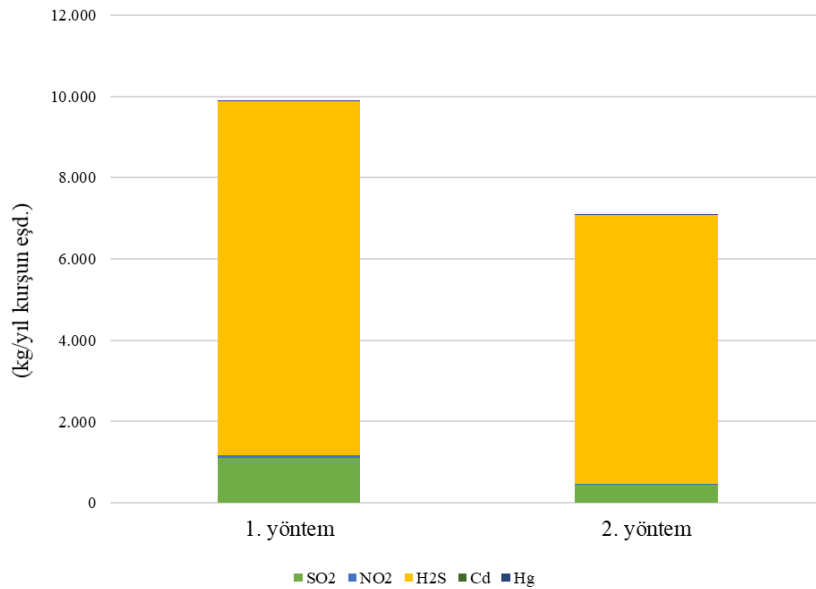
**Çizelge 4.9.** Alternatif MET'lerin insan toksisite etkisi

| Emisyon Kaynağı  | İndirekt Etki           |                          |  |                          |  |
|------------------|-------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|
|                  | İnsan Toksikite Faktörü | 1. yöntem <sup>a</sup>   |  | 2. yöntem <sup>b</sup>   |  |
|                  |                         | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | İnsan Toksikitesi (kg/yıl kurşun eşdeğeri) | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | İnsan Toksikitesi (kg/yıl kurşun eşdeğeri) |
| SO <sub>2</sub>  | 13                      | 14,427                   | 1,110                                      | 5,674                    | 436.5                                      |
| NO <sub>2</sub>  | 95                      | 5,913                    | 62   | 2,443                    | 25.7                                       |
| H <sub>2</sub> S | 140                     | 1,220,340                | 8,717                                      | 925,112                  | 6,608                                      |
| Cd               | 0.15                    | 0.0085                   | 0.0568                                     | 0.0098                   | 0.0651                                     |
| Hg               | 0.10                    | 0.1161                   | 1.1612                                     | 0.0774                   | 0.7388                                     |
| <b>Toplam</b>    |                         |                          | <b>9,890</b>                               |                          | <b>7,071</b>                               |

<sup>a</sup> 1. yöntem: Mekanik sallama ekipmanı+ AAT çıkışı UF+RO+Evaporasyon

<sup>b</sup> 2. Yöntem: Derilerin soğutulmasıyla muhafazası

Her iki alternatifin de "kg / yıl kurşun eşdeğeri" olarak insan toksisite etkisi, Çapraz Medya Etkisine ilişkin BREF Belgesinin "Ek 1-İnsan Toksikite Faktörleri Tablosu" nda verilen insan toksisite faktörleri ve emisyonun toplu salımı ile tahmin edilir.



**Şekil 4.5.** Alternatif MET'lerin insan toksisite etkisi

Şekil 4.5'te açıkça görülebileceği gibi, elektrik tüketiminden kaynaklanan dolaylı emisyonların kıyaslanmasında, 1.yöntemin insan toksisite etkisi 2.yönteme kıyasla daha yüksek bir etkiye neden olmaktadır. Doğrudan emisyonların

hesaplanabilmesi için Bref Çapraz medya Etkisi Ek 1-İnsan Toksikite Faktörleri Tablosu'nda iletkenlik veya tuzluluğu ifade eden herhangi bir parametre bulunmamaktadır. Bu nedenle kıyaslama dolaylı emisyonlar üzerinden yapılmıştır. Sonuç olarak, 1.yöntemin toplam emisyonu 2. Yöntemden daha fazladır, bu nedenle insan toksisite etki potansiyeli düşünüldüğünde 2.yöntem (derilerin soğutularak muhafazası) tercih edilen MET alternatifidir.

#### 4.3.2. Küresel ısınma etkisi

Küresel ısınma potansiyelinin hesaplanması, Çapraz Medya Etkisine ilişkin BREF Belgesi'nin "Ek 2-Küresel Isınma Faktörleri Tablosu" ve daha önce hesaplanan ilgili emisyon parametrelerinin küresel salınımı için verilen küresel ısınma potansiyeli sayılarının değerleri kullanılarak yapılır. Çizelge 4.10'da her iki MET alternatifinin hesaplanan küresel ısınma etkileri, "kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri" olarak gösterilmektedir. Bu tablodan, küresel ısınma potansiyelini etkileyen tek emisyon parametresinin CO<sub>2</sub> olduğu anlaşılmaktadır.

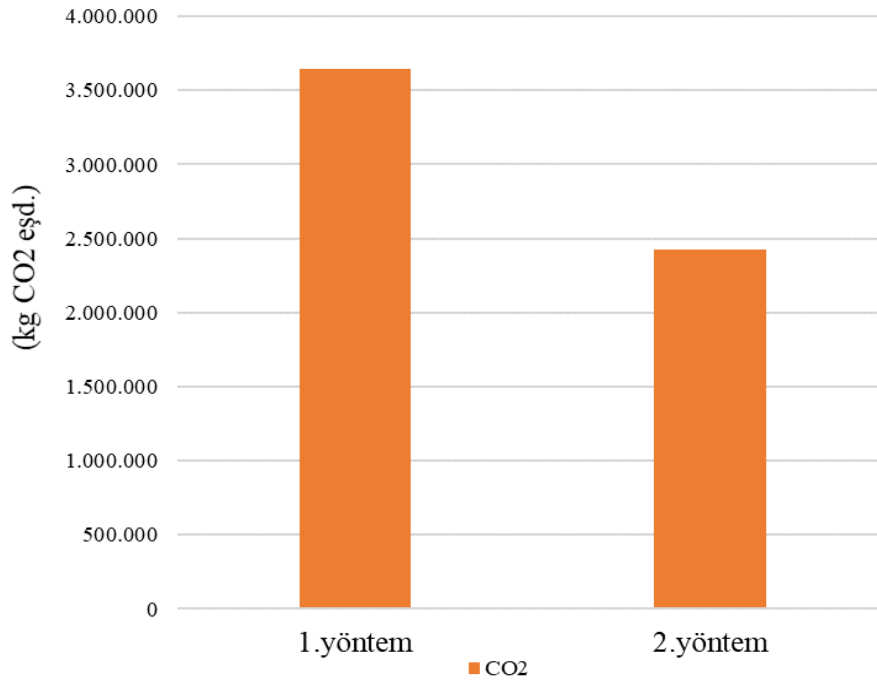
**Çizelge 4.10.** Alternatif MET'lerin küresel ısınma etkileri

| İndirekt Etki         | Kütle salınımı (kg) | Küresel ısınma potansiyeli, CO <sub>2</sub> | Küresel ısınma etkisi (kg CO <sub>2</sub> eşd.) |
|-----------------------|---------------------|---|---|
| 1.yöntem <sup>a</sup> | 3,644,465           | 1   | 3,644,465                                       |
| 2.yöntem <sup>b</sup> | 2,428,616           | 1   | 2,428,616                                       |

<sup>a</sup> 1. yöntem: Mekanik sallama ekipmanı+ AAT çıkışı UF+RO+Evaporasyon

<sup>b</sup> 2. Yöntem: Derilerin soğutularak muhafazası

Kıyaslanan MET alternatiflerinin hiçbiri doğrudan CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmadığından, alternatiflerin her ikisinin de küresel ısınma üzerinde doğrudan bir etkisi yoktur. Dolayısıyla, Şekil 4.6'daki grafikten de görülebileceği üzere yalnızca dolaylı etkiler karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.6. Alternatif MET'lerin küresel ısınma etkisi

1. Yöntemin daha yüksek elektrik tüketimi nedeniyle 2. Yönteme kıyasla küresel ısınma üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Daha yüksek elektrik tüketimi, daha fazla CO<sub>2</sub> üretimine neden olmakta, dolayısıyla daha fazla küresel ısınma etkisi ortaya çıkarmaktadır. Küresel ısınmanın potansiyeli üzerinde 1.yöntemin daha fazla etkiye sahip olduğu Şekil'de görülmektedir. Bu nedenle küresel ısınma etkisi dikkate alındığında 2.yöntem (derilerin soğutulmuş muhafazası) tercih edilen MET alternatiftir.

#### 4.3.3. Asitlendirme potansiyeli etkisi

1. ve 2. MET alternatiflerinin asitlendirme üzerindeki toplam etkisini belirlemek için, Çapraz Medya Etkisine İlişkin BREF Belgesi "Ek 4-Asitlendirme Potansiyeli Tablosu" nda verilen ilgili emisyon parametrelerinin asitlenme potansiyelleri ve bu emisyon parametrelerinin tahmini olarak salınan kütle kullanılarak asitlenme etkisi "kg SO<sub>2</sub> eşdeğeri" olarak hesaplanır (Çizelge 4.11). Asitlendirme Potansiyeli Tablosuna göre her iki alternatifin indirekt emisyonlarında sadece SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> ilgili emisyon

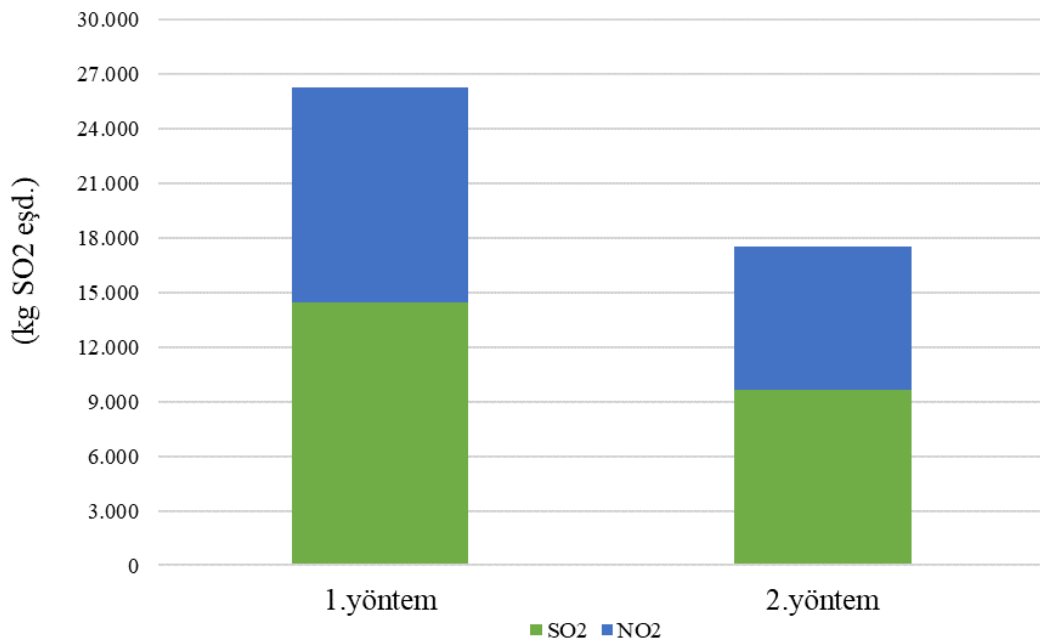
parametreleridir. Her iki yöntemin asitlendirme potansiyeli etkileri Şekil 4.7’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.11.** Alternatif MET’lerin asitlendirme potansiyeli etkisi

| Emisyon Kaynağı | İndirekt Etki            |                          |  |                          |  |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--|
|                 | Asitlendirme Potansiyeli | 1. yöntem <sup>a</sup>   |  | 2. yöntem <sup>b</sup>   |  |
|                 |                          | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | Asitlendirme Etkisi (kg SO <sub>2</sub> eq.) | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | Asitlendirme Etkisi (kg SO <sub>2</sub> eq.) |
| SO <sub>2</sub> | 1                        | 14,427                   | 14,427                                       | 9,614                    | 9,614  |
| NO <sub>2</sub> | 0.5                      | 5,913                    | 11,826                                       | 3,940                    | 7,880  |
| <b>Toplam</b>   |                          |                          | <b>26,253</b>                                |                          | <b>17,494</b>                                |

<sup>a</sup> 1. yöntem: Mekanik sallama ekipmanı+ AAT çıkışı UF+RO+Evaporasyon

<sup>b</sup> 2. Yöntem: Derilerin soğutularak muhafazası



**Şekil 4.7.** Alternatif MET’lerin asitlendirme potansiyeli etkisi

Şekil 4.7’de 1. yöntemin dolaylı etkisinin 2. yönteme kıyasla daha fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Asitlendirme potansiyeli etkisi üzerinde 1.yöntemin daha fazla etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle asitlendirme potansiyeli etkisi etkisi dikkate alındığında 2.yöntem (derilerin soğutularak muhafazası) tercih edilen MET alternatifidir.

#### 4.3.4. Ötrofikasyon potansiyeli etkisi

1. ve 2. MET alternatiflerinin ötrofikasyon üzerindeki toplam etkisini belirlemek için, Çapraz Medya Etkisine İlişkin BREF Belgesi “Ek 5- Ötrofikasyon Potansiyeli Tablosu” nda verilen ilgili emisyon parametrelerinin ötrofikasyon potansiyeli ve bu emisyon parametrelerinin tahmini olarak salınan kütlesi kullanılarak asitlenme etkisi “kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eşd.” olarak hesaplanır (Çizelge 4.12). Ötrofikasyon Potansiyeli Tablosuna göre her iki alternatifin indirekt emisyonlarında sadece NO<sub>2</sub> ilgili emisyon parametresidir.

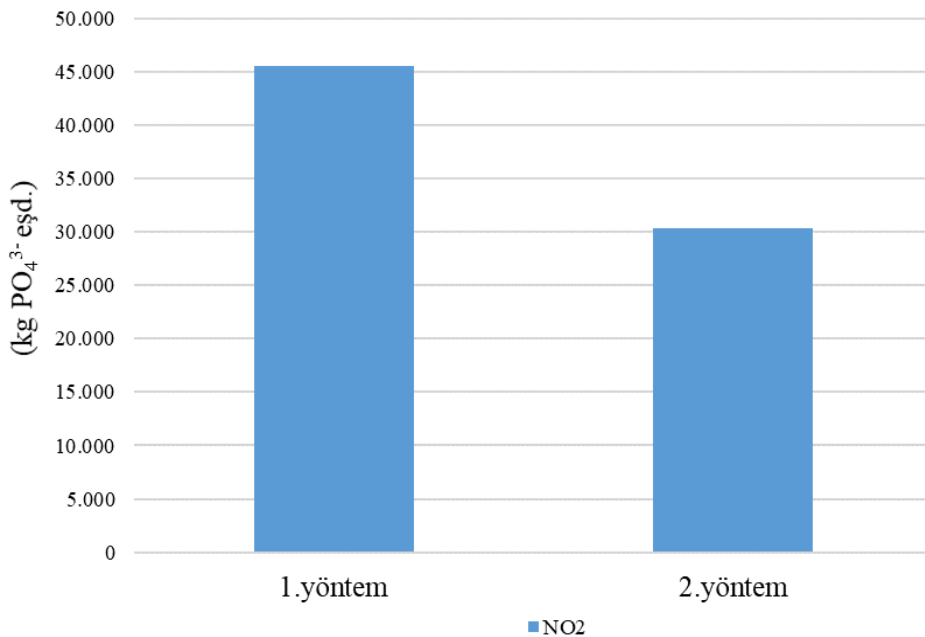
**Çizelge 4.12.** Alternatif MET’lerin ötrofikasyon potansiyeli etkisi

| Emisyon Kaynağı | İndirekt Etki |                          |  |                          |  |
|-----------------|---------------|--------------------------|--|--------------------------|--|
|                 | Ötrofikasyon  | 1. yöntem <sup>a</sup>   |  | 2. yöntem <sup>b</sup>   |  |
|                 |               | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | Ötrofikasyon potansiyeli (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eşd.) | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | Ötrofikasyon potansiyeli (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eşd.) |
| NO <sub>2</sub> | 0.13          | 5,913                    | 45,485   | 3,940                    | 30,307   |
| <b>Toplam</b>   |               |                          | <b>45,485</b>  |                          | <b>30,307</b>  |

<sup>a</sup> 1. yöntem: Mekanik sallama ekipmanı+ AAT çıkışı UF+RO+Evaporasyon

<sup>b</sup> 2. Yöntem: Derilerin soğutulmasıyla muhafazası

Her iki yöntemin ötrofikasyon potansiyeli etkileri Şekil 4.8’de sunulmuştur.



**Şekil 4.8.** Alternatif MET’lerin ötrofikasyon potansiyeli etkisi



Şekil 4.8’de görüldüğü gibi 1. yöntemin dolaylı etkisi 2. yönteme kıyasla daha fazla etkiye sahiptir.

Ötrofikasyon potansiyeli etkisi üzerinde 1.yöntemin daha fazla etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle ötrofikasyon potansiyeli etkisi dikkate alındığında 2.yöntem (derilerin soğutularak muhafazası) tercih edilen MET alternatifidir.

#### 4.3.5. Fotokimyasal ozon oluşturma etkisi

İlgili emisyon parametreleri olan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub>’nin fotokimyasal ozon oluşturma potansiyelleri, Çapraz Medya Etkisine İlişkin BREF Belgesinin “Ek 7-Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli Tablosu” ndan temin edilerek 1. ve 2. MET alternatifleri için fotokimyasal fotokimyasal ozon etkisi potansiyelleri hesaplanmış ve Çizelge 4.13’te gösterilmiştir.

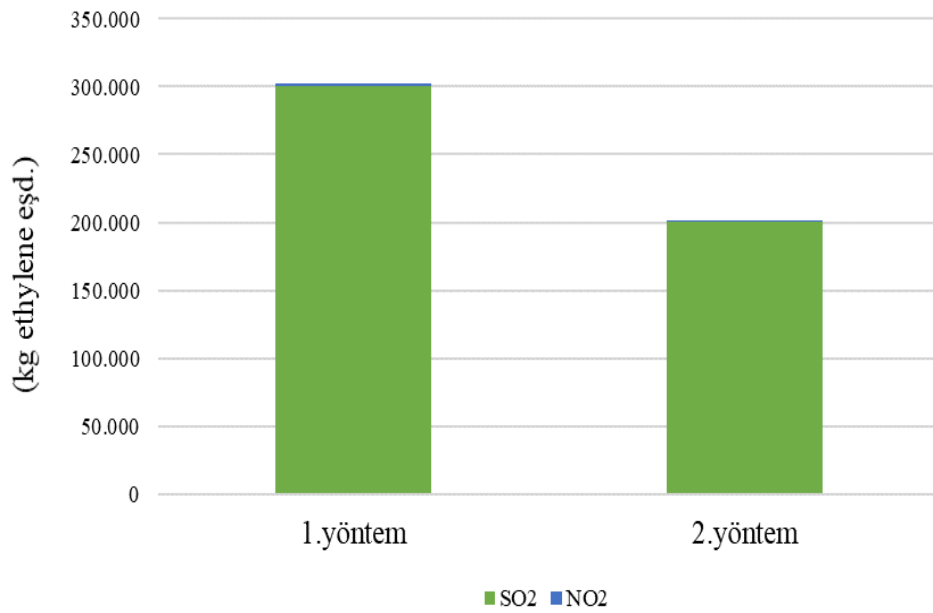
Her iki BAT alternatifi için toplam fotokimyasal ozon oluşturma potansiyelleri “kg etilen eşdeğeri” olarak hesaplanır (Şekil 4.9).

**Çizelge 4.13.** Alternatif MET’lerin fotokimyasal ozon oluşturma etkisi

| Emisyon Kaynağı | İndirekt Etki     |                          |   |                          |   |
|-----------------|-------------------|--------------------------|---|--------------------------|---|
|                 | Fotokimyasal Ozon | 1. yöntem <sup>a</sup>   |   | 2. yöntem <sup>b</sup>   |   |
|                 |                   | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | Fotokimyasal Ozon Etkisi (kg ethylene eşd.) | Emisyon Miktarı (kg/yıl) | Fotokimyasal Ozon Etkisi (kg ethylene eşd.) |
| SO <sub>2</sub> | 0.048             | 14,427                   | 300,563                                     | 9,614                    | 200,292                                     |
| NO <sub>2</sub> | 3.8               | 5,913                    | 1,556                                       | 3,440                    | 1,037                                       |
| <b>Toplam</b>   |                   |                          | <b>302,119</b>                              |                          | <b>201,329</b>                              |

<sup>a</sup> 1. yöntem: Mekanik sallama ekipmanı+ AAT çıkışı UF+RO+Evaporasyon

<sup>b</sup> 2. Yöntem: Derilerin soğutularak muhafazası



**Şekil 4.9.** Alternatif MET'lerin fotokimyasal ozon oluşturma etkisi

Şekil 4.9'da, NO<sub>2</sub> parametresinin indirekt etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu, fotokimyasal ozon oluşturma potansiyelini etkileyen en önemli parametrenin SO<sub>2</sub> olduğu görülmektedir. Fotokimyasal ozon oluşturma etkisi üzerinde 2.yöntemin daha düşük etkiye sahip olması nedeniyle 2.yöntem (derilerin soğutulmasıyla muhafazası) tercih edilen MET alternatifidir.

#### 4.3.6. Sucul Toksikite

Bu çalışmada direkt etki su ortamına olup; sucul toksisite hesaplamasında, her iki MET alternatifi için ilgili emisyon parametresi olan klorür parametresinin akuatik toksisite potansiyelinin hesaplanması gerekmektedir. Ancak Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman ekinde yer alan sucul toksisite potansiyeli tablosunda klorür, iletkenlik veya tuzluluğu ifade edebilecek herhangi bir parametre bulunmamaktadır. Bu nedenle akuatik toksisite hesabında, her iki MET alternatifi için Çizelge 4.12'de yer alan direkt emisyonlar dikkate alınmış ve iki yöntemin de uygulanması ile (1.yöntemde mekanik sallama ekipmanı sonrası ters ozmoz sistemi de olacağı düşünülerek) alıcı ortamda hedeflenen iletkenlik değerlerine ulaşılabileceği düşünüldüğünden sucul toksisite

değerlendirmesinde her iki MET alternatifinin de sucul toksisite açısından tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

#### 4.4. Çapraz Medya Etkilerinin Yorumlanması

Bu adımda, çapraz medya etkisinin hesaplanan yedi etki kategorisindeki alternatiflerin her ikisinin de çevresel etkileri ve enerji tüketimi açısından kıyaslama yapılarak Çizelge 4.14'te sunulmuştur.

Bu karşılaştırmaya göre daha az çevresel etkiye ve daha az enerji tüketimine sahip olan alternatif tercih edilmiş ve kontrol işareti (√) ile işaretlenmiştir. Kıyaslanan MET alternatifleri için geçerli olmayan etki kategorileri "uygulanamaz" şeklinde gösterilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Alternatif MET'ler için karşılaştırma tablosu

| <b>Etki Kategorisi</b>                  | <b>1. Yöntem</b> | <b>2. Yöntem</b> |
|---|------------------|------------------|
| İnsan Toksikitesi                       |                  | √                |
| Küresel Isınma Potansiyeli              |                  | √                |
| Akuatik Toksikite Potansiyeli           | √                | √                |
| Asitlendirme Potansiyeli                |                  | √                |
| Ötröfikasyon                            |                  | √                |
| Ozon tüketimi                           | Uygulanamaz      | Uygulanamaz      |
| Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli |                  | √                |
| Enerji Tüketimi                         |                  | √                |
| Su Tüketimi                             |                  | √                |

Çizelge 4.24'de görüleceği üzere, tüm etki kategorilerinde 2. yöntem 1. yönteme kıyasla daha az çevresel etkiye neden olmaktadır. Ayrıca enerji tüketimi açısından da 2. yöntem tercih edilmelidir.

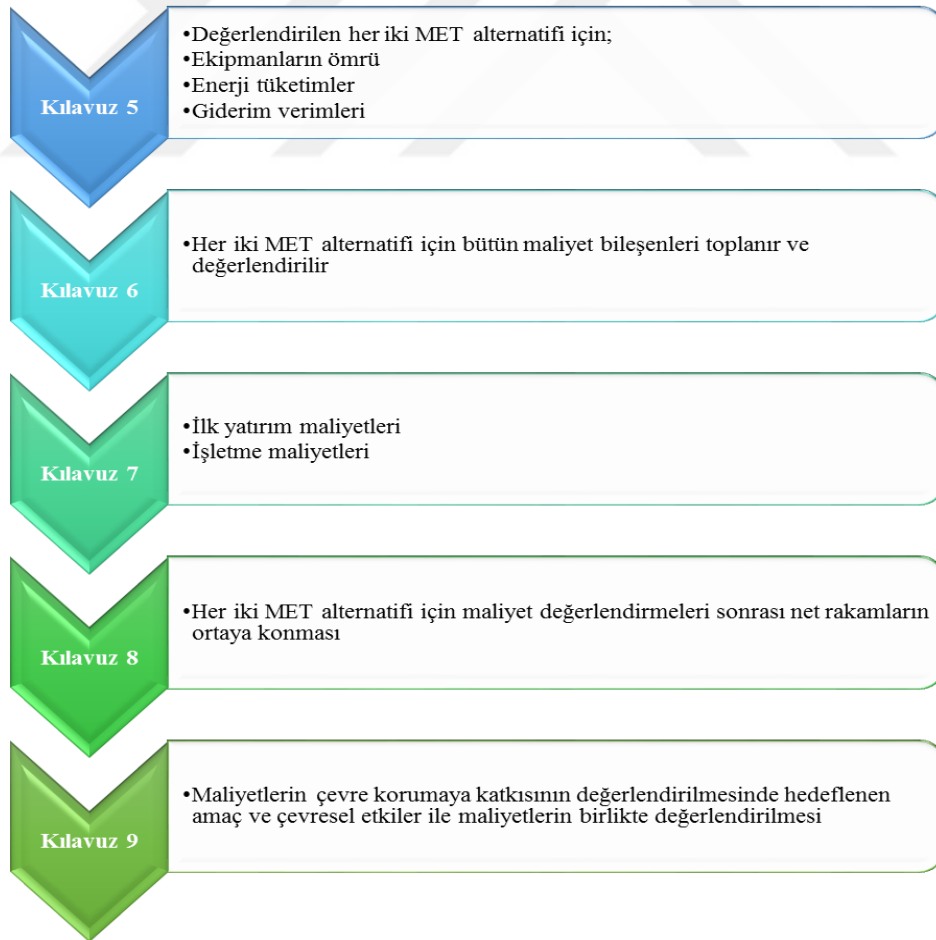
Her iki yöntemde enerji kaynağı olarak elektrik kullanılmaktadır. Çapraz medya etkilerinin yedi kategoride hesaplanmasında, doğrudan etkilere ilişkin olarak Bref Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Dökümanı'nın eklerinde yer alan tablolarda tuzluluğu ifade edebilecek (iletkenlik vs) herhangi bir parametre bulunmamaktadır. Bu nedenle kıyaslama yapılırken her iki yöntemin de indirekt etkileri kıyaslanmıştır. Bref Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Dökümanı'na göre yapılan hesaplamalarda, daha yüksek enerji tüketimine neden olan seçeneğin, söz konusu yedi etki kategorisinde de etkisi daha

yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle 1. yöntemdeki çevresel etkiler daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Çevresel açıdan düşünüldüğünde, kirlilik oluştuktan sonra boru sonu tekniklerle gidermeye çalışmaktan ziyade kirliliğin kaynağında önlenmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde genellikle çevresel problemlere bakış açısı yüksek maliyet gerektirmeyen ve zorunluluktan ötürü yapılması gerekenlerin uygulanması şeklindedir. Artan çevre kirliliği, bakış açısının ve çevresel sorunların çözümüne yaklaşımın değişmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle yatırımların planlama aşamasında MET'lere uyumlu teknolojileri ve teknikler içermesi sağlanmalıdır.

#### 4.5. MET Alternatiflerinin Maliyetlerinin Hesaplanması

MET Alternatiflerinin Maliyetinin Hesaplanması prosedürü Şekil 4.10'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Maliyet analizi prosedürünün akım şeması (AB Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006).

**- Alternatif seçeneklerin kapsamı ve tanımlanması:**

1. **MET:** Yıkama işleminden önce mekanik sallama ekipmanları ile post ve derideki gevşek tuzun silkelenerek uzaklaştırılması,
2. **MET:** Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı (soğutma vb. ile koruma)

Her iki MET seçeneği de atıksudaki iletkenliğin düşürülmesini hedeflemektedir. Deri işleme sektörü için yayımlanan AB MET Referans Dökümanında da söz konusu MET'ler için emisyonlar ve uygulama koşullarına yönelik bilgiler de yer almaktadır.

Şekil 4.10'da belirtildiği gibi ekipmanların kullanım ömürleri, enerji tüketimleri ve alternatiflerin giderim verimleri belirtilmelidir. Her iki yöntemin enerji tüketimleri ve tuz giderme verimleri belirtilmelidir. Enerji tüketimleri Bölüm 4.3'te hesaplanmıştır. Emisyonların kıyaslanmasında, iki MET yöntemin her tuz giderme verimi kıyaslanmasında hedeflenen su kalite kriterleri sağlanabilmektedir.

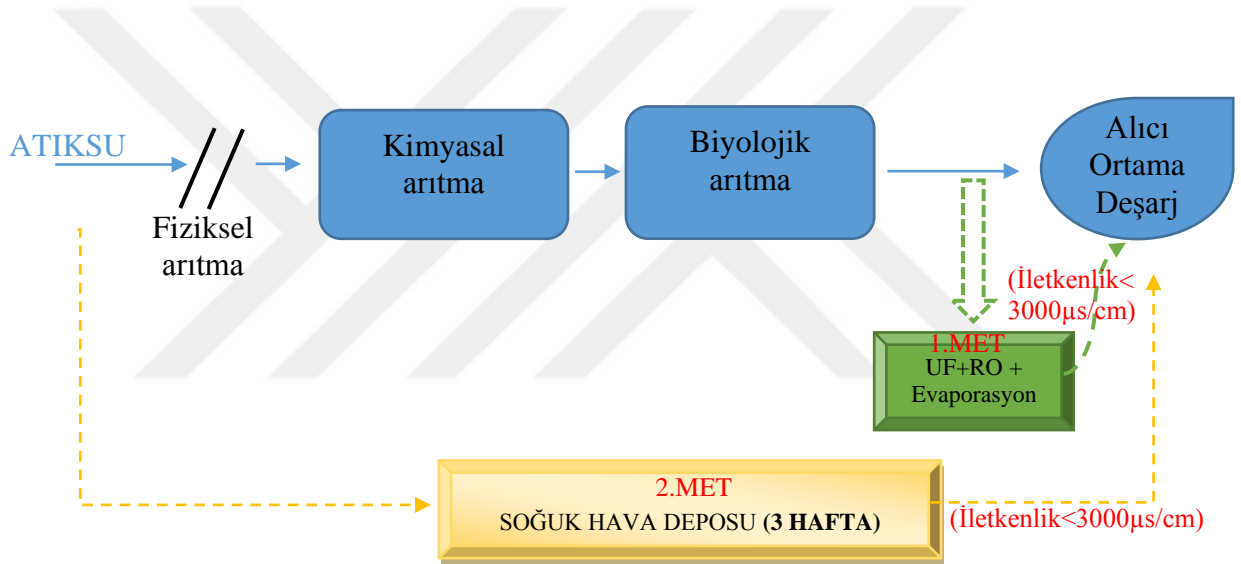
AAT'lerin çıkış suyunda 20.03.2010 tarihli ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan II. Sınıf su kalite kriterlerini (iletkenlik<3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) sağlayabilmek için yapılması gereken ilk yatırım ve işletme maliyetleri 1000m<sup>3</sup>/gün atıksuyu oluşan bir tesis için hesaplanmıştır. Derilerin soğutulmuş muhafazasında (2. yöntem) tuz içeriğinde %100'e varan azalma sağlanmaktadır (BREF, Deri Sektörü, 2013).

Arıtılmış atıksuların alıcı ortama deşarjında iletkenlik parametresi, özellikle sulama suyu olarak kullanılan alıcı ortamların kalitesini bozmaktadır. Deri endüstrisi atıksularında iletkenlik değerleri çok yüksek tespit edilmekte ve 40.000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  değerlerine kadar çıkabilmektedir. İletkenliğin konvansiyonel arıtma prosesleri ile arıtılması mümkün olmayıp; bu atıksuların boru sonu tekniklerle arıtımında bir ileri arıtma sistemi olan membran proses (Ters Ozmoz) kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

1. Yöntemin kullanılması sırasında tuz giderme veriminde ancak %15 lik bir giderim verimi elde edilmektedir (UNIDO, 2001). Atıksu arıtma tesisi çıkışında iletkenlik parametresi için hedeflenen değerler sağlanamamakta ve alıcı ortam kalitesinin iyileştirilebilmesi için tek başına 1. yöntemin kullanımı yeterli olmamaktadır. 1. yöntemin kullanılması durumunda; iletkenlik parametresi için atıksu arıtma tesisi çıkışında hedeflenen değerlere ulaşılamamakta ve alıcı ortama deşarjdan önce mutlaka bir ultrafiltrasyon (UF), ters ozmoz (RO) ve evaporasyon sistemi kurulması

gerekmektedir. RO sistemi sonrası iletkenlik değerleri çok düşük değerlere düşmektedir. Su kaynaklarımızda II. Sınıf su kalitesine ulaşılması için, atıksu arıtma tesisi çıkışına UF, RO, Evaporasyon sistemi kurulumu tasarlanmış, gerekli ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Ülkemizde münferit deri işleme tesislerden kaynaklanan atıksuların alıcı ortama deşarjında, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 12’de yer alan deşarj standartları uygulanmaktadır. Söz konusu deşarj standartları mevcut durumda ancak fiziksel+kimyasal+biyolojik arıtma ile sağlanabilmektedir. Bu nedenle ultrafiltrasyon ve ters ozmoz kurulumu, halihazırda atıksularını Tablo 12’de yer alan deşarj standartlarını sağlamak üzere arıtma yaptıktan sonra alıcı ortama veren münferit sanayi tesisi ( $Q=1000\text{m}^3/\text{gün}$ ) için; arıtma tesisi sonuna konulacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Münferit Deri İşleme Tesisi Atıksu Arıtımı Akım şeması

#### - Maliyet verilerinin toplanması ve doğrulanması:

1. **MET:** Yıkama işleminden önce mekanik sallama ekipmanları ile post ve derideki gevşek tuzun silkelenerek uzaklaştırılması,
2. **MET:** Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı (soğutma vb. ile koruma)

1. MET alternatifinde belirtilen mekanik sallama ekipmanı kullanımı ülkemizdeki deri işleme tesislerinde uygulanmamaktadır. Mekanik sallama ekipmanı kullanımı ile atıksudaki tuz içeriğinde yalnızca %15’lik bir azalma sağlanabildiği

bilimsel çalışmalarda belirtilmekte olup (UNIDO, 2001); atıksudaki iletkenlik seviyesinde hedeflenen değerlere ulaşılamamakta ve bu alternatifin uygulanması durumunda, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerine sahip bir atıksu arıtma tesisi çıkışına UF+RO + Evaporasyon sistemi kurulumu gerekmektedir.

2. Yöntem için ise soğutucunun kullanacağı sürekli bir elektrik enerjisi olacaktır. Soğutulan deri maksimum 3 hafta muhafaza edilebilmektedir (2°C). Bu sebeple 2. yöntemde yılda yaklaşık 4000 ton/gün deri işleyen bir tesisin soğuk muhafaza uygulaması durumunda yaklaşık 3 haftalık bir koruma süresinde derilerin depolanacağı depo hacmi hesaplanmış olup; endüstriyel soğuk hava depo kurulumu yapan firmalardan temin edilen bilgiler ile hesaplanan depo hacmine uygun endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu sonrası günlük ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

#### **- Maliyet bileşenlerinin tanımı:**

Atıksudaki iletkenlik probleminin çözümünde 1. MET alternatifinin uygulanması durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumunun yanı sıra AAT'lerin çıkış suyunda 20.03.2010 tarihli ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan II. Sınıf su kalite kriterlerini (iletkenlik<3000 µs/cm) sağlayabilmek için tesise ait atıksu arıtma tesisi sonuna yapılması gereken UF+RO+Evaporasyon sistemi kurulumu için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmış, 2. MET alternatifinin uygulanması durumunda ise derilerin tuz kullanmadan soğuk hava depolarında 3 hafta muhafazası için ilk yatırım ve işletme maliyetleri 4000 ton/yıl deri işleme kapasitesine sahip bir tesis için hesaplanmıştır. 4,000 ton/yıl deri işleyen tesiste günde yaklaşık 10 ton deri işlenmekte ve 1,000 m<sup>3</sup>/gün atıksu oluşmaktadır (AB Deri BREF, 2013).

Çalışmada hesaplanan ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin tamamı Euro para birimine çevrilmiştir.

#### ***1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı yatırım maliyeti: 15,000 Euro
- ✓ İşletme maliyeti hesabı (50 kW\*8 saat=400 kWh/gün (Mekanik sallama ekipmanı günlük enerji tüketimi):

Birim elektrik tüketim fiyatı: 0.63 TL/kWh (EPDK, 2021)

400 kWh\*0.63 TL/kWh= 252 TL (günlük)= 25.3 Euro

Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 50 Euro olarak belirlenmiştir.

- ✓ Mevcut AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (1,000m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün) = 720.5 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=850,000 USD = 723.543 Euro
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018) =0,38 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 450 USD/gün = 381.5 Euro/gün

## ***2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

2.yöntemde 2,000 m<sup>3</sup> kapasiteli bir endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

- ✓ Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL (200-300 Euro) arasında değişmektedir.
- ✓ İşletme maliyeti hesabı (Günlük 1,200 kWh elektrik tüketimi)

2,000 m<sup>3</sup> depo kurulumu için depo maliyeti; 4,4 milyon TL ile 6 Milyon TL (0.44-0.6 milyon Euro) arasında değişmektedir. Bu maliyet hesabına deponun kurulum ve inşaa maliyeti ile arsa maliyeti de dahil edilerek toplam maliyet hesaplanmıştır.

İşletme maliyeti hesaplamasında; 2,000 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık 1,200 kWh enerji gerektiği Bölüm 4.3'te hesaplanmıştır.

$$50 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 1200 \text{ kWh}$$

$$1,200 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 756 \text{ TL/gün} = 75.9 \text{ Euro/gün}$$

### **- Maliyet bilgilerinin işlenmesi ve sunulması**

Toplam ilk yatırım ve işletme maliyetleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. İşletme maliyetleri enerji tüketimi, ekipman bakım/onarım masraflarını da içermektedir.



**Çizelge 4.15.** Her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| <b>1. Yöntem<sup>a</sup></b>                                 |  |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| <b>Proses</b>  | <b>İlk Yatırım Maliyeti (Euro)</b>                   | <b>İşletme Maliyeti (Euro/gün)</b> |
| Mekanik sallama ekipmanı                                     | 15,000   | 50                                 |
| AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon                               | 723,543  | 381.5                              |
| <b>Toplam</b>  | <b>735,543</b>                                       | <b>431.5</b>                       |
| <b>2. Yöntem<sup>b</sup></b>                                 |  |                                    |
| Endüstriyel Soğuk Hava Deposu Kurulumu (2000m <sup>3</sup> ) | Depo:450,000-600,000<br>Arsa: 50,000<br>İnşaa:20,000 | 75.9                               |
| <b>Toplam</b>  | <b>520,000-670,000</b><br><b>Ort:600,000</b>         | <b>75.9</b>                        |

a: mekanik sallama+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu

### - Maliyetlerin Çevre Korumaya Katkısı

Bu aşamada MET alternatiflerinin amacının şeffaf bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Çalışmada karşılaştırma yapmak üzere seçilen her iki MET seçeneği de atıksudaki tuzluluğun (iletkenliğin) giderilmesini hedeflemektedir. 1. yöntemde boru sonu olarak nitelendirebileceğimiz bir teknik uygulanırken, 2. yöntem kirliliğin kaynağında önlenmesi prensibine dayanmaktadır.

Atıksudaki iletkenlik emisyonunu azaltmak üzere 1. MET seçeneğinin kullanılması sırasında tuz giderme veriminde ancak %15 lik bir giderim verimi elde edilmektedir (UNIDO, 2001). Atıksu arıtma tesisi çıkışında iletkenlik parametresi için hedeflenen değerler sağlanamamakta ve alıcı ortam kalitesinin iyileştirilebilmesi için tek başına 1. MET'in kullanımı yeterli olmamaktadır. 1. MET'in kullanılması durumunda; iletkenlik parametresi için atıksu arıtma tesisi çıkışında hedeflenen değerlere ulaşılamamakta ve alıcı ortama deşarjdan önce mutlaka bir UF+RO+ Evaporasyon sistemi kurulması gerekmektedir. Su kaynaklarımızda II. Sınıf su kalitesine ulaşılması için, atıksu arıtma tesisi çıkışına ters ozmoz sistemi kurulumu tasarlanmış, gerekli ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

1. MET alternatif için, mekanik sallama ekipmanı yatırım maliyeti anket sonucundan elde edilmiş olup; atıksu arıtma tesisi çıkışında hedeflenen iletkenlik değerine ulaşmak için tek başına mekanik sallama ekipmanı kurulumu yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, ters ozmoz sistemi maliyeti de hesaplanarak maliyete ilave edilmiştir.

2. yöntemde soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri; endüstriyel soğuk hava depoları kurulumu yapan firmalardan temin edilmiştir. Maliyet hesabında, deponun kurulum, inşaa ve arsa maliyeti toplam olarak hesaplanmıştır.

Her iki yöntemin de uygulanması sonucu, iletkenlik parametresi için atıksuda hedeflenen emisyon değerlerine ulaşılabilir.

Derilerin farklı yöntemlerle muhafazası konusunda yapılan uluslararası bilimsel çalışmaların tamamında, geleneksel tuzla kürlenerek muhafaza edilen işlenmiş deriler ile daha temiz koruma teknikleri ile muhafaza edilerek işlenen deri kaliteleri arasında ciddi farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Tuzsuz muhafaza yöntemlerinin en önemli avantajlarından bir tanesi de deri işleme prosesinde su tüketiminin yarı yarıya azalmasıdır.

#### **4.6. Sektörel Uygulanabilirliğin Değerlendirilmesi**

Ülkemizde deri işleme tesislerinin tamamında, 6 aydan 1 yıla kadar uzayabilen uzun saklama koşulları nedeniyle deriler tuzla kürlenerek muhafaza edilmektedir. Derilerin tuzla muhafaza edilmeden soğuk hava depolarında saklanması suretiyle korunması olarak sunulan 2. yöntem tesisler tarafından uygulanabilir görülmemektedir. Derilerin kürlenme yönteminin değiştirilerek en başta tuz kullanımından kaçınılarak kirliliğin kaynağında önlenmesini esas alan MET alternatifi, geleneksel yöntemlerin dışında bir alternatif sunduğundan tesisler tarafından daha az uygulanabilir görülmektedir. Ancak BREF dökümanında yer alan 1. MET seçeneği, mekanik ekipman vasıtasıyla derideki gevşek tuzun silkelenerek uzaklaştırılmasını içermekte ve deri tesisleri tarafından derilerin taze kürlenmesi yöntemine kıyasla mekanik ekipman kullanımı uygulanabilir görülmektedir. Oysa ki, yüksek tuzluluk içeren deri endüstrisi atıksularının neden olduğu çevresel kirliliğin önlenmesinde mekanik ekipman tek başına yeterli olmayıp, mutlaka arıtma tesisi sonuna tuzluluğu giderebilecek bir ters ozmoz sistemi kurulmalıdır. Deri işleme tesislerinin daha uygulanabilir gördükleri seçenek tek başına tuzluluğun giderilmesinde yeterli olmadığından, ters ozmoz sistemi kurulumu vs yöntemler için içerisine girdiğinde sektörün bu yatırımlara sıcak bakmayacağı ve yüksek ilk yatırım, işletme maliyetlerinin yanısıra ters ozmoz sisteminin işletme problemleri de dahil edildiğinde, şimdiye kadar ülkemizde uygulanmamış olan muhafaza yönteminin değiştirilmesi seçeneğine olumlu bakacağı düşünülmektedir.

Sektörün temiz üretim çalışmalarında fiilen görev alması ve sektörel farkındalığın artırılması temiz üretim uygulamalarının en önemli adımıdır. Bu nedenle uzun vadede söz konusu MET önlemlerinin getireceği çevresel ve ekonomik faydalara dikkat çekilmelidir. Uygulanabilirliğin sağlanabilmesi için önemli adımlardan biri olan ulusal teşvik mekanizmalarının sağlanması, sektörel uyum kabiliyetinin artırılmasına olumlu katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, İletkenlik parametresinin atıksu arıtma tesisi çıkışında izlenmesi durumu söz konusu olduğunda, tesisler tarafından her iki yöntemin de uygulanabilirliğine yönelik yapılması gereken fizibilite çalışmasına katkı sağlayacaktır. Tuzluluğun giderimi ile ilgili bir zorunluluk oluşması durumunda, tesisler tarafından maliyet ve çevresel yönler dikkate alınarak her iki MET alternatifi için detaylı çalışmalar yapılması gerekecektir. Tesisler tarafından fazladan maliyet getirecek her durum, çevresel katkısına bakılmaksızın uygulanamaz olarak görülmekte ve ifade edilmektedir. Çevresel problemlerin çözümünde, yalnızca zorunluluk durumlarında değil, çevreye olan saygı çerçevesinde birtakım konularda yenilikçi yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Saha ziyaretlerinden edinilen tecrübeler göstermiştir ki, özellikle Avrupa Birliği ülkelerine ihracat yapan firmalarda, ham maddeden mamul aşamasına kadar her adımda çevreyi korumak ve kirletmemek adına temiz üretimle ilgili birçok uygulama halihazırda gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalar çoğu işletmede her ne kadar parasal getirisi üzerinden şekillense de bazı duyarlı tesisler tarafından gönüllü temiz üretim çalışmalarının yapılması son derece önem arz etmektedir.

#### **4.7. MET'lerin Karşılaştırılması ve En İyi Seçeneğin Belirlenmesi**

MET alternatifleri kıyaslanırken her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri ile giderim verimleri karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.16). 2.yöntemin işletme ve ilk yatırım maliyetlerinin 1. yöneme kıyasla daha düşük olduğu, giderim veriminin ise daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.16. MET alternatifleri maliyet ve giderim verimlerinin karşılaştırılması

| MET alternatifleri | Tuzluluk giderimi | İlk Yatırım Maliyeti (Euro) | İşletme Maliyeti (Euro/gün) | Günlük Enerji Tüketimi (kWh) | İlk Yatırım ve 20 Yıllık İşletme Maliyeti Toplamı (Euro)* |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|
| 1. Yöntem          | %90               | 735,543                     | 431.5                       | 1,800                        | 5,252,018   |
| 2. Yöntem          | %99               | 600,000                     | 75.9                        | 1,200                        | 1,394,439   |

\* Yıllık Euro faiz oranı yaklaşık %3 alınmıştır.

Son olarak her iki yöntemdeki tüm avantaj ve dezavantajlar göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapılmıştır. MET alternatiflerinin avantaj ve dezavantajları Çizelge 4.17’de sunulmuştur.

Çizelge 4.17. MET alternatiflerinin avantaj ve dezavantajları

|            | 1. YÖNTEM <sup>a</sup>   | 2. YÖNTEM <sup>b</sup>   |
|------------|--|--|
| AVANTAJ    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Derilerin tuzla kürlenmesi/muhafazası uzun süreli bir koruma yöntemidir.</li> <li>✓ Atıksu arıtma tesisi çıkışına kurulan ters ozmoz sistemi ile çıkış atıksuyunda iletkenlik parametresinde hedeflenen emisyon değerleri sağlanır.</li> <li>✓ Sektörel uygulanabilirliği 2. yönetime göre daha kolaydır.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Atıksuda iletkenlik parametresinde hedeflenen emisyon değerleri sağlanır.</li> <li>✓ Deri işlemede ıslatma aşamasında su kullanımı yarı yarıya azalır.</li> <li>✓ ıslatma aşamasında tuz oluşmaz.</li> <li>✓ İşletme maliyeti daha düşüktür.</li> <li>✓ Bu yöntemle işlenen derilerin kalitesi daha iyidir; daha yumuşaktırlar ve daha düzenli boyun parçalarına sahiptirler, işlenmesi çok daha kolaydır.</li> <li>✓ İşlenmiş deri kalitesinde %1 - 1.5 daha iyi verim elde edilir.</li> <li>✓ Kirliliğin kayağında önlenmesi prensibine dayanır.</li> <li>✓ Derilerin soğuk depolarda muhafazası sayesinde koku problemi de ortadan kalkar.</li> <li>✓ İşletme problemi 1.yönteme göre daha azdır.</li> </ul> |
| DEZAVANTAJ | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Toplam ilk yatırım maliyeti 2. yönetime göre daha yüksektir.</li> <li>✓ Ters Ozmoz (RO) prosesi işletme maliyeti 2. yönetime kıyasla daha yüksektir.</li> <li>✓ Mekanik ekipmanların bakım/onarım periyodu daha kısadır.</li> <li>✓ Membran proses (RO) işletme problemleri, membran tıkanması ve konsantrasyon akım bertaraf problemi önemli sorunlardır.</li> <li>✓ Boru sonu arıtma prensibine dayanır.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Derilerin saklama/muhafaza süresi kısadır (3 hafta)</li> <li>✓ Taşıma maliyetleri, soğutmalı birimlerin maliyeti nedeniyle daha yüksek olabilir.</li> <li>✓ Kesimhane tabakhaneye nispeten yakın olmalıdır.</li> <li>✓ Konvansiyonel deri kürlenme metodu (tuzla kürlenme) kullanılmadığından sektörel uyum kabiliyeti daha düşüktür.</li> </ul>  |

<sup>a</sup> 1. Yöntem: İletkenliğin giderimi için; derilerin tuz kullanılarak muhafaza edilmesi durumunda, AAT çıkışı UF+RO + Evaporasyon kurulumu

<sup>b</sup> 2. Yöntem: iletkenliğin giderimi için derilerin tuzsuz soğuk hava deposunda muhafaza edilmesi

2. yöntem, yatırım ve işletme maliyetlerinin daha düşük olması, işletme problemlerinin daha az olması, deri sektöründe önemli problemlerden biri olan koku

problemini de ortadan kaldırması, su kullanımında yarı yarıya varan bir azalma sağlanması ve en önemlisi temiz üretimin temel mantığı olan kirliliği kaynağında önlemesi prensibine dayanması sebebiyle tercih edilen MET alternatifidir.

#### 4.8. Senaryolar

AB MET Referans Dökümanında derilerin soğutularak 3 haftaya kadar muhafaza edilebileceği ifade edilmektedir. Ancak ülkemizdeki deri tesislerinin mevcut yapısı ve ham deri temin süreleri göz önüne alındığında söz konusu süreye riayet edilemeyeceği ihtimalinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Ülkemizde değişen kapasitelerde çalışan ve farklı sürelerde derileri depolayarak muhafaza eden tesisler göz önünde bulundurularak farklı senaryolara göre maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

Senaryolar; deri işleme tesislerinin farklı kapasiteleri, atıksu debileri, ham derilerin depolarda değişen sürelerde muhafaza edilmesi hususları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Ham derilerin soğuk hava depolarında saklama sürelerinin artması durumunda ilave koruyucu kimyasal kullanımı kaçınılmazdır.

Senaryolar belirlenirken, ülkemizdeki atıksu altyapı yönetimlerinin yapısı, 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayanılarak çıkartılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'nde belirlenen atıksu altyapı tesisi tanımlarına göre görev, yetki, sorumluluklar çerçevesinde tüm bileşenler dikkate alınmış olup; münferit sanayi tesisi veya Organize Sanayi Bölgesinde yer alan tesisler için farklı arıtma kademelerine sahip olan atıksu kaynaklarının mevcut durumu da göz önünde bulundurulmuştur.

Ülkemizdeki deri tesislerinin mevcut yapısı ve ham deri temin süreleri göz önüne alındığında söz konusu süreye riayet edilemeyeceği ihtimalinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle uzun depolama sürelerinde derilerin muhafaza edilmesi durumu ve ülkemizdeki atıksu altyapı yönetimlerinin mevcut yapısı da göz önünde bulundurularak farklı senaryolar için tez çalışması kapsamında kıyaslanan MET alternatiflerine yönelik ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

**1. Senaryoda;** 4,000 ton/yıl kapasitede çalışan münferit bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerini içeren atıksu arıtma tesisinde yaklaşık 1,000 m<sup>3</sup>/gün atıksuyun arıtılarak alıcı ortama deşarj edildiği varsayımı ile, atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen derilerin

işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra atıksu arıtma tesisi çıkışına ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda koruyucu kimyasal ile muamele edilerek 6 ay süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**2. Senaryoda;** 1,200 ton/yıl kapasitede çalışan münferit bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerini içeren atıksu arıtma tesisinde yaklaşık 300 m<sup>3</sup>/gün atıksuyun arıtılarak alıcı ortama deşarj edildiği varsayımı ile, atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen derilerin işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra atıksu arıtma tesisi çıkışına ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda 3 hafta süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**3. Senaryoda;** 1,200 ton/yıl kapasitede çalışan münferit bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerini içeren atıksu arıtma tesisinde yaklaşık 300 m<sup>3</sup>/gün atıksuyun arıtılarak alıcı ortama deşarj edildiği varsayımı ile, atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen derilerin işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra atıksu arıtma tesisi çıkışına ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda koruyucu kimyasal ile muamele edilerek 6 ay süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**4. Senaryoda;** Deri İhtisas OSB'ye ait fiziksel kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerini içeren atıksu arıtma tesisinde yaklaşık 10,000 m<sup>3</sup>/gün atıksuyun arıtılarak alıcı ortama deşarj edildiği varsayımı ile, atıksu arıtma tesisi çıkışına ters ozmoz kurulumu için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**5. Senaryoda;** 1,200 ton/yıl kapasitede çalışan bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirilerek OSB veya Belediye kanalına deşarj edilen yaklaşık 300 m<sup>3</sup>/gün atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen derilerin işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra fiziksel arıtma sonrasına; kimyasal arıtma, biyolojik arıtma ve ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda 3 hafta süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**6. Senaryoda;** 1,200 ton/yıl kapasitede çalışan bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirilerek OSB veya Belediye kanalına deşarj edilen yaklaşık 300 m<sup>3</sup>/gün atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen

derilerin işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra fiziksel arıtma sonrasına; kimyasal arıtma, biyolojik arıtma ve ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda koruyucu kimyasal ile muamele edilerek 6 ay süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**7. Senaryoda;** 4,000 ton/yıl kapasitede çalışan bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirilerek OSB veya Belediye kanalına deşarj edilen yaklaşık 1,000 m<sup>3</sup>/gün atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen derilerin işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra fiziksel arıtma sonrasına; kimyasal arıtma, biyolojik arıtma ve ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda 3 hafta süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır.

**8. Senaryoda;** 4,000 ton/yıl kapasitede çalışan bir deri tesisi için, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirilerek OSB veya Belediye kanalına deşarj edilen yaklaşık 1,000 m<sup>3</sup>/gün atıksudaki iletkenliğin giderimi için, ilk alternatif olarak, tuzla muhafaza edilen derilerin işlenmesi durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumu yanı sıra fiziksel arıtma sonrasına; kimyasal arıtma, biyolojik arıtma ve ters ozmoz kurulumu veya ikinci alternatif olarak derilerin soğuk hava deposunda koruyucu kimyasal ile muamele edilerek 6 ay süre ile muhafaza edilmesi için gerekli maliyetler hesaplanmış ve kıyaslanmıştır. Senaryolara ilişkin özet durumu gösteren bilgiler Çizelge 4.18'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.18. 1.ve 2. yöntem için senaryolar

| Senaryo       | Q (m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi                                  | 1. Yöntem (Tuzla kürlenme)               | 2. Yöntem (Soğuk depolama) |                |
|---------------|-------------------------|--|--|----------------------------|----------------|
|               |                         |  | İlave arıtma prosesi                     | Muhafaza süresi            | İlave kimyasal |
| Tez çalışması | 1000                    | Münferit tesis (Fiziksel+kimyasal+ biyolojik arıtma)   | UF+RO + Evaporasyon                      | 3 hafta                    | ---            |
| Senaryo 1     | 1,000                   | Münferit tesis (Fiziksel+kimyasal+ biyolojik arıtma)   | UF+RO + Evaporasyon                      | 6 ay                       | kimyasal       |
| Senaryo 2     | 300                     | Münferit tesis (Fiziksel+kimyasal+ biyolojik arıtma)   | UF+RO + Evaporasyon                      | 3 hafta                    | --             |
| Senaryo 3     | 300                     | Münferit tesis (Fiziksel+kimyasal+ biyolojik arıtma)   | UF+RO + Evaporasyon                      | 6 ay                       | kimyasal       |
| Senaryo 4     | 10,000                  | Deri İhtisas OSB (Fiziksel+kimyasal+ biyolojik arıtma) | UF+RO + Evaporasyon                      | ---                        | --             |
| Senaryo 5     | 300                     | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj)  | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 3 hafta                    | --             |
| Senaryo 6     | 300                     | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj)  | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 6 ay                       | kimyasal       |
| Senaryo 7     | 1,000                   | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj)  | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 3 hafta                    | --             |
| Senaryo 8     | 1,000                   | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj)  | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 6 ay                       | kimyasal       |

#### 4.8.1. Senaryo 1

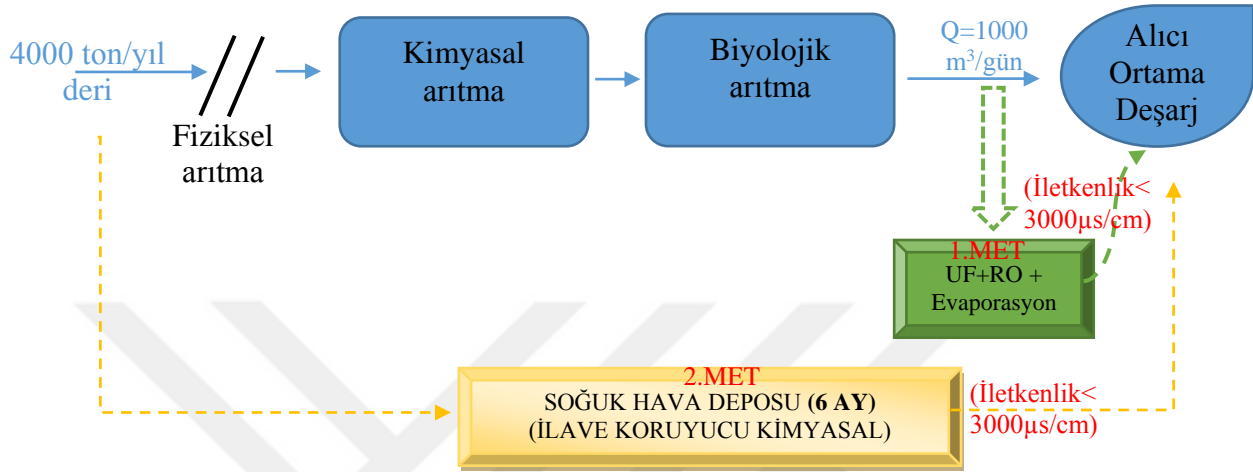
Ülkemizde münferit deri işleme tesislerden kaynaklanan atıksuların alıcı ortama deşarjında, SKKY Tablo12’de yer alan deşarj standartları uygulanmaktadır. Söz konusu deşarj standartları mevcut durumda ancak fiziksel+kimyasal+biyolojik arıtma ile sağlanabilmektedir. Bu nedenle senaryonun gerçeğe en yakın şekilde verileri yansıtması hedeflendiğinden, mevcut durumdaki uygulama üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. 1. Senaryo için; Yılda 4000 ton deri işleyen (büyük ölçekte) bir münferit sanayi tesisinden kaynaklanan 1000 m<sup>3</sup>/gün’lük atıksu, tesise ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirildikten sonra SKKY Tablo 12’de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Senaryo 1

| Senaryo   | Kapasite     | Q (m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi                   | 1. MET (Tuzla kürlenme)                         | 2. MET (Soğuk depolama) |                         |
|-----------|--------------|-------------------------|---|---|-------------------------|-------------------------|
| Senaryo 1 | 4000 ton/yıl | 1,000                   | Münferit (Fiziksel+kimyasal+ biyolojik) | Mekanik sallama+ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon | Süre: 6 ay              | İlave Koruyucu Kimyasal |



AB MET Referans Dokümanında tüm deri türleri için birim atıksu miktarı yer almakta olup; birim ürün başına oluşan atıksu miktarı ortalama  $100 \text{ m}^3/\text{ton}$  kabul edilmiştir. 4,000 ton/yıl deri işleyen tesiste günde yaklaşık 10 ton deri işlenmekte ve  $1,000 \text{ m}^3/\text{gün}$  atıksu oluşmaktadır (AB Deri BREF, 2013). 1. Senaryo akım şeması Şekil 4.12’de sunulmaktadır.



Şekil 4.12. Senaryo 1 Akım Şeması

Bu tez çalışması kapsamında en iyi MET seçeneğini belirlemek üzere kıyaslama yapılan 2 MET alternatifinden 1.MET seçeneği: derilerin tuzlanarak kürlenmesi sonrası emisyonların azaltılması, 2. MET seçeneği ise derilerin tuz kullanılmadan fiziksel koruma/muhafaza yöntemlerinden biri olan soğutma tekniği ile kürlenmesi ile tuz kullanımından tamamen kaçınılması esasına dayanmaktadır.

Seçilen iki alternatif kıyaslama yapılırken 1. MET alternatifinde belirtilen mekanik sallama ekipmanı kullanımı ülkemizdeki deri işleme tesislerinde uygulanmamaktadır. Mekanik sallama ekipmanı kullanımı ile atıksudaki tuz içeriğinde yalnızca %15’lik bir azalma sağlanabildiği bilimsel çalışmalarda belirtilmekte olup (UNIDO, 2001); atıksudaki iletkenlik seviyesinde hedeflenen değerlere ulaşamamakta ve bu alternatifin uygulanması durumunda, fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerine sahip bir atıksu arıtma tesisi çıkışına UF+RO+ Evaporasyon sistemi kurulumu gerekmektedir.

2. alternatif olan “Taze (tuzlanmamış) post ve derilerin kullanımı” seçeneği, taze derilerin tuz kullanılmadan başka fiziksel/kimyasal yöntemlerle korunması/ muhafazasını içermektedir. Bu bölümde derilerin fiziksel koruma yöntemlerinden biri olan “Soğutma” ile muhafaza edilmesi 2. MET alternatifi olarak seçilmiştir.

Her iki MET seçeneği de deri işleme sektöründe derilerin kürlenmesi aşamasında yüksek oranda kullanılan tuzun ıslatma kademesinde atıksulara karışarak alıcı ortamda çok büyük problem teşkil eden ve atıksu arıtma tesislerinde giderilemeyen iletkenlik içeriğinin düşürülmesini hedeflemektedir.

1. Senaryoda, yılda 4000 ton deri işleyen (büyük ölçekte) bir münferit sanayi tesisinde AB MET Sonuç Belgesi Dokümanında yer alan ve bu tez çalışmasında en iyi MET seçeneğini belirlemek üzere kıyaslama yapılan her iki MET alternatifini için maliyetler hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

1. Senaryoda, yılda 4000 ton deri işleyen (büyük ölçekte) bir münferit sanayi tesisinden kaynaklanan 1000 m<sup>3</sup>/gün atıksuyun, tesise ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirildikten sonra SKKY Tablo 12'de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edildiği kabul edilmiştir.

Tesiste, atıksudaki iletkenlik probleminin çözümünde 1. MET alternatifinin uygulanması durumunda AAT'lerin çıkış suyunda 20.03.2010 tarihli ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan II. Sınıf su kalite kriterlerini (iletkenlik<3000 µs/cm) sağlayabilmek için tesise ait atıksu arıtma tesisi sonuna yapılması gereken Ters Ozmoz+Evaporasyon sistemi kurulumu için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmış, 2. MET alternatifinin uygulanması durumunda ise derilerin tuz kullanmadan soğuk hava depolarında 6 ay muhafazası için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Soğuk depoda derilerin uzun süreli muhafazasında koruyucu kimyasal kullanımı kaçınılmazdır.

1. yöntemde: mekanik sallama ekipmanı kullanımı ve atıksu arıtma tesisi sonuna ters ozmoz+evaporasyon sistemi kurulumu hesaplamalarındaki maliyet verileri Bölüm 4.3'ten direk alınmıştır. 2. Yöntemde derilerin soğuk muhafazasında, Bölüm 4.3'te derilerin 3 hafta depolanacağı depo hacmi ve elektrik tüketimleri hesaplanmış olup; koruma süresinin 6 aya çıkması durumunda 24 hafta için hesaplamalar 8 kat çarpılarak yapılmıştır. Ayrıca 2.yöntem için ilave kimyasal kullanımı maliyeti de hesaplanmıştır.

Derilerin tuz kullanmadan farklı yöntemlerle muhafazasında farklı kimyasal içeren bileşikler ve yöntemler kullanılabilir. Bilimsel çalışmalarda birçok farklı yöntem araştırılsa da, tuz kullanmadan farklı kimyasal kullanımı, atıksuda farklı kimyasalların ve kirliliklerin oluşumuna neden olabileceğinden, atıksu yönetiminde problem teşkil etmeyecek koruyucu ürünlerin seçimi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, senaryolarda yer alan derilerin soğuk hava depolarında 6 ay korunmasına

yönelik hesaplamalarda ilave kimyasal olarak, çevre dostu ürünler olan silika jel ve neem yağı kullanımı tercih edilmiştir.

Silika jel; derideki kritik nem içeriğinin aşılmasını önleyen bir bakteriyostatik (bakteriyi öldürmeksizin büyüme ve üremesini yavaşlatma veya durdurma yeteneğine sahip olan) olarak post ve derilerin muhafazasında kullanılabilir. Etkin bir koruma için %15 oranında uygulanması gerekmektedir (Kanagaraj ve Babu 2002). Piyasada ticari olarak bulunan silika jel fiyatları değişkenlik göstermekle birlikte, kilogramı yaklaşık 100 tl olarak temin edilebilmektedir.

Derilerin tuzsuz muhafaza yöntemlerinden biri olarak geçmiş yıllardaki bilimsel araştırmalara konu olan neem ekstraktı/yağı; bitki özünden elde edilen bir ürün olup; hücre duvarlarını yok ederek bakteri ve mantar hücrelerini öldürebilme özelliğine sahiptir. Bu özelliği ile zararlılarla mücadele vb. gibi birçok alanda, bitkisel ve doğal bir alternatif olarak görülmekte ve uygulanmaktadır. Deri yüzeyine %1 oranında uygulanmakta ve derilerde 6 aya varan koruma sürelerine izin verebilmektedir (Özger ve ark., 2013). Ancak derilerin tuz kullanmadan muhafazasında; 6 aya varan uzun koruma sürelerinin, işlenmiş deri kalitesini bir miktar olumsuz etkileyebileceğinin göz önünde bulundurulması gereken hususlardan bir tanesi olduğu çalışmalarda bildirilmiştir (Kanagaraj ve Babu 2002).

### ***1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı yatırım maliyeti: 15,000 Euro
- ✓ İşletme maliyeti hesabı (50 kW\*8 saat=400 kWh/gün (Mekanik sallama ekipmanı günlük enerji tüketimi)  
Birim elektrik tüketim fiyatı: 0.63 TL/kWh (EPDK, 2021)  
400 kWh\*0.63 TL/kWh= 252 TL (günlük)= 25.3 Euro  
(1 EURO=9,96 TL)  
Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 50 Euro olarak belirlenmiştir.
- ✓ Mevcut AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (1,000m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün) = 720.5 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=850,000 USD = 723.543 Euro

- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018) =0,38 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 450 USD/gün = 381.5 Euro/gün

## 2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:

Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir. 16,000 m<sup>3</sup> depo hacmi için hesaplanan ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti de Tablo da sunulmaktadır.

16,000 m<sup>3</sup> iç oda hacmine sahip bir deponun 2°C’de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.16’da sunulmakta olup; elektrik tüketimi yaklaşık 400,000 Watt (400 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır. 16,000 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık işletme maliyeti hesaplamasında;

$$400 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 9,600 \text{ kWh}$$

$$9,600 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 6,048 \text{ TL/gün} = 607.5 \text{ Euro/gün}$$

Günlük yaklaşık 10 ton (2,000 adet) deri işlenen bir tesiste, 21 günde toplam yaklaşık 42.000 adet derinin depolanacağı kapasitede soğutuculu ortamda depo tasarımı Bölüm 4.3’te yapılmıştır. Depo süresinin 6 aya çıkması durumunda;

$$10 \text{ ton/gün} * 180 \text{ gün} = 1800 \text{ ton derinin depolanacağı bir depo hacmi.}$$

$$2,000 \text{ adet} * 6 \text{ ay} (180 \text{ gün}) = 360,000 \text{ adet deri depolanacağı bir depo hacmi} \\ (16,000 \text{ m}^3)$$

Kimyasal kullanımı hesaplamaları: Silika jel ve neem ekstraktı birim fiyatları ülkemizde faaliyet gösteren kimya firmalarından temin edilmiştir.

a) Silika jel kullanımı: %15 oranda kullanılması gerekmektedir.

$$1800 \text{ ton deriye uygulanması gereken silika jel miktarı } 1800 * (\%15) = 270 \text{ ton.}$$

$$270 \text{ ton} * 100 \text{ TL/kg} * 1000 \text{ kg/t} = 27 * 10^6 \text{ TL} = 2,712,000 \text{ Euro (6 Aylık maliyet)}$$

b) Neem ekstaktı: Deri yüzeyine %1 oranında uygulanması gerekmektedir.

$$1800 \text{ ton deriye uygulanması gereken neem ekstraktı miktarı } 1800 * (\%1) = 18 \text{ ton.}$$

$$\text{Neem yağı özgül ağırlık} \sim 0,9 \text{ g/cm}^3$$

$$18 \text{ ton neem ekstraktı} = 20 * 10^6 \text{ mL} = 20 \text{ milyon TL} = 2,009,000 \text{ Euro (6 Aylık maliyet)}$$

**Çizelge 4.20.** Senaryo 1 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| <b>1. Yöntem<sup>a</sup></b>                                    |   |                                    |
|---|---|------------------------------------|
| <b>Proses</b>   | <b>İlk Yatırım Maliyeti (Euro<sup>*</sup>)</b>                          | <b>İşletme Maliyeti (Euro/gün)</b> |
| Mekanik sallama ekipmanı  | 15,000  | 50                                 |
| AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon                                  | 723,543   | 381.5                              |
| <b>Toplam</b>   | <b>735,543</b>  | <b>431.5</b>                       |
| <b>2. Yöntem<sup>b</sup></b>                                    |   |                                    |
| Endüstriyel Soğuk Hava Deposu Kurulumu (16,000 m <sup>3</sup> ) | Depo:3,214,000-4,821,000<br>Arsa: <b>50,225</b><br>İnşaa: <b>50,225</b> | 607.5                              |
| Kimyasal/koruyucu kullanımı<br>Silika jel:<br>Neem ekstraktı:   | 2,712,000 (6 aylık)<br>2,009,000 (6 aylık)                              |                                    |
| <b>Toplam</b>   | <b>5,323,000-7,633,000</b><br><b>Ort: 6,000,000</b>                     | <b>607.5</b>                       |

a: mekanik sallama+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu+koruyucu kimyasal

\*1 Euro:9.95 TL

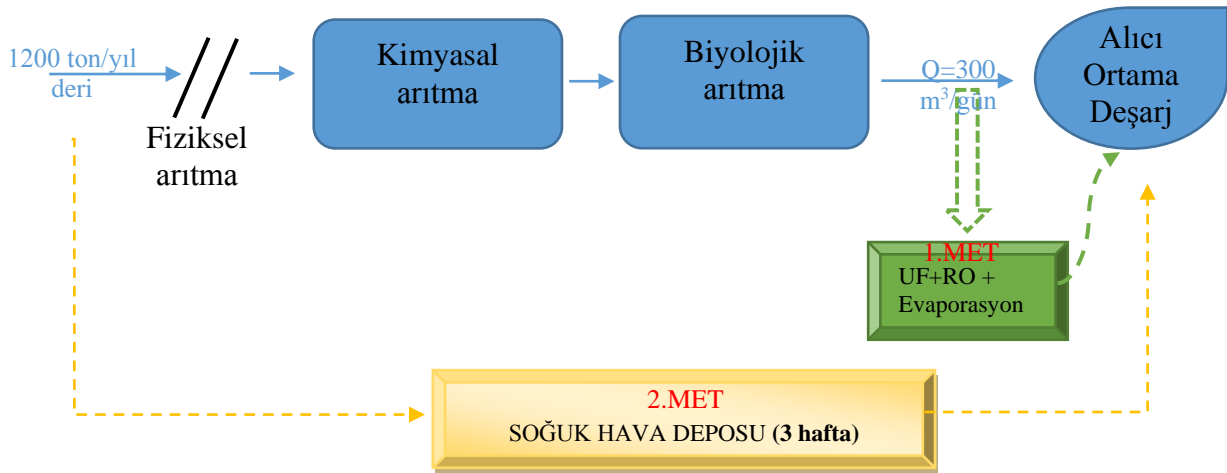
#### 4.8.2. Senaryo 2

2. Senaryo için; Yılda 1200 ton deri işleyen bir münferit sanayi tesisinden kaynaklanan atıksu, tesise ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirildikten sonra SKKY Tablo 12’de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21.** Senaryo 2

| <b>Senaryo</b> | <b>Kapasite</b> | <b>Q (m<sup>3</sup>/gün)</b> | <b>Mevcut arıtma prosesi</b>           | <b>1. MET (Tuzla kütleme)</b>                   | <b>2. MET (Soğuk depolama)</b> |
|----------------|-----------------|------------------------------|--|---|--------------------------------|
| Senaryo 2      | 1200 ton/yıl    | 300                          | Münferit (Fiziksel+kimyasal+biyolojik) | Mekanik sallama+ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon | Süre: 3 hafta                  |

2. Senaryoda yılda 1,200 ton deri işleyen bir münferit sanayi tesisinden kaynaklanan 300 m<sup>3</sup>/gün’lük atıksu, tesise ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirilerek SKKY Tablo 12’de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir. AB MET Referans Dokümanında tüm deri türleri için birim atıksu miktarı yer almakta olup; birim ürün başına oluşan atıksu miktarı ortalama 100 m<sup>3</sup>/ton kabul edilmiştir. 1,200 ton/yıl deri işleyen tesiste günde yaklaşık 3 ton deri işlenmekte ve 300 m<sup>3</sup>/gün atıksu oluşmaktadır (AB Deri BREF, 2013).



Şekil 4.13. Senaryo 2 Akım Şeması

Tesiste, atıksudaki iletkenlik probleminin çözümünde 1. MET alternatifinin uygulanması durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumunun yanı sıra AAT'lerin çıkış suyunda 20.03.2010 tarihli ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan II. Sınıf su kalite kriterlerini (iletkenlik<3000  $\mu\text{s/cm}$ ) sağlayabilmek için tesise ait atıksu arıtma tesisi sonuna yapılması gereken Ters Ozmoz+Evaporasyon sistemi kurulumu için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmış, 2. MET alternatifinin uygulanması durumunda ise derilerin tuz kullanmadan soğuk hava depolarında 3 hafta muhafazası için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

1. yöntemdeki mekanik ekipman, kapasite ve günlük çalışma süreleri dikkate alınarak, piyasada benzer işlevde çalışan makinaların tükettiği enerji sarfiyatları ile kıyaslanarak hesaplanmıştır. 1,200 ton/yıl deri işleyen tesiste, günde yaklaşık 3 ton (600 adet) deri işlenmektedir. Günde yaklaşık 600 adet deriyi silkeleyecek mekanik sallama ekipmanı tasarımı: 1. Yöntem için 1,200 ton/yıl kapasitede tek vardiya (8 saat) çalışan bir tesiste, günlük yaklaşık 3 ton deri (600 adet) işleneceği hesabından yola çıkılarak, 1 saatte yaklaşık 75 deriyi sallayabilecek bir mekanik ekipmanın harcayacağı elektrik tüketimi hesaplanır. 1. Yöntem için elektrik enerjisi hesabında bu değer 15 kW olarak kabul edilmiştir. Daha sonra tesis tek vardiya (8 saat) çalıştığı için enerji ihtiyacı 8 saat ile 365 gün çarpılarak yıllık enerji tüketimine çevrilir.

$$15 \text{ kW} \cdot 8 \text{ saat} = 120 \text{ kWh/gün}$$

1. Yöntemde mekanik sallama ekipmanı kullanımı ile atıksuda istenilen emisyon değerleri sağlanamamaktadır. Bu sebeple tuzla kürlenmiş derilerin, ıslatma aşamasına geçilmeden önce mekanik sallama ekipmanı ile tuz giderimi aşamasına, atıksu arıtma

tesisi sonunda alıcı ortama deşarjdan önce iletkenliğin hedeflenen emisyon değerlerine ulaşılabilmesini sağlayacak bir UF+RO + Evaporasyon sistemi tasarımı da ilave edilmiştir. UF+RO + Evaporasyon günlük enerji tüketimi hesabında, birim enerji tüketimi  $1,4 \text{ kWh/m}^3$  (ÇŞB MEMKON Projesi, 2018) kullanılarak,  $300 \text{ m}^3/\text{gün}$  kapasiteli AAT için hesaplanmıştır (Eşitlik 4.8). Büyükbaş ve küçükbaş hayvan derisi işlemede su tüketimleri ve oluşan atıksu hacimleri değişmekte olup; ynl koyun derisi işlemede bu oran daha da artmaktadır. AB MET Referans Dokümanında tüm deri türleri için birim atıksu miktarı yer almakta olup; birim ürün başına oluşan atıksu miktarı ortalama  $100 \text{ m}^3/\text{ton}$  kabul edilerek (AB, **BREF**, 2013)  $1,200 \text{ ton/yıl}$  deri işleyen tesiste günde yaklaşık  $300 \text{ m}^3/\text{gün}$  atıksu oluşmaktadır.)

$$300 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 1,4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 420 \text{ kWh/gün} \quad (4.8)$$

1. Yöntemde günlük toplam enerji tüketimi; mekanik sallama ekipmanının enerji tüketimi ile ters ozmoz sisteminin enerji tüketimleri toplanarak hesaplanmıştır. 2. Yöntem için ise soğutucunun kullanacağı sürekli bir elektrik enerjisi olacaktır. Soğutulan deri maksimum 3 hafta muhafaza edilebilmektedir ( $2^\circ\text{C}$ ). Bu sebeple 2. yöntemde yılda yaklaşık  $1,200 \text{ ton/gün}$  deri işleyen bir tesisin soğuk muhafaza uygulaması durumunda yaklaşık 3 haftalık bir koruma süresinde derilerin depolanacağı depo hacmi hesaplanmış olup; endüstriyel soğuk hava depo kurulumu yapan firmalardan temin edilen bilgiler ile hesaplanan depo hacmine uygun endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu sonrası günlük ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

2. Yöntem için ise soğutucunun kullanacağı sürekli bir elektrik enerjisi olacaktır. Soğutulan deri maksimum 3 hafta muhafaza edilebilmektedir ( $2^\circ\text{C}$ ). Bu sebeple 2. yöntemde yılda yaklaşık  $1,200 \text{ ton/gün}$  deri işleyen bir tesisin soğuk muhafaza uygulaması durumunda yaklaşık 3 haftalık bir koruma süresinde derilerin depolanacağı depo hacmi hesaplanmış olup; endüstriyel soğuk hava depo kurulumu yapan firmalardan temin edilen bilgiler ile hesaplanan depo hacmine uygun endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu sonrası günlük ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

Günlük yaklaşık 3 ton (600 adet) deri işlenen bir tesiste, 21 günde toplam yaklaşık 12.600 adet derinin depolanacağı kapasitede soğutuculu ortamda depo tasarımı: Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu yapan firmalardan temin edilen tasarım bilgilerinden yola çıkılarak, soğuk hava deposunda saklanacak olan ürünün özellikleri, askı kullanma durumu, en efektif biçimde alanı değerlendirme gibi faktörler

dikkate alınarak diğer ürün grupları için yapılan benzer hesaplamalar dikkate alınmış olup; 1 m<sup>3</sup> lük bir alana yaklaşık 3 cm et kalınlığına sahip olan küçükbaş hayvan derilerinin askılanarak dizilmesi yoluyla yaklaşık 21 adet derinin sığabileceği kabulü ile 600 m<sup>3</sup> lük bir depo hacmine ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır.

600 m<sup>3</sup> iç oda hacmine sahip bir deponun 2°C'de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.16'da sunulmuş olup; sistemin kurulu gücü yaklaşık 15,000 Watt (15 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır. Çizelge 4.16'da yer alan enerji tüketim verilerinden yararlanılarak 600 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık 360 kWh enerji gerektiği hesaplanmıştır.

$$15 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 360 \text{ kWh}$$

### ***1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı kurulumu: 15.000 Euro (BESTÜ, 2019)
- ✓ Mekanik sallama ekipmanı işletme maliyeti hesabı: 120 kWh\*0.63 TL/kWh= 75.6 TL/gün =7.6 Euro/gün  
Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 15 Euro olarak belirlenmiştir.
- ✓ Mevcut AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (300m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 300m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=255,000 USD= 215,810 Euro
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ 300m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 135 USD/gün =114.2 Euro/gün

### ***2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

2.yöntemde 600 m<sup>3</sup> kapasiteli bir endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

- ✓ Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir.
- ✓ İşletme maliyeti hesabı (Günlük 360 kWh elektrik tüketimi)



İşletme maliyeti hesaplamasında;

$$360 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 226.8 \text{ TL/gün} = 22.8 \text{ Euro/gün}$$

**Çizelge 4.22.** Senaryo 2 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| <b>1. Yöntem<sup>a</sup></b>                                   |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| <b>Proses</b>  | <b>İlk Yatırım Maliyeti (Euro)</b>                  | <b>İşletme Maliyeti (Euro/gün)</b> |
| Mekanik sallama ekipmanı                                       | 15,000  | 15                                 |
| AAT sonuna<br>UF+RO + Evaporasyon                              | 215,810   | 114.2                              |
| <b>Toplam</b>  | <b>230,810</b>                                      | <b>153</b>                         |
| <b>2. Yöntem<sup>b</sup></b>                                   |   |                                    |
| Endüstriyel Soğuk Hava<br>Deposu Kurulumu (600m <sup>3</sup> ) | Depo:120,540-180,800<br>Arsa: 15,060<br>İnşaa:6,027 | 22.8                               |
| <b>Toplam</b>  | <b>141,627-201,887</b><br><b>Ort. 170,000</b>       | <b>22.8</b>                        |

*a: mekanik sallama+ UF+RO + Evaporasyon*

*b: soğuk hava deposu*

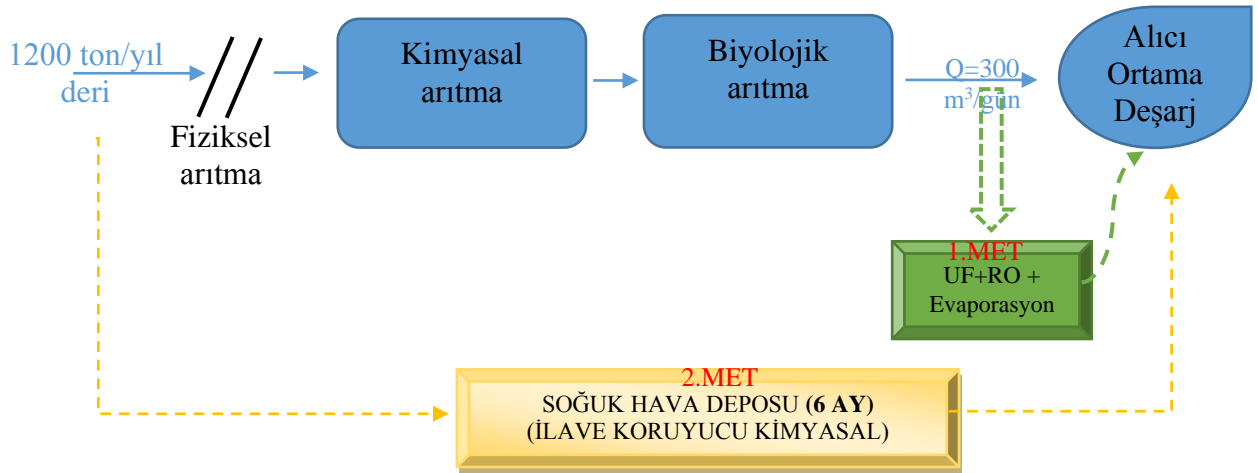
### 4.8.3. Senaryo 3

3. Senaryo için; Yılda 1200 ton deri işleyen (büyük ölçekte) bir münferit sanayi tesisinin kaynaklanan atıksu, tesise ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirildikten sonra SKKY Tablo 12’de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23.** Senaryo 3

| <b>Senaryo</b> | <b>Kapasite</b> | <b>Q (m<sup>3</sup>/gün)</b> | <b>Mevcut arıtma prosesi</b>           | <b>1. MET (Tuzla kütleme)</b>                   | <b>2. MET (Soğuk depolama)</b> |                         |
|----------------|-----------------|------------------------------|--|---|--------------------------------|-------------------------|
| Senaryo 3      | 1,200 ton/yıl   | 300                          | Münferit (Fiziksel+kimyasal+biyolojik) | Mekanik sallama+ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon | Süre: 6 ay                     | İlave Koruyucu Kimyasal |

3. Senaryo için; yılda 1,200 ton deri işleyen bir münferit sanayi tesisinin kaynaklanan 300 m<sup>3</sup>/gün’lük atıksu, tesise ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirilerek SKKY Tablo 12’de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir. AB MET Referans Dokümanında tüm deri türleri için birim atıksu miktarı yer almakta olup; birim ürün başına oluşan atıksu miktarı ortalama 100 m<sup>3</sup>/ton kabul edilmiştir. 1,200 ton/yıl deri işleyen tesiste günde yaklaşık 3 ton deri işlenmekte ve 300 m<sup>3</sup>/gün atıksu oluşmaktadır (AB Deri BREF, 2013).



Şekil 4.14. Senaryo 3 Akım Şeması

Tesiste, atıksudaki iletkenlik probleminin çözümünde 1. MET alternatifinin uygulanması durumunda mekanik sallama ekipmanı kurulumunun yanı sıra AAT'lerin çıkış suyunda 20.03.2010 tarihli ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan II. Sınıf su kalite kriterlerini (iletkenlik<3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) sağlayabilmek için tesise ait atıksu arıtma tesisi sonuna yapılması gereken Ters Ozmoz+Evaporasyon sistemi kurulumu için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmış, 2. MET alternatifinin uygulanması durumunda ise derilerin tuz kullanmadan soğuk hava depolarında 6 ay muhafazası için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

1. yöntemdeki mekanik ekipman, kapasite ve günlük çalışma süreleri dikkate alınarak, piyasada benzer işlevde çalışan makinaların tükettiği enerji sarfiyatları ile kıyaslanarak hesaplanmıştır. 1,200 ton/yıl deri işleyen tesiste, günde yaklaşık 3 ton (600 adet) deri işlenmektedir. Günde yaklaşık 600 adet deriyi silkeleyecek mekanik sallama ekipmanı tasarımı: 1. Yöntem için 1,200 ton/yıl kapasitede tek vardiya (8 saat) çalışan bir tesiste, günlük yaklaşık 3 ton deri (600 adet) işleneceği hesabından yola çıkılarak, 1 saatte yaklaşık 75 deriyi sallayabilecek bir mekanik ekipmanın harcayacağı elektrik tüketimi hesaplanır. 1. Yöntem için elektrik enerjisi hesabında bu değer 15 kW olarak kabul edilmiştir. Daha sonra tesis tek vardiya (8 saat) çalıştığı için enerji ihtiyacı 8 saat ile 365 gün çarpılarak yıllık enerji tüketimine çevrilir.

$$15 \text{ kW} \cdot 8 \text{ saat} = 120 \text{ kWh/gün}$$

1. Yöntemde mekanik sallama ekipmanı kullanımı ile atıksuda istenilen emisyon değerleri sağlanamamaktadır. Bu sebeple tuzla kürlenmiş derilerin, ıslatma aşamasına

geçilmeden önce mekanik sallama ekipmanı ile tuz giderimi aşamasına, atıksu arıtma tesisi sonunda alıcı ortama deşarjdan önce iletkenliğin hedeflenen emisyon değerlerine ulaşılabilmesini sağlayacak bir UF+RO + Evaporasyon sistemi tasarımı da ilave edilmiştir. UF+RO + Evaporasyon günlük enerji tüketimi hesabında, birim enerji tüketimi  $1,4 \text{ kWh/m}^3$  (ÇŞB MEMKON Projesi, 2018) kullanılarak,  $300 \text{ m}^3/\text{gün}$  kapasiteli AAT için  $420 \text{ kWh/gün}$  olarak hesaplanmıştır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvan derisi işlemede su tüketimleri ve oluşan atıksu hacimleri değişmekte olup; ynl koyun derisi işlemede bu oran daha da artmaktadır. AB MET Referans Dokümanında tüm deri türleri için birim atıksu miktarı yer almakta olup; birim ürün başına oluşan atıksu miktarı ortalama  $100 \text{ m}^3/\text{ton}$  kabul edilerek (AB, BREF, 2013)  $1,200 \text{ ton/yıl}$  deri işleyen tesiste günde yaklaşık  $300 \text{ m}^3/\text{gün}$  atıksu oluşmaktadır.)

1. Yöntemde günlük toplam enerji tüketimi; mekanik sallama ekipmanının enerji tüketimi ile ters ozmoz sisteminin enerji tüketimleri toplanarak hesaplanmıştır. 2. Yöntem için ise soğutucunun kullanacağı sürekli bir elektrik enerjisi olacaktır. Soğutulan deri maksimum 3 hafta muhafaza edilebilmektedir ( $2^\circ\text{C}$ ). Bu sebeple 2. yöntemde yılda yaklaşık  $1,200 \text{ ton/gün}$  deri işleyen bir tesisin soğuk muhafaza uygulaması durumunda yaklaşık 3 haftalık bir koruma süresinde derilerin depolanacağı depo hacmi hesaplanmış olup; endüstriyel soğuk hava depo kurulumu yapan firmalardan temin edilen bilgiler ile hesaplanan depo hacmine uygun endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu sonrası günlük ve yıllık enerji tüketimleri hesaplanmıştır.

2. MET alternatifinin uygulanması durumunda ise derilerin tuz kullanmadan soğuk hava depolarında 6 ay muhafazası için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Soğuk depoda derilerin uzun süreli muhafazasında koruyucu kimyasal kullanımı kaçınılmazdır.

Derilerin soğuk hava depolarında 6 ay korunmasına yönelik hesaplamalarda ilave kimyasal olarak, evre dostu ürünler olan silika jel ve neem yağı kullanımı tercih edilmiştir.

Günlük yaklaşık 3 ton (600 adet) deri işlenen bir tesiste soğuk hava deposunda 6 ay süre ile muhafaza edilmesi durumunda;

$3 \text{ ton/gün} \times 180 \text{ gün} = 540 \text{ ton}$  derinin depolanacağı bir depo hacmi.

Kimyasal kullanımı hesaplamaları

a) Silika jel kullanımı: %15 oranda kullanılması gerekmektedir.

$540 \text{ ton}$  deriye uygulanması gereken silika jel miktarı  $540 * (\%15) = 81 \text{ ton}$ .

81 ton\*100 TL/kg\*1000 kg/t=8.1\*10<sup>6</sup> TL= 8.1 milyon TL (6 Aylık maliyet)  
=813,653 Euro (6 aylık)

b) Neem ekstaktı: Deri yüzeyine %1 oranında uygulanması gerekmektedir.  
540 ton deriye uygulanması gereken neem ekstaktı miktarı 540\* (%1) = 5.4 ton.  
Neem yağı özgül ağırlık ~ 0,9 g/cm<sup>3</sup>

5,4 ton neem ekstaktı=6\*10<sup>6</sup> mL=6 milyon TL (6 Aylık maliyet) =  
602,706Euro

### **1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:**

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı kurulumu: 15.000 Euro (BESTÜ, 2019)
- ✓ Mekanik sallama ekipmanı işletme maliyeti hesabı: 120 kWh\*0.63 TL/kWh= 75.6 TL/gün =7.6 Euro/gün  
Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 15 Euro olarak belirlenmiştir.
- ✓ Mevcut AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (300m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 300m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=255,000 USD= 215,810 Euro
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ 300m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 135 USD/gün =114.2 Euro/gün

### **2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:**

Günlük yaklaşık 3 ton (600 adet) deri işlenen bir tesiste, 6 ayda yaklaşık 108.000 adet derinin depolanacağı kapasitede soğutuculu ortamda depo tasarımı;  
3 ton/gün x 180 gün =540 ton derinin depolanacağı bir depo hacmi yaklaşık 4800 m<sup>3</sup> depo hacmi.

2.yöntemde 4800 m<sup>3</sup> kapasiteli bir endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

- ✓ Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir.
- ✓ İşletme maliyeti hesabı

Soğuk hava depolarının 2°C’de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.16’da sunulmakta olup; elektrik tüketimi yaklaşık 120,000 Watt (120 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır.

Çizelge 4.16’da yer alan enerji tüketim verilerinden yararlanılarak 4,800 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık 2,880 kWh enerji gerektiği hesaplanmıştır.

✓ 120 kW\* 24 h= 2880 kWh

✓ İşletme maliyeti hesaplamasında;

2,880 kWh\*0.63 TL/kWh= 1814 TL/gün= 182.2 Euro/gün

**Çizelge 4.24.** Senaryo 3 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

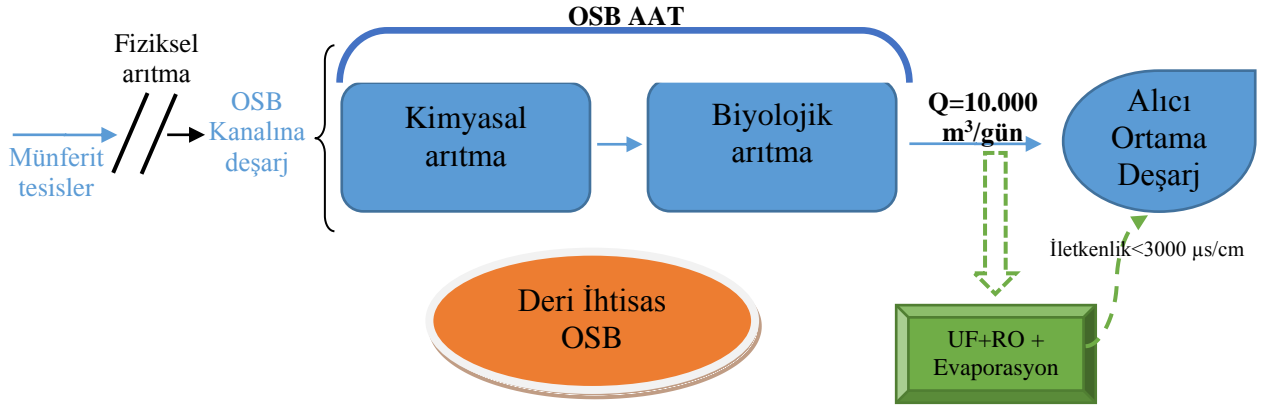
| <b>1. Yöntem<sup>a</sup></b>                                     |  |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| <b>Proses</b>  | <b>İlk Yatırım Maliyeti (Euro)</b>                     | <b>İşletme Maliyeti (Euro/gün)</b> |
| Mekanik sallama ekipmanı   | 15,000   | 15                                 |
| AAT sonuna<br>UF+RO + Evaporasyon                                | 215,810  | 114.2                              |
| <b>Toplam</b>  | <b>230,810</b>   | <b>153</b>                         |
| <b>2. Yöntem<sup>b</sup></b>                                     |  |                                    |
| Endüstriyel Soğuk Hava<br>Deposu Kurulumu (4800 m <sup>3</sup> ) | Depo:964,330-1,446,494<br>Arsa:15,067<br>İnşaa: 15,067 | 182.2                              |
| Kimyasal/koruyucu kullanımı<br>Silika jel:<br>Neem ekstraktı:    | 813,653 (6 aylık)<br>602,706 (6 aylık)                 |                                    |
| <b>Toplam</b>  | <b>1,597,170-2,290,281</b><br><b>Ort: 1,700,000</b>    | <b>182.2</b>                       |

a: mekanik sallama+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu

#### 4.8.4. Senaryo 4

4. Senaryo için; Deri İhtisas OSB (Q=10.000 m<sup>3</sup>/gün)’den kaynaklanan atıksu, OSB’ye ait atıksu arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma kademelerinden geçirildikten sonra SKKY Tablo 12’de yer alan deşarj kriterleri sağlandıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Senaryo 4 Akım Şeması

OSB veya ıslah OSB yönetimleri, Çevre Kanunu'nun 11 inci maddesi kapsamında atıksu altyapı sistemlerinin kurulması, bakımı, onarımı ve işletilmesinden sorumlu olup; bu sorumluluklarını anılan Kanun'un 11 inci maddesi kapsamında yerine getirmekle yükümlüdürler.

OSB'den kaynaklanacak atıksuların arıtılarak deşarj edileceği uygun alıcı ortamın belirlenmesi, bu atıksuları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) ve ilgili mevzuat hükümlerine uygun olarak arıtacak bir merkezi atıksu arıtma tesisi (AAT) kurulması OSB'lerin yükümlülükleri arasındadır.

Ülkemizde deri ihtisas OSB'lerden kaynaklanan atıksuların alıcı ortama deşarjında SKKY Tablo 12'de yer alan deşarj standartları uygulanmaktadır.

OSB'ler için alıcı ortama deşarj edilen atıksularda iletkenlik parametresinin mevzuata dahil edilmesi durumunda;

- OSB arıtma tesisi sonuna UF+RO+Evaporasyon kurulumu veya
- OSB kanalına deşarjda, tesislerin atıksuyunda izlenmesi gereken parametrelere iletkenlik parametresini ve sınır değerini ilave etmesi seçeneklerinden birini uygulaması gerekecektir.

Senaryo 4'te OSB nin atıksu arıtma tesisi çıkışında iletkenlik parametresini Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde yer alan II. Sınıf su kalite kriterlerini (iletkenlik<3000 µs/cm) sağlayabilmek için ters ozmoz sistemi kurulması (UF+RO+Evaporasyon) durumunda ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Bilindiği üzere, OSB'lerin kanala kabul kriterleri, OSB'nin atıksu arıtma tesisi prosesleri ve özelliklerine göre OSB tarafından belirlenmektedir. Deri İhtisas OSB içerisinde yer alan deri tesisleri atıksularını OSB kanalına vermeden önce OSB'nin belirlediği kanala deşarj kriterlerine uymak zorundadır. Ülkemizdeki Deri OSB'lerin

çoğunda, tesisler yalnızca fiziksel arıtma yaptıktan sonra atıksularını OSB kanalına deşarj etmektedirler. Bu nedenle; atıksularını yalnızca fiziksel arıtmadan geçirerek kanala veren tesislere iletkenlik parametresini de içeren deşarj kriterleri getirilmesi durumunda Senaryolar 5-6-7 ve 8 de hesaplanmıştır.

***UF+RO + Evaporasyon sistemi kurulumu için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

Mevcut AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (10,000m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir OSB AAT için)

- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 10,000m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=8,500,000 USD =7,190, 652 Euro
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ 10,000m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 4,500 USD/gün= 3807 Euro/gün

OSB atıksu arıtma tesisinde ileri arıtmadan geçirilen atıksuyun, sanayide yeniden proses suyu olarak kullanılabilceği seçeneğinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ülkemizde bazı OSB'lerde atıksu arıtma tesisi çıkışı ters ozmoz prosesi sonrası iyi kaliteye getirilen kullanılmış sular, yeniden sanayiciye satılabilmekte olup; maliyetler OSB özelinde ve atıksu karakterizasyonuna göre değişiklik göstermektedir. Uygulamada, ortaya çıkacak ilk yatırım ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak, amortisman süresine karar verildikten sonra, arıtma birim maliyetlerinin belirlenmesini müteakip, satılan suyun fiyatının belirlenmesi gerekmektedir. Böyle bir sistemin yaklaşık birim maliyeti 0.5 Euro/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir. Senaryo 4'te maliyet hesaplamalarında bu husus da göz önünde bulundurularak, toplam maliyetten, satılan suyun maliyeti çıkarılmıştır.

Senaryo 4 için;

- ✓ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon kurulumu ilk yatırım ve 20 yıllık işletme maliyeti toplamı 47,038,206 Euro olarak hesaplanmıştır. (Yıllık Euro faiz oranı yaklaşık %3 alınmıştır.)
- ✓ OSB arıtması sonrası satılan suyun maliyeti: OSB'de ileri arıtmanın %75 verimle çalıştığı ve dolayısıyla günlük 10,000 m<sup>3</sup>/gün \*0.75= 7,500 m<sup>3</sup>/gün arıtılmış atıksuyun satılacağı kabulü ile;

- ✓  $0.5 \text{ Euro/m}^3 * 7,500 \text{ m}^3/\text{gün} = 3750 \text{ Euro/gün}$
- ✓ Amortisman süresi:  $7,190,652 \text{ Euro} / 3,750 \text{ Euro/gün} (365 \text{ gün/1 yıl}) = 5 \text{ yıl}$   
OSB arıtma çıkışı ileri arıtma kullanılması durumunda; 5 yıl sonra sistem kendini amorti etmekte ve işletme maliyetleri de karşılanmaktadır.

**Çizelge 4.25.** Senaryo 4 için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı

| Proses                         | İlk Yatırım Maliyeti (Euro) | İşletme Maliyeti (Euro/gün) | İlk Yatırım ve 20 Yıllık İşletme Maliyeti Toplamı (Euro)* | Amortisman süresi |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-------------------|
| AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon | 7,190,652                   | 3,807                       | 47,038,206  | 5 yıl             |

#### 4.8.5. Senaryo 5

5. Senaryo için, yılda 1200 ton deri işleyen bir sanayi tesisinden kaynaklanan atıksu, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirildikten sonra OSB kanalına veya belediye kanalına deşarj edilmektedir (Çizelge 4.26).

**Çizelge 4.26.** Senaryo 5

| Senaryo   | Kapasite     | Q (m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi | 1. MET (Tuzla kütleme)                                    | 2. MET (Soğuk depolama) |
|-----------|--------------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------------|
| Senaryo 5 | 1200 ton/yıl | 300                     | Ön arıtma (Fiziksel)  | Mekanik sallama+ Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | Süre: 3 hafta           |

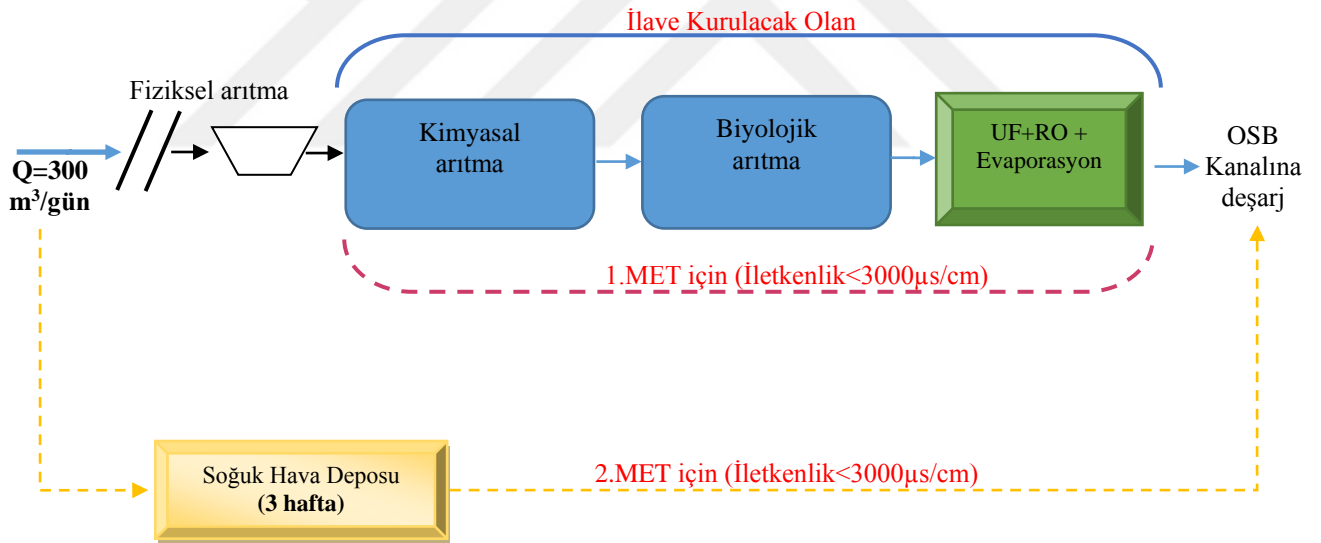
OSB'de yer alan veya belediye kanalına deşarj eden sanayi tesislerinden kaynaklanan atıksuların ön arıtmadan sonra kanala deşarjında, atıksu altyapı yönetimlerince tesislere iletkenlik parametresi sınır değeri getirilmesi durumunda, yalnızca ön arıtma yapan tesislerde iletkenliğin giderilebilmesi için öncelikle kimyasal ve biyolojik arıtma, sonrasında ise UF+RO gibi ileri arıtma kademelerin kurulması gerekmektedir.

Ters ozmoz sistemine kabul edilebilecek nitelikte atıksu ancak ileri arıtma ile mümkün olabilmektedir. OSB'nin arıtma prosesleri mevcut olduğundan, sanayi tesisinin ayrıca arıtma prosesleri tasarlaması makul görülmemektedir. Bu durum bazı OSB'lerde (endüstriyel atıksu arıtma tesisini kurmayan), OSB yönetimi tarafından sanayi tesislerine münferit arıtma kurdurmaya çalışmak gibi bir yaklaşıma da neden olabilmektedir. OSB'lerin atıksu altyapı sistemlerinin kurulması, bakımı, onarımı ve



işletilmesi sorumluluğunu yetirme getirme yükümlülüğünü dikkate alarak, sanayi tesislerinin yalnızca iletkenlik sorununa çözüm bulması için en makul yöntem derilerin tuzla muhafaza edilmeden tuzluluğun kaynağında önlenmesidir. Bununla birlikte, OSB yönetimi tarafından OSB içi yüksek iletkenliğe neden olan tesisler için sınır değer getirilebilir. Benzer şekilde belediye kanalına deşarj eden tesisler için de aynı durum söz konusudur.

OSB içerisinde yer alan deri tesisleri, atıksularını kanala vermeden önce, OSB'nin belirlediği kanala deşarj kriterlerine uymak zorundadır. Ülkemizdeki Deri OSB'lerin çoğunda tesisler yalnızca fiziksel arıtma yaptıktan sonra atıksularını OSB kanalına deşarj etmektedirler. Bu nedenle; yalnızca atıksularını yalnızca fiziksel arıtmadan geçirerek kanala veren tesislere iletkenlik parametresini de içeren deşarj kriterleri getirilmesi durumunda, tesisin ilave yapması gereken kimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri ile UF+RO+Evaporasyon sistemi kurulumuna yönelik hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.16. Senaryo 5 Akım Şeması

Tesiste kurulması gereken kimyasal arıtma prosesleri için ilk yatırım maliyeti 28-48 Euro/m<sup>3</sup>/gün arasında iken, işletme maliyeti 0.06-0.09 Euro/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (UNEP, 2015). Kimyasal arıtma ilk yatırım maliyeti ortalama 38 Euro/m<sup>3</sup>/gün, işletme maliyeti is ortalama 0.07 Euro/m<sup>3</sup>/gün olarak kabul edilmiştir.

Tesiste kurulması gereken biyolojik arıtma prosesi farklı arıtma prosesleri için farklılık göstermekle birlikte, ilk yatırım maliyeti ortalama 64 Euro/m<sup>3</sup>/gün, işletme

maliyeti ise 0.036-0.057 Euro/m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup; 0.045 Euro/m<sup>3</sup>/gün olarak kabul edilmiştir (Turgut, 2019).

### **1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:**

✓ Mekanik sallama ekipmanı kurulumu: 15,000 Euro (BESTÜ, 2019)

1. Yöntem için 1,200 ton/yıl kapasitede tek vardiya (8 saat) çalışan bir tesiste, günlük yaklaşık 3 ton deri (600 adet) işleneceği hesabından yola çıkılarak, 1 saatte yaklaşık 75 deriyi sallayabilecek bir mekanik ekipmanın harcayacağı elektrik tüketimi hesaplanır. 1. Yöntem için elektrik enerjisi hesabında bu değer 15 kW olarak kabul edilmiştir. Daha sonra tesis tek vardiya (8 saat) çalıştığı için enerji ihtiyacı 8 saat ile 365 gün çarpılarak yıllık enerji tüketimine çevrilir.

$$15 \text{ kW} * 8 \text{ saat} = 120 \text{ kWh/gün}$$

✓ Mekanik sallama ekipmanı işletme maliyeti hesabı:  $120 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 75.6 \text{ TL/gün} = 7.6 \text{ Euro/gün}$

✓ Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 15 Euro olarak belirlenmiştir.

✓ Kimyasal Arıtma: 38 Euro/ m<sup>3</sup>/gün (ilk yatırım), 0.07 Euro/ m<sup>3</sup>/gün (işletme)

➤  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 38 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 11,400 \text{ Euro}$  (ilk yatırım), (UNEP, 2015)

➤  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.07 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 21 \text{ Euro}$  (işletme), (UNEP, 2015)

✓ Biyolojik Arıtma: 64 Euro/m<sup>3</sup>/gün, (ilk yatırım), 0.045 Euro/m<sup>3</sup>/gün (işletme)

➤  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 64 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 19,200 \text{ Euro}$  (ilk yatırım) (Turgut, 2019)

➤  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.045 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 13.5 \text{ Euro}$  (işletme) (Turgut, 2019)

✓ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (300m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)

➤ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)

➤ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün)

➤  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 850 \text{ USD/m}^3 = 255,000 \text{ USD} = 215,810 \text{ Euro}$

➤ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)

➤  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.45 \text{ USD/m}^3 = 135 \text{ USD/gün} = 114.2 \text{ Euro/gün}$

1. yöntem kullanılması sonrası, ileri arıtmadan geçirilen suyun proseste yeniden kullanılabilirliği seçeneği göz önünde bulundurulmalıdır. Su ücretleri bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olup; su ücretinin yüksek olduğu bölgelerde ileri arıtmanın avantajlı hale gelebileceği düşüncesi ile su ücreti 0.7 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Sistemin

%75 verimle çalıştığı ve dolayısıyla günlük  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.75 = 225 \text{ m}^3/\text{gün}$  arıtılmış atıksuyun proste yeniden kullanılacağı kabulü ile; tesis hem su ücretinden hem de kanalizasyona deşarjda atıksu altyapı yönetimi tarafından tahsil edilen atıksu arıtma bedelinden muaf olacaktır. Atıksu arıtma bedeli  $0.3 \text{ Euro}/\text{m}^3$  kabul edilmiştir. Su temin ve atıksu arıtma bedelinden muaf olacak tesisin tasarruf edeceği miktar hesaplanmıştır.

- $0.7 \text{ Euro}/\text{m}^3 * 225 \text{ m}^3/\text{gün} = 157.5 \text{ Euro}/\text{gün}$  (su bedeli)
- $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.3 \text{ Euro}/\text{m}^3 = 90 \text{ Euro}/\text{gün}$  (atıksu arıtma bedeli)
- $157.5 + 90 = 247.5 \text{ Euro}/\text{gün}$  yaklaşık tasarruf
- 1. yöntem için; tasarruf edilecek miktardan işletme maliyeti çıkarılarak amortisman süresi hesaplanabilir:
- $247.5 - 156.3 = 91.2 \text{ Euro}/\text{gün}$
- $261,410 \text{ Euro} / 91.2 \text{ Euro}/\text{gün} * (1 \text{ yıl} / 365 \text{ gün}) = 7.8 \text{ yıl} \sim 8 \text{ yıl}$

## ***2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:***

2.yöntemde  $600 \text{ m}^3$  kapasiteli bir endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

- ✓ Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların  $\text{m}^2$  fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir.
- ✓ İşletme maliyeti hesaplamasında;  $600 \text{ m}^3$  iç oda hacmine sahip bir deponun  $2^\circ\text{C}$ 'de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.16'da sunulmuş olup; elektrik tüketimi yaklaşık 15,000 Watt (15 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır. Çizelge 4.16'da yer alan enerji tüketim verilerinden yararlanılarak  $600 \text{ m}^3$  hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık 360 kWh enerji gerektiği hesaplanmıştır.
  - ✓  $15 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 360 \text{ kWh}$
  - ✓  $360 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL}/\text{kWh} = 226.8 \text{ TL}/\text{gün} = 22.8 \text{ Euro}/\text{gün}$

Çizelge 4.27. Senaryo 5 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| 1. Yöntem <sup>a</sup>                                      |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
| Proses  | İlk Yatırım Maliyeti (Euro)                         | İşletme Maliyeti (Euro/gün) |
| Mekanik sallama ekipmanı                                    | 15,000  | 15                          |
| Kimyasal arıtma   | 11,400  | 21                          |
| Biyolojik arıtma  | 19,200  | 13,5                        |
| AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon                              | 215,810   | 114.2                       |
| <b>Toplam</b>   | <b>261,410</b>                                      | <b>156,3</b>                |
| 2. Yöntem <sup>b</sup>                                      |   |                             |
| Endüstriyel Soğuk Hava Deposu Kurulumu (600m <sup>3</sup> ) | Depo:120,540-180,800<br>Arsa: 15,060<br>İnşaa:6,027 | 22.8                        |
| <b>Toplam</b>   | <b>141,627-201,887</b><br><b>Ort:170,000</b>        | <b>22.8</b>                 |

a: mekanik sallama+kimyasal+biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu

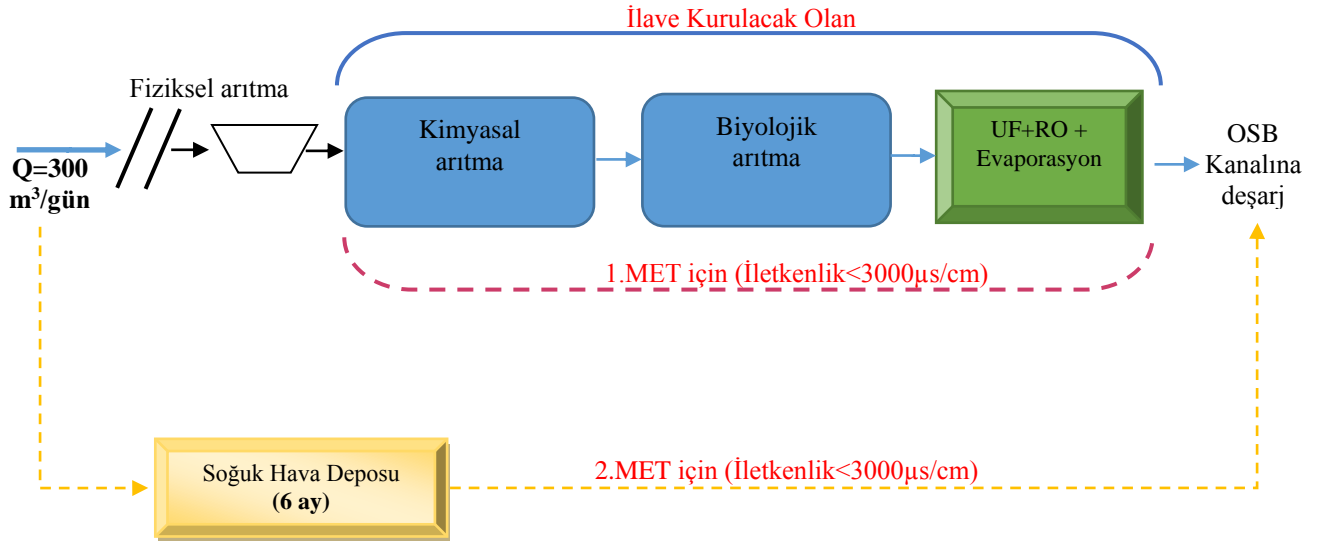
#### 4.8.6. Senaryo 6

6. Senaryo için, yılda 1,200 ton deri işleyen bir sanayi tesisinden kaynaklanan atıksu, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirildikten sonra OSB kanalına veya belediye kanalına deşarj edilmektedir.

Çizelge 4.28. Senaryo 6

| Senaryo   | Kapasite     | Q (m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi | 1. MET (Tuzla kütleme)                                    | 2. MET (Soğuk depolama)               |
|-----------|--------------|-------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|
| Senaryo 6 | 1200 ton/yıl | 300                     | Ön arıtma (Fiziksel)  | Mekanik sallama+ Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | Süre: 6 ay<br>İlave Koruyucu Kimyasal |

OSB içerisinde yer alan deri tesisleri, atıksularını OSB kanalına vermeden önce, OSB'nin belirlediği kanala deşarj kriterlerine uymak zorundadır. Ülkemizdeki Deri OSB'lerin çoğunda, tesisler yalnızca fiziksel arıtma yaptıktan sonra atıksularını OSB kanalına deşarj etmektedirler. Bu nedenle; yalnızca atıksularını yalnızca fiziksel arıtmadan geçirerek kanala veren tesislere iletkenlik parametresini de içeren deşarj kriterleri getirilmesi durumunda hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.17. Senaryo 6 Akım Şeması

### 1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı kurulumu: 15,000 Euro (BESTÜ, 2019)
- ✓ Mekanik sallama ekipmanı işletme maliyeti hesabı:  $120 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 75.6 \text{ TL/gün} = 7.6 \text{ Euro/gün}$   
Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 15 Euro olarak belirlenmiştir.
- ✓ Kimyasal Arıtma: 38 Euro/m<sup>3</sup>/gün (ilk yatırım), 0.07 Euro/m<sup>3</sup>/gün (işletme)
  - $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 38 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 11,400 \text{ Euro}$  (ilk yatırım), (UNEP, 2015)
  - $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.07 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 21 \text{ Euro}$  (işletme), (UNEP, 2015)
- ✓ Biyolojik Arıtma: 64 Euro/ m<sup>3</sup>/gün, (ilk yatırım), 0.045 Euro/ m<sup>3</sup>/gün (işletme)
  - $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 64 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 19,200 \text{ Euro}$  (ilk yatırım) (Turgut, 2019)
  - $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.045 \text{ Euro/m}^3/\text{gün} = 13.5 \text{ Euro}$  (işletme) (Turgut, 2019)
- ✓ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (300m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 850 \text{ USD/m}^3 = 255,000 \text{ USD} = 215,810 \text{ Euro}$
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓  $300 \text{ m}^3/\text{gün} * 0.45 \text{ USD/m}^3 = 135 \text{ USD/gün} = 114.2 \text{ Euro/gün}$

1. yöntem kullanılması sonrası, ileri arıtmadan geçirilen suyun proseste yeniden kullanılabilceği seçeneği göz önünde bulundurulmalıdır. Su ücretleri bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olup; su ücretinin yüksek olduğu bölgelerde ileri arıtmanın avantajlı hale gelebileceği düşüncesi ile su ücreti 0.7 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Sistemin %75 verimle çalıştığı ve dolayısıyla günlük 300 m<sup>3</sup>/gün \*0.75= 225 m<sup>3</sup>/gün arıtılmış atıksuyun proseste yeniden kullanılacağı kabulü ile; tesis hem su ücretinden hem de kanalizasyona deşarjda atıksu altyapı yönetimi tarafından tahsil edilen atıksu arıtma bedelinden muaf olacaktır. Atıksu arıtma bedeli 0.3 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Su temin ve atıksu arıtma bedelinden muaf olacak tesisin tasarruf edeceği miktar hesaplanmıştır.

- 0.7 Euro/m<sup>3</sup>\*225 m<sup>3</sup>/gün= 157.5 Euro/gün (su bedeli)
- 300 m<sup>3</sup>/gün \*0.3 Euro/m<sup>3</sup> = 90 Euro/gün (atıksu arıtma bedeli)
- 157.5+90=247.5 Euro/gün yaklaşık tasarruf
- 1. yöntem için; tasarruf edilecek miktardan işletme maliyeti çıkarılarak amortisman süresi hesaplanabilir:
- 247.5-156.3=91.2 Euro/gün
- 261,410 Euro/91.2 Euro/gün \*(1 yıl/365 gün)=7.8 yıl~8 yıl

## **2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:**

Günlük yaklaşık 3 ton (600 adet) deri işlenen bir tesiste, 6 ayda yaklaşık 108.000 adet derinin depolanacağı kapasitede soğutuculu ortamda depo tasarımı;

3 ton/gün x 180 gün =540 ton derinin depolanacağı bir depo hacmi yaklaşık 4800 m<sup>3</sup> depo hacmi.

2.yöntemde 4800 m<sup>3</sup> kapasiteli bir endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

✓ Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir.

✓ İşletme maliyeti hesabı

Soğuk hava depolarının 2°C'de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.16'da sunulmakta olup; elektrik tüketimi yaklaşık 120,000 Watt (120 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır. Çizelge 4.16'da yer alan enerji tüketim verilerinden yararlanılarak

4,800 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık 2,880 kWh enerji gerektiği hesaplanmıştır.

✓ 120 kW\* 24 h= 2880 kWh

✓ İşletme maliyeti hesaplamasında;

$$2,880 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 1814 \text{ TL/gün} = 182.2 \text{ Euro/gün}$$

Kimyasal kullanımı hesaplamaları

a) Silika jel kullanımı: %15 oranda kullanılması gerekmektedir.

$$81 \text{ ton deriye uygulanması gereken silika jel miktarı } 540 * (\%15) = 81 \text{ ton.}$$

81 ton\*100 TL/kg\*1000 kg/t=8.1\*10<sup>6</sup> TL= 8.1 milyon TL (6 Aylık maliyet)  
=813,653 Euro (6 aylık) Neem ekstaktı: Deri yüzeyine %1 oranında uygulanması gerekmektedir.

b) 540 ton deriye uygulanması gereken neem ekstaktı miktarı 540\* (%1) = 5.4 ton.

$$\text{Neem yağı özgül ağırlık } \sim 0,9 \text{ g/cm}^3$$

$$5,4 \text{ ton neem ekstaktı} = 6 * 10^6 \text{ mL} = 6 \text{ milyon TL (6 Aylık maliyet) } = 602,706$$

Euro

Çizelge 4.29. Senaryo 6 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| 1. Yöntem <sup>a</sup>   |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
| Proses   | İlk Yatırım Maliyeti (Euro)                            | İşletme Maliyeti (Euro/gün) |
| Mekanik sallama ekipmanı   | 15,000   | 15                          |
| Kimyasal arıtma  | 11,400   | 21                          |
| Biyolojik arıtma   | 19,200   | 13,5                        |
| AAT sonuna<br>UF+RO + Evaporasyon                                | 215,810  | 114.2                       |
| <b>Toplam</b>  | <b>261,410</b>   | <b>163,7</b>                |
| 2. Yöntem <sup>b</sup>   |  |                             |
| Endüstriyel Soğuk Hava<br>Deposu Kurulumu (4800 m <sup>3</sup> ) | Depo:964,330-1,446,494<br>Arsa:15,067<br>İnşaa: 15,067 | 182.2                       |
| Kimyasal/koruyucu kullanımı<br>Silika jel:<br>Neem ekstaktı:     | 813,653 (6 aylık)<br>602,706 (6 aylık)                 |                             |
| <b>Toplam</b>  | <b>1,597,170-2,290,281</b><br><b>Ort. : 1,700,000</b>  | <b>182.2</b>                |

a: mekanik sallama+kimyasal+biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu

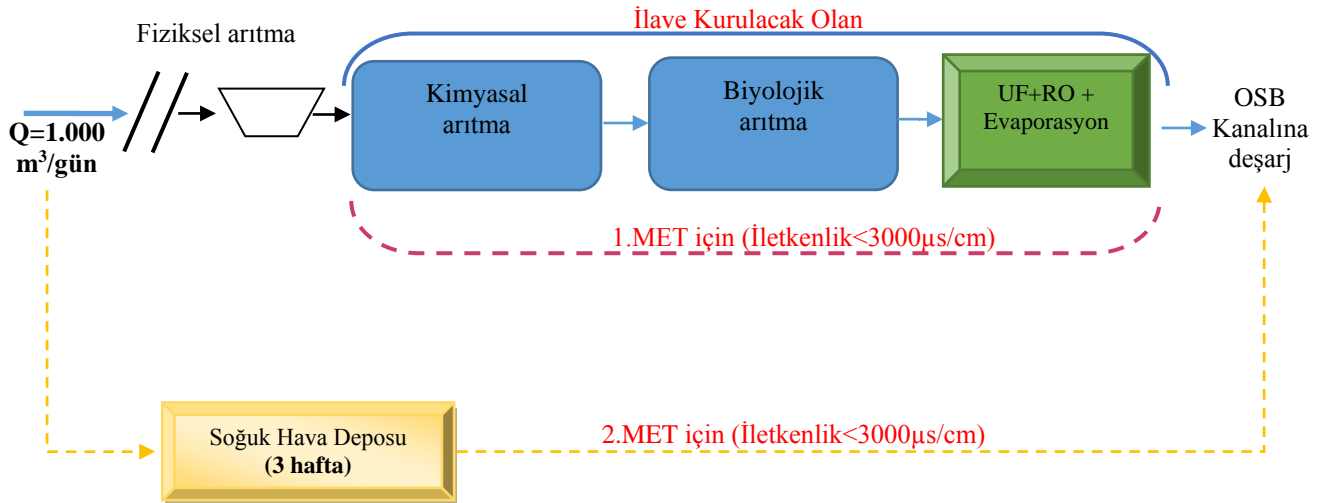
#### 4.8.7. Senaryo 7

7. Senaryo için, yılda 4,000 ton deri işleyen bir sanayi tesisinin kaynaklanan atıksu, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirildikten sonra OSB kanalına veya belediye kanalına deşarj edilmektedir.

Çizelge 4.30. Senaryo 7

| Senaryo   | Kapasite      | Q (m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi | 1. MET (Tuzla kürlenme)                                   | 2. MET (Soğuk depolama) |
|-----------|---------------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------------|
| Senaryo 7 | 4,000 ton/yıl | 1,000                   | Ön arıtma (Fiziksel)  | Mekanik sallama+ Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | Süre: 3 hafta           |

OSB içerisinde yer alan deri tesisleri, atıksularını OSB kanalına vermeden önce, OSB'nin belirlediği kanala deşarj kriterlerine uymak zorundadır. Ülkemizdeki Deri OSB'lerin çoğunda, tesisler yalnızca fiziksel arıtma yaptıktan sonra atıksularını OSB kanalına deşarj etmektedirler. Bu nedenle; yalnızca atıksularını yalnızca fiziksel arıtmadan geçirerek kanala veren tesislere iletkenlik parametresini de içeren deşarj kriterleri getirilmesi durumunda hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.18. Senaryo 7 Akım Şeması



### 1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı kurulumu: 15,000 Euro (BESTÜ, 2019)
- ✓ İşletme maliyeti hesabı (50 kW\*8 saat=400 kWh/gün (Mekanik sallama ekipmanı günlük enerji tüketimi)  
Birim elektrik tüketim fiyatı: 0.63 TL/kWh (EPDK, 2021)  
400 kWh\*0.63 TL/kWh= 252 TL (günlük)= 25.3 Euro  
(1 EURO=9,96 TL)  
Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 50 Euro olarak belirlenmiştir.
- ✓ Kimyasal Arıtma: 38 Euro/m<sup>3</sup>/gün (ilk yatırım), 0.07 Euro/m<sup>3</sup>/gün (işletme)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*38 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 38,000 Euro (ilk yatırım), (UNEP, 2015)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.07 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 70 Euro (işletme), (UNEP, 2015)
- ✓ Biyolojik Arıtma: 64 Euro/m<sup>3</sup>/gün, (ilk yatırım), 0.045 Euro/m<sup>3</sup>/gün (işletme)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*64 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 64,000 Euro (ilk yatırım) (Turgut, 2019)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.045 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 45 Euro (işletme) (Turgut, 2019)
- ✓ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (1,000m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün) = 720.5 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=850,000 USD = 723.543 Euro
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018) =0,38 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 450 USD/gün = 381.5 Euro/gün

1. yöntem kullanılması sonrası, ileri arıtmadan geçirilen suyun proseste yeniden kullanılabilmesi seçeneği göz önünde bulundurulmalıdır. Su ücretleri bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olup; su ücretinin yüksek olduğu bölgelerde ileri arıtmanın avantajlı hale gelebileceği düşüncesi ile su ücreti 0.7 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Sistemin %75 verimle çalıştığı ve dolayısıyla günlük 1,000 m<sup>3</sup>/gün \*0.75= 750 m<sup>3</sup>/gün arıtılmış atıksuyun proseste yeniden kullanılacağı kabulü ile; tesis hem su ücretinden hem de kanalizasyona deşarjda atıksu altyapı yönetimi tarafından tahsil edilen atıksu arıtma bedelinden muaf olacaktır. Atıksu arıtma bedeli 0.3 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Su temin ve atıksu arıtma bedelinden muaf olacak tesisin tasarruf edeceği miktar hesaplanmıştır.

0.7 Euro/m<sup>3</sup>\*750 m<sup>3</sup>/gün= 525 Euro/gün (su bedeli)

1,000 m<sup>3</sup>/gün \*0.3 Euro/m<sup>3</sup> = 300 Euro/gün (atıksu arıtma bedeli)

525+300=825 Euro/gün yaklaşık tasarruf

1. yöntem için; tasarruf edilecek miktardan işletme maliyeti çıkarılarak amortisman süresi hesaplanabilir:

825-546.5=278.5 Euro/gün

840,543 Euro/278.5 Euro/gün \*(1 yıl/365 gün)=8 yıl

## 2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:

2.yöntemde 2,000 m<sup>3</sup> kapasiteli bir endüstriyel soğuk hava deposu kurulumu ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

✓ Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL (200-300 Euro) arasında değişmektedir.

✓ İşletme maliyeti hesabı (Günlük 1,200 kWh elektrik tüketimi)

2,000 m<sup>3</sup> depo kurulumu için depo maliyeti; 4,4 milyon TL ile 6 Milyon TL (0.44-0.6 milyon Euro) arasında değişmektedir. Bu maliyet hesabına deponun kurulum ve inşaa maliyeti ile arsa maliyeti de dahil edilerek toplam maliyet hesaplanmıştır.

İşletme maliyeti hesaplamasında;

1,200 kWh\*0.63 TL/kWh= 756 TL/gün = 75.9 Euro/gün

**Çizelge 4.31.** Senaryo 7 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| <b>1. Yöntem<sup>a</sup></b>                                    |  |                                    |
|---|--|------------------------------------|
| <b>Proses</b>   | <b>İlk Yatırım Maliyeti (Euro)</b>                   | <b>İşletme Maliyeti (Euro/gün)</b> |
| Mekanik sallama ekipmanı  | 15.000   | 50                                 |
| Kimyasal arıtma   | 38,000   | 70                                 |
| Biyolojik arıtma  | 64,000   | 45                                 |
| AAT sonuna<br>UF+RO + Evaporasyon                               | 723,543  | 381.5                              |
| <b>Toplam</b>   | <b>840,543</b>                                       | <b>546.5</b>                       |
| <b>2. Yöntem<sup>b</sup></b>                                    |  |                                    |
| Endüstriyel Soğuk Hava<br>Deposu Kurulumu (2000m <sup>3</sup> ) | Depo:450,000-600,000<br>Arsa: 50,000<br>İnşaa:20,000 | 75.9                               |
| <b>Toplam</b>   | <b>520,000-670,000</b><br><b>Ort: 600,000</b>        | <b>75.9</b>                        |

a: mekanik sallama+kimyasal+biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu

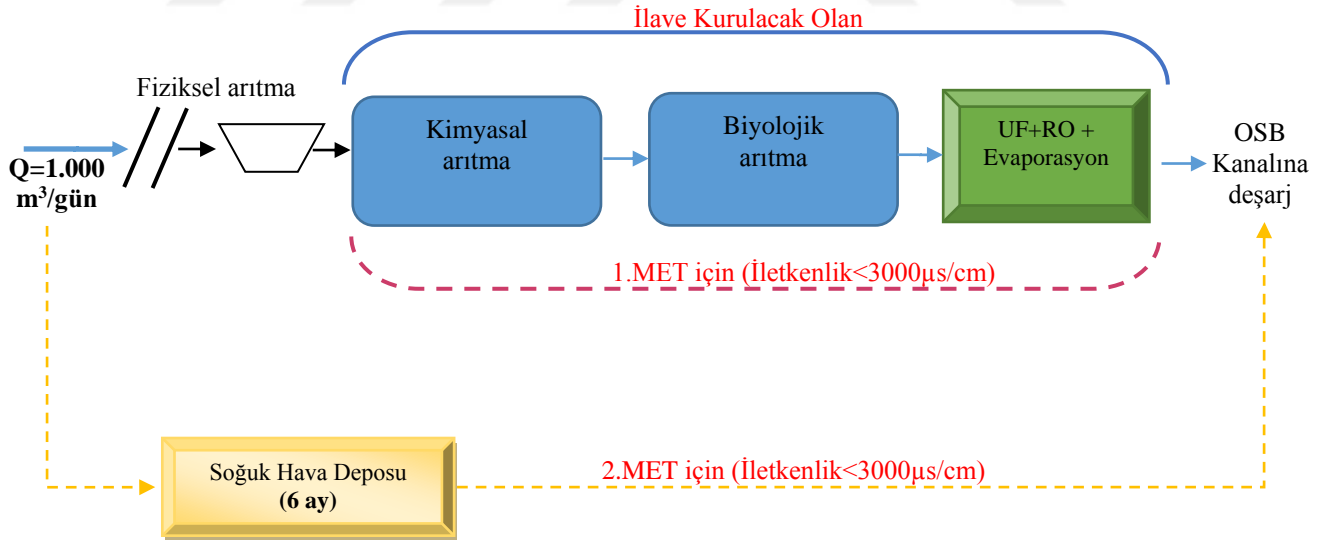
#### 4.8.8. Senaryo 8

8. Senaryo için, yılda 1,200 ton deri işleyen bir sanayi tesisinden kaynaklanan atıksu, tesise ait fiziksel arıtmadan geçirildikten sonra OSB kanalına veya belediye kanalına deşarj edilmektedir.

Çizelge 4.32. Senaryo 8

| Senaryo   | Kapasite     | Q (m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi | 1. MET (Tuzla kütleme)                                    | 2. MET (Soğuk depolama)               |
|-----------|--------------|-------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|
| Senaryo 8 | 4000 ton/yıl | 1000                    | Ön arıtma (Fiziksel)  | Mekanik sallama+ Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | Süre: 6 ay<br>İlave Koruyucu Kimyasal |

OSB içerisinde yer alan deri tesisleri, atıksularını OSB kanalına vermeden önce, OSB'nin belirlediği kanala deşarj kriterlerine uymak zorundadır. Ülkemizdeki Deri OSB'lerin çoğunda, tesisler yalnızca fiziksel arıtma yaptıktan sonra atıksularını OSB kanalına deşarj etmektedirler. Bu nedenle; yalnızca atıksularını yalnızca fiziksel arıtmadan geçirerek kanala veren tesislere iletkenlik parametresini de içeren deşarj kriterleri getirilmesi durumunda hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.19. Senaryo 8 Akım Şeması

#### 1. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:

- ✓ Mekanik sallama ekipmanı kurulumu: 15,000 Euro (BESTÜ, 2019)

- ✓ İşletme maliyeti hesabı (50 kW\*8 saat=400 kWh/gün (Mekanik sallama ekipmanı günlük enerji tüketimi)  
Birim elektrik tüketim fiyatı: 0.63 TL/kWh (EPDK, 2021)  
400 kWh\*0.63 TL/kWh= 252 TL (günlük)= 25.3 Euro  
(1 EURO=9,96 TL)  
Mekanik ekipman bakım/onarım dahil edilerek günlük toplam 50 Euro olarak belirlenmiştir.
- ✓ Kimyasal Arıtma: 38 Euro/m<sup>3</sup>/gün (ilk yatırım), 0.07 Euro/m<sup>3</sup>/gün (işletme)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*38 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 38,000 Euro (ilk yatırım), (UNEP, 2015)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.07 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 70 Euro (işletme), (UNEP, 2015)
- ✓ Biyolojik Arıtma: 64 Euro/m<sup>3</sup>/gün, (ilk yatırım), 0.045 Euro/m<sup>3</sup>/gün (işletme)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*64 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 64,000 Euro (ilk yatırım) (Turgut, 2019)
  - 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.045 Euro/m<sup>3</sup>/gün= 45 Euro (işletme) (Turgut, 2019)
- ✓ AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon (1,000m<sup>3</sup>/gün kapasitede bir AAT için)
- ✓ İlk yatırım maliyeti aralığı = 700-1,000 USD/(m<sup>3</sup>/gün) (ÇŞB Memkon Projesi, 2018)
- ✓ Ortalama ilk yatırım maliyeti = 850 USD/(m<sup>3</sup>/gün) = 720.5 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*850 USD/m<sup>3</sup>=850,000 USD = 723.543 Euro
- ✓ Ortalama işletme maliyeti = 0.45 USD/m<sup>3</sup> (ÇŞB Memkon Projesi, 2018) =0,38 Euro/(m<sup>3</sup>/gün)
- ✓ 1,000m<sup>3</sup>/gün\*0.45 USD/m<sup>3</sup>= 450 USD/gün = 381.5 Euro/gün

1. yöntem kullanılması sonrası, ileri arıtmadan geçirilen suyun proste yeniden kullanılabilirliği seçeneği göz önünde bulundurulmalıdır. Su ücretleri bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olup; su ücretinin yüksek olduğu bölgelerde ileri arıtmanın avantajlı hale gelebileceği düşüncesi ile su ücreti 0.7 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Sistemin %75 verimle çalıştığı ve dolayısıyla günlük 1,000 m<sup>3</sup>/gün \*0.75= 750 m<sup>3</sup>/gün arıtılmış atıksuyun proste yeniden kullanılacağı kabulü ile; tesis hem su ücretinden hem de kanalizasyona deşarjda atıksu altyapı yönetimi tarafından tahsil edilen atıksu arıtma bedelinden muaf olacaktır. Atıksu arıtma bedeli 0.3 Euro/m<sup>3</sup> kabul edilmiştir. Su temin ve atıksu arıtma bedelinden muaf olacak tesisin tasarruf edeceği miktar hesaplanmıştır.

- ✓ 0.7 Euro/m<sup>3</sup>\*750 m<sup>3</sup>/gün= 525 Euro/gün (su bedeli)
- ✓ 1,000 m<sup>3</sup>/gün \*0.3 Euro/m<sup>3</sup> = 300 Euro/gün (atıksu arıtma bedeli)
- ✓ 525+300=825 Euro/gün yaklaşık tasarruf
- ✓ 1. yöntem için; tasarruf edilecek miktardan işletme maliyeti çıkarılarak amortisman süresi hesaplanabilir:

- ✓  $825-546.5=278.5$  Euro/gün
- ✓  $840,543 \text{ Euro}/278.5 \text{ Euro/gün} *(1 \text{ yıl}/365 \text{ gün})=8$  yıl

## **2. Yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesabı:**

Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir. 16,000 m<sup>3</sup> depo hacmi için hesaplanan ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti de Tablo da sunulmaktadır.

16,000 m<sup>3</sup> iç oda hacmine sahip bir deponun 2°C’de normal ve aşırı kullanımda elektrik tüketimi Çizelge 4.16’da sunulmakta olup; elektrik tüketimi yaklaşık 400,000 Watt (400 kW) olarak kabul edilmiştir. Bu değer 24 saat ile çarpılarak günlük enerji tüketimi kWh cinsinden hesaplanır. 16,000 m<sup>3</sup> hacminde bir soğutma deposu için yaklaşık işletme maliyeti hesaplamasında;

$$400 \text{ kW} * 24 \text{ h} = 9,600 \text{ kWh}$$

$$9,600 \text{ kWh} * 0.63 \text{ TL/kWh} = 6,048 \text{ TL/gün} = 607.5 \text{ Euro/gün}$$

Kimyasal kullanımı hesaplamaları

- a) Silika jel kullanımı: %15 oranda kullanılması gerekmektedir.

1800 ton deriye uygulanması gereken silika jel miktarı  $1800 * (\%15)=270$  ton.

$270 \text{ ton} * 100 \text{ TL/kg} * 1000 \text{ kg/t} = 27 * 10^6 \text{ TL} = 6$  Aylık maliyet

- b) Neem ekstaktı: Deri yüzeyine %1 oranında uygulanması gerekmektedir.

1800 ton deriye uygulanması gereken neem ekstaktı miktarı  $1800 * (\%1)=18$  ton.

Neem yağı özgül ağırlık  $\sim 0,9 \text{ g/cm}^3$

$18 \text{ ton neem ekstaktı} = 20 * 10^6 \text{ mL} = 20$  milyon (6 Aylık maliyet)

Endüstriyel soğuk hava deposu kurulumunda, soğuk depo kurulumu yapan farklı firmalardan temin edilen fiyatların ortalama değerleri alınmış olup; depoların m<sup>2</sup> fiyatı 2,000-3,000 TL arasında değişmektedir. 16,000 m<sup>3</sup> depo hacmi için yapılan depo ilk yatırım maliyeti 4,500,000-6,000,000 arasında değişmekte olup; muhafaza süresinin 6 aya çıkması durumunda hesaplanan ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti de Çizelge 4.33’te sunulmaktadır.

Çizelge 4.33. Senaryo 8 için her iki yöntemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| 1. Yöntem <sup>a</sup>  |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
| Proses  | İlk Yatırım Maliyeti (Euro)   | İşletme Maliyeti (Euro/gün) |
| Mekanik sallama ekipmanı  | 15.000  | 50                          |
| Kimyasal arıtma   | 38,000  | 70                          |
| Biyolojik arıtma  | 64,000  | 45                          |
| AAT sonuna UF+RO + Evaporasyon                                  | 723,543   | 381.5                       |
| <b>Toplam</b>   | <b>840,543</b>  | <b>546,5</b>                |
| 2. Yöntem <sup>b</sup>  |   |                             |
| Endüstriyel Soğuk Hava Deposu Kurulumu (16,000 m <sup>3</sup> ) | Depo:3,214,000-4,821,000<br>Arsa: <b>50,225</b><br>İnşaa: <b>50,225</b> | 607.5                       |
| Kimyasal/koruyucu kullanımı                                     |   |                             |
| Silika jel:   | 2,712,000 (6 aylık)   |                             |
| Neem ekstraktı:   | 2,009,000 (6 aylık)   |                             |
| <b>Toplam</b>   | <b>5,323,450-7,633,450</b><br><b>Ort: 6,000,000</b>                     | <b>607.5</b>                |

a: mekanik sallama+kimyasal+biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon

b: soğuk hava deposu

### Tüm Senaryolara Göre Maliyet Kıyaslamaları

Bu çalışmada ayrıca farklı senaryolara göre hesaplamalar yapılmış olup; senaryoların ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin kıyaslaması Çizelge 4.34'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.34. Tüm senaryolara göre her iki yöntem için ilk yatırım ve işletme maliyetleri

| Senaryo              | 1. Yöntem                   |                             | 2. Yöntem                   |                             |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                      | İlk Yatırım Maliyeti (Euro) | İşletme Maliyeti (Euro/gün) | İlk Yatırım Maliyeti (Euro) | İşletme Maliyeti (Euro/gün) |
| <b>Tez çalışması</b> | 735,543                     | 431.5                       | 600,000                     | 75.9                        |
| <b>Senaryo 1</b>     | 735,543                     | 431.5                       | 6,000,000                   | 607.5                       |
| <b>Senaryo 2</b>     | 230,810                     | 153                         | 170,000                     | 22.8                        |
| <b>Senaryo 3</b>     | 230,810                     | 153                         | 1,700,000                   | 182.2                       |
| <b>Senaryo 4</b>     | 7,190, 652                  | 3,807                       | ---                         | ---                         |
| <b>Senaryo 5</b>     | 261,410                     | 163.7                       | 170,000                     | 22.8                        |
| <b>Senaryo 6</b>     | 261,410                     | 163.7                       | 1,700,000                   | 182.2                       |
| <b>Senaryo 7</b>     | 840,543                     | 546.5                       | 600,000                     | 75.9                        |
| <b>Senaryo 8</b>     | 840,543                     | 546.5                       | 6,000,000                   | 607.5                       |

Tüm senaryoların, mevcut durumları, ilave arıtma prosesleri, ilk yatırım, işletme ve 20 yıllık yatırım ve ilave işletme maliyetlerini içeren bilgiler Çizelge 4.35'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.35. Tüm Senaryolara Göre Maliyet Kıyaslaması

| Senaryo       | Q<br>(m <sup>3</sup> /gün) | Mevcut arıtma prosesi                                 | Tuzla kürlenme <sup>a</sup>              |                             |                             | Soğuk depolama <sup>b</sup>                               |                      |                |                             |                             |   |
|---------------|----------------------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------|---|----------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
|               |                            |   | İlave arıtma prosesi                     | İlk yatırım Maliyeti (Euro) | İşletme Maliyeti (Euro/gün) | İlk Yatırım ve 20 Yıllık İşletme Maliyeti Toplamı (Euro)* | Depo muhafaza süresi | İlave kimyasal | İlk yatırım Maliyeti (Euro) | İşletme Maliyeti (Euro/gün) | İlk Yatırım ve 20 Yıllık İşletme Maliyeti Toplamı (Euro)* |
| Tez çalışması | 1,000                      | Münferit (Fiziksel+kimyasal+biyolojik)                | UF+RO + Evaporasyon                      | 735,543                     | 431.5                       | 5,252,018   | 3 hafta              | ---            | 600,000                     | 75.9                        | 1,394,439   |
| Senaryo 1     | 1,000                      | Münferit (Fiziksel+kimyasal+biyolojik)                | UF+RO + Evaporasyon                      | 735,543                     | 431.5                       | 5,252,018   | 6 ay                 | kimyasal       | 6,000,000                   | 607.5                       | 157,623,763   |
| Senaryo 2     | 300                        | Münferit (Fiziksel+kimyasal+biyolojik)                | UF+RO + Evaporasyon                      | 230,810                     | 153                         | 1,832,248   | 3 hafta              | --             | 170,000                     | 22.8                        | 408,645   |
| Senaryo 3     | 300                        | Münferit (Fiziksel+kimyasal+biyolojik)                | UF+RO + Evaporasyon                      | 230,810                     | 153                         | 1,832,248   | 6 ay                 | kimyasal       | 1,700,000                   | 182.2                       | 44,302,446  |
| Senaryo 4     | 10,000                     | OSB (Fiziksel+kimyasal+biyolojik)                     | UF+RO + Evaporasyon                      | 7,190, 652**                | 3,807                       | 47,038,206  | ---                  | --             | ---                         | ---                         | ----  |
| Senaryo 5     | 300                        | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj) | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 261,410***                  | 163.7                       | 1,456,420   | 3 hafta              | --             | 170,000                     | 22.8                        | 408,645   |
| Senaryo 6     | 300                        | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj) | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 261,410***                  | 163.7                       | 1,456,420   | 6 ay                 | kimyasal       | 1,700,000                   | 182.2                       | 44,302,446  |
| Senaryo 7     | 1,000                      | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj) | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 840,543***                  | 546.5                       | 4,829,993   | 3 hafta              | --             | 600,000                     | 75.9                        | 1,394,439   |
| Senaryo 8     | 1,000                      | OSB içi deri tesisi (Ön arıtma sonrası kanala deşarj) | Kimyasal+ Biyolojik+ UF+RO + Evaporasyon | 840,543***                  | 546.5                       | 4,829,993   | 6 ay                 | kimyasal       | 6,000,000                   | 607.5                       | 157,623,763   |

\* Yıllık Euro faiz oranı yaklaşık %3 alınmıştır.

\*\*Amortisman süresi 5 yıl

\*\*\*Amortisman süresi 8 yıl

Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35 incelendiğinde; Organize Sanayi Bölgesi (OSB) çıkışına UF+ RO+ Evaporasyon sistemi kurulumu ile alıcı ortamdaki iletkenliğin düşürülmesi seçeneğini içeren senaryonun ilk yatırım maliyeti yaklaşık 7 Milyon Euro, işletme maliyeti ise yaklaşık 3800 Euro/gün olarak belirlenmiştir. Uygulamada, ortaya çıkacak ilk yatırım ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak, amortisman süresine karar verildikten sonra, arıtma birim maliyetlerinin belirlenmesini müteakip, satılan suyun fiyatının belirlenmesi gerekmektedir. OSB arıtma çıkışı ileri arıtma kullanılması durumunda; 5 yıl sonra sistem kendini amorti etmekte ve işletme maliyetleri de karşılanmaktadır.

1. Senaryoda, 2. yöntemin (derilerin soğuk hava deposunda 6 ay muhafaza edilmesi) ilk yatırım maliyeti yaklaşık 7 Milyon Euro olarak, 1. Yönteme kıyasla yaklaşık 8 kat daha yüksek olarak; işletme maliyeti de yaklaşık 1.5 kat daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Soğuk hava depolarında uzun süreli muhafaza, kimyasal ilavesinin yüksek maliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

2. Senaryoda, 1. yöntemde hem ilk yatırım hem de işletme maliyetleri daha yüksek tespit edilmiştir.

Senaryo 1,3,6 ve 8 için, 2. yöntemin 1. yönteme kıyasla yaklaşık 6.5 ile 7.1 kat arasında değişen oranlarda yüksek ilk yatırım maliyetine neden olduğu tespit edilmiştir. Soğuk hava depolarında 3 haftalık depolama süresinin 6 aya çıkması durumunda, koruyucu kimyasal kullanımından kaynaklanan yüksek işletme maliyetleri nedeniyle maliyetleri nedeniyle soğuk depo kurulumu maliyetlerinin yaklaşık 10 kata kadar arttığı tespit edilmiştir.

Tüm sonuçlar incelendiğinde, derilerin tuz kullanmadan soğuk hava deposunda 3 hafta muhafazası farklı arıtma kademelerine sahip ve farklı atıksu debilerinde daha düşük ilk yatırım ve işletme maliyetleri nedeni ile tercih edilmesi gereken yöntem olarak (Senaryo 2, 5 ve 7) belirlenmiştir.

Senaryo 5-6-7 ve 8 için 1. yöntem kullanılması sonrası, ileri arıtmadan geçirilen suyun proste yeniden kullanılabilmesi seçeneği göz önünde bulundurulduğunda tesisin hem su ücretinden hem de kanalizasyona deşarjda atıksu altyapı yönetimi tarafından tahsil edilen atıksu arıtma bedelinden muaf olacağı düşünülerek tasarruf edeceği miktar hesaplanmış ve 8 yılda sistemin kendini amorti edeceği hesaplanmıştır.

Derilerin soğuk hava depolarında uzun süreli bekletilmesi seçeneğinin, tüm senaryolarda en yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetlerine sahip olduğu tespit



edilmiştir. Hesaplanan maliyetler yöntemin uygulanabilir olmadığını gözler önüne sermektedir.

Tüm senaryolara göre en makul ve mantıklı seçenek kirliliğin kaynağında önlenmesi prensibine dayanan, derilerin soğuk hava depolarında, AB MET Referans Dokümanında belirtildiği gibi maksimum 3 hafta süre ile saklanması seçeneği olarak belirlenmiştir.

Arıtılmış atıksuların deşarj edildiği ve sulama suyu olarak kullanıldığı bölgelerde, tuzluluk içeriği yükselmekte ve alıcı ortam kalitesi ciddi ölçüde bozulmaktadır.

Yakın gelecekte, artık alıcı ortamda istenmeyen parametre olarak deşarj noktalarında izlenmesi gereken iletkenlik parametresinin gideriminin en temel yöntemi, kaynağında oluşumunu önlemektir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2021 yılında “Deri İşleme Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Taslak Tebliği” sektör görüşleri doğrultusunda son şekli verilmek üzere yayımlanmıştır. Tebliğ’de yer Mevcut En İyi Teknik-Emisyon Sınır Değerleri (MET-ESD) arasında iletkenlik parametresi sınır değeri 6000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  olarak belirlenmiştir. Deri işleme tesislerinden kaynaklanan atıksuların, arıtma sonunda iletkenlik içeriği 20,000-30,000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  seviyelerine ulaşabilmektedir. Taslak Tebliğ’de yer alan sınır değerlerin sağlanabilmesi için, deri işleme tesisleri ve Deri İhtisas OSB’lerin fizibilite çalışmalarını yapmaları gerekmektedir. Senaryolarda hesaplanan maliyetler göz önünde bulundurulduğunda söz konusu sınır değere ulaşılabilmesi için tercih edilmesi gereken MET alternatifi soğuk hava deposu kullanımudur.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Temiz üretim uygulamaları ile; kirliliğin ve atığın kaynağında önlenmesi, atık ve emisyon oluşumu ile tehlikeli kimyasal kullanımının en aza indirilmesi, su ve enerji gibi doğal kaynakların ve çevrenin korunması, aynı zamanda işletme maliyetlerinin de kaynak kullanımına bağlı olarak azaltılması amaçlanmaktadır. Sanayide temiz üretim ile sağlanan çevresel faydanın yanı sıra yadsınamayacak düzeyde ekonomik faydalar sağlanmaktadır.

Bu çalışmada Belirli Sektörlerde Temiz Üretim Uygulamaları (BESTÜ, 2019) Projesi kapsamında Deri Sektörü MET Sonuç Belgesi ve MET Referans Dokümanından faydalanılarak detaylı bir şekilde hazırlanan ve ülkemizde deri işleme sektöründe faaliyet gösteren tüm tesislere online olarak gönderilen anket formları sonuçlarında yer alan su ve atıksu yönetimi ile ilgili MET'lerin uygulanma ve uygulanabilirlik oranları değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında, deri işleme sektörü MET listelerinde yer alan ve deri işleme tesisi atıksularının yönetiminde en önemli problemlerden biri olan "İletkenlik" parametresinin alıcı ortam kalitesinin iyileştirilebilmesi için kabul edilebilir değerlere düşürülmesi amacıyla seçilen iki MET alternatifi "Çapraz Medya Etkisi Analizi Yöntemi" ile kıyaslanmıştır.

Çalışmada ayrıca, ülkemizde Deri Organize Sanayi Bölgesi (OSB)'nde faaliyet gösteren 5 deri işleme tesisine yapılan saha ziyaretlerinde, öncelikle tesiste uygulanan prosesler yerinde görülmüş, proseslere ilişkin detaylı bilgiler edinilmiştir. Özellikle, derilerin muhafaza/kürlenmesine yönelik olarak, tez çalışması kapsamında da değerlendirilen tuzla veya tuzsuz muhafaza yöntemlerinin uygulanabilirliği sorgulanmıştır. Ayrıca tesislerin su ve atıksu yönetimine yönelik uygulamaları da değerlendirilmiştir.

Çalışmada, ülkemizde değişen kapasitelerde çalışan ve farklı sürelerde derileri depolayarak muhafaza eden tesisler ile atıksu altyapı yönetimlerinin mevcut yapısı da göz önünde bulundurularak iletkenlik probleminin çözümünü hedefleyen ve kıyaslama yapılan 2 MET alternatifinin uygulanması durumunda farklı senaryolara göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri de hesaplanmıştır.

Arıtılmış atıksuların deşarj edildiği ve sulama suyu olarak kullanıldığı bölgelerde, tuzluluk içeriği yükselmekte ve alıcı ortam kalitesi ciddi ölçüde bozulmaktadır. Yakın gelecekte, artık alıcı ortamda istenmeyen parametre olarak deşarj noktalarında izlenmesi gereken iletkenlik parametresinin gideriminin en temel yöntemi, kaynağında oluşumunu önlemektir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2021 yılında “Deri İşleme Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Taslak Tebliği” sektör görüşleri doğrultusunda son şekli verilmek üzere yayımlanmıştır. Tebliğ’de yer Mevcut En İyi Teknik-Emisyon Sınır Değerleri (MET-ESD) arasında iletkenlik parametresi sınır değeri 6,000 µs/cm olarak belirlenmiştir. Deri işleme tesislerinden kaynaklanan atıksuların, arıtma sonunda iletkenlik içeriği 20,000-30,000 µs/cm seviyelerine ulaşabilmektedir. Taslak Tebliğ’de yer alan sınır değerlerin sağlanabilmesi için, deri işleme tesisleri ve Deri İhtisas OSB’lerin fizibilite çalışmalarını yapmaları gerekmektedir. Senaryolarda hesaplanan maliyetler göz önünde bulundurulduğunda söz konusu sınır değere ulaşılabilmesi için tercih edilmesi gereken MET alternatifi soğuk hava deposu kullanımındır.

Su kullanımı optimizasyonu ile ilgili MET’lerde ortalama MET uygulanma oranı %84, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %94, yağmur suyu yönetimi ile ilgili MET’lerde ortalama MET uygulanma oranı %22, ortalama MET uygulanabilirlik oranı 62, proses suyu yönetimi ile ilgili MET’lerde ortalama MET uygulanma oranı %58, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %79, proseslerde su kullanımının olduğu bölümlerdeki MET’lerde ortalama MET uygulanma oranı %41, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %67, atıksu arıtımı ile ilgili MET’lerde ortalama MET uygulanma oranı %50, ortalama MET uygulanabilirlik oranı %67 olarak tespit edilmiştir. Su ve atıksu yönetimi ile ilgili tüm MET başlıklarının ortalama uygulanma oranı yaklaşık %48 iken, uygulanabilirlik oranı yaklaşık %72 olarak belirlenmiştir.

“Çapraz Medya Etkisi” hangi tekniğin 'en iyi' olduğunu belirlemek için bir değerlendirme yapılmasının gerekli olduğu durumlarda, bu belirlemeye yardımcı olacak metodolojileri içeren bir analiz yöntemidir. Metodoloji, ekonomi ve çapraz medya etkileri üzerine yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkileri belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan “Yaşam Döngüsü Analizi”nin kısaltılmış bir versiyonudur. Temelinde çevresel etkilerin belirlenmesi esasına dayanan “Çapraz Medya Etkisi Analizi” entegre kirlilik önleme ve kontrol çalışmalarında, karşılaştırma

yapılan MET'ler arasında hangi MET alternatifinin en iyi seçenek olduğuna karar vermede kullanılan bir yöntemdir.

Saha ziyareti gerçekleştirilen tesislerin tamamında yurtiçi veya yurtdışından tuzlanmış olarak temin edilen deriler, depolarda tekrar tuzla kürlenerek muhafaza edilmektedir. Literatürde her ne kadar derilerin tula muhafaza edilerek 2 ay süresince depolarda muhafaza edilebileceğine yönelik bilgiler mevcut olsada, uygulamada deri işleme tesislerinin, derileri uzun sürelerde saklama ve muhafaza etme isteklerinden dolayı, oldukça fazla miktar tuzla tekrar kürlenerek 6 aya varan sürelerde ham derileri depolarda beklettikleri tespit edilmiştir. Özellikle yaz aylarında derilerin bozulmasını ve biyolojik aktiviteyi önlemek için, sınırsız bir tuz kullanımının olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Söz konusu uygulamalardan sonra ülkemizdeki deri işleme tesislerinden kaynaklanan atıksulardaki yüksek iletkenlik içeriği kaçınılmazdır. Tuzluluk içeriğine karşı herhangi bir kontrol veya önlem alma mekanizmasının bulunmayışı, bu atıksuların yönetimini her geçen gün zorlaştırmaktadır. AB tarafından 2013 yılında yayımlanan Deri İşleme Sektörü MET Referans Belgesi Dokümanında yer alan ve MET Sonuç Belgesinde zorunlu tutulan, derilerin tuz kullanmadan muhafazası seçeneğinin uygulanması ile ilgili tesislerden bilgi alınmış olup; ülkemiz şartlarında hiçbir tesiste uygulanmadığı ve tesisler tarafından uygulanabilirliğinin oldukça düşük görüldüğü tespit edilmiştir.

Avrupa Birliği tarafından 2013 yılında yayımlanan deri işleme sektörü MET Sonuç Belgesi Dokümanında (BAT Conclusions) zorunlu ve zorunlu olmayan MET'ler belirlenmiştir. Buna göre, atıksuların yönetiminde tuzluluk giderimi için, mekanik sallama ekipmanı kullanılarak ya da tuzlanmamış derilerin soğuk muhafaza edilerek işlenmesi tekniklerinden uygun olanın tesis için uygulanması zorunlu MET olarak sunulmaktadır. 1. Alternatif olarak, tuzla muhafaza edilmiş derilerin işlenmeden önce mekanik sallama ekipmanı ile üzerindeki gevşek tuzun silkelmesi seçilmiştir. Ancak tek başına bu yöntemle atıksu emisyonunda hedeflenen iletkenlik değerlerine ulaşamayacağından, alıcı ortamda hedeflenen kriterlere ulaşabilmek için ayrıca atıksu arıtma tesisi sonuna UF+ RO+ Evaporasyon sistemi kurulumu da dahil edilmiştir. 2. Alternatif olarak ise tuzlanmamış derilerin muhafazasında fiziksel bir koruma yöntemi olan soğuk muhafaza ile derilerin kürlenmesi seçilmiştir. Her iki MET alternatifi Çapraz Medya Etkisi ve Maliyet Analizi ile kıyaslanarak, sektörel uyum kabiliyeti ve MET'lerin çevre korumaya katkısı da değerlendirilerek en iyi MET seçeneği belirlenmiştir. Hem çevresel faktörler hem de maliyet kıyaslaması sonucunda derilerin

tuzlanmadan soğuk muhafazası (2. Yöntem) tercih edilmesi gereken MET alternatifi olarak belirlenmiştir.

Kıyaslama yapılan MET seçeneklerinden hangisinin en iyi MET seçeneği olduğuna karar vermede en önemli kriterlerden bir tanesi de sektörel uygulanabilirliğin değerlendirilmesidir. Ülkemizde deri işleme tesislerinin tamamında, 6 aydan 1 yıla kadar uzayabilen uzun saklama koşulları nedeniyle deriler tuzla kürlenerek muhafaza edilmektedir. Tuzla muhafaza edilmiş derilerin işlenmeden önce mekanik sallama ekipmanı ile üzerindeki gevşek tuzun silkelenmesine yönelik MET alternatifi hiçbir tesiste uygulanmamakta ancak tesisler tarafından %78 oranında uygulanabilir görülmektedir. 2. Yöntemde önerilen MET alternatifinin (derilerin tuzlanmadan soğuk muhafazası) tesisler tarafından uygulanabilir görülme oranı, 1.yönteme kıyasla daha düşüktür. Anket sonuçlarına göre ülkemizdeki deri işleme tesislerinin taze (tuzlanmamış) post/derilerin kullanımına yönelik MET alternatifi ülkemizde hiçbir tesiste uygulanmayıp, %44 oranında uygulanabilir görülmektedir. Derilerin kütleme yönteminin değiştirilerek en başta tuz kullanımından kaçınılarak kirliliğin kaynağında önlenmesini esas alan MET alternatifi, geleneksel yöntemlerin dışında bir seçenek sunduğundan tesisler tarafından daha az uygulanabilir görülmektedir.

Mekanik sallama ekipmanı kullanımı ve UF, RO sistemlerinin toplam 20 yıllık yatırım ve işletme maliyeti toplamı yaklaşık 5.2 milyon Euro olarak, derilerin soğuk muhafaza ile korunması yöntemine kıyasla yaklaşık 3.7 kat daha yüksek maliyette tespit edilmiştir.

Ülkemizdeki deri tesislerinin mevcut yapısı ve ham deri temin süreleri göz önüne alındığında söz konusu süreye riayet edilemeyeceği ihtimalinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle uzun depolama sürelerinde derilerin muhafaza edilmesi durumu ve ülkemizdeki atıksu altyapı yönetimlerinin mevcut yapısı da göz önünde bulundurulurken farklı senaryolar için tez çalışması kapsamında kıyaslanan MET alternatiflerine yönelik ilk yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Senaryolara göre; derilerin soğuk hava depolarında maksimum 3 hafta süre ile saklanması seçeneğinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri 1.yönteme kıyasla daha düşük tespit edilmiştir. Derilerin 6 ay soğuk hava deposunda muhafaza edilmesi, koruyucu kimyasal kullanımı gerektirmesi nedeniyle çok yüksek maliyetlere neden olmakta ve uygulanabilir görülmemektedir. Bununla birlikte senaryolara göre; OSB atıksu arıtma tesisi çıkışına ileri arıtma kurulması durumunda; 5 yıl sonra sistem kendini

amorti etmekte ve işletme maliyetleri de karşılanmakta olup; uygulanabilir bir seçenek olarak değerlendirilmiştir.

Ülkemizde deri işlemede geleneksel yöntemler uygulandığından sektörün köklü değişikliklere adapte olması kolay değildir. Fakat çevre kirliliğinin önlenmesi için birtakım yasal zorunluluklara uymak zorunda olan tesislere, her iki yöntemin de avantaj ve dezavantajlarının doğru bir biçimde aktarılması ve maliyetlere de dikkat çekilerek sektörel uygulanabilirliğin sağlanacağı düşünülmektedir. Özellikle 1.yöntemdeki ters ozmoz maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda 1.alternatifin tamamen devre dışı kalacağı düşünülmektedir. Giriş atıksuyundaki iletkenlik değerlerine bağlı olarak ters ozmoz arıtma maliyetlerinin de arttığı bilinmekte olup; özellikle 15.000  $\mu\text{s/cm}$ 'den yüksek iletkenliğe sahip atıksuların arıtılması oldukça maliyetli olmaktadır. Ayrıca ters ozmoz sisteminde oluşan konsantrenin bertarafı ülkemiz koşullarında oldukça pahalıdır ve sistemin uygulanması zordur. Ters ozmoz sistemi kullanımında en önemli problem konsantre bertarafının nasıl yapılacağı hususudur.

Diğer taraftan derilerin farklı yöntemlerle muhafazası konusunda yapılan uluslararası bilimsel çalışmaların tamamında, geleneksel tuzla kürlenerek muhafaza edilen işlenmiş deriler ile daha temiz koruma teknikleri ile muhafaza edilerek işlenen deri kaliteleri arasında ciddi farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Tuzsuz muhafaza yöntemlerinin en önemli avantajlarından bir tanesi de deri işleme prosesinde su tüketiminin yarı yarıya azalmasıdır.

Çevresel problemlerin çözümünde, yalnızca zorunluluk durumlarında değil, çevreye olan saygı çerçevesinde birtakım konularda yenilikçi yaklaşımların benimsenmesi gerekmektedir. Saha ziyaretlerinden edinilen tecrübeler göstermiştir ki, özellikle Avrupa Birliği ülkelerine ihracat yapan firmalarda, ham maddeden mamul aşamasına kadar her adımda çevreyi korumak ve kirletmemek adına temiz üretimle ilgili birçok uygulamaya halihazırda gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalar çoğu işletmede her ne kadar parasal getirisi üzerinden şekillense de bazı duyarlı tesisler tarafından gönüllü temiz üretim çalışmalarının yapılması son derece önem arz etmektedir.

## 5.2. Öneriler

Temiz üretim çalışmaları kirliliğin kaynağında önlenmesi prensibine dayanmaktadır. Bu sebeple, oluştuktan sonra boru sonu tekniklerle çevresel

emisyonların azaltılması yerine, kirlilik oluşturmuyacak proses/teknoloji kullanımı sağlanmalıdır.

Sektörün temiz üretim çalışmalarında fiilen görev alması, farkındalığının artırılması önem arz etmektedir. Uzun vadede temiz üretimle ilgili çalışmaların getireceği çevresel ve ekonomik faydalara dikkat çekilmelidir. Ulusal teşvik mekanizmalarının sağlanması sektörel uyum kabiliyetinin artırılmasına olumlu katkı sağlayacaktır.

Temiz üretim yaklaşımının uygulanabilmesindeki en önemli kriter yasal mevzuatlarla destekleme gerekliliğidir. Ülkemizde temiz üretim çalışmaları ile ilgili olarak şu anda yürürlükte olan “Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği” kurulu kapasitesi 10 ton/gün üzerinde olan tekstil işletmeleri için geçerli olup; gönüllülük esasına dayanmakta ve zorlayıcı hükümler içermemektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2021 yılında “Deri İşleme Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Taslak Tebliği” sektör görüşleri doğrultusunda revize edilmek üzere yayımlanmış olup; diğer sektörlerle yönelik olarak Sektörel Temiz Üretim Tebliği’nin yürürlüğe girmesi ile birlikte, kirlilik yükü, emisyon salınımına göre önceliklendirme yapılarak, kademeli olarak ülkemiz koşullarında uygulanabilir olan MET’lerin zorunlu olması gerekmektedir. Bu çalışma ve saha ziyaretlerinden elde edinilen bilgiler ışığında, iletkenlik problemini kaynağında çözecek olan ve su kullanımında %50’den fazla tasarruf sağlayan soğuk hava deposu kullanımının, belirli kapasitenin üzerindeki tesislerde zorunlu tutulabileceği düşünülmektedir.

MET’lerin uygulanıp uygulanmadığının tespit edilebilmesi oldukça güç olup, sektöre yönelik denetimlerde denetim ekibinin proseslere hâkim olması gerekmektedir. Bu nedenle yapılması gereken öncelikli konulardan bir tanesi kurumsal kapasitenin güçlendirilmesidir. Ayrıca izlemenin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için doğru ve güvenilir izleme/denetim mekanizmalarının da mevzuatlaştırılması gerekmektedir.

Proses bazında MET’lerin uygulanıp uygulanmadığının tespit edebilmek oldukça güç bir yöntemdir. Söz konusu MET’lerin uygulanıp uygulanmadığının tespit edilebilmesi için AB MET Sonuç Belgesi Dokümanında, MET’lerin uygulanması sonrası alıcı ortama deşarj eden tesisler için; atksu emisyonunda olması beklenen ve izlemede dikkat edilmesi gereken parametreler ve sınır değerleri MET-ESD (MET ile ilişkili Emisyon Sınır Değerleri) yer almaktadır. Bu parametreler kendi atksu arıtma tesisi bulunan ve alıcı ortama deşarj yapan münferit sanayi tesisleri için uyulması

gereken kriterleri ifade etmektedir. MET Sonuç Belgesi Dökümanında ayrıca atıksu altyapı sistemine deşarj yapan tesisler için (Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi AAT kanalizasyon hattı) uygulanması gereken MET-ESD değerleri ve emisyon parametreleri bulunmaktadır. Bu parametreler arasında “İletkenlik” parametresi bulunmamakta olup; deri işleme sektörünün atıksu karakterizasyonu ve kirlilik yükü dikkate alındığında, izleme yapılan tabloya ilave edilmesi gerekmektedir. Bilindiği üzere iletkenliğin atıksu arıtma tesislerinde klasik/konvansiyonel arıtma prosesleri ile giderimi mümkün değildir. Bu durum arıtılmış atıksuların tarımsal sulama amacıyla kullanımını sınırlandırmaktadır. Deri sektöründen kaynaklanan atıksuların yönetiminde, ulusal mevzuata iletkenlik parametresinin de dahil edilmesi ve alıcı ortamların kalitesinin iyileştirilebilmesi için izlenmesi gerekmektedir. Arıtılmış atıksuların deşarj edildiği ve sulama suyu olarak kullanıldığı bölgelerde, tuzluluk içeriği yükselmekte ve alıcı ortam kalitesi ciddi ölçüde bozulmaktadır. Yakın gelecekte, artık alıcı ortamda istenmeyen parametre olarak deşarj noktalarında izlenmesi gereken iletkenlik parametresinin gideriminin en temel yöntemi, kaynağında oluşumunu önlemektir.

Artan çevre kirliliği, çevresel sorunlara bakış açısının ve bu sorunların çözümüne yaklaşımın değişmesini zorunlu kılmaktadır. Kirliliğin oluştuktan sonra giderimi yerine, kaynağında önlenmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle sektörel yatırımların planlama aşamasında MET'lere uyumlu teknoloji ve teknikler içermesi sağlanmalıdır.



**KAYNAKLAR**

- Akdemir S., Dalmış S., Babacan A., Cengiz S., Soğuk Hava Depolarında Enerji Tüketimi, *26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*, Eylül 2010, Hatay.
- Akpolat, C., Ventosa, A., Birbir, M., 2015. Molecular identification of moderately halophilic bacteria and extremely halophilic archaea isolated from salted sheep skins containing red and yellow discolorations. *The Journal of the American Leather Chemists Association*, 110 (7), 211-220.
- Anirudhan, T.S., Ramachandran, M., 2006. Adsorptive removal oftannin from aqueous solutions by cationicsurfactant-modified bentonite clay. *Journal of Colloid and Interface Science*, 299, 116–124.
- Anonim, 2020. Soğuk Depo Çabuk Hesap Yöntemi <http://www.sogutmarehberi.com/soguk-depo-hesap.html> [Ziyaret Tarihi: 18 Kasım 2020]
- Anonim, 2021. Silika Jel Fiyatı. [https://www.aydinkimya.com/Silikajel-Paketli\\_pro\\_62565.html](https://www.aydinkimya.com/Silikajel-Paketli_pro_62565.html) [Ziyaret Tarihi: 14 Eylül 2021]
- Anonim, 2021. Neem Yağı/Ektraktı Fiyatı. <https://www.growkent.com/NeemAzal-TS-Organik-Neem-Yagi-250-ml,PR-1019.html>[Ziyaret Tarihi: 14 Eylül 2021]
- Anonim, 2021. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Elektrik Faturalarına Esas Tarife Tabloları. <http://epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari> [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2021]
- Apaydin Ö., Kurt U., Gönüllü M.T., 2009. An investigation on the treatment of tannery wastewater by electrocoagulation. *Global Nest Journal*, 11, 546-555.
- Aslan, E., Birbir, M., 2011. Examination of efficiency and sufficiency of salt-pack curing method. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 95 (3), 98-103.
- Ates E, Orhon D, Tunay O.,1997. Characterization of tannery wastewaters for pretreatmentselected case studies. *Water Science and Technology*, 36, 217–23.
- Avrupa Birliği Ekonomi ve Çapraz Medya Etkisi Rehber Doküman, 2006. European Commission Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Economics and Cross-Media Effects.
- Babu, N.K.C., Kumari, B.S., Vimalarani, S.H., Shanthi, C., Karuthapandian, S., Sadulla, S., 2012. Microbiological aspects of hide and skin preservation by chilling. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 96 (2), 71-76.
- Bailey, D.G., 2003. The preservation of hides and skins. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 98 (8), 308-319.

- Bailey, D.G., Gosselin, J.A., 1996. The preservation of animal hides and skins with potassium chloride. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 91 (12), 317-333.
- Balada, E.H., Marmer, W.N., Cooke, P.H., Phillips, J.G., 2009. Evaluation of degreasers as brine curing additives. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 104 (5), 169-176.
- Barinova, M., Kolomaznik, K., Vasek, V., Matyasovsky, J., Jurkovic, P., 2009. Optimization of raw hide curing using two-component counter-current diffusion model. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 104 (12), 397-404.
- Birbir, Y., Birbir, M., 2006. Inactivation of extremely halophilic hide-damaging bacteria via low-level direct electric current. *Journal of Electrostatics*, 64 (12), 791-795.
- BREF Deri Sektörü, 2013, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)).
- Buljan, J., Kral, I., 2011. Introduction to Treatment of Tannery Effluents. Vienna: United Nations.
- Calheiros C.S.C., Rangel A.O.S.S., Castro P.M.L., 2007. Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. *Water Research*, 41, 1790-1798.
- Cassano A, Molinari R, Romano M, Drioli E., 2001. Treatment of aqueous effluent of the leather industry by membrane processes. A review. *Journal of Membrane Science*, 181,111–26.
- Chung J., Kim J., Kim Y., Hwang Y., 2013. Assessment and selection of best available technology (BAT) for wastewater facilities in the leather tanning and finishing industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 70, 32– 37.
- Colak, S.M., Yapici, B.M., Yapici, A.N., 2010. Determination of antimicrobial activity of tannic acid in pickling process. *Romanian Biotechnological Letters*, 15 (3), 5325-5330.
- Cotman M, Koncan Z, Gotvajn A., 2004. The relationship between composition and toxicity of tannery wastewater. *Water Science and Technology*, 49, 39-46.
- Çakır N, 2012, Evaluation Of Best Environmental Management Practices Of An Integrated Iron And Steel Plant, The Degree Of Master Of Science *In Environmental Engineering*, Middle East Technical University.
- Çetinkaya F., Çetinkaya Y., 2010. Derinin Tabaklanması İşleminde Maskeleye Maddeleri Kullanımının Krom Alımı Üzerine Etkisinin Araştırılması, *Hayvansal Üretim* 51(1), 40-47.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016. Sektörel Atık Klavuzları, Deri Sektörü, ODTÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- De Gisi S., Galasso M., De Feo G., 2009. Treatment of tannery wastewater through the combination of a conventional activated sludge process and reverse osmosis with a plane membrane. *Desalination*, 249, 337-342.
- Demirer G.N., 2003. Kirlilik Önleme Yaklaşımlarının Temel Prensipleri. *Çevre & Müh-TMMOB* 25: 13-20.
- Demirer G.N., 2010. Ulusal Eko-verimlilik (Temiz Üretim) Merkezi Toplantısı Sanayi ve Ticaret Bakanlığı.
- Di Iaconi C., Lopez A., Ramadori R., Passino R., 2003. Tannery wastewater treatment by sequencing batch biofilm reactor. *Environmental Science & Technology*, 37, 3199-3205.
- Dixit, S., Yadav, A., Dwivedi, P.D., Das, M., 2015. Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review. *Journal of Cleaner Production*, 87, 39-49.
- Durai, G, Rajasimman, M, Rajamohan, N., 2011. Kinetic studies on biodegradation of tannery wastewater in a sequential batch bioreactor. *Journal of Biotech Research*, 3, 19-26.
- Eduard, H.B., Marmer, W.N., Kolomaznik, K., Cooke, P.H., Dudley, R.L., 2008. Mathematical model of raw hide curing with brine. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 103 (5), 167-173.
- Elabbas S., Ouazzani N., Mandi L., Berrekhis F., Perdicakis M., Pontvianne S., Pons M-N., Lapique F., Leclerc J-P., 2016. Treatment of Highly Concentrated Tannery Wastewater Using Electrocoagulation: Influence of the Quality of Aluminium Used For The Electrode, *Journal of Hazardous Materials*, 319, 69–77.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK, 2020. Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK, 2021. 2021 yılı 3. Çeyrek faaliyet bazlı tarifeler tablosu ([https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektrik/tarifeleri//2021\\_yili\\_3ceyrek\\_tarifetablosu.pdf](https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektrik/tarifeleri//2021_yili_3ceyrek_tarifetablosu.pdf))
- Fababuj-Roger M., Mendoza-Roca J.A., Galiana-Aleixandre M.V., Bes-Pia A., Cuartas-Urbe B., Iborra-Clar A., 2007. Reuse of tannery wastewaters by combination of ultrafiltration and reverse osmosis after a conventional physicalchemical treatment. *Desalination*, 204, 219-226.
- Fang C., Jiang X., Lv G., Yan J., Deng X., 2018. Nitrogen-containing gaseous products of chrome-tanned leather shavings during pyrolysis and combustion, *Waste Management*, 78, 553–558.

- Faouzi, M, Merzouki, M and Benlemlih, M., 2013. Contribution to optimize the biological treatment of synthetic tannery effluent by the sequencing batch reactors. *Journal of Material and Environmental Science*, 4, 532-541.
- Ganesh R, Balaji G, Ramanujam RA., 2006. Biodegradation of tannery wastewater using sequencing batch reactor-respirometric assessment. *Bioresource Technology*, 97, 1815-1821.
- Goswami, S., Mazumder, D., 2013. Treatment of chrome tannery wastewater by biological process: A mini review. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 7 (11),
- Gudro, I., Valeika, V., Sirvaityte, J., 2014. Short term preservation of hide using vacuum: influence on properties of hide and of processed leather. *PLOS One*, 9 (11), 112783.
- Haydar S., Aziz J.A., 2009. Characterization and treatability studies of tannery wastewater using chemically enhanced primary treatment (CEPT) - a case study of Saddiq Leather Works. *Journal of Hazardous Materials*, 163, 1076-1083.
- Huan Z., 2008. Energy Saving Opportunities In Food “Cold Chain”, School Of *Mechanical Engineering*, Vaal University Of Technology, Vanderbijlpark.
- Jafarinejad, S., 2016. Cost estimation and economical evaluation of three configurations of activated sludge process for a wastewater treatment plant (WWTP) using simulation. *Applied Water Science*, 7, 2513-2521.
- Kanagaraj, J., Babu, N.K.C., 2002. Alternatives to salt curing techniques - a review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 61 (5), 339-348.
- Kanagaraj, J., Babu, N.K.C., Sadulla, S., Rajkuma, G.S., Visalakshi, V. Chandrakumar, N., 2000. A new approach to less-salt preservation of raw skin/hide. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 95 (10), 368-374.
- Kanagaraj, J., Sastry, T.P., Rose, C., 2005a. Effective preservation of raw goat skins for the reduction of total dissolved solids. *Journal of Cleaner Production*, 13 (9), 959-964.
- Kanagaraj, J., Senthilvelan, T., Panda, R.C., Kavitha, S., 2015. Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 89, 1-17.
- Kanagaraj, J., Sundar, V.J., Muralidharan, C., Sadulla, S., 2005b. Alternatives to sodium chloride in prevention of skin protein degradation - a case study. *Journal of Cleaner Production*, 13 (8), 825-831.

- Karahan O, Dogruel S, Dulekgurgen E, Orhon D., 2008. COD fractionation of tannery wastewater— particle size distribution, biodegradability and modelling. *Water Research*, 42, 1083-1092.
- Karaman D., Gülümser G., 2016. Kromsuz Deri Üretiminde Tabaklama Maddesi Olarak Alkali alüminyum Silikatların Kullanım Olanakları, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Cilt 26, Sayı 1, 117-124.
- Kluska J., Ochnio M., Kardaš D., Heda L., 2019. The influence of temperature on the physicochemical properties of products of pyrolysis of leather-tannery waste. *Waste Management*, 88, 248–256.
- Kongjao S, Damronglerd S, Hunsom M., 2008. Simultaneous removal of organic and inorganic pollutants in tannery wastewater using electrocoagulation technique. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 25, 703-709.
- Krishnamoorthy G., Sadulla S., Sehgal P.K., Mandal A.B., 2013. Greener approach to leather tanning process: D-Lysine aldehyde as novel tanning agent for chrome-free tanning, *Journal of Cleaner Production*, 42, 277-286.
- Kumar, M.P., Velmurugan, P., Sreeram, K.J., Rao, J.R., Nair, B.U., 2014. Reuse of solid waste from juice industry (citrus sinensis peel) in the extraction of antioxidants with enhanced activity through polymer encapsulates for the preservation of skin. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 109 (7), 231-238.
- Kurt U., Apaydin Ö., Gönüllü M.T., 2007. Reduction of COD in wastewater from an organized tannery industrial region by Electro-Fenton process. *Journal of Hazardous Materials*, 143, 33-40.
- Lefebvre O, Vasudevan N, Torrijosa M, Thanasekaran K, Moletta R., 2006. Anaerobic digestion of tannery soak liquor with an aerobic post-treatment. *Water Research*, 40, 1492-1500.
- Leta S, Assefa F, Gumaelius L, Dalhammar G., 2004. Biological nitrogen and organic matter removal from tannery wastewater in pilot plant operations in Ethiopia. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 66, 333–9.
- Liu, F., Luo, X., Lin, X., 2010. Adsorption of tannin from aqueous solution by deacetylated konjac glucomannan. *Journal of Hazardous Materials*, 178, 844–850.
- Lofrano G, Belgiorno V, Gallo M, Raimo A, Meriç S., 2006. Toxicity reduction in leather tanning wastewater by improved coagulation flocculation process. *Global Nest Journal*, 8, 151-158.
- Lofrano G, Meriç S., Zengin G.E., Orhon D., 2013. Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. *Science of the Total Environment*, 461–462, 265–281.

- Malek A., Hachemi M., Didier V., 2009. New approach of depollution of solid chromium leather waste by the use of organic chelates: Economical and environmental impacts. *Journal of Hazardous Materials*, 170, 156–162.
- Mandal T., Dasgupta D., Mandal S., Datta S., 2010. Treatment of leather industry wastewater by aerobic biological and Fenton oxidation process. *Journal of Hazardous Materials*, 180, 1-3.
- Mhlanga S., Goriwondo W.M., Tapedzia C., 2013. Cleaner Production Techniques for Mitigation of Tannery Waste: Case Study ABC, *Journal of Science Engineering and Technology*, 31-47.
- Mosca Angelucci D., Stazi V., Daugulis A.J., Concetta Tomei M., 2017. Treatment of synthetic tannery wastewater in a continuous two-phase partitioning bioreactor: Biodegradation of the organic fraction and chromium separation. *Journal of Cleaner Production*, 152, 321-329.
- Munz G, De Angelis D, Gori R, Mori G, Casarci M, Lubello C., 2009. The role of tannins in conventional anogated membrane treatment of tannery wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 733-739.
- Munz, K.H., 2007. Silicates for Raw hide curing. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 102 (1), 16-21.
- Musa, A.E., Selvi, A.T., Aravindhan, R., 2011. Evaluation of antimicrobial activity of lawsonia inermis (henna) against microbial strains isolated from goat skin/leather. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 106 (5), 170-175.
- Onem E., 2018. Quality properties of leather produced in water and supercritical fluid (SCF) media. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 23, 75–79.
- Orhon D, Ates E, Sozen S., 2000. Experimental evaluation of the nitrification kinetics for tannery wastewaters. *Water SA*, 26 (1), 43.
- Ozgunay, H., Colak, S., Mutlu, M.M., Akyuz, F., 2007. Characterization of leather industry wastes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16 (6), 867-873.
- Ozkan C., Ozgunay H., Akat H., 2019. Possible use of corn starch as tanning agent in leather industry: Controlled (gradual) degradation by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 610–618.
- Ömürbek N., Tunca Z.M., Mercan Y., Yetim T., 2012. Deri Sektöründe Çevreye Duyarlı Üretim Üzerine Bir Araştırma. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 1, Sayı 2, 1-14.
- Özger Ş., Pohl D., Karaca İ., 2013. Neem ekstraktların biyoinspektisit olarak kullanımı, *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 4 (2), 165-178.

- Panizza M., Cerisola G., 2004. Electrochemical oxidation as a final treatment of synthetic tannery wastewater. *Environmental Science & Technology*, 38, 5470-5475.
- Pati, A., Chaudhary, R., Subramani, S., 2014. A review on management of chrome tanned leather shavings: a holistic paradigm to combat the environmental issues. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 66–82.
- Patil, PG, Kulkarni, GS, Kore, SS., Kore, SV., 2013. Aerobic sequencing batch reactor for wastewater treatment: A review. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 2, 534-550.
- Preethi, V., Rathinasamy, V., Kannan, N., Babu, C., Sehgal, P.K., 2006. Azadirachta indica: a green material for curing of hides and skins in leather process. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 101 (7), 266-273.
- Rajeshwari, K, Balakrishnan, M, Kansal, A, Lata, K., Kishore, VV., 2000. State of the art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4, 135-156.
- Ram B., Bajpai P.K., Parwana H.K., 1999. Kinetics of chrome-tannery effluent treatment by the activated-sludge system. *Process Biochemistry*, 35, 255-265.
- Romero-Dondiz E.M., Almazán J.E., Rajal V.B., Castro-Vidaurre E.F., 2015. Removal of vegetable tannins to recover water in the leather industry by ultrafiltration polymeric membranes. *Chemical Engineering Research And Design*, 93, 727–735.
- Russell, A.E., Tandt, H., Kohl, R., 1997. Liricure-powder biocide composition for hide and skin preservation. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 81 (4), 137-142.
- Sahasranaman, A., Emmanuel, KV., 2001. Common Effluent Treatment Plant Kolkata Leather Complex, Kolkata, India. *United Nations Industrial Development Organisation Regional Programme For Pollution Control In The Tanning Industry In South East Asia*.
- Selvi, A.T., Kanagaraj, J., Saravanan, P., 2015. Preservation of goatskin using tamarindus indica leaf extract - green process approach *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 99 (3), 107-114.
- Singh, M., Srivastava, RK., 2011. Sequencing batch reactor technology for biological wastewater treatment: A review. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 6, 13.
- Sivakumar, V., Balakrishnan, P.A., Muralidharan, C., Swaminathan, G., 2010. Use of ozone as a disinfectant for raw animal skins-application as short-term preservation in leather making. *Ozone: Science and Engineering*, 32 (6), 449-455.
- Song Z, Williams CJ, Edyvean GJ., 2000. Sedimentation of tannery wastewater. *Water Research*, 34, 2171-2176.

- Sundarapandiyan S, Chandrasekar R, Ramanaiah B, Krishnan S, Saravanan P. 2010, Electrochemical oxidation and reuse of tannery saline wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 180, 197–203.
- Swartz C.D., Jackson-Moss C., Rowsell R.A., Mpofu A.B., Welz P.J., 2017, Water and Wastewater Management In The Tanning and Leather Finishing Industry, *Water Research Comission Report NATSURV 10* (2 nd Edition).
- Szpyrkowicz L., Kaul S.N., Neti R.N., Satyanarayan S., 2005. Influence of anode material on electrochemical oxidation for the treatment of tannery wastewater. *Water Research*, 39, 1601-1613.
- Tamilchelvan, P., Mohan, S., 2013. Anaerobic digestion treatment of tannery waste water. *International Conference on Current Trends in Engineering and Technology (ICCTET)*, 152-156.
- Turgut S., 2019. *Ülkemizdeki Evsel Ve Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin İlk Yatırım Ve İşletme Maliyetlerinin Farklı Arıtma Proseslerine Göre Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. *Atıksu Geri Kazanımında Membran Uygulamaları İçin Konsantrasyon Akım Yönetim Modeli Ve Mevzuat Uygulama Metodolojisi Geliştirilmesi Projesi* (MEMKON Projesi), Ankara.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, İhracat Genel Müdürlüğü, 2020. *Deri ve Deri Mamulleri Sektör Raporu*, Ankara.
- Thanigavel M., 2004. Biodegradation of tannery effluent in fluidized bed bioreactor with low density biomass support. M.Tech. Thesis. Tamilnadu, India: Annamalai University.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2015. “ Valuation of Wastewater - The cost of action and the cost of no action” Report.
- UNIDO, United Nations Industrial Development Organization, 2001, *Desalting Of Raw Hides/Skins And Reuse Of Dusted Salt In Pickling Operation*, US/RAS/92/120.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) (1991) Leather industry. *In Ecological Sustainable Industrial Development*. Copenhagen: 1-66.
- Vankar, P.S., Dwivedi, A., Saraswat, R., 2006. Sodium sulphate as a curing agent to reduce saline chloride ions in the tannery effluent at Kanpur: a preliminary study on techno-economic feasibility. *Desalination*, 201 (1-3), 14-22.
- Vankar, P.S., Dwivedi, A.K., 2009a. Raw skin preservation through sodium salts – a comparative analysis. *Desalination*, 249 (1), 158-162.
- Vankar, P.S., Dwivedi, A.K., 2009b. Sulphates for skin preservation - a novel approach to reduce tannery effluent salinity hazards. *Journal of Hazardous Materials*, 163 (1), 207-212.



- Vijayalakshmi, P., Rajeswari, G., Sundarapandiyam, S., Chandrasekar, R., Saravanan, P., 2009. Electro-oxidation of saline wastewater from tannery and reuse of recovered salt. *Journal of the American Leather Chemists Association*, 104 (11), 384-391.
- Walker, G.M., Weatherley, L.R., 1998. Fixed bed adsorption of acid dyes onto activated carbon. *Environmental Pollution*, 99, 133–136.
- Wu J., Zhao L., Liu X., Chen W., Gu H., 2017, Recent progress in cleaner preservation of hides and skins, *Journal of Cleaner Production*, 148, 158-173.
- Zengin, A.C.A., Colak, S.M., Zengin, G., Kilic, E., 2014. Eco-friendly soaking process using tannic acid as an alternative bactericide. *Archives of Environmental Protection*, 40 (1), 3-12.

