



**ELAZIĞ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ VE HAYVAN
ÜRÜNLERİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ VE ARITILABİLİRLİK
ÇALIŞMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Merva GÖRGÜLÜ

**Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği
Programı : Çevre Teknolojileri**

Danışman: Prof. Dr. Ayhan ÜNLÜ

TEMMUZ-2017

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELAZIĞ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ VE HAYVAN ÜRÜNLERİ ORGANİZE
SANAYİ BÖLGESİ ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ VE ARITILABİLİRLİK
ÇALIŞMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Merva GÖRGÜLÜ

(132112102)

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Programı : Çevre Teknolojileri

Danışman: Prof. Dr. Ayhan ÜNLÜ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 11 Temmuz 2017

TEMMUZ-2017

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELAZIĞ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ VE HAYVAN ÜRÜNLERİ ORGANİZE
SANAYİ BÖLGESİ ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ VE ARITILABİLİRLİK
ÇALIŞMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Merva GÖRGÜLÜ

(132112102)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 11 Temmuz 2017

Tezin Savunulduğu Tarih: 27 Temmuz 2017

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayhan ÜNLÜ (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. M. Sara TUNÇ (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Mehtap TANYOL (Munzur Ün.)



TEMMUZ-2017

ÖNSÖZ

Çevre Mühendisliği Bölümü'ne girdiğim andan itibaren varlığını daima yanımda hissettiğim; bana daima her konuda destek olan ve bu meslekte ilerlememi sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayhan Ünlü'ye “Elazığ Organize Sanayi Bölgesi ve Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi Atıksularının Özellikleri ve Arıtılabilirlik Çalışmaları” adlı yüksek lisans tez çalışmamda gösterdiği ilgi ve desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Fikirleri ile beni destekleyen tüm bölüm hocalarıma özellikle her konuda fikirlerini çekinmeden sorduğum Prof. Dr. Mehmet Erdem'e, Yrd. Doç. Dr. M. Sara Tunç'a, Arş. Gör. Burçin Yıldız'a, Arş. Gör. Hatice Erdem'e, Uzm. Mehmet Şahin'e yardımlarını benden esirgemedikleri için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezim boyunca numuneleri almama yardımcı olan Elazığ Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: M.F.15.24). Desteklerinden dolayı FÜBAP'a teşekkür ederim.

Maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, annem, babam ve kardeşlerime bana gösterdikleri sabır, sevgi ve destekten dolayı teşekkür ederim.

Merva GÖRGÜLÜ
ELAZIĞ-2017

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLOLAR LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ	1
2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİ	4
2.1. Organize Sanayi Bölgelerinin Tanımı ve Tarihçesi.....	4
2.2. Organize Sanayi Bölgelerinin Genel Özellikleri	6
2.3. Organize Sanayi Bölgelerinde Görülen Başlıca Çevre Sorunları.....	10
3. ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	13
4. ELAZIĞ ORGANİZE SANAYİ VE HAYVAN ÜRÜNLERİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNİN MEVCUT DURUMU	20
4.1. Yerleşim ve Coğrafi Konumları	20
4.2. İklim ve Bitki Örtüleri	21
4.3. Nüfus ve Sanayi Gelişmeleri	21
4.4. Su Temini ve Kanalizasyon Sistemleri.....	22
4.5. İşletmelerin Yıllık Kullandıkları Su ve Ürettikleri Atıksu Miktarları	23
4.6. Mevcut Atıksu Arıtma Tesisleri ve Atıksuların Deşarj Noktası.....	23
4.7. Endüstri Kategorizasyonları	24
5. MATERYAL ve METOT	26
5.1. Çalışmada Kullanılan Atıksular	26
5.2. Deneysel Çalışmalar	26
5.2.1. Atıksu Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler.....	26
5.2.2. Fizikokimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında Yapılan Deneyler.....	28
5.2.2.1. Jar Testi	28
5.2.2.2. Optimum Koagülant Dozlarının ve Optimum Koagülantlar Üzerine pH'ın Etkisinin Belirlenmesi	30

6.	BULGULAR ve TARTIŞMA	32
6.1.	Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Atıksuların Özellikleri	32
6.2.	EOSB ve EHÜOSB Ortak Kanallarından Alınan Atıksulara Uygulanan Fizikokimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarının Sonuçları	34
6.2.1.	Optimum Koagülant Dozlarının Belirlenmesi	34
6.2.2.	Optimum Koagülant Dozları Üzerine pH'ın Etkisi	47
6.2.3.	Belirlenen Optimum Koagülant Dozlarına Polielektrolit İlavesinin Giderim Verimlerine Etkisi	50
	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	59
	KAYNAKLAR	62
	ÖZGEÇMİŞ	65

ÖZET

Bu çalışmada, Elazığ Organize Sanayi Bölgesi (EOSB) ve Elazığ Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi (EHÜOSB) atıksularının özelliklerinin belirlenmesi ve jar testi ile fizikokimyasal arıtılabilirliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, EOSB ve EHÜOSB ortak kanallarından atıksu numuneleri alınmış ve atıksu özelliklerini belirlemek için, atıksu örneklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri incelenmiştir. Sıcaklık, iletkenlik, çözünmüş oksijen (ÇO), pH, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), askıda katı madde (AKM), toplam azot (TN), toplam fosfat, toplam krom (Cr), bakır (Cu), kurşun (Pb), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve demir (Fe) gibi ağır metal analizleri, toplam koliform ve fekal koliform analizleri yapılmıştır.

Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında koagülant olarak FeCl₃.6H₂O ve Al₂(SO₄)₃.18H₂O (alüm), koagülant yardımcısı olarak da anyonik polielektrolit kullanılmıştır. Jar testi deneylerinde optimum koagülantların belirlenmesinde, optimum koagülantlara pH'ın etkisi ve optimum koagülantlar ile anyonik polielektrolitin birlikte kullanılmasında KOİ, AKM ve TN giderim verimlerindeki değişimler incelenmiştir.

EOSB atıksu numuneleri için optimum demir (III) klorür dozu 200 mg/L ve optimum alüm dozu 400 mg/L'dir. KOİ, AKM ve TN en yüksek giderim verimleri sırasıyla optimum demir (III) klorür dozu için %61,4, %96,1 ve %53,4, optimum alüm dozu için %76,5, %96,4 ve %63,9 olarak bulunmuştur. EHÜOSB atıksu numuneleri için ise optimum demir (III) klorür dozu 400 mg/L ve optimum alüm dozu 600 mg/L olarak bulunmuştur. EHÜOSB atıksularının optimum demir (III) klorür ve alüm dozları için KOİ, AKM ve TN en yüksek giderim verimleri sırasıyla optimum demir (III) klorür dozu için %73,4, %90,5 ve %55,7, optimum alüm dozu için %62,5, %94,1 ve %56,3 olarak bulunmuştur. EOSB ve EHÜOSB atıksuları üzerine optimum koagülantlar ile birlikte polielektrolit denemeleri de yapılmış olup en iyi giderim verimleri optimum alüm dozunda sağlanmıştır.

EOSB atıksuyunda 400 mg/L alüm + 10 mg/L anyonik polielektrolit ilavesiyle KOİ, AKM ve TN en yüksek giderim verimleri sırasıyla %66,2, %99,1 ve %41 olarak bulunmuştur. EHÜOSB atıksuyunda 600 mg/L alüm + 60 mg/L anyonik polielektrolit ilavesiyle KOİ, AKM ve TN en yüksek giderim verimleri sırasıyla %76,7, %96,1 ve %45,5 olarak bulunmuştur.

İki organize sanayi bölgesi atıksu özelliklerini belirlemede ve fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında elde edilen sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Organize Sanayi Bölgesi, Fizikokimyasal Arıtılabilirlik, Atıksu Özellikleri

SUMMARY

Properties of Elazığ Organized Industrial District and Animal Products Organized District Wastewaters and Treatability Studies

In this study, it was aimed to determine the properties of the wastewaters of Elazığ Organized Industrial District (EOID) and Elazığ Animal Products Organized Industrial District (EAPOID) and to investigate their physico-chemical treatability with jar test. For this purpose, samples of wastewater were taken from two different points the common channels of EOID and EAPOID and the physical, chemical and biological properties of wastewater samples were examined in order to determine wastewater characteristics. Temperature, conductivity, dissolved oxygen (DO), pH, biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), suspended solids (SS), total nitrogen (TN), total phosphate, heavy metal analyzes such as total chromium (Cr), copper (Cu), lead (Pb), zinc (Zn), cadmium (Cd) and iron (Fe), total coliform and fecal coliform analyzes were carried out.

In the physico-chemical treatability studies, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ and $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (alum) as coagulant and anionic polyelectrolyte as coagulant aid were used. In the jar test experiments, changes in COD, SS and TN removal efficiencies were investigated in the case of determining of optimum coagulants and the effect of pH on optimum coagulants and when the use of anionic polyelectrolyte with optimum coagulants.

The optimum iron (III) chloride dose for EOID wastewater samples was 200 mg/L and the optimum alum dose was 400 mg/L. The optimum removal efficiencies of COD, SS and TN for optimum iron (III) chloride dose were 61.4%, 96.1% and 53.4%, while these values were 76.5%, 96.4% and 63.9% for optimum alum dose, respectively. For EAPOID wastewater samples, optimum iron (III) chloride and optimum alum doses were found to be 400 mg/L and 600 mg/L, respectively. In the optimum iron (III) chloride and alum doses of EAPOID wastewater, the removal efficiencies of COD, SS and TN were 73.4%, 90.5% and 55.7%, for optimum iron (III) while these values were 62.5%, 94.1% and 56.3% for optimum alum dose, respectively. EOID and EAPOID wastewaters were tested with polyelectrolyte together with optimum coagulants and the optimum removal efficiencies was obtained at optimum alum dose.

By addition of 400 mg/L alum + 10 mg/L anionic polyelectrolyte in EOID wastewater, the removal efficiencies of COD, SS and TN were determined as 66.2%, 99.1% and 41% respectively. Addition of 600 mg/L alum + 60 mg/L anionic polyelectrolyte in EAPOID wastewater resulted in 76.7%, 96.1% and 45.5% removal efficiencies, respectively.

The results of the two organizing industrial wastewater characterization studies and the physico-chemical treatability studies were evaluated according to the Water Pollution Control Regulation.

Keywords: Organized Industrial District, Physico-chemical Treatability, Wastewater Characteristics

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1.	EOSB’de üretimde bulunan işletmelerin %’lik sektörel dağılımı	25
Şekil 5.1.	DeneySEL çalışmaların yapıldığı jar testi düzeneğinin şematik gösterimi	29
Şekil 5.2.	EOSB atıksu örneklerine jar testinin uygulanması	31
Şekil 5.3.	EHÜOSB atıksu örneklerine jar testinin uygulanması	31
Şekil 6.1.	EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile KOİ giderimi	35
Şekil 6.2.	EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile AKM giderimi	36
Şekil 6.3.	EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile TN giderimi	37
Şekil 6.4.	EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile KOİ giderimi	38
Şekil 6.5.	EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile AKM giderimi	39
Şekil 6.6.	EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile TN giderimi	40
Şekil 6.7.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile KOİ giderimi	41
Şekil 6.8.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile AKM giderimi	42
Şekil 6.9.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile TN giderimi	43
Şekil 6.10.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile KOİ Giderimi	44
Şekil 6.11.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile AKM giderimi	45
Şekil 6.12.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile TN giderimi	46
Şekil 6.13.	EOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH’larda KOİ giderim verimleri	47
Şekil 6.14.	EOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH’larda AKM giderim verimleri	48
Şekil 6.15.	EOSB Atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH’larda TN giderim verimleri	48
Şekil 6.16.	EHÜOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH’larda KOİ giderim verimleri	49
Şekil 6.17.	EHÜOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH’larda AKM giderim verimleri	49
Şekil 6.18.	EHÜOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH’larda TN giderim verimleri	49

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1.	EOSB’de üretimde bulunan işletmelerin sektörel dağılımı.....	25
Tablo 5.1.	Atıksu kategorizasyonunun belirlenmesinde analiz edilen kirlenici parametreler, kullanılan cihazlar ve markaları.....	28
Tablo 6.1.	EOSB atıksuyunun özellikleri.....	32
Tablo 6.2.	EHÜOSB atıksuyunun özellikleri.....	33
Tablo 6.3.	EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri.....	35
Tablo 6.4.	EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri.....	36
Tablo 6.5.	EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri.....	37
Tablo 6.6.	EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri.....	38
Tablo 6.7.	EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri.....	39
Tablo 6.8.	EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri.....	40
Tablo 6.9.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri.....	41
Tablo 6.10.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri.....	42
Tablo 6.11.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri.....	43
Tablo 6.12.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri.....	44
Tablo 6.13.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri.....	45
Tablo 6.14.	EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri.....	46
Tablo 6.15.	EOSB atıksularına optimum demir (III) klorür koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri.....	51
Tablo 6.16.	EOSB atıksularına optimum alüm koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri.....	52
Tablo 6.17.	EHÜOSB atıksularına optimum demir (III) klorür koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri.....	53
Tablo 6.18.	EHÜOSB atıksularına optimum alüm koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri.....	54

SEMBOLLER LİSTESİ

Al(OH)₃	: Alüminyum hidroksit
Al	: Alüminyum
Al₂(SO₄)₃.18H₂O	: Alüminyum sülfat oktadekahidrat, (alüm)
C	: Karbon
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
FeCl₃.6H₂O	: Demir (III) klorür hekzahidrat
FeCl₃	: Demir (III) klorür
FeSO₄.7H₂O	: Demir (II) sülfat heptahidrat
HCl	: Hidroklorik asit
HNO₃	: Nitrik asit
N	: Azot
Na₂S₂O₄.2H₂O	: Sodyum hidrosülfid dihidrat
NaAlO₂	: Sodyum alüminat
NaOH	: Sodyum hidroksit
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
pH	: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
PO₄⁻³	: Fosfat
rpm	: Sabit bir ekseninde, 1 dakika içerisinde gerçekleştirilen dönüş/devir sayısı
Zn	: Çinko

KISALTMALAR

AG-OG	: Alçak ve Orta Gerilim
AKM	: Askıda Katı Madde
BOİ₅	: 5 Günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri
EHÜOSB	: Elazığ Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi
EMS	: En Muhtemel Sayı
EOSB	: Elazığ Organize Sanayi Bölgesi
FÜBAP	: Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MOSB	: Mersin Organize Sanayi Bölgesi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PAS	: Peynir Altı Suyu
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)
TN	: Toplam Azot
TS	: Türk Standartları
TSA	: Tespit Sınırların Altında

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde, ekonominin temel sektörünün sanayi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, ülkemizin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler, gelişmişlik seviyelerini artırmak ve kalkınma faaliyetlerini devam ettirebilmek için hızlı bir biçimde sanayileşmek zorundadır. Ancak bu sanayileşme çabalarını sürdürürken, toplumun temel ihtiyaçları olan su, hava, toprak gibi doğal kaynakların kirletilmemesi gerektiği ve bu kaynakların sonsuz olmadığı, gelecek nesillerin de bu kaynaklara ihtiyacı olduğu unutulmamalıdır [1].

Özellikle endüstrilerden kaynaklanan atıksuların alıcı ortamın yararlı kullanımına engel olmaması için her bir endüstri kuruluşunun arıtma tesisi yapması, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde çok büyük yatırım gerektirmektedir. Bunun yerine, endüstri kuruluşlarının daha planlama safhasında iken belli bir bölgede inşa edilmesi ve atıksu karakterlerine bağlı olarak bölgedeki tüm endüstriler için ortak bir arıtmanın seçilmesi en uygun çözümü verecektir. Bu amaç çerçevesinde çevre sorunlarına yol açmayacak veya minimize edebilecek sanayileşmenin gerçekleştirilmesi ve yatırımların yönlendirilmesi amacıyla Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından organize sanayi bölgeleri modeli uygulanmaktadır [2].

Organize sanayi bölgeleri, ekonomik açıdan bölgelerin dengeli kalkınmasını sağlayan, aynı zamanda sanayi kaynaklı oluşan çevresel problemlerinin azaltılmasını ve ortadan kaldırılmasına yardımcı olan bir uygulamadır. Dünyada ve ülkemizde organize sanayi bölgeleri, kamu yönetimlerince öncelikli olarak sanayiye geliştirmek, düzenli kentleşmeyi sağlamak, daha az maliyetle ekonomik refaha ulaşmak, bölgeler arası sosyo-ekonomik gelişmişlik farklılıklarını ortadan kaldırmak gibi amaçlarla tasarlanarak kurulmuşlardır. Organize sanayi bölgelerin kuruluş amaçlarına zamanla, dünyada gelişen çevre duyarlılığının da bir yansıması olarak çevresel sorumluluklar eklenmiş, böylece bu bölgelerin kurulmasında çevreyi korumak ve çevre kirlenmesini önlemek gibi hedefler yer almaya başlamıştır [3].

Elazığ İli'nde nüfusun artışı ve bununla beraber endüstri kuruluşlarının artması çevre kirliliğinin önemszenmesi ve gereken çalışmaların yapılması gereğini ortaya koymaktadır. Bu amaçla bu çalışma kapsamında, Elazığ Organize Sanayi Bölgesi (EOSB) ve Elazığ Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi (EHÜOSB) atıksularının fiziksel, kimyasal ve

biyolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu atıksuların laboratuvar ölçekli fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Her iki sanayi bölgesinin ortak kanalından alınan atıksuların karakterizasyonları ve fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları, bir yıllık süreli aylık periyotlarda yapılan bir çalışma olup Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: M.F.15.24). Çalışmada, EOSB ve EHÜOSB ortak kanallarından alınan atıksu örnekleri üzerinde yapılan tüm çalışmalar detaylı olarak verilmiştir.

Çalışmada, yurt içi ve yurt dışında bulunan bazı organize sanayi bölgeleri ile ilgili yapılmış çalışmalardan da kısa örnekler verilmiştir.

EOSB ve EHÜOSB işletmelerinin atıksuları, ayrı noktalarda ortak birer kanalda toplanmaktadır. Bu iki ayrı kanalda toplanan atıksular Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi ana kollektör hattına deşarj edilerek arıtımı da burada sağlanmaktadır. Bu da kentin atıksu arıtım tesisine ilave yük getirmektedir. Elazığ Atıksu Arıtım Tesisi birinci kısmı inşa edilmiş olup Elazığ Belediyesi tarafından işletilmektedir. Şehirde artan nüfusa paralel olarak endüstri kuruluşlarının artması atıksuların miktarlarındaki artışı da meydana getirmektedir. Bu nedenle Elazığ Atıksu Arıtım Tesisi'nin ikinci kısmının yapılması düşünülmekte olup projelendirme çalışmaları devam etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, EOSB ve EHÜOSB atıksularının kirletici özellikleri ve fizikokimyasal arıtılabilirliğe uygunluğu belirlenerek ileride yapılması planlanan Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi'nin ikinci kısmı veya organize sanayi bölgelerinin kendi alanlarında yapmayı planlayacakları atıksu arıtma tesisi projelendirmesine yardımcı olmaktır. Çalışmanın kapsamı aşağıda özetlenmiştir.

- EOSB ve EHÜOSB ortak kanallarından 2 saatlik kompozit olarak alınan atıksu örneklerinin karakterizasyonunun, arazide ve laboratuvar da yapılan deneylerle belirlenmesi,
- Her iki organize sanayi bölgesinin atıksularına laboratuvar da jar testi düzeneğiyle fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarının yapılması,
- Yapılan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında atıksulara uygulanan koagülant dozlarına karşılık istenilen parametreler üzerinde giderim verimlerinin elde edilmesi,

- Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasında kullanılan koagülantlara göre optimum dozların belirlenmesi ve optimum koagülant dozları üzerine pH'ın etkisinin incelenmesi,
- Jar testi ile belirlenen optimum dozlara belirli miktarlarda anyonik polielektrolit ilave edilerek hem optimum polielektrolit miktarının belirlenmesi hem de giderim verimlerindeki artış ve azalmaların gözlenmesi,
- Atıksu karakterizasyonu ve fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarının sonuçlarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004), Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları (Tablo 19, küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlemesi yapılamayan diğer sanayiler 2 saatlik sınır değerleri) ve Atıksuların Atıksu Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları (Tablo 25, kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesisleri)'nda verilen sınır değerler ile karşılaştırılması,
- Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında kullanılan koagülantların maliyetlerinin kıyaslanması.

2. ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİ

2.1. Organize Sanayi Bölgelerinin Tanımı ve Tarihçesi

Çok değişik şekillerde tanımlanan organize sanayi bölgeleri genel olarak; “ağır sanayi kompleksleri için değil, fakat uyumlu ve birbirini tamamlayan bir üretim biçiminde olmak üzere, küçük ve orta sanayi ölçek ve boyutundaki üretim birimlerinin, kapsamlı bir plan gereğince sınırları tayin edilmiş bir alanda; yerleşme düzeni, altyapı, gerekli sosyal ve teknik hizmetlerle, gerekli ortak kullanım tesisleriyle beraber organize edilmiş bölgeler” biçiminde tanımlanabilir [4].

Birleşmiş Milletler Teşkilatı tarafından geliştirilmiş olan bir tanıma göre “Organize sanayi bölgeleri; birbirleriyle işbirliği halinde üretim yapan orta ve küçük işletmelerin, planlı bir alanda ve ortak alt yapı hizmetlerinden yararlanacak şekilde standart fabrika binaları içinde toplanmalarıdır” [5].

Genel olarak dünyada OSB uygulamalarına bakıldığında ilk kez, XIX. yüzyılın başlarında Amerika Birleşik Devletleri’nde kendiliğinden ortaya çıkan bir uygulamadır. Burada tekstil imalathaneleri fiziksel yerleşmelerle bir araya toplanmıştır. ABD’de 1885 yılında hazırlanan bir raporda, endüstri bölgelerinin oluşturulmasının sanayinin geliştirilmesi için önemli bir araç olacağı belirtilmektedir. OSB’ler ile ilgili ilk bilinçli uygulama ise; 1896 yılında İngiltere’nin Manchester kenti yakınlarında kurulan “Trafford Park” uygulamasıyla gerçekleştirilmiştir. OSB fikrinin ilk olarak ortaya çıktığı ABD’de ise, ancak 1899 yılında uygulamaya geçilebilmiştir. 1905 ve 1909 yıllarında, özel girişimciler Chicago kentinde “Central Manufacturing” ve “Clearing” ismini verdikleri iki Endüstri Bölgesi kurmuşlardır. Bunlar aynı zamanda, modern anlamda Endüstri Bölgeleri’nin ilk örnekleridir [6].

OSB’lerin ilk uygulamaları özel sektör tarafından kar elde etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ancak İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra organize sanayi bölgeleri bir devlet yatırımı olarak uygulanmaya başlanmış ve az gelişmiş ülkelerde küçük ve orta ölçekli işletmelerin geliştirilmesi amacına hizmet eder bir biçimde düzenlenmiştir [6].

Dünya’daki organize sanayilerinin gelişimine bakıldığında Hindistan deneyimi de önemlidir. Ülkedeki ekonomik gelişim küçük ölçekli işletmelere dayanmaktadır. Bu işletmeler teknolojik eksiklik, sermaye eksikliği, pazarlama yetersizliği ve de en önemlisi

nitelikli iş gücü eksikliği ile başa çıkmak durumunda kalmıştır. Bu işletmelerin genel düzeninin dengelenebilmesi için devlet desteği sağlanmıştır. Verilen bu destek finansal yönden ve uygun sanayi bölgelerinin kurulması şeklinde olmuştur [7].

Ülkemizde Organize Sanayi Bölgesi (OSB), sanayinin gelişmiş bölgelerde olduğu gibi az gelişmiş bölgelerde de yaygınlaştırılarak dağınık ve düzensiz sanayi kuruluşlarının planlı bir yerleşme düzeni içine sokulması şeklinde planlanmıştır. Sanayileşmede ilerlemiş batı ülkelerinde geliştirilen iki amaç hedef alınmıştır. İlk olarak özel sektöre vergi ve gümrük indirimi ve muafiyetleri, düşük faizli ve uzun vadeli krediler, ithalat kolaylıkları, kur garantileri gibi mali teşvikler uygulanırken, diğer taraftan da OSB yoluyla sanayi kuruluşu için planlı ve altyapısı hazır alanlar sağlanması yönünde fiziki teşvik önlemleri uygulanması öngörülmüştür [8].

Ülkemizde sanayileşme, Cumhuriyet'in kurulduğu ilk günlerde önemli bir hedef olarak belirlenmiş ve 1950'li yıllarda neredeyse tamamen devletin önderliğinde gerçekleştirilmiş ve 1960'lı yılların başında merkezi planlamanın başlamasıyla yeni bir rota ile yoluna devam etmiştir. Merkezi planlama sayesinde bu dönemde sanayinin "lokomotif sektör" olduğu saptanmış ve ekonomik dengenin kurulması, ekonomik ve toplumsal kalkınmanın birlikte gerçekleştirilmesi, belli bir hızda büyüme ve sanayileşmeye önem verilmesi gibi uzun vadeli hedefler belirlenmiştir [9]. Belirlenen hedefler doğrultusunda; ülke sanayisinin geliştirilmesi amacıyla uygulamaya konulan pek çok teşvik tedbirlerinden biri olan OSB uygulamalarına, ilk olarak 1962 yılında Bursa OSB'nin kurulmasıyla başlanmıştır. 1970'li yılların sonlarında artan kısa dönem istikrarsızlık ve daha önemlisi had safhaya varan dış kaynak kıtlığı nedeniyle sanayileşme çabaları tıkanmış ve bu uygulama herhangi bir yasal mevzuata dayanmadan 1982 yılına kadar devam etmiştir. Söz konusu mevzuat boşluğunun giderilmesi amacıyla 31 Ocak 1982 tarih ve 17591 sayılı Resmi Gazete'de "Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Fonlar Yönetmeliği" yayımlanarak yürürlüğe sokulmuştur [10, 11].

Bursa OSB, Dünya Bankası'ndan alınan kredi ile kurulmuştur. Yaklaşık olarak yirmi yıllık bir süre zarfında doluluğa erişmesi planlanan Bursa Organize Sanayi Bölgesi'nde alt yapı çalışmalarının tamamlanmasının ardından birkaç yıl içerisinde %70 doluluğa ulaşılmıştır. Bu hareketlilik ülkemizde böyle bir çalışmanın yapılmasının mantıklı olduğu sonucunu doğurmuştur. 1964 yılından itibaren Manisa, Konya, Bartın, Ankara Organize Sanayi Bölgeleri'nin planları yapılmıştır. 1983 yılına kadar yaklaşık yirmi yıllık bir sürede

altı adet bölge (Bursa, Gaziantep, Eskişehir, Konya, Erzurum ve Manisa) tamamlanmıştır. 1988 yılında Bilecik, Bursa İnegöl, Tekirdağ Çerkezköy ve Eskişehir Bölgeleri de eklenmiştir [12].

1980’li yıllardan 2000’li yıllara bakıldığında bu yıllar Türkiye’nin sanayileşme sürecinde iki önemli dönüm noktası oluşturacak olaylara sahne olmuştur. Bunlardan birincisi 1980’lerin başından itibaren Türkiye’nin dışa açık sanayileşme stratejisine yönelmesi, ikincisi de 1990’ların ortalarından itibaren ekonomik entegrasyona yönelik bir sanayileşme stratejisine geçiştir [13]. Bu yıllardan sonra ülkemizdeki sanayileşme hızla artmış ve hemen hemen her ilde o ilin sosyo-ekonomik durumuna bağlı olarak organize sanayi bölgeleri kurulmaya başlanmıştır.

2.2. Organize Sanayi Bölgelerinin Genel Özellikleri

Organize Sanayi Bölgesinin tanımında sanayinin belli bir plan dahilinde yerleştirilmesi ve geliştirilmesi öngörüldüğünden bu bölgelerin makro planlarla uyumlu bir şekilde yerleştirilmesi gerekir. Oysa ülkemizde milli fiziki planlama ve bununla tutarlı bölge planlama uygulamaları için plansız ve programsız OSB yer seçimi, getirdiği mali yükün yanı sıra, düzensizliğin yol açtığı çevre sorunlarının da nedeni olmaktadır. OSB tekliflerinin, sanayinin zaten yoğun olduğu bölgelerde ağırlık kazanması sonucunda, çevre sorunlarının boyutları büyümekte bunların çözümü orta ve uzun vadede ek kaynak tahsisini zorunlu kılmaktadır [5].

Bu sebeplerden dolayı OSB’nin taşınması gereken temel özellikleri şöyle sıralanabilir:

İlk olarak, organize sanayi bölgelerine yerleştirilecek olan sınai işletmelerinin, birbirleriyle işbirliği ve uyumlu ilişki halinde üretim yapmalarıdır. Diğer bir ifadeyle bu kuruluşların birbirinin yan ürünü veya tamamlayıcısı olmaları yahut aynı üretim dalında faaliyette bulunuyor olmalarıdır.

İkinci olarak, organize sanayi bölgelerinde yer alacak sınai kuruluşların “orta ve küçük ölçekli işletmeler” olmalarıdır. Dolayısıyla, ağır sanayi veya büyük ölçekli işletmeler, bu tür alanlarda yer almamalıdır. Çünkü büyük ölçekli sanayi komplekslerinin kuruluşu ve yerleşimi, farklı şekil ve usullerde yapılmaktadır.

Üçüncü unsur, sanayinin planlı bir alanda yerleştirilmesidir. Plansız ve programsız sanayi yerleşiminin sorunları artık bilinmektedir. Ekonomik ve mali yüklerin yanında,

düzensizliğin yol açtığı çevre kirliliği ve diğer sorunlar, planlı sanayileşmenin zarureti ortaya koymaktadır.

Dördüncü unsur olarak, sanayilerin ulaştırma, su, elektrik, kanalizasyon ve sosyal tesisler gibi ortak altyapı hizmetlerinden birlikte yararlanma özelliği göze çarpmaktadır.

Beşinci olarak “sanayilerin, standart fabrika binaları içinde yerleşmiş olmaları” sayılmaktadır [5].

Bir yerin OSB olması için öncelikle alan tespiti yapılmaktadır. Bu alanın sanayi bölgesi olabilmesi için DSİ, Tarım, MTA, Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu başta olmak üzere resmi kurumlardan onay alınmaktadır. Bu aşamadan sonra Sanayi Bakanlığı'na önerilen OSB'nin, Bakanlık tarafından gerekli altyapı hazırlık projeleri tamamlanarak DPT'ye sunulmaktadır. DPT'nin yapacağı inceleme sonunda OSB'nin kurulması uygun görülürse, proje yatırım programına alınarak kamulaştırma, altyapı, yer tahsis çalışmaları bu aşamadan sonra başlanmaktadır [14].

Organize Sanayi Bölgeleri için yer seçimi ile ilgili etüt çalışmalarında fiziksel çevreyle ilgili ele alınması gereken birçok husus vardır. Başlıcaları:

- Yörenin jeolojik durumu,
- Yeraltı suyu, termal ve jeotermal su kaynakları, içme suyu kaynakları,
- Flora ve fauna, bunların yaşam ortamları ve endemik türler ile ilgili bilgiler,
- Mülkiyet durumu,
- Kadastro durumu,
- Çevre düzeni planına göre durumu,
- Arazi kullanma kabiliyetine göre sınıfı,
- Bulunduğu deprem kuşağı, su ihtiyacının nereden sağlanabileceği,
- Bölgedeki enerji tesislerinin karakteristiği ve bu tesislerin mülkiyetinin hangi kuruluşa ait olduğu,
- Atıksu ve yağmur suyu deşarj ortamı,
- Hakim rüzgar yönü itibarıyla, yakınındaki yerleşim merkezlerine, tarım sahalarına ve su kaynaklarına etkisi,
- Çevresinde konut ve yan sanayi yerleşimine uygun alan bulunup bulunmadığı,

- Özel Çevre Koruma Bölgeleri, sit alanları, milli parklar, doğal anıtlar gibi korunması gereken alanlara göre konumu,
- Drenaj durumu,
- Taşkına maruz kalma durumu,
- Katı atık depolama alanlarına göre durumu [15].

OSB'lerin kuruluş amaçları;

- Sanayi kollarındaki çalışma koşullarının iyileştirilerek verimliliğin artırılması,
- Sanayin belirli bir disiplin dâhilinde hareket etmesi, bölgesel karakteristiğe göre gelişimin sağlanması ve kendi aralarında geliştirecekleri ilişkilerle oluşan dışsal ekonomilerden yararlanmaları, genel anlamda verimlilik ve nitelik artışının sağlanması ile girişimcilerin birleşerek güç kazanmaları,
- Bölge içerisindeki sanayi kuruluşlarının üretim esnasında birbirini tamamlayan üretim - Bölge ile irtibatlandırılmış yerleşim yerinin planlı gelişimine katkıda bulunulması,
- Sanayinin az gelişmiş bölgelerde de yaygınlaştırılmasının sağlanması,
- Sağlıklı, ucuz, güvenilir bir altyapı ve ortak sosyal tesisler kurulması,
- Mümkün ise ortak bir arıtma tesisleri ile çevre kirliliğinin önlenmesi, olarak özetlenebilmektedir [7].

Aşağıda organize sanayi bölgelerinin genel görevleri sıralanmıştır;

- Kurulması planlanan sanayi tesisi için uygun bir arazi planlaması yapmak ve gerekiyorsa bu arazileri kamulaştırmak,
- Bu tesis için yönetmeliklere dayanılarak yapının yapılması için ruhsat vermek ve inşaatını uygun yöntemlerle denetlemek ve de yapının kullanılması için izin belgesi vermek,
- Yapı ile beraber işyeri açma ve işletme belgelerini vermek,
- Bölge için en iyi enerji planlaması yaparak ya elektrik üretim tesisleri kurmak ya da satın alarak elektrik dağıtımını uygun yöntemlerle yapmak,
- Mevcut bölgeden doğalgaz hattı geçiyorsa doğal gaz dağıtımını yapmak,
- Proses ve diğer kullanımlar için gereken temiz suyu temin ederek dağıtımını yapmak,

- Her işletmeden oluşan atıksuları kontrol altına almak ve gerekiyorsa noktasal ya da ortak bir atıksu arıtma tesisi kurmak, işletmek ya da kendi denetimi altında ehliyetli bir firmaya işlettirmek,
- Bölgedeki her bir firmadan kaynaklanan katı atıkların kontrolünü sağlamak,
- Bölge içi genel güvenlik hizmetlerini sağlamak, şeklinde özetlenebilmektedir [7].

Organize Sanayi Bölgelerinde Kurulamayacak Tesisler:

OSB'ler faaliyet alanlarına göre kendi içinde Karma OSB, İhtisas OSB ve Tarıma Dayalı OSB olmak üzere üçe ayrılmaktadırlar. Karma OSB'lerde tüm sektörlerden işletmeler bulunurken, ihtisas OSB'lerde sadece belirli bir endüstri kolunda üretim yapan işletmeler yer almaktadır. Deri OSB'leri ve Mermer OSB'leri bu niteliktedir. Tarıma Dayalı OSB'lere Hayvancılık ve Çiçekçilik OSB'leri örnekleri verilebilir [16].

OSB Uygulama Yönetmeliği Madde 101'de; OSB'de kurulamayacak tesisler aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır [16].

1. Karma ve İhtisas OSB'lerde;

- Rafineriler, gazlaştırma ve sıvılaştırma tesisleri,
- Ham petrol rafinerileri,
- Kömür veya bitümlü şistin sıvılaştırıldığı ve gazlaştırıldığı tesisler,
- Sıvılaştırılmış petrol gazı dolum ve depolama tesisleri,
- Çimento fabrikaları, beton santralleri, çimento klingerleri üreten tesisler,
- Nükleer güç santralleri ile diğer nükleer reaktörler,
- Radyoaktif atıkların depolanması, bertarafı ve işlenmesi amacıyla projelendirilen tesisler ve benzeri radyoaktif atık tesisleri,
- Nükleer yakıtların üretilmesi veya zenginleştirilmesi ile ilgili tesisler,
- Endüstriyel nitelikli, sintine ve benzeri atık suların geri kazanım tesisleri,
- Çevre ve Orman Bakanlığının olumlu görüşü doğrultusunda OSB tarafından kurulmasına izin verilen kullanılmış yağın yeniden rafine edilmesi veya başka bir ürüne çevrilerek tekrar kullanımı, metal ve metal olmayan atık ve hurdaların yeniden değerlendirildiği geri dönüşüm tesisleri hariç olmak üzere her türlü atığın; geri kazanımı, ayrıştırılması, yakılması, gazlaştırılması, kimyasal yolla arıtılması, nihai veya ara depolanması veya araziye gömülmesine ilişkin tesisler.

2. Karma OSB’lerde;

- Parlayıcı/patlayıcı maddelerin üretildiği tesisler,
- Petrokimya kompleksleri,
- Üretiminde kapalı proses, gaz veya sıvı yakıt ve toz kaynaklarında filtre sistemlerini kullanan tesisler hariç; tuğla ve kiremit fabrikaları, kömür yıkama, kireç, alçı ve zımpara tesisleri,
- Entegre şeker fabrikaları,
- Klor-alkali tesisleri, gliserin, yağ asitleri, sülfürik asit, fosforik asit, hidroklorik asit, klor ve benzeri kimyasal maddeler üreten yerler, azot sanayi ve bu sanayi ile entegre gübre fabrikaları,
- Zirai mücadele ilaçları için hammadde üretimi yapan tesisler,
- Asbest, asbest içeren ürünlerin işlenmesi veya dönüştürülmesi yapılan tesisler,
- Selüloz ve selüloit üretim yapan tesisler,
- OSB’nin kanal deşarj standardına uygun atık su arıtma tesisi kuran tesisler hariç olmak üzere; kâğıt hamurundan her çeşit kâğıt üretimi yapan tesisler,
- Ham deri işleme, padok ve hayvan kesimi yapılan tesisler,
- Maya ve tuz üretim tesisleri,
- Talk, barit, kalsit, antıman ve benzeri kırma ve öğütme tesisleri.
- OSB, yukarıda belirtilen tesislerin dışında, kurulmasında sakınca gördüğü diğer tesisler için üniversite ve benzeri kuruluşlardan alınacak raporlar çerçevesinde karar verir.

2.3. Organize Sanayi Bölgelerinde Görülen Başlıca Çevre Sorunları

Endüstriyel kuruluşların üretim yöntemleri doğrudan çevre veya çevre sağlığını etkilemektedir. Çevre kirliliğini önleyebilmek için ilk olarak üretim yöntemlerinin tekrar gözden geçirilmesi gerekir. Farklı endüstri dallarına ait fabrikaların yoğun bir şekilde toplandığı bölgenin çevre açısından bir tehdit unsuru olabildiği; OSB’lerde görülen çevre sorunlarının, tekil bir endüstrinin ortaya çıkardığı genel çevre sorunlarından farklı olmadığı, ancak kirliliğin (sıvı, katı, gaz atıklar) miktar ve çeşitliliği yönünden farklılık

gösterdiği söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle OSB'lerin çevre kirliliği açısından ele alınması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Organize Sanayi Bölgeleri'nden kaynaklanan temel çevre problemleri ve bunların kaynakları aşağıda sıralanmıştır.

1. Sıvı Atıklar; proses ve soğutma suları ve evsel nitelikli atıksular (mutfak, banyo, tuvalet),

2. Gaz Atıklar; yakıtlardan ve temel proseslerden kaynaklanan atıklar,

3. Katı Atıklar; proses atıkları, arıtma sonucu oluşan arıtma çamurları ve evsel nitelikli atıksular (yemek artıkları).

4. Gürültü; proseslerden kaynaklanan sesler olmak üzere çevre sorunları genel olarak ele alınabilmektedir [17].

Bu atık formları endüstri faaliyetinin yürütüldüğü çeşitli noktalardaki proseslere göre çevre kirleticisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

OSB'lerde atıksu kirliliği fabrikalarda çalışan personelin kullanımıyla (banyo, tuvalet, mutfak) ortaya çıkan ve fazla miktarda organik madde (C, N, P) içeren evsel atıksular ile fabrikalardaki prosese bağlı olarak (tekstil, gıda, metal vb.) değişik miktar ve özellikteki (ağır metaller, yağ-gres, evsel atıksulara göre yüksek KOİ) endüstriyel atıksulardan oluşmaktadır. Pek çok değişik sektörü barındıran organize sanayi bölgelerinden çıkan atıksular verildikleri dere, nehir vb. gibi alıcı ortamları kısa sürede kirliletmekte ve bu suların geçtiği yerlerdeki tarım alanlarının zarar görmesine neden olmaktadır [18].

OSB atıksuları, genel olarak hammadde işleyip endüstriye ana madde üreten işletmelerce atılır. Her işletme ürettiği madde artıkları ile onların yan ürünü olarak oluşan kirliticilerini atıksuları ile belli bir orana kadar seyrelttikten sonra atarlar. Ancak seyreltme ne kadar fazla olursa olsun atık sularındaki kirleticisi maddeler eğer ayrışmıyor ve etkisiz formlara dönüşmüyorsa, bunların konsantrasyonları kabul edilen limitler dahilinde olsa bile ulaşacakları son noktanın içme suyu kaynağı olarak kullanılacak nehir ve göller olduğunu unutmamak gerekir. Atık maddelerin tek tek çevre üzerindeki etkileri bütün detayları ile bilinmemekte ise de göl ve nehirlerdeki ekolojik dengeyi bozdukları bilinmektedir. Bu dengeyi korumak için alınacak önlemler ne kadar etkili olursa olsun, hiç bir zaman tehlikeli maddelerin tamamen çeşitli su kaynaklarına ulaşması önlenemez [19].

Endüstriyel atıksu oluşum kaynakları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Endüstriyel üretim işlemleri,
- Teçhizat temizleme ve tesis içi zemin temizlik suları,
- Su ile soğutma işleri,
- Sıhhi su kullanımları,
- Hammadde ve ürün depolama (açık) sahası,
- Yağmur drenaj kanalı,
- Hava kirliliği arıtma çalışmaları (ıslak arıtma).

Temel işlem ve proseslerin kullanıldığı endüstriyel üretim işlemleri sırasında, “endüstriyel atıksu” veya “üretim atıksuyu” olarak ifade edilen atıksular oluşmaktadır. Teçhizat temizleme ve tesis içi zemin temizlik suları, hammadde ve ürünlerin kısmen bulaşık olduğu tank, reaktör ve zeminin su, sıcak su veya kostikli su ile yıkanması sonucunda oluşmaktadır. Bu atıksular, üretim atıksularına göre endüstri karakteristiğini yansıtan biçimde daha düşük konsantrasyonda kirleticileri içerir [20].

3. ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kuziemska [21], termik santrallerden katı atık olarak çıkan uçucu külü atıksuların arıtılmasında çöktürücü olarak denemiştir. Uçucu kül su ile ekstrakte edildiğinde ekstrat yüksek miktarda hidroksit, kalsiyum, magnezyum ve alüminyum iyonları içermektedir. Kuziemska, atıksulardan fosfat (PO_4^{3-}) arıtımı için uçucu külü su ile ekstrakte ederek kullanmış ve %75'lik fosfat çökmesi sağlandığı gözlenmiştir.

Özgen ve Sürücü [22] kanalizasyon sularının fizikokimyasal yöntemlerle arıtılmasında sodyum alüminatı (NaAlO_2) denemişler ve sonuçlar $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ için $\text{Al}=7$ mg/L ve NaAlO_2 için $\text{Al}=30$ mg/L'de yumaklaşmanın daha verimli hale geldiğini göstermiştir. NaAlO_2 'ın alüm'a göre daha az etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Şengül [23] tekstil sanayi atıksularında organik madde ve renk giderme konusunda çalışmıştır. Çöktürücü olarak demir (II) sülfat, alüminyum sülfat ve uçucu kül kullanılmıştır. Renk giderme için aktif karbon ve sodyum hidrosülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) de denenmiştir. 2 g/L alüminyum sülfat için %85 KOİ giderme ve %35 renk giderme verimi elde edilmiştir. 6 g/L uçucu kül ile %75 KOİ giderme ve %36 renk giderme verimi elde edilmiştir. 1 g/L demir (II) sülfat ile %78 KOİ giderme ve %38 renk giderme verimi elde edilmiştir. Uçucu külün tekstil sanayi atıksularında renk gidermede demir (II) sülfat ve alüminyum sülfat kadar verimli sonuç verdiği bulunmuştur. Aktif karbonla yapılan çalışmada ise 4 g/L aktif karbon için %55 KOİ giderme ve %82-94 renk giderme verimi elde edilmiştir. Renk giderme amacıyla kullanılan sodyum hidrosülfidin 1g/L'si için %55 KOİ giderme ve %77 renk giderme verimi, 0,5 g/L'si içinse %50 KOİ giderme ve %73 renk giderme verimi elde edilmiştir.

Gürbüz [24] yaptığı çalışmada, evsel ve endüstriyel atıksuların çeşitli çöktürücüler kullanarak fizikokimyasal arıtılabilirliklerini araştırmıştır. Evsel atıksu örneklerini Eskişehir Yıldıztepe Subay Lojmanları kanalizasyon sisteminden, endüstriyel atıksu örneklerini ise Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ve Eskişehir Lokomotif Motor Sanayi atıksularının Porsuk Çayı'na karıştığı noktadan almıştır. Arıtımın temelinde permanganat yüzdelilerindeki azalmalar temel alınmıştır. Çöktürücü olarak; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, kireç, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{kireç}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{kireç}$, lületaşı tozu ve uçucu kül denemiştir. Yaptığı deney sonuçlarında, her üç atıksu için

permanganattaki en yüksek yüzde verimleri sağlayan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ çöktürücüsü olmuştur. Bu çöktürücünün her üç atıksu arıtımında kullanılmasının en uygun olacağını belirtmiştir.

Ünlü ve Uslu [25] Elazığ Et Balık Kurumu atıksularının BOI_5 , KOI , pH, AKM, azot ve fosfor gibi kirlilik parametrelerini kompozit örneklerle göre belirleyip, alıcı ortam deşarj standartları ile karşılaştırmışlar ve kirliliği kaynağında azaltmak için alınması gereken tedbirleri sunmuşlardır. Ayrıca atıksuların çökeltme karakteristiklerini belirleyip uygun ön tasfiye önerilerini sunmuşlardır.

Ünlü vd. [26] Elazığ Organize Sanayi Bölgesi atıksularının karakterizasyon çalışmasında atıksu örneklerini 24 saatlik kompozit olarak alıp AKM, BOI_5 , KOI , yağ ve gres, toplam kjeldahl azotu, toplam fosfor, pH, çözünmüş oksijen ve Pb, Cr, Cd, Fe gibi birkaç ağır metal kirleticisini Standart Metotlara göre tayin etmişlerdir. Çalışmada, evsel ve endüstriyel atıksu kaynağı olabilecek işletmeleri tek tek yerinde incelemişlerdir. Hiçbir işletmenin önemli derecede spesifik ve kuvvetli endüstri atıksu üretmediğini gözlemleyerek işletme atıksuları ayrı ayrı incelenmemiş olup ortak kanaldan numuneler alınmıştır. Analizler sonucunda, Elazığ OSB'nin atıksularının orta kuvvette evsel atıksu niteliğinde olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda OSB'nin atıksularının kentin atıksu arıtım tesisinde arıtımı yeterli bulunmuştur.

Günşen ve Anar [27] yapmış oldukları çalışmada, Bursa OSB'nin atıksularını Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Alıcı Ortam Deşarj Standartları'ndaki kirlilik parametrelerine (BOI_5 , KOI , AKM, yağ-gres, amonyak azotu, toplam fosfor, toplam sülfür, toplam fenolik maddeler ve deterjan miktarı) göre analiz edip miktarlarını tespit etmişler. Sanayi kuruluşlarından Nilüfer Çayı ve kollarına toplam $41.413,87 \text{ m}^3/\text{gün}$ atıksu deşarjı ile birlikte toplam 254.504 mg/L , $49.878,51 \text{ kg/gün}$ BOI_5 , 616.585 mg/L , $73.237,32 \text{ kg/gün}$ KOI , 76.844 mg/L , $4.819,74 \text{ kg/gün}$ AKM, $92.435,9 \text{ mg/L}$, $3.667,81 \text{ kg/gün}$ yağ-gres, 6.109 mg/L , $1.337,95 \text{ kg/gün}$ amonyak azotu, $100,3 \text{ mg/L}$, $1,49 \text{ kg/gün}$ toplam fosfor, $11.484,64 \text{ mg/L}$, $2.826,94 \text{ kg/gün}$ toplam sülfür, $195,15 \text{ mg/L}$, $136,36 \text{ kg/gün}$ toplam fenolik maddeler ve 47 mg/L , $0,71 \text{ kg/gün}$ deterjan girdisi olduğu tespit edilmiştir. Bu girdilere göre mevcut bulunan 2 adet anaerobik atıksu arıtma sistemlerinin tek başlarına yeterli olmayacağı kanısına varılmış ve anaerobik arıtma sistemini tamamlayan bir aktif çamur sisteminin yapılmasını önermişlerdir.

Özcan [28] yaptığı çalışmada mezbaha endüstrisi atıksularında magnezyum amonyum fosfat çöktürmesi ile azot giderimini araştırmış ve ham atıksuya uygulanmasında, çıkış amonyak konsantrasyonu 22-45 mg/L, fosfor konsantrasyonu ise 25-42 mg/L arasında değişmiş ve %40 civarında KOİ giderimi elde edilmiştir.

Üstün vd. [29] yapmış oldukları çalışmada, Bursa OSB atıksularının kirlilik profilini belirlemişler ve fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapmışlardır. Öncelikle OSB'deki mevcut debi ultrasonik debimetreye ölçülmüş ve ortalama günlük debi 31.104 m³/gün olarak hesaplanmıştır. OSB'nin endüstri kategorizasyonunun %68'ini tekstil endüstrisinin oluşturduğuna dikkat çekilmiştir. Yapılan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında, alüm (Al₂(SO₄)₃.18H₂O) ile yapılan çalışmalarda 100-650 mg/L aralığındaki alüm dozları denenmiş, KOİ, AKM ve bulanıklık giderim verimlerinin sırasıyla %28-%52, %63-%92 ve %46-%81 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Demir (III) klorür (FeCl₃.6H₂O) ile yapılan deneysel çalışmalarda, 900-1500 mg/L aralığındaki FeCl₃ dozları denenmiş, dozun artmasıyla atıksuyun renginin değiştiği ve bulanıklığın çok arttığı gözlenmiş olup KOİ, AKM ve bulanıklık giderim verimleri sırasıyla %51-%57, %85-%93 ve %78-%85 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Demir (III) sülfat (Fe₂(SO₄)₃.H₂O) kullanılarak yapılan fizikokimyasal arıtılabilirlik deneylerinde 500-1500 mg/L doz aralığında çalışılmış, 750 mg/L Fe₂(SO₄)₃ dozundan sonra pH değerinin çok düştüğü (pH<6,5) görülmüş bu nedenle daha yüksek dozlar göz önüne alınmamıştır. KOİ, AKM ve bulanıklık giderim verimlerinin sırasıyla %19-%40, %76-%92 ve %73-%93 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bursa OSB'de tekstil endüstrisinin önemli bir paya sahip olduğu ve bu işletmelerin dispers boyama ağırlıklı çalıştıkları, dispers boyar maddelerin de biyolojik arıtımla giderilemedikleri ve bölgedeki metal endüstrisi atıksularından kaynaklanan ağır metal kirleticileri için kimyasal arıtımın gerekli olduğu fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarıyla ortaya koymuşlardır.

Semerjian vd. [30] yaptıkları çalışmada kimyasal arıtma yöntemlerinden olan koagülasyon-flokülasyon metodunun, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıksuların arıtımında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada konuyla ilgili yapılan diğer çalışmalar incelenerek, son yıllarda potansiyel koagülantlardan olan magnezyum iyonunun arıtma stratejilerine uygulanabilirliğini ve farklı atıksulardaki performansını tartışmışlardır. Magnezyum koagülasyonunun avantajları ve dezavantajları ve ilgili prosese etkileri diğer koagülantların yanı sıra bu çalışmada incelenmiştir.

Üstün vd. [31] yapmış oldukları çalışmada, Bursa Organize Sanayi Bölgesi'ne bir atıksu arıtma sistemi projelendirmeyi amaçlayarak OSB'nin atıksularının kirletici parametre analizlerini yapmışlar ve atıksuyun fizikokimyasal arıtılabilirliğini çalışmışlardır. Bursa OSB'nde ortalama günlük debi 40.000 m³/gün, atıksudaki başlıca kirlilik parametrelerinin ortalama değerleri KOİ 800 mg/L, BOİ 350 mg/L, AKM 300 mg/L olarak tespit edilmiştir. Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında ise KOİ giderim verimi %40-60 civarında elde edilmiştir. OSB ortak kanalından alınan atıksu üzerinde FeCl₃.6H₂O, Al₂(SO₄)₃.18H₂O ve Fe₂(SO₄)₃.H₂O kullanılarak gerçekleştirilen kimyasal ön arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda Al₂(SO₄)₃.18H₂O ve anyonik polielektrolit kullanılmasına karar verilmiştir.

Eker vd. [32] çalışmalarında, Sivas OSB atıksularının karakterizasyonunu araştırabilmek için sektörel bazda araştırma yapmışlardır. Araştırmaları sonucunda da atıksuyun büyük bir bölümünün evsel nitelikli atıksulardan oluştuğu belirlenmiştir. Ağır metallerin değerlerinin ise deşarj standartlarının altında olduğu belirlenmiştir. Kireç ilaveli alümün 250 mg/L'lik dozunda pH 7'de %89 KOİ ve %68 AKM giderim verimlerini optimum olarak bulmuşlardır.

Satyanarayan vd. [33] yapmış oldukları çalışmada, mezbaha atıksuyu üzerinde kireç, alüm, demir (II) sülfat ve anyonik polielektrolit bireysel ve kombinasyon halinde kullanarak fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları denemişlerdir. Denenen koagülantlar arasında en iyi çamur çöktürücü kireç olmuştur. 400 mg/L kireç dozunda AKM, BOİ₅ ve KOİ giderim verimleri sırasıyla %41,9, %38,9 ve %36,1 olarak bulunmuştur. En iyi sonuçlar kireç+demir (II) sülfat kombinasyonu ile elde edilmiş olup doz miktarları 400 mg/L+100 mg/L'dir. KOİ giderim verimi kirecin 400 mg/L dozlanması ile %56,8'e çıkmıştır. Çalışmada en iyi kombinasyonlar, kireç+demir (II) sülfat 400 mg/L+100 mg/L ile demir (II) sülfat+anyonik polielektrolit 100 mg/L+0,1 mg/L doz miktarlarının kullanımıyla elde edilmiştir. Kireç+alüm kombinasyonunda ise çamur hacminde artış gözlenmiştir.

Şanlı [34] çalışmasında, deri sanayilerine ait olan merkezi atıksu arıtma tesisinin ön çöktürme atık suyunda farklı kimyasal koagülant maddeler kullanarak kimyasal koagülasyon ile arıtılabilirlik çalışmalarının yanında, ön çöktürme ve son çöktürme havuz çıkış atıksularının elektrokimyasal metodlardan biri olan elektrokoagülasyon ile arıtılabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla kimyasal koagülasyon deneylerinde Al₂(SO₄)₃.18H₂O, AlCl₃.6H₂O, Fe₂(SO₄)₃.7H₂O ve FeCl₃.6H₂O tuzları koagülant olarak

kullanılmıştır. Arıtım verimi üzerine koagülant dozu ve pH etkisi incelenmiştir. Atıksuyun kendi pH değerinde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu deneylerde demir içeren koagülant maddeler kullanıldığında daha etkili bir biçimde verimlerin arttığı gözlenmiştir.

Yonar [35] çalışmasında, Bursa’da bulunan değişik endüstrilerden alınan atıksuların standart metotlara göre karakterizasyonlarını yapmış, evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliklerinin araştırılması için aktif çamurla respirometrik toksisite deneylerine tabi tutulmuştur. Deneysel çalışmalarda tekstil, gıda, otomotiv, deri, OSB ve süt endüstrisi (PAS) olmak üzere altı farklı sektörden toplanan atıksular kullanılmıştır. Deneyler TS 10868 EN ISO 8192/ Şubat 1999 standart metodu referans alınarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan aktif çamur ise evsel atıksu arıtan bir arıtma tesisinin havalandırma tankından alınmıştır. İlk olarak ham atıksularla respirometrik toksisite deneyleri yürütülmüştür. Bu deneyler standarta göre 30 dakikalık ve 180 dakikalık testler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda aktif çamur üzerinde toksisite oluşturduğu düşünülen atıksulara fizikokimyasal arıtma uygulandıktan sonra aynı deneyler tekrarlanmıştır. Yapılan deneylerde tekstil, otomotiv, deri, OSB ve PAS’ın ham halleriyle yapılan respirometrik toksisite deneyler sonucunda bu atıksuların aktif çamur mikroorganizmaları üzerinde toksik etki yarattığı kanısına varılmıştır. Gıda endüstrisi atıksularının ham haliyle yapılan deneylerdeyse bu atıksuyun evsel atıksularla direkt olarak arıtılabileceği belirlenmiştir. Tekstil, deri, otomotiv, OSB ve PAS’a kimyasal arıtma uygulandıktan sonra deneyler tekrarlanmıştır. Sonuçta tekstil, otomotiv ve OSB atıksularının kimyasal arıtma uygulandıktan sonra evsel atıksularla arıtılabileceği kanısına varılmıştır. Ancak deri ve PAS atıksularına kimyasal arıtma uygulandıktan sonra bile aktif çamur üzerindeki toksik etkilerinin devam ettiği tespit edilmiştir. Bu atıksuların kimyasal arıtma uygulandıktan sonra ancak belirli seyrelme oranları sağlandıktan sonra evsel atıksularla arıtılabileceği kanaatine varılmıştır.

Amuda vd. [36] yaptıkları çalışmada mezbaa atıksularının koagülasyon-flokülasyon yöntemi ile arıtımını incelemişlerdir. Arıtma performansları KOİ, AKM ve toplam fosfor parametreleri üzerinden izlenmiştir. Koagülant olarak alüm, demir (III) klorür ve demir sülfat kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda koagülant olarak kullanılan alüm, toplam fosfor ve askıda katı madde gideriminde daha etkili olurken, demir sülfat KOİ gideriminde en etkili sonucu vermiştir. Alüm 750 mg/L dozda %45 toplam fosfor giderimi sağlamıştır.

Üstün ve Solmaz [37] Bursa ilinde bulunan bir OSB'den kaynaklanan atıksuların mevcut atıksu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra tarımsal amaçlı sulama suyu olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bunun için kimyasal çöktürme ve iyon değiştirme yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin 1. sınıf tarımsal amaçlı sulama suyu kalitesine ulaştığını ve tekrar kullanılabilirliğin mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Akyatan [38] çalışmasında, Türkiye'de ve Dünya'daki OSB atıksu arıtma tesislerinde sıkça kullanılan kimyasal arıtma yöntemlerinden biri olan koagülasyon ve flokülasyon yönteminde kullanılan klasik koagülantların arıtma verimleri ve magnezyum klorürün koagülant olarak kullanıldığında ortaya çıkan sonuçları araştırmıştır. Adana Organize Sanayi Bölgesi (AOSB) ve Mersin Tarsus Organize Sanayi Bölgesi (MOSB)'nin atıksu arıtma tesislerinin giriş suyundan alınan numunelerin karakterizasyonu ve arıtılabilirlik çalışmalarında alümin, demir (III) klorür ve magnezyum klorür gibi koagülantların optimum dozları ve arıtma performansları değerlendirilmiştir. Magnezyum klorürün etkili bir koagülant olması durumunda, uygulanan koagülasyon ve flokülasyon işlemleri sonucunda oluşan çamurdan magnezyumun tekrar kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kullanılan koagülantların da kinetik çalışmaları yapılmıştır. $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ koagülant olarak kullanılması durumunda atık çamur miktarında, metal hidroksit içermeyen atık çamur oluşumu, koagülantın tekrar kullanılabilirliği avantaj olarak ortaya çıkmaktadır. KOİ giderimlerinde adsorpsiyon işleminin fonksiyonunu belirlemek için her bir koagülant dozu ile giderilen KOİ miktarları esas alınarak elde edilen veriler sonucunda; AOSB ait iki atıksu numunesi ile üç koagülant kullanılarak yapılan arıtılabilirlik çalışmasından elde edilen veriler dört farklı adsorbsiyon denge izoterminin hiç birine uymamıştır. MOSB atıksuyu ile yapılan arıtılabilirlik çalışmasından elde edilen sonuçlara göre demir (III) klorür ile KOİ gideriminin Langmuir'in dört farklı lineer formuna da uyduğu belirlenmiştir. Alümin ve demir (III) klorür ile renk giderimi ise Freundlich adsorbsiyon izoterminine uymaktadır. Magnezyum klorür ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının adsorbsiyon izotermine uymadığı belirlenmiştir.

Özyonar ve Karagözoğlu [39] mezbahe endüstrisi atıksularının ön arıtımında kimyasal koagülasyon ve flokülasyon prosesi ile arıtılabilirliğini çalışmışlardır. Sivas'ta bulunan bir mezbahane endüstrisinin atıksularını numune olarak alarak ve $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ koagülantlarını kullanmışlardır.

Koagülasyon deneylerinde başlangıç pH'nın ve koagülant madde dozunun; KOİ, yağ-gres ve bulanıklık giderme verimi üzerine etkisini araştırmışlar. En yüksek KOİ giderim verimi %37,4 ile $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ koagülantıyla sağlanmış ve bu koagülant maddenin kullanılmasıyla yağ-gres ve bulanıklık giderme verimleri sırasıyla %89,9 ve %75,6 olarak bulunmuştur.



4. ELAZIĞ ORGANİZE SANAYİ VE HAYVAN ÜRÜNLERİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNİN MEVCUT DURUMU

4.1. Yerleşim ve Coğrafi Konumları

Elazığ coğrafi konumu itibariyle, Doğu Anadolu Bölgesi'ni batıya bağlayan yolların kavşak noktasında bulunmaktadır. İli, doğudan Bingöl, kuzeyden Keban Baraj Gölü aracılığıyla Tunceli, batı ve güneybatıdan Karakaya Baraj Gölü vasıtasıyla Malatya, güneyden ise Diyarbakır illerinin arazileri çevrelemektedir. Elazığ ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin kavşak noktası konumundadır. Elazığ Türkiye'nin dört bir yanına ana kollarıyla bağlı olup, ayrıca demiryolu (özellikle demiryolunun EOSB'nin alanı içerisinde geçmesi) ve havayolu ulaşımına da sahiptir. Bu jeopolitik konum Elazığ Organize Sanayi Bölgeleri'nin önemini bir kat daha artırmaktadır.

Son zamanlarda işler hale gelen Tahran-Şam, Tahran-Haydarpaşa trenleri de Elazığ'dan geçmektedir. Özellikle EOSB içerisinde kurulumu yapılan konteynır yükleme ve boşaltma istasyonu EOSB'yi bölgede en önemli OSB'lerden biri haline getirmiştir.

EOSB ve EHÜOSB, Elazığ il merkezi sınırları içerisinde ve ilin doğusunda Yazıkonak Beldesi hudutlarında yer almaktadır. EOSB şehre 13 km uzaklıkta revize alanlarıyla birlikte 604,73 hektar alan üzerine kurulmuş ve 5 bölgeden oluşmaktadır. EHÜOSB ise şehre 10 km mesafede ve kullanım alanlarıyla birlikte 185.000 m² alan üzerine kurulmuştur [40].

EOSB'nin metropolitan fiziki planlamada yer seçiminde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

- Demiryolu karayolu alt yapı değerlerini taşıması,
- Çevresinde hazine arazisinin çokluğu sebebiyle, ucuz arsa değerinin mevcudiyeti,
- Kekliktepe şalt sahasına olan yakınlığı,
- DSİ hidrolik etütlerince yeraltı su seviye zenginliği,
- İmar İskan Bakanlığı 26.10.1969 tarihli zemin etüdü ve zeminin kaya olması,
- Şehir merkezine olan uzaklığının fazla olmaması,
- Havaalanına yakınlığı,

- Doğu Anadolu ulaşım bağlantılarında bulunması,
- Şehre bir sanayi aksı oluşturmaları.

4.2. İklim ve Bitki Örtüleri

Elazığ ve çevresinde karasal iklim hüküm sürmektedir. Bölge, karasal iklimin yanı sıra yer yer Akdeniz İklimi özelliklerini de taşımaktadır. Bu iklim değişikliği Keban Barajı kurulduktan sonra meydana gelmiştir. Elazığ iklimi, Akdeniz ve karasal iklim arasında bir geçiş özelliği de göstermektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve sert geçer. Elazığ İli'ne ait meteorolojik verilere göre yıllık sıcaklıklar -15°C ile $+42^{\circ}\text{C}$ arasında seyreder. Elazığ İli'nin yıllık ortalama sıcaklığı $12,4^{\circ}\text{C}$ 'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 534 mm'dir. En yağışlı ay Nisan Ayı, en az yağışlı ay ise Ağustos Ayı'dır [41].

İl topraklarının %25'i orman ve fundalık, %25'i ekili ve dikili arazi ve %42'si çayır ve meradır. Ekime müsait olmayan arazi %8'dir. Vadiler ve akarsuların etrafları bitki örtüsü bakımından zengindir [42].

EOSB ve EHÜOSB, Elazığ İli sınırları içerisinde kaldıkları için bu iklim koşulları ve bitki örtüsü özellikleri OSB'lerin bulundukları alanlar için de geçerli olmaktadır.

4.3. Nüfus ve Sanayi Gelişmeleri

EOSB için büro çalışması mahiyetinde olan 1960'lı yılların sonundaki faaliyetler ancak, 1972 yılında bir ön proje hazırlık safhasına gelmiştir. Türkiye Odalar Birliği'nce 28-30 Haziran 1972'de mahallinde yapılan incelemelerle çalışmalar fiilen başlamıştır. 3. beş yıllık kalkınma planında (1973-1977) yer alan OSB kurulma çabaları o yılların siyasi ve sosyal çalkantıları nedeniyle bir anlamda rafa kaldırılmış ancak, 5. beş yıllık kalkınma planı (1985-1989) döneminde Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın sorumluluğunda Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) müsteşarlığınca 1985 yılı yatırım programına alınmıştır. 26.06.1974 tarih ve 7/8505 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı'na istinaden 22.05.1984 tarihinde müteşebbis teşekkül oluşturulmuş, OSB çalışmaları bu tarihten sonra hız kazanmıştır. EOSB alt yapı tesislerinin temeli 22 Şubat 1987 tarihinde atılmıştır. EOSB revize alanlarıyla birlikte 604,73 hektardır. Sosyal tesisler, cami, kamu tesis alanı ve hizmet parseli ile toplam 211 parsel bulunmaktadır.

I. bölgedeki çalışmalara 1986 yılında arazi alımı ile başlanmıştır. OSB'nin alt yapı temeli atılan ilk kısmı bugünkü OSB'nin yer aldığı alan olup, rezerv ve inkişaf alanları

hariç 110 hektardır. III. bölge ile II. ve I. Bölge arasında demiryolu bulunmaktadır. I. bölge 110 hektar olup alt yapı ve üst yapı tesisleri tamamlanmıştır. 5.000 m² ile 100.000 m² arasında değişen 58 parseli bulunmaktadır. Parsellerden beşi sosyal tesis, cami, benzinlik ve Devlet Malzeme Ofisi'ne ayrılmıştır. Bu parsellerde 49 firma faaliyetlerine devam etmekte, 4 parselde ise inşaat faaliyetleri devam etmektedir.

II. bölge çalışmalarına 1990 yılında başlanılmıştır. Toplam alanı 108,12 hektardır. AG-OG (Alçak ve Orta Gerilim) ve alt yapı inşaat işlemleri 1997 yılında ihale edilmiş enerji nakil hattı 2002 yılında bitirilmiştir. İşletme sayısı 42, inşaatı devam eden işletme sayısı 3, proje aşamasındaki işletme sayısı ise 4'tür.

III. bölge İmar planı çalışmaları 2006 yılında sonuçlandırılmış ve 38 sanayi parselinin tahsisi yapılmıştır. Bu parsellerden 22 firma faaliyetlerine devam ederken, 6 parsel inşaat ve 8 parsel ise proje safhasındadır.

IV. ve V. Bölgelerde ise parselleme ve gerekli diğer tüm çalışmalar devam etmektedir.

EOSB çalışan nüfusu yaklaşık olarak 4928 kişidir.

1997 yılında yapımına başlanan EHÜOSB 5.000 m² ile 14.000 m² arasında değişen 10 parselden oluşan bir bölgedir. Kullanım alanı yaklaşık 185.000 m² olan bölgede sosyal tesisler, arıtma tesisi, ticari alan ve 7 sanayi parseli vardır. Ülkemizdeki konusu ile ilgili ilk ihtisas OSB olması açısından ayrı bir öneme sahip olan bölgenin iştirakçileri Elazığ Belediyesi, Ticaret ve Sanayi Odası ile İl Özel İdare Müdürlüğü'dür. Bölgenin altyapı işleri tamamlanmış olup AG-OG, altyapı proje hizmetleri ve atıksu arıtma proje çalışmalarının da kısa süre içerisinde bitirilmesi planlanmaktadır. Bölgede iki sanayi tesisi üretime başlamış olup, ayrıca Elazığ Ticaret Borsası'nın canlı hayvan padokları ile işletme binası bulunmaktadır. Yaklaşık çalışan sayısı 115 kişidir.

4.4. Su Temini ve Kanalizasyon Sistemleri

Elazığ Merkez İlçe, içme ve kullanma suyu ihtiyacı Mollakendi, Bahçekapı, Doğankuş, Güntaş, Kesikköprü, Sürsürü ve Ataşehir'de 64 adet çalışan vaziyette bulunan derin kuyulardan sağlanmaktadır. Her derin kuyunun debisi 50 L/sn civarında değişmektedir. İçme ve kullanma suyu şebekesinden Elazığ Belediyesi dışında herhangi bir belediye faydalanmamaktadır. İçme ve kullanma suyu şebekesi ile Elazığ merkez

nüfusunun tamamı faydalanmaktadır. Hamsuyu Hamzabey Barajı'ndan temin edilecek olan Elazığ İçme Suyu Arıtım Tesisi inşaat aşamasındadır.

EOSB ve EHÜOSB içme ve kullanma amaçlı suyunun temini Elazığ İli şebekesinden ve bazı işletmelerin kendi alanlarında açtıkları kuyulardan sağlanmaktadır. EOSB içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarını karşılamak üzere 3 adet sondaj kuyusu EOSB'nin farklı bölgelerinde açılarak gerekli tesisatları da birbiriyle irtibatlandırılmıştır.

EOSB'nin mevcut kanalizasyon şebekesi ayırık sistemdir. Evsel ve endüstriyel atıksular, kapalı kanal vasıtasıyla ortak bir kanalla birleşip Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi'ne verilmektedir. Bölgenin yağmur suları zaman zaman Yazıkonak Beldesi'nin yerleşim yerlerini ciddi anlamda tehdit ederek taşkınlara sebebiyet verdiğinden bölge ile ana yol arasına bir kısmı açık bir kısmı kapalı olmak üzere 2 km uzunluğunda kuşaklama kanalı yapılmıştır.

EHÜOSB'deki işletmelerin atıksuları bir kısmı açık bir kısmı kapalı şekilde ortak kanal vasıtasıyla Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi'ne verilmektedir. Bölgenin kanalizasyon sistemi birleşik sistemdir.

4.5. İşletmelerin Yıllık Kullandıkları Su ve Ürettikleri Atıksu Miktarları

EOSB yıllık içme ve kullanma suyu debisi yaklaşık $140.390 \text{ m}^3/\text{yıl}$, yıllık atıksu üretimi yaklaşık olarak $69.789 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır. Bunun yanında bazı işletmeler kuyu suyu kullanmakta olup bunların debilerinin verileri elde edilememiştir. EHÜOSB'nin ise yıllık içme ve kullanma suyu debisi yaklaşık $105.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$, yıllık atıksu üretimi de yaklaşık olarak $75.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır.

4.6. Mevcut Atıksu Arıtma Tesisleri ve Atıksuların Deşarj Noktası

Organize sanayi bölgeleri ve münferit sanayilerin atıksu arıtma tesisi mevcut olmayıp, Elazığ Belediyesi'nin Atıksu Arıtma Tesisi'ne bağlıdır. EHÜOSB'de ise faaliyette bulunan iki işletme ön arıtma yaparak atıksularını yine Elazığ Belediyesi'nin Atıksu Arıtma Tesisi'ne bağlı kollektör hattına vermektedir.

EOSB'de faaliyette bulunan mermer üretim tesislerinin kendilerine ait atıksu arıtma tesisleri mevcut olup burada oluşan atıksu geri dönüşümle tekrar kullanılmaktadır. Bu arıtma tesislerinde fizikokimyasal arıtım yapılmakta ve bunun sonucu olarak atık çamur oluşmaktadır. Oluşan bu atık çamurun uygun bir şekilde nihai bertarafı yapılmamaktadır.

Diğer sektörlerden kaynaklanan atıksular ise genelde evsel nitelikli atıksular olup, EOSB'deki tüm kanalizasyon şebekesi Elazığ Belediyesi'nin Atıksu Arıtma Tesisi ana kollektör hattına bağlı bulunmaktadır [43].

EHÜOSB'de biri entegre, diğeri birinci sınıf mezbaha olmak üzere iki tesis ile borsanın hayvan pazarı bulunmaktadır. Entegre et tesisi günlük 400 büyükbaş 2500 küçükbaş hayvan kesimi kapasitesine sahiptir. Mezbaha ise günlük 300 büyükbaş, 700 küçükbaş hayvan kesimi kapasitesine sahiptir. Borsanın canlı hayvan pazarı bölgede 500 büyükbaş, 2500 küçükbaş hayvanın barınabileceği kapalı ve yarı açık hayvan padoklarına sahiptir. Her iki işletmenin atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu arıtma tesisleri, klasik aktif çamur sistem tarzında olup; ızgara, ön çökeltme, havalandırma havuzu ve son çökeltme ünitelerinden oluşmaktadır. Çamur arıtma kademeleri ise bulunmamaktadır [43].

Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu Kehli Deresi vasıtasıyla 3-4 km uzaklıktaki Keban Baraj Gölü'nün Uluova bölgesine verilmektedir. Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi'nde Mollakendi Belediyesi, Yazıkonak Belediyesi, Akçakiraz Belediyesi ve Yurtbaşı Belediyesi'ne ait atıksularda arıtılmaktadır.

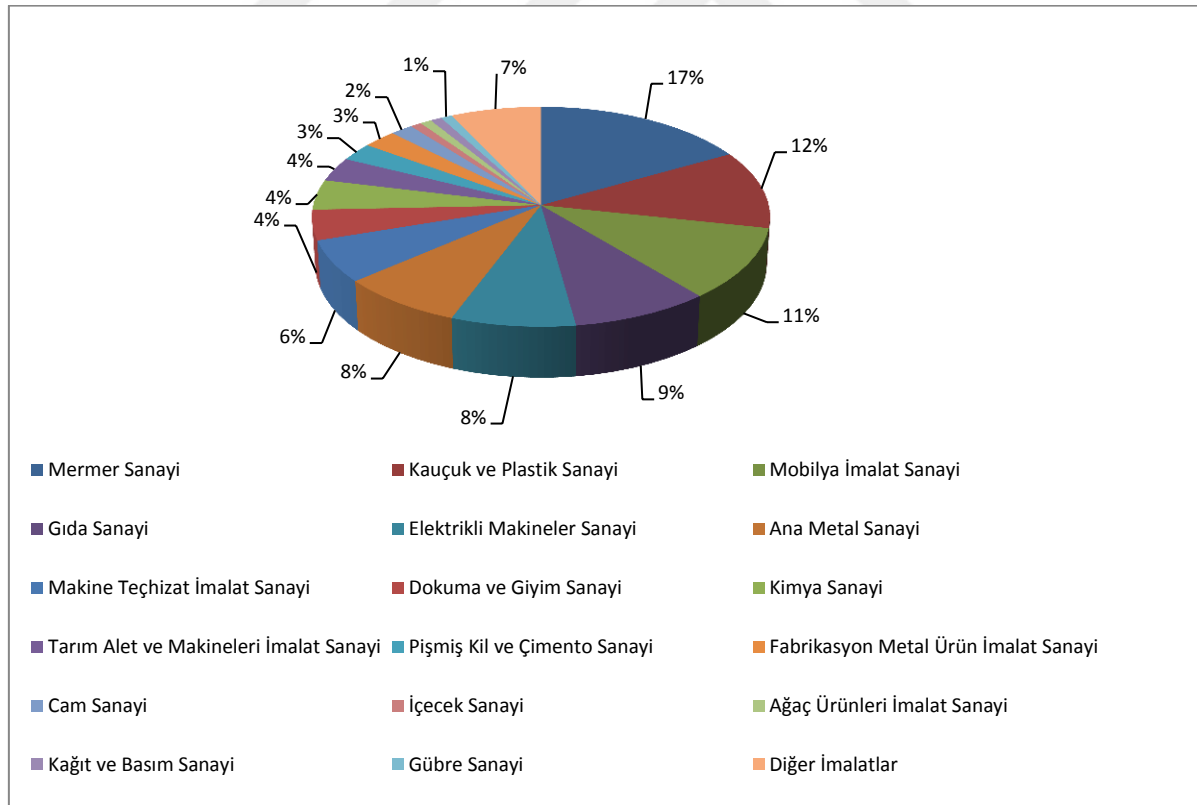
Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi'nin yüzölçümü kapalı alan: 750 m², toplam: 94.000 m², mevcut tesis kapasitesi: 69.984 m³/gün, yaklaşık arıtılan atıksu debisi: 55.000 m³/gün, $Q_{ort} = 2.291,66 \text{ m}^3/\text{saat}$, $Q_{min} = 1.527,77 \text{ m}^3/\text{saat}$, $Q_{max} = 2.800,00 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'tir.

4.7. Endüstri Kategorizasyonları

Elazığ Organize Sanayi Bölgesi'nde 113 firma faaliyette, 12 firma inşaat safhasında, 13 firma proje safhasında toplam 138 adet parselde işletmeler yerlerini almaktadır. EOSB'de üretimde bulunan işletmelerin sektörel dağılımı Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1. EOSB’de üretimde bulunan işletmelerin sektörel dağılımı

İşletme Türü	İşletme Sayısı	%
Mermer Sanayi	19	16,8
Kauçuk ve Plastik Sanayi	13	11,5
Mobilya İmalat Sanayi	12	10,6
Gıda Sanayi	10	8,5
Elektrikli Makineler Sanayi	9	8,0
Ana Metal Sanayi	9	8,0
Makine Teçhizat İmalat Sanayi	7	6,3
Dokuma ve Giyim Sanayi	5	4,4
Kimya Sanayi	5	4,4
Tarım Alet ve Makineleri İmalat Sanayi	4	3,6
Pişmiş Kil ve Çimento Sanayi	3	2,7
Fabrikasyon Metal Ürün İmalat Sanayi	3	2,7
Cam Sanayi	2	1,8
İçecek Sanayi	1	0,9
Ağaç Ürünleri İmalat Sanayi	1	0,9
Kağıt ve Basım Sanayi	1	0,9
Gübre Sanayi	1	0,9
Diğer İmalatlar	8	7,1



Şekil 4.1. EOSB’de üretimde bulunan işletmelerin %’lik sektörel dağılımı

Elazığ Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi’nde ise 3 firma faaliyette, 4 firma proje safhasındadır.

5. MATERYAL ve METOT

5.1. Çalışmada Kullanılan Atıksular

Çalışmada kullanılan atıksu örnekleri, ayrı ayrı EOSB ve EHÜOSB'nin Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi ana kollektör hattına bağlı bulunan kanallarından 2 saatlik kompozit olarak alınmıştır.

Çalışma yıllık olup aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Yılın mevsimlerindeki aylarda elde edilen değerlerin birbirine yakınlığından dolayı çalışma sonuçları, aylık çalışmaların ortalamaları alınıp mevsimsel olarak değerlendirilmiş ve sunulmuştur. Deneysel çalışmalar 18.04.2016-19.05.2017 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

EOSB'nin ortak kanalında toplanan atıksu debisi yıllık yaklaşık 69.789 m³/yıl, günlük ise yaklaşık 191,20 m³/gün'dür. EOSB atıksuları Tablo 4.1'de verilen tüm sektörlerin atıksularını içermektedir. Bu atıksular ortak kanalda toplanarak Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi ana kollektör hattına deşarj edilmektedir.

EHÜOSB ortak kanalında toplanan atıksular, 2 ayrı işletmede kesimin yapıldığı bölgelerden gelen, içeriğini proteinlerin ve lipidlerin oluşturduğu kırmızı sular, ağıl temizlemeden gelen ve lavabolardan gelen atıksulardan oluşmaktadır. Bu atıksular ortak kanalda toplanarak Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi ana kollektör hattına deşarj edilmektedir. EHÜOSB ortak kanalında toplanan atıksuyun debisi yıllık yaklaşık 75.000 m³/yıl, günlük ise 205,48 m³/gün'dür.

5.2. Deneysel Çalışmalar

5.2.1. Atıksu Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler

EOSB ve EHÜOSB ortak kanallarından alınan atıksu örneklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri incelenmiştir. Fiziksel olarak sıcaklık ve iletkenlik, kimyasal olarak ÇO, pH, BOİ₅, KOİ, AKM, TN, toplam fosfat, toplam Cr, Cu, Pb, Zn, Cd ve Fe gibi ağır metal analizleri, biyolojik olarak ise toplam koliform ve fekal koliform analizleri yapılmıştır.

EOSB ve EHÜOSB atıksularının numune alımlarında, BOİ₅, toplam koliform ve fekal koliform kirletici parametrelerin analizi için 500 ml hacimli kahverengi cam şişeler kullanılmıştır.

EOSB atıksuyunun toplam Cr, Cu, Pb, Zn, Cd ve Fe gibi ağır metal analizleri için numune alımında, 100 ml'lik kahverengi cam şişe kullanılmıştır. Alınan atıksu numunesinin ağır metal analizleri aynı günde yapılamadığı için numune alındıktan hemen sonra nitrik asit (HNO₃) ile asitlendirilip +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Bir sonraki günde analizleri yapılmıştır.

EHÜOSB sektörel bazda yapılan incelemelerde, ağır metal tuz ve bileşiklerinin hiçbir sektörde kullanılmadığı ve bu nedenle atıksuya karışma ihtimalinin olmadığı belirlenerek EHÜOSB atıksu numunelerinin ağır metal analizleri yapılmamıştır.

EOSB ve EHÜOSB atıksularının numune alımında, diğer tüm analizler için 5 L'lik temiz plastik bidonlar kullanılmıştır. Her iki ayrı noktadan laboratuvara getirilen plastik bidonlardaki numunelerin analize başlamadan önce homojen dağılımları sağlanmıştır.

Atıksuların özelliklerini belirleme çalışmasında, pH, ÇO, sıcaklık ve iletkenlik arazide, BOİ₅, KOİ, AKM, TN, toplam fosfat, toplam Cr, Cu, Pb, Zn, Cd ve Fe gibi ağır metal analizleri, toplam koliform ve fekal koliform kirletici parametrelerine laboratuvar ortamında bakılmıştır. Bu kirletici parametrelerin analizleri Standart Metotlara göre yapılmıştır [44]. ÇO ve sıcaklık YSI Pro 20 marka ÇO metre, pH YSI Pro 1030 ve Orion 420A marka pH metrelerle, iletkenlik JENWAY marka T.D.S. metre ve BOİ₅ ise Lovibond ET 612 marka cihaz ile ölçülmüştür. AKM analizleri vakum fitrasyon düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. KOİ Açık Reflux Yöntem'e göre yapılmıştır. TN ve toplam fosfat analizlerinde test kitleri kullanılmıştır. Ağır metal analizleri Atomik Absorbsiyon Spektrometrik Yöntem'e ve koliform bakterilerin tespiti Çoklu Tüp Yöntemi'ne göre yapılmıştır.

Atıksuların karakterizasyonlarının belirlenmesinde analiz edilen kirletici parametreler, kullanılan cihazlar ve markaları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Atıksu kategorizasyonunun belirlenmesinde analiz edilen kirletici parametreler, kullanılan cihazlar ve markaları

Kirletici Parametre	Kullanılan Cihaz	Marka ve Modeli
pH	pH Metre	YSI, Pro 1030, (Arazide)
		Orion, 420A, (Laboratuvarı)
İletkenlik	T.D.S. Metre	YSI, Pro 1030, (Arazide)
		JENWAY, (Laboratuvarı)
Çözünmüş Oksijen (ÇO), Sıcaklık	ÇO Metre	YSI, Pro 20, (Arazide)
BOİ ₅	BOİ Cihazı	Lovibond, ET 612
KOİ	KOİ Düzeneği (Isıtıcı, Geri Soğutucu Düzeneği)	ŞİMŞEK, HXP, (Isıtıcı), 24/40 Şilifli Boyunlu ve 300mm Liebig, West Ceketli, (Geri Soğutucu Düzeneği)
AKM	Vakum Filtrasyon Düzeneği (Vakum Süzme Seti, Vakum Pompası)	ISOLAB, (Vakum Süzme Seti), ROCKER, 300, (Vakum Pompası)
TN, Toplam Fosfat	Fotometre (Spectroquant)	MERCK, NOVA 60
	Termoreaktör	VELP SCIENTIFICA, Eco 16
Cr, Cu, Pb, Zn, Cd, Fe ağır metal analizleri	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS)	Perkin Elmer, AAnalyst 800
Toplam koliform, Fekal koliform	Otoklav	Prior Clave, MIDAS 55
	Etüv	WTC Binder, 7200

5.2.2. Fizikokimyasal Arıtılabilirlik Çalışmalarında Yapılan Deneyler

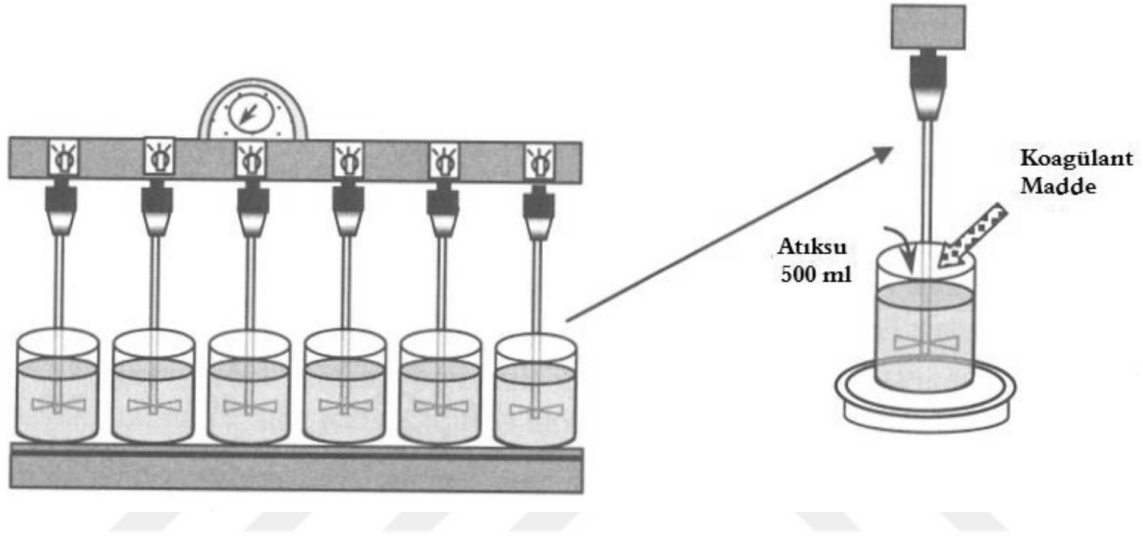
5.2.2.1. Jar Testi

EOSB ve EHÜOSB ortak kanallarından 2 saatlik kompozit olarak alınan atıksu örneklerine uygulanan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları (WiseStir marka, JT-M6 model) jar testi düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Jar testi düzeneği, 6'lı olduğundan tüm koagülantlar için aynı günde jar testi yapılamamış ve atıksu örnekleri + 4°C'de muhafaza edilmiştir. Muhafaza edilen atıksu örneklerinin jar testi denemelerine başlamadan önce oda sıcaklığına (25 °C) gelmesi beklenmiştir.

Koagülant olarak demir (III) klorür ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ve alüm ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagülant yardımcısı olarak da anyonik polielektrolit (MNG35A ürün adlı) kullanılmıştır.

6 adet 1'er litrelik beher ve pedallı karıştırıcı ile gerçekleştirilen jar testi denemelerinde 500 ml atıksu örnekleri kullanılmıştır. Tüm çalışma süresince yapılan her jar testi denemesi; atıksu örneklerine koagülant ilavesinden sonra EOSB atıksu numuneleri, 100 rpm'de 2 dakika hızlı, 30 rpm'de 20 dakika yavaş karıştırılarak, 1 saat

çökelmeye, EHÜOSB atıksu numuneleri, 100 rpm’de 2 dakika hızlı, 30 rpm’de 20 dakika yavaş karıştırılarak, 30 dakika çökelmeye bırakılarak yapılmıştır. Jar testinde karıştırma hızları ve çökme süreleri, literatür araştırılması ve ön denemeler yapılarak seçilmiştir. EHÜOSB atıksu numuneleri jar testinde koagülant ilave edilerek hızlı ve yavaş karıştırma yapıp çökelmeye bırakıldığı zaman 35-45 dakika sonra çökelen çamurun kabardığı gözlenmiştir. Bu nedenle çökme süresi 30 dakika olarak seçilmiştir. Şekil 5.1’de deneysel çalışmaların yapıldığı jar testi düzeneği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Deneysel çalışmaların yapıldığı jar testi düzeneğinin şematik gösterimi

Gerçekleştirilen jar testi denemelerinde çökme süresinden sonra beherler içerisindeki atıksu duru fazlarından alınan numuneler üzerinde optimum dozların uygunluğu, seçilen spesifik parametrelere (KOİ, AKM ve TN) göre belirlenmiştir. Öncelikle jar testinde demir (III) klorür ve alüm koagülantları kullanılarak optimum dozlar belirlenmiştir. Atıksu örneklerinin kendi pH’larının arıtmaya uygun olması ön denemelerle belirlenerek başlangıçta optimum pH denemelerinin yapılmasına gerek duyulmamıştır. Daha sonra optimum koagülant dozları üzerine pH etkisini incelemek için pH denemeleri yapılmıştır. Bir sonraki denemelerde ise daha öncesinde belirlenen optimum koagülant dozları ile birlikte koagülant yardımcısı olan anyonik polielektrolit, artan dozlarda flokülasyon yani yavaş karıştırma esnasında eklenmiş ve optimum koagülant dozlarında optimum anyonik polielektrolit dozları belirlenmiştir.

pH denemelerinde, optimum koagülant dozları ve optimum anyonik polielektrolit dozlarının belirlenmesinde seçilen spesifik parametrelerin (KOİ, AKM ve TN) giderim verimlerindeki artışlar hesaplanmış ve elde edilen en iyi giderim %’lerine göre EOSB ve

EHÜOSB atıksularına fizikokimyasal arıtım için uygulanması gerekli görülen optimum dozlar belirlenmiştir.

5.2.2.2. Optimum Koagülant Dozlarının ve Optimum Koagülantlar Üzerine pH'ın Etkisinin Belirlenmesi

Optimum koagülant dozları belirlenirken demir (III) klorür ve alüm için, 20 g/L'lik hazırlanan 2 ayrı stok çözelti kullanılmıştır. Jar testi denemelerinde beherlere artan konsantrasyonlarda koagülantlar ilave edilmiştir. Ön denemelerden sonra seçilen EOSB atıksu örnekleri için, 50, 100, 200, 300 ve 400 mg/L konsantrasyonlarda demir (III) klorür dozları, 100, 200, 400, 600 ve 800 mg/L konsantrasyonlarda alüm dozları, EHÜOSB atıksu örnekleri için ise 100, 200, 400, 600 ve 800 mg/L konsantrasyonlarda demir (III) klorür ve alüm dozları denenmiştir. KOİ, AKM ve TN parametrelerinin giderim verimlerindeki artışlar dikkate alınarak optimum koagülant dozları belirlenmiştir.

Optimum koagülant dozları üzerine pH'ın etkisi incelenirken, atıksu örneklerinde 4,5, 5,5, 6,5, 7,5, 8,5 ve 9,5 pH değerleri çalışılmıştır. Koagülant eklendikten sonra atıksu örneklerinin pH ayarları hazırlanan 1N HCl ve 1N NaOH çözeltileriyle yapılmıştır. KOİ, AKM ve TN parametrelerinin giderim verimlerindeki artışlar dikkate alınarak optimum koagülantlar üzerinde pH'ların etkileri belirlenmiştir.

Optimum anyonik polielektrolit dozları belirlenirken beherlere atıksu örnekleri konulup daha önceden belirlenmiş olan optimum koagülant dozları ilave edilmiş ve yavaş karıştırma esnasında, EOSB atıksu örnekleri için 1, 5, 10, 20 ve 40 mg/L, EHÜOSB atıksu örnekleri için 1, 5, 10, 20, 40, 80 ve 100 mg/L konsantrasyonlarda anyonik polielektrolit dozları eklenmiştir. Yine KOİ, AKM ve TN giderim verimlerindeki artışlara göre uygulanması gerekli görülen optimum anyonik polielektrolit dozları belirlenmiştir.

Seçilen spesifik parametrelerin (KOİ, AKM ve TN) analizleri Standart Metotlara göre yapılmıştır [44]. Şekil 5.2 ve 5.3'te EOSB ve EHÜOSB atıksu örneklerine uygulanan jar testi düzeneğinin fotoğrafları gösterilmiştir.



Şekil 5.2. EOSB atıksu örneklerine jar testinin uygulanması



Şekil 5.3. EHÜOSB atıksu örneklerine jar testinin uygulanması

6. BULGULAR ve TARTIŞMA

6.1. Deneyisel Çalışmalarda Kullanılan Atıksuların Özellikleri

Çalışmada kullanılan atıksu numuneleri, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2004) alıcı ortam deşarj standartları (Tablo 19) ve kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu alt yapı tesisleri deşarj standartlarında (Tablo 25) belirtilen parametreler ve deşarj edilebilir konsantrasyonları açısından değerlendirilmesinin yapılabilmesi için analiz edilerek sonuçlar Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’de verilmiştir. Yılın mevsimlerindeki aylarda elde edilen değerlerin birbirine yakınlığından dolayı çalışma sonuçları, aylık çalışmaların ortalamaları alınıp mevsimsel olarak değerlendirilmiş ve sunulmuştur.

Tablo 6.1. EOSB atıksuyunun özellikleri

Parametre	Aylık Periyotlarda Ortalaması Alınan Mevsimsel Değerler				SKKY Tablo 19 (*)	SKKY Tablo 25 (**)
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış		
BOİ ₅ , mg/L	200	293	250	440	100	-
KOİ, mg/L	695	723	700	680	400	4000
AKM, mg/L	300	267	325	420	200	500
Toplam N, mg/L	11,90	12,93	15,50	16,60	-	-
Toplam Fosfat (PO ₄ ⁻³), mg/L	9,70	8,17	8,50	7,20	-	-
Bakır (Cu), mg/L	0,044	0,032	0,047	0,358	3	2
Çinko(Zn), mg/L	0,205	0,054	0,065	1,431	5	10
Demir (Fe), mg/L	0,699	0,442	0,470	0,634	10	-
Toplam Krom (Cr), mg/L	TSA	TSA	TSA	TSA	2	5
Kurşun(Pb), mg/L	TSA	TSA	TSA	TSA	2	3
Kadmiyum (Cd), mg/L	TSA	TSA	TSA	TSA	0,1	2
pH	8,93	8,97	8,66	8,65	6-9	6,5-10
Sıcaklık, °C	18,6	23,3	20,4	12,5	-	40
Çözünmüş Oksijen (ÇO), mg/L	3,15	1,70	2,50	3,20	-	-
İletkenlik, µS/cm	683,50	591,67	657,00	762,00	-	-
Toplam koliform, EMS/100 ml	130×10 ⁵	170×10 ⁵	240×10 ⁵	130×10 ⁵	-	-
Fekal koliform, EMS/100 ml	80×10 ⁵	130×10 ⁵	150×10 ⁵	50×10 ⁵	-	-

TSA: Tespit Sınırların Altında

(*) SKKY Tablo 19: Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler 2 Saatlik Sınır Değerleri

(**)SKKY Tablo 25: Atıksuların Atıksu Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtma ile Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde Sınır Değerler

Tablo 6.2. EHÜOSB atıksuyunun özellikleri

Parametre	Aylık Periyotlarda Ortalaması Alınan Mevsimsel Değerler				SKKY Tablo 19 (*)	SKKY Tablo 25 (**)
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış		
BOİ ₅ , mg/L	1300	743	750	900	100	-
KOİ, mg/L	2290	2343	1280	2480	400	4000
AKM, mg/L	650	580	440	635	200	500
Toplam N, mg/L	10,75	27,23	32,00	14,3	-	-
Toplam Fosfat (PO ₄ ⁻³), mg/L	27,35	34,47	39,15	26,2	-	-
pH	8,56	8,77	8,97	8,84	6-9	6,5-10
Sıcaklık, °C	17,8	23,1	18,8	12,8	-	40
Çözünmüş Oksijen (ÇO), mg/L	3,00	2,10	2,80	4,10	-	-
İletkenlik, µS/cm	1648,00	1692,67	1866,00	1686,00	-	-
Toplam koliform, EMS/100 ml	170×10 ⁵	220×10 ⁵	500×10 ⁵	220×10 ⁵	-	-
Fekal koliform, EMS/100 ml	80×10 ⁵	130×10 ⁵	300×10 ⁵	140×10 ⁵	-	-

TSA: Tespit Sınırların Altında

(*) SKKY Tablo 19: Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları Küçük ve Büyük Organize Sanayi Bölgeleri ve Sektör Belirlemesi Yapılamayan Diğer Sanayiler 2 saatlik sınır değerleri

(**)SKKY Tablo 25: Atıksuların Atıksu Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtma ile Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde Sınır Değerler

Tablo 6.1 ve 6.2’de özellikleri görülen EOSB ve EHÜOSB atıksuları, BOİ₅, KOİ ve AKM analizlerinin sonuçlarına göre kuvvetli evsel atıksu niteliğindedir. Bu atıksular TN, toplam koliform ve fekal koliform analizlerinin sonuçlarına göre ise zayıf evsel atıksu niteliğindedirler. Gürtekin ve Ünlü [43] yaptıkları çalışmada, EOSB atıksularının orta kuvvette evsel atıksu niteliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre geçen zaman zarfında EOSB atıksuyunun kuvvetli evsel atıksu niteliğine ulaştığı görülmüştür. EHÜOSB atıksuyunda kalite parametreleri bakımından geçen süre zarfında farklılık gözlenmemiştir.

SKKY Tablo 25’e göre EOSB atıksuyunun deşarj kriterlerini aşmadığı bunun yanında EHÜOSB atıksuyunun AKM kirletici parametresi bakımından deşarj kriterlerinin üzerinde bir değere sahip olduğu görülmektedir. İki organize sanayi bölgesi atıksularının özellikleri SKKY Tablo 19’a göre değerlendirilecek olursa KOİ, BOİ₅ ve AKM kirletici parametreleri bakımından deşarj kriterlerine uymadığı görülmektedir. SKKY Tablo 19’a göre her iki sanayi bölgesinin atıksularının arıtılması gerekliliği ortaya koyulmuş ve fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

Endüstriyel atıksuların aktif çamur sisteminde arıtılmasında BOİ₅ /KOİ oranı önemlidir. Genel olarak endüstriyel atıksularının BOİ₅ /KOİ oranı 0,50 veya üstü olan atıksuların aktif çamur sistemiyle arıtılması uygun olmaktadır. EOSB ve EHÜOSB atıksularının özelliklerini belirleme çalışması sonucunda bu oran sırasıyla 0,42 ve 0,44

olarak bulunmuştur. Buda atıksulardaki biyolojik olarak çözünmeyen organik madde miktarının fazlalığını göstermektedir. Bu nedenle biyolojik arıtmadan önce fizikokimyasal arıtım bir alternatif olarak düşünülebilir.

6.2. EOSB ve EHÜOSB Ortak Kanallarından Alınan Atıksulara Uygulanan Fizikokimyasal Arıtlabilirlik Çalışmalarının Sonuçları

Fizikokimyasal arıtım, atıksu içerisindeki çözünmüş ve askıda katı maddelerin, kimyasal madde (alüm, kireç, demir (III) klorür, demir (III) sülfat, vs.) ilavesi ile fiziksel özelliklerin değişimi ve çöktürülerek uzaklaştırılmasıdır. Bu arıtım üç kademeyle gerçekleşmektedir; koagülasyon, flokülasyon ve çöktürme. Koagülasyon kademesinde atıksuya çeşitli kimyasal koagülantlar ilave edildikten sonra hızlı karıştırma ile kimyasallar atıksu içinde homojen şekilde dağılmaktadır. Flokülasyon kademesinde yavaş karıştırma ile koagülasyon sırasında oluşan tanelerin birbirleriyle temas ederek daha büyük, dolayısı ile daha kolay çökebilir kümeler halinde birleşmesi sağlanmaktadır. Çöktürme kademesinde ise karıştırma durdurularak kümeler halinde birleşen taneler sakin şartlarda çökme yolu ile atıksudan ayrılmaktadır. Ayrıca kullanılması istenen koagülant yardımcısı varsa flokülasyon kademesinde eklenmektedir. Polielektrolitler fizikokimyasal arıtmada yumaklaştırmayı kolaylaştırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan koagülant yardımcısıdır [45].

Çalışmada, iki ayrı organize sanayi bölgesinden alınan atıksu numuneleri iki farklı koagülant ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ile jar testine tabi tutulmuştur. Optimum koagülant dozları üzerinde pH'ın etkisi belirlenmiştir. Daha sonra atıksu numunelerine koagülant maddelerle sağlanan giderim verimlerini arttırıcı ve çökelme özelliklerini iyileştirici koagülant yardımcısı olan anyonik polielektrolit de uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar, her numune ve seçilen spesifik parametreler için jar testinde kullanılan koagülantlara ve koagülant yardımcısına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bir yıllık çalışma süresinde deney sonuçları, aylık periyotlarda elde edilen sonuçların ortalamalarının alınması ile mevsimsel olarak sunulmuştur.

6.2.1. Optimum Koagülant Dozlarının Belirlenmesi

Demir (III) klorür ve alüm koagülantları atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılırlar. Demir tuzları atıksuyun doğal alkalinitesi ile reaksiyona girerek hidroksit çözeltisi oluşturmakta bu da askıda ve kolloidal maddelerin koagülasyonunu sağlamaktadır. Alüm

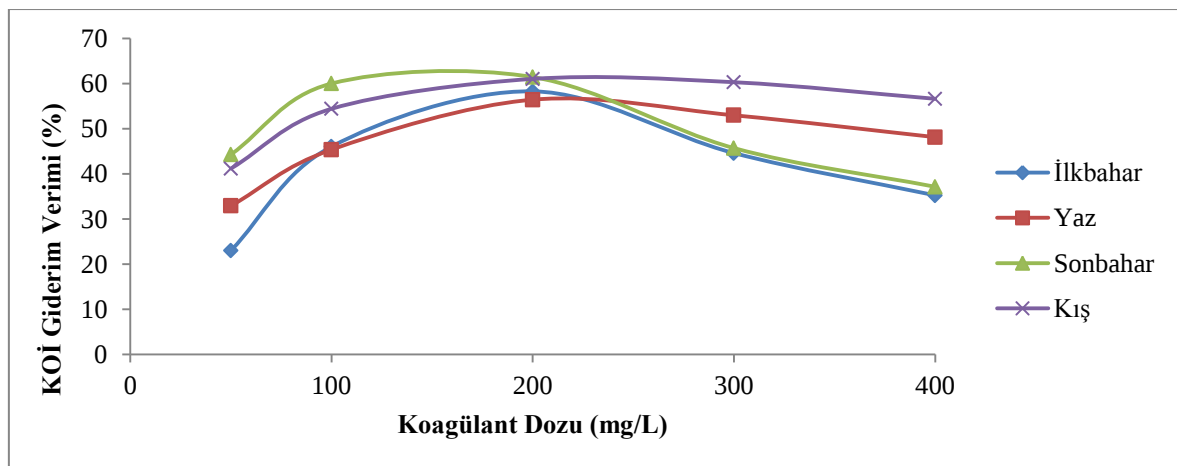
atıksuya ilave edildiğinde jelatinimsi yapıda atıksuda çözünmeyen alüminyum hidroksit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) oluşturur. Çözünmeyen alüminyum hidroksit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) atıksu içerisindeki askıda maddeleri de alıp toplayarak yavaşça çökerir.

EOSB atıksu numunelerinin kendi doğal pH'larında uygulanan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasında, atıksuların optimum koagülant dozlarını belirlemede 50, 100, 200, 300 ve 400 mg/L demir (III) klorür, 100, 200, 400, 600 ve 800 mg/L alüm dozları denenmiştir. Sonuçlar, seçilen spesifik parametre değerlerinin (KOİ, AKM ve TN) ve bunların giderim verimlerinin hesaplanması ile mevsimsel olarak sunulmuştur.

EOSB atıksu numunelerine demir (III) klorür kullanılarak gerçekleştirilen jar testi sonucunda elde edilen KOİ değerleri ve KOİ giderim verimleri Tablo 6.3 ve Şekil 6.1'de, AKM değerleri ve AKM giderim verimleri Tablo 6.4 ve Şekil 6.2'de, TN değerleri ve TN giderim verimleri Tablo 6.5 ve Şekil 6.3'te gösterilmiştir.

Tablo 6.3. EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	KOİ (mg/L)				KOİ Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	695	723	700	680	-	-	-	-
50	535	485	390	400	23,0	32,9	44,3	41,2
100	375	395	280	310	46,0	45,4	60,0	54,4
200	290	315	270	265	58,3	56,4	61,4	61,0
300	385	340	380	270	44,6	53,0	45,7	60,3
400	450	375	440	295	35,3	48,1	37,1	56,6

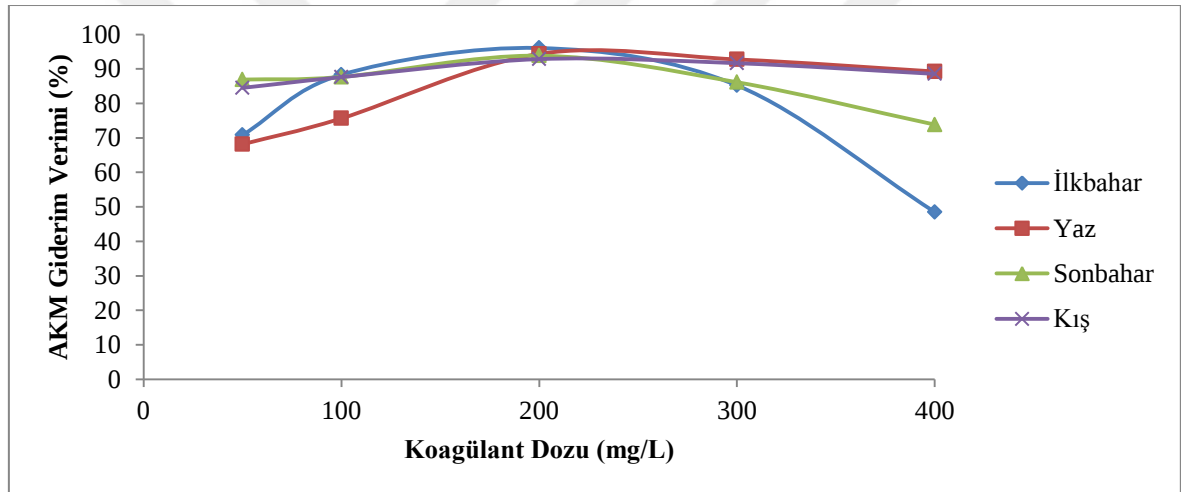


Şekil 6.1. EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile KOİ giderimi

Tablo 6.3 ve Şekil 6.1’de görülen mevsimsel değerlere göre en yüksek KOİ giderim verimi %61,4 olup 200 mg/L demir (III) klorür koagülant dozunun uygulanmasıyla elde edilmiştir.

Tablo 6.4. EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	AKM (mg/L)				AKM Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	300	267	325	420	-	-	-	-
50	87,5	85,0	42,5	65,0	70,8	68,2	86,9	84,5
100	35,0	65,0	40,0	52,0	88,3	75,7	87,7	87,6
200	11,8	15,0	20,0	30,0	96,1	94,4	93,9	92,9
300	44,4	19,3	45,0	35,0	85,2	92,8	86,2	91,7
400	154,5	28,7	85,0	48,0	48,5	89,3	73,9	88,6

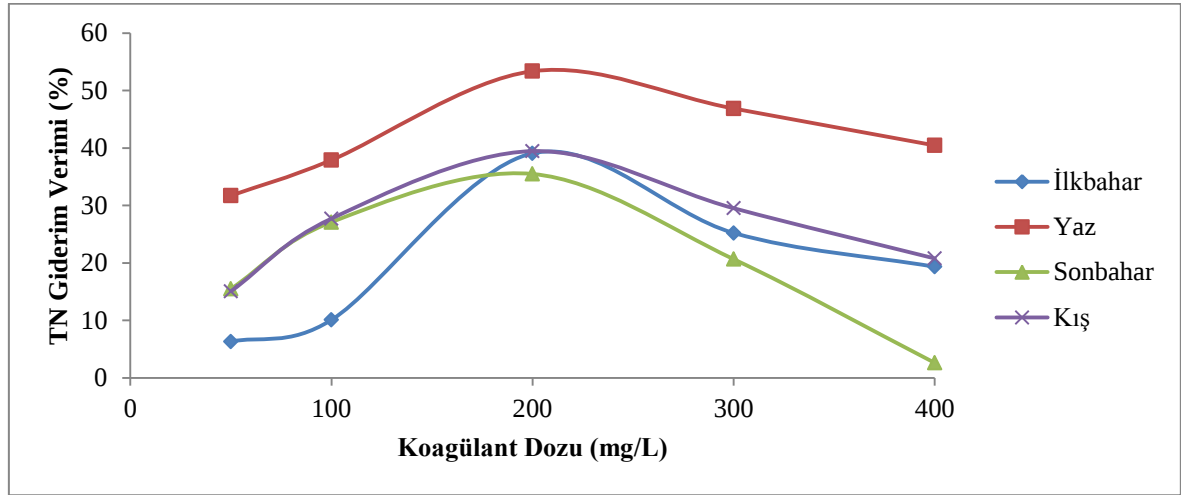


Şekil 6.2. EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile AKM giderimi

En yüksek AKM giderim verimi ve en yüksek TN giderim verimleri sırasıyla %96,1, %53,4 olup yine 200 mg/L demir (III) klorür koagülant dozunun uygulanmasıyla elde edilmiştir. Veriler Tablo 6.4, Tablo 6.5, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’te gösterilmiştir. Şekil 6.2’de görüldüğü üzere AKM açısından bütün mevsimlerde optimum koagülant dozu ile yaklaşık aynı verimler elde edilmektedir.

Tablo 6.5. EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	TN (mg/L)				TN Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	11,90	12,93	15,50	16,60	-	-	-	-
50	11,15	8,83	13,10	14,10	6,3	31,7	15,5	15,1
100	10,70	8,03	11,30	12,00	10,1	37,9	27,1	27,7
200	7,25	6,03	10,00	10,05	39,1	53,4	35,5	39,5
300	8,90	6,87	12,30	11,70	25,2	46,9	20,7	29,5
400	9,60	7,70	15,10	13,15	19,3	40,5	2,6	20,8



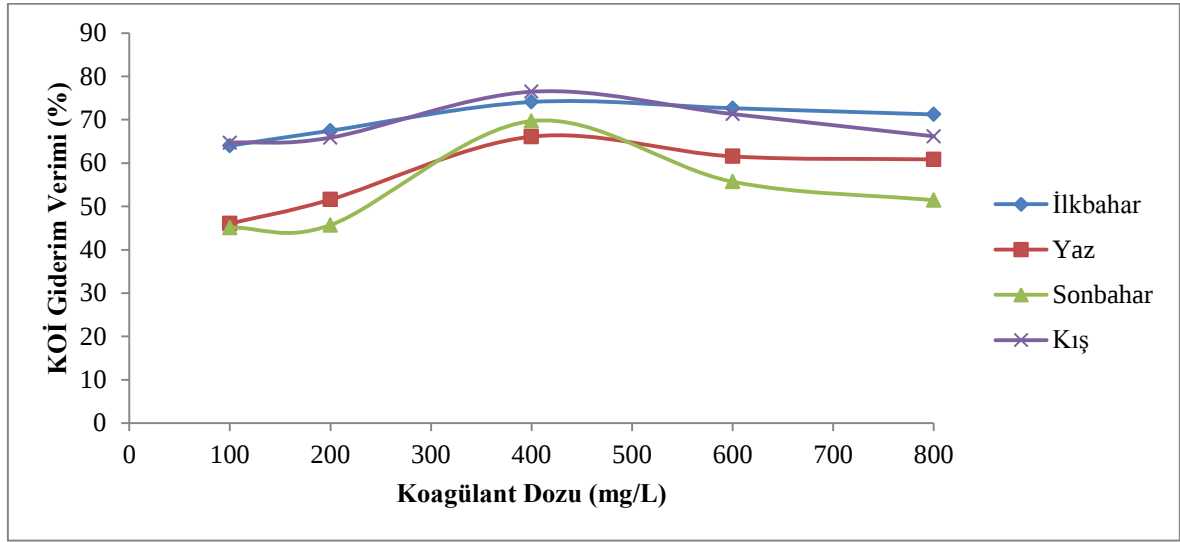
Şekil 6.3. EOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile TN giderimi

EOSB atıksu numunelerine uygulanan demir (III) klorür koagülantı tüm mevsimlerde elde edilen en yüksek KOİ, AKM ve TN giderim verimlerine göre 200 mg/L'lik dozda kararlılık göstermiştir. Şekil 6.3'te TN giderimi bütün dozlarda yaz mevsiminde belirgin olarak daha yüksek olup optimum doz yine 200mg/L'dir. EOSB atıksu numunelerinin jar testi denemeleri sonucunda demir (III) klorür koagülantı için optimum doz 200 mg/L olarak belirlenmiştir.

Alüm kullanılarak gerçekleştirilen jar testi sonucunda elde edilen KOİ değerleri ve KOİ giderim verimleri Tablo 6.6 ve Şekil 6.4'de, AKM değerleri ve AKM giderim verimleri Tablo 6.7 ve Şekil 6.5'de, TN değerleri ve TN giderim verimleri Tablo 6.8 ve Şekil 6.6'da gösterilmiştir.

Tablo 6.6. EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri

Alüm Dozu (mg/L)	KOİ (mg/L)				KOİ Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	695	723	700	680	-	-	-	-
100	250	390	384	240	64,0	46,1	45,1	64,7
200	226	350	380	232	67,5	51,6	45,7	65,9
400	180	245	212	160	74,1	66,1	69,7	76,5
600	190	278	310	195	72,7	61,6	55,7	71,3
800	200	283	340	230	71,2	60,9	51,4	66,2

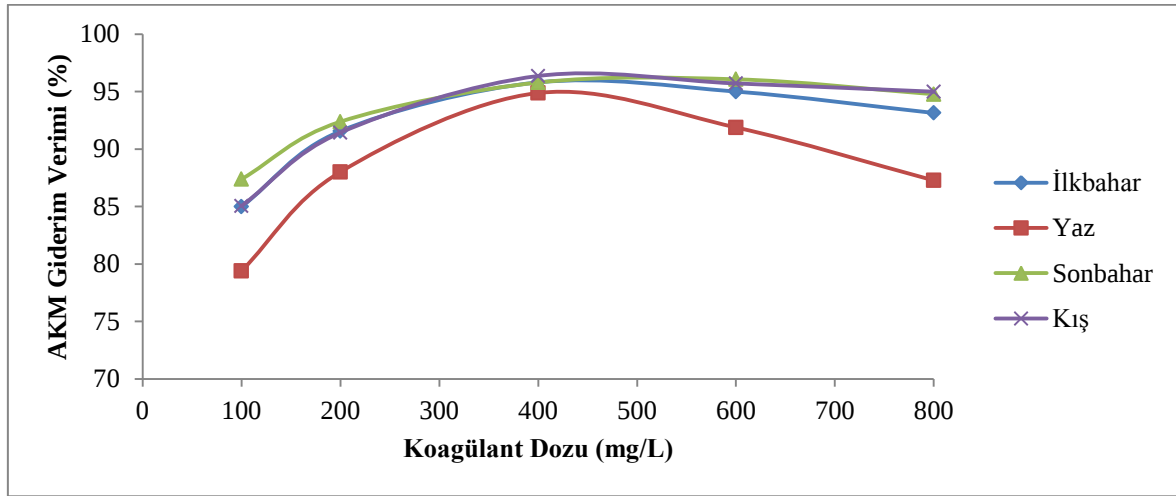


Şekil 6.4. EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile KOİ giderimi

EOSB atıksu numuneleri üzerine alüm uygulanmasıyla en yüksek KOİ giderim verimi Tablo 6.6 ve Şekil 6.4'te gösterildiği gibi %76,5'tir. Bu değer 400 mg/L alüm koagülantının uygulanmasıyla elde edilmiştir.

Tablo 6.7. EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri

Alüm Dozu (mg/L)	AKM (mg/L)				AKM Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	300	267	325	420	-	-	-	-
100	45,1	55,0	41,0	62,8	85,0	79,4	87,4	85,1
200	25,3	32,0	24,8	36,0	91,6	88,0	92,4	91,4
400	12,6	13,7	13,6	15,3	95,8	94,9	95,8	96,4
600	15,0	21,7	12,8	18,0	95,0	91,9	96,1	95,7
800	20,6	34,0	17,0	21,1	93,1	87,3	94,8	95,0

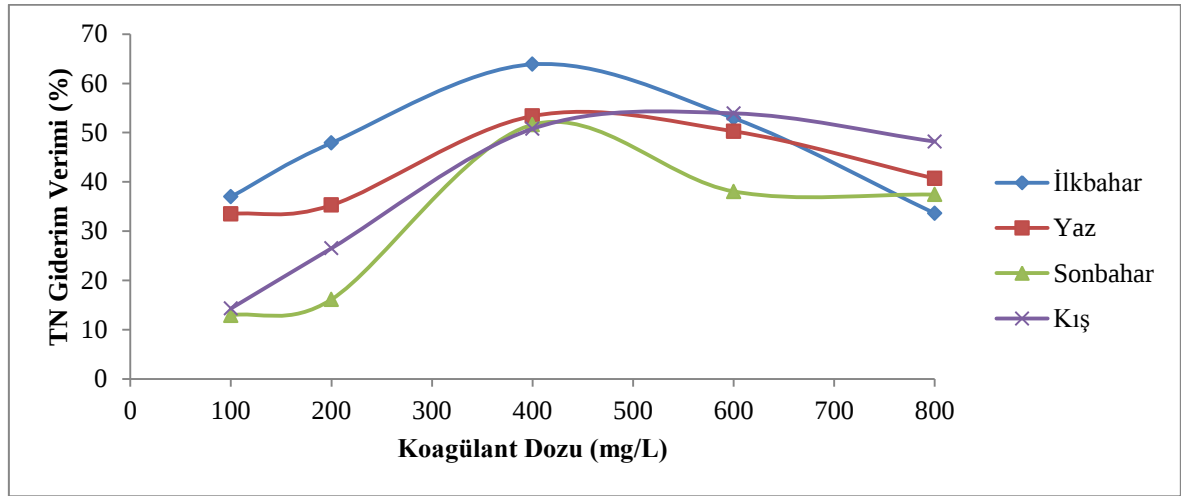


Şekil 6.5. EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile AKM giderimi

Tablo 6.7 ve Şekil 6.5'te görüldüğü üzere mevsimsel değerlere göre en yüksek AKM giderim verimleri, 400 mg/L ve 600 mg/L alüm koagülant dozlarının kullanılmasıyla sırasıyla %96,4 ve %96,1 olarak bulunmuştur. En yüksek AKM giderim verimleri, yılın üç mevsiminde 400 mg/L alüm dozunun uygulanmasıyla elde edilmiştir. Bu nedenle fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasında EOSB atıksuları için AKM giderim verimi açısından optimum alüm dozu 400 mg/L'dir.

Tablo 6.8. EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri

Alüm Dozu (mg/L)	TN (mg/L)				TN Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	11,90	12,93	15,50	16,60	-	-	-	-
100	7,50	8,60	13,50	14,23	37,0	33,5	12,9	14,3
200	6,20	8,37	13,00	12,20	47,9	35,3	16,1	26,5
400	4,30	6,03	7,50	8,17	63,9	53,4	51,6	50,8
600	5,60	6,43	9,60	7,65	52,9	50,3	38,1	53,9
800	7,90	7,67	9,70	8,60	33,6	40,7	37,4	48,2



Şekil 6.6. EOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile TN giderimi

TN giderim verimleri değerlendirilecek olursa 400 mg/L ve 600 mg/L alüm koagülant dozlarının uygulanmasıyla en yüksek giderim verimleri sırasıyla %63,9, %53,9 olarak bulunmuştur. En yüksek TN giderim verimleri mevsimlik en çok 400 mg/L alüm dozu ilavesinde gerçekleşmiştir (Tablo 6.8, Şekil 6.6).

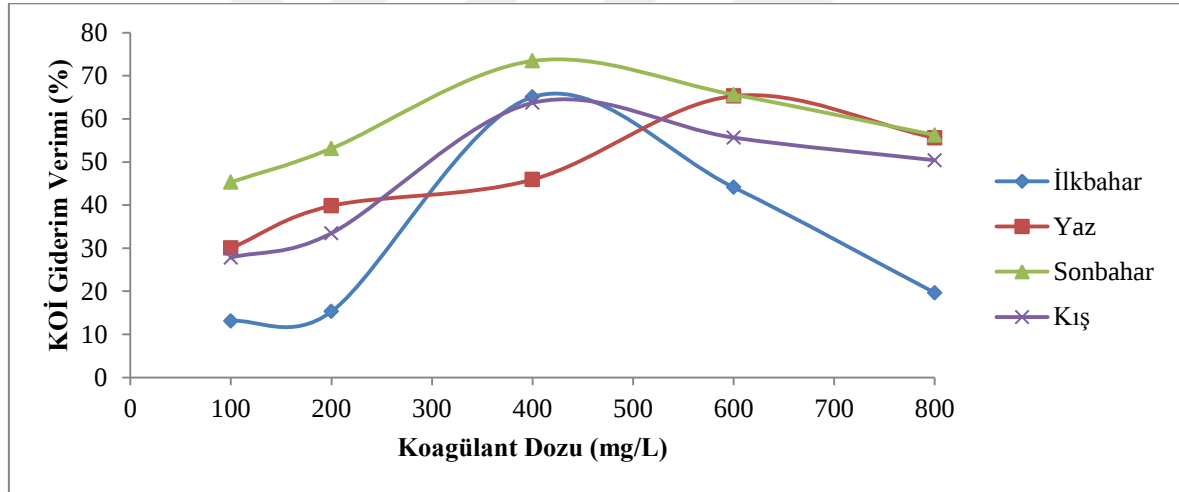
EOSB atıksu numunelerine demir (III) klorür ve alüm koagülantlarının ilavesiyle gerçekleştirilen jar testi denemelerinde demir (III) klorür için 200 mg/L ve alüm için 400 mg/L doz seviyeleri optimum koagülant dozları olarak belirlenmiştir.

EHÜOSB atıksu numunelerine uygulanan fizikokimyasal arıtım çalışmaları EOSB atıksu numunelerine yapılan çalışmalara paralel olarak yürütülmüştür. Optimum koagülant dozlarını belirlemede demir (III) klorür ve alüm koagülantı için 100, 200, 400, 600 ve 800 mg/L dozlar denenmiştir. Sonuçlarda, seçilen spesifik parametre değerlerinin (KOİ, AKM ve TN) ve bunların giderim verimlerinin hesaplanması ile elde edilen veriler mevsimsel olarak sunulmuştur.

EHÜOSB atıksu numunelerine demir (III) klorür kullanılarak gerçekleştirilen jar testi sonucunda elde edilen KOİ değerleri ve KOİ giderim verimleri Tablo 6.9 ve Şekil 6.7’de, AKM değerleri ve AKM giderim verimleri Tablo 6.10 ve Şekil 6.8’de, TN değerleri ve TN giderim verimleri Tablo 6.11 ve Şekil 6.9’da gösterilmiştir.

Tablo 6.9. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	KOİ (mg/L)				KOİ Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	2290	2343	1280	2480	-	-	-	-
100	1990	1640	700	1790	13,1	30,0	45,3	27,8
200	1940	1410	600	1650	15,3	39,8	53,1	33,5
400	800	1267	340	900	65,1	45,9	73,4	63,7
600	1280	813	440	1100	44,1	65,3	65,6	55,7
800	1840	1040	560	1230	19,7	55,6	56,3	50,4

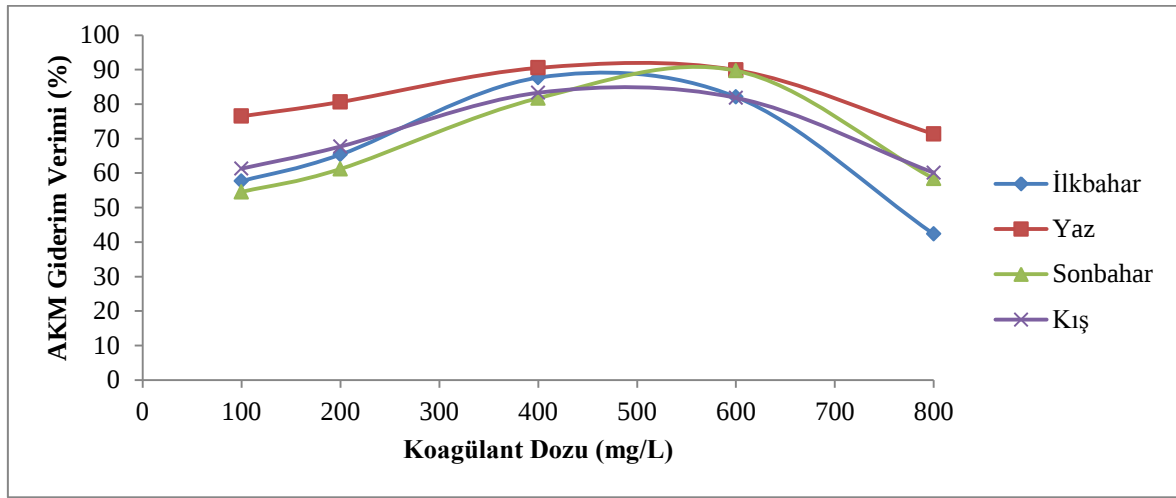


Şekil 6.7. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile KOİ giderimi

Tablo 6.9 ve Şekil 6.7’de görüldüğü üzere EHÜOSB atıksu numunelerine demir (III) klorür artan dozlarda ilave edilmesiyle elde edilen en yüksek KOİ giderim verimi 400 mg/L ve 600 mg/L koagülant dozlarında elde edilmiş olup sırasıyla %73,4 ve %65,3’tür. Mevsimsel sonuçlara bakıldığında en yüksek KOİ giderim verimleri en çok 400 mg/L demir (III) klorür dozu ilave edildiğinde tekerrür etmektedir.

Tablo 6.10. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	AKM (mg/L)				AKM Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	650	580	440	635	-	-	-	-
100	275,0	136,3	200,0	245,7	57,7	76,5	54,6	61,3
200	225,0	112,3	170,7	205,0	65,4	80,6	61,2	67,7
400	80,0	55,0	80,3	106,0	87,7	90,5	81,7	83,3
600	116,5	58,7	45,3	115,3	82,1	89,9	89,7	81,8
800	375,0	166,3	183,0	235,3	42,3	71,3	58,4	60,1

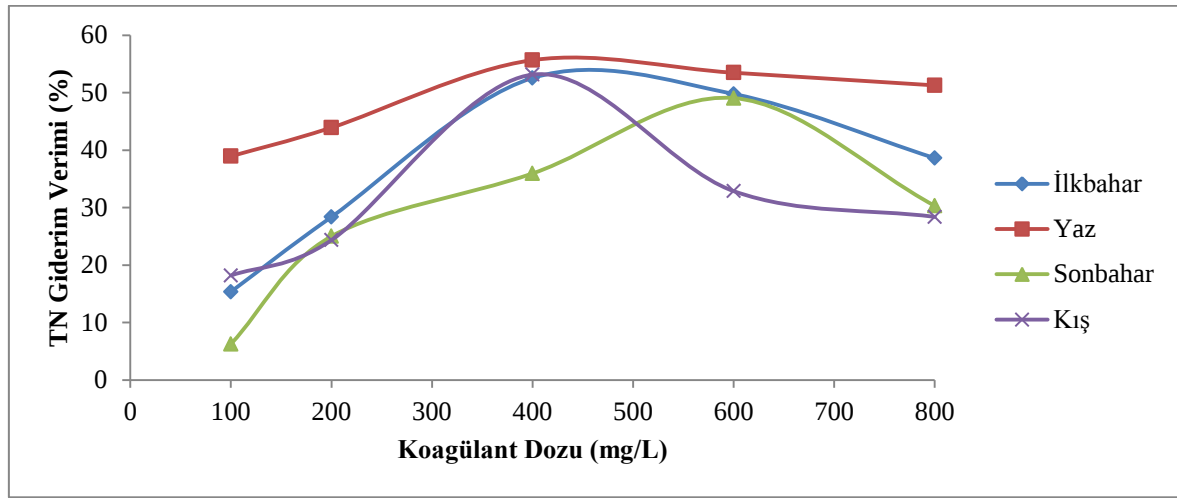


Şekil 6.8. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile AKM giderimi

En yüksek AKM giderim verimleri, Tablo 6.10 ve Şekil 6.8'den görüldüğü gibi 400 mg/L ve 600 mg/L demir (III) klorür dozlarının EHÜOSB atıksu numunelerine ilavesiyle gerçekleşmiş olup sırasıyla %90,5 ve %89,7'dir. En yüksek TN giderim verimleri de 400 mg/L ve 600 mg/L demir (III) klorür dozları ilavesiyle gerçekleşmiş ve giderim verimleri sırasıyla %55,7 ve %49,1'dir (Tablo 6.11, Şekil 6.9).

Tablo 6.11. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	TN (mg/L)				TN Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	10,8	27,23	32,00	14,30	-	-	-	-
100	9,10	16,63	30,00	11,70	15,4	38,9	6,3	18,2
200	7,70	15,27	24,00	10,82	28,4	43,9	25,0	24,3
400	5,10	12,07	20,50	6,70	52,6	55,7	35,9	53,2
600	5,40	12,67	16,30	9,60	49,8	53,5	49,1	32,9
800	6,60	13,27	22,30	10,24	38,6	51,3	30,3	28,4



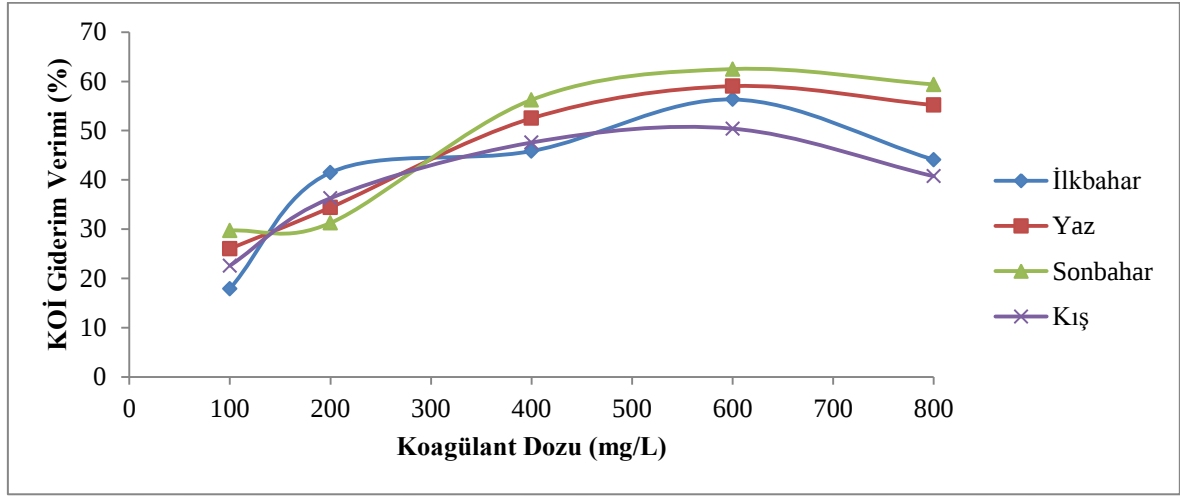
Şekil 6.9. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan demir (III) klorür koagülantı ile TN giderimi

EHÜOSB atıksu numunelerine artan konsantrasyonlarda ilave edilen demir (III) klorür dozları mevsimsel sonuçlara göre değerlendirildiğinde en yüksek KOİ, AKM ve TN giderim verimleri 400 mg/L demir (III) klorür dozu ilavesiyle sağlanmış olup bu değer optimum doz olarak seçilmiştir. Bütün dozlarda yaz mevsiminde TN giderim verimi daha yüksektir.

Alüm kullanılarak gerçekleştirilen jar testi sonucunda elde edilen KOİ değerleri ve KOİ giderim verimleri Tablo 6.12 ve Şekil 6.10'da, AKM değerleri ve AKM giderim verimleri Tablo 6.13 ve Şekil 6.11'de, TN değerleri ve TN giderim verimleri Tablo 6.14 ve Şekil 6.12'de gösterilmiştir.

Tablo 6.12. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel KOİ verileri

Alüm Dozu (mg/L)	KOİ (mg/L)				KOİ Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	2290	2343	1280	2480	-	-	-	-
100	1880	1733	900	1920	17,9	26,0	29,7	22,6
200	1340	1537	880	1580	41,5	34,4	31,3	36,3
400	1240	1113	560	1300	45,9	52,5	56,3	47,6
600	1000	960	480	1230	56,3	59,0	62,5	50,4
800	1280	1050	520	1470	44,1	55,2	59,4	40,7

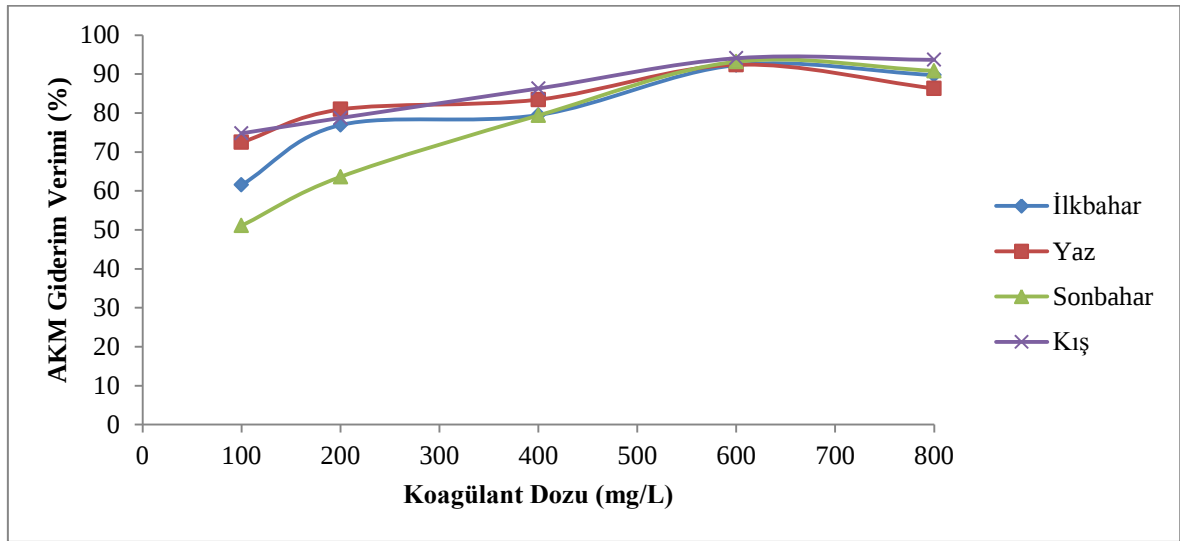


Şekil 6.10. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile KOİ Giderimi

EHÜOSB atıksu numuneleri üzerine alüm uygulanmasıyla en yüksek KOİ giderim verimi Tablo 6.12 ve Şekil 6.10’da gösterildiği gibi %62,5’tir. Bu değer 600 mg/L alüm koagülantının uygulanmasıyla elde edilmiştir.

Tablo 6.13. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel AKM verileri

Alüm Dozu (mg/L)	AKM (mg/L)				AKM Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	650	580	440	635	-	-	-	-
100	250,0	159,7	215,3	245,3	61,5	72,5	51,1	74,8
200	150,0	110,7	160,1	135,0	76,9	80,9	63,6	78,7
400	133,3	96,0	90,7	87,0	79,5	83,5	79,4	86,3
600	50,0	44,0	30,0	37,7	92,3	92,4	93,2	94,1
800	66,7	79,3	40,3	75,0	89,7	86,3	90,8	93,7

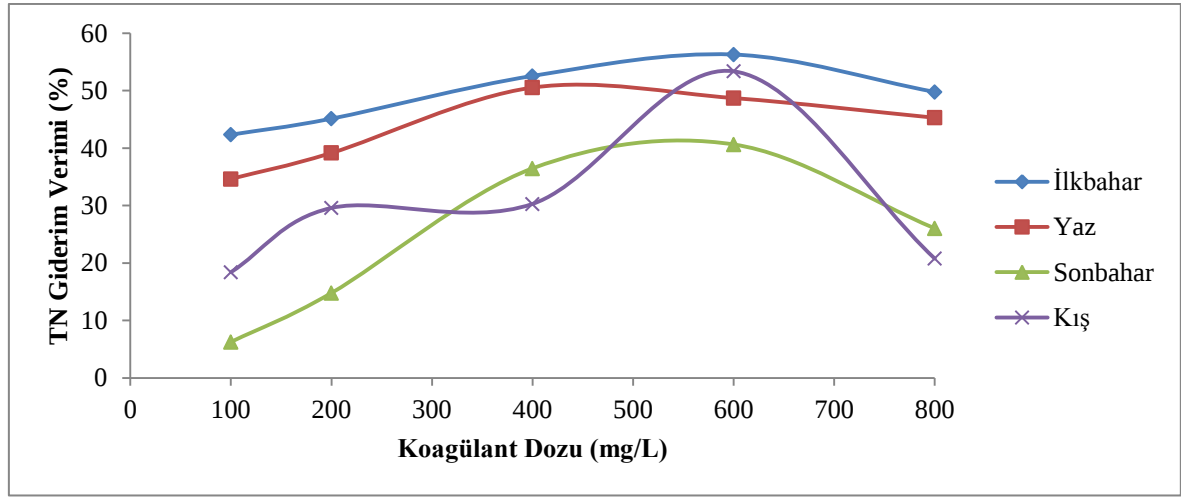


Şekil 6.11. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile AKM giderimi

Tablo 6.13 ve Şekil 6.11’de gösterilen en yüksek AKM giderim verimi %94,1 olup bu değer EHÜOSB atıksu numunelerine 600 mg/L alüm dozu ilavesi ile sağlanmıştır. Bütün mevsimlerdeki AKM giderim verimleri birbirine çok yakın değerlerdedir.

Tablo 6.14. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile elde edilen mevsimsel TN verileri

Alüm Dozu (mg/L)	TN (mg/L)				TN Giderim Verimi (%)			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Atıksu	10,75	27,23	32,00	14,30	-	-	-	-
100	6,20	17,80	30,00	11,67	42,3	34,6	6,3	18,4
200	5,90	16,57	27,27	10,07	45,1	39,2	14,8	29,6
400	5,10	13,47	20,33	9,97	52,6	50,5	36,5	30,3
600	4,70	13,97	19,00	6,67	56,3	48,7	40,6	53,4
800	5,40	14,90	23,67	11,33	49,8	45,3	26,0	20,8



Şekil 6.12. EHÜOSB atıksuyuna uygulanan alüm koagülantı ile TN giderimi

Tablo 6.14 ve Şekil 6.12’de görüldüğü üzere mevsimsel değerlere göre en yüksek TN giderim verimleri, 400 mg/L ve 600 mg/L alüm koagülant dozlarının kullanılmasıyla sırasıyla %56,3 ve %50,5 olarak bulunmuştur. En yüksek TN verimleri yılın üç mevsiminde en çok 600 mg/L alüm dozunda tekerrür etmiştir. Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasında EOSB atıksuları için TN giderim verimi açısından optimum alüm dozu 600 mg/L olarak belirlenmiştir.

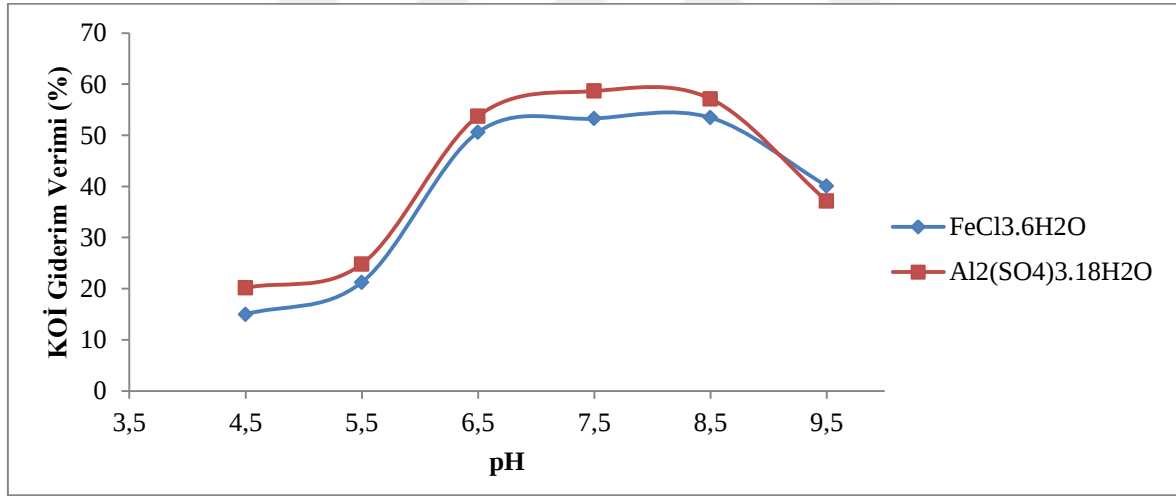
EHÜOSB atıksu numunelerine demir (III) klorür ve alüm koagülantlarının ilavesiyle gerçekleştirilen jar testi denemelerinde demir (III) klorür için 400 mg/L ve alüm için 600 mg/L doz seviyeleri optimum koagülant dozları olarak belirlenmiştir.

Hem EOSB hem de EHÜOSB atıksu numunelerinin jar testi denemelerinde optimum dozlardan sonra artan koagülant dozlarının ilaveleri şekillerde de görüldüğü üzere giderim

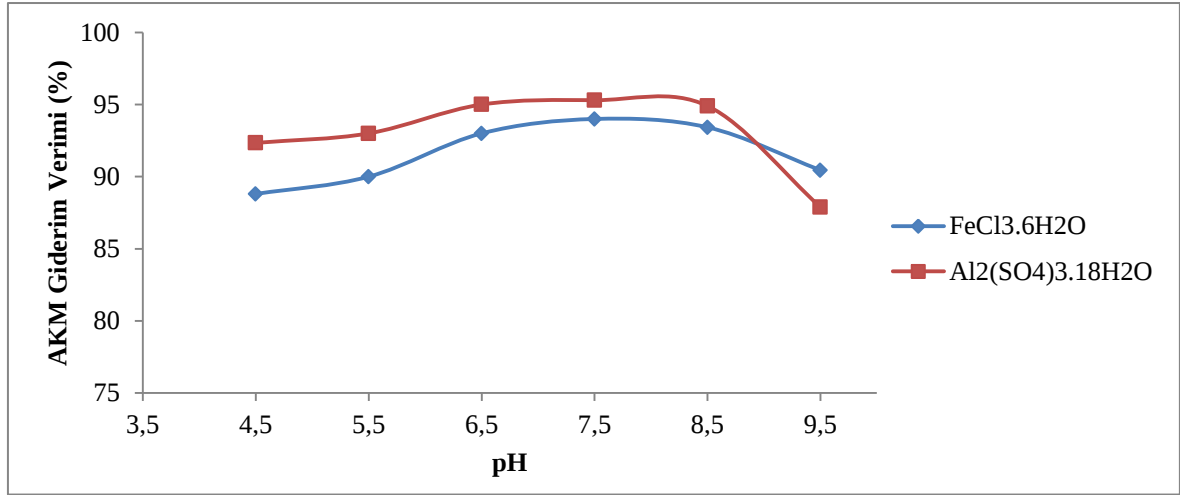
verimlerinde azalmalara neden olduğu için daha fazla doz denemesi yapılmasına gerek duyulmamıştır.

6.2.2. Optimum Koagülant Dozları Üzerine pH'ın Etkisi

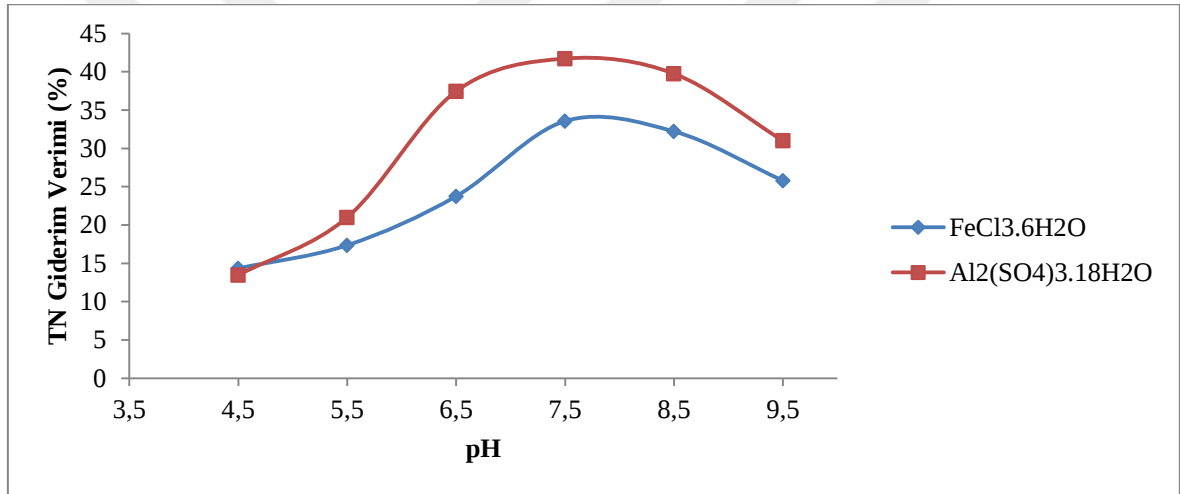
EOSB ve EHÜOSB atıksuları için gerçekleştirilen fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında belirlenen optimum koagülant dozları üzerine pH'ın etkisi incelenmiştir. Bu amaçla bazı başlangıç koşulları seçilerek deneyler yapılmıştır. pH'ın etkisini belirlemede, EOSB atıksu numuneleri için, daha önce belirlenen 200 mg/L optimum demir (III) klorür ve 400 mg/L optimum alüm dozları, EHÜOSB atıksu numuneleri için ise yine daha önce belirlenen 400 mg/L optimum demir (III) klorür ve 600 mg/L optimum alüm dozları ele alınmıştır. Her iki organize sanayi bölgesi atıksularında optimum koagülant dozlarına karşılık seçilen pH'lar, 4,5, 5,5, 6,5, 7,5, 8,5 ve 9,5'tir. pH'ın etkisi jar testinde seçilen spesifik kirletici parametrelerin (KOİ, AKM ve TN) giderim %'lerinin hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 6.13-6.18'de verilmiştir.



Şekil 6.13. EOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH'larda KOİ giderim verimleri



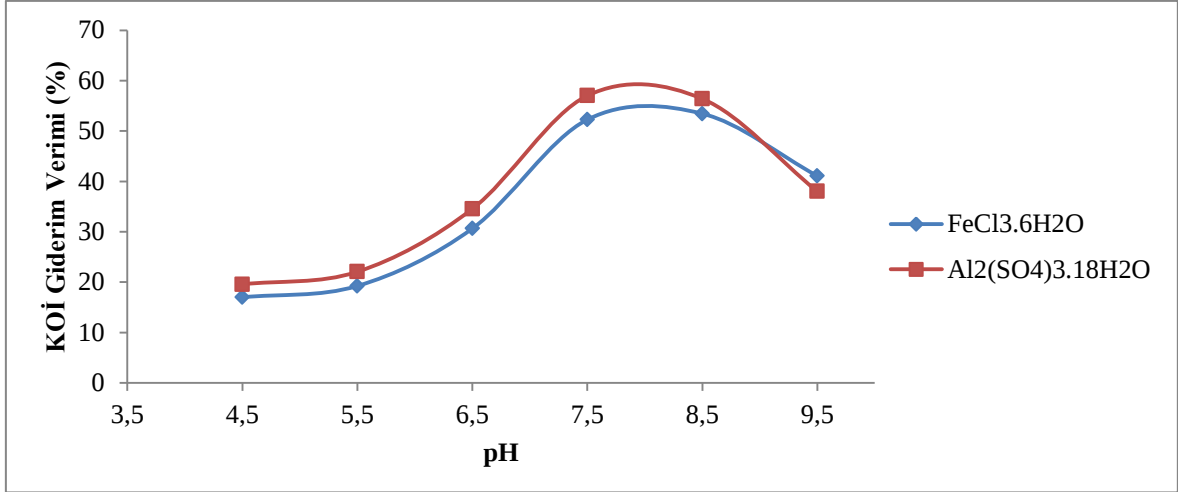
Şekil 6.14. EOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH'larda AKM giderim verimleri



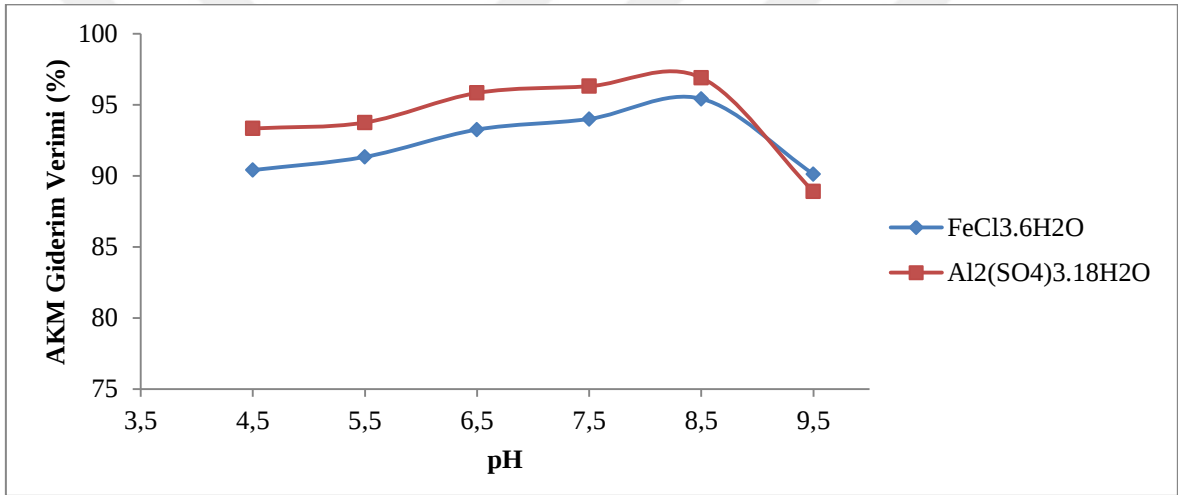
Şekil 6.15. EOSB Atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH'larda TN giderim verimleri

EOSB atıksu numuneleri için KOİ, AKM ve TN giderim verimleri incelendiğinde her üçünde de pH'lar artarken giderim verimlerinde artışlar gözlenmektedir. Bu artışlar pH 8,5'ten sonra yavaş yavaş azalarak giderim verimlerinde düşüşler gözlenmiştir. En yüksek KOİ, AKM ve TN giderim verimleri pH 7,5-9,5 arasında sağlanmış olup sırasıyla 200 mg/L demir (III) klorür dozu için %53,5, %94 ve %33,6, 400 mg/L alüm dozu için %58,7, %95,3 ve %41,7 olarak bulunmuştur (Şekil 6.13-6.15).

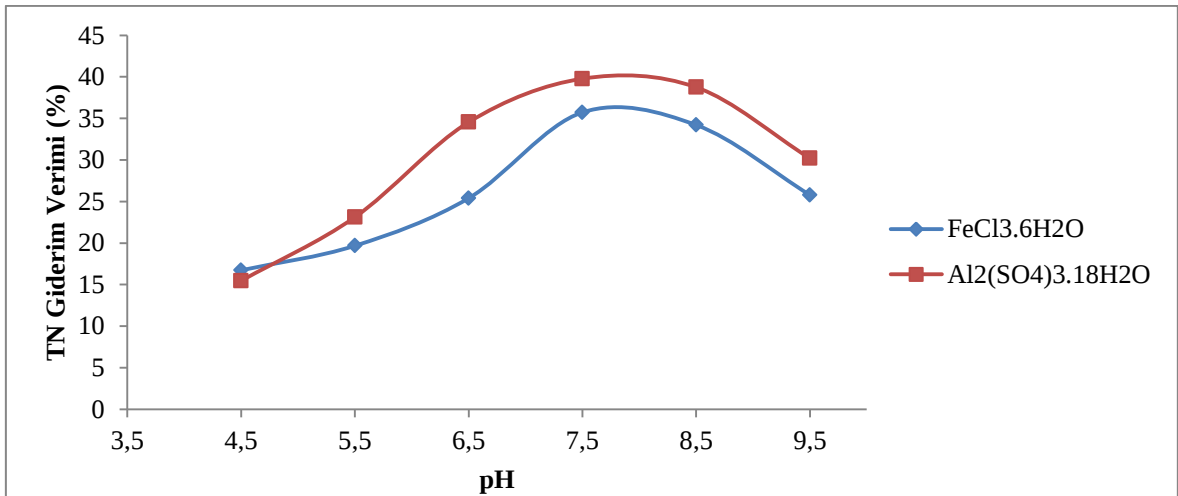
EHÜOSB atıksu numunelerinde optimum koagülant dozları üzerine pH'ın etkisi Şekil 6.16-6.18'de gösterilmiştir. En yüksek KOİ, AKM ve TN giderim verimleri EOSB atıksu numunelerinde olduğu gibi pH 7,5-9,5 arasında elde edilmiş olup sırasıyla 400 mg/L demir (III) klorür dozu için %53,5, %95,4 ve %35,7, 600 mg/L alüm dozu için %56,4, %96,9 ve %39,8 olarak bulunmuştur.



Şekil 6.16. EHÜOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH'larda KOİ giderim verimleri



Şekil 6.17. EHÜOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH'larda AKM giderim verimleri



Şekil 6.18. EHÜOSB atıksularının optimum koagülantlara karşılık farklı pH'larda TN giderim verimleri

EOSB ve EHÜOSB atıksularının pH'ları ortalama 8,5-9,0 arasındadır. Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde her iki organize sanayi bölgesi atıksu örneklerinde pH 7,5-9,5 arasında en yüksek giderim verimleri elde edilmiş olup çalışmada kullanılan atıksuların pH'ları da bu aralıktadır. Daha düşük veya daha yüksek pH'larda yüksek giderim verimleri elde edilmemiştir. Böylece çalışmada EOSB ve EHÜOSB atıksularının fizikokimyasal arıtım için kendi pH'larının yeterli olduğu belirlenmiş ve jar testi denemeleri için atıksu numunelerinin pH ayarlanmasına gerek duyulmamıştır.

6.2.3. Belirlenen Optimum Koagülant Dozlarına Polielektrolit İlavesinin Giderim Verimlerine Etkisi

EOSB ve EHÜOSB atıksularına uygulanan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında koagülant yardımcısı olarak anyonik polielektrolit kullanılmıştır. Anyonik polielektrolit atıksularda belirlenen optimum koagülant dozları ile birlikte uygulanmıştır. EOSB ve EHÜOSB atıksu numunelerinde daha önce yapılan jar testi denemelerinde optimum koagülant dozları EOSB atıksu numuneleri için 200 mg/L demir (III) klorür ve 400 mg/L alüm dozları ve EHÜOSB atıksu numuneleri için ise 400 mg/L demir (III) klorür ve 600 mg/L alüm dozları optimum olarak belirlenmiştir. Çalışmanın bu kısmında, atıksulara eklenen optimum koagülant dozlarına artan konsantrasyonlarda anyonik polielektrolit dozlarının ilavesinin istenilen kirletici parametrelerin giderim verimleri üzerinde etkisi incelenmiştir. Bunun için atıksu numunelerine optimum koagülant dozları ile beraber artan konsantrasyonlarda anyonik polielektrolit dozları ilave edilip jar testi denemeleri yapılmıştır. Optimum koagülant dozları ile birlikte kullanılması istenen en iyi anyonik polielektrolit dozları belirlenmiştir. Anyonik polielektrolit jar testi denemelerinde yumaklaştırmayı kolaylaştırmak için yavaş karıştırma esnasında (flokülasyon amacıyla) ve çözelti şeklinde atıksu numunelerine eklenmiştir.

Atıksu numunelerine optimum koagülantlarla beraber ilave edilen polielektrolit dozları EOSB atıksu numuneleri için 1, 5, 10, 20 ve 40 mg/L ve EHÜOSB atıksu numuneleri için 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80 ve 100 mg/L seviyelerinde denenmiştir. Polielektrolit ilavesinin KOİ, AKM ve TN giderim verimleri üzerine etkisinin incelenmesinde elde edilen sonuçlar ve her iki organize sanayi bölgeleri atıksularının çalışmanın bu kısmının yapıldığı zamandaki KOİ, AKM ve TN verileri Tablo 6.15-6.18'de gösterilmektedir.

Tablo 6.15. EOSB atıksularına optimum demir (III) klorür koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	Polielektrolit Dozu (mg/L)	Ham Atıksu KOİ (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu AKM (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu TN (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu TN (mg/L)	TN Giderim Verimi (%)
200	-	680	300	55,9	420	45	89,3	16,6	11,7	29,5
200	1	680	280	58,8	420	10	97,6	16,6	10,6	36,1
200	5	680	270	60,3	420	9	97,9	16,6	10,4	37,4
200	10	680	260	61,8	420	6	98,6	16,6	10,2	38,6
200	20	680	260	61,8	420	5	98,8	16,6	10,2	38,6
200	40	680	260	61,8	420	5	98,8	16,6	10,2	38,6

Tablo 6.16. EOSB atıksularına optimum alüm koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri

Alüm Dozu (mg/L)	Polielektrolit Dozu (mg/L)	Ham Atıksu KOİ (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu AKM (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu TN (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu TN (mg/L)	TN Giderim Verimi (%)
400	-	680	280	58,8	420	40	89,3	16,6	11,5	29,5
400	1	680	250	63,2	420	9	97,9	16,6	10,2	38,6
400	5	680	240	64,7	420	6	98,6	16,6	9,9	40,4
400	10	680	230	66,2	420	4	99,1	16,6	9,8	41,0
400	20	680	230	66,2	420	3	99,3	16,6	9,7	41,6
400	40	680	230	66,2	420	3	99,3	16,6	9,7	41,6

Tablo 6.17. EHÜOSB atıksularına optimum demir (III) klorür koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri

Demir (III) Klorür Dozu (mg/L)	Polielektrolit Dozu (mg/L)	Ham Atıksu KOİ (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu AKM (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu TN (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu TN (mg/L)	TN Giderim Verimi (%)
400	-	3480	1320	62,1	635	133,3	79,0	14,3	8,6	39,9
600	-	3480	1160	66,7	635	157,1	75,3	14,3	8,8	38,5
600	20	3480	920	73,6	635	105,0	83,5	14,3	8,5	40,6
400	1	3480	1160	66,7	635	125,0	80,3	14,3	8,6	39,9
400	5	3480	960	72,4	635	26,7	95,8	14,3	8,4	41,3
400	10	3480	920	73,6	635	14,3	97,8	14,3	8,3	42,0
400	20	3480	910	73,9	635	13,8	97,8	14,3	8,4	41,3
400	40	3480	760	78,2	635	10,0	98,4	14,3	8,0	44,1
400	60	3480	770	77,9	635	11,0	98,3	14,3	8,1	43,4
400	80	3480	760	78,2	635	10,5	98,4	14,3	7,9	44,8
400	100	3480	750	78,5	635	12,0	98,1	14,3	7,9	44,8

Tablo 6.18. EHÜOSB atıksularına optimum alüm koagülantı ve anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanması ile elde edilen giderim verileri

Alüm Dozu (mg/L)	Polielektrolit Dozu (mg/L)	Ham Atıksu KOİ (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu AKM (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Ham Atıksu TN (mg/L)	İşlem Sonrası Atıksu TN (mg/L)	TN Giderim Verimi (%)
600	-	3480	1280	63,2	635	90	85,8	14,3	9,6	32,9
400	-	3480	1360	60,9	635	110	82,7	14,3	9,8	31,5
400	40	3480	1020	70,7	635	60	90,6	14,3	8,5	40,6
600	1	3480	1260	63,8	635	75	88,2	14,3	9,5	33,6
600	5	3480	1100	68,4	635	55	91,4	14,3	9,3	35,0
600	10	3480	970	72,1	635	45	92,9	14,3	9,2	35,7
600	20	3480	940	73,0	635	40	93,7	14,3	8,7	39,2
600	40	3480	930	73,3	635	35	94,5	14,3	8,1	43,4
600	60	3480	810	76,7	635	25	96,1	14,3	7,8	45,5
600	80	3480	800	77,0	635	20	96,9	14,3	7,8	45,5
600	100	3480	810	76,7	635	20	96,9	14,3	7,9	44,8

Tablo 6.15'te görüldüğü gibi EOSB atıksu numunelerine 200 mg/L optimum demir (III) klorür koagülant dozu ile artan konsantrasyonlarda anyonik polielektrolit dozlarının birlikte uygulanmasıyla jar testi denemeleri yapılmıştır. EOSB atıksu numuneleri için 10 mg/L anyonik polielektrolit dozundan sonra KOİ, AKM ve TN giderim verimlerinde fazla artış gözlenmemiş ve bu polimer dozu optimum olarak belirlenmiştir. KOİ, AKM ve TN giderim verimleri 10 mg/L anyonik polielektrolit dozunda sırasıyla %61,8, %98,6 ve %38,6 olarak bulunmuştur. Ayrıca optimum koagülant ile optimum polielektrolit dozlarının birlikte uygulamasıyla elde edilen giderim verimleri, sadece optimum koagülant madde ilavesindeki KOİ, AKM ve TN giderim verimlerinden sırasıyla %5,9, %9,3 ve %9,0 daha yüksek oldukları görülmektedir.

EOSB atıksu numunelerine 400 mg/L optimum alüm dozu ile birlikte uygulanan anyonik polielektrolit dozları Tablo 6.16'dan değerlendirilecek olunursa giderim verimlerinde 10 mg/L anyonik polielektrolit dozundan sonra fazla bir artış gözlenmemiştir. 400 mg/L optimum alüm dozu için 10 mg/L anyonik polielektrolit dozu optimum polielektrolit dozu olarak belirlenmiştir. Bu optimum polielektrolit dozunda KOİ, AKM ve TN giderim verimleri sırasıyla %66,2, %99,1 ve %41 olarak elde edilmiş ve sadece 400 mg/L optimum alüm dozu kullanılmasıyla elde edilen değerlerden yine sırasıyla %7,4, %9,8 ve %11,4 daha fazla giderim elde edilmiştir.

EHÜOSB atıksu numunelerine 400 mg/L optimum demir (III) klorür dozu ile birlikte uygulanan anyonik polielektrolit dozlarının ilavesiyle Tablo 6.17'den görüldüğü gibi giderim verimlerinde 40 mg/L anyonik polielektrolit dozundan sonra fazla bir artış gözlenmemiştir. 400 mg/L optimum demir (III) klorür dozu için 40 mg/L anyonik polielektrolit dozu optimum polielektrolit dozu olarak belirlenmiştir. Bu optimum polielektrolit dozunda KOİ, AKM ve TN giderim verimleri sırasıyla %78,2, %98,4 ve %44,1 olarak elde edilmiş ve sadece 400 mg/L optimum demir (III) klorür dozu kullanılmasıyla elde edilen değerlerden sırasıyla %16,1, %19,4 ve %4,2 daha fazla giderim elde edilmiştir. Ayrıca EHÜOSB atıksu numuneleri üzerine daha önce belirlenen optimum koagülant dozunda elde edilen giderim verimlerine yakın sonuçları olan bir yüksek doz denemesi yapılmıştır. 600 mg/L demir (III) klorür dozlu + polielektrolitsiz ve 600 mg/L demir (III) klorür dozlu + 20 mg/L polielektrolitli olarak yapılan bu kıyaslama denemesinde 400 mg/L demir (III) klorür dozlu + polielektrolitsiz ve 400 mg/L demir (III) klorür dozlu + 20 mg/L polielektrolitli olarak yapılan denemeden daha düşük giderim

verimleri elde edilmiştir. EHÜOSB atıksu numunelerinin fizikokimyasal arıtılabilirliği için optimum demir (III) klorür koagülant dozuyla birlikte 40 mg/L optimum olarak belirlenen anyonik polielektrolit dozunun beraber kullanılması uygun görülmüştür.

EHÜOSB atıksu numunelerine 600 mg/L optimum alüm dozu ile artan konsantrasyonlarda anyonik polielektrolit ilaveleri yapılarak jar testi denemeleri yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 6.18'den görüldüğü gibi 60 mg/L anyonik polielektrolit dozundan sonraki artan doz seviyelerinde KOİ, AKM ve TN giderim verimlerinde önemli bir artış gözlenmeyip 60 mg/L anyonik polielektrolit dozunda KOİ, AKM ve TN giderim verimleri sırasıyla %76,7, %96,1 ve %45,5 olarak bulunmuş bu polielektrolit dozu optimum olarak seçilmiştir. Sadece 600 mg/L optimum demir (III) klorür dozu kullanılmasıyla elde edilen KOİ, AKM ve TN giderim verimlerinden sırasıyla %13,5, %10,23 ve %12,8 daha fazla giderim elde edilmiştir. Ayrıca EHÜOSB atıksu numuneleri üzerine optimum koagülant dozundan bir düşük doz denemesi yapılmıştır. 400 mg/L alüm dozlu + polielektrolitsiz ve 400 mg/L alüm dozlu + 40 mg/L polielektrolitli olarak yapılan bu kıyaslama denemesinde 600 mg/L alüm dozlu + polielektrolitsiz ve 600 mg/L alüm dozlu+ 40 mg/L polielektrolitli olarak yapılan denemeden daha düşük giderim verimleri elde edilmiştir. EHÜOSB atıksu numunelerinin fizikokimyasal arıtılabilirliği için optimum alüm koagülant dozuyla birlikte 60 mg/L optimum olarak belirlenen anyonik polielektrolit dozunun beraber kullanılması uygun görülmüştür.

Alüm ve demir (III) klorür arasında bir fiyat araştırması yapılmış (05.06.2017) ve demir (III) klorürün kg fiyatı alüme göre yaklaşık 3 kat daha fazladır.

Demir (III) klorür, 6 hidrat.....852-TL/kg

Alüminyum sülfat, 18 hidrat.....313,8-TL/kg

Anyonik polielektrolit.....20,6-TL/kg

EOSB ve EHÜOSB atıksularına çalışmada elde edilen optimum dozlara göre kimyasal hesabı yapılmıştır. EOSB atıksuyu arıtımında kimyasal maliyeti optimum demir (III) klorür dozu (200 mg/L) için 170,4 TL/m³, optimum alüm dozu (400 mg/L) için 125,52 TL/m³, optimum demir (III) klorür + optimum anyonik polielektrolit (10 mg/L) dozları için 170,6 TL/m³, optimum alüm + optimum anyonik polielektrolit (10 mg/L) dozları için 125,7 TL/m³ bulunmuştur.

EHÜOSB atıksuyu arıtımında kimyasal maliyeti optimum demir (III) klorür dozu (400 mg/L) için 340,8 TL/m³, optimum alüm dozu (600 mg/L) için 188,3 TL/m³, optimum

demir (III) klorür + optimum anyonik polielektrolit (40 mg/L) dozları için 341,6 TL/m³, optimum alüm + optimum anyonik polielektrolit (60 mg/L) dozları için 189,5 TL/m³ bulunmuştur. Arıtımın kimyasal maliyeti bakımından da en ekonomik koagülant alüm olarak tespit edilmiştir.

Üstün [46] yapmış olduğu çalışmada, Bursa'da bulunan Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi (DOSB) atıksularının fizikokimyasal ve biyolojik arıtılabilirliğini incelemiştir. Fizikokimyasal arıtılabilirlik kısmında koagülant olarak demir (III) klorür, demir (III) sülfat ve alüm, flokülan olarak da anyonik ve katyonik polielektrolit kullanmıştır. Demir (III) klorür ve demir (III) sülfat ile yapılan deneysel çalışmalarda atıksuların arıtıldıktan sonra renginin değiştiği ve bitiş pH değerinin çok düştüğü gözlenmiştir. Fizikokimyasal arıtım için en iyi sonuçlar, 500 mg/L alüm ile %0,1'lik anyonik polielektrolitin beraber kullanılmasıyla sağlanmıştır. Yaklaşık %57 KOİ ve % 97AKM giderim verimleri elde edilmiştir. KOİ değerlerinin 660-787 mg/L 'den 357-359 mg/L'ye düştüğü ve AKM değerlerinin ise 206-468 mg/L'den 11-28 mg/L'ye düştüğü tespit edilmiştir. Bu çalışmada EOSB atıksularının fizikokimyasal arıtımında en iyi sonuç, 400 mg/L alüm ile 10 mg/L anyonik polielektrolitin beraber kullanılmasıyla elde edilmiştir. KOİ giderim verimi %66,2 ve AKM giderim verimi %99,1 olarak bulunmuştur. KOİ 680 mg/L'den 230 mg/L'ye, AKM 420 mg/L'den 4mg/L'ye düştüğü tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmaya kıyasla EOSB atıksuyunun fizikokimyasal arıtımında daha düşük dozda alüm koagülantı ve bir miktar daha fazla anyonik polielektrolit kullanılmasıyla daha yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Her iki çalışma karşılaştırıldığında yaklaşık birbirine yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu da DOSB ile EOSB atıksu özelliklerinin birbirine benzerliğinden kaynaklanmaktadır.

Amuda ve Alade [36] yapmış oldukları çalışmada, mezbaha atıksularının koagülasyon/flokülasyon prosesi ile arıtımını araştırmışlardır. Mezbaha atıksuyunun ortalama BOİ₅, KOİ ve AKM değerleri sırasıyla 14.370 mg/L, 19.945 mg/L ve 4.350 mg/L olarak bulunmuştur. Yapılan koagülasyon/flokülasyon deneylerinde koagülant olarak demir (III) klorür, demir (III) sülfat ve alüm, flokülan olarak da anyonik polielektrolit kullanılmıştır. 750 mg/L alüm dozu ile 20 mg/L anyonik polielektrolitin beraber kullanılması mezbaha atıksularının fizikokimyasal arıtımında en iyi sonuçların elde edildiği belirtilmiştir. KOİ ve AKM giderim verimleri sırasıyla %92 ve %95 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada ise EHÜOSB atıksularının mevsimsel BOİ₅, KOİ ve AKM

değerleri sırasıyla 743-1300 mg/L, 1280-2480 mg/L ve 440-650 mg/L aralığındadır. Fizikokimyasal arıtımda en iyi sonuçlar, 600 mg/L alüm ile 60 mg/L anyonik polielektrolitin beraber kullanılması ile elde edilmiş olup KOİ ve AKM giderim verimleri %76,7 ve %96,1 olarak bulunmuştur. Bu çalışma yapılan diğer çalışmayla kıyaslandığında daha düşük alüm dozu ve daha yüksek anyonik polielektrolit dozunda optimum seviyeye ulaşılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan mezbaha atıksuyunun BOİ₅, KOİ ve AKM değerleri, EHÜOSB atıksuyunun BOİ₅, KOİ ve AKM değerlerinden aşırı miktarda yüksektir. Fakat KOİ giderim veriminde, EHÜOSB atıksuyu fizikokimyasal arıtımında optimum dozlarla elde edilen giderim veriminden daha yüksek giderim verimi elde edilmiştir. Her iki OSB atıksuyunun arıtım sonrasında SKKY alıcı ortam deşarj standartları (Tablo 19) sağlanmamaktadır. Bu nedenle mezbaha atıksularının arıtımında, sadece fizikokimyasal arıtım yetmeyeceğinden sonrasında bu atıksuların bir biyolojik arıtımla kombinasyonu alternatif olarak düşünülebilir.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada EOSB ve EHÜOSB atıksularının özellikleri belirlenmiş ve atıksular üzerine fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları jar testi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler:

- Atıksu özelliklerini belirleme çalışmalarında hem EOSB hem de EHÜOSB atıksularının elde edilen BOİ₅, KOİ ve AKM kirletici parametre değerleri, SKKY alıcı ortam deşarj standartlarındaki (Tablo 19) sınır değerleri aştığı için her iki organize sanayi bölgesi atıksularının arıtılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. EOSB ve EHÜOSB atıksuları Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi ana kollektör hattına deşarj edilmektedir. Bu durumda SKKY kanalizasyon sistemine deşarj standartlarındaki (Tablo 25) sınır değerlerle kıyaslama söz konusudur. EOSB atıksu özellikleri SKKY Tablo 25'teki sınır değerleri aşmamakta fakat EHÜOSB atıksuyu AKM kirletici parametre değeri ile aşmaktadır. Bu sınır değerler her ne kadar atıksuların kanala deşarjı için sağlansada EOSB ve EHÜOSB atıksuları kirletici parametreleri ile Elazığ Atıksu Arıtma Tesisi'ne ilave yük götürdüğü bilinmektedir. Özellikle EHÜOSB atıksuları ön arıtmadan geçmeden kanala deşarj edilmemelidir. Ayrıca entegre et tesislerinde yan ürünlerin elde edilmesi atıksudaki organik yükü büyük ölçüde azaltabilir. Örneğin; kanın kurutulularak hayvan yemine katkı olarak kullanılması atıksudaki organik yükü hafifletecektir.
- EOSB atıksu numuneleri için optimum demir (III) klorür dozu 200 mg/L optimum alüm dozu 400 mg/L olup KOİ, AKM ve TN en yüksek giderim verimleri sırasıyla optimum demir (III) klorür dozu için %61,4 %96,1 ve %53,4, optimum alüm dozu için %76,5, %96,4 ve %63,9 olarak bulunmuştur. EHÜOSB atıksu numuneleri için ise optimum demir (III) klorür dozu 400 mg/L optimum alüm dozu 600 mg/L olarak bulunmuştur. EHÜOSB atıksularının optimum demir (III) klorür ve alüm dozları için KOİ, AKM ve TN giderim verimleri sırasıyla optimum demir (III) klorür dozu için %73,4, %90,5 ve %55,7, optimum alüm dozu için %62,5, %94,1 ve %56,3 olarak bulunmuştur. Her iki organize sanayi bölgesi atıksularında alüm koagülantı kullanılarak daha yüksek giderim verimleri elde edilmiştir.
- Optimum koagülantlar üzerine pH'ın etkisi incelenmiş ve pH 7,5-9,5 arası en yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Her iki organize sanayi bölgesi

atıksularının pH'larının bu aralıkta yer alması nedeniyle (ortalama pH 8,5-9,0) fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Burada kurulması planlanan atıksu arıtım tesisleri için işletme maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

- Çalışmada demir (III) klorür dozu alüm dozundan daha düşük miktarlarda optimum seviyeye ulaşmış ve giderim verimleri bakımından her iki organize sanayi bölgesi atıksu numuneleri üzerinde optimum alüm dozuyla sağlanan giderim verimlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada gözlemlemelere göre demir (III) klorür koagülantının kullanılması alüm koagülantına göre çökelen çamur hacminin daha az olacağı için avantaj olabilir. Fakat çalışma esnasında demir (III) klorür koagülantının artan dozlarda ilavesiyle atıksuların rengini değiştirdiği ve pH'larını düşürdüğü belirlenmiş olup demir (III) klorür koagülantının artan dozlarda kullanımı ilave arıtım gerektirebileceğinden dezavantaja dönüşebilir.
- Fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmasında atıksulara optimum koagülantlarla beraber artan dozlarda anyonik polielektrolit dozları da uygulanmıştır. EOSB atıksu numuneleri için optimum demir (III) klorür (200 mg/L) ve alüm dozları (400 mg/L) ile 10 mg/L'lik, EHÜOSB atıksu numuneleri için optimum demir (III) klorür (400 mg/L) ile 40 mg/L'lik, optimum alüm dozu (600 mg/L) ile 60 mg/L'lik uygulanan anyonik polielektrolit dozları optimum olarak bulunmuştur. Tablo 6.15-6.18 incelendiğinde eklenen polielektrolitlerle beraber giderim verimlerinde artış gözlenmektedir. Polielektrolit kullanımında çöken çamur hacimlerinde artışlar gözlemlenmiştir. Bu da kurulması planlanan bir arıtma tesisinin projelendirilmesinde veyahut var olan bir arıtma tesisinde çamur uzaklaştırma ünitelerinde ilave masraflar getirebilir.
- Yapılan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları sonucunda EOSB atıksularına optimum dozlar uygulandıktan sonra elde edilen verilerin, SKKY Tablo 19 ve Tablo 25'teki sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlarla EOSB atıksularının SKKY Tablo 19 ve Tablo 25'e göre deşarj edilmesi mümkündür. Fizikokimyasal arıtım sonrası EHÜOSB atıksularının da SKKY Tablo 25'e göre deşarj edilmesi mümkündür. Fakat KOİ değerleri SKKY Tablo 19'daki sınır değerleri aştığından deşarj edilmesinin uygun olmadığı belirlenmiştir. Bu sebeple sadece fizikokimyasal arıtımın bu atıksular için yeterli olmadığı söylenebilir. EHÜOSB atıksuları içerisindeki çözünmüş madde giderimini artırmak için,

kimyasal koagülasyon ile biyolojik bir arıtma prosesi kombinasyonun giderim verimleri üzerinde etkileri incelenebilir.

- Literatürde [47] belirtildiği gibi jar testlerinden, genelde gerçek tesiste kullanılacak olan miktardan daha fazla doz gereksinimi elde edilir. Gerçek tesis işletmeye alındığında işletme şartları, atıksuyun karakteri ve ayrıca işletme bütçesi de göz önüne alındığında elde edilen optimum değerler baz alınarak, seçilen koagülant dozlarında değişimler olabilecektir.
- Yapılan fizikokimyasal arıtılabilirlik çalışmaları esnasında, her iki organize sanayi bölgesi atıksuları için demir (III) klorürün alüme göre daha düşük dozlarda alüme elde edilen giderim verimlerine yakın sonuçlar sağladığı tespit edilmiştir. Fakat tüm çalışma sonuçlarını değerlendirecek olursa alüm kullanılarak yapılan fizikokimyasal arıtım sonuçlarında en yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Arıtımın kimyasal maliyeti bakımından da en ekonomik koagülant alüm olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre EOSB ve EHÜOSB atıksularının fizikokimyasal olarak arıtılabilirliğinde alümün kullanılması uygun görünmektedir.
- Mevcut durumda her iki OSB'nin atıksularını Elazığ Belediyesi'nin işletmekte olduğu atıksu arıtma tesisine verilmelerinde bir sakınca görülmemekle birlikte bu atıksuların periyodik olarak izlenmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1]. **Toröz İ., Turan M., Alp K.,** 1998. GAP bölgesindeki OSB çevre yatırım stratejisi, *GAP 2. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 80626, Harran Üniversitesi.
- [2]. **Sarıkaya H. Z., Meriç S., Toröz İ.,** 1996. Organize sanayi bölgelerinde arıtma tesisi maliyet tahmini ve katılım paylarının belirlenmesi, *İTÜ 5. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, İstanbul, s. 37-47.
- [3]. **Arık K. S.,** 2012. Organize sanayi bölgeleri atıksu arıtma tesisi çıkış sularının geri kullanımının araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- [4]. **Bilgin M.H., Ar S.,** 2004. İstanbul organize sanayi bölgeleri ve siteleri, *İTO*, Yayın No:2004-67, İstanbul.
- [5]. **Çezik A., Eraydın A.,** 1982. Türkiye’de organize sanayi bölgeleri (1961-1981), *DPT Yayınları*, Yayın No:1839, Ankara.
- [6]. **Eyüboğlu D.,** 2005. 2000’li yıllarda organize sanayi bölgelerimiz, *Verimlilik Dergisi*, 2005(3): 49-80.
- [7]. **Anonim,** 2009. 4562 organize sanayi bölgeleri kanunu, 22 Ağustos 2009 tarih ve 27327 sayılı Resmi Gazete, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Ankara.
- [8]. **Onat E.,** 1969. Organize sanayi bölgeleri fiziki planlama esasları, *TOBB Yayını*, Ankara, s. 9.
- [9]. **Akdoğan, L.,** 1983. Türkiye’de ve dünyada sanayi bölgeleri ve uygulamaları, *TOBB Yayını*, Ankara, Yayın No: 311, s. 9.
- [10]. **Arslan, K.,** 2005. Bölgesel kalkınma farklılıklarının giderilmesinde etkin bir araç: Bölgesel planlama ve bölgesel kalkınma ajansları, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(7), s. 275-294.
- [11]. **Asuman, Y.,** 1986. Türkiye’de OSB uygulaması, *İçişleri Bakanlığı APK Planlama Kurs Notları*, İçişleri Bk. Yay. Yayın No:416, Ankara.
- [12]. **Özdemir, M.,** 1990. Türkiye’de Organize Sanayi Bölgeleri, *TOBB Yayınları*, Yayın No:155, Ankara.
- [13]. **Türkkan, E.,** 2001. Türkiye’de sanayileşme (1980-2000). *Türkiye Ekonomisi Sektörel Analizi*, İmaj Yayıncılık, Ankara.
- [14]. **Şengül, F., Filibeli A., Müezzinoğlu A.,** 1997. Organize sanayi bölgelerinde su kirlenmesi kontrolü: Bir örnek çalışma. *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu-II*, Gebze/Kocaeli, I. Cilt, s. 41-51.
- [15]. **Koçer A., Kaya G.,** 1999. Organize sanayi bölgelerinde ÇED uygulamaları ve karşılaşılan zorluklar, *Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu-II*, Gebze/Kocaeli, I. Cilt, s.561-570.
- [16]. T.C. Resmi Gazete, Organize sanayi bölgeleri uygulama yönetmeliği, 22.08.2009, 27327.

- [17]. **Solmaz, A.**, 2010. Türkiye'deki organize sanayi bölgeleri için örnek bir atıksu arıtma tesisi tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [18]. **Kav M. F.**, 2011. Adana Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma tesisi çıkış sularının ileri arıtma yöntemleri (fizikokimyasal yöntemler: pıhtılaştırma+yumaklaştırma+perlit filtrasyon) kullanılarak tekstil endüstrisinde proses suyu olarak geri kazanılabilirliğinin 77 araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [19]. <http://biyologlar.com/index.php/kunena/94-Ekotoksikoloji-ve-%C3%87evreSa%C4%9F1%C4%B1%C4%9F%C4%B1/7341-endustri-atik-sulari>, 21 Kasım 2016.
- [20]. **Gönüllü M. T.**, 2004. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü, Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [21]. **Kuziemska, I.**, 1980. Application of water extract of brown coal fly ash to phosphate precipitation from polluted waters, *Water Research*, 14, 1289-1293.
- [22]. **Özgen, S., Sürücü, S.**, 1983. Kanalizasyon sularının fizikokimyasal arıtımında sodyum alüminat kullanımı, *Çevre 83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu*, Dokuz Eylül Üniversitesi, ÇT.8, İzmir.
- [23]. **Şengül, F.**, 1983. Tekstil sanayi atıksularında organik madde ve renk giderme ile ilgili laboratuvar model çalışmaları, *Çevre 83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu*, Dokuz Eylül Üniversitesi, SÇ.23, İzmir.
- [24]. **Gürbüz, E.**, 1985. Bazı endüstriyel ve evsel atıksuların fizikokimyasal çöktürme yöntemiyle arıtılması, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir.
- [25]. **Ünlü, A., Uslu, G.**, 1996. Elazığ Elet Entegre Et Tesisleri atıksularının özellikleri ve tasfiye önerileri, Harran Üniversitesi, *GAP I. Mühendislik Kongresi*, Bildiriler Kitabı, s. 502-508.
- [26]. **Ünlü, A., Hasar, H., İpek, U.**, 1998. Elazığ Organize Sanayi Bölgesi atıksularının karakterizasyonu. *I. Atıksu Sempozyumu*, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, s.380-383.
- [27]. **Günşen, U., Anar, Ş.**, 2000. Bursa'da faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının kirletici etkilerinin araştırılması. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 7(2), s. 43-51.
- [28]. **Özcan, P.**, 2001, Mezbaha endüstrisi atıksularında magnezyum amonyum fosfat çöktürmesi ile azot giderimi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.
- [29]. **Üstün, G. E., Solmaz, S.K.A., Kestioğlu, K.**, 2002. Bir organize sanayi bölgesinde kirlenme profili ve kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları, *8. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, s. 127-134, İstanbul.
- [30]. **Semerjian, L., Ayoub, G.M.**, 2003. High-pH-magnesium coagulation flocculation in wastewater treatment, *Advances in Enviromental Research*, 7: 389-403.
- [31]. **Üstün, G. E., Solmaz, S.K.A., Kestioğlu, K.**, 2004. Organize sanayi bölgelerinde atıksu arıtımı: Bursa'dan bir O.S.B. örneği. Uludağ Üniversitesi, *Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, s.1, Görükle 16059, Bursa.

- [32]. **Eker, A., Çiner. F.**, 2004. Sivas Organize Sanayi Bölgesi'nde atıksu karakterizasyonu ve arıtma alternatifleri, DEÜ Mühendislik Fakültesi, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 6, Sayı: 3, s. 97-112.
- [33]. **Satyanarayan, S., Ramakant, Vanerkar, A.P.**, 2004. Conventional approach for abattoir wastewater treatment. *environmental technology*, Vol: 26, p. 441-447.
- [34]. **Şanlı, N.**, 2006. Deri sanayi atıksularının kimyasal koagülasyon ve elektrokoagülasyon ile arıtımı, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze.
- [35]. **Yonar, G.K.**, 2006. Respirometrik yöntemle değişik endüstriyel atıksuların birlikte arıtılabilirliğinin araştırılması, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa.
- [36]. **Amuda, O.S., Alade, A.**, 2006. Coagulation/flocculation process in the Treatment of abattoir wastewater, desalination, 196: 22-31.
- [37]. **Üstün, G. E., Solmaz, S.K.A.**, 2007. Bir organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması, *Ekoloji Dergisi*, Cilt: 16, No: 62, s. 55-61.
- [38]. **Akyatan G.**, 2010. Organize sanayi bölgesi atıksularının magnezyum flokülasyonu ile arıtılabilirliğinin incelenmesi ve klasik koagülantlarla karşılaştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- [39]. **Özyonar, F., Karagözoğlu, B.**, 2011. Mezbaha atıksularından KOİ, yağ-gres ve bulanıklık giderimi üzerine bir çalışma: Kimyasal koagülasyon prosesiyle ön arıtımı, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, *Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt: 32, No:1, Sivas.
- [40]. Elazığ Organize Sanayi Bölgesi firmalar tanıtım kataloğu, 2014.
- [41]. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ELAZIG>, 06 Haziran 2017.
- [42]. <http://web.firat.edu.tr/cografya/eg/dogal.html>, 06 Haziran 2017.
- [43]. **Gürtekin, E., Ünlü, A.**, 2010. Elazığ Organize Sanayi ve Hayvan Ürünleri Organize Sanayi Bölgesi atıksularının değerlendirilmesi, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, s. 55-60.
- [44]. Standart Methods for Examination of Water and Wastewater, 17th ed. A.P.H.A/ A.W.W.A/W.E.F., 1992, Washigton, DC.
- [45]. **Tchobanoglous, G., Burton, F.L.**, 1990. Wastewater Engineering, Medcalf&Eddy, Inc., p 16-17.
- [46]. **Üstün, G.E.**, 2001. Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi atıksularının özellikleri ve atıksu arıtılabilirlik çalışmaları, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa.
- [47]. **Anonim.** 1991. WPCF Manuel of Practice No.8, pp. 52.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kahramanmaraş'ta tamamladıktan sonra Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında, çift anadal programı dahilinde Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden de 2014 yılında mezun oldu. 2013 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine ve 2014 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.

