



**METAL SANAYİ ATIKSULARININ ARITIMI VE BU ATIKSULARIN  
ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Mehmet Burak ER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2016**

Mehmet Burak ER tarafından hazırlanan “METAL SANAYİ ATIKSULARI VE BU ATIKSULARIN ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Beril Salman AKIN

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Başkan:** Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Üye:** Prof. Dr. İrfan AR

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 05/01/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Metin GÜRÜ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mehmet Burak Er

05.01.2016

METAL SANAYİ ATIKSULARININ ARITIMI VE BU ATIKSULARIN ÇEVRE  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Burak ER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2016

ÖZET

Dünyada sanayileşmesinin hızlanmasıyla birlikte metal sektörü ve beraberinde metalden üretilen yapı ve yapı parçaları imalatı hızla büyüme ve gelişmeye başlamıştır. Bu gelişmelerle birlikte küçük sanayi olarak görülen metalden üretilen yapı ve yapı parçaları üretiminin çevreye olan etkileri de artmıştır. Bu çalışmada metal yapı ve yapı parçaları üretimi atıksularının özellikleri belirlenmiş ve oluşan atıksuların kimyasal çökelme ile arıtımı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Günlük 3 metreküp atıksu oluşturan metalden yapı ve yapı parçaları imalatı yapan bir tesis pilot alan olarak seçilmiştir. Mevcut atıksu özellikleri bölge kanalizasyon deşarj standartları çerçevesince incelenmiş ve kritik parametreler saptanmıştır. Kimyasal çökelme işleminde yumaklaştırıcı olarak kireç, demir (III) klorür ve katyonik polielektrolit kullanılmıştır. Uygun koagülant dozlarını belirlemek için literatür araştırması yapılmıştır. Kesikli reaktöre koagülantlar ilave edildikten sonra hızlı bir karıştırma yapılmış ve daha sonra flok oluşumu için karıştırma yavaşlatılarak 20 dakika tankta bekletilmiştir. Sistemdeki giderim verimi aylık olarak giriş ve çıkış sularının kirletici derişimlerine bakılarak belirlenmiştir. 5 aylık gözlem periyodu sonunda atıksuda %90,1 AKM, %72 KOİ, %80,4 toplam Fe, %99,6 toplam Cr, %86,6 Zn ve %80,4 yağ-gres giderimi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar kimyasal çökelme işleminin, bu tür atıksuların kanalizasyon şebekesine verilmeden önce yapılabilecek bir ön arıtım süreci olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Bilim Kodu : 903.1.126  
Anahtar Kelimeler : Metalden yapı parçaları, atıksu arıtımı, kimyasal çöktürme, koagülant  
Sayfa Adedi : 85  
Danışman : Doç. Dr. Beril Salman AKIN

THE TREATMENT OF THE METAL INDUSTRY WASTEWATERS AND  
INVESTIGATION OF THEIR EFFECTS ON THE ENVIRONMENT

(M. Sc. Thesis)

Mehmet Burak ER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2016

ABSTRACT

Manufacture of metal structures and their metallic parts started to rapidly grow and develop as industrialization accelerated throughout the world. Accordingly, the effect on environment of the structures and parts of structures as considered light industry also increased. In the present study, characterization of wastewater discharged during the manufacturing of metal structures and parts of structures was obtained and it was aimed to treat the wastewater by chemical precipitation. A facility manufacturing metal structures and their parts with a daily wastewater discharge of 3 cubic meter was selected as a pilot study location. Current wastewater properties were investigated pursuant to the regional sewage discharge standards and critical parameters. Lime, iron (III) chloride, and cationic polyelectrolyte were used as coagulants during the chemical precipitation process. Appropriate coagulant doses were determined upon the literature. After the coagulants were added to the batch reactor, they were rapidly mixed and then mixing process was decelerated for enabling flock formation, upon which they were left in the tank for 20 min. The disposal efficiency of the system was determined upon monthly analysis of contaminating concentrations of intake and exit water. As a result of a 5-month observation period, the following disposal rates were achieved: SS, 90,1%; COD, 72%; total Fe, 80,4%; total Cr, 99,6%; Zn, 86,6%; and oil-grease, 80,4%. Findings suggested that the chemical precipitation process could be employed as a preliminary treatment process for before the wastewater was discharged into sewage system.

Science Code : 903.1.126

Key Words : Metal structural parts, wastewater treatment, chemical precipitation, coagulants

Page Number : 85

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Beril Salman AKIN

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca engin bilgi birikimi ve tecrübelerini benimle paylaşarak yol gösteren ve her konuda destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Beril Salman Akın'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasını gerçekleştirmemizde desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve tesisin tüm imkânlarını kullanmamız konusunda hoşgörölü davranan Mesa İmalat yönetimine ve çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ve son olarak, yaşamım boyunca yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	x
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	5
2.1. Metal Sanayi ve Çevresel Etkileri.....	5
2.2. Su Kirliliği ve Kaynakları .....	7
2.3. Endüstriyel Kaynaklı Su Kirliliği .....	9
2.3.1 Endüstriyel atıksuların sınıflandırılması .....	11
2.3.2. Endüstriyel atıksuların çevresel etkileri .....	13
2.4. Metal Sanayi Atıksuları Karakterizasyonu .....	17
2.5. Metal Sanayi Atıksularının Deşarjı ile İlgili Yasal Süreç.....	22
2.6. Metal Sanayi Atıksularının Arıtımında Temel Yöntemler ve Parametreler .....	25
2.6.1. Metal sanayi atıksuyu arıtımda fizikokimyasal yöntemler .....	31
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	37
4. MATERYAL VE YÖNTEM .....	43
4.1. Çalışma Alanı.....	43
4.2. Tesis Üretim Basamakları.....	44
4.2.1. Yıkama ve boyama ünitesi .....	45
4.3. Atıksu Toplama Sistemi.....	48
4.4. Arıtım Sistemi Çalışma Prensibi.....	49

	<b>Sayfa</b>
4.5. Arıtım Kimyasalları .....	54
4.6. Numune Alımı .....	58
4.7. Analiz Yöntemleri.....	58
<b>5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>61</b>
5.1. Atıksu Karakterizasyonu.....	61
5.2. Çıkış Suyu Karakterizasyonu.....	63
5.3. Arıtım Performansı .....	64
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>71</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>73</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>81</b>
Ek.1. Üretim kimyasallarının kimyasal bileşenleri .....	82
Ek.2. Kirlilik önleme payı hesabına esas kirlilik parametreleri ve katsayısı .....	83
Ek.3. Metal sanayi kirlilik parametreleri .....	84
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>85</b>

**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Atıksu denetim aralığı.....	23
Çizelge 2.2. Atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj standartları.....	25
Çizelge 2.3. Atıksu arıtma yöntemleri .....	27
Çizelge 4.1. Kullanılan ekipman listesi .....	49
Çizelge 4.2. Bekleme süreleri ve karışım hızları .....	52
Çizelge 4.3. Koagülasyon ve flokülasyonda kullanılan koagülantlar, koagülant yardımcıları ve diğerkimyasallar .....	55
Çizelge 4.4. Kimyasal çökelmede işlemlerinde koagülantlar ve performansları.....	55
Çizelge 4.5. Kullanılan kimyasallar ve özellikleri.....	57
Çizelge 4.6. Çalışma kapsamında yapılan analizler.....	59
Çizelge 4.7. Analiz yöntemleri .....	59
Çizelge 5.1. Atıksu karakterizasyonu .....	61
Çizelge 5.2. Çıkış suyu karakterizasyonu .....	63
Çizelge 5.3. Arıtım performans verileri .....	64

**ŞEKİLLERİN LİSTESİ**

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Kesikli reaktör akış şekli .....	35
Şekil 2.2. Fizikokimyasal arıtım akış diyagramı .....	35
Şekil 4.1. Üretim süreci .....	44
Şekil 4.2 Yıkama-boyama süreç akımı .....	45
Şekil 4.3. Atıksu akış şeması .....	48
Şekil 4.4. Atıksu arıtımı akış şeması.....	51
Şekil 5.1. Giriş suyu kirlilik parametreleri değişim grafiği .....	62
Şekil 5.2. Çıkış suyu kirlilik parametreleri değişim grafiği.....	64
Şekil 5.3. pH değişim grafiği .....	66
Şekil 5.4. Askıda katı madde değişim grafiği .....	66
Şekil 5.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı değişim grafiği .....	67
Şekil 5.6. Toplam demir değişim grafiği .....	67
Şekil 5.7. Toplam krom değişim grafiği .....	68
Şekil 5.8. Çinko değişim grafiği .....	68
Şekil 5.9. Yağ gres değişim grafiği.....	69

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.1. Çalışma alanı konumu .....	43
Resim 4.2. Çalışma alanının kuşbakışı fotoğrafı .....	44
Resim 4.3. Fosfat kabini görüntüsü. ....	46
Resim 4.4. Karışım tankı .....	46
Resim 4.5. Durulama tankı .....	46
Resim 4.6. Kurutma fırını .....	47
Resim 4.7. Boya kabini .....	47
Resim 4.8. Pişirme fırını .....	48
Resim 4.9. Ardışık kesikli reaktör .....	50
Resim 4.10. Karıştırıcı ve sıyırıcı sistem .....	50
Resim 4.11. Kimyasal tankları .....	51
Resim 4.12. Sirkülasyon pompası ve tesisatı .....	52
Resim 4.13. Çamur alma yapısı ve atıksu iletim tesisatı .....	53
Resim 4.14. Kanalizasyon bağlantı noktası .....	58

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
$^{\circ}\text{C}$	Celcius
<b>Ag</b>	Gümüş
<b>Al(OH)<sub>3</sub></b>	Alüminyum hidroksit
<b>Ca</b>	Kalsiyum
<b>Cd</b>	Kadmiyum
<b>Cl</b>	Klor
<b>CN<sup>-</sup></b>	Siyanür
<b>Co</b>	Kobalt
<b>Cr</b>	Krom
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Fe</b>	Demir
<b>gr</b>	Gram
<b>Hg</b>	Cıva
<b>kg</b>	Kilogram
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>L</b>	Litre
<b>m<sup>2</sup></b>	Metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	Metreküp
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>mg</b>	Miligram
<b>Mn</b>	Mangan
<b>N</b>	Azot
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amonyak
<b>NO<sub>2</sub></b>	Azot oksit
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrat
<b>O<sub>2</sub></b>	Oksijen
<b>P</b>	Fosfor

**Simgeler****Pb****SO****%****Açıklamalar**

Kurşun

Kükürt mono oksit

Yüzde

**Kısaltmalar****ASKİ****BOİ****DO****DPT****EKÖK****ESAM****İSKİ****KOİ****KÖP****MSDS****PAC****PAH****pH****PPM****SKKY****TAKM****TASS****TeOİ****TOK****TÜİK****USEPA****Açıklamalar**

Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı

Dissolved oxygen

Devlet Planlama Teşkilatı

Entegre kirlilik önleme ve kontrol

Ekonomik ve Sosyal Araştırma Müdürlüğü

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

Kimyasal oksijen ihtiyacı

Kirlilik önleme payı

Material safety data sheet

Polialüminyum klorür

Polinükleer aromatik hidrokarbonlar

Power of hydrogen

Parts per million

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

Toplam askıda katı madde

Tarımsal amaçlı sulama suyu

Teorik oksijen ihtiyacı

Toplam organik karbon

Türkiye İstatistik Kurumu

Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu

## 1. GİRİŞ

Değişen dünya düzeniyle birlikte sanayileşmede büyüme hızını artırmış ve çevre üzerindeki etkileri farklı bir boyut kazanmıştır. Büyüme hızındaki artışın temelinde gelişen teknoloji ve farklılaşan insan tercihlerinin yattığı gözlemlenmektedir.

Ülkemizde sanayi sektörü Devlet Planlama Teşkilatı tarafından madencilik, imalat ve enerji olarak üçe ayrılmıştır. İmalat sanayi sektörü Türkiye ekonomisi içinde önemli bir yere sahiptir. Oluşturduğu katma değer, istihdam ve ihracat ile ekonomimizin temel taşı niteliğindedir. Yaklaşık olarak 4,5 milyon çalışanı vardır ve ihracat içindeki payı da %93 civarındadır (Kalkınma Bakanlığı, 2013). Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü'ne göre imalat sektörü 22 alt kola ayrılmıştır. Kümelenme yaklaşımı çerçevesinde İmalat sanayi alt sektörlerinin düzey 2 bölgeleri bazında mekânsal dağılımına bakıldığında; en fazla sayıda olgun kümeye sahip olan bölge TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova) alt bölgesidir. Bu bölgeyi TR31 (İzmir) bölgesi izlemektedir (Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü, 2012). Sektörün üretim bakımından önemli bir kısmını ana metal ve metal sanayi oluşturmaktadır. Sektördeki üretim miktarının artması çevre olumsuz etkilerin oluşması gibi sonuçlar doğurabilmektedir.

Endüstriyel atıksular; yoğun endüstrileşme sonucu oluşan endüstriyel kirlenme, diğer kirletici kaynaklarından çok farklı olarak, farklı karakterde kirleticilerden meydana gelmekte ve bu nedenle de kontrolü çok boyutlu olarak ele alınmaktadır. Bu kirleticilerin karakterizasyonu endüstrilerin en azından, kirlenme ile ilgili kısımlarının iyi tanımlanması ile gerçekleşebilir. Kirlenmenin karakterizasyonu ve buna dayanılarak alınacak önlemlerin belirlenmesi, endüstri gibi karmaşık bir yapı göz önüne alındığında ancak sistematik bir yaklaşımla sağlanabilir. Endüstrilerin kirleticilik bazında sınıflandırılması bu sistematik yaklaşım gereksinmesi ile ortaya çıkmıştır. Endüstriyel kirlenmede oluşan kirleticiler üretim ile yakından ilgili olduğundan, kirletici özellikleri ancak üretime bağlı olarak ifade edildiğinde anlam kazanır. Endüstriyel kirlenme bazında sınıflandırılmasının amacı, endüstrilerin kirletici özelliklerinin üretim türlerine bağlı olarak ifade edilmesi ve kirletici özellikleri benzer endüstri gruplarının belirlenmesidir (Büyükgüngör, 2003: 1).

Günümüzde metal içeren atıksuların arıtılması, hem bu tip akımların çok çeşitli kaynaklarının olması, hem de deşarj edildikleri alıcı ortamlarda meydana getirdikleri kirlilik nedeniyle dikkatle değerlendirilmesi gereken bir konu olarak gündeme gelmektedir. Çünkü metal içeren bazı atıksuların arıtılmasında çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Söz konusu problemler özellikle kompleks olarak bağlı metal içeren atıksuların arıtımında kendini göstermektedir. Bu tip atıksular, bünyelerinde organik kompleks yapıcılarının (organik ligandların) bulunduğu atıksular olarak tanımlanmakta ve kirlenme bazındaki kategorizasyonda metal son işlemleri endüstrisinin “kompleks olarak bağlı metal içeren atıksular” olarak isimlendirilen bir alt kategorisini oluşturmaktadır (USEPA, 1982; 1990).

Günümüzde bu alt kategori atıksularının arıtımı için uygun bir arıtma teknolojisi tanımlanmamıştır. Metal içeren atıksuların arıtımında ters osmoz, evaporasyon, membran filtrasyonu, iyon değişimi gibi arıtma yöntemleri de kullanılmakla birlikte uygulandığındaki kolaylık ve ekonomik olması nedenleriyle hidroksit çöktürmesi yöntemi en uygun arıtma teknolojisi olarak kabul edilmektedir (USEPA, 1982).

Çalışmanın gerçekleştirildiği sektörün üretim faaliyetleri sonucu emisyon salımları, proses ve soğutma sularının deşarjları ve gürültü kirliliği gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın temelini oluşturulan endüstriyel atıksular; ülkemiz genelinde kentlerde atıksuların toplanması amacıyla inşa edilmiş kanalizasyon şebekelerine ön arıtım yapılmadan verilebilmektedir. Endüstriyel atıksuların debi değeri küçük olsa da, içerdikleri kirleticiler bakımından evsel atıksu karakteristiğini değiştirip hem kirletici çeşitliliğini hem de konsantrasyonlarını arttırmaları. Genellikle bu istenmeyen bir durum olup merkezi kentsel atıksu arıtma tesisleri üzerinde olumsuz etkiler meydana getirirler. Evsel ve endüstriyel kaynaklı atıksular, yeterli derecede arıtım yapılmadan alıcı ortama verilirse ciddi çevre problemlerine neden olabilirler. Atıksuların kontrolsüz deşarj edilmesi sonucunda su ve toprakta ciddi kirlilik yükleri meydana gelmektedir. Kanalizasyon şebekesine uygun ön arıtım işlemlerine tabi tutulan atıksuların verilmesi sağlandığı takdirde şehirlerin atıksu arıtma tesislerinde de verim artışları gözlemlenecektir.

Ülkemizde metal sanayi kuruluşlarının faaliyetleri sonucu oluşan endüstriyel atıksular Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY, 2004) ve buldukları il su ve kanalizasyon dairesi (ASKİ, İSKİ vb.) yönetmelikleri çerçevesince değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda, tez çalışmasında imalat sanayisinin en yoğun çalışma alanlarından biri olan “*metal ve metalden yapı parçaları imalatı sektörü*” atıksularının özellikleri incelenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada metal ve metalden yapı parçaları imalatı yapan (kalıp, iskele, segment, merdiven vb.) büyük ölçekli fabrikalarda oluşan atıksuların tipleri, miktarı ve karakterizasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Yine kapsamda, tesiste oluşan endüstriyel özellikteki bu atıksuyun mevcut kanalizasyon şebekesine deşarjı için uygun olabilecek ön arıtım sistemi işletmeye alınmıştır.

Belirlenen tesisteki saha çalışmaları yaklaşık 8 aylık süreyi kapsamaktadır. Özellikle bu süre içerisinde üretimin yoğunlaştığı, çeşitli özel proseslerin gerçekleştiği ve yıkama tanklarının temizlendiği dönemlerde su karakterindeki değişmelerin ortaya konması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması endüstriyel atıksuların bir alt kategorisi olarak tanımlanan metal ve metalden yapı parçaları imalatı sektörü özelinde ülkemizde ilk olma özelliğini taşımaktadır. Endüstriyel atıkların yönetimi konusunda, alt sektörlerin atıksularının tanımlanması ve uygun ön arıtım teknolojisinin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda yapılan tez çalışması sonuçlarının uygulamada benzer sektörlerle fayda sağlayacağı düşünülmektedir.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Metal Sanayi ve Çevresel Etkileri

Metal sanayi; döküm, imalat, işleme, şekillendirme gibi çok geniş bir yelpazeyi içeren ülkemizdeki ve dünyadaki temel sanayi kollarından biridir. Sektörde; enerji ihtiyacının karşılanması sırasında kullanılan yakıt kaynaklı hava kirliliği, prosesler kaynaklı su kirliliği ve atık oluşumu kaynaklı toprak kirliliği meydana gelmektedir. Oluşan kirlilik kaynakları domino etkisi yaratarak çeşitli kirlilikleri tetiklemektedir.

Metal sanayisinin çevre üzerindeki etkisi üzerinde yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak hava kirliliğine dikkat çekilmiştir. Bunun sebeplerinden birisi bacalardan çıkan kirli havanın aşırı dikkat çekmesi ve yarattığı kokunun kolay hissedilmesidir. Ancak sanayilerin üretim kollarına göre farklılık gösteren çeşitli kimyasal ve biyolojik kirlilik kaynaklarını doğal ortamlara deşarjı ve/veya atılması sonucu su ve toprak kirliliği artık geri dönülmez noktalara gelmektedir.

Sektörün kirlilik parametrelerinden ağır metaller su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Şener, 2007).

Demir çelik tesislerinde çelikhane ve haddehanelere ilave olarak dökümhaneler, boru fabrikaları ve talaşlı imalat vb. birimleri de bulunmaktadır. Bu ünitelerin her birinin üretim proseslerine bağlı olarak, çevre ile ilgili problemleri farklılık göstermektedir (Ülgen, 2008: 16). Avrupa Birliği çevre politikalarının sanayi kesimini ilgilendiren düzenlemeleri, metal sektörünü de yakından ilgilendirmektedir. Kapsamı ve neden olacağı maliyetler açısından bakıldığında, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi (EKÖK), Türkiye'nin topluluğa katılım sürecinde metal sanayinin çevre yatırımlarını en fazla etkileyecek direktif olarak görülmektedir.

İnsan, çevre, kültür ve ekonomi sürekli birbirleriyle etkileşim halindedirler. Dolayısıyla bu zincirin bir halkasında meydana gelen bir değişim diğerlerini de etkileyecektir. Nitekim dünya genelinde nüfusun artışı, bilim ve teknolojinin hızlı gelişimi sonucunda insanların gereksinimleri artmaktadır. Bu ihtiyaçların giderilmesi için geliştirilen teknolojinin kontrolsüz kullanılmasıyla zarar gören doğal kaynakların, çevreye olan olumsuz etkilerinde de belirli oranda artışlar görülmektedir (N. Şahin, Cerrah, Saka ve B. Şahin, 2004: 113-128).

Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri sektöründeki işyeri sayısı alt faaliyet kolları itibariyle incelendiğinde, en fazla işyeri sayısının metal yapı malzemeleri imalatında olduğu dikkati çekmektedir. 2008 yılı itibariyle makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri sektöründeki toplam işyeri sayısının %55,7'si metal yapı malzemeleri imalatında iken, %27,3'ü metallerin kaplanması ve işlenmesi; genel makine mühendisliği, %8,8'i diğer fabrikasyon metal eşyaların imalatı, %6'sı da çatal-bıçak takımı, el aletleri ve genel hırdavat malzemeleri imalatında yer almaktadır (Türkiye Kalkınma Bankası, 2012).

Hava, su, toprak çevrenin fiziksel unsurlarını, üreticiler (bitkiler), tüketiciler (hayvanlar), ayrıştırıcılar (bakteri ve mantarlar) ise biyolojik unsurlarını oluşturmaktadır. Bu bağlamda yaşadığımız çevre; soluduğumuz havadan içtiğimiz suya, ektiğimiz topraktan yüzdüğümüz denize, oturduğumuz evimizden bindiğimiz arabamıza ve çalıştığımız işyerine, oksijen fabrikalarımız ormanlardan içinde barındırdığı canlılara kadar uzanır. Atıklar çeşitli şekillerde karşımıza çıkmaktadırlar. Bazen; naylon poşet, plastik ambalaj kapları, cam şişe, radyoaktif soğutucu, ozon tabakasını delen spreyleyler, tehlikeli etkiler taşıyan atıksular, ev ve işyerimizin bacasından yükselen gaz ve tozlar, yangınların çıkardığı dumanlar gibi. Bu atıkların çevremizi kirletmesinin yanı sıra, doğal kaynakların hızla tüketilmesi sorunu da ortaya çıkmaktadır. Özellikle ileriki nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak ve teknolojik gelişmelerin sürdürülebilmesi için mevcut kaynakların uygun şekilde kullanılması, sürdürülebilirliğin ön plana çıkarılması gerekmektedir (Büyükgüngör, 2006: 1).

## 2.2. Su Kirliliği ve Kaynakları

Su kirliliği; su kaynaklarının kullanımı engelleyecek ve/veya kalitesinde düşüğe neden olacak ölçüde organik, inorganik ve radyoaktif gibi maddelerin suya karışması olarak tanımlanabilir.

Doğal çevrenin önemli bir kısmını oluşturan çeşitli su ortamlarının (akarsu, göl ve denizler) ve ayrıca içme sularının farklı etkenlerle, insan başta olmak üzere diğer canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulması sonucu su kirliliği oluşur. Örnek olarak çeşitli su kaynaklarının kanalizasyon suyu, fabrika katı ve sıvı atıklarıyla kirlenmesi gösterilebilir (Büyükgüngör, 2006).

Sucul ekosistemlerde kendi içinde oluşan veya dış etkenlerden kaynaklı zararlı maddeler bulunabilmektedir. Bu maddeler kısmen sucul ekosistem içerisinde tolere edilebilirler. Ancak ekosistem için zararlı maddelerin miktarı o ortam tarafından yok edilemeyecek düzeye ulaşırsa bu durum sistemdeki tüm canlıların için olumsuz yapıya dönüşmektedir (Tanyolaç, 2006).

Biyosfer için en gerekli maddelerin başında su gelir. Toplum yaşamında suyun yerini hiçbir madde karşılayamaz. Yeryüzünde yaşamın, iklimin, havanın, toprağın, bitkilerin, canlı organizmaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin biçimlenmesinde suyun rolü çok büyüktür. Su; renksiz, tatsız, kararlı karışımı olan ve üretim proseslerine bileşen olarak katılan bir maddedir. Su endüstriyel üretimde de asıl maddelerden biridir. Uygarlığın gelişmesi ile suyun yer küresi üzerindeki doğal yörüngesi orijinal durumunu kaybetmekte ve kalitesi arzu edilmeyen yönde bozulmaktadır. Örneğin suyun sulama veya elektrik enerjisi sağlamak amacıyla baraj veya göletlerde biriktirilmesi, yerleşim alanlarının içme ve kullanma sularını sağlamak için kapalı borular içerisinde iletilmesi, şehir kanalizasyon ve sanayi artıklarının dışarı atılması, sanayi ürünlerinin üretimi vb. çalışmalar yerküresinde suyun doğal dolanımı diye bilinen hidrolojik çevrime insanın yaptığı müdahalelerdir. Su kaynaklarının kirliliği terimi ise kaynakların kullanılmasını bozacak veya zarar verme derecesinde kalitesini düşürecek biçimde suyun içerisinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik herhangi bir maddenin bulunması olarak tanımlanmaktadır. Su kirliliği, suyun kalitesini ölçülebilecek nispette kötüleştirilecek miktar veya konsantrasyonlarda suya kanalizasyon suyu, sanayi artığı, diğer zararlı veya istenmeyen maddelerin ilave

edilmesiyle meydana gelir. Suyu karışan atıklardaki organik maddeler bazı mikroorganizmalar yardımı ile mineralizasyona uğrar ve zararsız duruma dönüşür. Bu olaya suyun kendi kendisini temizlemesi de denilmektedir. Kendi kendine temizleme olayının olabilmesi için suda bazı mikroorganizma gruplarının ve fazla miktarda çözünmüş oksijenin bulunması gerekir. Akarsulara, göllere ve denizlere boşaltılan organik ve toksik maddelerin oldukça fazla olması halinde, sudaki çözünmüş oksijen son derece azalmakta, bunun sonucu mikroorganizmalar ölmekte, dolayısıyla kendi kendini temizleme olayı tamamlanamamakta ve böylece su kaynakları kirlenmektedir (Büyükgüngör, 2006). Su ortamındaki canlı yaşamını etkileyen faktörler şu şekilde sınıflandırılabilir;

- ❖ Ortamın su sıcaklığı
- ❖ Sudaki çözünmüş O<sub>2</sub> konsantrasyonu
- ❖ pH değeri
- ❖ Suyun bulanıklık değeri
- ❖ Toplam katı madde konsantrasyonu
- ❖ Toplam alkalinite
- ❖ Besi maddesi konsantrasyonu
- ❖ Ağır metal içeriği
- ❖ KOİ, BOİ, TOK değerleri
- ❖ Diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler

Bugün için su kirlenmesinin ana kaynakları; evlerden gelen kullanılmış sular ile sanayi kuruluşları tarafından su yataklarına verilen sıvı atıklardır. Bunların dışında hidrolojik havzadaki tarım sahalarından taşınan azot ve fosfor bileşikler bakımından zengin sulama suyu sızıntıları, erozyon toprakları taşıyan yağış suları, gemi söküm yerleri, sahil doldurma ve katı atık boşaltılması gibi kirlenici kaynaklar sayılabilir (Akın, 2003: 35,37).

Türkiye, bulunduğu coğrafi ve iklim koşulları nedeniyle Ortadoğu ve Avrupa'daki en önemli sulak alanlara ev sahipliği yapar. Türkiye'de son 40 yıl içerisinde yaklaşık 1,3 milyon hektar sulak alan; kurutma, doldurma ve su sistemlerine müdahaleler nedeniyle ekolojik ve ekonomik özelliğini yitirmiştir. Türkiye'deki toplam sulak alanların 2,5 milyon hektar olduğu düşünüldüğünde, son 40 yılda sulak alanlarımızın yarısını kaybettiğimizi söyleyebiliriz. Ancak, mevcut koruma statülerine rağmen sulak alanlarımız; yeni tarım, yerleşim ve rekreasyon alanları açmak için kurutulmakta ya da zarar görmekte, aşırı

tarımsal sulama ya da sulak alanları dikkate almadan tasarlanan su yönetim projeleri sebebiyle kurumakta, evsel ve endüstriyel atıklarla kirletilmekte ve doldurulmakta, üreme dönemlerinde ve yasaklanmış usullerle yapılan avcılık ve balıkçılık nedeniyle doğal yapısı ve dengesi bozulmaktadır. Tüm bu sorunların temelinde su kaynaklarına olan bakışımız, sektörel su kullanımlarımız ve su politikalarımız yatmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

Evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların arıtılmadan sulak alanlara bırakılması su kaynaklarının kalitesini olumsuz etkilemekte, mevcut kullanılabilir su kaynaklarımıza büyük ölçüde kısıtlama getirmektedir. Türkiye'deki organize sanayi bölgelerinin %25'inde atıksular arıtılmadan doğal ortama verilmektedir. Diğer taraftan, Türkiye'deki 3215 belediyenin sadece %8'inde arıtma tesisi vardır. Bir litre atıksuyun sekiz litre tatlı suyu kirlettiği düşünüldüğünde bunun ne kadar ciddi bir sorun olduğu daha kolay anlaşılacaktır (DPT, 2001).

### **2.3. Endüstriyel Kaynaklı Su Kirliliği**

Endüstrinin ana amacı üretim yapmak, çok sayıda ve çeşitte ürünü üretmektir. Endüstrinin gaz, sıvı ve katı artıklarını toplayıp arıtmak için arıtma tesisi kurup işletmesi endüstrinin asıl amacı ile çelişki teşkil etmekte ve sanayiye ek bir ekonomik yük getirmektedir. Bu ekonomik yükün sanayiye minimum düzeyde etkimesini sağlayabilmek için getirilecek önlem teknolojilerinin çok iyi bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Her sanayinin üretim türü, üretim miktarı ve üretim teknolojisi değişik olduğundan, atıksuların kantitatif ve kalitatif özellikleri de büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu nedenle arıtım teknolojilerinin belirlenmesinde ve seçeneklerin ortaya konulmasında her endüstrinin ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Endüstri kuruluşlarının çevreyi kirletmeden üretim yapabilmeleri için; uygun yer seçimi ve tesis kurulmadan önce önlem teknolojilerinin değerlendirilmesi gibi hususlar büyük önem taşımaktadır. Bu yöntem yeni kurulacak tesisler için uygulanabilir ancak kurulu tesislerde uygulama zorlukları olabilir.

Tatlı sular canlı yaşamı için hayati önem arz eden önemli doğal kaynaklardır. Bu kaynaklar iyi yönetildiği sürece yenilenebilir kaynak olmaya devam etmektedir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal sanayi faaliyetleri kirliliğinin önlenmesi yerel gelişiminin sürdürülebilirliği sağlamak için önemlidir. Birçok ülkede yürütülen su kirliliği çabalarında bazı başarıların

elde edildiği bilinmektedir. Evsel ve endüstriyel atıksuların veya atıkların uygun şekilde arıtılmaması tatlı su kaynaklarının kirlenmesine ve kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Nehirler, göller ve kıyılar bu kirliliklerden direkt ya da dolaylı olarak etkilenmektedir. Arıtılmadan nehirlere deşarj edilen atıksular nehir vasıtasıyla kıyılara ya da göllere kadar taşınmaktadır. Dünyada nehir ve göller halen çok önemli tatlı su kaynakları olarak kullanılmaktadır. Günümüzde deniz suları zaruri durumlarda su kaynağı olarak kullanılmaktadır (Jern, 2006: 7).

Alınması gereken arıtma önlemleri ve kullanılması gereken arıtım teknolojileri atıksuların kantitatif ve kalitatif özelliklerine göre belirlenir. Bu özellikleri özetlersek; organik madde miktarı, çözünmüş tuzlar, zehirli maddeler, renk, bulanıklık, askıda katı maddeler, sıcaklık, pH, nutrient maddeler, yağ-gres, radyoaktif maddeler, yüzey aktif maddeler (deterjanlar), fenol ve fenol türevleri, bakteriyolojik kirleticiler, tat ve koku yaratan bileşikler, tarım ilaçları, asitler ve bazlar, petrol ve petrol türevleri ve diğer kalıcı atıklar.

Endüstrinin üretim özelliğine göre seçilecek en önemli parametreler, her endüstri için farklıdır. Endüstri tipine bağlı olarak belirlenen en önemli kirlilik parametreleri, bunları giderme tekniklerinin tespit edilmesinde de önemlidir. Yeni kimyasal maddeler, yeni teknolojiler, yeni endüstriyel prosesler insana ve çevresine yararlar sağladığı gibi birçok tehlikeleri de beraber getirmiştir. Bu nedenle endüstriyel kirlenme çevre kirlenmesinin önemli bir bileşenidir (Azman, 2005).

Bilindiği gibi dünyada su tüketiminde; önemli bir bileşen de endüstriyel sulardır ve memleketler teknolojik olarak geliştikçe endüstriler için su gereksinimi de artmaktadır. Her endüstriyel proses, doğal su sistemlerine zararlı olabilecek artıklar verir. Deşarj edilen suyun kalitesi ve miktarı, bu artıkların çevredeki zararları hakkında bir fikir verir, fakat hesaplanabilecek neticeler vermez. Bu nedenle atıksuların fabrika içinde kontrolü ve planlaması gerekmektedir. Geri kazanma, geri devir gibi alternatiflerin değerlendirilmesinden sonra geri kalan ve atılacak olan su miktarlarının ve kalitesinin belirlenmesi gereklidir. Fabrikada su korunumu temin edildikten sonra geri kalan atıkların arıtılması amacı ile atıksuların kalitesi belirlenmeli ve arıtma seçenekleri araştırmalı ve değerlendirilmelidir. Her endüstri için kirlilik karakteristikleri farklı olacağından önerilecek arıtma yöntemleri de farklılık gösterecektir (Şengül ve Turkman, 1985).

### 2.3.1. Endüstriyel atıksuların sınıflandırılması

Endüstride proseste, proses dışında ve çalışanların ihtiyaçları için su kullanılmaktadır. Bu sebeple endüstriyel atıksu kaynakları sınıflandırılırken suyun kullanım yeri ve kirletici özellikleri dikkate alınmaktadır. Buna göre endüstriyel atıksular üç ana sınıfa ayrılmaktadır (Tünay ve Alp, 1996, 2009). Bunlar:

- ❖ Proses atıksuları
- ❖ Proses dışı atıksular
- ❖ Evsel nitelikli atıksular

Proses atıksuları, proseslerde su kullanımı sonucunda veya proses sırasında oluşan ve kirlenmiş olan atıksulardır. Proses atıksularına aşağıdakiler örnek olarak verilebilir.

- ❖ Metal son işlemlerinde kaplama banyolarının dökülmesi
- ❖ Plastifiyan üretiminde reaksiyon suları ve ürün yıkama suları
- ❖ Gübre üretiminde ana çözelti atıksuları
- ❖ Boya endüstrisinde tanka yıkama atıksuları
- ❖ Temaslı soğutma atıksuları
- ❖ Açıkta depolanan maddelerin sızıntısı dolayısı ile yağmur suları
- ❖ Temizlik ve yıkama suları

Proses dışı atıksular, kirlenme içermemeleri veya az kirletici içermeleri ve arıtma ihtiyaçlarının sınırlı olduğu atıksulardır. Proses dışı atıksulara aşağıdakiler örnek olarak verilebilir.

- ❖ Temassız soğutma suları
- ❖ Kazan suyu (yumuşatma ünitesi) hazırlama atıksuları
- ❖ Kazan kondensat suları
- ❖ Rejenerasyon atıksuları
- ❖ Kirlenmemiş saha drenaj suları
- ❖ Yağmur suları

Evsel nitelikli atıksular, personelin duş, tuvalet kullanımları, kafeterya, yemekhane, misafirhane gibi yerlerden kaynaklanan atıksulardır. Kirleticileri, evsel atıksulara benzemekle beraber kirletici parametrelerin değerleri ve birbirlerine oranları evsel atıksudan farklılık gösterebilirler. Endüstriyel atıksuların incelenmesi iki safhada yapılır.

Birinci safhada kirlenmenin temel kaynakları tespit edilir. Belli başlı kirleticiler için akım şeması çıkarılır ve madde dengesi hazırlanır. Endüstrinin şu anda attığı atık miktarı ve atıksu debisi incelenir. Debi ve konsantrasyonlarda zaman bağılı olarak oluşan dalgalanmalara işaret edilir.

İkinci safhada ise atıksu miktarını azaltma amacı ile çalışmalar yapılır. Atık madde miktarı azaltılmaya çalışılır. Atıkların değerlendirilmesi araştırılır. Değişik işlemlerden gelen atıkların gerektiğinde ayrı olarak arıtılması yoluna gidilebilir.

Yukarıda anlatılan çalışmalardan sonra yeni bir akım şeması ve madde dengesi hazırlanır. Bu safhadan sonra ise endüstri atıkları için arıtma ve uzaklaştırma yöntemleri araştırılır. Herhangi bir endüstri için işlemlere ait akım şemasının çıkarılması esnasında şema üzerinde şu hususlar belirtilir;

1. Her işleme giren su, kimyasal madde ve malzeme miktarı yazılır.
2. İşlemin sürekli mi, kesikli mi olduğu belirtilir.
3. Önemli atıksu çıkış noktaları işaretlenir.
4. Endüstriye ait kanalizasyon şebekesini gösteren bir harita hazırlanır.
5. Akım şemasında numune alınacak ve debi ölçümü yapılacak noktalar işaretlenir.

Numune alınırken ve debi ölçmesi yapılırken bütün atıkların toplandığı en son noktayı bulmak gerekir. Endüstriyel atıksu kirlilik etüdünde atıksu karakteristiklerinin ve atıksu debilerinin belirlenmesi gereklidir. Atıksu karakteristiklerinin incelenmesi kademesinde hangi parametrelerin analiz edileceğine karar vermemiz gerekir. Toplanan atıksu numuneleri üzerinde endüstrinin tipine göre aşağıda sıralanan fiziksel, kimyasal veya biyolojik parametrelerin bazılarının ölçümü yapılır. Ancak herhangi bir endüstri için bütün parametrelerin aranması ve ölçülmesi gereksizdir (Arceivala, 2002).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde endüstrilere göre bakılması gerekli kimyasal, fiziksel ve biyolojik parametreler tablolar halinde verilmiştir (SKKY, 2004). Bu parametreler;

Fiziksel parametreler: Renk, koku, bulanıklık, sıcaklık, toplam katı madde, çökebilir katı madde, askıda katı madde, anorganik ve organik katı madde, iletkenlik, radyoaktivitedir. Bunların en önemlileri sıcaklık ve katı maddelerdir.

Kimyasal parametreler: pH, alkalinite, asidite, Cl<sup>-</sup>, SO<sup>-</sup>, Azot (NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fosfor, gres ve yağlar, deterjanlar, KOİ, BOİ, ağır metaller, (Hg, Cd, Cr, Zn), Toksik maddeler (Fenoller, CN<sup>-</sup>, haşere öldürücüler) olarak sıralanabilir. Bunlardan önemli olanlar, pH, asidite, alkalinite, N, P, BOİ<sub>5</sub>, KOİ'dir.

Biyolojik parametreler: Toksik maddeler için, koliformlar (evsel atıksulardan dolayı kirlenme olup olmadığını anlamak için), diğer organizmalar (*Salmonella*, *Shigella*, *Anthrax*, virüsler, algler, nematodlar ve diğer solucanlar), balık biyodenyi gibi, biyolojik testler uygulanır (Arceivala, 2002). Koliform bakterisi, su kirliliğini ölçmek adına sık kullanılan bir bakteri belirleyicisidir. Bu bakteri türü doğrudan hastalığa yol açmasa da; bazı mikroorganizma türleri, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler bırakabilmektedir.

### **2.3.2. Endüstriyel atıksuların çevresel etkileri**

Endüstriyel aktivitelerle tahliye edilen atıksu, çeşitli zehirli ve çevreye zarar verici bileşenler içermektedir. Bu atıksuların karışıkları su çevrelerine negatif etkileri olmaktadır (Monser ve Adhoum, 2002).

Endüstriyel atık araştırması, su kullanan ve atık üreten tüm proseslerin kütle dengesini ve belirli proseslerde ve tüm tesiste atık karakteristiklerindeki değişimleri içeren bir süreçtir. Endüstriyel atıksuların su ve çevre üzerindeki etkilerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz (Jern, 2006: 8, 9, 10, 11).

Fiziksel etkiler: Bunlar su içerisindeki berraklığı ve çözülmüş oksijenin dağılmasını etkilemektedir. Organik ve inorganik maddelerin oluşturduğu bulanıklık suyun berraklığını etkilemektedir. Bulanıklık ışığın nüfuz etme mesafesini ve dolayısıyla fotosentezi azaltır. Su içerisinde yaşayan canlıların yiyeceklerine ulaşması bulanıklık sebebiyle

zorlaşmaktadır. Bulanıklığı oluşturan çok küçük parçacıklar balıkların solungaçlarını tıkayabilir ve onların ölümlerine sebep olabilir. Çökebilen partiküller suda yaşayan bitki yaprakları üzerinde ve su kaynağının tabanında birikerek çamur tabakalarının oluşturmaktadır. Biriken çamur tabakası içerisinde bulunan organik maddeler zamanla ayrışarak kötü kokular ortaya çıkmaktadır. Suda çökmeyen yani yüzen partiküller maddeler ise su üzerinde köpük tabakalarını oluşturmaktadır. Bu tabaka ışık geçirgenliğini ve çözülmüş oksijenin dağılımını da olumsuz yönde etkilemektedir. Çoğu standartlarda arıtılmış suların alıcı su ortamına deşarj edilebilmesi için TAKM konsantrasyonunun 30-50 mg/L arasında olması gerektiği belirtilmektedir. TAKM yanı sıra endüstriyel atıksularda yağ ve gres de bulanabilir. Bu yağ ve gresin bir kısmı organik olabilirken, ekseriya bölümü mineral kökenlidir. Mineral ya da organik olmasına bakılmaksızın yağ ve gres hava ile su arasında geçişleri engelleyen bir bariyer görevi görmektedir. Böylece havadan su ortamına oksijen girişi engellenir. Evsel atıksuların aksine, endüstriyel atıksuların sıcaklığı çoğunlukla ortam sıcaklığında daha yüksek olabilmektedir. Alıcı su ortamında sıcaklığı yükselmesi oksijenin çözümlülüğünü azaltmaktadır. Alıcı ortamdaki suda ani sıcaklık artışı sıcaklığa duyarlı su canlılarının ölümüne sebep olmaktadır. Isı artışı her canlı organizmada farklı etkiler yapmaktadır. Bazı canlı türlerinin daha hızlı üremelerine sebep olabilir. Bu büyümenin de sınırlı olması gerekmektedir. Aksi halde sınırlı canlı türü suda baskın halde bulunur.

Oksidasyon ve nihai çözülmüş oksijen; su ortamı atmosferden ve su canlılarının fotosentetik aktiviteleri sonucu oluşan oksijen kaynaklarına sahiptir. Bu ortamın belirli bir oksijen transfer kapasitesi bulunmaktadır. Algler su ortamında oksijen oluşturmada önemli rol almaktadırlar. Organik ve inorganik maddelerin biyolojik (BOİ) ya da kimyasal (KOİ) oksidasyonlarında oksijen kullanmaları neticesinde su ortamındaki çözülmüş oksijen (DO) konsantrasyonunda azalmalar olmaktadır. Çözülmüş oksijen konsantrasyonunun aşırı azalması septik şartları oluşturmaktadır. Bu şartlarda oluşan anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalar kötü kokular ortaya çıkarmaktadır. Oksijenin azalması aerobik canlıların ölmesine sebep olmaktadır. Balık gibi yüksek oksijen ihtiyacı gösteren canlılar DO konsantrasyonunun 3-4 mg/L'ye düşmesiyle ölmektedir. Balıklarda olduğu gibi, su ortamında DO sıfır olmadan da canlı yaşamları etkilenmektedir. Su ortamında inhibitör maddelerin bulunması su ortamında canlı yaşamını etkilemektedir. 10 °C sıcaklığın artmasıyla canlı organizmalarının metabolik faaliyetleri yaklaşık iki kat artmaktadır. Metabolik faaliyetlerin artması su ortamında daha fazla oksijen ihtiyacı gerektirmektedir.

Çözünmüş oksijenin su canlı yaşamı üzerinde önemli etkisi olması sebebiyle, endüstriyel atıksular deşarjlarında BOİ<sub>5</sub> parametresinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bazı standartlarda atıksu deşarjlarında müsaade edilecek BOİ<sub>5</sub> değerleri 20 ila 50 mg/L arasında değişmektedir.

İnhibisyon/zehirlenme ve kalıcılık; etkileri organik ya da inorganik maddelerden kaynaklanmaktadır. Etkiler akut veya kronik olabilir. Tarım ilaçları ve ağır metaller zehirleyici maddelere örnek olarak gösterilebilir. Bazı endüstriyel atıksular inhibitör ya da toksik maddeleri içermektedir. Bir ekosistemde bu maddelerin bulunması ortamda sadece dayanıklı türlerin kalmasına sebep olmaktadır. Duyarlılığı düşük türler yok olacaktır. Biyolojik sistemler üzerinde etkisi olan böyle maddelerin bilinmesi yalnız çevrenin korunması açısından değil aynı zamanda bu atıksuların biyolojik sistemlerle arıtılabilirliği açısından da önemlidir. Bu kirleticilerin arıtma sonrası çok küçük konsantrasyonlarda bulunmaları bile alıcı su ortamları üzerinde olumsuz etkiler oluşturması yeterlidir. Örneğin içme suyu kaynağı olarak kullanılan bir su ortamına deşarj edilen düşük konsantrasyonda bulunan fenol su arıtımı sonunda ilave edilen klor ile reaksiyona girerek klorofenol oluşturmaktadır. Kloro-fenol içme sularında istenmeyen tat ve konunun oluşmasına sebep olmaktadır. İnhibitör ya da toksik olabilen organik maddeler aynı zamanda biyolojik olarak bozunmaya karşıda dirençlidirler. Bu tür kirleticiler organizmalar içerisinde birikmektedir. Belirli konsantrasyona ulaşıncaya organizmaları zehirlenmekte ya da besin zinciri vasıtasıyla canlılara geçmektedir.

Ötrofikasyon; azot ve fosfor bileşiklerinin su ortamına deşarjları ile canlı aktivitelerinde artış olmasına sebep olmaktadır. Canlıların aktivitelerinde meydana gelen artış aşırı büyümelerine sebep olabilir. Bitkiler ve algler bu canlılardandır. Bu aşırı büyüme ve artışlar su ortamında bulanıklık oluşturmakta, DO tükenmesine yol açmakta ve toksik etki yapabilmektedir. Kirlenmemiş su ortamında alg büyümesi ya da artışı sınırlıdır. Çünkü su ortamı nutrient bakımından zengin olmadığından büyüme sınırlı olabilmektedir. Azot, fosfor, karbon gibi makro nutrientler ile kobalt, magnezyum, kalsiyum, potasyum, mangan, bakır ve demir gibi mikro nutrientlerin su ortamında bulunması halinde, ötrofikasyon oluşumu için yeterli besi maddesi bulunmaktadır. Mikro nutrientler genelde su ortamında mevcuttur. Bu durumda azot ve fosfor gibi makro nutrient eksikliği söz konusudur. Bu makro nutrientlerin mevcudiyetiyle ortamda ötrofikasyon olabilir. Bazı endüstriyel atıksular azot ve fosfor içerebilir. Endüstriyel atıksular arıtılırken fosforun ya da azotun

aşırı giderimi ötrofikasyonun önlemesi için gerekmektedir. Ötrofikasyon için gerekli şartlar ve besi maddelerinin mevcut olması halinde alg patlamaları olabilir. Estetik sorunlar oluşması yanı sıra alg patlaması balık türleri ve üretimini azaltmaktadır. Genelde endüstriyel atıksular azot ve fosfor bakımından fakirdir. Bu atıksuların biyolojik arıtılabilirliği için dışarıdan da azot ve fosfor ilave edilmektedir. Biyolojik arıtma için C/N/P oranının 100/5/1 olması ile minimum şartlar sağlanmaktadır.

Patojenik (hastalık yapıcı) etkiler: Patojenler hastalık yapıcı organizmalardır. Bu organizmaların insan yada hayvanla teması neticesinde enfeksiyon oluşmaktadır. Patojenler bakteriler, virüsler, protozoalar ve helmintleri içermektedir. Evsel ve tıbbi atıksularda fazla sayıda patojen mikroorganizma bulunurken, endüstriyel atıksularda genelde patojen mikroorganizma bulunmaz. Fakat tarım sanayiden kaynaklanan atıksularda patojen mikroorganizmalar bulunabilir. Patojenleri ihtiva eden atıksular alıcı ortamlara deşarj edildiğinde su kaynağında kirletilmiş olunur ve su temini için yapılan arıtmada dezenfeksiyon yapılması önem kazanmaktadır. *Cryptosporidium* ve *Giardia* protozoa grubu organizmalardır. Bunlar zamanla dezenfeksiyona karşı direnç kazanabilmektedir. Bunların suda bulunması mide bağırsak hastalığına, isale, karın ağrısına, mide bulantısına ve istifra etmeye sebep olabilir.

Toprak, ana materyal olarak adlandırılan kayaçların, organik atıkların uzun bir süreç içinde birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olay ve etkenlerle parçalanıp ayrışması sonucu ortaya çıkan ve dinamikleri devam eden yapıdır. Buna karşılık yeryüzünün sadece 1/4'ü karalarla kaplı olup bu alanların dağlık, çöl, çoraklık vb. birçok doğal kısıtlılık sebebiyle çok az bir miktarı tarımsal üretime kullanımına uygundur. Toprak alanları, bir yandan kentleşme ve altyapı alanları olarak kullanıma açılırken diğerk yandan kirlilik gibi çok ciddi bir çevre sorunu ile karşı karşıya kalınmaktadır.

Endüstriyel atıklar (katı ve sıvı) rasgele atıldıklarında veya depolandıklarında, çok ciddi toprak kirlenmesine yol açmaktadırlar. Amerika Birleşik Devletlerinde endüstriyel atıkların atıldığı eski depolar ve boş araziler bir müddet sonra çok önemli bir kirlilik kaynağı (toprak, yeraltı ve/veya yüzeysel su kirliliği) olarak ortaya çıkmıştır ve şimdi çok paralar harcanarak incelenmekte ve temizlenmeye çalışılmaktadır (Arhan, 1986). Atmosfere emisyon ile yayılan kirleticiler (kurşun ve cıva gibi ağır metaller, polinükleer aromatic hidrokarbonlar (PAH), PCU'lar, dioxin, vs. yağmur yolu ile tekrar toprağa veya

yüzeysel sulara dönmektedir. Örneğin, bazı Kuzey Amerika göllerinde tutulan balıklarda yüksek konsantrasyonda cıva bulunmuştur (Magner, 1996: 44).

Su, atıksu ve endüstriyel atık arıtma tesislerinden ortaya çıkan katı ve yarı katı atıklardır. Bu atıkların özellikleri her bir arıtım prosesinin türüne bağlı olarak değişiklik gösterir (Peavy, Rowe ve Tchbanoglous, 1985: 573, 652). Çamur arıtımı ve son uzaklaştırma yöntemlerinin belirlenmesinde, çamur ve katı maddenin özelliği ve içeriğini bilmek çok önemlidir. Bu aynı zamanda katı atığın kaynağı, sistemdeki çamur yaşı ve proses tipi ile de yakından ilgilidir (Metcalf ve Eddy, 2003).

#### **2.4. Metal Sanayi Atıksuları Karakterizasyonu**

Metal sanayisi faaliyetleri sonucu oluşan atıksular proses ve soğutma suları olarak ayrılabilir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004) Tablo 15’de metal sektöründeki faaliyet alanlarına göre alıcı ortam deşarj standartları belirlenmiştir. Yönetmelik; demir-çelik üretimi, demir-çelik işlenmesi, metal hazırlama ve işleme, metal galvanizleme, metal taşlama-zımparalama, metal renklendirme, metal boyama gibi başlıklara ayırmıştır.

Metal sanayi faaliyetleri sonucu oluşan atıksuların kirlilik parametrelerini genel anlamda fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak sınıflandırabiliriz.

##### Fiziksel karakteristik parametreler

**Bulanıklık:** Atıksuyun ışık geçirebilme özelliğidir.

**Toplam katı madde:** Atıksuyun en önemli fiziksel karakteristiğidir. Atıksuda yüzen madde, süspansiyon ve çözünmüş olarak bulunabilir.

**Koku:** Su içerisindeki organik maddelerin bozulması kokuya neden olur. En yaygın koku havasız ortamda bozunma sonucu oluşan hidrojen sülfür kokusudur.

**Renk:** Atıksuyun bileşimine ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Ayrıca numunenin bekleme süresi ile de ilgilidir.

Sıcaklık: Canlı yaşamı için en değerli parametrelerdendir. Atıksular genellikle 10-22 °C arasındadır.

### Kimyasal karakteristik parametreler

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ): Atıksudaki organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu sırasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan çözülmüş oksijen miktarıdır. Teorik olarak 20 gün içerisinde %95 oranında oksitlenme tamamlanır. Çalışmalarda ağırlıklı olarak BOİ<sub>5</sub> değeri kullanılır. BOİ<sub>5</sub> 5 günlük oksitlenmeyi ifade eder ve yaklaşık %60-70 civarında oksitlenme gerçekleşir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ): Sudaki yükseltgenebilir maddelerin kimyasal yolla oksitlenmeleri için gerekli oksijen miktarı olarak tanımlanabilir. KOİ parametresinin en büyük sınırlamalarından birisi, biyolojik olarak oksitlenebilen ve biyolojik olarak inert organik maddeler arasında ayırım yapılamamasıdır. KOİ testinin en belirgin avantajı, değerlendirme için kısa süre istenmesidir. KOİ testi yaklaşık 3 saat içerisinde sonuç vermektedir.

Teorik oksijen ihtiyacı (TeOİ): Atıksularda bulunan karbonhidratlar, yağlar, proteinler ve bunların ayrışma ürünleri genel olarak karbon, hidrojen, oksijen ve azottan meydana gelir. Numunenin kimyasal formülü biliniyorsa, içindeki karbonun oksitlenmesi için gerekli oksijen miktarı bulunabilir. Bu değer KOİ ve BOİ'dan daha büyüktür. Çünkü KOİ'da bile, kimyasal olarak oksitlenmeyen bir miktar karbonlu madde daima bulunur.

Toplam oksijen ihtiyacı (TOİ): Atıksu platinle katalizlenen bir yanma odasında kararlı son ürünlere çevirmeyi ve bu esnada sarf edilen oksijen miktarını bulunur.

Çözülmüş oksijen: Balıkların ve sudaki diğer canlıların yaşamını korumak, rekreasyon faaliyetlerini teşvik etmek, organik maddelerin çözünmelerinden ortaya çıkan koku problemlerini azaltmak ve su arıtılması için uygun kaliteyi temin etmek üzere bulunması gereken minimum oksijen konsantrasyonu belirlemektedir. Çözülmüş oksijeni en çok tüketen ana kirletici karbon içeren bileşiklerdir. Buna ek olarak askıdaki katı maddelerin çökmesi ve çöktülerde organik maddenin parçalanması, ayrıca amonyağın nitrifikasyon

sırasında da oksijen tüketilir, temiz sularda su yaşamının ve su kitlesinde aerobik koşulların sürdürülmesi için asgari standart 5,0 mg/L'dir.

pH: Atıksudaki hidrojen iyonu yoğunlaşmanın parametresidir. Canlıların yaşayabildikleri pH aralığı oldukça dardır.

Klorür: Klorür kaynağı evsel ve endüstriyel atıksulardır. Doğal olarak kaya ve topraktan suya da geçebilir.

Alkalinite: Suyun proton alabilme kapasitesidir. Atıksuda alkalinite; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum gibi elementlerin hidroksit, karbonat ve bikarbonat varlığında veya amonyaktan oluşmaktadır. Atıksu genelde alkalidir (İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, 2005: 9).

Fosfor: Atıksudaki canlıların besin maddesidir. Ortafosfat, polifosfat ve organik fosfat olarak bulunurlar. Alıcı ortamda ötrofikasyona sebep olurlar.

Azot: Canlıların besin maddesidir. Atıksu arıtımını gerçekleştirebilmek için belli azot konsantrasyonuna ihtiyaç vardır.

### Biyolojik karakteristik parametreler

Mikroorganizmalar: Atıksudaki mikroorganizmalar bakteriler, algler ve protozoalar olarak genellenebilir.

Metalden yapı ve yapı parçaları sektörünün atıksularında ağır metal, yağ-gres, boyar madde, fosfat, askıda katı madde gibi kirleticilerde büyük oranda bulunmaktadır.

Ağır metaller; metaller ve diğer atıklardan oluşan kirleticilerin çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme sebebi oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (Gündüz, 1984).

Metaller canlıların yaşam süresinde önemli roller üstlenirler. İnsanlar için ağır metaller küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin; sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, selenyum ve çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Redoks tepkimelerinde kullanılırlar, elektrostatik interaksionlarda molekülleri stabilize ederler, enzimlerin yapısal bileşeni olarak görev alırlar ve osmotik basıncın düzenlenmesinde etkilidirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi oluşabilmektedir. Örneğin kontamine olmuş içme suyundan (kurşun borular), emisyon kaynaklarına yakın ortamın hava konsantrasyonunun yüksek olmasından kaynaklanabilir (Muter ve diğerleri, 2001: 38, 123, 131).

Doğal dolanım mekanizmalarına giren metaller, insan faaliyetiyle veya doğal kaynaklardan çevreye ulaşır. Denizlerde yapılan araştırmalar Fe, Mn, Co gibi elementlerin doğal olarak yer kabuğundan sulara karıştığını; Mg, K ve Ca elementlerinin deniz suyunun doğal bileşenleri olup hava ortamına bu kaynaklardan geçtiğini; buna karşılık Zn, Cu, Cd, Hg, Ag, Pb ve Cr gibi kronik ve akut zehirliliği yüksek elementlerin, atmosfere insan faaliyeti sonucu karışıktan sonra denize ve yer kabuğuna bulaştığı izlenimini ortaya koymaktadır. Kuşkusuz, bu metallerin bir kısmı akarsular, drenaj yolları, atıksu deşarjları gibi belli başlı yollar başta olmak üzere, tarımsal alanlar dahil, karalardan denize karışabilmektedir. İşte böyle karadaki kirletici kaynaklardan çıkıp gerek sıvı kirletici deşarjları ve gerekse atmosferde taşınmak suretiyle deniz ortamına geçen Zn, Cu, Cd, Cr gibi belli başlı metaller deniz suyunda bulunabilirler (Ucun, 2001).

Krom (Cr(III) ve Cr(VI)), bakır, kurşun, manganez, cıva ve kadmiyum gibi metallerin önemli derecede zehirleyici oldukları bilinmektedir (Allen, Murray, Brown ve Flynn, 1994).

Yağ ve gres; fiziksel olarak benzer özellik gösteren ve organik çözücülerde benzer çözünme gösteren maddeler olarak adlandırılır. Yağlar, en basit tanımlamayla organik asitlerle alkollerin yaptıkları esterlerdir.

Yağ ile gres genelde birlikte anılır. Yağ ve gres esas olarak aynı maddeden oluşmakla beraber; gres, içindeki yağ ve diğer additifler aynı olmakla beraber bunların dışında ısı ve ezilme gibi yıpranmalara karşı dış mukavemetin artırılması için içine kısmi olarak

yoğunluğunu artıracak maddeler katılmaktadır (Çevre Kimyası Ders Koordinatörlüğü [ÇKDK], 2013: 1).

Akışkan bir yağ ile kalınlaştırıcı bir maddenin, katı ile yarı akışkan arasında yapı değişikliği gösterdiği bir yağdır. Gres yağlarında akışkan kısım genellikle petrol esaslı mineral bir yağ veya sentetik bir akışkan olup, kalınlaştırıcı kısım ise metalik bir sabundur. Özellikle mekanik parçaların rahatça işleyebilmesi ve aşınmanın önlenmesi için endüstrilerde kullanılmaktadır. Gresin diğer yağlara oranla kullanım açısından en önemli avantajları uygulandıktan sonra yoğunluğu nedeniyle akmayan, damlamayan bir yapıya sahiptir (ÇKDK, 2013: 2).

Evsel ve endüstriyel atıksuların ve çamurların yağ ve gres içeriği, bu tip maddelerin toplanmasında ve arıtılmasında oldukça önemlidir. Yağ ve gres sudaki çözünürlüğünün az oluşu nedeniyle sıvı fazdan ayrılma eğilimi gösterir ve üst faz oluşturur. Yağ ve gres, suda ayrışmaları oldukça yavaş olup, buldukları ortamlardan kolayca gitmezler. Bu nedenle birçok sucul ortamlarda problemler doğururlar (Ateş, 2013: 5).

Boyar madde molekülleri kromojen gruplarını içermektedir. Kromojen gruplar, kromofor adı verilen grupları içeren aromatik yapılardır. Kromofor renk veren anlamına gelmektedir. Kromofor içeren boyar maddelerin içerisinde en önemli yeri azo boyar maddeler teşkil eder. Azo boyalar en az bir tane  $N=N$  bağı içeren boyar maddelerdir. Monoazo boyar maddeler bir tek çift bağı azot içerirken diazo ve triazo boyaları 2 ve 3 adet  $N=N$  bağı içerir. Azo boyalar genelde benzen ve naftalin halkaları içermektedirler (Zollinger, 1991).

Sentetik boyalar tekstil, boya, kâğıt ve baskı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde 100 000'in üzerinde sentetik boya ticari olarak kullanılmakta ve yılda 700 000 ton boya üretimi yapılmaktadır. Gerek üretim, gerekse kullanım sırasında arta kalan boya miktarı göz önünde bulundurulduğunda renkli atıksuların çevresel açıdan ne kadar önemli olduğu gerçeği ortaya çıkmaktadır (Kapdan ve Kargı, 1998).

Boyar madde içeren atıksuların doğrudan olarak alıcı ortama verilmesinin kontrolsüz anaerobik şartlarda toksik ve karsinojenik aromatik aminlerin oluşması gibi önemli bir çevresel etkisi ile birlikte estetik problemleri de birlikte getirir (Kapdan ve Kargı, 1998).

Bazı azoik boyalar anaerobik parçalanmaya uğramasına rağmen parçalanma sırasında aromatik aminler oluştuğundan dolayı çevre üzerine oldukça olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Brown ve Devitoli, 1993).

Fosforun çevre mühendisliğinde önemli olan formları, orto-fosfatlar ve poli-fosfatlar ve organik fosfatlardır. Organik bileşiklerde bağlı bulunan fosfor, genellikle toplam fosforun küçük bir oranını oluşturur.

Fosfor, su ortamlarında büyümeyi sınırlayıcı nutrient olarak bilinmektedir. Su ortamına yer kabuğundan ve çözülmüş organik ve inorganik fosfatlar karışmaktadır (Hurst, Knudsen, McInerney, Stetzenbach ve Walter, 1997).

Doğal şartlarda yüzeysel sularda bulunan fosfor konsantrasyonu tolere edilebilir seviyededir. Sulara fosfor girişi canlı organizmaların asimile edebileceğinden fazla olursa aşırı fosfor problemi meydana gelir. Aşırı fosfor alg büyümesini hızlandırarak ötrofikasyona neden olur (Harper, 1992).

Atıksudan fosfat giderimi için geliştirilmiş birçok yöntem mevcuttur. Bunlar; fiziksel yöntem, biyolojik yöntem, kimyasal yöntem, kimyasal ve biyolojik yöntem birlikte, stabilizasyon havuzları ve arazide arıtım yöntemi sayılabilir. Bunlarda fiziksel yöntem içerisinde; ultrafiltrasyon, ters osmoz ve iyon değiştirme sistemleri kullanılmaktadır. Fiziksel yöntemde kullanılan sistemlerde yüksek oranlarda fosfor giderimi mümkün olmakla birlikte kullanılan malzemeler itibariyle ilk yatırım ve işletme masrafları oldukça yüksek olabilmektedir. Ayrıca, iyon değiştirme sisteminde olduğu gibi ek sistem ihtiyacı gerektiren durumların olması da yine işletme masraflarını artırıcı etken olabilmektedir. Arıtımda kullanılacak maddelerin kolay elde edilebilir, ucuz işletme ve yüksek verimde çalışması arzu edilir (Divrikoğlu, 1994).

## **2.5. Metal Sanayi Atıksularının Deşarjı ile İlgili Yasal Süreç**

Ülkemizde yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini amacıyla yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004) deşarj standartları açısından da teknik bir doküman olarak kullanılmaktadır. İlgili yönetmeliğin alıcı ortam deşarj standartları alt

başlığında metal sanayisi yer almakta ve 17 sınıfta değerlendirilmektedir. Bu sınıflandırmalardan bazıları; demir-çelik işleme tesisleri, genel metal hazırlama ve işleme, galvanizleme, dağlama, metal renklendirme, iletken plaka imalatı, metal taşlama zımparalama ve boyama gibidir. Yönetmelikte verilen tablolar yardımıyla ilgili üretim faaliyetleri sonucu atıksu içerisinde bulunması muhtemel kirlilikler ve sınır değerleri belirtilmiştir. Ek-3'de Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 15.2 metal hazırlama ve işleme sektörünün kirlilik parametreleri, numune çeşitleri ve sınır değerleri verilmiştir.

Tesislerin üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıksular direkt alıcı ortama deşarj ediliyor ise Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği çerçevesince değerlendirilmekte ancak şehir kanalizasyon sistemine deşarjı gerçekleşiyor ise bölge kanalizasyon idaresi tarafından yönlendirme yapılmaktadır. Örneğin; Ankara da ASKİ ilgili yönetmeliği, İstanbul da ise İSKİ ilgili yönetmelikleri deşarj standartları belirlemiştir.

Ankara İlinde ASKİ kalite kontrol deşarjı ruhsatı olmadan kanalizasyon şebekesine deşarj yapılması yasaktır. Bu ruhsata sahip olmayan tesisler ilgili yönetmelikte belirtilen KÖP aboneliği başlatılır. Kirlilik önleme payı (KÖP); atıksulardaki kirletici parametre değerleri deşarj kısıtlamalarının üzerinde olan endüstri kuruluşlarının ödemek zorunda oldukları meblağdır (Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği, 2011). Endüstriyel tesis ilgili yönetmelikte belirtilen parametreler için sınır değerleri sağladığı zaman ASKİ yetkililerince kanalizasyon deşarj noktasından numune alımı gerçekleşir. Numune analiz sonuçları standartlar çerçevesinde olduğu zaman kuruluş hakkında *bağlantı kalite kontrol ruhsatı* düzenlenir. Ruhsat alan tesis belirli aralıklarla denetimden geçmektedir. Bu denetim periyodu üretilen atıksu m<sup>3</sup> miktarına göre değişmektedir ve yönetmelikte verilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Atıksu denetim aralığı (Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği, 2011)

Q (Atıksu debisi) m <sup>3</sup> /gün	Denetleme/Ölçüm aralığı
$Q \leq 50$	1 kez/yıl
$51 \leq Q \leq 200$	1 kez/3 ay
$201 \leq Q \leq 1000$	1 kez/1 ay
$10001 \leq Q \leq 10000$	1 kez/1 hafta
$Q \geq 10000$	Her gün

Ayrıca ASKİ Genel Müdürlüğü denetim altındaki arıtma tesislerinin periyodik kontrol dışındaki zamanlardaki işleyişi hakkında yaklaşım sağlamak amacıyla arıtma tesisine güç veren hatta sadece arıtma tesisinin enerji sarfiyatını ölçecek elektrik sayacı takılmasını, gerekli görülen hallerde arıtmada kullanılan kimyasal madde sarfını, arıtma tesisinden oluşacak çamur miktarını gösteren belgeleri belli periyotlarda isteyebilir.

ASKİ Genel Müdürlüğü yetkililerince yapılan denetim sonucunda atıksu parametrelerinde sınır değerleri aşılmış ise KÖP aboneliği başlatılır. Sınır değerler sağlanan kadar deşarj edilen su miktarına göre aylık KÖP faturası ödenecektir. Bu değerler sağlanınca KÖP aboneliği sonlandırılır ve ruhsat başvurusu yenilenir.

Atıksu para hesabı

$$AP = Q * a \quad (2.1)$$

AP: Atıksu parası (TL/gün, KDV hariç)

Q: Atıksu debisi (m<sup>3</sup>/gün)

a: Atıksu birim fiyatı (TL/m<sup>3</sup>)

ASKİ'nin ilgili yönetmeliğinde endüstriler sektörel olarak ayrılmış ve her endüstri için kirlilik parametreleri belirlenmiştir. Yönetmelik Ek-1 KÖP hesabına esas kirlilik parametre ve katsayıları tablolarından çalışma yapılacak tesisin sınıfını belirlenir. Metalden yapı ve yapı parçaları imalatı sınıfı için yönetmeliğin ekindeki tablolardan metal endüstrisi, alt sektör olarak ise metal hazırlama ve işleme olarak belirlenir. Bu sınıflandırma Ek-2'de verilmiştir.

Yönetmeliğe göre “metal hazırlama ve işleme” sınıfı için pH, KOİ, askıda katı madde, yağ-gres ve ağır metal bakılması gerekli parametrelerdir. Burada ağır metal olarak sınıflandırılan kısım üretim tarzına göre belirlenecek ağır metalleri ifade etmektedir. İlgili yönetmelikteki atıksuların kanalizasyona şebekesine deşarj standartları tablosunda bu parametrelerin sınır değerleri verilmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Atıksuların kanalizasyon şebekesine deşarj standartları (Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği, 2011)

Parametre	Atıksu örneğinde izin verilen maksimum değer
pH	6,5-10
Askıda Katı Madde	400 mg/L
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	1000 mg/L
Yağ ve Gres	200 mg/L
Toplam Demir	5 mg/L
Toplam Krom	5 mg/L
Çinko	5 mg/L

Çizelge 2.2’de verilen parametrelere ASKİ yetkililerinin talepleri doğrultusunda yeni parametreler eklenebilir.

Atıksuların kirlilik parametrelerinin takibi için ASKİ Genel Müdürlüğü’nün kontrolleri dışında Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü’nün yaptırımları mevcuttur. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nin 54. maddesinde “atıksu arıtma tesisi işletmecileri, arıtma tesislerinin verimli olarak çalıştığıının izlenmesinden ve kayıtlarının tutulmasından sorumludur ve atıksuların özellikleri ve miktarları düzenli olarak Bakanlıkça belirlenecek bir formatta ve dijital ortama kaydedilir” hükmü bulunmaktadır. Bu hüküm doğrultusunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı *çevre bilgi sistemi* (<http://online.cevre.gov.tr>) altında *atıksu arıtma tesisleri bilgi sistemi uygulaması* hazırlanmış olup atıksu üreten tesislerin sisteme verilerini girmeleri ve güncelliğini sağlamaları gerekmektedir.

## 2.6. Metal Sanayi Atıksularının Arıtımında Temel Yöntemler ve Parametreler

Endüstriyel atıksuların arıtılabilmesi için pek çok arıtma alternatiflerinin oluşturulması mümkündür. Bu arıtma alternatifleri oluşturulurken deşarj edilecek yerin gerektirdiği standartlar, kullanılacak üniteleri verimleri, proseslerin ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri ve proseslerden oluşacak olan çamur miktarları ve özellikleri dikkate alınmalıdır (Gönüllü, 2004).

Atıksu arıtımında temel amaç, suyun kirlilik derecesinin kullanım yerine göre istenilen düzeye indirilmesidir. Bu amaca yönelik olarak uygulanan başlıca üç çeşit arıtım yöntemi vardır (Samsunlu, 2006: 27, 31).

Mekanik yöntemler: Bu yöntemler yumaklaştırma (flokülasyon), pıhtılaştırma (koagülasyon), durultma (sedimantasyon), yüzdürme (flotasyon) gibi fiziksel işlemlerdir.

Biyolojik yöntemler: Bu yöntemlerde kendi ağırlığı ile çökemeyen asılı ya da kolloidal tanecikler ile çözünmüş organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından giderilmesi sağlanır. Mikroorganizmalar bu maddeleri aerobik koşullarda besin ve enerji kaynağı olarak kullanılır.

Kimyasal yöntemler: Bu yöntemlerde mekanik olarak çöktürülemeyen maddelerin bazı kimyasallarla çökmeleri sağlanır.

Atıksuların özelliklerine göre arıtım yöntemlerinin sınıflandırılması için değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunlardan en çok kabul görmüş olan örneklerden biri Çizelge 2.3'de verilmektedir (Büyükgüngör, 2003: 3).

Çizelge 2.3. Atıksu arıtma yöntemleri (Büyükgüngör, 2003: 3)

Ön arıtım yöntemleri	Izgaradan geçirme
	Elekleme
	Kum tutucu
	Yağ tutucu
	Karıştırma
	Ön çöktürme
Fizikokimyasal arıtım yöntemleri	Dengeleme
	Flokülasyon
	Çöktürme
	Flotasyon
	Filtrasyon
	Vakum filtrasyonu
	Koagülasyon
	Gaz aktarımı
	Nötralizasyon
	Kimyasal oksidasyon
	Kimyasal redüksiyon
Biyolojik arıtım sistemleri	Aktif çamur sistemleri
	Oksidasyon havuzları
	Oksidasyon hendeği
	Havalandırma lagünleri
	Damlatmalı filtreler
	Dolgulu kolon reaktörler
	Akışkan yataklar
	Dönen biyodiskler
	Anaerobik kontak reaktörler
Yukarı akımlı çamur reaktörleri	
İleri arıtım yöntemleri	Adsorbsiyon
	İyon değiştirme
	Elütrasyon (yıkama)
	Ultrafiltrasyon
	Ters osmoz
	Elektrodiyaliz
	Azot giderimi
Fosfor giderimi	

Çizelge 2.3’de görüldüğü gibi atıksu içerisinde bulunan kirleticiler fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak giderilir. Çizelgedeki tüm arıtım yöntemlerinin temelinde fiziksel temel işlemler, kimyasal temel işlemler ve/veya biyolojik temel işlemler yer almaktadır.

Fiziksel temel işlemler fiziksel kuvvetten yararlanıldığı proseslerdir. Ön arıtım yöntemleri olan; ızgaralar, elekler, dengeleme, ön çökeltim, yağ alma gibi yöntemler tipik birer temel işlem örnekleridir.

Flokülasyon, flotasyon, filtrasyon ve gaz transferi fiziksel temel işlemlere örnektir (Büyükgüngör, 2003: 4). Floklaşma ve çökeltme kimyasal maddeler yardımıyla sağlanır. Atıksuya katılan kimyasal maddeler yardımıyla meydana gelen floklaşma ile çözünmüş maddeler ve kolloidler giderilirler. En çok kullanılan kimyasallar arasında;  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $FeSO_4$  ve kireç sayılabilir (Tünay, Kabdaslı, Eremektar ve Orhon, 1996).

İleri arıtım performans ve istenilen konsantrasyonlara ulaşma açısından ne kadar avantajlı ise uzmanlık ve maliyet açısından da o kadar dezavantajlı olabilir.

Endüstriyel atıksuların arıtımı için membran proses ve iyon değiştirme yöntemleri de sıklıkla kullanılmaktadır.

### Membran prosesler

1950'lerden beri endüstri sektöründe birçok aşamada kullanılan değişik prosesler, arıtma tesislerinin bir birimi olarak uygulanabilme imkânı bulmuştur. Özellikle kimya, petrokimya, metalürji, gıda ve ilaç sanayinde eskiden beri uygulanan membran proseslerin çevre teknolojisinde kullanımı son yıllarda oldukça önem kazanmıştır (Büyükgüngör, 2003: 168).

- ❖ Çözünmüş katı madde içeren gaz ve sıvıdan mikron ve mikronun altındaki boyutta süspanse katıların filtrasyonu,
- ❖ İyonik türler içeren sıvılardan kolloid ve makro moleküllerin giderimi
- ❖ Sıvı karışımların ayrımı
- ❖ Gaz ve buhar akımından gaz ve buharların seçici ayrımı
- ❖ İyonik türlerin seçici taşınımı ve
- ❖ Sudan süspanse ve çözünmüş tüm materyallerin hemen hemen tamamının giderimi mümkün olabilmektedir.

Membran prosesleri örnek olarak; ters ozmos, elektrodializ, diyaliz, ultrafiltrasyon, elektroforez ve sıvı membranlar gösterilebilir.

Zarar verici metallerin istenmeyen etkileri, bu metallerin çeşitli yöntemlerle sistemden ayrıştırılmasıyla önlenabilmektedir. Metalik türlerin atıksudan ayrılma yöntemleri arasında kimyasal çöktürme, elektro-flotasyon, iyon değişimi, ters osmoz ve adsorpsiyon sayılabilir (Rios, Bess-Oberto, Tiemann ve Gardea-Torresdey, 1999).

### İyon değiştirme

İyon değiştiriciler genellikle suda çözünmeyen katı makro moleküler maddelerdir. Artı veya eksi yüklü iyonların bir elektrolit çözeltiden alır ve buna eş değer miktardaki diğer iyonları çözeltiye verir. Değişen iyonların yüküne göre iyon değiştiriciler; katyon veya anyon değiştirici olarak sınıflandırılır. Amforetik iyon değiştiriciler her iki pozitif ve eksi yüklü iyonları değiştirebilir. Örnek olarak sodyum formulu bir reçine, kalsiyum iyonlarını aşağıdaki denge eşitliği uyarınca değiştirir (Peker, 2007: 173).



Çevre Mühendisliği uygulamalarında iyon değiştirme işleminin yaygın olarak kullanıldığı alanlar (Büyükgüngör, 2003: 177);

1. Sertlik giderimi ve endüstriyel kullanım için demineralize su temini
2. Endüstriyel atıksu arıtımından organik karbon
3. Fenol
4. Pestisit
5. Klorlu organik bileşikler
6. Renk giderimi
7. Atıksu arıtımında çeşitli erimiş metal iyonları (örneğin; çinko, bakır ve nikel)
8. Tarım ilaçları ve bazı tuzlar (örneğin; nitratlar, klorür ve sülfatlar)
9. Toplam deiyonizasyon sayılabilir

Boya içeren atıksuların arıtılmasında iyon değiştiricilerin kullanılması henüz yeterince yaygın değildir. Bunun ana nedeni, iyon değiştiricilerle arıtılarak olumlu sonuç alınan boya

sınıfının kısıtlı olduğu düşüncesidir. Yöntemde, atıksu, mevcut değişim bölgeleri doyunluğa erişene kadar iyon değiştirici reçineler üzerinden geçer. Bu şekilde, boyar madde içeren atıksulardaki hem katyonik hem de anyonik boyalar uzaklaştırılabilmektedir. Yöntemin avantajları, rejenerasyonla absorban kaybının bulunmaması, çözücünün kullanıldıktan sonra iyileştirilebilmesi ve çözünebilir boyaların etkin şekilde giderilebilmesidir. En büyük dezavantaj ise kuşkusuz yöntemin maliyetidir. Organik çözücüler oldukça pahalıdır. Ayrıca iyon değişimi metodu dispers boyalar için pek etkili değildir (Robinson, McMullan, Marchant ve Nigam, 2001: 77).

Arıtım yöntemine karar verilme aşamasından sonra tasarım süreci başlar. Atıksu arıtım sisteminin tasarımında iki temel özelliğin etkin olduğu bilinmektedir. Bunlar su debisi ve atıksuyun özellikleridir. Mevcut atıksuya en uygun arıtım yöntemi seçerken fiziksel, biyolojik ve kimyasal karakteristik değerleri incelenir.

Atıksu arıtımında temel hedef, atıksuyun verildiği ortamlarda halk sağlığına ve ekolojik dengeye olabilecek olumsuz etkilerin en az düzeye indirilmesidir. Atıksu arıtımında gerçekleşen temel aşamalar şunlardır (İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, 2005: 10);

1. Askıda katı maddeler uzaklaştırılması
2. Zararlı ağır metal ve zehirli bileşiklerin uzaklaştırılması
3. Biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin uzaklaştırılması
4. Alıcı ortam durumuna bağlı olarak azot ve fosforun uzaklaştırılması
5. Patojenik organizmaların yok edilmesi

Atıksu arıtma tesisleri, proje süresi adı verilen bir zaman periyodunda hizmet vermek üzere planlanır. Proje tanzimi ve inşaat içinde ayrıca birkaç yıl (İller Bankası Yönetmeliklerine göre 5 yıl) gereklidir. Tesisin bazı kısımlarının proje süreleri birbirinden farklı olabilir. Mesela ana kanallar gibi yenilenmesi kolay olmayan kısımlar 50 yıl gibi uzun süre hizmet vermesi esasına göre planlandığı halde, pompa ve benzeri donatım için kısa süreler hesaba katılmalıdır. Ayrıca proje süresi 10, 15 ya da 20 yıllık zaman birimlerine ayrılarak her bir kademenin sonunda hizmete girecek tesisler için yer ayrılmalıdır. Kademelerin uzunluğu, proje debisi ile başlangıçtaki debi arasındaki orana bağlıdır (Muslu, 1994).

### 2.6.1. Metal sanayi atıksuyu arıtımda fizikokimyasal yöntemler

Endüstriyel atıksuların arıtım metodunu belirlerken temel olarak su karakteri ve debisi belirlenmelidir. Metal sanayi atıksularının özellikleri proses farklılıklarına göre değişiklik göstermektedir, ancak genel olarak sektörün tamamında etkili olan parametreler mevcuttur. Bu parametreler;  $BOI_5$ ,  $KOI$ , askıda katı madde, toplam azot, toplam fosfor, pH, sıcaklık, toplam krom, kurşun, yağ ve gres gibidir.

Bu parametreler ve su özelliği ışığında uygulanabilecek arıtım yöntemleri; kimyasal çöktürme, iyon değiştirme ve membran prosesler olabilir. Metal sanayi atıksuların oluşabilecek debi ve özellik dalgalanmalarını dikkate almak gereklidir.

#### Kimyasal çöktürme

Su ve pisu arıtımında, kimyasal reaksiyonlar yoluyla bir takım değişimler meydana getirildiği işlemlere, kimyasal temel işlemler denir. Kimyasal çöktürme suda çözülmüş veya askıda bulunan maddelerin fiziksel durumunu değiştirmek çökelmelerini sağlamak için uygulanan bir arıtma işlemidir. Kimyasal madde ilavesi sonucu çöktürülmek istenen maddeler çökeleğe geçer ve atıksudan ayrılır. Buna karşılık atıksuyun çözülmüş madde içeriği artar.

Kimyasal çökeltim tanklarında, kimyasal maddelerin ilavesiyle giderilen toksik maddelerin özelliklerine göre çamur oluşmaktadır. Metal tuzlarının kimyasal çökmesi sonucu oluşan çamurlar, genellikle koyu renklidir. Hatta çok miktarda demir içeriyorsa yüzeyi kırmızımtıraktır. Kireç çamurları gri ve/veya kahverengidir. Kimyasal çamurların hissedilebilir bir kokusu olmakla birlikte ön çökeltim çamuru kadar kötü değildir. Bu çamur sümüksü yapıdadır, demir ve alüminyum hidratlar çamura jelatinimsi yapı verirler. Çamur tank içinde uzun süre kalırsa, ön çökeltim çamuruna benzer şekilde fakat daha yavaş bozunmaya başlar. Önemli miktarlarda gaz çıkışı olabilir, uzun depolama süresine bağlı olarak çamur yoğunluğu artar (Filibeli ve Ayol, 2002).

Sudan bazı maddeler uzaklaştırılırken bazı maddeler ilave edilir. Su tekrar kullanılacaksa veya içilecek ise bu durum çok önemlidir ve fiziksel ve biyolojik temel işlemlere ters düşer. Zira fiziksel ve biyolojik temel işlemlerde daima suyun içindeki katı madde

uzaklaştırılmaktadır. Kimyasal temel işlemlerin diğer bir dezavantajı ise kullanılan maddelerin pahalı olması nedeniyle işletme masraflarının artmasıdır. Su ve atıksu arıtımında kimyasal çöktürme bir dizi yükseltgenme-indirgenme tepkimesinin sonucunda, bazı çözülmüş, iyonların uzaklaştırılması amacı ile kullanılmaktadır. Su arıtımında kimyasal çöktürme özelliği  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  gibi sertlik verici katyonların uzaklaştırılmasında uygulanmakla beraber, yer altı sularındaki sülfat ve diğer iyonların arıtımında kimyasal çöktürme yöntemlerine sık sık başvurulmaktadır. Atıksu arıtımında kimyasal çöktürme, en yaygın olarak metal kaplama endüstrisi atıklarındaki metal iyonlarının indirgenerek metal-hidroksit halinde çöktürülmesi amacı ile uygulanmaktadır (Peker, 2007: 51).

Kimyasal çöktürme işleminin temeli, atıksulardaki çözünür metallerin çözünme oranını azaltmak ve kimyasallar yardımıyla yeni kimyasal denge elde etmektir.

Çökelme olayının teorisinde üç aşama vardır (Büyükgüngör, 2003: 102).

Birinci aşama çekirdek oluşumu: Çekirdek çökelen maddenin molekül grupları veya iyon çiftlerinin bir araya gelmesinden oluşabileceği gibi, sudaki kimyasal yapı olarak çökecek madde ile ilgili olmayan ancak kristal yapısı olarak çökecek maddeye benzerlik gösteren yabancı maddelerden oluşabilir. Bütün sulara çekirdek oluşumu heterojendir. Yani çekirdeğin diğer maddelerden oluşması olumludur.

İkinci aşama kristal gelişimi: Oluşan çekirdek üzerine çökecek maddenin birikimi ile gerçekleşir. Arıtma proseslerinde denge halinde genelde erişildiğinden kristal gelişme hızının belirlenmesi önem taşır. Kristal gelişme hızı;

$$de/dt = -kS (C-C^*)^n \quad (2.3)$$

$C^*$  = doyum konsantrasyonu

S= Yüzey alanı

K= Hız sabiti

n = Sabit

$n=1$  olduğunda gelişme hızını etkileyen faktör oluşturacak iyonların çekirdeklere difüzyon ile taşınımı işlemidir.  $n, 1$ 'den farklı olduğunda gelişme hızını etkileyen faktör, kristal büyüme hızı gibi farklı bir prosestir.

Üçüncü aşama olgunlaşma: Oluşan kristal ilk olarak termodinamik açıdan karalı değildir. Kristal yapısı maddenin çözünürlüğüne etki eder. Kristal yapısı kararlı hale geldikçe çözünürlük azalır. Böylece kararlı hale çözültide çökeltme artar.

Kimyasal çöktürmede tanecik agregasyonu: Taneciği agregasyona uğratmak için tanecik yükü azaltmak veya bu yükün etkisini ortadan kaldırmak gereklidir. Bu işlem üç şekilde yapılabilir (Peker, 2007: 52);

İlk olarak yüzeysel yükü azaltmak için kolloid ile reaksiyona girebilecek veya alınabilecek potansiyel belirleyen iyonların ilavesi ile yapılabilir.

İkinci olarak polimer ilavesi; polielektrolitler olarak tanımlanan elektriksel yüklü polimer çözültideki kolloidal tanecikleri adsorbsiyon ile bağlama yolu ile uzaklaştırır.

Üçüncü olarak ise hidrolize, metal iyonlarını teşkil eden kimyasal maddelerin ilavesi; kuvvetli asit ve bazların ilavesi ile pıhtılaşma oluşabilir.

Kimyasal çöktürme yönteminin basamaklarını ve dikkat edilmesi gereken noktalar üzerindeki araştırmalar sonucunda bazı kimyasallar üzerinde duruldu. Bu kimyasallar; Alüminyum sülfat ( $Al(OH)_3$ ), demir, demir tuzları, kireç ve sodyum fosfattır.

Sönmüş kireç metal endüstrisi atıksularının arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kireç ilavesi ile  $Cr^{+6}$  iyonları çökebilen  $Cr^{+3}$  iyonlarına indirgenir. Ayrıca maliyet ve uygulama kolaylığı açısından avantajlıdır. Ancak tek başına kullanıldığında arıtma çamuru miktarında önemli artışa sebep olur. Yalnız kireç kullanımındaki reaksiyon;

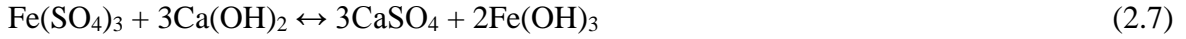


Kimyasal olarak yalnız kireç kullanımından kaynaklı çamur miktarındaki fazlalığı azaltmak için demir 3 klorür veya demir sülfat ile kullanılabilir.

Demir 3 klorür ve kireç;



Demir sülfat ve kireç;



### Yumaklaştırma

Atıksuyun muhteva ettiği küçük katı maddelerin karışım etkisiyle yumak oluşturulması işlemine yumaklaştırma denir. Kimyasal çöktürme sürecinde çok kritik bir yere sahiptir. Bu yöntemdeki amacımız çökmeyen maddelerin kimyasal madde yardımıyla birleştirilerek daha büyük maddeler oluşturmak ve bu sayede çökeltme işlemini sağlamaktır.

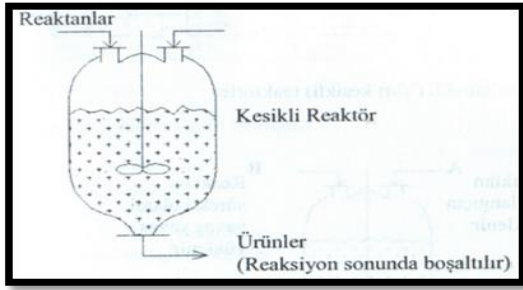
Yumaklaştırma işlemindeki karıştırma 3 farklı şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar; mekanik, pnömatik ve hidrolik karıştırma yöntemleridir. Hidrolik ve mekanik karıştırma yöntemleri daha çok tercih edilmektedir.

Bu çalışmada kullandığımız gibi çöktürme ve yumaklaştırma aynı reaktörde yapıldığı zaman mekanik karıştırma tercih edilir. Yumaklaştırma işleminde çöktürmeye yardımcı yumaklaşmayı sağlamak için polielektrolit madde kullanılmaktadır.

Polielektrot; anyonik, katyonik ve nonyonik polielektrolit (flokülant) olarak gruplandırılabilirler. Anyonik polielektrolit eksi (-), katyonik polielektrolit artı (+) elektrik yüküne sahip olup nonyonik polielektrolitler ise elektrik yükü içermemektedir. Polielektrolitler sudaki katı maddeleri elektriksel çekim yolu ile önce birbirine yakınlaştırma, sonra ise yumaklaştırıp ağır hale getirme ve çökeltmekle sudan ayırma özelliğine sahiptir.

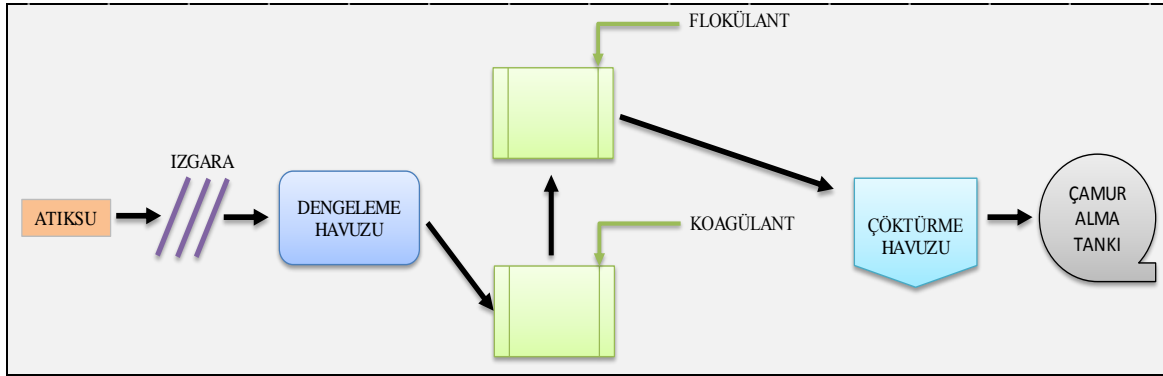
## Reaktör

Kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların gerçekleştirildiği tanklara reaktör denir. Akış karakterine göre sınıflandırılmaktadır. Kesikli (batch) reaktörler doldurulup, boşaltılan türlerdir. Bu reaktörlerde materyaller tanka doldurulur, reaksiyon oluşumu için karıştırılır, beklemeye bırakılır, işlem tamamlandıncaya tank boşaltılır (Şekil 2.1). Akış reaktörleri (kesiksiz) devamlı olup numune sürekli girer ve boşaltır. İşlem çeşitlerine ve şartlarına göre sınıflandırılır. Durgunluk yoktur. Materyal daima akışkandır. Bütün süre boyunca reaktöre madde girer (Peker, 2007: 20, 21).



Şekil 2.1. Kesikli reaktör akış şekli

Şekil 2.2’de belirtildiği gibi fizikokimyasal arıtımda atıksu ızgara, elek gibi fiziksel kirliliğin giderileceği birimlerden geçirilir ve dengeleme havuzu ve/veya toplama tankında bekletilir. Akış diyagramındaki gibi flokülasyon, koagülasyon ve çöktürme işlemleri farklı reaktörlerde yapılabildiği gibi tek bir reaktörde de gerçekleştirilebilir (Şekil 2.2). Arıtım işleminin ardından çamur susuzlaştırma işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 2.2. Fizikokimyasal arıtım akış diyagramı



### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Taşdemir ve Erdem (2010), flokülasyon yöntemi ile atıksudan askıda katı tanelerin giderimi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada flokülant olarak poliakrilamid esaslı anyonik, katyonik ve noniyonik sentetik organik polimerler kullanılmıştır. Deneyleerde flokülantın mol ağırlığı, dozajı, süspansiyonun pH'ı ve karışım hızı gibi parametrelerin bulanıklık giderimindeki etkilerini belirlemişlerdir. Çalışmada en iyi sonuca %98,9 bulanıklık giderimi ile yüksek molekül ağırlıklı anyonik flokülant ile ulaşmışlardır.

Ballice, Yüksel ve Sağlam (1997), Kolloidal sistemli su kirliliklerinin giderilmesinde kimyasal çöktürme işleminin uygulanması üzerinde çalışmışlardır. Bu alışmada benzin istasyonları ve motor yıkama ünitelerinde oluşan atıksulardaki kolloidal kirliliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Kimyasal çöktürme işlemi çözelti fazındaki kolloidal kirliliklerin çökelek içinde hapsedilmesi suretiyle temizleme sağlarken bu çökeleğin çabuk yumaklaşmasını sağlayacak yardımcı bir polielektrolit ilavesi hem çökeleğin hızlı çökmesi hem de yumaklaşma işlemi sonucu tanelerin özel bir filtrasyon işlemi gerektirmeksizin basit bir kum filtresinde bile tutulabilecek büyüklüğe geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç ışığında benzin istasyonları ve motor yıkama ünitelerinin atıksuların temizlenmesinde uygulanabilecek ve ilave bir tesis yatırımını gerektirmeyecek bu işlemleri aynı birim içinde gerçekleştirilebilecek bir yöntem önerilmiştir.

Arslan, Kabdaşlı, Alaton, Ölmez ve Tünay (2008), kompleks olarak bağlı metal içeren atıksuların elektrokoagülasyon prosesi ile arıtımı üzerinde çalışmışlardır. Çalışma çerçevesince yapılan deney sonucu elde edilen sonuçlar; paslanmaz çelik elektrodların kullanıldığı elektrokoagülasyon uygulaması ile söz konusu atıksulardan nikel ve çinkonun %100 verimle tamamen giderilebildiğini göstermiştir. Ayrıca başlangıç pH sınını ve elektrolit konsantrasyonunun TOK giderimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ve atıksuyun kendi bünyesindeki klorür konsantrasyonunun elektrokoagülasyon prosesinin işletimi için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu proses ile optimum işletme koşullarında TOK konsantrasyonu %50 giderme verimi gözlemlenmiştir.

Dinç ve Yılmaz (2013), Gaziantep sanayi atıksularında arıtma öncesi ve sonrası ağır metal düzeyleri üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bölgedeki çeşitli sektörlerde üretim

yapan fabrikaların arıtma işlemi öncesi ve sonrası deşarj ettikleri atıksularda ağır metal düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Atıksularındaki ağır metaller, dere kontrol numunelerindeki ağır metallerle karşılaştırıldığında, özellikle Cr, Cu, Ni, Zn, Hg ve Pb element derişimlerinin dere kontrol numunelerindeki ağır metallerden oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, endüstriyel atıksular tarımsal arazilerin ağır metal yükünü artırmakta ve yeraltı sularına karıştığı tespit edilmiştir.

Dolay (2009), metal kaplama endüstrilerinden emaye kaplama endüstrisine ait atıksulardaki KOİ parametresinin fenton oksidasyonu ile arıtılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmada kullanılan atıksu Afyonkarahisar ili sınırları içerisinde faaliyet gösteren ve emaye üretimi yapan bir işletmeden temin edilmiştir. Ham atıksuya uygulanan fenton oksidasyonu işlemi sonucunda istenen KOİ gideriminin elde edilmesi için optimum pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FeSO<sub>4</sub> miktarları belirlenmiş ve KOİ giderimi araştırılmıştır. Optimizasyon çalışmaları sonucunda emaye kaplama tesisi atıksuyunda optimum pH=3,5 ve 400 mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozunda optimum FeSO<sub>4</sub> dozu KOİ giderimi için 400 mg/L olup, bu şartlar altında giderim verimi KOİ parametresi için %88 elde edilmiştir.

San (2007), ağır metal ve boyar madde içeren atıksuların *Rhodotorula* ile arıtımı üzerinde yüksek lisans tez çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmada kirleticilerin tekli ve birlikte etkilerine biyobirikim ve biyosorpsiyon çalışmaları ile bakılmıştır. Biyobirikim çalışmalarında, en yüksek remazol blue biyobirikimi 28,1 ppm sadece boya içeren ortamda %99,7 olarak tespit edilmiştir. Biyobirikim çalışmalarına alternatif olarak yapılan biyosorpsiyon çalışmalarında, en yüksek remazol blue biyobirikimi 38,2 ppm Ni(II) konsantrasyonu ile birlikte 67,3 ppm remazol blue konsantrasyonunda %94,1 olarak bulunmuştur.

Mesci ve Turan (2011), ağır metal gideriminde kullanılan doğal maddelerin incelenmesi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada ağır metal gideriminde kullanılan doğal adsorbentler incelenmiş ve literatür taraması sonucunda maliyet bakımından uygun ve yerel olarak temini kolay adsorbentler ve sonuçlar ortaya konmuştur. Çalışmada incelen her adsorbentin atıksu arıtımında kendine özgü avantajları olduğunu belirlemişlerdir.

Eker ve Çiner (2004), Sivas Organize Sanayi bölgesinde atıksu karakterizasyonu ve arıtım alternatifleri üzerinde çalışmışlardır. Bölgede 18 farklı sektör bulunduğu tespit edilmiş ve

11 adet numune alınmıştır. Numune sonuçlarına göre atıksu kuvvetli evsel su niteliği taşıdığı ve ağır metal parametrelerinin deşarj standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Bölge sularının arıtımında nötralizasyon havuzu, hızlı karıştırma, yavaş karıştırma, kimyasal çökeltim veya flotasyon havuzu ve çamur yoğunlaştırma ünitelerinden oluşan kimyasal arıtma önerilmiştir.

Gürtekin (2009), yüksek organik kirliliğe sahip mezbaha atıksuyunun arıtımında koagülasyon-flokülasyon ardışık kesikli reaktör (AKR) yönteminin etkinliği araştırmışlardır. Çökeltmiş mezbaha atıksuyuna uygulanan koagülasyon-flokülasyon yönteminde optimum değerler pH değeri için 6, koagülant (alüminyum sülfat) dozu için 600 mg/L ve anyonik polielektrolit için 20 mg/L olarak bulmuşlardır. Koagülasyon-flokülasyon prosesi sonunda AKM giderme verimi %95, yağ-gres giderme verimi %90 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonunda, koagülasyon-flokülasyon ardışık kesikli reaktör (AKR) yönteminin kuvvetli karakteristiğe sahip mezbaha atıksularının arıtımında etkili olduğu ve mevcut deşarj standartlarını sağladığı bulmuşlardır.

Üstün ve Solmaz (2007), bir organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması çalışma konusunu oluşturmuştur. Çalışma Bursa İli Organize Sanayi Bölgesinde yapılmıştır. Bölgede mevcut olan atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksu, kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemlerine tabi tutularak TASS kullanımı standartlarını aşan kirlenici parametreler üzerinde giderim verimleri tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin birinci sınıf TASS kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Tünay, Kabdaslı, Eremektar ve Orhon (1996), tarafından yapılan çalışmada asit boya içeren bir atıksu da kimyasal çöktürme, kimyasal oksidasyon ve adsorpsiyon yöntemleri denenmiş ve yöntemler renk giderim verimlilikleri açısından incelenmiştir. Kimyasal çöktürme deneylerinde makul kimyasal dozlarıyla orta dereceden yüksek dereceye kadar renk giderimi sağlandığı ve kullanılan kimyasallar içinde alümin nispeten daha etkili olduğu görülmüştür.

Kav (2011), Adana Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma tesisi çıkış sularının ileri arıtma yöntemleri kullanılarak tekstil endüstrisinde proses suyu olarak geri kazanılabilirliğini

araştırmıştır. Arıtma tesisinden çıkan arıtılmış suların uçucu kül ile pıhtılaştırma yumaklaştırma perlit kolon adsorpsiyonu ve perlit kolon adsorpsiyonu pıhtılaştırma yumaklaştırma prosesi sonrasında tekstil endüstrisinde proses suyu olarak kullanımının mümkün olup olmadığının araştırılmıştır. İleri arıtma yöntemlerinde atıksuların arıtma maliyeti çok önemli bir unsur olduğu düşünülürse koagülasyon-flokülasyon işleminde kullanılan uçucu külün ve kolon adsorpsiyonunda kullanılan perlitin diğer ileri arıtma yöntemlerine göre maliyet bakımından avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Kestioğlu, Yalılı ve Nahırcı (2005), apretan ve boyama aşamalarından oluşan, 41,120 mg/L KOİ içeren ve biyolojik ayrışabilirliği oldukça düşük olan tekstil atıksuyu fizikokimyasal, fotokimyasal ve adsorpsiyon prosesleri ile arıtılmış ve fizikokimyasal arıtmaya dayalı olarak ozonla oksidasyon, ozon/UV oksidasyonu ve adsorpsiyon prosesleri ayrı ayrı uygulanarak KOİ giderme verimleri belirlenmiştir. Alümlle (1250 mg/L), alüm (8000 mg/L) + non-iyonik PE'le (polielektrolit) (4 mg/L) ve PAC'le (polialüminyum klorür) (2500 mg/L) yapılan fizikokimyasal arıtmalar sonucunda sırasıyla; %54, %56 ve %60 KOİ giderme verimleri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda en uygun doz olarak 1000 mg/L PAC seçilmiş, bu dozla yapılan arıtılabilirlik sonucunda %52,33 oranında KOİ giderme verimi bulunmuştur.

Kurniawan, Chana, Loa ve Babel (2006), kontamine atıksudan Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn gibi ağır metallerin uzaklaştırılması için çeşitli fizikokimyasal tedavilerin teknik uygulanabilirliğini gözden geçirilmiştir. Çalışmada kimyasal çöktürme, yüzdürme, koagülasyon-flokülasyon, iyon değiştirme ve membran filtrasyona odaklanılmıştır. Kireç çöktürme; yüksek bir metal konsantrasyonu ile inorganik atık arıtımında en etkili araçlardan biri olarak bulunmuştur. Ayrıca; metal ile kirlenmiş suyun genel arıtım maliyeti kullanılan süreç ve yerel koşullara bağlı olarak önemli oranda değiştiği belirtilmiştir.

Zhou, Huang, Alfred ve Wei (1998), endüstriyel atıksulardaki ağır metal gideriminde akışkan yataklı reaktörler kullanılmıştır. Ağır metal gideriminde pH değeri önemli bir role sahip olmuştur. Çalışmadaki atıksu özelinde en uygun pH değeri 9-9,1 olarak tespit edilmiştir. Arıtım verimi %95 olarak tespit edilmiş ve arıtım sonrası çamurda susuzlaştırma ihtiyacı olmamıştır.

El Gohary ve Tawfik (2009), Atıksu içerisindeki atık boya ve KOİ gideriminde kesikli reaktör sisteminde koagülasyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan kireç ve magnezyum klorür KOİ değerinde %40-50 ve renk gideriminde %97-100 verim vermiştir. Arıtım sırasında atıksu pH değeri 11 seviyelerine gelmiştir. Kireç kullanımının yüksek olması sonucunda çamur miktarında artma olduğu tespit edilmiştir. Çamur miktarındaki artış sorununu gidermek için alümin ve polimer kullanılmış ve istenilen arıtım verime ulaşılmıştır (%94). Bu kimyasallar ile istenilen sonuç elde edilmiş ve çamur miktarında artış gözlemlenmemiştir. Bu sistem KOİ, BOİ<sub>5</sub>, yağ-gres, renk ve askıda katı madde gideriminde çok etkili olduğu ortaya konmuştur.

Amuda ve Amoo (2006), İçecek üretim sanayisinin atıksularının koagülasyon-flokülasyon yöntemi ile arıtımı üzerinde durulmuş ve KOİ, toplam fosfor ve askıda katı madde değerlerinin azaltılması hedeflenmiştir. Arıtımda demir (III) klorür, polielektrot ve koagülant değişik dozlarda kullanılmıştır. Pıhtılaşma işleminin olması için en uygun pH değeri 9 olarak belirlenmiştir. 25 mg/L polielektrot ve 100 mg/L demir (III) klorür kullanımı ile toplam fosforda %99,97 ve KOİ-AKM'de ise %91 verim elde edilmiştir. Pıhtılaştırıcı ve polielektrolit bir arada kullanımı, sadece pıhtılaştırmanın arıtım için kullanıldığı zamanda üretilen çamur miktarının %60 azaltılması ile sonuçlanmıştır.

Semerjian ve Ayoub (2003), çalışmalarında kimyasal arıtma yöntemlerinden olan koagülasyon-flokülasyon metodunun, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıksuların arıtımında etkinliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada konuyla ilgili yapılan diğer çalışmalar inceleyerek, son yıllarda potansiyel koagülantlardan olan magnezyum iyonunun arıtma stratejilerine uygulanabilirliğini ve farklı atıksulardaki performansını tartışmışlardır. Magnezyum koagülasyonunun avantajları, dezavantajları ve ilgili proses etkileri incelenmiştir.

Ünlü (2008), çalışmasında denim kumaş üreten bir tekstil fabrikasına ait indigo boyama yıkama atıksularının yeniden kullanılabilirliği araştırmıştır. Etkili bir şekilde kullanmak amacıyla koagülasyon, mikrofiltrasyon (MF) ve ardışık ultrafiltrasyon (UF) ön arıtım proses alternatifleri test edilmiştir. Tüm ön arıtım alternatifleri, NF testlerine verilecek atıksudaki kimyasal oksijen ihtiyacı ve renk yüklerini azaltmak için optimize edilmiştir. Koagülasyon prosesi alüminyum sülfat ve demir klorür koagülantları kullanılarak, bir dizi jar testi çalışılmıştır. Sonuçlar yüksek dozlarda koagülant gereksinimi nedeniyle

koagülasyon prosesinin etkili ve verimli bir ön arıtım sağlamadığını göstermiştir. 0,45, 2,5 ve 8 µm gözenek çaplı membranlar kullanılarak çalışılan MF testleri, süzüntü suyunda 2493 mg/L Pt-Co ve 892 mg/L kimyasal oksijen ihtiyacı ile sonuçlanmış ve %64 renk giderimi ve %29 KOİ giderimi sağlayan 0,45 µm gözenek çaplı membranın en iyi proses olduğunu göstermiştir. Ardışık MF+UF uygulaması, tek aşamalı MF'a göre giderimler ve süzüntü suyu akı değerleri bakımından önemli bir yarar sağlamıştır. MF'tan sonra uygulanan ultrafiltrasyon, 960 mg/L Pt-Co ve 856 mg/L KOİ ile sonuçlanan, MF'a ilave olarak %62 renk ve %4 KOİ giderimleri elde edilmiştir. Tek aşamalı MF ve ardışık uygulamalı MF+UF ile ön arıtılmış atıksular üzerinde denenen NF testleri tek aşamalı MF uygulamasının NF için en iyi ön arıtım olduğunu göstermiş ve bu arıtım şekli %99 renk, %97 KOİ ve %83 iletkenlik giderimi sağlayarak geri kullanım kriterlerini sağlamıştır.

Günümüzde kimyasal arıtım yöntemi olarak koagülasyon-flokülasyon proseslerinin yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu yöntem; tekstil atıksularının arıtılmasında (Bidhendi, Torabian, Ehsani, Razmhah ve Abbasi, 2007; Wang ve diğerleri, 2007; Mahmoud, 2009), tekstil boyar maddelerinin gideriminde (Szygula ve diğerleri, 2009; Najafi, 2009), ağır metallerin sudan uzaklaştırılmasında (A. Bojic, D. Bojic, ve Andjelkovic, 2009; Johnson ve diğerleri, 2008), sızıntı sularının arıtılmasında (Velasquez ve Monje-Ramirez, 2006), katı atıklardan fosfor ve ağır metal gideriminde (Teirumnieks, Berzina-Cimdina, Malers ve Pelcers, 2007) kağıt sanayi atıksularının arıtımında (Vucinic, Zebic, Ruzinski ve Berkovic, 22009) süt proses atıksuyunun arıtımında (Chi ve Cheng, 2006), fosforun ve katı maddelerin giderilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Marani, DiPinto, Ramadori ve Tomei, 1997).

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Çalışma Alanı

Tez çalışması 1978 yılında Ankara İli, Sincan İlçesi, Yenikent mevkiinde Mesa Şirketler Grubunun bir üyesi olarak kurulan Mesa İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş fabrika sahasında gerçekleştirilmiştir (Resim 4.1).



Resim 4.1. Çalışma alanı konumu

Mesa İmalat bugün 30 000 m<sup>2</sup> kapalı, 105 000 m<sup>2</sup> açık alanda kurulu olan tesislerde (Resim 4.2) çelik, ahşap ve kompozit yüzeyli inşaat kalıpları ile aksamları, iş ve yük iskeleleri, AL70 tipi cephe iskelesi ile aksamları konularında faaliyet göstermektedir. İnşaat Kalıpları ve İskele Sistemleri üretiminde; 1-12 mm aralığında sac, mühendislik profilleri (I, U, L, T), yuvarlak dolu malzeme (çelik), mühendislik boruları, boya, galvaniz, kaynak gazı, elektrot, genişletilmiş metal, kompozit malzeme kaplı kontrplak, H-20 ahşap kiriş gibi hammadde, yarı mamul ve hammaddeler kullanılmaktadır. Bunlar ve bunlar gibi malzemelerin işlenmesi, delinmesi, bükülmesi, kaynatılması, kumlanması ve boyanması gibi işlemlerden geçirilerek ürünler ortaya çıkmaktadır.



Resim 4.2. Çalışma alanının kuşbakışı fotoğrafı

#### 4.2. Tesis Üretim Basamakları

İşletmede müşteri talebi sonrası proje ekipleri tarafından yapılması planlanan iş çerçevesince üretim projeleri ve müşteri teklifleri hazırlanır. Siparişe dönüştürülen teklifler üretim planlama tarafından değerlendirilir ve malzeme tedariki sağlanır. İş emirleri oluşturulan proje üretim birimine aktarılır ve üretim süreci başlar (Şekil 4.1).

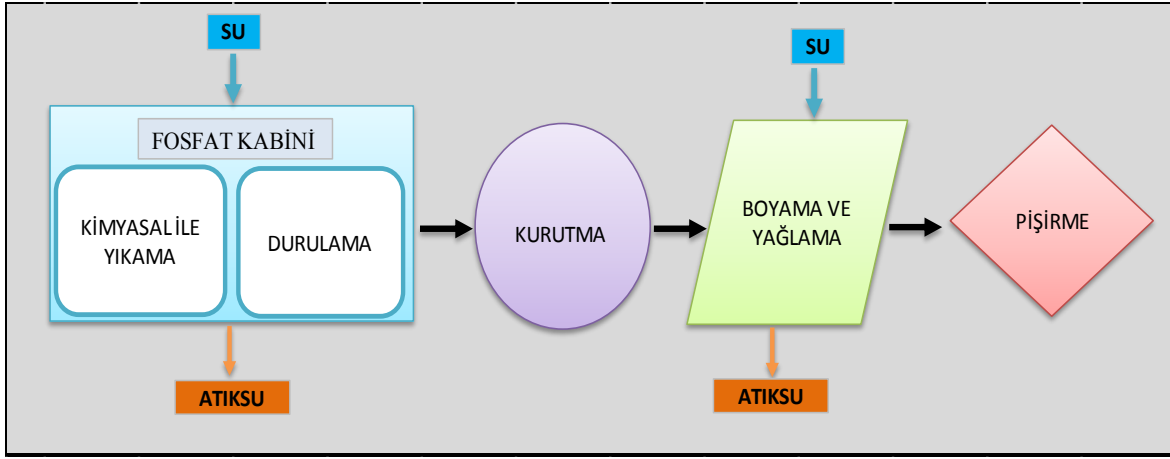


Şekil 4.1. Üretim süreci

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi tedariki sağlanan sac, profil, köşebent, lama gibi hammaddeler; delme, bükme, kesme, şekillendirme, birleştirme, puntalama ve kaynak işlemlerine tabi tutularak yarı mamul haline getirilir. Elde edilen yarı mamul temizleme ve yıkama ünitesine gelerek yıkama, durulama, boyama ve pişirme işlemlerinden geçerek nihai ürün oluşturulur.

#### 4.2.1. Yıkama ve boyama ünitesi

Tesiste yarı mamul haline getirilen malzemelerin üzerindeki kaynak tozu, yağ ve metal parçacıkları gibi kirleticileri temizlemek amacı ile kimyasal tankında yıkama işlemi gerçekleştirilir. Bu ünite de fosfat içerikli kimyasal ile su karışımı malzemelere püskürtülür ve ardından sadece su püskürtülerek arındırma işlemi gerçekleştirilir. Temizlenen ürün kurutma fırınına geçer ve nem alma işlemine tabi tutulur. Kurutulan yarı mamul boya işlemi için boya kabinlerine alınır. Boyanan ürünler pişirme fırınından geçirildikten sonra üzerindeki boya kurutulur ve temizleme ve boyama prosesi sonlandırılır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yıkama-boyama süreç akımı

Boya Ünitesi Şekil 4.2’de belirtildiği gibi belirli işlemlerden oluşur. Bu işlemlerin gerçekleştiği üniteler sırasıyla aşağıdaki gibidir.

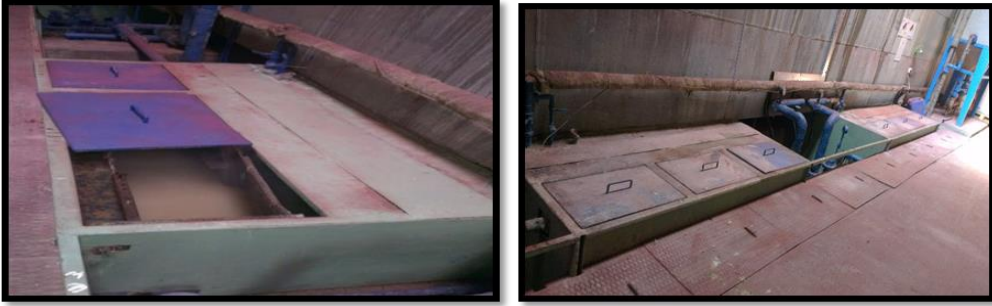
1. Fosfat kabini
2. Kurutma fırını
3. Boya kabini
4. Pişirme fırını

Fosfat kabini; sürecin başlangıç aşamasını oluşturur kabin uzunluğu yaklaşık olarak 35 m’dir. Resim 4.3’de kabinin iç dış yapısı gösterilmiştir. Ünitenin içerisi kimyasalların ve suyun yarı mamulün her noktasına nüfuz etmesi için nozuller ile kaplıdır. Kabin yıkama ve durulama olarak 2 ayrı bölümden oluşmaktadır.



Resim 4.3. Fosfat kabini görüntüsü

Yıkama bölümü yaklaşık olarak 20 metrelik kısmı kapsamaktadır ve 2 adet kimyasal tank tarafından beslenmektedir. Yıkama işlemi sonucu oluşan atıksu toplam atıksuyun %50'lik kısmını oluşturmaktadır. Proses sonucu oluşan atıksu sıcaktır. Yıkama bölümünün su kaynağı olarak 2 adet kimyasal karışım tankı kullanılmaktadır (Resim 4.4). Tanklara sürekli su ve dozaj pompası ile yıkama kimyasalı girişi gerçekleştirilmektedir.



Resim 4.4. Karışım tankı

Yıkama işleminin ardından ürünler su kullanılarak durulama işlemine tabi tutulur (Resim 4.5). Bu aşamada kullanılan su 3 m<sup>3</sup>'lük durulama tankından temin edilmektedir ve su çevirim ile defalarca kullanılmaktadır.



Resim 4.5. Durulama tankı

Fosfat kabininde çeşitli işlemlere tabi tutularak temizlenen ürünler boya işlemine geçmeden üzerlerindeki suyun ve nemin alınması için yaklaşık 50 °C'lik kurutma fırınından geçirilmektedir (Resim 4.6).



Resim 4.6. Kurutma fırını

Boya kabininde gelen ürünler sentetik boya ile boyanmaktadır. Kabinlerde boya işlemi sırasında ortamdaki boyanın yere indirilmesinde sulu (şelale) sistem kullanılmaktadır (Resim 4.7). Sistemde havalandırma merkezlerinin emiş noktalarında su çevirimi gerçekleştirilir ve ortamdaki boya tozunun bir miktarı suya geçirilir. Boya kabinin altındaki su tankında bu su devridaim edilerek sistem çalıştırılmaktadır.



Resim 4.7. Boya kabini

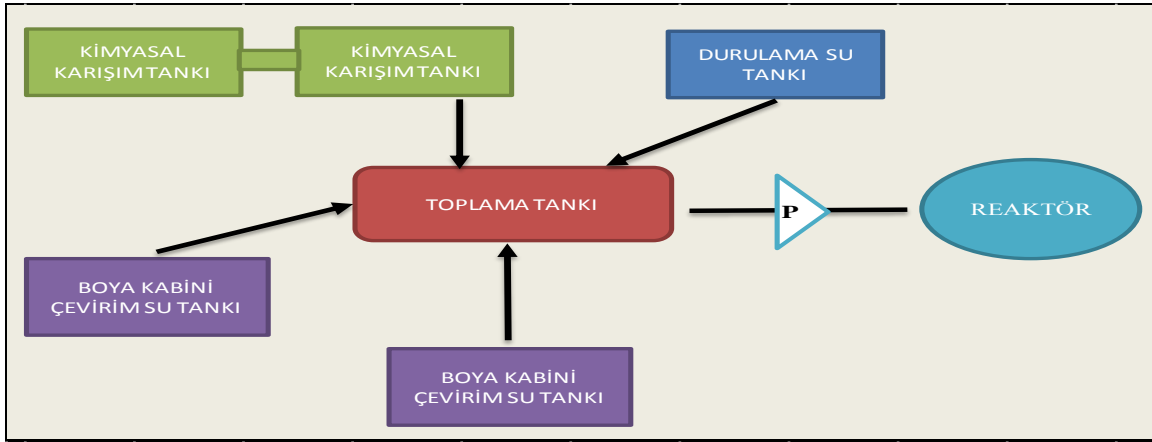
Boyama işlemi tamamlanan ürün monoray yardımıyla pişirme fırınına (Resim 4.8) alınmakta ve 80 °C'lik sıcaklıkta 35 metrelik fırından geçirilerek boyanın kuruması sağlanmaktadır.



Resim 4.8. Pişirme fırını

### 4.3. Atıksu Toplama Sistemi

Tesis boyahane ünitesinde fosfat ile yıkama, durulama ve kabin içi boyama işlemi sonucunda atıksu oluşmaktadır. Atıksu oluşum noktaları kapalı sistem olduklarından su gün içerisinde sürekli çevirim içerisinde. Çevirim sonunda atıksu arıtım için reaktöre pompalanmakta ve arıtım işlemi için bekletilmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Atıksu akış şeması

Üretim prosesleri sonucu oluşan atıksular cazibe ile toplama tankına iletilmektedir. Kimyasal karışım tankı 3 m<sup>3</sup>lük hacme sahiptir. Tank içerisinde %2 oranında yıkama kimyasalı (Duridine C7760) ve %98 oranında su bulunmaktadır. Tank içerisindeki karışımın pH değerini 5,5-6,5 seviyelerinde tutmak için sürekli kimyasal ve su girişi yapılmıştır. Tank içerisindeki karışım yıkama ünitesindeki nozuller ile yarı mamule püskürtülerek tekrardan tanka iletilmektedir. Bu nedenle yıkama işleminden kaynaklı karışımındaki kirlilik sürekli artmaktadır. Bu sorunun giderimi için tanktan belirli aralıklarla

taşıma yapılmış ve kirlenmiş su toplama tankına iletilmiştir. Kimyasal tankından iletilen suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 40 °C olarak ölçülmüştür.

Durulama tankı da kimyasal tankı gibi 3 m<sup>3</sup>'lük hacme sahiptir. Tank içerisinde sadece su bulunmaktadır ve bu su yarı mamuldeki kimyasalın arındırılmasında kullanılmaktadır. Bu sistemde de kirlenen su atıksu toplama tankına iletilmiştir. Şekil 4.3'de gösterildiği gibi işletmedeki üçüncü atıksu kaynağı boya kabinleridir. Bu sistemden kabin içerisinde sürekli çevrilen su günlük olarak değiştirilmiş ve oluşan atıksu su toplama tankına iletilmiştir. Toplama tankının kapasitesi 1 m<sup>3</sup>'tür ve içerisindeki şamandıra sistemi sayesinde su istenilen seviyeye geldiğinde atıksu reaktöre pompalanmaktadır. Bu işlem günde üretim yoğunluğuna göre 2 veya 3 kez gerçekleşmektedir. Reaktöre iletilen suyun %50'si kimyasal tankından, %40'ı durulama tankından ve %10'u boya kabinlerinden gelmektedir.

#### 4.4. Arıtım Sistemi Çalışma Prensipleri

Üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıksu ASKİ kanalizasyona deşarj standartlarını sağlamadığı için tesis tarafından reaktör satın alınmış ancak reaktör kullanıma alınamamıştır. Bu çalışmada mevcut reaktörün kurulumu gerçekleştirilmiş ve kimyasal çöktürme yöntemi ile faaliyete geçirilmiştir. Reaktörün kullanıma alımı sırasında ihtiyaç duyulan ekipman listesi Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kullanılan ekipman listesi

Ekipmanlar	Hacim	Kapasite/Güç
Kesikli reaktör	10 m <sup>3</sup>	-
Kireç tankı	0,5 m <sup>3</sup>	-
Polielektrot tankı	0,25 m <sup>3</sup>	-
Toplama tankı	1 m <sup>3</sup>	-
Çamur alma yapısı	4,5 m <sup>3</sup>	-
Santrifüj pompası	-	48 m <sup>3</sup> /h
Besleme pompası	-	20 m <sup>3</sup> /h
Çamur alma pompası	-	12 m <sup>3</sup> /h
Kireç tankı karışım motoru	-	0,75 kW
Polielektrot tankı karışım motoru	-	0,75 kW

Tesis üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıksuların toplama tankında toplandıktan sonra pompalar yardımıyla arıtım için iletildiği sistem bir kesikli reaktördür. Bu reaktör Çizelge

4.1’de belirtildiği üzere  $10 \text{ m}^3$  atıksu alabilme kapasitesine sahiptir. Reaktör 1,5-2 metre derinliğe ve 3,5 metre çapına sahiptir (Resim 4.9).



Resim 4.9. Ardışık kesikli reaktör

Reaktör içerisinde bir adet karıştırıcı ve bir adet sıyırıcı sistemler mevcuttur. Tanka içerisindeki karıştırıcı sistem türbin tipi karıştırıcıdır. Türbin tipteki karıştırıcılar, havuzun merkezine yerleştirilmiş mekanik bir sisteme bağlı bir şaft sistemi ve kanatlardan oluşmaktadır. Hızlı ve yavaş karıştırma prosesleri tek tank içerisinde gerçekleştirildiği için 2 farklı devirde karıştırıcı çalıştırılmaktadır. Reaktör üzerindeki çift devirli motor yardımıyla  $100 \text{ d/min}$  ve  $30 \text{ d/min}$  çevirim hızları ile karışımlar sağlanmaktadır (Resim 4.10). Hızlı karıştırma sistemlerinde uygulanan karıştırma devirleri  $100$  ila  $250 \text{ d/min}$  değerleri esas alınmaktadır. Literatür bilgilerine bakılınca bu değer  $250-400 \text{ d/min}$  olarak da verilmektedir. Yavaş karıştırmada genellikle uygulanan hız değerleri  $20-100 \text{ d/min}$  arasındadır (Makine Mühendisleri Odası, 2004: 27, 28). Reaktör yapısı gereği karıştırıcı ve sıyırıcı sistemler eş zamanlı olarak çalışmaktadır.



Resim 4.10. Karıştırıcı ve sıyırıcı sistem

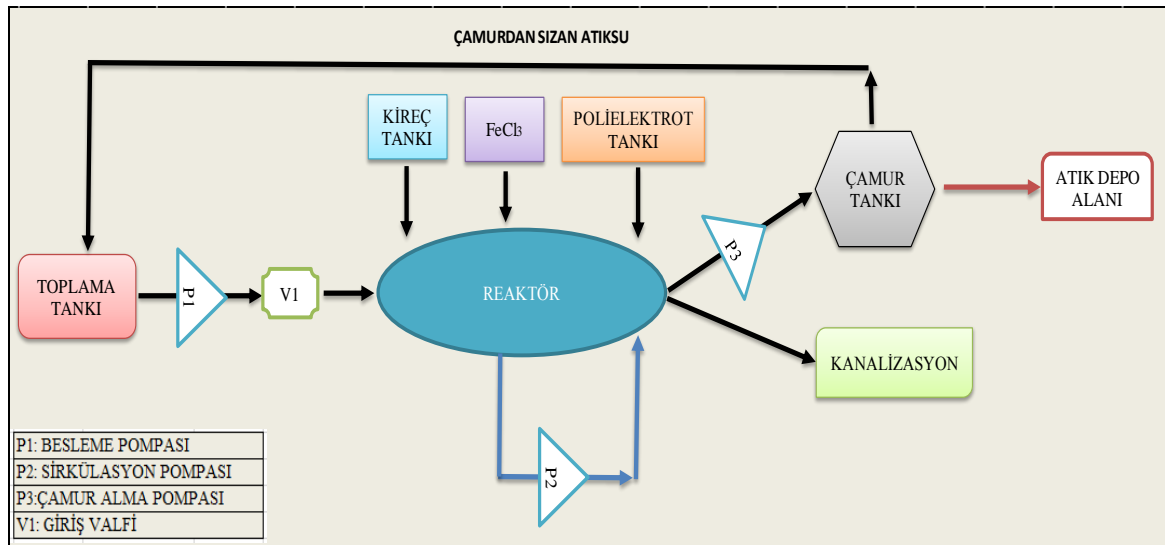
Reaktör üzerine arıtımda kullanılacak kimyasalların sabit bir konsantrasyonda ve seviyede verilmesi için 2 adet tank ve karışım işlemini gerçekleştirmek için motor takılmıştır. Karışım için tanklara  $0,75 \text{ kW}$  gücündeki motorlar katılmıştır. Kimyasal tanklarındaki

karıştırıcılar 150 d/min dönüş hızına sahiptir. Tanklardan biri kireç karışımı için diğeri ise katyonik polielektrot için kullanılmıştır (Resim 4.11).



Resim 4.11. Kimyasal tankları

Depolama tankında biriken atıksular besleme pompası ile koagülasyon-flokülasyon tankına alınmaktadır (Şekil 4.4). Reaktör atıksu ile dolduğunda V1 valfi kapanmakta ve sirkülasyon pompası çalışmaktadır. Toplama tankı ve reaktördeki şamandıraların etkileşimli çalışması sonucu reaktörde aşırı atıksu birikimi gerçekleşmemektedir. Reaktördeki su yaklaşık olarak 2-3 gün beklediğinden dolayı katı maddeler tankın dibinde tortu oluşturmaktadır. Bu nedenle sirkülasyon pompasının çalışması ile birlikte reaktör karıştırıcısı da devreye alınmıştır.



Şekil 4.4. Atıksu arıtımı akış şeması

Reaktörde sirkülasyon pompası olarak santrifüj (radyal) pompa kullanılmıştır (Resim 4.12). Santrifüj pompa, tıkanmayan (açık fanlı) pompa özelliğinde olduğu için çamur iletiminde yaygın kullanılmaktadır. Pompa kapasitesi ile doğru orantılı olarak çamur basma yüksekliği de değişmektedir (Syed, 1999). Santrifüj pompalar ile birlikte çalışan üç tip pompa çarkı vardır. Bunlar; açık çark, yarı açık çark ve kapalı çarktır. İçinde tıkanmaya neden olabilecek katı parçacıkların bulunduğu sıvıların pompalanmasında açık çarklar kullanılır. Bu tip çarkların en büyük dezavantajı zayıf yapılarından ötürü hızlı aşınmalarıdır. Açık çarklar daha çok küçük, ucuz pompalarda kullanılır. Kapalı çarklar santrifüj pompalarda en fazla kullanılan çark tipi olup daha çok temiz sıvıların pompalanmasında kullanılırlar (Oyman, 1976). Sirkülasyon pompası olarak çamur ve katı parça durumu göz önüne alınmış ve açık çarklı seçilmiştir.



Resim 4.12. Sirkülasyon pompası ve tesisatı

Karışım sırasında köpük ve yüzeyde toplanacak yağ alımı için sıyrıcı çalıştırılmıştır ve sıyrıcı tarafından toplanan maddeler köpük alma savağına aktarılmıştır. Savağa aktarılan köpük çamur tankına iletilmiştir. Arıtım işleminde kullanılan kireç su karışımı, katyonik polielektrot ve demir (III) klorür kendi tanklarında hazırlanmış ve bu işlemler sırasında kesintisiz olarak pH değerleri takip edilmiştir.

Çizelge 4.2. Bekleme süreleri ve karışım hızları

Ekipmanlar	İşletme hacim	Karışım hızı	Bekleme süresi
Kesikli reaktör	10 m <sup>3</sup>	30-100 d/min	30 min
Kireç tankı	0,5 m <sup>3</sup>	150 d/min	3 min
Polielektrot tankı	0,25 m <sup>3</sup>	150 d/min	15 min
Toplama tankı	1 m <sup>3</sup>	-	-
Çamur alma yapısı	4,5 m <sup>3</sup>	-	24 h

Kireç tankında 400 L su ve 12 kg kireç karışımı hazırlanmış ve tank içinde 150 d/min hız ile yaklaşık olarak 3 dakika karışım sağlanmıştır. Flokülant tankında ise 50 gr katyonik polielektrolit, 200 L su ve 300 mL beyaz ispiroto ile çözdürülmüş ve 150 d/min hız ile 15 dakika karıştırılmıştır. Katyonik polielektrolit üretici firma tavsiyesi üzerine beyaz ispiroto ile çözdürülmüştür. Kireç tankının vanası açılarak 100 L kireç-su karışımı reaktöre boşaltılmış ve pH değerleri gözlemlenmiştir. pH değeri 8,5-10 arasında değişim göstermiştir. Bu işlemin ardından %40'lık çözelti konsatrasyonuna sahip 15 litre demir (III) klorür eklenmiştir ve 100 d/min hız ile 10 dakika karışım sağlanmıştır. Motor devri 30 d/min düşürülerek Flokülant tankındaki karışımın tamamı atıksuya ilave edilmiştir ve 20 dakika yavaş karıştırma işlemine devam edilmiştir. Bu işlemden sonra atıksu pH değeri 6,5-8,5 arasında değişim göstermiştir. Hızlı ve yavaş karıştırma proseslerinin ardından atıksu karıştırıcı ve sirkülasyon motorları kapatılmış ve istenmeyen kirleticilerin çökmesi için 1 saat beklenmiştir (Çizelge 4.2).

Çamur alma işleminden önce pH ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Bu işlemin ardından tahliye vanası açılmış ve çamur alma pompası çalıştırılarak dip çamuru çamur alma yapısına iletilmiştir (Resim 4.13). Burada çamur yaklaşık olarak 1 gün bekletilmiş ve yerçekimi etkisiyle koyulaştırma sağlanmıştır. Bekleme çamurdan süzülen atıksu tekrardan toplama tankına iletilmiştir. Reaktördeki arıtılmış atıksu şehir kanalizasyon şebekesine deşarj edilmiştir.



Resim 4.13. Çamur alma yapısı ve atıksu iletim tesisatı

Arıtım sonucu oluşan arıtma çamuru belli oranda susuzlaştırıldıktan sonra tehlikeli atık depo alanına sevk edilmiştir. Tehlikeli atık olarak sınıflandırılan arıtma çamurları lisanslı

atık taşıma araçları ile yetkilendirilmiş atık bertaraf firmasına sevk edilinceye kadar uygun şartlar altında depolanmıştır.

#### **4.5. Arıtım Kimyasalları**

Koagülasyon-flokülasyon işleminin kullanıldığı arıtım sisteminde gerekli olan uygun koagülant cinsi ve miktarı belirlenirken atıksuyun kirlilik yükü, kimyasalların kolay ulaşılabilirliği ve maliyeti göz önünde tutulmuştur.

İyi bir koagülasyonda gerekli optimum koagülant dozunu belirlemek için laboratuvar şartlarında jar testi deneyleri yapılmalıdır. Ancak, jar testi ile belirlenecek optimum koagülant miktarı gerçek tesis için gerekli miktar ile aynı olmayabilir. Jar testi laboratuvar ölçekli kesikli çalışan bir deney şekli olup gerçek tesis sürekli akım prensibi ile çalışmaktadır. Buna rağmen jar testi genellikle gerekli optimum koagülant miktarını belirlemede kullanılan oldukça etkili bir yöntemdir. Özellikle hızlı karıştırma ünitesi bulunan tesisler için jar test deneyleri ile belirlenen koagülant dozu çok daha iyi sonuçlar vermektedir (Benfield, Judkins ve Weand, 1982). Koagülasyonun verimliliği, doğru koagülant seçimi ve uygun pH, koagülant dozu, karıştırma süresi gibi proses değişkenlerinin optimizasyonu ile artırılmaktadır (Verma, Dash ve Bhunia, 2012).

Bu tür çalışmalarda uygun koagülant dozunun belirlenebilmesi için diğer bir yöntem olarak stokiyometrik eşitlikler kullanılarak hesaplamalar yapılabilir. Ancak, burada önemli olan sorun atıksuyun tüm bileşenleri ve tüm kirleticilerin kimyasal formlarının tespit edilme zorluluğunun bulunmasıdır. Metaller atıksuda metal tuzları formunda yer almaktadır ve koagülantların ilavesi ile metal hidroksitler olarak çöktürülerek ortamdan uzaklaştırılabilirler. Bu kimyasal reaksiyonun stokiyometrik denklemini yazabilmek için metalin atıksudaki tuz formunu belirlemek gerekir. Bunun içinde atıksudaki anyon katyon ölçümlerinin yapılması gereklidir.

Koagülasyon ve flokülasyonda kullanılan koagülantlar, koagülant yardımcıları ve diğer kimyasallara ait farklı bir sınıflandırma Çizelge 4.3'de verilmiştir (BIS 3025, 2001).

Çizelge 4.3. Koagülasyon ve flokülasyonda kullanılan koagülantlar, koagülant yardımcıları ve diğer kimyasallar (BIS 3025, 2001)

Özellik	Kimyasal madde
Başlıca koagülantlar	Alüminyum sülfat [ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$ ] Demir sülfat [ $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ ] Demir klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) Demir sülfat ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) Magnezyum karbonat ( $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ ) Sodyum alüminat ( $NaAlO_2$ )
Koagülant yardımcıları	Aktif silika Anyonik polielektrolit Katyonik polielektrolit Non-iyonik polimer
Oksitleyici maddeler	Klor ( $Cl_2$ ) Klor dioksit ( $ClO_2$ ) Potasyum permanganat ( $KMnO_4$ ) Kalsiyum hipoklorit ( $CaOCl_2 \cdot 4 H_2O$ ) Sodyum hipoklorit ( $NaOCl$ )
Alkaliler	Kalsiyum karbonat ( $CaCO_3$ ) Dolomitik kireç (%5 CaO ve %40 MgO) Kalsiyum hidroksit (kireç) [ $Ca(OH)_2$ ] Magnezyum oksit ( $MgO$ ) Sodyum karbonat ( $Na_2CO$ ) Sodyum hidroksit ( $NaOH$ )
Diğer maddeler	Bentonit Kaolin Diğer kil ve mineraller Aktif karbon (toz)

Tez çalışması kapsamında uygun bir laboratuvar çalışma ortamı ve ekipmanı sağlanamadığı için jar testi deneyleri yapılamamıştır. Aynı zamanda, laboratuvar imkanlarının yetersizliği nedeniyle uygun koagülant cinsi ve miktarını belirlemek için yapılabilecek anyon-kasyon deneyleri de gerçekleştirilemediğinden literatür çalışmalarından faydalanılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Kimyasal çökelme işlemlerinde koagülantlar ve performansları

Kimyasal (mg/L)	% KOİ Giderimi	% AKM Giderimi	%Yağ Gres Giderimi	Referans
50 FeCl <sub>3</sub>	36,1	61,5	-	Akyatan, 2010
100 FeCl <sub>3</sub>	28,3	92,6	-	Akyatan, 2010
250 FeCl <sub>3</sub>	43,9	97,3	-	Akyatan, 2010
50 FeCl <sub>3</sub> + 2 a. PE	98,0	-	60-70	Hasçakır ve Döngel, 2008
250 kireç + 8 a. PE	63,0	-	60-70	Hasçakır ve Döngel, 2008
4 non. PE	56,0	-	-	Kestioğlu, Yalılı ve Nahırcı, 2005
100 FeCl <sub>3</sub>	-	-	-	Arslan ve diğerleri, 2008
250 FeCl <sub>3</sub>	76	-	52	Eker ve Çiner, 2004
300 FeCl <sub>3</sub> + Ca(OH) <sub>2</sub>	83	-	57	Eker ve Çiner, 2004
300 FeCl <sub>3</sub> + 5 PE	84	-	88	Amudo ve Amoo, 2006
300 FeCl <sub>3</sub> + 65 PE	96,6	-	63	Amudo ve Amoo, 2006
100 FeCl <sub>3</sub> + 5 PE	70	-	74	Amudo ve Amoo, 2006
100 FeCl <sub>3</sub> + 5 PE	95	-	94	Amudo ve Amoo, 2006
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 18H <sub>2</sub> O	36,4	-	93,6	Özyonar ve Karagözoğlu, 2011
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 7H <sub>2</sub> O	27,6	-	88,6	Özyonar ve Karagözoğlu, 2011
300 FeCl <sub>3</sub>	67	90		Hasar ve diğerleri, 2001

Günümüzde kimyasal çöktürme ve yumaklaştırma işlemlerinde yaygın olarak alüm, kireç, demir (III) klorür, demir sülfat, anyonik ve katyonik polielekrolit gibi maddeler kullanılmaktadır. Samsunlu ve arkadaşları (1998), yaptıkları çalışmada farklı koagülantların zeytinyağı üretim tesisi atıksularının arıtımındaki performansını incelemiştirlerdir. Koagülant olarak denedikleri demir sülfat, demir klorür, alüm ve kireç arasında en iyi giderim verimi kireç ile alınmış ve KOİ'de %50'nin üstünde, AKM ve yağ-greste %90 düzeyinde verim sağlanmıştır (Samsunlu, Tünay, Öztürk ve Alp, 1998).

Kimyasal çöktürmede kireç kullanımı ile oluşan yüksek reaksiyonun mikroorganizmalar için uygun olmayan ortam oluşturduğu ve bunun sonucu olarak da çamurun biyolojik ayrışmasının durduğu, kokunun kaybolduğu ve sağlık risklerinin oluşmadığı belirtilmektedir (Akyarlı ve Şahin, 2005).

Alüm koagülasyon-flokülasyon işleminde en yaygın kullanılan koagülant maddelerden biridir. Su veya atıksuya eklendiğinde hidroliz olarak asit oluşturur. Bundan dolayı kullanımı sırasında hidroksit formuna dönüşebilmesi için oluşan bu asidi nötralize edebilecek miktarda alkalinite gereksinimi vardır (Akyatan, 2010).

Demir (III ) klorür, alüm gibi çok yaygın kullanımı olan diğer bir koagülant maddedir ve benzer şekilde hidroliz olarak asit oluşturur. Alüm de olduğu gibi demir (III) klorürün hidroksitleri halinde çözünürlüğü düşük forma dönüşebilmesi ve koagülant etkisinde bulunabilmesi için alkaliniteye ihtiyaç vardır (Akyatan, 2010).

Polielektrolit (flokülant), organik yapıda bir kimyasaldır. Su arıtımında flokülasyon amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Polielektrolitler sudaki katı maddeleri (partikül, AKM ya da yoğun aktif çamur) elektriksel çekim yolu ile önce birbirine yakınlaştırma, sonra ise yumaklaştırıp ağır hale getirme ve çökeltmekle sudan ayırma özelliğine sahiptir. Doğru oranlarda kullanıldığında tamamı çökelen taneciklerle birlikte çamurun içinde bulunmakta, arıtılmış suyun içinde kalmamaktadır. Sulu çamurların içerdiği katı maddelerin yumaklar haline getirilerek neminden daha kolay kurtarılması için kullanılan polielektrolit ilavelerinde; tekstil çamurları için anyonik polielektrolit miktarının azalması, kationik polielektrolit miktarının artmasının kuruma süresini kısalttığı; metal çamurlarında ise, anyonik ve kationik polielektrolit miktarlarının azalmasının kuruma süresini arttırdığı bilinmektedir (Bakkal, Özçelik, Cantürk ve Karadurmuş, 2010).

Kimyasal çöktürme prosesinde pH ayarlaması atıksudaki çözülmüş halde bulunan metallerin, az çözünür veya çözünmez forma dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır. Kısa reaksiyon süreleri ve düşük işletme maliyetleri yöntemin avantajları olup, hidroksit çöktürmesiyle askıda katı madde (AKM), renk, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve birçok metalin hidroksit formunda çöktürülerek giderilmesi sağlanabilmektedir (Semerjian ve Ayoub, 2003). Bütün bu değerlendirmeler ve veriler (Bkz. Çizelge 4.4) doğrultusunda tesisteki arıtım sisteminde kullanılan koagülantlar ve genel özellikleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kullanılan kimyasallar ve özellikleri

Kimyasal adı	Doz	Ticari adı	Özelliği
Ca(OH) <sub>2</sub>	300 mg/L	Baştaş	-
FeCl <sub>3</sub>	15 L	Capital	%40 FeCl <sub>3</sub> + %60 H <sub>2</sub> O
K. polielektrolit	25 mg/L	WET-Treat 7012	%100 polimer

#### 4.6. Numune Alımı

Numune alma işlemi öncesi atıksudaki bileşim belirleme çalışmalarında; üretimde kullanılan kimyasalların malzeme güvenlik bilgi formları temin edilmiş ve üretim türü kaynaklı çinko, yağ-gres ve metal tozu olma ihtimali göz önüne alınmıştır. Sistemin kurulum aşamasının ardından 5 ay süre ile giriş ve çıkış suyu özelliklerini belirlemek için atıksu örnekleri alınmıştır. Numune alımları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliğine uygun anlık olarak alınmıştır (SKKY, 2004). Çıkış suyu numuneleri Resim 4.14'de belirtildiği üzere kanalizasyon şebekesine bağlantı noktasından alınmıştır.



Resim 4.14. Kanalizasyon bağlantı noktası

Giriş suyu numunelerinin alınmasında ise reaktörün su ile dolmasının ardından karıştırıcı çalıştırılmıştır. Tam bir karışım sağlandıktan sonra su seviyesinden yaklaşık 50 cm aşağıdan numuneler alınmıştır.

Alınan numuneler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği Madde 6'da belirtilen numune koruma tekniklerine ve Madde 7'deki numune saklama metotlarına göre muhafaza edilmiştir (Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği, 2009).

#### 4.7. Analiz Yöntemleri

Bu çalışma kapsamında ASKİ yönetmeliği gereği deşarj standartlarının sağlanması için gerekli olan parametreler incelenmiştir. Bu kapsamda atıksuda kirlilik parametreleri olarak; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), askıda katı madde (AKM), çinko, pH, krom,

demir, yağ ve gres analizleri yapılmıştır. Araştırma kapsamında yapılan deneysel çalışmalar iki ayrı şekilde gerçekleştirilmiştir. Bunlardan biri arıtım sırasında gerçekleştirilen anlık (in-situ) ölçümleri (pH, sıcaklık) ve alınan numunelerdeki laboratuvar analizleridir. Analizlerin yapımı sırasında uluslararası standart (EPA, Standart Yöntem) metotlar kullanılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan analizler Çizelge 4.6'da, analizlerde izlenen metotlar Çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4.6. Çalışma kapsamında yapılan analizler

Anlık ölçümler	pH, sıcaklık
Laboratuvar Ölçümleri	Kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam demir, askıda katı madde, yağ ve gres, toplam krom, çinko

Çizelge 4.7. Analiz yöntemleri

Analiz	Standart-Yöntem
Toplam demir	Standart yöntem-ICP yöntem
pH	TS EN ISO 10523
Askıda katı madde	TS EN 872
Kimyasal oksijen ihtiyacı	Standart yöntem 5220 B açık geri döngü yöntemi
Yağ ve gres	Standart yöntem-soxhlet özütleme
Toplam krom	Standart yöntem-ICP yöntem
Çinko	Standart yöntem-ICP yöntem

Arıtım sırasındaki anlık pH ve sıcaklık ölçümleri endüstriyel pH metre (Cyberscan Waterproof pH-300) ile gerçekleştirilmiştir.



## 5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında 3 aylık işletmeye alma (start-up) çalışmalarından sonra eylül 2014 ile ocak 2015 tarihleri arasında giriş ve çıkış suyundan 5 adet numune alınarak analizleri yapılmıştır.

### 5.1. Atıksu Karakterizasyonu

5 aylık gözlem periyodunda atıksu giriş suyunun belirlenen özellikleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Aynı zamanda bu parametrelerin grafiksel gösterimi Şekil 5.1’de verilmiştir. Toplama tankında biriken ve boyama-yıkama-durulama ünitelerinden gelen karışık atıksu reaktöre her seferde 10 m<sup>3</sup> olarak doldurulmuştur.

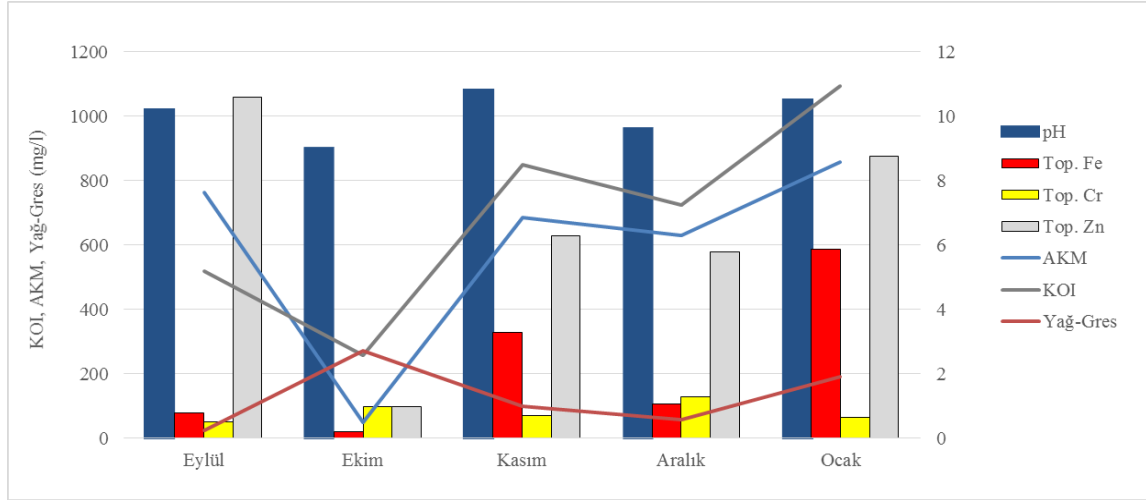
Çizelge 5.1. Atıksu karakterizasyonu (mg/L)

<i>Parametre</i>	<i>Eylül</i>	<i>Ekim</i>	<i>Kasım</i>	<i>Aralık</i>	<i>Ocak</i>	<i>Ort.</i>	<i>Min.</i>	<i>Mak.</i>
Sıcaklık (°C)	20	18	18	17	17	18	17	20
pH	10,2	9	10,8	9,6	10,5	10,02	9	10,8
AKM	765	49,5	687	630	859	598,1	49,5	859
KOİ	520	257	850	725	1095	689,4	257	1095
Top. Fe	0,8	0,2	3,3	1,08	5,87	2,25	0,2	5,87
Top. Cr	0,5	0,98	0,7	1,3	0,65	0,826	0,5	1,3
Zn	10,6	0,97	6,3	5,78	8,77	6,484	0,97	10,6
Yağ-Gres	24,8	271,4	98,7	56,9	190,8	128,5	24,8	271,4

Reaktörde biriken atıksuyun pH değeri 9-10,8 arasında değişim göstermiştir. Giriş suyu pH miktarının ASKİ Atıksuların Kanalizasyon Şebekesi Deşarj Yönetmeliği (ASKİ, 2011) limit değerlerini (6,5-10) eylül, kasım ve ocak aylarında aştığı gözlenmiştir. Bu durumun eylül, kasım ve ocak aylarında prosesteki kimyasal yıkama tankında temizlik yapılmasından dolayı olduğu tahmin edilmektedir.

Atıksuyun askıda katı madde konsantrasyonları 49,5-859 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Atıksu numunelerindeki askıda katı madde konsantrasyonunun değişiminde imalattan gelen yarı mamuller önemli rol oynamaktadır. Üretim basamaklarında kullanılan bu yarı mamullerin iç yüzeylerine yapışan maddeler ve kirlilik kaynakları askıda katı madde değerinde ciddi dalgalanmalara neden olmaktadır.

Atıksuda özellikle ekim ayında AKM konsantrasyonunda ciddi bir düşüş yaşandığı görülmüştür. Bu düşüşün sebepleri araştırıldığında boyahane ünitesinde bakım-onarım işleminin yapıldığı ve üretime bir süre ara verildiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.1. Giriş suyu kirlilik parametreleri değişim grafiği

Çalışma periyodunda KOİ değerlerinin ekim ayında en düşük değere, ocak ayında ise en yüksek değere ulaştığı görülmüştür (Şekil 5.1). Evsel ve endüstriyel atıksuların (özellikle endüstriyel) kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri kimyasal oksijen ihtiyacıdır (Samsunlu, 2005; Peker, 2007). Giriş atıksuyundaki KOİ konsantrasyon oranları suyun orta seviyede organik bir yüke sahip endüstriyel atıksu olduğunu göstermektedir.

Atıksu numunelerinde ASKİ Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği (ASKİ, 2011) gereği bakılan toplam krom parametresinin, yönetmelik sınır değeri olan 5 mg/L'nin altında kaldığı gözlenmiştir. Aynı sınır değere sahip toplam demir parametresinin ise sadece ocak ayı özelinde sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

Dönem numunelerinde çinko parametresi ortalama 6,484 mg/L olarak saptanmıştır. Üretim yoğunluğu ile bu parametrede artışlar gerçekleşmiştir.

Yağ-gres parametresi ekim ayı numunesinde en yüksek değerine ulaşmış ve 271,4 mg/L olarak ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar süresince yağ-gres parametresi 271,4-24,8 mg/L aralığında değişim göstermiştir.

Fabrikada üretim sırasında oluşan atıksuyun özellikle KOİ, askıda katı madde, yağ-gres ve çinko değerlerinde dalgalanmanın fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumunda üretim aşamasında özellikle kimyasal tanklarının temizlenmesi dönemlerinde olduğu tespit edilmiştir.

## 5.2. Çıkış Suyu Karakterizasyonu

Toplama tankında biriktirilen atıksuyun koagülasyon-flokülasyon ünitesindeki arıtımından sonra elde edilen çıkış suyu konsantrasyon değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Aynı zamanda bu parametrelerin grafiksel gösterimi Şekil 5.2’de verilmiştir. Tüm atıksu çıkış suyu numuneleri kanalizasyon bağlantı noktasından (Bkz. Resim 4.14) alınmıştır.

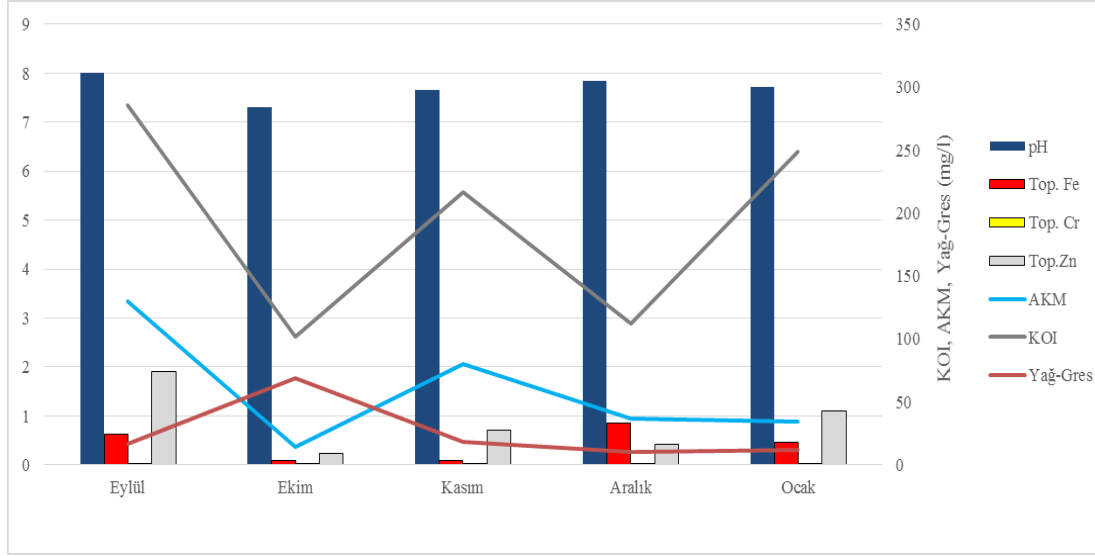
Çizelge 5.2. Çıkış suyu karakterizasyonu (mg/L)

<i>Parametre</i>	<i>Eylül</i>	<i>Ekim</i>	<i>Kasım</i>	<i>Aralık</i>	<i>Ocak</i>	<i>Ort.</i>	<i>Min.</i>	<i>Mak.</i>
pH	8	7,3	7,65	7,84	7,71	7,7	7,3	8
AKM	130	14	80	37	34	59	34	130
KOİ	286	102	217	112	249	193,2	102	286
Top. Fe	0,63	0,09	0,093	0,849	0,47	0,426	0,09	0,849
Top. Cr	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Zn	1,9	0,23	0,7	0,411	1,1	0,868	0,23	1,9
Yağ-Gres	17	68,7	18	10	12	25,14	10	68,7

Çıkış suyu pH değerleri ASKİ deşarj standartlarına (ASKİ, 2011) göre 6,5-10 aralığında olmalıdır. Analiz sonucunda elde ettiğimiz numune sonuçlarının tamamının bu sınırlama içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma periyodu içerisinde alınan giriş ve çıkış suyu toplam krom değerleri kanalizasyon şebekesine deşarj standardında verilen 5 mg/L sınır değerini sağladığı gözlenmiştir. Çıkış suyu analizlerinde toplam krom değerleri <0,003 mg/L değerinin altında bulunduğundan tamamında 0,003 mg/L olarak alınmıştır. Çalışma süresince toplam krom parametresi; toplam demir ve çinko parametreleri ile karşılaştırıldığında arıtım sürecinde daha durağan bir çizgiye sahip olmuştur.

Tesiste gerçekleştirilen arıtım sonrası çıkış suyu çinko değeri 0,23-1,9 mg/L aralığında ve ortalama olarak da 0,868 mg/L gibi düşük seviyelerde seyretmiştir.



Şekil 5.2. Çıkış suyu kirlilik parametreleri değişim grafiği

ASKİ kanalizasyon şebekesine deşarj standartları yönetmeliği KOİ sınır değerini 1000 mg/L, askıda katı madde sınır değerini 400 mg/L olarak belirtmiştir. Şekil 5.2 incelendiğinde ilgili parametrelerin bu sınır değerleri sağladığı anlaşılmaktadır. Eylül ayı içerisinde alınan numunenin KOİ değerinin arıtım sonrasında dahi diğer dönemlerin değerleri ile kıyaslandığında yüksek olduğu görülmüştür. Tesis üretim yetkilileri ile yapılan görüşmelerde eylül ve ocak aylarında üretim miktarında artış olduğu öğrenilmiştir.

### 5.3. Arıtım Performansı

5 aylık periyotta giriş ve çıkış atıksu numuneleri alınarak izelge 5.3'de belirtilen arıtım performans verilerine ulaşılmıştır.

Çizelge 5.3. Arıtım performans verileri

Parametre	Giriş Suyu (Ort.)	ıkış Suyu (Ort.)	% Giderim	ASKİ Standartları	SKKY Standartları
pH	10,02	7,7		6,5-10	6-9
AKM	598,1	59	90,1	400	120
KOİ	689,4	193,2	72,0	1000	200
Top. Fe	2,25	0,426	81,1	5	3
Top. Cr	0,826	0,003	99,6	5	2
Zn	6,484	0,868	86,6	5	5
Yağ-Gres	128,5	25,14	80,4	200	20

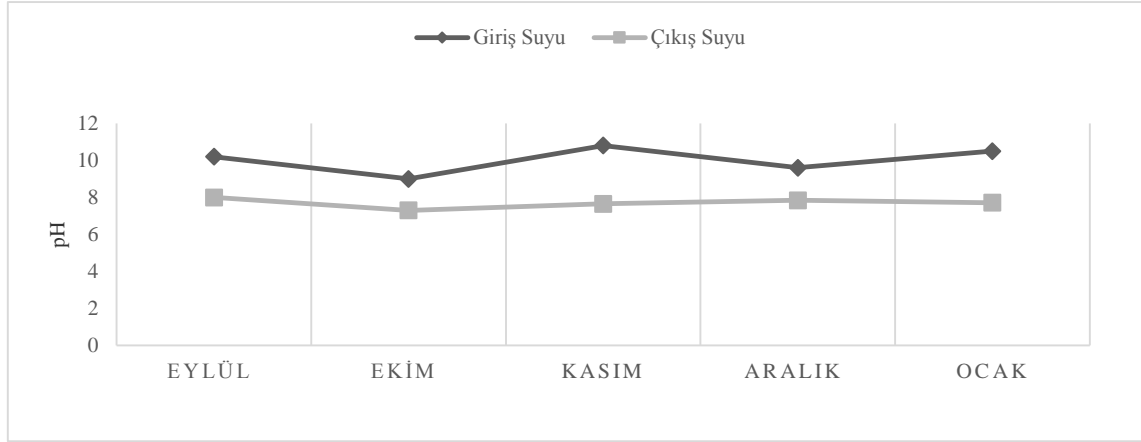
Arıtım sonrası çıkış suyu ortalama değerlerinin (Bkz. Çizelge 5.3) çalışma bölgesinde yürürlükte olan yönetmelik (ASKİ, 2011) sınır değerlerini sağladığı görülmüştür.

ASKİ yönetmeliği ile Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği incelendiğinde en büyük farklılıkların askıda katı madde ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinde olduğu anlaşılmıştır. Bu değerlerdeki farklılığın sebeplerinin başında ASKİ yönetmeliğinin bir noktada kendi arıtım sistemine atıksu alma kriterlerini belirtmiş olmasıdır. Kanalizasyon şebekesine deşarj edilen atıksu bölge arıtma tesisine iletilmekte ve arıtım prosesine tabi tutulmaktadır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği doğrudan alıcı ortam deşarjı sınır değerlerini belirttiği için değerlerin daha düşük olması normaldir. Atıksu örneklerindeki en yüksek arıtım verimine sahip parametre toplam krom değeri olarak tespit edilmiştir. Mevcut atıksuyun muhteva ettiği toplam krom değerinin sınır değerleri sağladığı ayrıca SKKY (2004) kriterlerine de uygun olduğu gözlemlenmiştir.

5 aylık dönemde alınan atıksu numunelerinin yağ-gres ve toplam demir ortalama maksimum ve minimum değerlerine göre hesaplanan verimleri %80,4 olarak bulunmuştur. Toplam demir değerinin ortalama çıkış değeri ASKİ (2011) ve SKKY (2004) değerlerini sağladığı görülmüştür. Çıkış yağ-gres değeri olan 25,14 mg/L değerinin ASKİ yönetmeliği standartlarını sağladığı ancak SKKY (2004) çerçevesince sınır değere ulaşamadığı anlaşılmıştır. Atıksu numunelerinin ortalama çinko giriş değeri olan 6,484 mg/L değerinin %86,6 arıtım verimi ile 0,868 mg/L değerine indirildiği gözlemlenmiştir. Atıksuyun içerebileceği en yüksek sınır değer ASKİ (2011) ve SKKY (2004)'de 5 mg/L olarak verilmiştir. Tercih edilen arıtım yöntemi ile askıda katı madde değerinde % 90,1, KOİ değerinde ise %72'lik arıtım verimlerinin sağlandığı ve ulaşılan çıkış suyu değerlerinin Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği (2011) sınır değerlerini sağladığı gözlemlenmiştir.

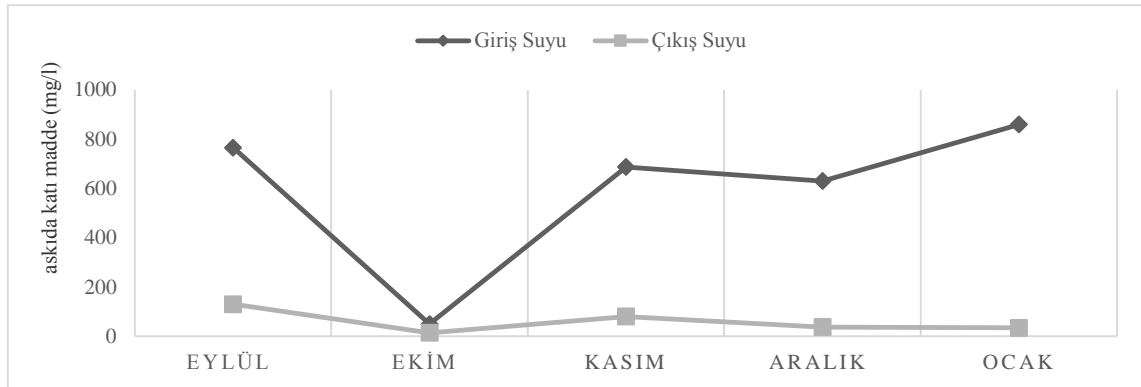
pH'ın atıksuda bulunan kirleticilerin giderim hızını etkilediği bilinmektedir (Robert ve Sheldon, 1996). Giriş ve çıkış atıksuları pH değerlerindeki değişimin net bir şekilde ortaya konulması için Şekil 5.3'deki grafik çizildi. Giriş atıksuyu pH aralığı 9-10,8 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Kasım 2014 tarihinde pH değeri en yüksek seviyesine ulaşmış ve arıtım sonrası 7,65 değerine indirilmiştir. Kasım giriş pH değerinin yüksekliğinin kaynağı yıkama işleminde kullanılan kimyasal yerine farklı ürün denemeleridir. Bu yıkama kimyasalı sadece bu ay içerisinde denenmiştir. Ekim ve aralık ayı giriş suyu pH

değerlerinin dahi Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği (2011) sınır değerlerini sağladığı görülmektedir.



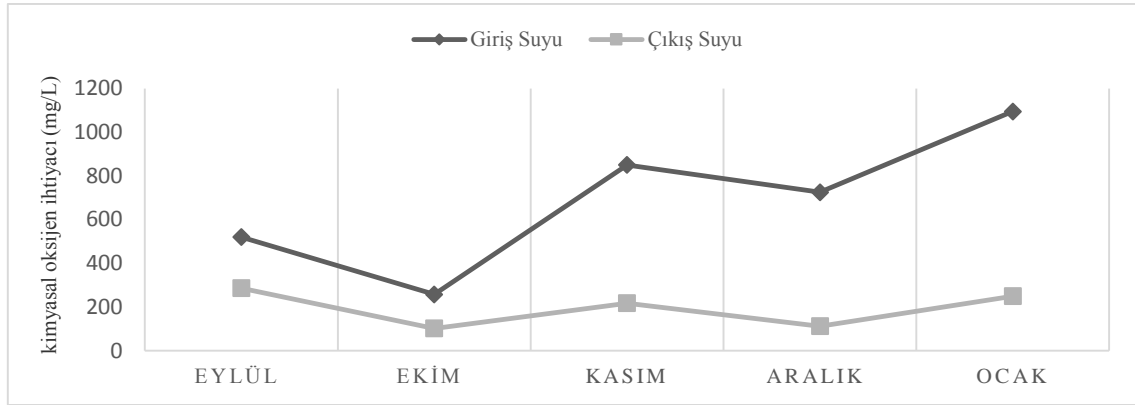
Şekil 5.3. pH değişim grafiği

Şekil 5.4'de verilen askıda katı madde değişim grafiği incelemelerinde en yüksek verimin ocak ayında (%96,04) en düşük verimin ise ekim ayında (%71,72) gerçekleştiği görülmektedir. Grafik incelemelerinde 5 numune içerisinde farklılık yaratan ekim ayı giriş değeri olduğu (49,5 mg/L) gözlemlenmiştir. Numune giriş suyu değerleri ekim ayı dışında 600-800 mg/L aralığında seyretmektedir. Ekim ayında üretim miktarındaki azalma ve tesis içerisinde yapılan bakım çalışmaları kirlilik parametrelerinde düşüş olarak gözlenmiştir. Toplama tankı su toplama yapısının üzerinin açık olmasından dolayı fabrika içerisindeki süprüntüler de atıksuya karışmaktadır ve askıda katı madde parametresinde artışlara sebep olmaktadır. Ancak temel kaynak ürünlerin üzerindeki çökemeyen katı maddelerdir.



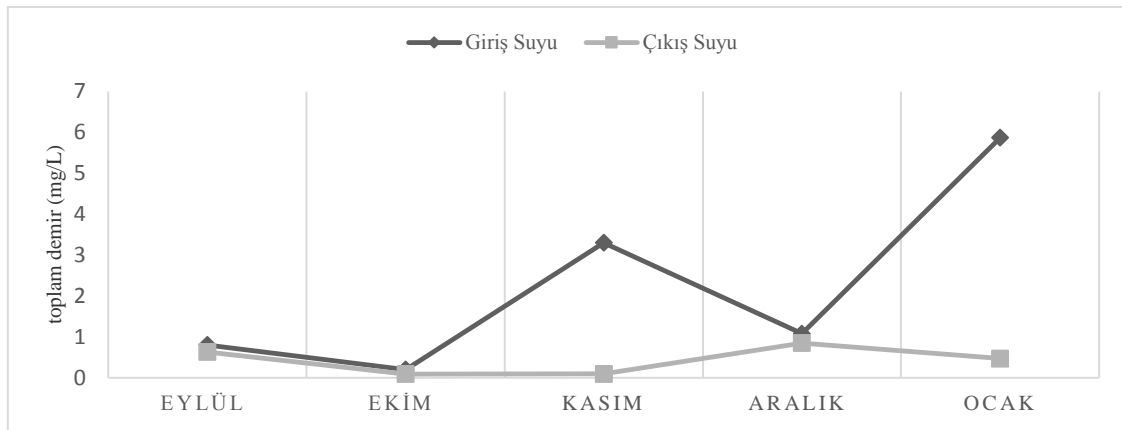
Şekil 5.4. Askıda katı madde değişim grafiği

Kimyasal oksijen ihtiyacı maksimum değeri ocak 2015 numunesinde 1095 mg/L olarak gözlemlenmiştir. Bu değer %77,26'lık verimle 249 mg/L değerine indirilmiştir. Çalışma sürecinde arıtım verimi ortalama %72,0 olarak saptanmıştır. Arıtım veriminin maksimum olduğu ocak 2015 tarihinde pH değeri 10,5 olarak gözlemlenmiştir. Ocak ayındaki KOİ değeri atıksu içerisindeki organik kirlilik değerinin yükseldiğinin ifade etmektedir.



Şekil 5.5. Kimyasal oksijen ihtiyacı değişim grafiği

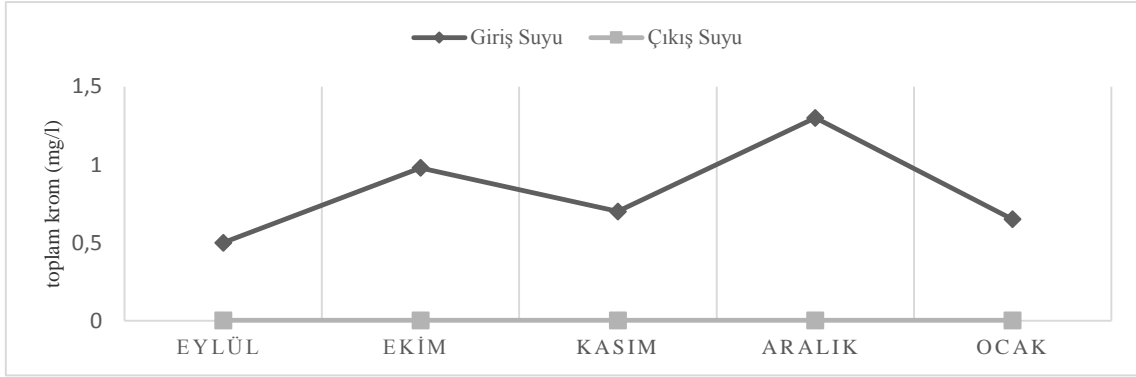
Atıksu içerisinde Toplam demir  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  formunda bulunmaktadır. Çalışma boyunca toplam demir değerlerinin 0,2 ve 5,87 değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Maksimum toplam demir değeri ocak 2015 numunesinde görülmüştür.



Şekil 5.6. Toplam demir değişim grafiği

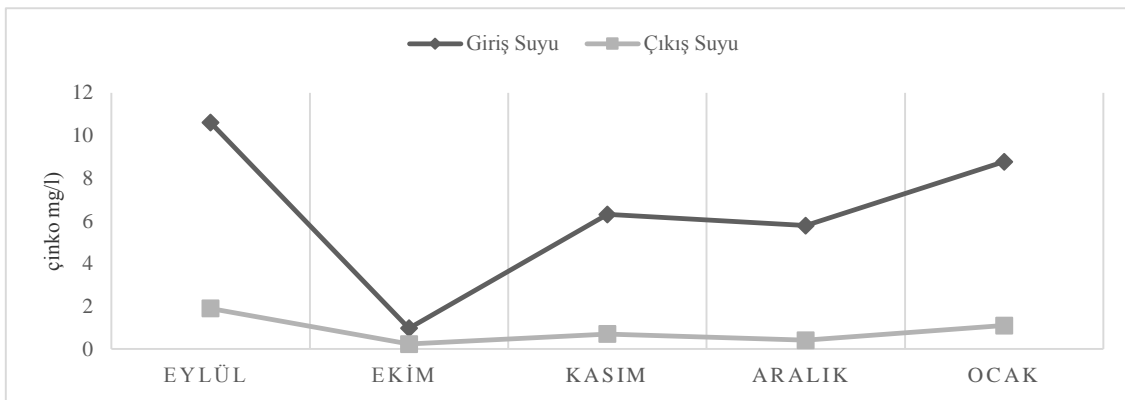
Toplam krom giriş değerlerinin değişim aralığının düşük olduğu ve çıkış suyu değerlerinin ise ( $<0,003$ ) çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği (2011) standartlarına göre maksimum değer 5 mg/L iken tüm

numunelerimizin giriş sularında dahi en yüksek konsantrasyon 1,3 mg/L olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.7. Toplam krom değişim grafiği

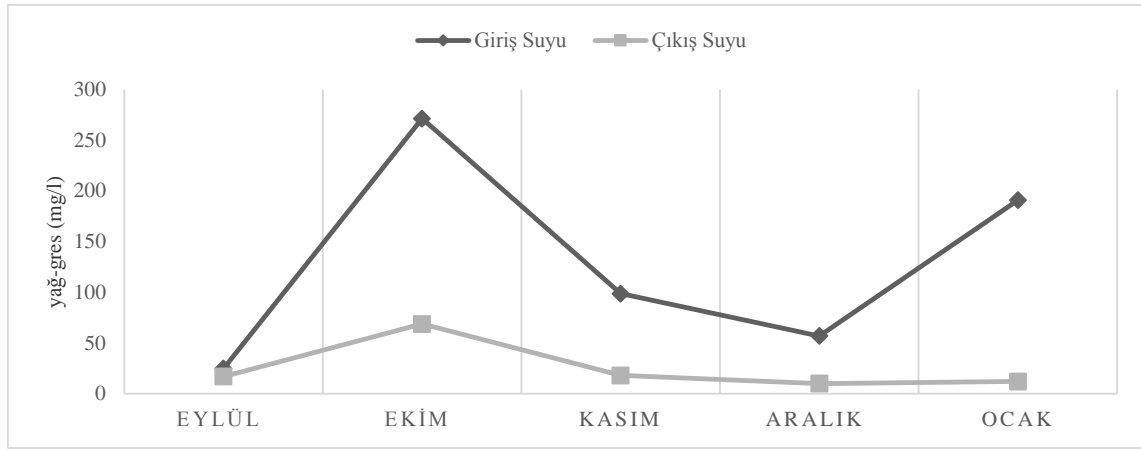
Giriş suyu çinko değerleri ekim 2014 numunesinde 0,97 mg/L değerini görmüş ve bu sonuç en düşük değer olarak not edilmiştir. Eylül 2014 numunesinde ise 10,6 mg/L olarak en yüksek değer görülmüştür. Yine eylül ayında %82,08 verimlilik değerine ulaşılmıştır. Kasım ayında giriş suyu pH değerinin yüksek olması çinko gideriminin de yardımcı olmuş ve hızlı çökeltme sağlanmıştır. Atıksu içerisinde çinko kaynakları olarak bazı kaynak tellerinin alaşımındaki çinko, kullanılan astar boya içerisindeki çinko ve yıkama kimyasalındaki çinko gösterilebilir. Çinko içerikli kaynak telinin kullanım miktarına göz önüne alındığında etkinliği boya ve diğer kimyasallara göre daha düşüktür.



Şekil 5.8. Çinko değişim grafiği

Yağ-gres konsantrasyonları çıkış sularında 10 mg/L ile 68,7 mg/L arasında seyretmiştir. Bu sonuçlar ilgili yönetmelik (Kanalizasyon şebekesine deşarj yönetmeliği, 2011) sınır

değerlerini sağlamıştır. En yüksek artıtma verimi %93,7 değeri ile ocak 2015 numunesinde görülmüştür. Şekil 5.9 incelendiğinde giriş yağ-gres değerlerinin çalışma boyunca dalgalandığı gözlemlenmiştir. Ekim ayı verileri incelendiği zaman tüm kirlilik parametrelerinde düşüş olurken yağ-gres değerinde artış gerçekleşmiştir. Bu artışın sebebi dönem içerisinde tesiste yapılan bakım onarım çalışmaları olduğu anlaşılmıştır. Bakım sırasındaki yağ değiştirme işleminde dökülmelerin değerin artışında etkisi olmuştur.



Şekil 5.9. Yağ gres değişim grafiği

Atıksu arıtımı sonrası oluşan arıtma çamurları 26927 sayılı 2 Nisan 2015 tarihli resmi gazetede yayınlanan atık yönetimi yönetmeliği çerçevesince uygun atık depolama alanlarında depolanması sağlanmıştır. Arıtım işlemi sonrası oluşan çamur miktarları 5 aylık çalışma sürecinde ortalama olarak 28 kg çıkmıştır. Ayrıca çamurun yoğunlaşması için beklendiği süreçte 30-40 litre aralığında sızıntı suyu oluşmuştur. Bu arıtma çamurundan sızan atıksular tekrardan toplama tankına iletilmiştir. Düzenli atık depolama sahasında bekletilen arıtma çamurları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından atık bertaraf ve/veya geri dönüşüm lisans verilen özel bir atık işleme tesisine verilmiştir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında metal endüstrisindeki yağ alma ve metal renklendirme faaliyetleri sonucu oluşan atıksu karakterinin belirlenmesi, atıksu üzerinde etkili durumların tespiti, bu suları arıtımında kimyasal çöktürme ve yumaklaştırma yönteminin uygulanabilirliği üzerinde çalışılmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirildiği tesiste kullanım dışı bulunan arıtım reaktörü gerekli ekipman desteği ile işletmeye alınmıştır. Arıtım için kullanılacak kimyasalların seçiminde benzer atıksu karakterine sahip atıksuların arıtımında kullanılan kimyasal dozları referans alınmıştır ve uygun dozlar belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kesikli reaktörden giriş ve çıkış atıksularından alınan numunelerde; toplam demir, pH, sıcaklık, toplam krom, çinko, kimyasal oksijen ihtiyacı, askıda katı madde, yağ ve gres parametreleri üzerinde çalışılmıştır. Araştırma sonucu elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Gözlem periyodu boyunca gerçekleştirilen anlık ölçüm sonuçlarına göre su sıcaklığı 17-20 °C aralığında değişim göstermiştir. Bu değerler ASKİ tarafından belirtilen deşarj değerine uygun olduğu için sıcaklık parametrelerinde herhangi bir kontrol sistemine gerek kalmamıştır. Su sıcaklığı atıksuyun arıtım için 2-3 gün bekletilmesi ve kapalı ortamda olduğundan fazla değişim göstermemiştir.
2. Laboratuvar analizleri neticesinde atıksu giriş pH değerinin 9-10,8 aralığında olduğu ve arıtım sonrası 7,3-8 aralığına ulaşıldığı gözlemlenmiştir.
3. Atıksudaki çinko değerleri 0,97-10,6 mg/L aralığından 0,23-1,9 mg/L aralığına düşürülmüştür. Çinko değerlerinde %86,6'lık giderim verimi elde edilmiştir.
4. Giriş atıksu numunelerinin askıda katı madde ortalama değeri 598,1 mg/L ve çıkış ortalama değeri ise 59 mg/L olarak tespit edilmiştir.
5. Tesisi çıkış suyu yağ ve gres konsantrasyonları 10-68,7 mg/L arasında değişim göstermiştir. Yağ ve gres giderimi %80,4 olarak tespit edilmiştir. Bakım onarım döneminde yağ-gres değerinde artış gerçekleşmiştir.

6. Kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyon giriş suyunda ortalama değeri 689,4 mg/L'den 193,2 mg/L'ye düşürülmüştür. Kimyasal oksijen ihtiyacı giderim verimi %72 olarak tespit edilmiştir.
7. Çalışma boyunca toplam demir değerlerinin giriş atıksularında 0,2 ve 5,87 değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Arıtım sonrası çıkış sularında %80,4 giderim sağlanmıştır.
8. Atıksu numunelerinde giriş toplam krom ortalama değeri 0,826 mg/L olarak tespit edilmiş ve %99,6 giderim sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında metalden yapı ve yapı parçaları sektörü üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıksu miktarının az, kesikli ve kirlilik konsantrasyonlarının değişken olduğu tesislerde kimyasal çöktürme teknolojisinin kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Bu çalışma benzer sanayi kollarında izlenmesi gereken idari uygulamalar hakkında rehber özelliği taşımaktadır. Arıtım konusunda kimyasal çöktürme ve yumaklaştırma yönteminin uygulanması hakkında örnek teşkil edebilecek bir özelliktir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği alan ve/veya benzer alanlarda yapılacak çalışmalarda jar testi ve farklı koagülantların kullanımıyla arıtım denemeleri yapılmalı ve öne çıkan özellikleri karşılaştırılmalıdır. Bu çalışmada 5 aylık dönemde giriş ve çıkış suyu numuneleri her ay birer adet alınarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu numune alım sıklığı artırılarak daha hassas veriler elde edilebilir.

Metal sektörünün Türkiye ve Dünya ekonomisindeki yeri düştüğünde yapılan harcamaların çok ufak ancak faydalarının çok büyük olduğu anlaşılmaktadır. Benzer sanayi tesisleri için de farklı ön arıtım metotları kullanılarak arıtım performanslarının belirlenmesi sektöre önemli kazançlar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Allen, S. J., Murray, M., Brown, P., Flynn, O. (1994). Peat as an adsorbent for dyestuffs and metals in wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, 11, 25-39.
- Alp, K. (2009). *Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Ders Notları*. İTÜ Çevre Mühendisliği, 4.
- Akın, B. S. (2003). *Çevre Bilimi Ders Notları*. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 33, 35, 37.
- Akyarlı, A. ve Şahin, H. (2005, Mart). *Aritma çamurlarının bertarafında kireç kullanımı*. 1. Ulusal Aritma Çamuru Sempozyumunda sunuldu, İzmir, 182-191.
- Akyatan, G. (2010). *Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Magnezyum Flokülasyonu İle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi ve Klasik Koagülantlarla Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 55.
- Amuda, O. S. ve Amoo I. A. (2006). Coagulation/flocculation process and sludge conditioning in beverage industrial wastewater treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 141(3), 778-783
- Arceivala, S. J. (2002). *Wastewater treatment and disposal: engineering and ecology in pollution control*. New York: Tata – Mc Graw Hill Publishing, 88.
- Arhan, Y (1986, August). *Environmental management for developing countries*. Preprints of the Third Symposium, İstanbul.
- Arslan, T., Kabdaşlı, I., Arslan, A. İ., Ölmez, T. ve Tünay, O. (2008). Kompleks olarak bağlı metal içeren atıksuların elektrokoagülasyon prosesi ile arıtımı. *İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü İTÜ Dergisi*, 18(1), 42-52.
- Ateş, N. (2013). *Çevre Kimyası 2 Laboratuvar Föyü*. Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 5.
- Azman, H. E. (2005). *Evsel Atıksuların Arıtımında Arıtma Verimi-Enerji İlişkisinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 83.
- AWWA (1990). *Water quality and treatment, a handbook community water supplies* (Fourth Edition). New York: McGraw Hill Publishing, 52.
- Bakkal, C., Özçelik, H. E., Cantürk, D. ve Karadurmuş, E. (2010, Mayıs). *Tekstil ve metal sanayi arıtma çamurlarının susuzlaştırma işlemlerinin incelenmesi ve optimum kimyasal miktarının belirlenmesi*. 5. Çevre Sorunları Kongresi, İstanbul.
- Ballice, L., Yüksel, M. ve Sağlam, M. (1997). Kolloidal sistemli su kirliliklerinin giderilmesinde kimyasal çöktürme (yumaklaştırma) işleminin uygulanması. *Ege Üniversitesi, Kimya Bölümü, Çevre Dergisi*, 7(25), 3-6.

- Benefield, L. D., Judkins, J. F. ve Weand, B. L. (1982). *Process chemistry for water and wastewater treatment*. Prentice-Hall Incorporated, 71-73.
- Bidhendi, N., Torabian, A., Ehsani, H., Razmhah, N. ve Abbasi, M. (2007). Evaluation of industrial dyeing wastewater treatment with coagulants and polyelectrolyte as a coagulant aid. *International Journal of Environmental Research*, 1(3), 242-247.
- BIS 3025 (2001). *Methods of sampling and tests (physical and chemical) for water and wastewater, part 50, jar test (coagulation test) (first revision)*, Bureau of Indian Standard.
- Bojic, A. L., Bojic, D. ve Andjelkovic, T. (2009). Removal of Cu and Zn from model wastewaters by spontaneous reduction-coagulation process in flow conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 168(2), 813-819.
- Brown, M. A., ve Devito, S. C. (1993). Predicting azo dye toxicity. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 23, 249-324.
- Büyükgüngör, H. (2003). *Atıksu Arıtma Yöntemleri Ders Notları*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 1, 3, 4, 102, 168, 177.
- Büyükgüngör, H. (2006). *Çevre Kirliliği ve Yönetimi Ders Notları*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 1.
- Chi, F. H. ve Cheng, W. P. (2006). *Journal of polymers and the environment*. London: CRC Press 14, 411-417.
- Çevre Kimyası Ders Koordinatörlüğü (2013). *Çevre Kimyası 2 Laboratuvar Ders Notları*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 1-2.
- Çiçek, A. (2006). *Çevre Sağlığı*. Anadolu Üniversitesi, 1695, 192.
- Devlet Planlama Teşkilatı (2001). *VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005)*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.
- Dinç, H. ve Yılmaz, O. (2013). Gaziantep sanayi atıksularında arıtma öncesi ve sonrası ağır metal düzeyleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24, 19-24.
- Divrikoğlu, F. (1994). *Azotlu Atıksuların Arıtılması*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 27.
- Dolay, E. (2009). *Emaye Kaplama Endüstrisi Atıksularının Fenton Prosesi İle Arıtılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya 53.
- El-Gohary, F. ve Tawfik, A. (2009). Decolorization and COD reduction of disperse and reactive dyes wastewater using chemical-coagulation followed by sequential batch reactor (SBR) process. *Desalination*, 249, 1159-1164.

- Eker, A. ve Çiner, F. (2004). Sivas organize sanayi bölgesinde atıksu karakterizasyonu ve arıtma alternatifleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(3), 97-112.
- Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü (2012). *Türkiye İmalat Sanayiinin Analizi*, Ankara: Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü, 23.
- Eyvaz, M., Bayramoğlu, M. ve Kobya, M. (2006). Tekstil endüstrisi atıksularının elektrokoagülasyon ile arıtılması: Teknik ve ekonomik değerlendirme. *İTÜ Dergisi*, 16(1-3), 55-65.
- Filibeli, A. ve Ayol, A. (2002). *Arıtma çamurlarının su verme özelliklerinin geliştirilmesi*. 8. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumunda sunuldu, İstanbul.
- Gönüllü, M. T. (2004). *Endüstriyel kirlenme kontrolü*, Ankara: Birsen yayınevi, 384.
- Gündüz, T. (1984). *Çevre Sorunları*. Ankara: Ankara Üniversitesi, 123.
- Gürtekin, E. (2009). Mezbaha atıksuyunun koagülasyon/flokülasyon ardışık kesikli reaktör yöntemiyle arıtılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2), 8.
- Harper, D. (1992). *Eutrophication of freshwaters, principles, problems and restoration*. London: Chapman and Hall, 87.
- Hasçakır, B. Ve Dölgen, D. (2008). Kil minerallerinin atıksu arıtımında kullanılabilirliği: kaolinit ile organik madde giderimi, *Ekoloji Dergisi*, 66, 47-55.
- Hurst, C. J., Knudsen, G., R., McInerney, M., J., Stetzenbach, L., D. ve Walter, M., V. (1997). *Manuel of Enviromental Microbiology*, Washington: ASM Press, 75.
- İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı (2005). *Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme ve Bakım El Kitabı*. Ankara: İller Bankası 8-10.
- İnternet: Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.resmigazete.gov.tr%2Feskiler%2F2008%2F07%2F20080705-7.htm&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.
- İnternet: Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aski.gov.tr%2Ftr%2F833-mevzuat--yonetmelik-icerik.html&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.
- İnternet: Çevre Kanunu URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mevzuat.gov.tr%2FMevzuatMetin%2F1.5.2872.pdf&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.
- İnternet: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.csb.gov.tr%2Fgm%2Fcygm%2Findex.php%3FSayfa%3>

[Dsayfa%26Tur%3Dwebmenu%26Id%3D266&date=2016-01-14](#) , Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.

İnternet: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mevzuat.gov.tr%2FMetin.aspx%3FMeVzuatKod%3D7.5.9844%26sourceXmlSearch%3D%26MeVzuatIliski%3D0&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.

İnternet: Numune Alma Ve Analiz Metodları Tebliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.resmigazete.gov.tr%2Feskiler%2F2009%2F10%2F20091010-6.htm&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.

İnternet: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mevzuat.gov.tr%2FMetin.aspx%3FMeVzuatKod%3D7.5.7221%26sourceXmlSearch%3D%26MeVzuatIliski%3D0&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.

İnternet: Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.resmigazete.gov.tr%2Feskiler%2F2005%2F03%2F20050314-1.htm&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.

İnternet: Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.csb.gov.tr%2Fgm%2Fcygm%2Findex.php%3FSayfa%3DSayfahtml%26Id%3D2542&date=2016-01-14>, Son Erişim Tarihi: 14.01.2016.

Jern, N. W. (2006). *Industrial wastewater treatment*. Imperial College Press, 8-11.

Johnson, P., Girinathannair, P., Ohlinger, K. N., Ritchie, S., Teuber, L., Kirby, J. ve Water, J. (2008). Enhanced removal of heavy metals in primary treatment using coagulation and flocculation. *Water Environment Research*, 80(5), 472-479.

Kapdan, I. ve Kargı, F. (1998). Atıksulardan tekstil boyar maddelerinin adsorpsiyonlu biyolojik arıtım ile giderimi. *Turkish Journal Of Engineering and Environmental Sciences*, 24, 161-169.

Kav, M. F. (2011). *Adana Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının İleri Arıtma Yöntemleri Kullanılarak Tekstil Endüstrisinde Proses Suyu Olarak Geri Kazanılabilirliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 27.

Kestioğlu, K., Yalılı, M. ve Nahırcı, B. (2005). *Yüksek KOİ İçeren Tekstil Atıksularının Fizikokimyasal, Ozon/UV ve Adsorpsiyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 53.

Kurniawan, T. A., Chana, G. Y. S., Loa, W. ve Babel, S. (2006). Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*, 118(1-2), 83-98.

- Magner, M. (1996). Power Plant Rules Sought Due to Mercury in Fish. *The Sunday Star-Ledger*, 44.
- Mahmoud, E. K., (2009). Chemically enhanced primary treatment of textile industrial effluents. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(4), 651-655.
- Makine Mühendisleri Odası (2004). *Atıksu Arıtma Tesisi Pratik Bilgiler El Kitabı*. Ankara: Makine Mühendisleri Odası, 27-28.
- Marani, D., Dipinto, A., Ramadori, R. ve Tomei, M. (1997). Phosphate removal from municipal waste-water with low lime dosage. *Environmental Technology*. 18(2), 225-230.
- Mesci, B. ve Turan, G. (2011). Ağır Metal Gideriminde Kullanılan Doğal Maddelerin İncelenmesi. *Experimental Studies And Modeling, Environment Protection Engineering*.
- Metcalf ve Eddy. (2003). *Wastewater Engineering, Disposal and Reuse*. Mc Graw Hill Publishing, 87, 96.
- Muslu, Y. (1994). *Atıksuların Arıtılması* (Birinci Baskı). İTÜ Matbaası, 120.
- Muter, O., Lubinya, I., Miller, D., Grigorjeva, L., Ventiya, E. and Rapoport, A. (2001). Cr(VI) sorption by inact and dehydrated candida utilis cells in the presence of the other metals. *Process Biochemistry*, 38, 123-131.
- Monser, L. and Adhoum, N. (2002). Modified activated carbon for the removal of copper, zinc, chromium and cyanide from wastewater. *Separation and Purification Technology*, 26, 137-146.
- Najafi, H.R. (2009). Improvement of COD and TOC reactive dyes in textile wastewater by coagulation chemical material. *African Journal of Biotechnology*, 8(13), 3053-3059.
- Oyman, B. (1976). *Pompa El Kitabı*. Ankara: Makine Mühendisleri Odası, 43.
- Özyonar, F. ve Karagözoğlu, B. (2011). *Mezbahane atıksularından KOİ, yağ-gres ve bulanıklık giderimi üzerine bir çalışma: kimyasal koagülasyon prosesiyle ön arıtımı*. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 32(1), 17.
- Peavy, H. Rowe, D. Tchbanoglous, G. (1985). *Solid waste, environmental engineering*. Mcgraw Hill Book Company, 573-652.
- Peker, İ. (2007). *Çevre mühendisliğinde temel işlemler*. Birsen Yayınevi, 20-21, 51, 52, 173.
- Peker, İ. (2007). *Çevre mühendisliği kimyası*, Birsen Yayınevi, 46.
- Rios, J. V., Bess-Oberto, L., Tiemann, K. J. ve Gardea-Torresdey, J.L. (1999). *Investigation of metal ion binding by agricultural by-products*. Proceedings of the International Conference on Hazardous Waste Research, 125.

- Robert, J.S. and Sheldon, J.B.D. (1996). Coagulation and precipitation of a mechanical pulping effluent I: removal of carbon, colour and turbidity. *Water Research*, 30, 1169-1178.
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R. and Nigam, P. (2001). Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology*, 77(3), 247-255.
- Samsunlu, A. (2005). *Çevre mühendisliği kimyası*. Birsen Yayınevi, 56.
- Samsunlu, A. (2006). *Atıksuların arıtılması*. Birsen Yayınevi, 27-31, 131-133, 165.
- Samsunlu, A., Tünay O., Öztürk Z. ve Alp K. (1998). *Zeytinyağı üretimi atıksularının karakterizasyonu ve arıtılabilirliği*. 6. İTÜ Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 93-99.
- San, N. O. (2007). *Ağır Metal ve Boyar Madde İçeren Atıksuların Rhodotorula sp. ile Arıtımı*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, 43.
- Semerjian, L. and Ayoub, G. M. (2003). High-pH-magnesium coagulation flocculation in wastewater treatment. *Advances in Environmental Research*, 7(2), 389-403.
- Sengül, F. ve Turkman, A. (1985). *Su ve Atıksu Analizleri Laboratuvar Notları*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 2.
- Sincero, A. P. (2002). *Physical-chemical treatment of water and wastewater*. Boca Raton: CRC Press, 195-198.
- Syed, R. Q. (1999). *Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation* (Second Edition). New York: CRC Press, 237.
- Szygula, A., E., Guibal, E., Arino, Palacin, M., Ruiza, M. ve Sastre, A. M. (2009). Coagulation-flocculation using chitosan. *Journal of Environmental*, 90(10), 2979-2986.
- Şahin, N., Cerrah, L., Saka, A. ve Şahin, B. (2004). Yükseköğretimde öğrenci merkezli çevre eğitimi dersine yönelik bir uygulama. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(3), 113-128.
- Şener, Ş. (2007, Eylül). *Ağır metalleri çevresel etkileri*. XIII. Ulusal Kil Sempozyumunda sunuldu, Isparta.
- Tanyolaç, J. (2006). *Limnoloji (Tatlısu Bilimi)*. Ankara: Hatiboğlu Basım, 237.
- Taşdemir, T. ve Erdem, V. (2010). Flokülasyon yöntemi ile atıksudan askıda tanelerin giderimi. *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23, 1.
- Tünay, O., Kabdashı, I., Eremektar, G. ve Orhon, D. (1996). Color removal from textile wastewaters. *Water Science and Technology*, 9, 16.

- Tünay, O. (1996). *Endüstriyel Kirlenme Kontrolü*. İTÜ Yayınları, 82.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (2007). *Sulakalan Yönetim Planlanması Rehberi*, Ankara: Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ile Kuş Araştırma Derneği.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (2008). *Atıksu Arıtımı Eylem Planı*. Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- T.C Kalkınma Bankası (2013). *Onuncu Kalkınma Planı*, Ankara: T.C. Kalkınma Bankası.
- Teirumnieks, E., Berzina-Cimdina, L., Malers, J. ve Pelcers, G. (2007). *Environment technology resources proceedings*. Rezekne Higher Education Institution Faculty Of Engineering, 102-107.
- Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş (2012). *Türkiye imalat sanayinin analizi*, Ankara: Türkiye Kalkınma Bankası, 667.
- USEPA (1982). *Development document for effluent limitations guidelines and standards for the metal finishing, point source category*. EPA 440, 1, 82, 091b.
- USEPA, (1990). *Guides to pollution prevention, the fabricated metal products industry*. EPA 625, 7, 90, 006.
- Ucun, H. (2001). *Sarı Çam (Pinus Sylvestris) Kozalağı Biyoması Kullanılarak Atıksulardaki Ağır Metallerin Biyosorpsiyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 45.
- Ülgen, S. (2008). *Değişim Zamanı: Demir Çelik Sektörü Analizi*, İstanbul: Deloitte Danışmanlık Anonim Şirketi, 16.
- Ünlü, M. (2008). *Indigo Dyeing Wastewater Treatment By The Membrane Based Filtration Process*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 199.
- Üstün, G. E. ve Solmaz, S. (2007). Bir organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması. *Ekoloji Dergisi*, 15(62), 55-61.
- Verma, A., Dash, R. ve Bhunia, P. (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93, 154-168.
- Velasquez, M. ve Monje-Ramirez, I. (2006). Combined pre-treatment of coagulation-ozonation for saline-stabilized landfill leachates. *Ozone-Science and Engineering*, 28(5), 309-316.
- Vucinic, A., Zebic M., Ruzinski, N. and Berkovic, K. (2009). *Transactions of Famena*. 33(2), 79-90.

Zhou, P., Huang, C. M., Alfred, W. F. L. ve Wei, S. (1998). Heavy Metal Removal From Wastewater In Fluidized Bed Reactor. *Water Research*, 33(8), 1918-1924.

Zollinger, H. (1991). *Color Chemistry: Syntheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments* (Second Edition). VCH Press. 295.

Wang, Y., Gao, B. Y., Yue, Q. Y., Wei, J. C., Zhou, W. Z. ve Gu, R. (2007). Color removal from textile industry wastewater using composite flocculants. *Environmental Technology*, 28(6), 629-637.

**EKLER**

## Ek.1. Üretim kimyasallarının kimyasal bileşenleri

Kimyasalın Ticari Adı	Kimyasal Bileşimi
Henkel, Duridine C 7760	Çözelti Fosfat, Fosforik Asit (<10%) Noniyonik Emülsiyon Yapıcı İnorganik Hızlandırıcı Organik Tuzlar
Dyo, Maxi Epoksi Astar	Xylene (15-20%) Tolüene (2-5%) Isobutanol (2-5%)
Dyo, Selulozik Tiner	Toluene (65-75%) Acetone (17-22%) Isobutanol (3-8%) ButylGlycol (2-7%)
Dyo, Maxi Sertleştirici	Xylene (50-60%) Polyamine (40-50%)

Çizelge 1.1. Atıksu içerisinde bulunan ürünlerin kimyasal bileşenleri

Ek.2. Kirlilik önleme payı hesabına esas kirlilik parametreleri ve katsayısı

NO	SEKTÖR ADI	ALT SEKTÖR ADI	KONTROL EDİLECEK ATIKSU PARAMETRELERİ	I
2	METAL ENDÜSTRİSİ	2.1.Demir-Çelik Üretimi	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	6
		2.2.Demir-Çelik İşleme Tesisleri (Sıcak ve Soğuk Şekillendirme)	pH, KOI, AKM, Ağır Metaller*	5
		2.3.Metal Hazırlama ve İşleme (Zımparalama, Taşlama Vd.)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.4.Galvanizleme (Sıcak Galvanizleme Çinko Kaplama Tesisleri Dahil)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.5.Dağlama İşlemi	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.6.Elektrolit Kaplama, Elektroliz Usulüyle Kaplama (Ramet Dahil)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*, CN, SO <sub>4</sub>	9
		2.7.Metal Renklendirme (Eloksal)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*, SO <sub>4</sub>	8
		2.8.Metal Kaplama (Sır, Cila, Lak, Vernik, Emaye, Mine Boya, Elektrostatik, Toz Boya, Su Perdesi, Vd.)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.9.Dökümhaneler (Bakır ve Bakır Alaşımları, Alüminyum, Çinko, Kurşun, Demir Çelik, Dökme Demir, Vd.)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*,CN,	6
		2.10.Savunma Sanayi Parça Üretimi (Uçak Sanayi dahil)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	9
		2.11.İletken Plaka İmalatı	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7

NO	SEKTÖR ADI	ALT SEKTÖR ADI	KONTROL EDİLECEK ATIKSU PARAMETRELERİ	I
2	METAL ENDÜSTRİSİ	2.12.Akü İmalatı, Stabilizatör İmalatı, Birincil ve İkincil Akümülatör, Batarya ve Pil İmalatı ve Benzerleri)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*, SO <sub>4</sub>	9
		2.13.Isıl İşlemler (Tavlama, Sertleştirme)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*, CN	8
		2.14.Demir Alaşımları Endüstrisi (Açık Elektrik Firmaları, Teneke Boru Profil ve Benzerleri)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	6
		2.15. Diğer Metal Son İşlemleri (Metal Yağ Alma İşlemleri, Yağlı Atıksular, Siyanürlü Atıksular, Krom (+6)'lı Atıksular, Adı Metaller)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.16.Alüminyum Üretim ve Şekillendirme (Yağ-Su Emisyonu İle Haddeme, Emisyon ve Sabun Kullanarak Çekme)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.17.Emayeleme İşlemleri (Bakır ve Çelik Üzerine Emayeleme)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*	7
		2.18.Seri Makine İmalatı, Elektrik Makinaları ve Techizatı ve Yedek Parça Sanayii	pH, KOI, Yağ ve Gres, Ağır Metaller*, Top-N, CN	9
		2.19.Motorlu ve Motorsuz Taşıt Tamirhaneleri ve Servisleri (İş Makinaları ve Benzerleri Dahil)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Top-CN, Top. Cr.	9
		2.20.Taşıt Fabrikaları (Otomobil, Kamyon, Otobüs, Traktör ve Benzeri Üreten Fabrikalar)	pH, KOI, Yağ ve Gres, AKM, Ağır Metaller*,CN, F, Top-N, Top-Cr	9

\*Ağır Metaller: İlgili sektöri temsil eden parametrelerden hangileri atıksuda bulunması bekleniyorsa, onların analizi yapılmalıdır. (Örneğin Alüminyum işleyen bir tesisten Alüminyum ölçümü gibi.)

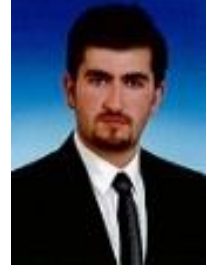
Şekil 2.1. Metal endüstrisi ASKİ kirlilik parametreleri ve katsayıları

## Ek.3. Metal sanayi kirlilik parametreleri

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	(mg/L)	200	100
Askıda katı madde (AKM)	(mg/L)	120	50
Yağ ve gres	(mg/L)	20	10
Amonyum azotu (Nh <sub>4</sub> N)	(mg/L)	100	-
Nitrit azotu (No <sub>2</sub> N)	(mg/L)	10	5
Aktif klor	(mg/L)	0,5	-
Sülfür (S <sup>-2</sup> )	(mg/L)	2	-
Toplam krom*	(mg/L)	2	1
Krom (Cr <sup>+6</sup> )*	(mg/L)	0,5	0,5
Kurşun (Pb)*	(mg/L)	2	1
Toplam siyanür (Cn <sup>-</sup> )*	(mg/L)	0,5	0,1
Civa (Hg)*	(mg/L)	0,05	0,01
Kadmiyum (Cd)*	(mg/L)	0,5	0,1
Alüminyum (Al)*	(mg/L)	3	2
Demir (Fe)*	(mg/L)	3	-
Florür (F <sup>-</sup> )*	(mg/L)	50	30
Bakır (Cu)*	(mg/L)	3	1
Nikel (Ni)*	(mg/L)	3	2
Çinko (Zn)*	(mg/L)	5	3
Gümüş (Ag)*	(mg/L)	0,1	-
Balık biyodeneyi (Zsf)	-	10	-
pH	-	6-9	6-9

Çizelge 3.1. Metal hazırlama ve işleme endüstrisi SKKY kirlilik parametreleri sınır değerleri

## ÖZGEÇMİŞ



### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ER, Mehmet Burak  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 08.07.1988, Ankara  
Medeni hali : Bekâr  
e-mail : mehmetburaker@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Çevre Bilimi	Devam Ediyor
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Çevre Müh.	2012
Lisans	Anadolu Üniversitesi/İşletme	2015
Lise	Deneme Yabancı Dil Ağırlıklı Lise	2006

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012	Mesa İmalat San. ve Tic. A.Ş	Çevre Uzmanı

### Yabancı Dil

İngilizce



*GAZİ GELECEKTİR..*