

1942

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ • FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL EVSEL ATIKSULARI İÇİN
KİMYASAL ARITMANIN FİZİBİLİTESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Z.BANU ÖZCAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Haziran 1991

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Temmuz 1991

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Derin Orhon

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Ethem Gönenc

Prof.Dr. Veysel Eroğlu

**Yükseköğretim Bakanlığı
Dokümantasyon Birimi**

TEMMUZ 1991

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesinde her türlü destek ve yardımı esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Derin ORHON' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Çevre Müh. Bölümündeki tüm öğretim elemanlarına ve Çevre Kimyası Laboratuvarı personeline, tezin yazımını gerçekleştiren Yük. Müh. Tuncer AKSU' ya ve moral bakımından destek olan tüm arkadaşlarıma; ayrıca tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Z.Banu ÖZCAN

Haziran 1991

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

NOTASYON LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xv
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi.....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	2
BÖLÜM 2. İSTANBUL'UN ATIKSULARININ UZAKLAŞTIRILMASI.....	3
2.1. İstanbul'un Atıksu Sorunu.....	3
2.2. İstanbul'un Atıksularının Uzaklaştırılması İle İlgili Çalışmalar.....	4
2.2.1. Genel Kanalizasyon Projesi.....	4
2.2.2. Wild Çalışması.....	4
2.2.3. Kehr Çalışması.....	5
2.2.4. DAMOC Master Planı.....	5
2.2.5. Scandia-Consult Çalışması.....	7
2.2.6. Camp. Tekser Revize Master Planı.....	7
2.2.7. Diğer Çalışmalar.....	9
2.2.8. Büyük İstanbul Kanalizasyon Projesi...	9
2.3. İstanbul Kentinden Kaynaklanan Evsel ve Endüstriyel Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yükleri.....	12
2.3.1. Atıksu Oluşum Bölgeleri.....	12
2.3.2. Evsel Atıksu Miktarları.....	12
2.3.3. Evsel Kirlilik Yükleri.....	12
2.3.4. Endüstriyel Atıksu Miktarları.....	13
2.3.5. Endüstriyel Kirletici Yükleri.....	14
2.3.6. İnfiltrasyon.....	14
2.3.7. İstanbul Metropolitan Alanı İçin Toplam Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yükleri.....	14
2.4. Besi Maddelerinin (Nütrient) Önemi.....	19

2.4.1. Besi Maddesi Kontrolü.....	20
2.4.2. Fosfor ve Azotun Kaynağı Miktarı ve Giderim Metodları.....	21
2.4.2.1. Fosfor.....	21
2.4.2.2. Azot.....	23
2.4.3. İstanbul İçin Azot ve Fosfor Kontrolünün Önemi.....	24
BÖLÜM 3. EVSEL ATIKSULARIN KARAKTERİZASYONU.....	25
3.1. Evsel Atıksuların Kirletici Konsantrasyonlarına Göre Sınıflandırılması.....	25
3.2. Evsel Atıksularda Kirleticilerin Partikül Boyutlarına Göre Sınıflandırılması.....	26
BÖLÜM 4. YENİKAPI ÖN ARITMA TESİSİ'NİN TANITILMASI VE ATIKSU KARAKTERİZASYONU.....	29
4.1. Tesise Gelen Kollektör ve Tünellerin Tanıtılması.....	29
4.2. Tesisin İşleyişi.....	31
4.2.1. Kaba Izgara Ünitesi.....	32
4.2.2. Giriş Pompa İstasyonu.....	32
4.2.3. Ön Arıtma Birimi.....	32
4.2.4. Çıkış Pompa İstasyonu.....	33
4.3. Yenikapi Ön Arıtma Tesisi'ne Gelen Atıksuların Karakterizasyonu.....	33
BÖLÜM 5. EVSEL ATIKSULARIN KİMYASAL ARITILMASI.....	40
5.1. Tarihsel Gelişimi.....	40
5.1.1. İngiltere'de Gelişimi.....	40
5.1.2. A.B.D. 'de Gelişimi.....	42
5.2. Kimyasal Koagülasyon.....	47
5.2.1. Prosesin Tanımı.....	48
5.2.2. Kimyasal Koagülasyonla Fosfor Giderilmesi.....	49
5.2.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	54
5.2.3.1. Alum İlavesi.....	54
5.2.3.2. Fe(3) Klorür İlavesi.....	56
5.2.3.3. Fe(2) Sülfat İlavesi.....	56
5.2.3.4. Kireç İlavesi.....	57
5.2.3.5. Polimer Kullanımı.....	57
BÖLÜM 6. DENEYSEL YAKLAŞIM.....	58
6.1. DeneySEL Plan.....	58
6.2. Analitik Metotlar.....	58

6.2.1. Jar Test için Gerekli Ekipman.....	60
6.2.2. Optimum PH'nın Saptanması.....	60
6.2.3. Optimum Dozajın Saptanması.....	61
BÖLÜM 7. DENEYSEL SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME.....	63
7.1. Alum Kullanılarak Yapılan Deneyler.....	63
7.1.1. Alum Kullanımına PH Etkisi.....	63
7.1.2. Alum Kullanımına Dozaj Etkisi.....	67
7.2. FeCl ₃ Kullanılarak Yapılan Deneyler.....	74
7.2.1. FeCl ₃ Kullanımına PH Etkisi.....	74
7.2.2. FeCl ₃ Kullanımına dozaj etkisi.....	77
7.2.2.1. pH 5 Değerinde FeCl ₃ Dozajının Etkisi.....	77
7.2.2.2. pH Ayarlamadan FeCl ₃ Dozajının Etkisi.....	80
7.2.3. FeCl ₃ + Polimer Kullanımı (pH ³ Ayarlamadan).....	82
7.3. FeSO ₄ Kullanılması.....	86
7.4. FeCl ₃ +Kireç+Polimer Kullanılarak Yapılan Deneyler.....	88
7.4.1. FeCl ₃ +Kireç+Polimer Kullanımına Polimer Etkisi.....	89
7.4.2. FeCl ₃ +Kireç+Polimer Kullanımına Dozaj Etkisi.....	90
7.4.2.1. pH 8 için Yapılan Çalışma...	90
7.4.2.2. pH 9 için Yapılan Çalışma...	92
BÖLÜM 8. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME.....	95
KAYNAKLAR.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	101

NOTASYON LİSTESİ

- BOI₅ : 5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
KOI : Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/l)
AKM : Askıda katı madde (mg/l)
TKN : Toplam Kjeldahl azotu (mg/l)
NH₃-N : Amonyak azotu (mg/l)
TP : Toplam fosfor (mg/l)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Büyük İstanbul Kanalizasyon Sistemi Tam Arıtma Tesisleri.....	11
Şekil 4.1. Güney Haliç Kanalizasyon Projesi.....	29
Şekil 4.2. Yenikapı Ön Arıtma Tesisi İşleyiş Şeması.....	31
Şekil 6.1. Jar Test Düzenneği.....	60
Şekil 7.1. 100 mg/l alum ilavesi ile elde edilen KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının pH ya göre değişimi....	63
Şekil 7.2. 100 mg/l alum ilavesi ile elde edilen KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin pH ya göre değişimi.....	65
Şekil 7.3. 200 mg/l alum ilavesi ile elde edilen KOI, AKM çıkış konsantrasyonlarının pH ya göre değişimi.....	66
Şekil 7.4. 200 mg/l alum ilavesi ile elde edilen KOI, AKM giderim verimlerinin pH ya göre değişimi.....	66
Şekil 7.5. pH 5.5. değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının alum dozajı ile değişimi.....	68
Şekil 7.6. pH 5.5. değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin alum dozajı ile değişimi.....	69
Şekil 7.7. pH 6.0. değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının alum dozajı ile değişimi.....	70
Şekil 7.8. pH 6.0. değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin alum dozajı ile değişimi.....	70
Şekil 7.9. pH 7.0. değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının alum dozajı ile değişimi.....	71

Şekil 7.10. pH 7.0. değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin alum dozağı ile değışimi.....	72
Şekil 7.11. 200 mg/l FeCl ₃ ilavesi ile elde edilen KOI, AKM, TKN, TP çıkış konsantrasyonlarının pH ya göre değışimi.....	75
Şekil 7.12. 200 mg/l FeCl ₃ ilavesi ile elde edilen KOI, AKM, TKN, TP giderim verimlerinin pH ya göre değışimi.....	76
Şekil 7.13. pH 5.0. değerinde, KOI, AKM ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeCl ₃ dozağı ile değışimi.....	78
Şekil 7.14. pH 5.0. değerinde, KOI, AKM ve TP giderim verimlerinin FeCl ₃ dozağı ile değışimi.....	78
Şekil 7.15. pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeCl ₃ dozağı ile değışimi.....	81
Şekil 7.16. pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin FeCl ₃ dozağı ile değışimi.....	82
Şekil 7.17. pH ayarlamadan, 2 mg/l polimer ilavesi ile KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeCl ₃ dozağı ile değışimi.....	84
Şekil 7.18. pH ayarlamadan, 2 mg/l polimer ilavesi ile KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin FeCl ₃ dozağı ile değışimi.....	84
Şekil 7.19. pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeSO ₄ dozağı ile değışimi.....	87
Şekil 7.20. pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin FeSO ₄ dozağı ile değışimi.....	87
Şekil 7.21. 100 mg/l FeCl ₃ + 2 mg/l polimer ve Ca(OH) ₂ ilave edilen atıksuda, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının pH ile değışimi.....	89
Şekil 7.22. 100 mg/l FeCl ₃ + 2 mg/l polimer ve Ca(OH) ₂ ilave edilen atıksuda, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerini pH ile değışimi.....	89

Şekil 7.23.KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyon-
larının FeCl₃ ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH yı 8'e³ getirecek kadar Ca(OH)₂
ilave edilmiştir).....91

Şekil 7.24.KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin
FeCl₃ ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH
yı 8'e³ getirecek kadar Ca(OH)₂ ilave
edilmiştir).....91

Şekil 7.25.KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyon-
larının FeCl₃ ile değişimi (2 mg/l
polimer ve ³pH yı 9'e getirecek kadar
CaO ilave edilmiştir).....93

Şekil 7.26.KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin
FeCl₃ ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH
yı 9'a³ getirecek kadar CaO ilave
edilmiştir).....93



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 İstanbul Metropolitan alanı için WMT esaslarına göre hesaplanan kirletici konsantrasyonları.....	13
Tablo 2.2 İstanbul için evsel kirlenmenin hesabında esas alınan birim kirlilik yükleri ve konsantrasyonları [1].....	13
Tablo 2.3 Endüstriyel atıksular için deşarja esas kirletici konsantrasyonları.....	14
Tablo 2.4 İstanbul Metropolitan alanından kaynaklanan atıksu miktarları ve kirlilik yükleri (1990 yılı için), [6].....	15
Tablo 2.5 İstanbul Metropolitan alanından kaynaklanan atıksu miktarları ve kirlilik yüklerinin bölgelere göre dağılımı (1990 yılı için), [6].....	16
Tablo 2.6 İstanbul Metropolitan alanından kaynaklanan atıksu miktarları ve kirlilik yükleri (2020 yılı için), [6].....	17
Tablo 2.7 İstanbul Metropolitan alanından kaynaklanan atıksu miktarları ve kirlilik yüklerinin bölgelere göre dağılımı (2020 yılı için), [6].....	18
Tablo 2.8 Evsel atıksularda görülen fosfor değerleri..	22
Tablo 2.9 Evsel atıksularda görülen azot değerleri....	23
Tablo 3.1 Evsel atıksuların tipik bileşimi (mg/l), [12], [13].....	25
Tablo 3.2 Atıksudaki organik maddelerin kompozisyonu [14], [15].....	26
Tablo 3.3 Munck'a göre atıksudaki kirleticilerin sınıflandırılması.....	27

Tablo 3.4	İsveç'teki Eskilstuna atıksu arıtma tesisine gelen atıksudaki metal konsantrasyonunun askıda katılarla birleşen yüzdesi.....	27
Tablo 4.1	18.10.1990 tarihli numunenin karakterizasyonu.....	34
Tablo 4.2	18.10.1990 tarihli numunede bazı kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı.....	34
Tablo 4.3	30.11.1990 tarihli numunenin karakterizasyonu.....	34
Tablo 4.4	30.11.1990 tarihli numunede bazı kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı.....	35
Tablo 4.5	4.1.1991 tarihli numunenin karakterizasyonu.....	35
Tablo 4.6	4.1.1991 tarihli numunede kirleticiler partikül boyutlarına göre dağılımı.....	35
Tablo 4.7	28.2.1991 tarihli numunenin karakterizasyonu.....	36
Tablo 4.8	28.2.1991 tarihli numunede kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı.....	36
Tablo 4.9	21.3.1991 tarihli numunenin karakterizasyonu.....	36
Tablo 4.10	21.3.1991 tarihli numunedeki kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı.....	37
Tablo 4.11	10.4.1991 tarihli numunenin karakterizasyonu.....	37
Tablo 4.12	10.4.1991 tarihli numunedeki kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı.....	37
Tablo 4.13	Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nden alınan numune lerin kirletici konsantrasyonlarının minimum ve maksimum değerleri.....	38
Tablo 4.14	Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelen atıksuların kirleticilerinin partikül boyutlarına göre dağılımının ortalaması....	39
Tablo 5.1	A.B.D. 'de bazı uygulamaların tarihleri, patent sahipleri ve uygulanan kimyasallar...	46
Tablo 5.2	Birinci ve ikinci kademe arıtmalarda, metal tuzu ilavesinin olduğu ve olmadığı durumlarda P, AKM ve BOI giderimleri.....	50
Tablo 5.3	Kimyasal ilavesinin uygulama noktaları ve uygulanan kimyasal tipinin dağılımı.....	50

Tablo 5.4 A.B.D. de Al(3) ve Fe(3) kullanılması ile yapılan bazı birinci kademe arıtmalarda alınan sonuçlar [10].....	51
Tablo 5.5 Ontario' daki bazı arıtılabilirlik çalışmaları [10].....	51
Tablo 5.6 CCCSD'de kireç ve FeCl ₃ ilavesi ile alınan sonuçlar [27].....	52
Tablo 5.7 Koagülant olarak kireç kullanılan evsel atıksuların kimyasal çöktürülmesi (Bank ve Butwell, 1981) [28].....	52
Tablo 5.8 Evsel atıksuların kimyasal koagülasyonunda FeCl ₃ ün kireçle birlikte kullanılması (Bank ve Butwell, 1981) [28].....	53
Tablo 5.9 Norveç' te 56 kimyasal arıtma tesisinden elde edilen 1995 yılı ortalama sonuçları [15].....	53
Tablo 7.1 Giriş konsantrasyonları KOI :530 mg/l, AKM:600 mg/l, TKN: 86.8 mg/l ve TP: 13 mg/l olan atıksuya 100mg/l alum (15.8 mg/l Al) ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	64
Tablo 7.2 Giriş konsantrasyonları KOI :1430 mg/l ve AKM:2160 mg/l, olan atıksuya 200mg/l alum ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	65
Tablo 7.3 Giriş konsantrasyonları KOI : 280 mg/l, AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya pH:5.5 değerinde 50-300 mg/l alum ilavesi ile elde edilen sonuçlar.....	68
Tablo 7.4 Giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l, AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya pH:6 değerinde 50-300 mg/l alum ilavesi ile elde edilen sonuçlar.....	69
Tablo 7.5 Giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l, AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya pH:7 değerinde 50-300 mg/l alum ilavesi ile elde edilen sonuçlar.....	71
Tablo 7.6 Giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l, AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya 200 mg/l FeCl ₃ (Fe ³⁺ =69 mg/l, Fe/P mol oranı 5.16) ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	75
Tablo 7.7 pH 5'de, giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l, AKM:116 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya FeCl ₃ ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	77

Tablo 7.8 Giriş değerleri KOI :345 mg , AKM:334 mg/l, TKN : 33.5 mg/l, TP: 3.9 mg/l ve pH: 7.3 olan atıksuya 50-300 mg/l FeCl_3 ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	81
Tablo 7.9 Polimer Seçimi (100 mg/l Fe Cl_3 ilavesi ile).....	83
Tablo 7.10 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH: 7.2 olan atıksuya pH ayarlaması yapılmadan FeCl_3 ve polimer ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	83
Tablo 7.11 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH: 7.2 olan atıksuya pH ayarlaması yapılmadan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	86
Tablo 7.12 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l olan atıksuya 100 mg/l FeCl_3 + 2mg/l polimer ve Ca(OH)_2 ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	88
Tablo 7.13 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l olan atıksuya FeCl_3 + 2mg/l polimer ve pH yı 8'e getirecek kadar Ca(OH)_2 ilavesiyle elde edilen sonuçlar.....	90
Tablo 7.14 Giriş değerleri KOI :345 mg/l, AKM:334 mg/l, TKN :33.5mg/l, TP: 3.9 mg/l olan atıksuya FeCl_3 + 2mg/l polimer ve pH yı 9'e getirecek kadar CaO ilavesiyle elde edilen sonuçlar...	92
Tablo 8.1 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelen evsel atıksularda kirletici parametrelerin ortalama değerleri.....	95
Tablo 8.2 Ölçülen kirletici parametrelerin partikül boyutlarına göre dağılımı.....	96

ÖZET

Uygulamadaki İstanbul Büyük Kanalizasyon Projesi çerçevesinde halihazırda ön arıtma ve derin deniz deşarjı yapılan Yenikapı Ön Arıtma Tesisi için ileride biyolojik arıtmaya geçilmesi planlanmaktadır. Ancak biyolojik arıtma yanında diğer alternatiflerin de fizibilitesinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, bu tez çerçevesinde Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelen kentsel atıksuların koagülasyon-flokülasyon esasına dayalı kimyasal arıtılabilirliği incelenmiştir.

Birinci bölümde, yapılan çalışmanın amaç ve kapsamı açıklanmış ve önemi vurgulanmıştır.

İkinci bölümde, İstanbul'un evsel atıksularının uzaklaştırılmasıyla ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalardan bahsedilmiş, İstanbul kentinden kaynaklanan evsel ve endüstriyel atıksuların miktarları ve kirlilik yükleri verilmiş ve besi maddelerinin İstanbul için önemi belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde, genel olarak evsel atıksuların karakterizasyonları ve kirletici parametrelerin partikül boyutlarına göre sınıflandırılmalarından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, Yenikapı Ön Arıtma Tesisi tanıtılmış ve tesise gelen atıksuların karakterizasyonları verilmiştir.

Beşinci bölümde, evsel atıksuların kimyasal arıtımının tarihsel gelişimi, kimyasal koagülasyon prosesinin tanımlanması, kimyasal ilavesi ile fosfor giderimi ve kullanılan kimyasallar incelenmiştir.

Altıncı bölümde, yapılan deneysel çalışmalar ve analitik yöntemler tanıtılmıştır.

Yedinci bölümde, Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nden alınan evsel atıksular üzerine yapılan kimyasal koagülasyon çalışmaları anlatılmıştır.

Sekizinci bölümde, genel bir değerlendirme yapılarak sonuçlar açıklanmıştır.

SUMMARY

FEASIBILITY OF CHEMICAL TREATMENT FOR ISTANBUL DOMESTIC WASTEWATER

Istanbul is one of the oldest cities in the world, housing 12 percent of Turkey's population and a great majority of its industrial activities. The migration from Anatolia to Istanbul brought rapid population increase together with unhealthy construction. Excess population, unplanned developments of industries caused infrastructure problem in Istanbul Metropolitan Area. Several studies have been conducted to solve Istanbul sewerage problem for many years. Some of these studies conducted by Wild, Kehr, DAMOC and CAMP - TEKSER are explained in the second chapter. Istanbul Metropolitan Sewerage Project is also explained in the same chapter. In this project, settlement areas are divided into eleven separate sewage collection zones. A complete network of sewer and interceptors ending at 15 different treatment and discharge points are planned. Eight of these involve full biological treatment plants prior to marine discharges, while the remaining seven include only pretreatment consisting of coarse and fine screens and grit removal, then deep marine outfall into lower stream of Bhosphorus.

The areas where wastewater are formed, sewage flows, pollution loads, the flow and load fraction of industrial wastewaters and infiltration rates are calculated for each of the drainage areas in Istanbul. Taking into account these data, the total flow and pollution loads of wastewater for each area in Istanbul are given for the years of 1990 and 2020.

The source and quantity of nutrient and removal methods for phosphorus and nitrogen are given in the same chapter. Also, importance of nitrogen and phosphorus control for Istanbul is pointed out. Excess pollution in Bhosphorus and Bhosphorus/Marmara mixing zone is caused by nutrient loads discharged from lands. Some studies have shown that phosphorus and nitrogen loads sourced from Istanbul are 1.03 and 1.6 respectively times the load sourced from Blacksea while TOC load sourced from Blacksea 16 times than the load sourced from Istanbul. So, nutrient removal is more important than the carbonaceous

substances removal in Istanbul. Enhanced nutrient removal can be only achieved by applying advanced biological treatment systems. However, chemical treatment methods can also provide efficient nutrient removal beside the COD, BOD and SS removal in accordance with the chemical treatment method chosen.

In the third chapter, typical data on the individual pollutants found in domestic wastewater are reported and depending on the concentrations of these pollutants, wastewater is classified as strong, medium or weak. The classifications of contaminants in municipal wastewater in terms of the particle size that they appear is also shown according to Balmat and Munck. In these classifications, the organic contaminants in wastewater are separated into four size fractions as settleable, supracolloidal, colloidal and soluble.

In the fourth chapter, Yenikapı Pretreatment Plant and the interceptors and the tunnels which transport the sewage to the pretreatment plant are described. The operation of this plant is explained. In the same chapter, characterization of the raw wastewater coming to the pretreatment plant is made on the 6 samples taken from the effluent of grit chamber. These samples are 4 hours composite samples collected with half and hour interval. Also, classifications of pollutants in terms of particle size distribution is also shown for each sample in this chapter. It can be seen from the characterization made on these 6 samples that concentrations of the parameters vary in a very wide range. For example, COD value in the sample with the date of 4 th.1.1991 is 280 mg/l, whereas this value in the sample with the data of 3th.11.1990 is 1430 mg/l. The reason of this variability is that the leather industry wastewater sometimes contaminates to the plant. The maximum and the minimum concentrations of some parameters from Yenikapı Pretreatment Plant are shown in Table 1.

Table 1. Minimum and Maximum Values of Some Parameters of Samples belong to Yenikapı Pretreatment Plant

Parameter (mg/l)	minimum	maximum
BOD ₅	110	425
COD	280	1430
TP	39	13
TKN	27	92
SS	116	2160

In this study, the classification of parameters in terms of the particulate size distribution is different from the classification made by Munck. It is shown in Table 2.

Table 2.

Parameter	SOLUBLE	COLLOIDAL	SETTLEABLE
BOD ₅ (% of total)	61	15	24
COD (")	95	26	39
IP (")	50	21	29
TKN (")	57	26	17

In the fifth chapter, history of the chemical treatment of sewage in England and United States is illustrated. The chemical coagulation is described. Chemical coagulation and chemical used for phosphorus removal are reported in this chapter. During this study alum, ferric chloride, ferrous sulphate, ferric chloride and lime were used to precipitate phosphate in Yenikapı sewage.

In the sixth chapter, experimental approaches of the study are described. The equipment required to define the optimum operating conditions for coagulation and jar test are explained. In the jar test experiments, coagulant solutions were added to the six beakers and mixed rapidly at 100 rpm for one minute. Then, it was flocculated at 20-25 rpm for 20 minutes and after flocculation, paddles were removed and it was allowed to settle for 30 minutes. Instruments and instrumental techniques which are available for measuring the parameters used in this study are pointed out.

In the seventh chapter, experimental results are given and evaluated. In experiments, in which several coagulants were used both the optimum dosage of chemicals and optimum pH were investigated.

Firstly, alum was used for chemical coagulation. To determine the optimum pH for coagulation with alum, 100 mg /l and 200 mg /l alum were added into the different samples taken from Yenikapı sewage and pH was adjusted to 3, 4, 5, 6, 7, 8 in each sample. When 200 mg/l alum was added, COD and SS were measured in the supernatant. In addition of these parameters TKN and IP were measured in

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Özellikle Haliç, Boğaz ve Marmara kıyılarında yoğunlaşan kirlenmenin kontrol altına alınması, Marmara-Boğazlar sistemine verilen atıksuların kirletici özelliklerine uygun arıtma teknolojilerinin uygulanmasıyla sağlanabilir. Bunun için öncelikle kirletici kaynakların, oluşan atıksu miktarlarının ve kirletici yüklerinin saptanması gerekir.

Marmara Denizi gözönüne alındığında, karasal kökenli kirlenmeyi yansıtan atıksu debileri ve kirletici yüklerin yanı sıra, Karadeniz'den gelen kirletici yükler de dikkate alınmalıdır. Marmara denizi için yapılan çeşitli modelleme çalışmaları, Karadeniz'den alt akımlarla gelen organik karbon yükünün, İstanbul kaynaklı organik karbon yükünün 16 katı olduğunu göstermiştir. Buna karşı, aynı modelleme çalışmalarında 1990 yılı için İstanbul'dan oluşacağı hesaplanan azot ve fosfor yükleri, Karadeniz'den gelenlere oranla sırasıyla 1.6 ve 1.03 katı olarak bulunmuştur. Bu nedenle İstanbul'da azot ve fosfor yüklerinin birikiminden ileri gelen kirlenmenin önlenmesi için, organik karbon giderimine yönelik konvensiyonel biyolojik arıtma türleri uygulamak büyük bir yarar sağlamayabilir. Günümüzde İstanbul için derin deniz deşarjları öncesi ön arıtma sistemlerinin ileride biyolojik arıtmaya çevrilmesi planlanmaktadır. Ancak gerek arazi kullanımının kısıtlı olması gerekse biyolojik arıtmaya bir alternatif oluşturması bakımından kimyasal arıtma uygulaması da değerlendirmeye alınabilir.

Bu tez çerçevesinde, İstanbul Yenikapı Ön Arıtma

tesisine gelen kentsel atıksuların kimyasal olarak arıtılabilirliği incelenmiştir.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Çalışmanın esas amacı, Yenikapı Ön Arıtma Tesisine gelen kentsel atıksuların biyolojik olarak arıtılabilirliğine bir alternatif olması bakımından koagülasyon-flokülasyon esasına göre kimyasal arıtmanın uygulanabilirliği ve ayrıca bu yöntemin doğal sonucu olarak fosfor gideriminin incelenmesidir.

Bu amaç çerçevesinde,

— İstanbul atıksu uzaklaştırma sistemlerinin tarihsel gelişimi ve en son durumunun tanımlanması

— Evsel atıksuların genel karakterizasyonunun incelenmesi

— Yenikapı Ön Arıtma Tesisinin tanıtılması ve atıksu karakterizasyonu yapılması

— Evsel atıksuların kimyasal arıtılmasının tarihsel gelişiminin incelenmesi, koagülasyon prosesinin tanımlanması ve kimyasal ilavesi ile fosfor gideriminin incelenmesi

— Kullanılan deneysel metodlar ve analitik yöntemlerin tanımlanması

— Deneysel çalışmaların yürütülmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır.

BÖLÜM 2. İSTANBUL'UN ATIKSULARININ UZAKLAŞTIRILMASI

2.1 İstanbul'un Atıksu Sorunu

Dünyanın en eski kentlerinden biri olan İstanbul 5712 km² yüzölçümüne sahip olup, Türkiye nüfusunun %12 sini barındırmaktadır. 1950'li yıllarda başlayan göç ve hızlı nüfus artışıyla İstanbul'un bugünkü nüfusu 7 milyonu aşmıştır. D. ORHON, İstanbul'un nüfusunun her yıl ortalama 300000 - 350000 arttığının ve her yıl 200000'i aşkın bir nüfusun kente göç ettiğinin tahmin edilmekte olduğunu belirtmiş ve sorunun boyutları hakkında bir fikir vermesi açısından her yıl orta büyüklükteki bir Avrupa kentinin tüm çevre sorunlarıyla İstanbul kentine ekleniyor gibi düşünülmesini ifade etmiştir [1]. Ayrıca Türk sanayiinin yaklaşık %50 si de, nüfus artışı %5 i geçen bu ilin sınırları içindedir. Şehrin alt yapısındaki gelişmeler, üst yapısında meydana gelen sanayiinin plansız gelişimine ve sağlıklı kentleşmeye uyum sağlayamamış ve özellikle Haliç, Boğaz ve Marmara kıyılarında yoğun bir çevre sorununa yol açmıştır.

İstanbul için gerekli kanalizasyon şebekelerinin uzunluğu 8000 km'yi geçmektedir. Bunun tamamına yakınının projeleri yapılmış ve yaklaşık 6000 km lik kısmı da inşa edilmiştir. Ancak İSKİ kayıtlarına göre İstanbul'un kanalizasyon yapısının %80 lik kısmı bakım, onarım ve yenileme gerektirmektedir. Kanalların yıpranmasının en önemli sebeplerinden biri endüstriyel atıksuların bir ön arıtmadan geçirilmeden kanallara verilmesidir. Yürürlükteki yönetmeliklere göre sanayi tesislerinin atıksularını kanala bağlamaları zorunludur, ancak çoğunda ön arıtma

bulunmamaktadır [1].

2.2 İstanbul'un Atıksularının Uzaklaştırılması ile İlgili Çalışmalar

İstanbul'da kanalizasyon sistemlerinin yapımı, Cumhuriyet öncesi dönemlere dayanır. Çeşitli tarihlerde yapılan projelendirme ve master plan çalışmalarıyla geliştirilen sistemler aşağıda sıralanmıştır.

2.2.1 Genel Kanalizasyon Projesi

1918-1920 yıllarında Fransızlar tarafından "Genel Kanalizasyon Projesi" hazırlanmıştır. Fatih, Lâleli ve Beyazıt semtlerinde bu projeye göre inşa edilen bazı kanallar hala çalışmaktadır [2].

2.2.2 Wild Çalışması

1918-1920 yılları arasında bugünkü yerleşim alanına göre çok dar bir bölgeyi kapsayan ve bir Fransız firmasınca başlatılan İstanbul Genel Kanalizasyon Projesi'ne 1925-1937 yılları arasında Berlin İmar Müdürü Wild tarafından devam edilmiştir. Öngörülen kanalizasyon sistemi, Haliç'in güneyinde Eyüp, kuzeyinde Beyoğlu, Beşiktaş, Şişli ve Ortaköy, Asya'da Üsküdar ve Kadıköy olmak üzere aşağı yukarı 4000 hektarlık bir alanda 500000 kişi için düşünülmüştür [3].

Wild, evsel atıksular ile yağmur sularının birleşik kanalizasyon sistemiyle toplanmasını ve kaba ızgara ve ön arıtmadan geçirildikten sonra denize deşarj edilmesi prensibini benimsemiştir [4].

2.2.3 Kehr Çalışması

1956-1966 yılları arasında İstanbul şehri atıksularının uzaklaştırılmasıyla ilgili ilk master plan çalışması Alman Prof. Dr. Dietrich KEHR tarafından hazırlanmıştır [4]. Yağmur suyu ve evsel atıksuyun ayırık sistemlerle toplanması esasına dayanan bu projeye göre, yağmur suyunun en yakın su kaynağına (dere veya deniz), evsel atıksuların ise arıtma ve klorlamadan sonra Marmara Denizi'ne ve Boğaz'a deşarj edilmesi öngörülmektedir.

Dr. Kehr, Boğaz'a deşarj edilen düşük özgül ağırlığa sahip atıksuyun yüzeye çıkacağı, rüzgarın ve güneşin etkisi ile içerdği organik maddelerin dağılıp ayrışacağı, böylelikle "ham atığın" özümmleneceği prensibini kabul etmektedir.

Dr. Kehr, Wild planını değiştirerek atıksuyun toplanması ve Boğaz'a deşarjının Haliç kıyısı boyunca döşenecek kollektörlerle yapılmasını önermiş, Haliç'i alıcı ortam olarak kabul etmeyerek, atıksuyun Boğaz'a deşarjı yoluyla Marmara Denizi kıyılarını korumayı amaçlamıştır. Bu projedeki öneriler bugün uygulanan sisteme oldukça benzemektedir.

2.2.4 DAMOC Master Planı

İstanbul'un yetersiz kalan su ve kanalizasyon tesislerinden kaynaklanan sorununa çözüm getirilmesi maksadıyla, Türkiye Cumhuriyeti'nce hazırlanan "talepname" ile Birleşmiş Milletler Kalkınma Fonu'ndan (Özel Fon) yardım istediğinde bulunulmuştur. Özel fon bu talepnameyi aynen kabul ettiğinden Ağustos 1966'da Özel fon, DSİ ve T.C. Hükümeti arasında bir anlaşma imzalanmış; Aralık 1966'da da, DSİ ve DAMOC konsorsiyumu (Daniel, Mann, Johnson, Mendhall, Alvard, Burdick, Hawson-Motor Columbus Checchi and Company) arasında Master Plan ve Fizibilite

Çalışmalarında Teknik ve İdari Müşavirlik antlaşması yapılmıştır [1].

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ve WHO adına, müşavir firmalar konsorsiyumu olan DAMOC, "İstanbul Bölgesi Su Temini ve Kanalizasyon Master Planı ve Fizibilite Etüdü" çalışmalarını 1967-1971 dönemi içinde tamamlamıştır [4]. Kehr projelerinde öngörülen ve Marmara Denizi'ne biyolojik arıtmadan sonra verilecek olan bölgelerin dışındaki atıksuların, Boğaz bölgesinde üstte az yoğun Karadeniz, altta daha yoğun Akdeniz sularının bulunduğu iki farklı deniz tabakasından oluşan ve yeterli akıntıların olduğu yerlere, biyolojik arıtmaya tabi tutulmadan sadece ön arıtmadan sonra deniz deşarjları ile alt tabaka sulara verilmek suretiyle uzaklaştırılmasını öngörmüştür.

Master Plan 2020 yılına kadar olan 50 yıllık bir periyodu kapsar. İlk 5 yılı (1970-1974) I. Aşama, 1975-1985 arası II. Aşama, 1986-2020 arası ise III. Aşama olarak adlandırılmıştır [3].

Damoc Master Planı, şehri 5 kanalizasyon bölgesine ayırır:

1. Batı Bölgesi; batı doğu doğrultusunda Kumburgaz'dan Bakırköy'ün batısına kadar uzanır. Toplam proje nüfusu 2020 yılı için 1242000 olarak hesaplanmıştır. Bu bölgede, kanalizasyon sularının toplanması ve uzaklaştırılması için birbirinden bağımsız iki sistem önerilmiştir. Bunlar Küçükçekmece ve Ataköy'de olmak üzere iki ön arıtma ve derin deniz deşarjı olarak planlanmıştır.

2. Merkezi Avrupa Bölgesi; İstanbul'un Avrupa kısmında Marmara Denizi, Haliç ve Boğaz boyunca uzanır. 2020 yılı nüfusunun 2440000 olacağı kabul edilmiştir. İstanbul içinde en yoğun olan Fatih, Eminönü, Beyoğlu ve Zeytinburnu ile Gaziosmanpaşa, Eşü, Şişli ve Beşiktaş'ın bir

bölümünü kapsar. Kabataş ve Yenikapı olmak üzere 2 ön arıtma ve derin deniz deşarjı planlanmıştır.

3.Kuzey Avrupa ve Asya Bölgesi; Boğaz'ın her iki yanına kapsar. Avrupa kısmında Ortaköy'den Rumeli Kavağı'na, Asya'da Çengelköy'den Anadolu Kavağı'na uzanır. Bu bölgede Baltalımanı, Tarabya, Paşabahçe ve Küçüksu olmak üzere 4 deşarj bölgesi planlanmıştır.

4.Merkezi Doğu Asya Bölgesi; Beylerbeyi'nden Bostancı'ya kadar uzanır. En ekonomik metot olarak, Üsküdar ve Kadıköy'de olmak üzere 2 deşarj yapılması uygun görülmüştür.

5.Kartal ve Adalar Bölgesi; Marmara Denizi'nin kuzey kıyısında İzmit Körfezi'nin girişine kadar uzanır ve Büyükdada, Heybeliada, Burgazada ve Kınalıada olmak üzere 4 adayı içerir. Her bir adanın evsel atıksularını bir noktada toplaması ve böylece adalardan toplam 4 ayrı önarıtma ve derin deniz deşarjı yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca Kartal'ın 1.5 km kuzeybatısında da 1 ön arıtma ve derin deniz deşarjı planlanmıştır.

2.2.5 Scandia- Consult Çalışması:

1970-1971 yıllarında Scandia-Consult firması tarafından "İstanbul Yağmur Suyu Drenajı Master Planı" hazırlanmıştır [2] [4]. Bu master plan esaslarına göre, kentin birçok yerinde yapılan yağmursuyu kanalları ve ana toplayıcılar günümüzde de hâlâ kullanılmaktadır.

2.2.6 Camp. Tekser Revize Master Planı:

1974-1975 yılları arasında; Camp.Tekser Müşavirlik Konsorsiyumu'nca yapılan ve DAMOC Master Planı ve Fizibilite çalışmalarını revize eden Master Plan Çalışması ile

Marmara Denizi ve Boğaz'da oşinografik araştırmalar yapılmıştır, sonuçta Marmara ve Boğaz'a özgü bir durum olan iki tabakalı ortamdan yararlanılması kararlaştırılmıştır [4]. Boğaz'ın Sarayburnu girişinde deniz seviyesinden 30m, Kavaklar çıkışında ise 50 m'nin altında bulunan daha yoğun alt tabakaya verilecek atıksuların %80 oranında seyrelmiş olarak Karadeniz'e ulaşacağı belirtilmiştir.

En ekonomik plan olarak atıksuların toplandıktan sonra Küçükçekmece, Ataköy, Yenikapı-Ahırkapı, Kadıköy, Tuzla, Üsküdar, Tarabya, Paşabahçe ve BaltaLimanı'na getirilmesini öngörmektedir. Ancak çalışmalarda, doğrudan değinilmemekle birlikte Boğaz/Marmara çift tabakalı akım bölgesi içinde kalan deşarjlarla, bu alanın dışında Marmara Denizi ve Karadeniz'de yer alan deşarjlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Boğaz/Marmara sistemi ile aktif taşınma bölgesi dışındaki Tuzla, Küçükçekmece, Büyükçekmece ve batısındaki yerleşim bölgeleri, Adalar ve Terkos için derin deşarj öncesi biyolojik arıtma tesisleri öngörülmüştür.

Camp. Tekser çalışmasının, DAMOC çalışmasından farkları aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [5].

— Kartal açıklarında denizin özümleme kapasitesi çok zayıf olduğundan Kartal'a gelen atıksu Kadıköy'e taşınacaktır.

— Marmara Denizi'nin dip suyunun yerine, Boğaz'ın alt akımına deşarj medilmesi istendiğinden, deşarj yeri Yenikapı yerine Ahırkapı'ya (Yenikapı-Ahırkapı sistemi) inşa edilecektir.

— Merkezi Avrupa Bölgesi'ndeki geniş çaplı kanalların, Kartal-Kadıköy toplama kanalının ve DAMOC tarafından önerilen Haliç sifonunun yerine, inşa edilmesinin fizibilitesi ve toplam ekonomi sebebiyle tünel şeklindeki toplama kanalları inşa edilecektir.

— DAMOC tarafından önerilenden daha derin, Marmara Denizi'nde genellikle 50 m'ye yapılan deşarjlar daha iyi ve güvenilir bir seyrelme ve dispersiyon sağlayacağı ifade edilmiştir.

— Merkezi Avrupa Bölgesi'nde mevcut olan birleşik sistemin üzerindeki toplayıcı kanallarda, pompa istasyonlarında ve deşarj tesislerinde kapasite ve işletme farklılıkları olduğu ileri sürülmüştür.

— Tuzla'da herhangi daimi bir atıksu arıtma ve deşarj tesisi inşa edilmeden önce oşinografik çalışmalar yapılması tavsiye edilmiştir.

2.2.7 Diğer Çalışmalar:

1978-1980 NEDECO Firması " Güney Haliç Kollektörleri Yenikapı Ön Arıtma Tesisi ve Ahırkapı Deniz Deşarjı" sistemine ait tatbikat projesini ve ihale dökümanlarını hazırlamıştır [2].

23.11.1981 de İSKİ kurulmuştur.

Daha sonraki yıllarda TBP-UBM tarafından "1. Aşama Kanalizasyon Projeleri", Watson Hawksley Motor Columbus-Temel Müh. A.Ş. Konsorsiyumu tarafından "2. Aşama Kanalizasyon Projeleri" hazırlanmıştır. Bu projeler, Silivri-Gebze arasındaki tüm alanı içine alan "Büyük İstanbul Kanalizasyon Projesi" ni oluşturmaktadır [2].

2.2.8 Büyük İstanbul Kanalizasyon Projesi:

Daha önce hazırlanan imar planlarının değişiklik göstermesi, nüfus artışının tahminlerin oldukça ilerisinde gelişerek, yoğunluk ve arazi kullanımlarının değişmesi, gelişerek büyümesi dikkate alınarak daha önce yapılan

çalışmalar genişletilmiş, "Büyük İstanbul Kanalizasyon Projesi" oluşturulmuştur. Bu proje, DAMOC Master Planı ve bunu revize eden Camp. Tekser Master Planı ile NEDECO Projesi çerçevesinde yürütülen, ayrıca İSKİ tarafından görevlendirilen ODTÜ ve 9 Eylül Üniversitesi tarafından başlatılmış deniz araştırmaları sonuçları da dikkate alınarak yerli ve yabancı bir grup uzman mühendislik kuruluşlarına (TAYLOR BINNIE, ULUSLARARASI BİRLEŞMİŞ MÜŞAVİRLER, WATSON HAWKSLEY, MOTOR COLOMBUS, TEMEL MÜHENDİSLİK) yaptırılmış ve İSKİ Genel Müdürlüğü mühendislerince yönlendirilmiştir [4].

Bu proje şöyle özetlenebilir : [1]

a. Tüm ortak atıksu deşarjlarına biyolojik arıtma uygulanması kararlaştırılmıştır. Yapılacak biyolojik arıtma tesislerinin karbon giderimini esas alması, ancak ileriki yıllarda ilave ve değişikliklerle oluşturulacak nitrifikasyon/denitrifikasyon süreçleriyle azot, biyolojik fosfor giderimi ile de fosfor kontrolüne imkan verecek yapısal esnekliğe sahip olmaları öngörülmüştür. Bu yaklaşımın ön planda Tuzla ve Küçükçekmece'de uygulanması planlanmıştır.

b. Deniz deşarjları için aynı derinliklerin muhafaza edilmesi, başka bir tanımla alt akıma deşarj yaklaşımı değiştirilmemiştir.

c. Kıyı şeridindeki arıtma tesislerinin kıyıdan uzaklaştırarak uygun iç kesimlere kaydırılması kararlaştırılmıştır.

d. Kadıköy deşarjının yerinin değiştirilmesi. Kadıköy havzasındaki atıksuların toplanarak, bir tünel/kollektör sistemi ile Riva civarında kurulacak bir biyolojik arıtma tesisinden geçirilerek Karadeniz'e verilmesi planlanmıştır.

e. Çok uygun toplama kanallarının ve bunun getireceği

2.3 İstanbul Kenti'nden Kaynaklanan Evsel ve Endüstriyel Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yükleri:

2.3.1 Atıksu Oluşum Bölgeleri:

İstanbul Metropolitan alanı, 14 atıksu oluşum bölgesine ayrılmıştır [1], [6]. Bu bölgeler, atıksu deşarj ettikleri alıcı ortamın oşinografik özelliklerine göre :

a. İstanbul Boğazı'na atıksu deşarj eden bölgeler: Baltalımanı, Üsküdar, Küçüksu, Tarabya ve Paşabahçe

b. İstanbul Boğazı-Marmara Denizi karışım bölgesine atıksu deşarj eden bölgeler: Kadıköy ve Yenikapı

c. İstanbul Boğazı-Marmara Denizi karışım bölgesi dışında Marmara Denizi'ne atıksu deşarj eden bölgeler: Ataköy, Tuzla, Küçükçekmece, Büyükçekmece, Tuzla Deri Sanayi, Adalar ve Büyükçekmece Batısı

2.3.2 Evsel Atıksu Miktarları:

1971'de DAMOC ve 1986'da WMT tarafından yapılan çalışmalarda İstanbul kenti evsel atıksu miktarlarının hesaplanmasında, nüfus başına hesaplanan birim atıksu debilerinin esas alınması öngörülmüştür [1], [6]. İstanbul'un su sarfiyatının hesaplanması için yapılan ayrıntılı bir değerlendirme ve benzer diğer kentler ile kıyaslamalar sonucunda, 1990 yılı için 160 lt/N-gün, 2020 yılı için 250 lt/N-gün değerleri önerilmiştir.

2.3.3 Evsel Kirlilik Yükleri:

WMT (1986)'ın öngördüğü İstanbul'un birim kirlilik yükü değerleri ile evsel kirlletici konsantrasyonları Tablo 2.1 de verilmiştir [1], [6]. Burada, konsantrasyonlar

hesaplanırken Bölüm 2.3.2 de 1990 ve 2020 yılları için verilen su sarfiyatı değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2.1 İstanbul Metropolitan alanı için WMT Esaslarına Göre Hesaplanan Kirlletici Kontrasyonları [1].

Parametre	Kirlilik Yükleri (gr/N-gün)	1990 Yılı		2020 Yılı	
		Su Sarfiyatı (lt/N-gün)	Konsantrasyon (mg/l)	Su Sarfiyatı (lt/N-gün)	Konsantrasyon (mg/l)
BOI ₅	60	160	375	250	240
AKN	70	160	437.5	250	280
NH ₄ -N	6.5	160	40.6	250	26
TN	10	160	62.5	250	40
TP	2	160	12.5	250	8

Ancak D. ORHON tarafından son yıllarda İSKİ nin yürüttüğü analiz programlarına bakılarak WMT nin 1990 yılı için önerdiği birim kirlilik yüklerinin 1.5 faktörü ile küçültülerek uygulanmasının daha uygun ve gerçekçi olacağı ortaya konmuştur [1]. [6]. Bu değerlendirmede esas alınan kirlilik yükleri ve konsantrasyonları Tablo 2.2 de verilmiştir. Burada konsantrasyonlar hesaplanırken su sarfiyatı 160 l/N-gün olarak alınmıştır.

Tablo 2.2 İstanbul için Evsel Kirlenmenin Hesabında Esas Alınan Birim Kirlilik Yükleri ve Konsantrasyonları [1].

Parametre	Birim Kirlilik Yükü		Konsantrasyon (mg/l)
	(gr/N-gün)	%	
BOI ₅	40	100	250
AKM	45	112	280
TKN	6.7	16.8	42
TP	1.3	3.2	8

2.3.4 Endüstriyel Atıksu Miktarları

İ.T.Ü.'ce yürütülmüş olan Küçükçekmece, Tuzla, Ömerli ve Büyükçekmece havzalarında endüstriyel kirlletici yüklerinin belirlenmesi çalışmalarında birim endüstriyel

atıksu miktarının 0.07-0.15 lt/sn-ha arasında değiştiği saptanmış ve bu çalışmalarda somut değerlerin bulunmamış olduğu yreler için 0.1 lt/sn-ha değeri esas alınmıştır[6].

2.3.5 Endüstriyel Kirletici Yükleri

WMT, endüstriyel kirletici yüklerin hesaplanmasında, İstanbul'daki tüm endüstriyel deşarjların atıksularını kanalizasyona deşarj yönetmeliğinde belirtilen sınırlara kadar vereceği varsayımını kullanarak, Tablo 2.3 de verilen konsantrasyon değerlerinin debilerle çarpılmasını benimsemiştir.

Tablo 2.3 Endüstriyel atıksular için deşarja esas kirletici konsantrasyonları

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)
BOI ₅	250
AKM	350
TKN	30
TPN	8

2.3.6 İnfiltrasyon:

Master Plan ve yapılabirlik etütlerinde, infiltrasyon debisinin atıksu debisi başına 0.1 lt/sn-ha lık bir birim değiyle ilave edileceği kabul edilmiştir.

2.3.7 İstanbul Metropolitan Alanı İçin Toplam Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yükleri

Tablo 2.4 ve Tablo 2.6 da, İstanbul Metropolitan alanının tümü için atıksu debisi ve kirletici yükleri, atıksu oluşum bölgelerine göre sırasıyla 1990 ve 2020 yılı için gösterilmiştir. Tablo 2.5 ve Tablo 2.7 de ise bu

Tablo 2.4 İstanbul Metropolitan Alanından Kaynaklanan Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yükleri (1990 Yılı için)

B Ö L G E	Atıksu Debisi			BOİ ₅			AKM			TKM			T-P		
	m ³ /gün	m ³ /sn	%	mg/l	ton/gün	%	mg/l	ton/gün	%	mg/l	ton/gün	%	mg/l	ton/gün	%
1.Kadıköy	319400	3.69	24	188	60.1	18.5	224	71.6	18.5	29	9.36	17.3	6	1.93	21
2.Yenikapı	313300	3.63	23.5	204	63.93	19	236	73.91	19	33	10.33	19	7	2.04	22.2
3.Baltalımanı	198700	2.31	15	145	45.5	13.5	167	52.24	13.5	24	7.44	13.7	5	1.46	16
4.Ataköy	105200	1.2	8	239	25.14	7.5	278	29.2	7.5	38	4.03	7.4	8	0.8	9
5.Tuzla	92500	1.07	7	211	19.5	6.2	261	24.1	6.2	35	3.2	5.9	12	1.12	12
6.Küçükçekmece	66500	0.77	5	203	13.5	4.3	248	16.5	4.3	33	2.2	4	7	0.44	5
7.Büyükçekmece	49000	0.568	4	214	10.5	3.2	255	12.5	3.2	35	1.7	3	7	0.33	3.0
8.Dericiler	36000	0.416	3	1805	65	18.5	2000	72	18.5	294	10.6	19.8	-	--	--
9.Üsküdar	42300	0.49	3	220	9.3	2.8	253	10.7	2.8	36	1.53	2.8	7	0.296	3.2
10.Küçüksu	30700	0.355	2	201	6.17	1.7	214	6.58	1.7	35	1.075	2	7	0.2	2.1
11.Yarabya	20220	0.234	1.5	184	3.73	1	210	4.25	1	30	0.61	1.2	6	0.12	1.3
12.Adalar	12958	0.15	1	216	2.8	0.8	243	3.15	0.8	36	0.47	0.9	7	0.09	1
13.Paşabahçe	12700	0.147	1	249	3.16	0.95	292	3.71	0.95	39	0.5	0.9	8	0.1	1
14.B.Çekmece Batısı	32830	0.38	2	198	6.5	1.9	222	7.3	1.9	33	1.09	2	6	0.207	2.4
Toplam	1332008	15.41	100	251	334.84	100	291	387.7	100	41	54.145	100	7	9.133	100

Tablo 2.5 İstanbul Metropolitlan Alanından Kaynaklanan Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yüklerinin Bölgelere Göre Dağılımı (1990 Yılı için)

B Ö L G E	Atıksu Debisi		BÖL ₁		AKN		TKN		T-P	
	m ³ /gün	m ³ /sn	ton/gün	%	ton/gün	%	ton/gün	%	ton/gün	%
a) Boğaz Bölgesi										
3.Baltalımanı	198700	2.31	45.5		52.2		7.44		1.46	
9.Üsküdar	42300	0.49	9.3		10.7		1.53		0.3	
10.Küçüksu	30700	0.36	6.17		6.58		1.75		0.2	
11.Farabya	20220	0.23	3.73		4.25		0.61		0.12	
13.Paşabahçe	12700	0.148	3.2		3.71		0.5		0.1	
TOPLAM	304620	3.53	67.9	20.3	77.44	20	11.155	20.6	2.18	23.9
b) Boğaz - Marmara Karışım Bölgesi (Geçiş Bölgesi)										
1.Kadıköy	319400	3.69	60.1		71.6		9.36		1.93	
2.Yenikapı	313000	3.63	63.93		73.91		10.33		2.04	
TOPLAM	632400	7.32	124	37	145.5	37.5	19.7	36.4	3.97	43.5
c) Boğaz - Marmara Karışım Bölgesi Dışı										
4.ATAKÖY	105200	1.2	25.14		29.2		4.03		0.8	
5.Tuzla	92500	1.07	19.5		24.1		3.2		1.12	
6.Küçükçekmece	66500	0.77	13.5		16.5		2.2		0.44	
7.Büyükçekmece	49000	0.57	10.5		12.5		1.7		0.33	
8.Dericiler	36000	0.42	65		72.0		10.6		--	
12.Adalar	12958	0.15	2.8		3.15		0.47		0.09	
14.B.Çekmece Batısı	32830	0.38	6.5		7.3		1.09		0.207	
TOPLAM	394988	4.56	142.94	42.7	164.75	42.5	23.29	43	2.98	32.6
GENEL TOPLAM	1132008	15.41	334.84	100	387.7	100	54.145	100	9.133	100

Tablo 2.6 İstanbul Metropolitan Alanından Kaynaklanan Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yükleri (2020 Yılı için)

B Ö L G E	Atıksu Debisi			BOL ₅			AKM			TKM			T-P		
	m ³ /gün	m ³ /sn	%	mg/l	ton/gün	%	mg/l	ton/gün	%	mg/l	ton/gün	%	mg/l	ton/gün	%
1.Kadıköy	1419000	16.69	30	200	267	26.6	239	318	27	32	42	26	6	8.6	26.7
2.Yenikapı	660000	7.63	14.6	205	135	13.4	235	155	13.2	33	21.7	14	6	4.28	13.3
3.Baltalimanı	498500	5.77	11	228	113.6	11.3	262	130.4	11	37	18.6	11.5	7	3.65	11.3
4.Ataköy	433400	5.016	9.6	243	105.5	10.5	277	120.2	10	38	16.6	10	8	3.3	10
5.Tuzla	400000	4.63	8.9	213	85	8.4	263	105	8.9	35	13.9	8.6	12	4.85	15
6.Küçükçekmece	382750	4.43	8.5	203	77.6	7.7	248	95	8.0	33	12.6	7.8	7	2.5	7.8
7.Büyükçekmece	184000	2.127	4.0	214	39.3	3.9	254	46.8	4.0	35	6.35	3.9	7	1.235	3.8
8.Dericiler	36000	0.416	0.7	1806	65	6.45	2000	72	6.1	294	10.6	6.5	-	--	--
9.Üsküdar	127000	0.47	2.8	220	27.9	2.8	253	32.1	2.7	36	4.6	2.8	7	0.89	2.7
10.Küçüksu	163800	0.896	3.6	201	32.95	3.3	215	35.14	3.0	248	5.42	3.3	7	1.07	3.3
11.Tarabya	52880	0.612	1.1	184	9.75	0.95	210	11.11	0.9	30	1.595	0.9	6	0.315	0.97
12.Adalar	23328	0.27	0.5	216	5.04	0.5	243	5.67	0.5	36	0.85	0.5	7	0.162	0.5
13.Paşabahçe	53800	0.623	1.2	249	13.4	1.3	292	15.7	1.3	39	2.12	1.3	8	0.425	1.3
14.B.Çekmece Batısı	153750	0.725	1.4	198	30.4	3.0	222	34.15	3.0	33	5.09	3.1	6	0.967	3.0
Toplam	4588208	52.305	100	220	1007.54	100	256	1176.3	100	35	162	100	7	32.24	100

Tablo 2.7 İstanbul Metropolitan Alanından Kaynaklanan Atıksu Miktarları ve Kirlilik Yüklerinin Bölgelere Göre Dağılımı (2020 Yılı İçin)

B Ö L G E	tıksu Debisi		BOL ₀		AKN		TKN		T-P	
	m ³ /gün	m ³ /sn	ton/gün	%	ton/gün	%	ton/gün	%	ton/gün	%
a) Boğaz Bölgesi										
3.Baltalimanı	498500	5.77	113.6		130.4		18.6		3.65	
9.Üsküdar	127000	1.47	27.9		32.1		4.6		0.89	
10.Küçüksu	163800	1.896	32.95		35.14		5.42		1.07	
11.Tarabya	52880	0.612	9.75		11.11		1.595		0.315	
13.Paşabahçe	53800	0.623	13.4		15.71		2.12		0.425	
TOPLAM	895980	10.371	197	19.6	224.46	19.1	32.34	20	6.35	19.7
b) Boğaz - Marmara Karışım Bölgesi (Geçiş Bölgesi)										
1.Kadıköy	1419000	16.69	267		318		42		8.6	
2.Yenikapı	660000	7.63	135		155		21.7		4.28	
TOPLAM	2079000	24.32	402	39.9	473	40.2	63.7	39	12.88	40
c) Boğaz - Marmara Karışım Bölgesi Dışı										
4.Ataköy	433400	5.016	105.5		120.2		16.6		3.3	
5.Tuzla	400000	4.63	85		105		13.9		4.85	
6.Küçükçekmece	382750	4.43	77.6		95		12.6		2.5	
7.Büyükçekmece	184000	2.127	39.3		46.8		6.35		1.235	
8.Dericiler	36000	0.416	65		72		10.6		--	
12.Adalar	23328	0.27	5.04		5.67		0.85		0.162	
14.B.Çekmece Batısı	153750	0.725	30.4		34.15		5.09		0.967	
TOPLAM	1613228	17.614	407.84	40.5	478.82	40.7	65.69	41	13.01	40.3
GENEL TOPLAM	4588208	52.305	1007.5	100	1176.3	100	162	100	32.24	100

verilerin oşinografik bölgelere göre dağılımı yine sırasıyla 1990 ve 2020 yılları için gösterilmiştir.

Tablolardan görüleceği gibi 1991 yılı esas alındığında atıksu arıtma ve uzaklaştırma sistemlerine ulaşan debi $1330000 \text{ m}^3/\text{gün}$ yani $15.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ dir. Bu atıksu çevreye 335 ton/gün organik madde boşaltmaktadır. Atıksuların toplam azot ve fosfor yükleri ise sırası ile 54 ton/gün ve 9 ton/gün dür.

2020 yılı için gösterilen değerlere bakıldığında atıksu debisinin $4600000 \text{ m}^3/\text{gün'e}$ yani $52 \text{ m}^3/\text{sn'ye}$ ulaşacağı görülmektedir. BOI yükü üç kat artarak 1000 ton/gün, azot yükü 160 ton/gün, fosfor yükü ise 32 ton/gün değerini aşacaktır.

Tablolar incelendiğinde, bu tez çalışmasında üzerinde durulan Yenikapı bölgesini içine alan Boğaz-Marmara karışım bölgesinin 1990 ve 2020 yılları için en fazla atıksu veren bölge olduğu görülür. Ayrıca hem 1990, hem de 2020 yılları için en fazla toplam P yükü de bu bölgeden gelmektedir.

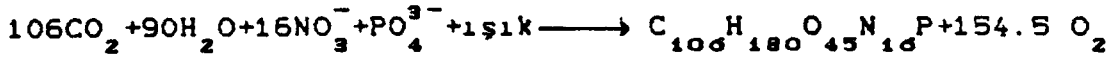
En fazla atıksu oluşumu, BOI₅ ve TKN yüküne göre Yenikapı bölgesi hem 1990, hem de 2020 yılları için ikinci sırada gelmektedir. 1990 da AKM ve toplam P yükü en yüksek olan bölge 2020 yılında bu değerler bakımından ikinci sırada yer almaktadır.

2.4 Besi Maddelerinin (Nütrient) Önemi

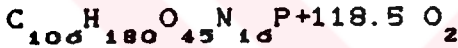
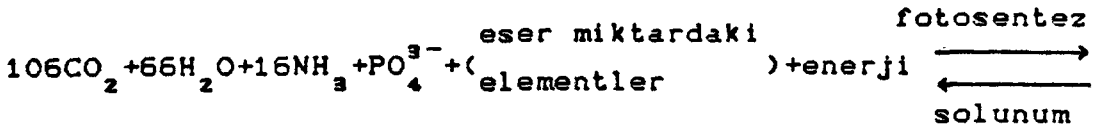
Besi maddeleri hayat için gerekli elementler ve bunların çözünmüş tuzlarıdır. İki gruba ayrılabilirler. K, Ca, Mg ve bütün canlı organizmaların ağırlıkça %95 ini teşkil eden C, H, O, N, P ve S makronütrientler grubuna girer. Mikronütrientler ise canlı sistemlerinin yaşaması için gerekli olan, fakat çok az miktarda ihtiyaç duyulan

Fe, Mn, Cu, Zn, B, Na, Mg, Cl, V ve Co'dır [7].

Özellikle C, N, P, gibi nütrientler atıksu ile beraber alıcı ortama verildiğinde, bu ortamda ötrafikasyona sebep olur. Alg yosunları, gelişmeleri ve üremeleri için CO_2 , inorganik azot ve fosfata muhtaçtır [7], [8]. Alglerin fotosentez yolu ile üretilmeleri aşağıdaki denklemlere göre olur:



Amongak azotunun kullanılması halinde:



Oluşan algler, zooplankton denilen mikroskobik hayvanların besinlerini teşkil eder [9]. Ancak nütrientlerin fazla olması dengeyi bozar ve alglerin birden bire fazla miktarda üremesine sebep olur. Alg solunumunda ise oksijen tüketileceğinden alıcı ortamda çözünmüş oksijenin azalmasına sebep olur. Ayrıca suyun görünümü bulanıklaşır ve alglerin çürümeleri sonucunda kötü koku oluşur.

2.4.1 Besi Maddesi Kontrolü:

Ötrafikasyonun kontrolü, besi maddesi miktarlarının sınırlandırılmasıyla mümkündür. Ancak bunlardan CO_2 doğal suların çoğunda bikarbonat alkalinitesi olarak mevcuttur. Organik maddelerin solunumları CO_2 in diğer bir kaynağıdır. Ayrıca atmosferden, su atmosfer yüzeylerinin teması şeklinde de küçük bir miktar (0.4-1.0 mg/l) CO_2 elde edilebilir. Dolayısıyla CO_2 kontrol edilememektedir. S(sülfatlar), Ca, Mg, K, Na, ve Si çoğu sularda çok miktarda bulunur ve atıksulardan giderilmesiyle kontrolü

beklenmemelidir [10].

1922 de Birge ve Juday, Justus von Liebig'in metodunu kullanarak sudaki algler gibi canlı, bitkilerin elementler kompozisyonlarını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak mavi-yeşil alglerin yüksek azot ihtiva ettiğini ve N/P oranının 7/1-15/1 civarında olduğunu belirtmişlerdir.

Besi maddelerinin kontroluna başlandığı zamanlarda, dikkatler fosforun kontrolu üzerinde toplanmıştır. Bunun sebeplerinden biri, fosfat formundaki fosforun çöktürmeyle veya alüminyum ya da demir tuzları gibi maddeler kullanılarak yapılan koagülasyonla kolaylıkla giderilmesidir.

Fosfatlı deterjanların satılmasına ve kullanılmasına izin verilen kentlerin atık sularında N/P oranı 3/1-4/1 değerlerindedir. Bunun anlamı kentsel atıksular alg oluşumu için gerekli olandan çok fazla miktarda fosfor ihtiva etmektedir. Bu nedenle ötrofikasyonun önlenmesinde fosforun kontrolu çok önemlidir.

2.4.2 Fosfor ve Azotun Kaynağı, Miktarı ve Giderim

Metotları:

2.4.2.1 Fosfor:

Evsel atıksularda fosforun asıl kaynağı insan dışkısı, sentetik çamaşır deterjanları ve su arıtma kimyasallarıdır. Fosfat yasaklaması olan yerlerdeki arıtma tesisi çıkış değerleri, çamaşır deterjanları üzerine kısıtlama olmayan yerlere oranla %50 daha az toplam fosfor içerir. İçme suyu temini tesislerinde korozyon kontrolu için fosfat veya benzer bileşiklerin kullanılması da atıksudaki fosfor seviyesini arttırır [10].

Fosforun evsel atıksularda görülen değerleri Tablo 2.8 de görülmektedir.

Tablo 2.8 Evsel atıksularda görülen fosfor değerleri

	<u>P konsantrasyonu(mg/l)</u>
Toplam	6-20
Organik	2-5
İnorganik	4-15

Tabloda inorganik fosfor olarak verilen değerler, orto-fosfatları (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- ve H_3PO_4) ve polifosfatları göstermektedir. Evsel atıksularda inorganik fosfor toplam fosforun yaklaşık %70 ini oluşturur. Kentsel atıksuların genel pH değerinde hakim olan form HPO_4^{2-} dir. Toplam fosforun %15-30 unu oluşturan çözünmüş ortofosfatlar, inorganik polifosfatlarla organik fosforun ayrışmasının son ürünüdür. Ortofosfatların polifosfatlara oranı, hem atıksu akımına deşarj edilen atıkların karakteristiklerine, hem de ayrışan kompleks formların miktarına bağlıdır. Arıtılmış atıksuda çözünmüş ortofosfat miktarı, toplam fosforun %80-90, mertebesine ulaşır. Ayrıca bu form, fosforun hem en kolay çökebilene, hem de alg ve bitkiler tarafından asimile edilmesi için en çok elde edilen formudur.

Fosfor giderme yöntemleri [10], [11]

1. Kimyasal ilavesi
 - Metal tuzu ilavesi
 - Kireç ilavesi

Kimyasal ilavesi ile Fosfor giderimi ileriki bölümlerde açıklanacaktır.

2. Biyolojik Fosfor Giderim Prosesleri
 - Phostrip projesi
 - Bardenpho Projesi
 - A/O prosesi

3. Fiziksel prosesler

- Ultrafiltrasyon
- Ters ozmoz
- İyon değiştirme

2.4.2.2 Azot

Azot evsel atıksu akımına, üre olarak ve dışkı veya diğer organik maddelerle birleşerek girer [10]. Üre, enzimler tarafından amonyağa (veya pH'ya bağlı olarak amonyum iyonuna) hızlı olarak hidrolize olur.

Evsel atıksularda görölen azot değerleri Tablo 2.9 da verilmiştir.

Tablo 2.9 Evsel atıksularda görölen azot değerleri

	<u>N Konsantrasyonu(mg/l)</u>
Toplam	20-85
Organik	8-35
Serbest amonyak/amonyum	12-50

Azotun Tablo 2.9'da verilmeyen diğer iki türü nitrit ve nitrat azotudur. Ancak bunların, özellikle nitrit azotunun evsel atıksulardaki değeri çok düşüktür. Amonyak formundaki azot, evsel atıksular için toplam azotun %60 ını teşkil eder.

Evsel atıksu, öncelikle ürenin hidrolize olmasıyla oluşan amonyak ve protein, amino asit ve ürik asit gibi azotun organik bileşiklerini içerir. Organik bileşikler bakteriler vasıtasıyla amonyak, karbondioksit ve suya ayrışırlar. Aerobik şartlar altında amonyak formu nitrosomonas bakterileriyle nitrite oksitlenirler. Nitrit azotu stabil olmayan bir bileşiktir ve hemen nitrobakter bakterileriyle nitrata oksitlenirler.

Azotun giderim yöntemleri:

1. Biyolojik denitrifikasyon
2. Fiziksel/kimyasal denitrifikasyon
 - Amongağın sıyrılması metodu
 - Kırılma noktası klorlaması
 - İyon değıştirme

2.4.3 İstanbul İçin Azot ve Fosfor Kontrolünün Önemi:

İstanbul Boğazı'nın alt ve üst akıntıları ile Marmara Denizi'ne giren ve çıkan kirletici akıntıların belirlenmesi amacıyla yapılan bilanço hesaplamaları sonucunda İstanbul'dan 1990 yılı için oluşacağı hesaplanmış olan atıksu kaynaklı fosfor yükünün Karadeniz'den gelen yükün 1.03 katı, azot yükünün ise yaklaşık 1.6 katı olduğu bulunmuştur [6]. Bu çalışma sonucunda son yıllarda karşılaşılan Boğaz ve Boğaz/Marmara bağlantı bölgesindeki aşırı kirlenmenin bu bölgeye karalardan yapılan deşarjlarla ortama verilen nütrient yüklerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Aynı çalışmada İstanbul Boğazı toplam organik karbon bilançosu hesaplamaları sonucunda, Karadeniz'den gelen doğal kaynaklı TOK yükünün İstanbul'dan ortama verilen atık su kaynaklı TOK yükünün 16 katına eşdeğer olduğu belirtilmiştir.

Yukarıda belirtilen bilgilere dayanarak, özellikle Boğaz ve Boğaz-Marmara karışım bölgelerindeki aşırı kirlenme açısından karbonlu maddelerin giderilmesinin önemli olmadığı ancak besi maddesi gideriminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ancak biyolojik arıtma sistemlerinde karbonlu maddelerin giderim verimleri istenilen düzeyde olmakla birlikte, besi maddesi giderimleri oldukça düşük kalmaktadır.

BÖLÜM 3. EVSEL ATIKSULARIN KARAKTERİZASYONU

3.1 Evsel Atıksuların Kirletici Konsantrasyonlarına Göre Sınıflandırılması

Evsel atıksular kirletici konsantrasyonlarına göre kuvvetli, orta ve zayıf atıksular olarak 3 sınıfa ayrılmıştır [12], [13]. Buna göre evsel atıksuların bileşimleri Tablo 3.1 de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Evsel Atıksuların Tipik Bileşimi (mg/l) [12], [13]

İçerik	Konsantrasyon		
	Kuvvetli	Orta	Zayıf
Katı maddeler, toplam	1200	720	350
Çözülmüş toplam	850	500	250
Sabit	525	300	145
Uçucu	325	200	105
Askıda madde, toplam	350	220	100
Sabit	75	55	20
Uçucu	275	165	80
Çökebilir madde (ml/l)	20	10	5
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI ₅ , 20°C)	400	220	110
Toplam organik karbon (TOK)	290	160	80
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	1000	500	250
Azot (Toplam N)	85	40	20
Organik	35	15	8
Serbest Amonyum (Amonyak)	50	25	12
Nitrit	0	0	0
Nitrat	0	0	0
Fosfor (Toplam P)	15	8	4
Organik	5	3	1
İnorganik	10	5	3
Klorürler	100	50	30
Alkalinite (CaCO ₃ olarak)	200	100	50
Gres	150	100	50

3.2 Evsel Atıksularda Kirleticilerin Partikül Boyutlarına Göre Sınıflandırılması:

Atıksuların arıtılabilirliği, kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımına bağlıdır [14]. Çöktürmenin hızı, absorpsiyon, difüzyon ve biokimyasal reaksiyonlar partikül boyutundan etkilenir. Bu yüzden atıksudaki kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımının bilinmesi gerekir.

Atıksulardaki kirleticilerin boyutları 0.001-100 μm arası değişmektedir. Bazı Amerikan çalışmalarında atıksudaki kirleticiler (Balmat 1957, Heukelekian H. ve Balmat, 1959, Rickert ve Hunter 1971) sırasıyla çökteltme, santrifüjleme ve filtrasyonla çökebilir, suprakolloidal, kolloidal ve çözünmüş olarak 4 sınıfa ayrılmıştır. Bunların boyut aralıkları ve her bir aralığın organik ihtivası Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.2 Atıksudaki Organik Maddelerin Kompozisyonu [14], [15]

	Sınıflandırma			
	Çözünmüş	Kolbidal	Suprakolbidal	Çökebilir
Partikül boyutları (μ)	< 0.08	0.08-1.0	1.0-100	>100
KOI (toplamın % si)	25	15	26	34
TOK (")	31	14	24	31
Organik bileşenler (toplam katıların % si)				
Yağ	12	51	24	19
Protein	4	25	45	25
Karbonhidratlar	58	7	11	24
Biyokimyasal oksidasyon hızı k (gün^{-1})	0.39	0.22	0.09	0.08

Tablodan görüldüğü gibi COD ve TOC nin kullanılan tanımla sadece %25-30 u çözünmüş olarak bulunmaktadır. Tablodan görülen diğer önemli bir sonuç ise 1 μm den küçük olan çözünmüş organik maddelerin, 1 μm den daha büyük partiküller halinde bulunan organiklerden

biyokimyasal olarak çok daha hızlı parçalandığıdır.

Munck sadece filtrasyon kullanarak farklı partikül boyutlarıyla bir sınıflandırma yapmıştır [15]. 1980 de yaptığı bu çalışmaya göre oluşturulan sınıflandırma Tablo 3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.3 Munck'a göre atıksudaki kirleticilerin sınıflandırılması

	Sınıflandırma			
	Çözülmüş	Kolbidal	Suprakolbidal	Çökebilir
Partikül boyutları (μ)	< 0.025	0.025-3	3 -106	>106
BOI (toplamın % si)	17	16	46	21
KOI (")	12	15	30	43
YOK (")	22	6	36	36
Toplam P(")	63	3	12	22
Organik N(")	27	15	38	20

Tablo 3.3 de gösterildiği gibi Munck, toplam fosfor ve organik azot dağılımlarını da araştırmıştır. Atıksudaki fosforun büyük bir kısmı çözülmüş fosfor olarak gözükse de partiküllerle birleşen fosforun ve hatta organik azotun miktarları da önemli olarak bulunmuştur.

Ayrıca metaller, bakteri ve organik kirleticilerin de bir bölümü partiküllerle birleşmiş halde bulunur. Tablo 3.4 de İsveç'deki bir atıksu arıtma tesisine gelen atıksuyun toplam metal ihtivasının askıdaki maddelerle birleşen yüzdesi gösterilmektedir. Görüleceği gibi nikel hariç bu oran %50-75 arasında değişmektedir.

Tablo 3.4 İsveç'deki Eskilstuna atıku arıtma tesisine gelen atıksudaki metal konsantrasyonunun askıda katılarla birleşen yüzdesi

Metal	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Cd
% asılı	51	48	13	71	71	82

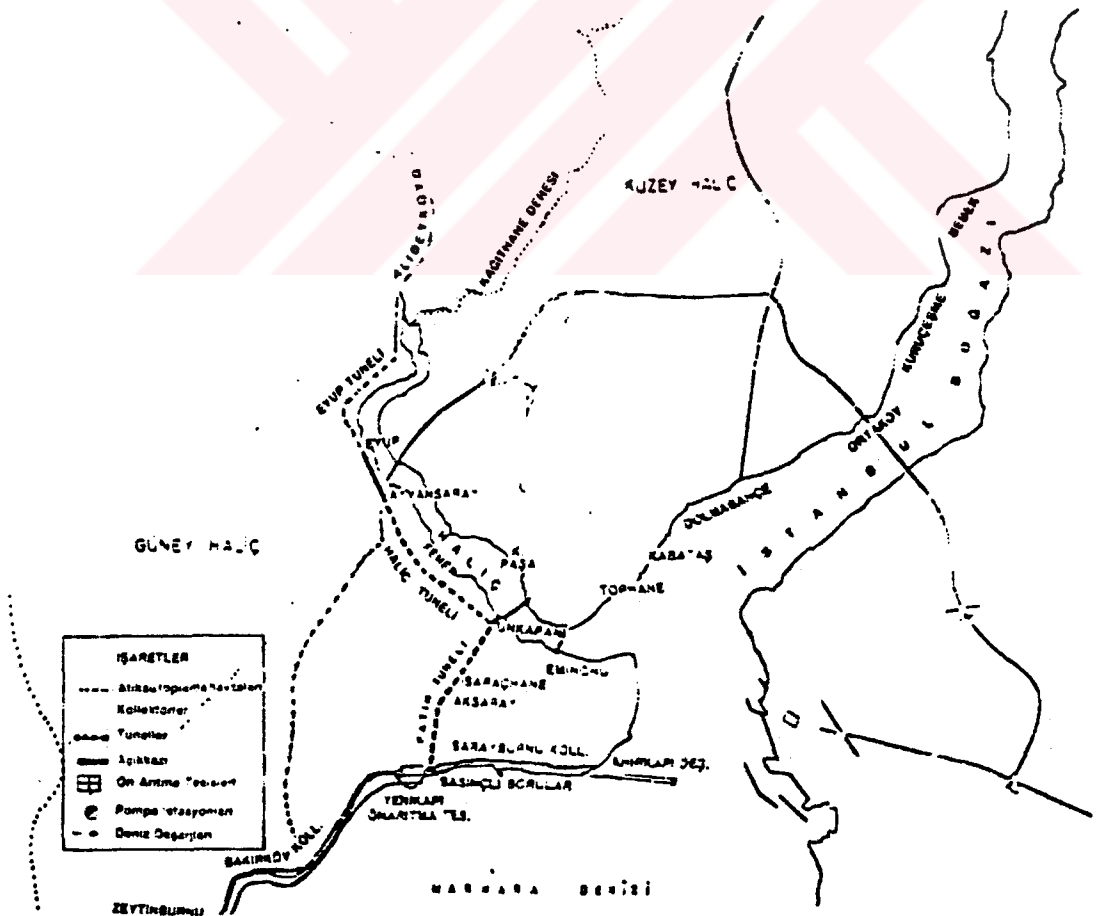
Evsel atıksulardaki kirleticilerin önemli bir kısmı partiküller halinde gözüktüğü için atıksu arıtımında partikül giderimine önem verilmelidir.



BÖLÜM 4. YENİKAPI ÖN ARITMA TESİSİ'NİN TANITILMASI VE ATIKSU KARAKTERİZASYONU

4.1 Tesise Gelen Kolektör ve Tünellerin Tanıtılması

Yenikapı Pompa İstasyonları ve Arıtma Tesisi, Güney Haliç Projesi'nin bir yapısıdır. Bu projeye ait kollektörler, tüneller ve arıtma tesisinin yeri ve deşarj hattı Şekil 4.1 de verilmiştir. Güney Haliç Projesi, Bakırköy, Güngören, Esenler, Bayrampaşa, Küçükköy, Gazi-osmanpaşa, Eyüp, Alibeyköy, Zeytinburnu, Fatih, Eminönü dahil olmak üzere Haliç'in güneyinde kalan 10000 hektarlık alana hizmet verecektir.



Şekil 4.1 Güney Haliç Kanalizasyon Projesi

Alibeyköy kollektörü ile 750000 m³/gün, Bakırköy kollektörü ile 750000m³/gün, Sarayburnu kollektörü ile 100000 m³/gün olmak üzere günde 1600000 m³ atıksu toplanması planlanmıştır [4], [16]. Toplanan bu atıksular 2000 yılına kadar 864000 m³/gün, nihai aşamada ise (2020 yılı) 1600000 m³/gün kapasiteli Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelecektir.

Alibeyköy kollektörü, Alibeyköy Deresi'nin Haliç'e kavuştuğu bölgede, Fil köprüsü mevkiinde başlamaktadır. Yaklaşık 800 m. uzunluğundaki bu bölüm Eyüp Çeltik mevkiindeki Eyüp Tüneli girişine kadar gelmektedir. 1870 m. uzunluğunda olan tünelde 130 m. uzunluğunda bağlantı tüneli ile Haliç'ten su alma yapısı mevcuttur. Eyüp Camii önündeki tünel çıkış noktasından itibaren Alibeyköy kollektörünün 1200 m. uzunluğundaki ikinci bölümü başlamakta ve Ayvansaray sur dibindeki Haliç Tüneli girişine kadar devam etmektedir. 2650 m. uzunluğundaki bu tünele, civardaki tali kollektörler ve Fener iskelesi yanındaki Haliç'den su alma yapısı 115 m. uzunluğundaki bir bağlantı tüneli ile bağlanmaktadır. Unkapanı mevkiinde Haliç tüneli ile birleşen Fatih tüneli ise Atatürk Bulvarı'na paralel ve Saraçhane geçidi altından 1870 m. boyunca devam eder ve Aksaray Langa Bostanları mevkiinde son bulur. Bu tünele Unkapanı'nda su alma yapısı ile Eminönü ve Unkapanı'ndan gelen tali kollektörler bağlanmıştır.

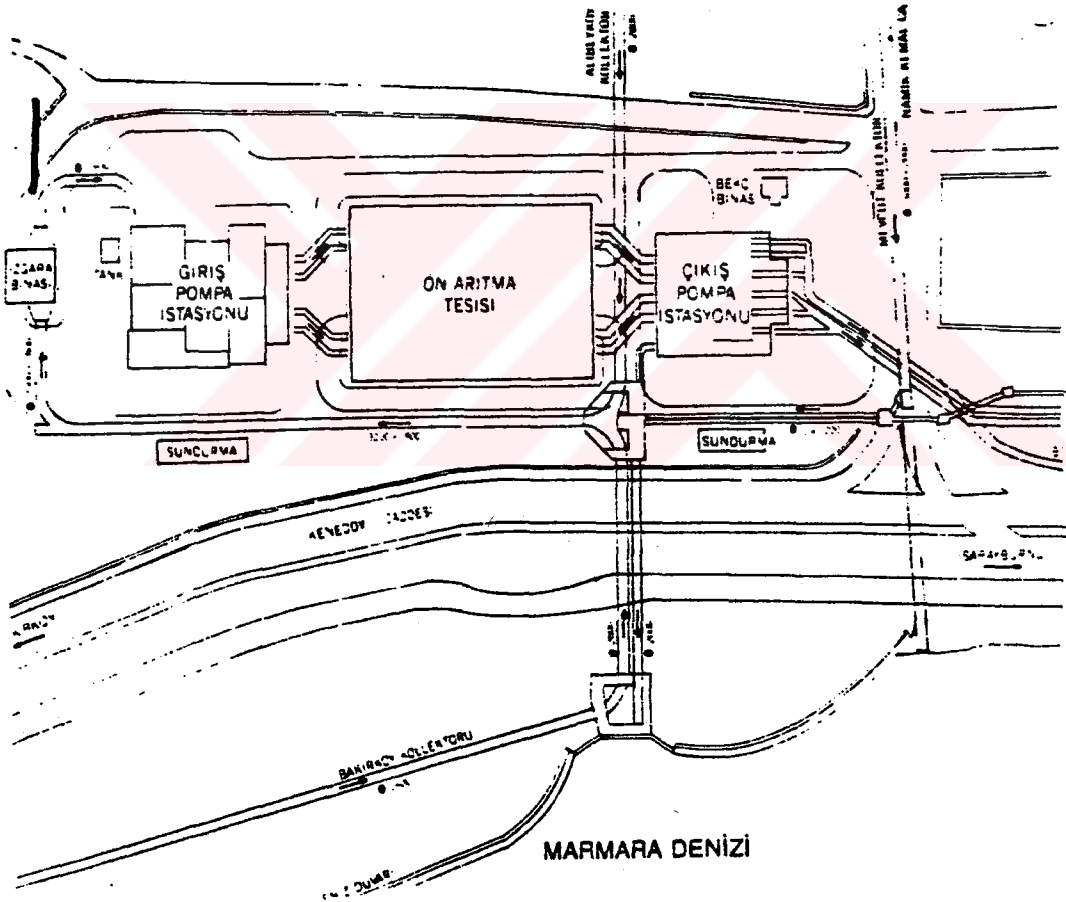
5500 m. uzunluğundaki Bakırköy kollektörü, Zeytinburnu Çimento Fabrikası yanından başlamakta ve Yedikule'ye kadar sahil yolunun iç bölümünden devam etmektedir. Yedikule'den itibaren deniz tarafına geçen kollektör, kısmen kaldırımdan, kısmen de dolgu alanlarından geçerek Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelmektedir.

2800 m. uzunluğundaki Sarayburnu kollektörü, Cankurtaran'da Kalyon Oteli karşısından başlamakta, Yenikapı'ya kadar kıyı boyunca devam etmekte ve sahil

yolunu dikine keserek karşı tarafa geçmekte ve Ön Arıtma Tesisi'ne ulaşmaktadır.

4.2 Tesisin İşleyişi

Alibeyköy, Sarayburnu ve Bakırköy kollektörleri ve Eyüp, Haliç ve Fatih tünelleriyle toplanan atıksular Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne getirilmektedir. Tesisin akım şeması Şekil 4.2 de gösterilmiştir [16].



Şekil 4.2 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi İşleyiş Şeması

Tesis, kaba ızgara yapısı, giriş pompa istasyonu, ön arıtma ünitesi ve çıkış pompa istasyonu bölümlerinden oluşmaktadır.

4.2.1 Kaba Izgara Ünitesi:

Güney Haliç kollektörleriyle Ön Arıtma Tesisi'ne ulaşan atıksuların 80 mm'den daha büyük olan katı atıkları kaba ızgara ünitesinde tutulmaktadır. Izgaraların üzerinde kalan katı atıklar, taşıyıcı bandla ızgara artıkları presine alınmaktadır. Katı atıklar burada sıkıştırma işlemine tabi tutulduktan sonra konteynerlerle çöp döküm sahalarına atılmaktadır.

4.2.2 Giriş Pompa İstasyonu:

Kaba ızgaradan geçen atıksuların geldiği 24mx36m boyutlarındaki giriş pompa istasyonunun inşaatı, keson sistemle yapılmıştır. Bu yöntemle Yenikapı giriş pompa istasyonu inşaatı, deniz seviyesinden 14 m. aşağıya indirilmiştir. Bu bölümde her biri saniyede 2.5 m³ su basabilen 5 adet pompa bulunmaktadır. Her pompa 530 Kw gücündedir. İkiisi sürekli çalışmakta, üçü ise yedek olarak bulunmaktadır. Gelen debi miktarı arttıkça yedek pompalar da otomatik olarak devreye girmektedir. Bu pompalar nihai kapasitede biri yedek olacak şekilde projelendirilmiştir. Atıksular, burada bulunan pompalar vasıtasıyla ön arıtma bölümüne pompalanmaktadır [4].

4.2.3 Ön Arıtma Birimi:

Bu bölüm birbirine paralel dört havuzdan oluşmaktadır. Havuzların girişinde 20 mm den büyük katı atıkların tutulmasını sağlayacak ızgaralar bulunmaktadır. Kum tutucu ekipmanı, atıksu içinde bulunan gres ve öteki yüzücü

cisimlerin tutulmasını ve konteynerlerle boşaltılmasını sağlayacak teçhizatla donatılmıştır. Izgaralar tarafından tutulan atıklar, taşıyıcılar tarafından alınmakta, preslerle sıkıştırılmakta ve çöp döküm alanlarına atılmaktadır.

Ayrıca bu bölümde bir de ozonlama ünitesi vardır. Ozon gazı, bölümde mevcut olan ozon jeneratörleri tarafından üretilmektedir. Ön Arıtma Tesisi'ne gelen atıksuların oluşturacağı yoğun ve pis koku, ozon püskürtülerek giderilmekte ve çevreye kötü kokuların yayılmasını önlemektedir.

4.2.4 Çıkış Pompa İstasyonu:

Ön Arıtma Ünitesinden geçen atıksular çıkış pompa istasyonuna gelmektedir. Maksimum debinin yarısı cazibeyle, yani pompalar çalışmaksızın denize deşarj edilmektedir. Bu bölümde ikisi devamlı çalışan ve ikisi yedek 4 pompa bulunmaktadır. Pompalardan her biri 700 Kw gücündedir ve bir pompa saniyede 3 m³ su pompalayabilmektedir. Atıksular bu bölümdeki pompalarla betonarme kaplı çelik borulara verilmekte ve Ahırkapı'dan denize deşarj edilmektedir.

4.3 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne Gelen Atıksuların Karakterizasyonu:

Bu tez süresi boyunca, kum tutucu sonrasından saat 10.00'dan 14.00'e kadar 4 saat süreyle, 1/2 saatlik periyodlarla kompozit numune alınması uygulanmıştır. 18.10.1990, 30.11.1990, 4.1.1991, 28.2.1991, 21.3.1991 ve 10.4.1991 tarihlerinde alınan numunelerin karakterizasyonları yapılırken, toplam, çökeltilmiş ve süzülmüş numunelerle çalışılmıştır. Tablo 4.1 - 4.12 bu numunelerin karakterizasyonlarını ve kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımlarını göstermektedir.

Tablo 4.1 18.10.1990 tarihli numunenin karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	Toplam	Çökeltilmiş	Süzülmüş
BOI ₅	425	300	250
KOI	1390	960	530
Toplam P	13	12	7.2
TKN	86.8	75.6	61.6
NH ₃ -N	48.2	--	47
AKM	600	300	--
Yağ-Gres	150	--	--
Deterjan	--	--	--

Tablo 4.2 18.10.1990 tarihli numunede bazı kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (Toplamın yüzdesi)	59	12	29
KOI (")	38	31	31
TP (")	55	37	8
TKN (")	71	16	13

Tablo 4.3 30.11.1990 tarihli numunenin karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	Toplam	Çökeltilmiş	Süzülmüş
BOI ₅	230	210	170
KOI	1430	480	240
Toplam P	7.7	6.4	4.4
TKN	68	61.5	57
AKM	2160	190	--
Yağ-Gres	147	--	--
Deterjan	--	--	--

Tablo 4.4 30.11.1990 tarihli numunede bazı kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (Toplamin yüzdesi)	74	17	9
KOI (")	17	17	66
TP (")	57	26	17
TKN (")	84	6.5	9.5

Tablo 4.5 4.1.1991 tarihli numunenin karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	Toplam	Çökeltilmiş	Süzülmüş
BOI ₅	110	80	60
KOI	280	240	120
Toplam P	7.4	6.1	4.8
TKN	27	19	6
AKM	116	60	--
Bulanıklık (NTU)	54	--	--
a _m	1350	--	--

Tablo 4.6 4.1.1991 tarihli numunede kirleticiler partikül boyutlarına göre dağılımı

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (Toplamin yüzdesi)	55	18	27
KOI (")	43	43	14
TP (")	65	17.5	17.5
TKN (")	22	48	30

Tablo 4.7 28.2.1991 tarihli numunenin karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	Toplam	Çökeltilmiş	Süzülmüş
BOI ₅	400	290	200
KOI	825	530	345
Toplam P	7.8	5.8	5.4
TKN	72	62	48
NH ₃ -N	39.2	--	37.5
AKM	617	415	--
Cl ⁻	1500	--	--
Bulanıklı (NTU)	78	--	--
pH	7.1	--	--

Tablo 4.8 28.2.1991 tarihli numunede kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı

	Çözünmüş	Askıda	Çökebilir
BOI ₅ (Toplamın yüzdesi)	50	22.5	27.5
KOI (")	42	22	36
TP (")	69	5	26
TKN (")	67	19	14

Tablo 4.9 21.3.1991 tarihli numune karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	Toplam	Çökeltilmiş	Süzülmüş
BOI ₅	390	320	260
KOI	860	520	320
Toplam P	7.8	5.0	2.7
TKN	92	63	12
AKM	820	360	--
Cl ⁻	1125	--	--
Deterjan	--	--	--

Tablo 4.10 21.3.1991 tarihli numunedeki kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (Toplam yüz)	67	15	18
KOI (")	37	23	40
TP (")	35	29	36
TKN (")	13	55	32

Tablo 4.11 10.4.1991 tarihli numune karakterizasyonu

Parametre (mg/l)	Toplam	Çökeltilmiş	Süzülmüş
BOI ₅	135	90	85
KOI	345	190	115
Toplam P	3.9	1.1	0.7
TKN	33.5	32.3	27.8
AKM	334	88	--
Alkalinite	233	--	--
pH	7.3	--	--

Tablo 4.12 10.4.1991 tarihli numunedeki kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımı

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (Toplamın yüzdesi)	63	4	33
KOI (")	33	22	45
TP (")	18	10	72
TKN (")	83	13	4

Tablolardan görüleceği gibi kirletici konsantrasyonları büyük salınımlar göstermektedir. Her bir numunenin karakterizasyonuna ayrı ayrı bakıldığında ve Metcalf ve Eddy tarafından yapılan evsel atıksu sınıflandırması göz önüne alındığında 18.10.1990 tarihli atıksu kuvvetli sınıfına girmektedir.

28.2.1991 ve 21.3.1991 tarihli atıksular kuvvetli atıksu sınıfına girmekle beraber, P konsantrasyonları düşüktür. 30.11.1990 tarihli numune kuvvetliye yakın, 10.4.1991 tarihli numune ise zayıfa yakın orta kuvvettedir, ancak yine P değerleri düşüktür. 4.1.1991 tarihli numune ise zayıf karakterdedir. Ancak klorür konsantrasyonları kuvvetli atıksu için 100 mg/l olarak verilmekle beraber 4.1.1991, 28.2.1991 ve 21.3.1991 tarihli numunelerde yapılan ölçümlerde sırasıyla 1350, 1500, 1125 değerleri elde edilmiştir. Bunun sebebi farklı zamanlarda deri atıksularının ve deniz suyunun atıksu akımına karışmasıdır. Kirletici parametrelerin toplam konsantrasyonlarının minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.13 de gösterilmiştir.

Tablo 4.13 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nden alınan numunelerin kirletici konsantrasyonlarının minimum ve maksimum değerleri

Parametre (mg/l)	Minimum	Maksimum
BOI ₅	110	425
KOI	280	1430
Toplam P	3.9	13
TKN	27	92
AKM	116	2160

Her bir atıksu numunesi için ayrı ayrı verilen kirleticilerin partikül boyutlarına göre dağılımlarının ortalamaları alındığında elde edilen sınıflandırma Tablo 4.14 de verilmiştir.

Tablo 4.14 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelen atıksuların
kirleticilerinin partikül boyutlarına göre
dağılımının ortalaması

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (Toplam yüz)	61	15	24
KOI (")	35	26	39
Toplam P(")	50	21	29
TKN (")	57	26	17

Tablo 4.14 de görüldüğü gibi BOI₅'in %61 i çözünmüş olarak, %15'i askıda maddelerle birlikte bulunmaktadır. Oysa Tablo 3.3 de Munck'ın verdiği değerlere bakıldığında BOI₅'in %12 si çözünmüş, %62 si askıda halde bulunmaktadır. Bu durum KOI ve TKN parametrelerinde de benzer şekilde görülmektedir. Ancak Toplam P değerleri Munck'ın verdiklerine benzemektedir.

BÖLÜM 5. EVSEL ATIKSULARIN KİMYASAL ARITILMASI

5.1 Tarihsel Gelişim

5.1.1. İngiltere'de Gelişimi

Kanalizasyon sularının kimyasal arıtımında ilk çalışmalar Paris'de 1740 yılında başlanmıştır. Sonraki 100 yıl içinde kimyasal arıtma uygulamaları İngiltere'de iyice yerleşmiştir [17], [18]. Boulnois, 1865-1875 yılları arasında ancak birkaç tanesinin uygulanabilir değerde olduğu 400 den fazla tesisin yapıldığını ifade etmiştir.

1865 yılında, Kraliyet Evsel Atıksu Komisyonu, kimyasalların kanalizasyon suyunda tatmin edici bir katı madde giderimi sağlayarak, berrak bir hale getirmesine rağmen ayrışamayan bir çıkış oluşturduğunu, bu çıkışın akış yatağında bir tortu meydana getireceğini, ayrıca pahalı bir proses olduğunu ve kimyasal ilavesi olmadan yapılan çöktürmeyle üretilenden çok daha fazla çamur üretileceğini belirtmişlerdir. Buna rağmen çeşitli kimyasal proses girişimcileri tarafından yürütülen aktif bir propaganda sayesinde 1880-1890 yılları arası kimyasal proses uygulamalarının sayısı maksimum değerine ulaşmış, yeni inşa edilen tesislerin hemen hepsi bu prosesleri uygulamış ve 1890 dan önce 200'den fazla tesis işletmeye alınmıştır. İngiltere'de hemen her büyük kasabada bir çok kimyasal proses uygulamaları denenmiştir.

Kinnicutt, Winslow ve Pratt'in [17] da belirttikleri gibi çöken madde azotlu bileşikler ve belirli bir miktar fosfat ihtiva etmekle birlikte ortalama % 94 gibi yüksek bir su muhtevasına sahiptir. Bununla da diğer kimyasal

gübrelerin fiyatıyla mukayese edilebilir bir ürün hazırlamak mümkün olmadığından finansal açıdan bir kar sağlanamamıştır. Ayrıca prosesden berrak bir sıvı çıkmasına rağmen bu sıvının çözünmüş organik madde ihtiva ettiği ve ayrışabilir olduğu zamanla anlaşılmıştır.

Kimyasal çöktürme sonrası büyük bir problem oluşturan çamurun bir kısmı çamur preslerinden geçirilmeye başlanmıştır. Çamur presleri ilk olarak Aylesbury, sonra Merton, 1884 de Wimbledon ve 1908 yılında hemen bütün evsel atıksu çalışmalarında kullanılmıştır. Presler, çamuru taşınabilir katı kekler haline getirir. Ayrıca bir çok tesiste çöktürülmüş olan madde daha sonra çöktürücü kimyasal madde yerine kullanılmıştır. Sillar ve Wigner (1868) de çöktürmeden sonra biriken çökelmiş maddenin sonradan çöktürücü olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Blew, İngiltere'de 1860-1890 yılları arasında evsel atıksuların kimyasal arıtımında kullanılan prosesleri incelediğinde en çok kullanılan kimyasalların demir tuzlar ve kireç olduğu sonucuna varmıştır. Kerschaw da 1911 yılında en çok kullanılan kimyasalların, kireç, Fe (3) sülfat, sülfirik asit, kireç ve demir (2), sülfat, kalsiyum klorür olduğunu ifade etmiştir.

Kimyasal arıtmanın kullanıldığı tesislerin bir çoğunda ön çöktürme işlemi uygulanmıştır. Nicholls (1888) da kimyasalların ilavesinden önce ön çöktürmeyi uygun görmüştür. Adeney ve Parry (1890) öncelikle bir çöktürme tankının, ardından Fe (3) veya Fe (2) klorürün kullanıldığı bir karıştırma tankının yapılmasını ileri sürmüşlerdir.

1932 yılında yapılan bir çalışmada İngiltere'deki 246 evsel atıksu çalışmasının 45 tanesinde kimyasal çöktürme kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu tesislerin 1 tanesinde sadece alüminyum sülfat, 3 tanesinde Fe (3) sülfat, 9

tanesinde sadece kireç, 2 tanesinde kireç ve alüminyum sülfat, 2 tanesinde kireç ve Fe (2) sülfat, 2 tanesinde kireç ve Fe (3) sülfat kullanılmaktadır.

5.1.2 A.B.D.'de Gelişimi;

Kimyasal arıtma kullanan ilk tesis 1886 yılında kurulmuş ve 10 yıl içinde çeşitli tesislere yerleştirilmiştir. Ancak prosesler kısa bir süre tutulmuş ve asla İngiltere'deki kadar rağbet görmemiştir. Biyolojik proseslerin gelişimi sonucunda kimyasal tesislerin çoğundan vazgeçilmiştir [18].

Evsel atıksuların arıtılmasında kimyasal çöktürme kullanan belki de ilk tesis Powers tarafından projelendirilerek 1887 yılının yaz aylarında Coney adasında kurulmuştur. Kimyasal olarak kireç ve demir kullanılan tesis, esas olarak bir çöktürme tankı bir ızgara ve kimyasal ilave edilen çöktürme tankından oluşmuştur. Kimyasal ilavesi yapılan tankda çöktürücü kimyasal olarak yıllarca $FeCl_3$ kullanılmıştır. 1892 de ilave olarak kireç kullanılmaya başlamıştır. Kireç evsel atıksuya 1. tankta karıştırılmıştır.

1904'de Columbus Ohio'da ızgara ve kum tutucudan geçirilerek % 30 AKM giderimi sağlanan kanalizasyon sularının alumla kimyasal çöktürmesi yapılmış ve çıkan su kum filtrelerine gönderilmiştir. 12 Ağustos - 21 Kasım 1904 arasındaki deneme periyodunda kullanılan alum dozu 87 mg/l, ortalama askıda madde giderimi ise %74 olarak belirtilmiştir.

1910 yılından önce kimyasal çöktürme için en çok kullanılan kimyasallar, kireç ve demir, kireç ve alum, yalnız kireç ve yalnız alumdur.

1910-1928 yılları arasında endüstriyel atıkların arı-

timında kimyasal kullanımının artmasına rağmen, kentsel atıksuların kimyasal proseslerle arıtılmasına duyulan ilgi oldukça azdır. Bu ilgi 1929-1930 yıllarında açık olarak artmaya başlamıştır.

1929 yılında çöktürme prosesinde küçük dozlarda Fe (3) klorür kullanılmasının faydalarını anlatan bir makaleyle kimyasal arıtma canlanmaya başlamıştır. 5-15 mg/l Fe (3) klorür dozlarının, atıksudaki katıların çökelme hızında belirgin bir artış sağladığı görülmüştür [18]. Başka bir makalede Fe (3) klorürün maliyetinin çok yüksek olduğu, fakat maliyette bir azalma sağlandığı takdirde, kullanılmayan denemelerin, atıksu arıtımına yardımcı olarak kullanılabilir hale gelmesinin mümkün olacağı belirtilmiştir.

1929-1930 yıllarında optimum koagülasyon için hidrojen iyonunun ayarlanmasına başlanılmış, pH yı kontrol eden aletler geliştirilmiştir. Çöktürmeden önce, flok oluşumunu sağlamak için mekanik veya havayla karıştırma başlamıştır. Tank ve kimyasal besleme ekipmanları geliştirilmiştir. Diğer kimyasallara göre daha etkili olan FeCl_3 ve $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ gibi Fe(+3) tuzlarının maliyetinde azalma görülmüştür. Koroziif demir tuzlarının sevkiyatında ve kullanımında kolaylıklar geliştirilmiştir. Çamurun suyunu almak için vakum filtreleri geliştirilmiştir [17].

Sonraları yeniden ele alınan fikirlerden bazıları ise çöktürülmüş çamurun arıtılmamış evsel atıksuya geri devredilmesi, karıştırma için hava kullanımı, çöktürme ve arkasından koagülasyonla kimyasal çöktürme olmak üzere prosedürün iki safhaya ayrılmasıdır.

1935 de Laughlin prosesine göre işletmeye alınan, çubuk ızgaralar, flokülasyon yapıları ve havayla karıştırma ve iki dairesel çökelme tankından oluşan tesis Perth Amboy'da kurulmuştur. Flokülasyon için FeCl_3 ve CaO kulla-

nilmiş ve çıkış suyu klorlanmıştır. Kimyasal kullanımı mevsimlere göre değişmekte, yılın 8-9 ayı hiç kullanılmamaktadır. 1935 Temmuz'unda 35 mg/l FeCl_3 ve 78 mg/l CaO kullanılmış ve AKM 214 mg/l den 21 mg/l'ye düşmüştür, Ağustos'da 26 mg/l FeCl_3 ve 82 mg/l CaO kullanılarak AKM 264 mg/l'den 34 mg/l değerine düşürülmüştür.

Guggenheim Prosesi'nin ilk geliştirilmiş halinde kimyasal flokülasyon ve çöktürmeyi takiben zeolit kullanılmıştır [17]. Ancak daha sonraki Guggenheim çalışmalarında zeolit kullanılmamış, bunun yerine kimyasal olarak floküle edilen kanalizasyon suları yaklaşık 1 saat havalandırılmış, arkasından bir çökeltme işlemine tabi tutulmuştur. Çöken çamurun bir kısmı sürekli olarak geri devrettirilmiştir. Bu şekilde oluşturulan prosedür aktif çamur prosesine benzemektedir. Guggenheim çalışmasının amacı kimyasal flokülasyonla elde edilen verimi, çok yüksek mertebelere ulaştırmaktır. Bu amaca hem zeolitin kullanılmasıyla, hemde daha sonraki yıllarda yapılan bazı geliştirmelerle ulaşılmıştır. Ancak çıkış kalitesindeki artış, prosesin maliyetini basit kimyasal çöktürmeye göre çok fazla arttırmaktadır. Zeolit filtre, amonyak azotunun gideriminde etkili olmuştur ve zeolit kullanan Chicago Kuzey Kıyısı Tesisi'nin çıkışındaki kalite bir aktif çamur çıkışına eşit olmakla birlikte bu prosesin maliyeti aktif çamura göre mukayese edilemeyecek kadar yüksektir.

Zeolit kullanılan Guggenheim prosesinin ilk adımı, Fe(3) bileşikleri ve kireçle koagülasyon yapılması ve koagüle edilen katıların çamur formunda çöktürülmesiyle askıdaki maddelerin giderilmesidir. Çıkan çamur filtrasyon ve yakılma işlemlerine tabi tutularak uzaklaştırılır. Azotlu ve ihtimalen karbonlu birleşikle zeolit yataklarından geçirilerek giderilir.

1933 Mart-Eylül ayları arasında Chicago'nun Kuzey Kıyısındaki evsel atıksu tesisinde yapılan AKM ve BOI_5 ölçümleri sonuncunda zeolit filtresi kullanıldığı

durumda AKM giderim veriminin oldukça arttığı ancak BOI_5 giderimindeki artışın küçük olduğu görülmüştür.

1932 yılında, evsel atıksuların Streander prosesiyle arıtımı üzerine yapılan çalışmalar Philadelphia'da uygulanmıştır. 29 mg/l FeSO_4 ve 58 mg/l kireç ham atıksuya ilave edilmiş ve karışıma hava verilmiştir. Böylece Fe (2) sülfat formu Fe (3) hidroksit formuna çevrilir. Koagüle edilen atıksu radyal akışlı çöktürme tankı ve filtreye verilmiştir.

Waring [18], 1933'de 220 mg/l kireç, 35 mg/l Fe(3) sülfat ve 440 mg/l marl'ı kanalizasyon sularının kimyasal çöktürmesinde kullanmış ve %75'e varan bir AKM ve BOI_5 giderme verimi elde etmiştir.

Tablo 5.1 de Amerika'daki bazı uygulamaların tarihleri, patet sahipleri ve uygulanan kimyasallar gösterilmiştir [17]

Tablo 5.1 A.B.D. 'de bazı uygulamaların tarihleri, patent sahipleri ve uygulanan kimyasallar [17].

Tarih	Patent Sahibi	Uygulanan Kimyasallar
Nisan 1893	Powers	FeCl_3 :kireç ve dezenfeksiyon için klorür gazı
Nisan 1899	Spence	Fe (3) sülfat ve alkalinitey ; nötralize etmek için yeterli sülfirik asit
Ocak 1917	Noble	CaCO_3 ve kireç kaynağı ($\text{Ca}(\text{ClO}_2)$, $\text{CaO}(\text{Cl})_2$)
Nisan 1918	Cumming	Kireç ihtiva eden su veya atıksuya CO_2 ilavesi
Aralık 1922	Travers	Kalkerli kil, sönmüş kireç (CaO) ve FeSO_4
Şubat 1928	Laporte Dallyn Manuel	Aluminyum ve demir tuzlarının oluşturduğu flokların absorpsiyon koagülasyon ve kimyasal çöktürme için kullanılması
Mart 1931	Rudolfs	Evsel atıksuya 3.5-50 ağı miktarında demir tuzlarının (FeCl_3) ilavesi
Nisan 1933	Gleason Loanam (Guggenheim)	CaO'nın arkasından $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ kullanılması sıvının zeolit filtreden geçirilmesi
Nisan 1933	Ornstein	Evsel atıksuyun koagülant ilavesiyle kimyasal arıtılmasından önce çöktürülmesi
Nisan 1934	Gleason loanam	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ve CaO
Temmuz 1934	Windecker	Klorür ve kireç; çöktürme ve çıkış suyunun klorlanması
Eylül 1934	Henderson Kennedy	Kireç ve hipoklorit
Nisan 1935	Koller Miller	Oksijen ihtiva eden ve alkali olan maddeler ile CuSO_4 veya diğer metalik tuzlar (CaO , Na_2CO_3 , Na_2O , Al_2O_3 , Cl_2)

5.2 Kimyasal Koagülasyon

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi atıksudaki kirletici parametrelerin büyük bir kısmı çözünmüş ve askıda halde bulunmaktadır. Başka bir deyişle bu kirleticiler $0.1-10^{-5}$ mm boyutlarında görülmektedir [19]. Bu boyutlardaki partiküllerin kendi ağırlıklarıyla çökerek giderilmesi mümkün değildir. Bu gibi durumlarda koagülant kullanılması, partikülleri floklar haline getirerek çökeltme hızlarını arttırır ve böylece giderim verimleri yükselir [19], [20].

Koagülasyon küçük partikülleri floklar haline getiren bir prosesdir. Kimyasal koagülasyon ve flokülasyon, kimyasalların atıksuya tamamen karıştırılmasıyla yapılır ve bu kimyasal karıştırma atıksudaki katıların floklar haline gelmesini sağlar [21]. Meydana gelen floklar, çökeltme veya filtrasyon ya da her ikisinin birlikte uygulanmasıyla sudan giderilirler. Birçok toksik madde partiküllerin üzerine adsorbe olduğundan, bu yolla partikül giderilirken çeşitli kirletici parametrelerin de giderilmesi sağlanır [22].

Koagülasyon, Cu, Zn, As, Cd, Cr, Pb, Se, Hg, gibi çeşitli toksik kirleticiler, fosfat, bulanıklık, AKM, KOI, TOK, BOI, TKN, renk ve içme sularında virüs ve bakterilerin giderilmesinde %60 ve üzerinde verim sağlamakta, buna karşı nitrat, amonyum, Co, Ni, Cn ve fenol gibi kirleticilerin giderilmesinde bir rolü olmamaktadır [23].

Koagülasyonun uygun bir arıtma prosesi olup olmadığı değerlendirilirken gözönüne alınan şartlardan biri atıksudaki kirleticilerin, askıda, çözünmüş ve çökebilir partiküllere göre dağılımlarının nasıl olduğudur [24]. Ayrıca arıtılacak atıksu için en iyi giderim verimlerini sağlayan, en ekonomik koagülant

araştırılmalıdır. Seçilen koagülantların uygun işletme şartlarında kullanılmasıyla beklenen çıkış kalitelerine ve çamurun miktarına bakılır. Kullanılan koagülantın cinsi ve miktarı, karıştırma şiddeti ve süreleri, koagülasyon prosesinin dizaynı ve işletilmesi için önemli parametrelerdir [25].

5.2.1 Prosesin Tanımı

Bir koagülasyon prosesinde 2 ayrı ve belirgin adım vardır. İlk adımda, bir veya daha fazla kimyasal, karışım tankına verilerek sudaki partiküllerin stabil olmayan veya yapışkan bir hale gelmesi sağlanır. İkinci adım ise bu destabilize partiküllerin bir araya gelerek flokları oluşturmalarıdır ve bu adım süzme, flokülasyon tanklarında yavaşça karıştırılmasıyla sağlanır [22],[26]. La Mer'e göre birinci adım koagülasyon, partiküllerle polimerlerin arasında köprülerin oluştuğu ikinci adım ise flokülasyon aşamasıdır. Ancak Weber, koagülasyon terimini her iki adımı da içeren bütün proses olarak kullanmıştır [26].

Aritılacak su, destabilize yapacak kimyasalların ilave edildiği hızlı karışım tankında, şiddetli olarak 1 dakika veya daha kısa bir süre karıştırılır. Partiküllerin destabilize olmaları hızlıdır ve esas olarak bu karıştırma-dan sonra tamamlanır. Destabilize olmuş partiküllerin birbirleriyle temasıyla flokleşmesini sağlayacak yavaş karıştırma, flokülasyon tankında yapılır.

Kullanılan kimyasal maddeler, iki farklı mekanizayla partiküllerin destabilizasyonunu sağlar [19]. [22]. Birincisinde ilave edilen koagülant askıda bulunan zıt yüklü iyonların üzerine adsorblanır. Böylece partiküllerin üzerindeki yük nötralize edilerek stabil olmayan bir hale getirilir. İkinci mekanizmada ise koagülantların hidroliz ürünleri jelatinimsi bir yapıdadır ve bu, yapışkan bir tabakayla askıdaki partikülleri kaplar ve

koagülantlar tarafından yakalanmasını kolaylaştırarak flokların büyümesini sağlar.

5.2.2 Kimyasal Koagülasyonla Fosfor Giderilmesi

Fosforun kimyasal çöktürmeyle giderilmesi için kullanılan kimyasallar $Fe(3)$ klorür, alüminyum sülfat (alum) gibi metal tuzları ile kireçtir. Kentsel atıksularda fosfor giderimi için çeşitli metal tuzları özellikle $Fe(3)$ klorür ve alum kullanılır. Bir çok durumlarda metal tuzu ilavesine ek olarak, askıdaki maddelerin giderimine yardımcı olmak için aniyonik polimerler kullanılır.

Kireç kullanmak için dizayn edilen bir çok tesisde genellikle alum veya $Fe(3)$ klorür kullanılmaya başlanmıştır. 1979 yılında yapılan bir araştırmada, 104 tane kimyasal arıtmayla fosfor giderimi yapan tesisden 52' sinde demir tuzlarının, 49 unda alüminyum tuzlarının ve sadece 2 tanesinde kirecin kullanıldığı görülmüştür [10], [11]. Kirecin bu kadar az kullanılmasının nedenlerinden biri metal tuzu ilavesine göre oluşacak çamur miktarında önemli bir artış göstermesidir. Diğer bir sebep ise kullanılması, depolanması, beslenmesi ile birlikte işletme ve bakım problemleri mevcuttur.

Fosfor gideriminin asıl mekanizması çözünmemiş çökeltiler oluşturmak için metal iyonlarının ortofosfatla reaksiyona girmesidir. Fosfor giderimi için arıtılacak atıksuya jar test uygulanmalıdır. Böylece gerekli dozun tahmin edilmesinden dolayı olan hatadan kaçınılmış olur. Çünkü gerçek dozaj tesisler arasında ve hatta aynı tesiste çeşitli zamanlarda ve mevsimsel olarak değişmektedir.

Tablo 5.2 de metal tuzu ilavesinin olduğu ve olmadığı durumlar için birinci ve ikinci kademe arıtmanın P, AKM ve BOI giderim % leri verilmiştir.

Tablo 5.2 Birinci ve ikinci kademe arıtmalarda, metal tuzu ilavesinin olduğu ve olmadığı durumlarda P, AKM ve BOI giderimleri [11], [27]

	P Giderimi (%)		AKM Giderimi (%)		BOI Giderimi (%)	
	Kimyasal ilavesi olmadan	Kimyasal ilavesi ile	Kimyasal ilavesi olmadan	Kimyasal ilavesi ile	Kimyasal ilavesi olmadan	Kimyasal ilavesi ile
Birinci kademe arıtma	5-10	70-90	40-70	60-75	25-40	40-50
İkinci kademe arıtma	10-20	80-95	70-92	85-95	80-90	80-95

Tablo 5.3, Amerika ve Kanada'da bulunan 104 fosfor giderim tesisi üzerindeki araştırmalara dayanılarak derlenmiştir ve kullanılan kimyasal ve kimyasal uygulaman noktasının dağılımını göstermektedir [10],[11].

Tablo 5.3 Kimyasal ilavesinin uygulama noktaları ve uygulanan kimyasal tipinin dağılımı [10],[11]

	Amerika			Kanada			Toplam		
	Al	Fe	Toplam	Al	Fe	Toplam	Al	Fe	Toplam
Birinci kademe arıtma	1	16	17	2	20	22	3	36	39
İkinci kademe arıtma	26	6	32	17	8	25	43	14	57
İleri arıtma	2	2	4	1	0	1	3	2	5
Toplam	29	24	53	20	28	48	49	52	101

A.B.D.'de birinci kademe arıtmada Al(3) ve Fe(3) kullanılmasıyla ilgili bazı çalışmalar ve elde edilen fosfor çıkış konsantrasyonları ve giderim yüzdeleri Tablo 5.4 de verilmiştir. Ontario' da uygulanan bazı arıtılabilirlik çalışmalarının bir özeti Tablo 5.5 de verilmiştir [10].

Tablo 5.4 A.B.D. de Al(3) ve Fe(3) kullanılması ile yapılan bazı birinci kademe arıtmalarda alınan sonuçlar [10]

Kullanılan kimyasal	Fe(3) veya Al(3) miktarı(ng/l)	Çıkış P konsantrasyonu(ng/l)	P giderim verimi (%)	Uygulandığı Yer
Fe	14.4	1.7	83	Michigan
Al	7.2	1.0	89	Michigan
Al	7.0	1.0	87	Windsor, Ontario (0.4 ng/l polimer)
Al	3.7	1.5	61	Pochester (0.4 ng/l polimer)

Tablo 5.5 Ontario' daki bazı arıtılabilirlik çalışmaları [10]

Kimyasal	Tesis sayısı	Çıkış P konsantrasyonu(ng/l)	Ortalama dozaj (ng/l)*	Metal iyonunun toplam fosfora mol oranı
FeCl ₃	7	1	14.2	2.7
Alum	5	1	10.3	1.7
Kireç	4	1	10.1	15.8

a.Fe,Al veya Ca olarak hesaplanmıştır.

CCCCSD' de (Central Contra Costa Sanitary District) FeCl₃ ve kirecin bir arada kullanılmasıyla yapılan bir çalışma Tablo 5.6 da verilmiştir [27].

Tablo 5.6 CCCSD' de kireç ve FeCl_3 şıvesi ile alınan sonuçlar [27]

Debi	: 4505 m ³ /gün	Debi	: 4540 m ³ /gün
pH	: 11	pH	: 10.2
Ca(OH) ₂	: 400 mg/l	Ca(OH) ₂	: 289 mg/l
FeCl ₃	: 14 mg/l	FeCl ₃	: 24 mg/l

	Giriş (mg/l)	Çıkış (mg/l)	Giderme verimi (%)	Giriş (mg/l)	Çıkış (mg/l)	Giderme verimi (%)
Toplam Fosfor	9.5	0.85	91	9.4	0.68	93
BOI	210	53	95	178	59	66
AKN	305	27	91	235	31	87
TOC	130	37	72	117	43	63
Ca Sertliği (CaCO ₃ olarak)	76	139	--	72	148	--
Mg Sertliği (CaCO ₃ olarak)	90	32	--	90	70	--

Kanalizasyon sularının arıtımında biyolojik prosesler yerine kimyasal arıtma kullanımı Coleshill ileri arıtma tesisinde denenmiştir [28]. Bu tesisteki ilk proses, askıda katı madde ve fosfat giderimini sağlamak için kireçle yapılan koagülasyon ve flokülasyon prosesidir. Bu tesiste, ilave edilen CaO cinsinden kireç miktarına bağlı olarak askıda katı madde, BOI, ortofosfat ve pH'nın nasıl değiştiği Tablo 5.7 de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 Koagülant olarak kireç kullanılan evsel atıksuların kimyasal çöktürülmesi (Bank ve Butwell, 1981) [29]

İlave edilen kireç (CaO olarak) mg/l	AKN giderimi %	BOI giderimi %	Ortofosfat giderimi %	pH değerleri
0	33	15	6	7.2
100	42	23	58	9.3
200	79	45	78	10.6
250	78	42	92	10.8
300	91	70	98	10.9
350	88	49	91	11.1
400	90	69	99	11.2

Aynı çalışmada evsel atıksuyun kireçle koagülasyonuna yardım etmek için FeCl_3 ve polielektrolit de kullanılmıştır. Bununla ilgili değerler Tablo 5.8 de gösterilmiştir.

Tablo 5.8 Evsel atıksuların kimyasal koagülasyonunda FeCl_3 ün kireç ile birlikte kullanılması (Bank ve Butvwell,1981) [28].

İlave edilen kimyasal miktarı	AKM giderimi %	BOİ giderimi %
hiç kullanılmıyor	33	15
250 mg/l kireç	78	42
250 mg/l kireç + 5 mg/l Fe	88	41
250 mg/l kireç + 10 mg/l Fe	93	56
250 mg/l kireç + 15 mg/l Fe	92	58

Aynı çalışmada, 250 mg/l kireçle yapılan koagülasyonun, 50 mg/l Fe^{3+} veya Al^{3+} tuzlarıyla yapılanla hemen hemen aynı askıda katı madde giderimi sağladığı belirtilmiştir.

Odegaard, Norveç'te önçökeltmeli ve önçökeltmesiz olarak ızgara kum tutucu, koagülant ilavesi, flokülasyon ve son çökeltme tanklarından oluşan 100 den fazla tesisin bulunduğu belirtilmiştir. Bu tesislerde elde edilen verimler Tablo 5.9 da verilmiştir.

Tablo 5.9 Norveç'te 56 kimyasal arıtma tesisinden elde edilen 1995 yılı ortalama sonuçları [15]

Proses	Tesis sayısı	KOİ				BOİ				AKM				TP			
		n	giriş mg/l	çıkış mg/l	%	n	giriş mg/l	çıkış mg/l	%	n	giriş mg/l	çıkış mg/l	%	n	giriş mg/l	çıkış mg/l	%
Ön çökeltme yok	23	294	172	27	84.3	210	216	42	80.6	303	313	92	70.6	338	5.5	0.54	90.2
Ön çökeltme var	33	371	218	22	89.9	287	238	36	84.9	322	404	74	81.6	419	7.1	0.5	93.0

a. ortalama değerlerin saptandığı numune sayısı

Genellikle ön çökeltmesi olmayan sistemlerde daha iyi arıtma sonuçları elde edilmiştir ve çıkıştaki AKM nin çökeltmemiş floklardan ibaret olduğu belirtilmiştir .

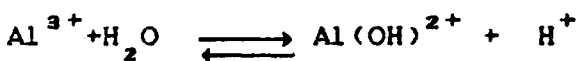
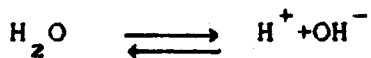
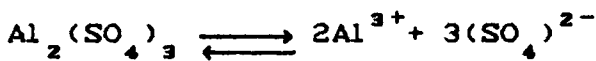
5.2.3 Kullanılan Kimyasal Maddeler

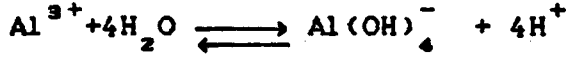
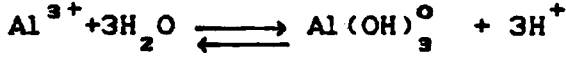
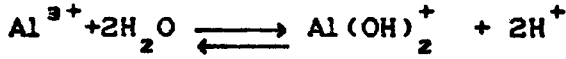
En çok kullanılan kimyasal maddeler alum, Fe(3) sulfat, Fe(2) sulfat, Fe(3) klorür, Fe(2) klorür, kireç ve çeşitli polimerlerdir. Courtney ve Joye, [29] kentsel atıksu arıtım tesisinden alınan numuneler üzerinde yaptıkları çalışmalara göre en etkili kimyasalların alüminyumklorür, alum ve demir (+3) klorür olduğunu belirtmişlerdir. Bu tez çalışması boyunca alum, FeCl_3 , FeSO_4 , FeCl_3 +polimer, FeCl_3 +kireç+polimer kullanılmıştır.

5.2.3.1 Alum İlavesi

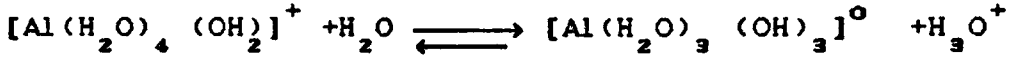
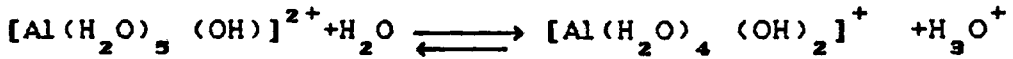
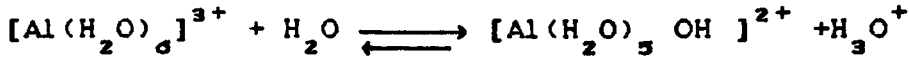
Kentsel atıksu sistemlerinin bir çoğunda, küçük boyutlardaki askıda maddeleri floklar haline getirmek için alum kullanılmaktadır. Bir çok araştırmacılar alüminyum tuzlarıyla koagülasyonla iyi bir renk ve türbidite gideriminin sağlandığını göstermişlerdir [30].

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ suya ilave edildiğinde hemen çözünür. Sülfat iyonları suyun içerisinde SO_4^{2-} olarak dağılırken, Al^{3+} iyonları suyla reaksiyona girerek hidroliz olur. Alüminyum iyonu altı su molekülü ile tamamen çevrilir ve oluşan bu form +3 yüklüdür. Bu iyon $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ veya sadece Al^{3+} olarak gösterilir. Alum suya ilave edildiğinde, Al^{3+} iyonlarının hidroliz olmalarıyla pozitif yüklü hidroksit türleri oluşur ve bu reaksiyonlar yüksek pH da negatif yüklü hidroksit türü oluşana kadar devam eder. Al^{3+} nın hidroliz reaksiyonları aşağıda belirtilmiştir [22], [31].

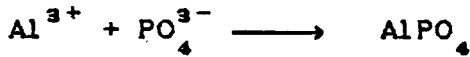




Bu reaksiyonlar aşağıdaki gibi de ifade edilebilir [24]



Aluminyum iyonlarının sudaki fosfat iyonlarıyla reaksiyona girmesiyle, aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi aluminyum fosfat oluşur [11]



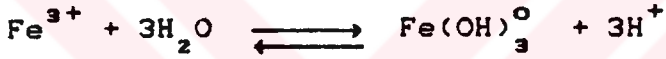
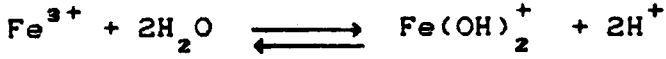
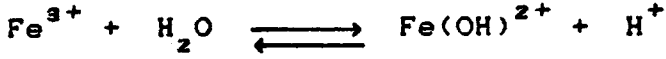
Fosfor çöktürmesi için en uygun aluminyum formu alumdur. 18 su molekülü içeren alumin fosfatla reaksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:



1 mol alum, 62 g fosfor içeren 2 mol fosfatla reaksiyona girerek 2 mol AlPO_4 oluşturur. Ancak pratikte gereken alum miktarı stokiometriyle tahmin edilenden daha yüksektir. Alum kullanılarak fosfor giderimi için optimum pH 5.5-6.5 civarındadır. Alum ilavesinden doğan pH daki düşmelerin büyüklüğü suyun alkalinitesine ve alum dozajına bağlıdır.

5.2.3.2 Fe (3) Klorür ilavesi

Evsel atıksularda fosfor çöktürmesi için sık kullanılır. FeCl_3 ün avantajı geniş pH aralıklarında iyi sonuçlar vermesi ve alum ilavesiyle oluşanlara göre daha kuvvetli floklar oluşturmastır [32]. Suyla reaksiyonları alüminyumun reaksiyonlarına benzerlik gösterir. Demir iyonu da alüminyum iyonu gibi altı su molekülü ile çevrilir ve $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ olarak gösterilir. Fe^{3+} nın hidroliz reaksiyonları aşağıda belirtilmiştir [31].



FeCl_3 ile fosfat arasındaki reaksiyon aşağıdaki gibi oluşur: [11]

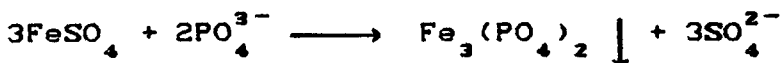


1 mol FeCl_3 , 31 gr fosfor içeren 95 gr fosfatla reaksiyona girerek 1 mol FePO_4 oluşturur.

FeCl_3 , belirli pH aralıklarında fosfor çöktürmesi için en etkili kimyasallardan biridir. Fe^{3+} iyonu için optimum pH aralığı 4.5-5.0 olmakla beraber önemli miktarlarda fosfor giderimi daha yüksek pH larda sağlanabilir.

5.2.3.3 Fe (2) Sülfat İlavesi

FeSO_4 , fosfatla aşağıdaki gibi reaksiyona girer [11].



1 mol FeSO_4 , 62 gr fosfor içeren 2 mol fosfatla reaksiyona girerek 2 mol $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ oluşturur. Fe^{2+} iyonu için optimum pH 8 civarındadır. İyi fosfor giderimi pH'nın 7-8 değerinde sağlanabilir. Ancak Kanada'lıların yapmış olduğu çalışmalar etkili fosfor çöktürmesinin Fe^{2+} iyonun Fe^{3+} iyonuna okside olmasından önce oluşmayacağını ve bu sebeple Fe^{2+} tuzlarının birincil arıtmada kullanılmasını desteklemediklerini belirtmişlerdir.

5.2.3.4 Kireç İlavesi

Kireç ilavesiyle giderim sistemleri tek veya iki aşamalı sistemler olabilir. pH'nın 10'un altında tutulduğu tek basamaklı sistemle 1 mg/l toplam fosfor çıkışı elde edilebilir. Kireç ilavesi prosesi önemli miktarda çamur oluşumuna sebep olur. Sönmemiş (CaO) ve sönmüş (Ca(OH)_2) olmak üzere kirecin iki formu kullanılır.

5.2.3.5 Polimer Kullanımı

Su arıtımında kullanılan organik polimerler, yüksek moleküler ağırlıkta ve uzun zincirli moleküllerdir. Polimerler yüklerine göre katyonik (pozitif yüklü), anyonik (negatif yüklü) veya noniyonik olarak 3 gruba ayrılır. Polimerler ya yalnız olarak ya da alum gibi inorganik tuzlarla birlikte atıksuya ilave edilirler. Aniyonik polimerler genellikle flokülasyona yardım etmeleri için kullanılır. Demir veya alüminyum tuzları ile kullanıldığında, çökme hızları daha yüksek olan geniş floklar oluşmasını sağlar.

BÖLÜM 6. DENEYSEL YAKLAŞIM

6.1 Deneyisel Plan

Bu çalışmada öncelikle Yenikapı Ön Arıtma Tesisine ait evsel atıksuların karakterizasyonları yapılmıştır. Karakterizasyonlar yapılırken toplam çökeltilmiş ve süzölmüş numunelerle çalışılmıştır.

Karakterizasyonu yapılan atıksular, kimyasal koagölasyon için jar test deneyine tabi tutulmuştur. Çalışmanın bu kısmında koagölant olarak çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak, özellikle giderilmesi istenen parametrelerin koagölasyonu için optimum dozaj ve pH aralıkları tespit edilmiştir. Genellikle seçilen koagölant, pH ve dozaj gibi belirlenen şartlar altında suya ilave edilir. Bunun arkasından gelen hızlı karıştırmayı, koagölant yardımcısının ilave edilmesi ve flokülasyon takip eder. Optimum şartlar ya jar test düzeniyle ya da zeta potansiyeliyle belirlenebilir [24]. Bu tez çalışmasında jar test düzeni kullanılmıştır.

6.2 Analitik Metotlar

Atıksuların karakterizasyonu yapılırken, çalışılan çökeltilmiş numune için 1000 ml lik Imhoff konileri kullanılmıştır. Deneyisel çalışmalar, atıksuların bu konilerde bir saat çökeltilmesinden sonra alınan süpernatant (üst faz) üzerinde yapılmıştır.

Karakterizasyon çalışması yapılırken kullanılan süzölmüş numuneler, atıksuların Whatman GF/C cam elyaf filtre kağıtlarıyla vakum filtrasyon işlemine tabi tutulmasıyla

elde edilmiştir.

Karakterizasyonda bakılan parametreler Standard Methods [33] da belirtilen esaslara göre yapılmıştır. BOI_5 tayini 300 ml lik hava kaçırmayan inkübasyon şişelerine besleyiciler ilave edilerek ve % 0.5, % 1 ve % 2 oranında seyreltilerek hazırlanan numunelerin konması, bunların çözünmüş oksijen değerlerinin hemen ve 5 günlük $20^\circ C$ deki inkübasyon sonucu ölçülmeleri prensibine dayalı 5 günlük BOI testiyle yapılmıştır.

KOI deneyi açık geri yıkama, (Open-Reflux) metoduyla yapılmıştır. Numunedeki organik maddenin kuvvetli bir oksitleyici olan $K_2Cr_2O_7$ ile asit ortamda kaynama-geri yıkama süreci ile oksitlenmesinden yararlanılarak ölçülür.

AKM, atıksuyun önceden darası alınmış cam elyaf filtre kağıtlarından vakum filtrasyonuyla süzülmesi ve bu kağıtların $103^\circ - 105^\circ C$ 'ye ayarlı etüvde 1 saat kurutulup, sabit tartım için desikatörde $1/2$ saat bekletilmesi esasına dayanır.

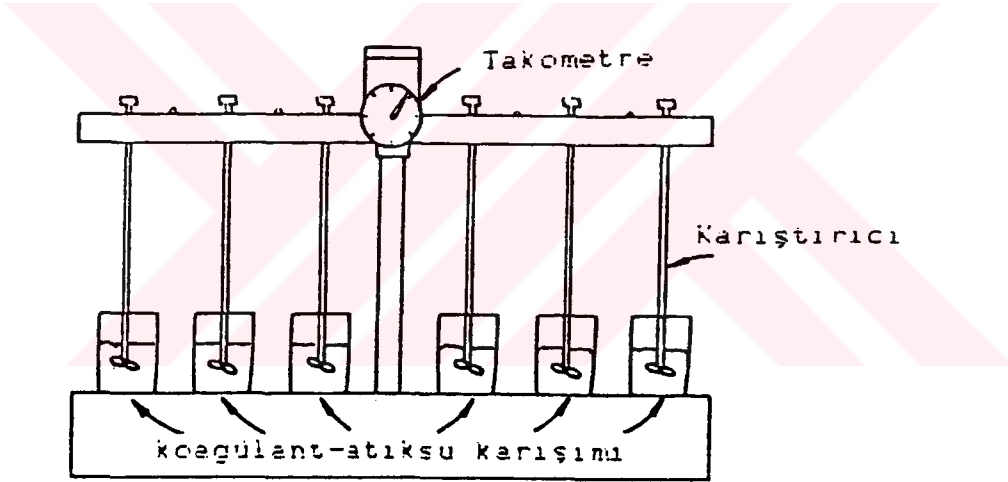
TP yine Standart Metotlara göre Sülfirik Asit-nitrik asit ayrışması metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Numunenin asit ortamda kaynatılmasıyla organik fosfatların ortafosfata dönüştürülmesi prensibine dayanır.

NH_3 -N ve TKN parametreleri de Standart Metodlarda belirtildiği gibi sırasıyla titrimetrik ve Makro-Kjeldahl Metodları ile ölçülmüştür.

Kimyasal koagülasyon için uygulanan jar test metodu aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

6.2.1 Test İçin Gerekli Ekipman [24]

1. Jar test düzeneği (Şekil 6.1)
2. Kireç, alum, Fe(3) klorür ve polielektrolitler gibi ticari olarak elde edilebilen çeşitli koagülantlar ve koagülant yardımcıları
3. Kronometre
4. Dereceli çökme aleti (Imhoff konisi)
5. Dereceli beherler
6. AKM, KOI, BOI_5 gibi parametrelerin ölçümü için ekipman



Şekil 6.1 Jar Test Düzeneği

6.2.2 Optimum pH nin Saptanması [24], [34], [35]

1. Öncelikle BOI_5 , KOI, AKM, Toplam P gibi üzerinde çalışılan parametreler gözönüne alınarak bir karakterizasyon yapılır.

2. Kullanılacak koagülantların 10-50 mg/ml lik stok solüsyonları hazırlanır.

3. Aritılacak numuneden 500'er ml lik numuneler alınarak jar test beherlerine Şekil 6.1 deki gibi konur. Uygulanacak koagülantdan her bir behere aynı konsantrasyonlarda ilave edilir ve pH, uygulanan koagülanta göre her bir beherde birer birim arttırılarak NaOH veya H_2SO_4 ile ayarlanır. 1 dakika, 100 rpm.de hızlı karıştırması yapılır. Eğer katyonik polimer kullanılıyorsa hızlı karıştırmanın sonuna doğru, aniyonik polimer kullanılıyorsa flokülasyon adımının ortasına doğru ilave edilmelidir.

4. Flokların oluşmasını sağlamak için, 20-25 rpm. de 20 dakika yavaş karıştırılması yapılır.

5. Flokülasyon süresinin bitiminde jar test karıştırıcıları kapatılır ve numuneler 30 dakika çökelmeye bırakılır.

6. Her beherin süpernatantından alınan numunelerde, 1. maddede belirtilen parametrelere bakılır.

7. Ölçülen parametrelerin pH ile değişimleri bir grafikde gösterilir ve kullanılan koagülant için optimum pH aralıkları bulunur.

6.2.3 Optimum Dozajın Saptanması

1. Yeniden 6 beherde 500'er ml lik numuneler hazırlanır ve farklı konsantrasyonlarda koagülant her bir behere ilave edilir.

2. Numune ve koagülant karıştırılır ve 6.1 kısmında bulunmuş olan uygun pH 'ya ayarlanır

3. 1 dakika 100 rpm de karıştırılır.

4. 20dakika 20-25 rpm de karıştırıldıktan sonra jar test

düzenegi kapatılır ve numuneler, 30 dakika çökmeleri için bırakılır.

5. Her bir beherin süpernatantından alınan numunelerde incelenen parametreler ölçülür

6. Ölçülen parametrelerin koagülant dozajıyla değişimi çizilir ve optimum dozaj aralığı belirlenir.

BÖLÜM 7. DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

7.1 Alum Kullanılarak Yapılan Deneyler

7.1.1 Alum Kullanımına pH Etkisi

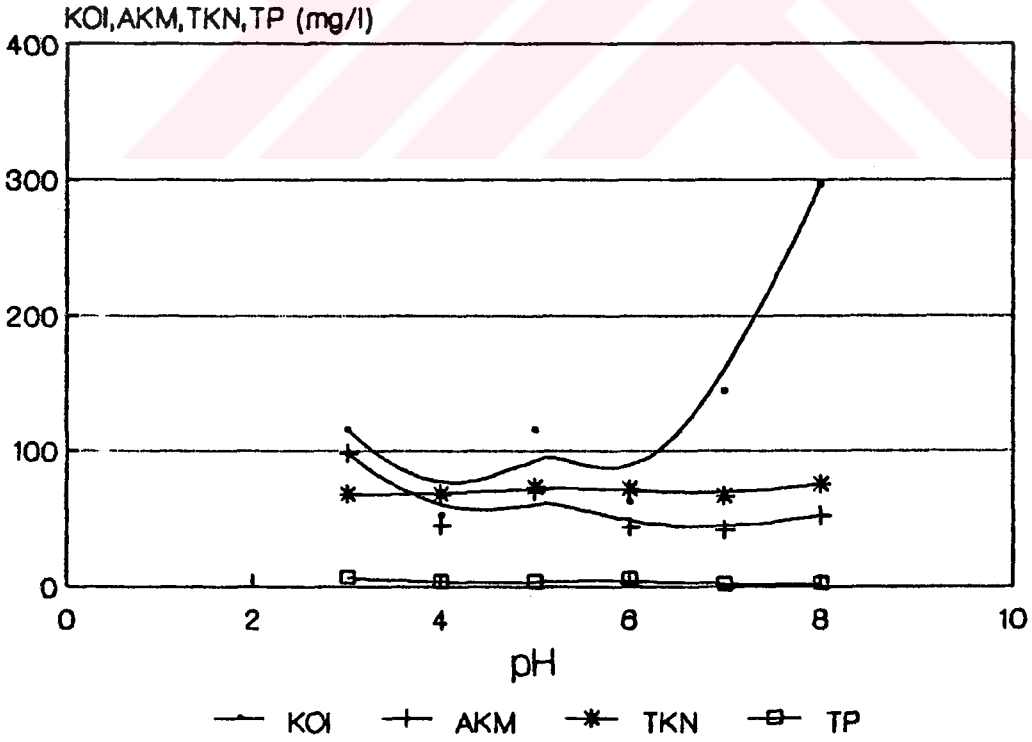
Bu çalışmada Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nden gelen 2 farklı numunede sırasıyla 100 mg/l ve 200 mg/l konsantrasyonlarda alum kullanılarak pH'nin etkisi incelenmiştir. Kullanılan alum solüsyonu 25 g/l $\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ formundadır. pH 3-8 aralığında 100 mg/l alum için KOI, AKM, TKN, TP ve 200 mg/l alum için KOI, AKM, parametrelerine bakılmıştır.

Giriş konsantrasyonları; KOI : 530mg/l, AKM : 600mg/l, TKN : 86.8 mg/l ve TP : 13 mg/l olan atıksuya 100 mg/l alum (15.8 mg/l Al) ilavesiyle alınan sonuçlar Tablo 7.1 de verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen çıkış değerleri ve giderim verimlerinin pH'ya göre değişimleri sırasıyla Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 de gösterilmiştir.

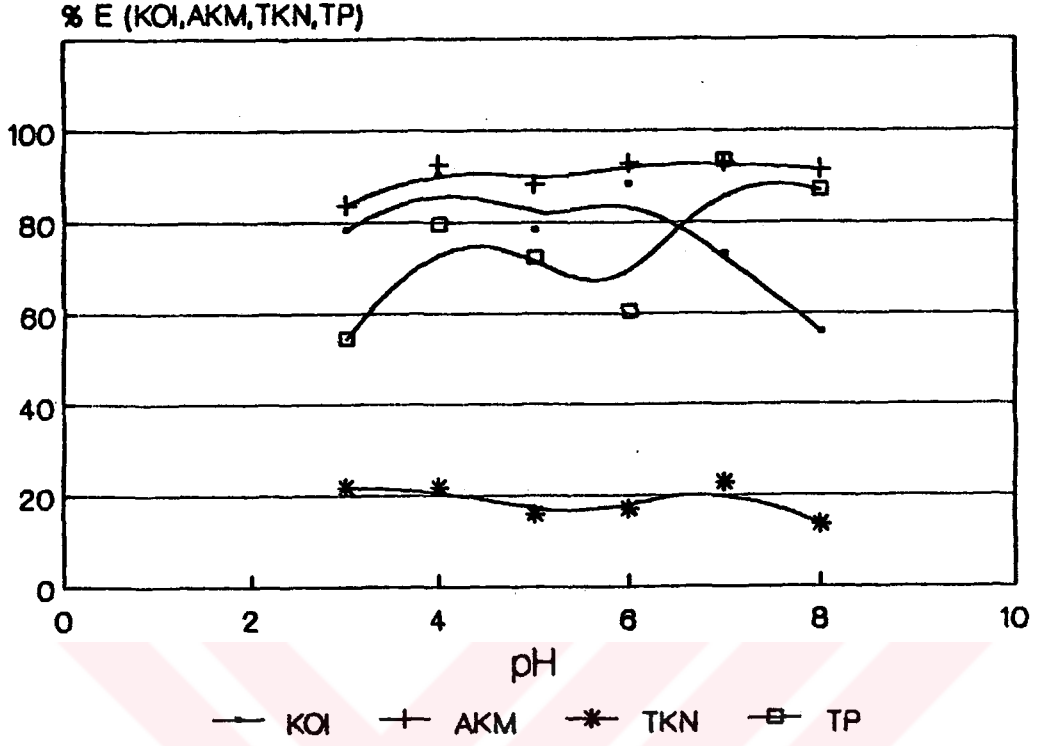
Giriş konsantrasyonları; KOI 1430mg/l ve AKM 2160 mg/l olan atıksuya 200mg/l alum ilavesiyle elde edilen sonuçlar Tablo 7.2 de verilmiştir. Çıkış değerlerinin ve giderim verimlerinin pH'ya göre değişimleri de sırasıyla Şekil 7.3 ve Şekil 7.4 de gösterilmiştir.

Tablo 7.1 Giriş konsantrasyonları KOI_0 : 530 mg/l,
AKM: 600 mg/l, TKN: 86.8 mg/l ve TP: 13mg/l olan
atıksuya 100mg/l alum (15.8 mg/l Al) ilavesiyle
elde edilen sonuçlar

pH	KOI süzülmüş		AKM		TKN		TP	
	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
3	115	78.3	98	83.7	68	21.7	6.2	54.4
4	52	90.2	45	92.5	68	21.7	2.8	79.4
5	115	78.3	70	88.3	73	15.9	3.1	72.2
6	62	88.3	44	92.7	72	17.1	5.4	60.3
7	144	72.8	42	93.0	67	22.8	0.9	93.4
8	296	55.8	52	91.3	75	13.6	1.8	86.8



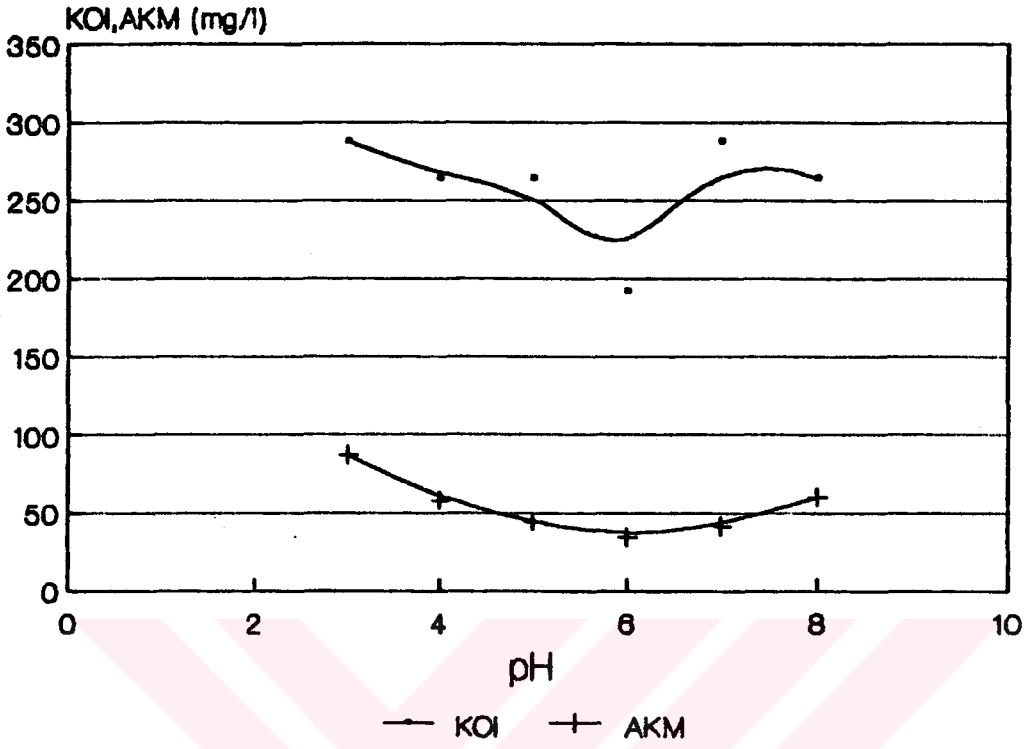
Şekil 7.1 100 mg/l alum ilavesiyle elde edilen KOI, AKM,
TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının pH ya göre
değişimi



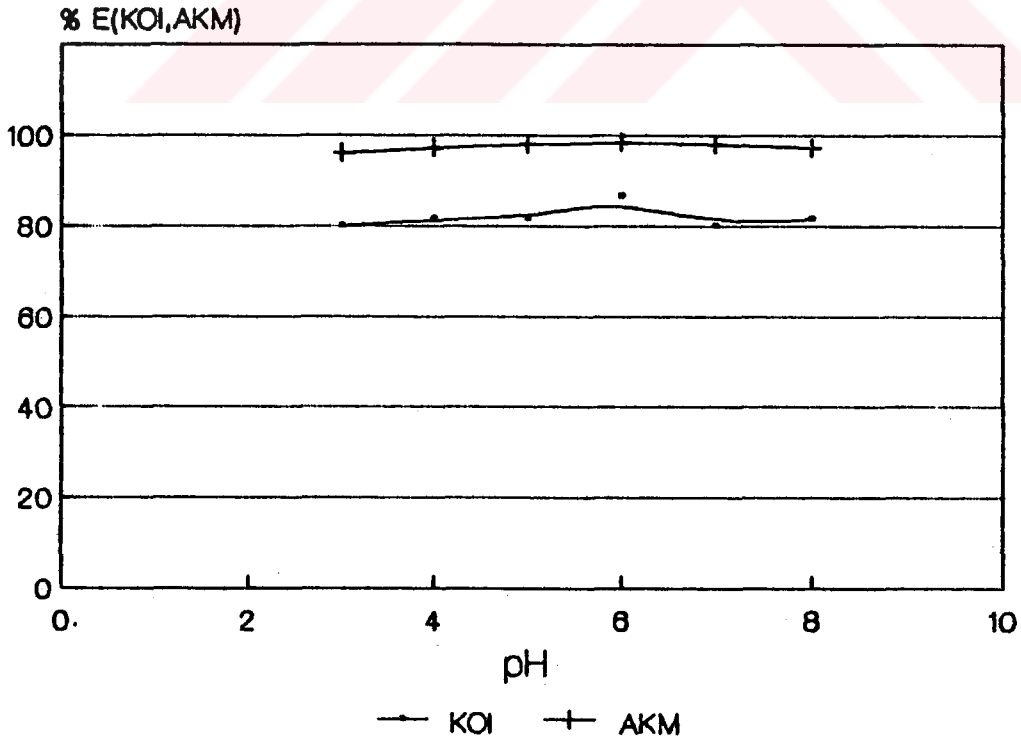
Şekil 7.2 100 mg/l alum ilavesiyle elde edilen KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin pH ya göre değişimi

Tablo 7.2 Giriş konsantrasyonları KOI_g :1430 mg/l ve AKM:2160 mg/l. olan atıksuya 200mg/l alum (31.6 mg/l Al) ilavesiyle elde edilen sonuçlar

pH	KOI		AKM	
	mg/l	E%	mg/l	E%
3	288	79.9	87	96
4	264	81.5	58	97.3
5	264	81.5	44	98
6	192	86.6	34	98.4
7	288	79.9	41	98.1
8	264	81.5	60	97.2



Şekil 7.3 200 mg/l alum ilavesiyle elde edilen KOI ve AKM çıkış konsantrasyonlarının pH ya göre değişimi



Şekil 7.4 200 mg/l alum ilavesiyle elde edilen KOI ve AKM giderim verimlerinin pH ya göre değişimi

200 mg/l alum (Al/P mol oranı 2.8/1, Al^{3+} :31.6 mg/l) ilave edilmesiyle elde edilen sonuçlara bakıldığında, KOI ve AKM giderimi için en uygun pH aralığının 5.5-6.5 arasında olduğu görülmektedir. 100 mg/l alum (Al/P mol oranı 1.2/1, 15.8 mg/l) ilavesiyle elde edilen değerlere bakıldığında aynı aralığın KOI ve AKM giderimi için uygun olduğu ancak TP ve TKN giderimlerinin pH 7 de maksimuma ulaştığı görülür.

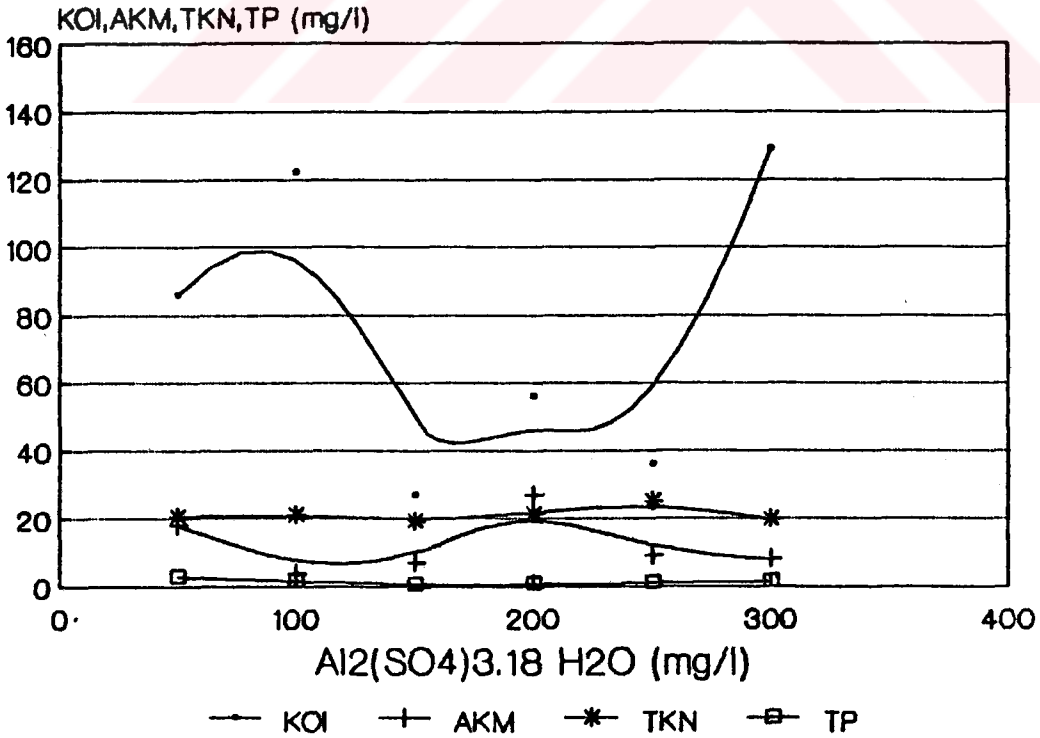
7.1.2 Alum Kullanımına Dozaja Etkisi

Alum kullanımına pH'nın etkisi incelendiğinde, en uygun pH aralığının 5.5-7 arasında olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada pH'nın sırasıyla 5.5, 6 ve 7 değerlerinde aynı numuneye farklı konsantrasyonlarda alum ilave edilerek verimin nasıl değiştiği gözlenmiştir.

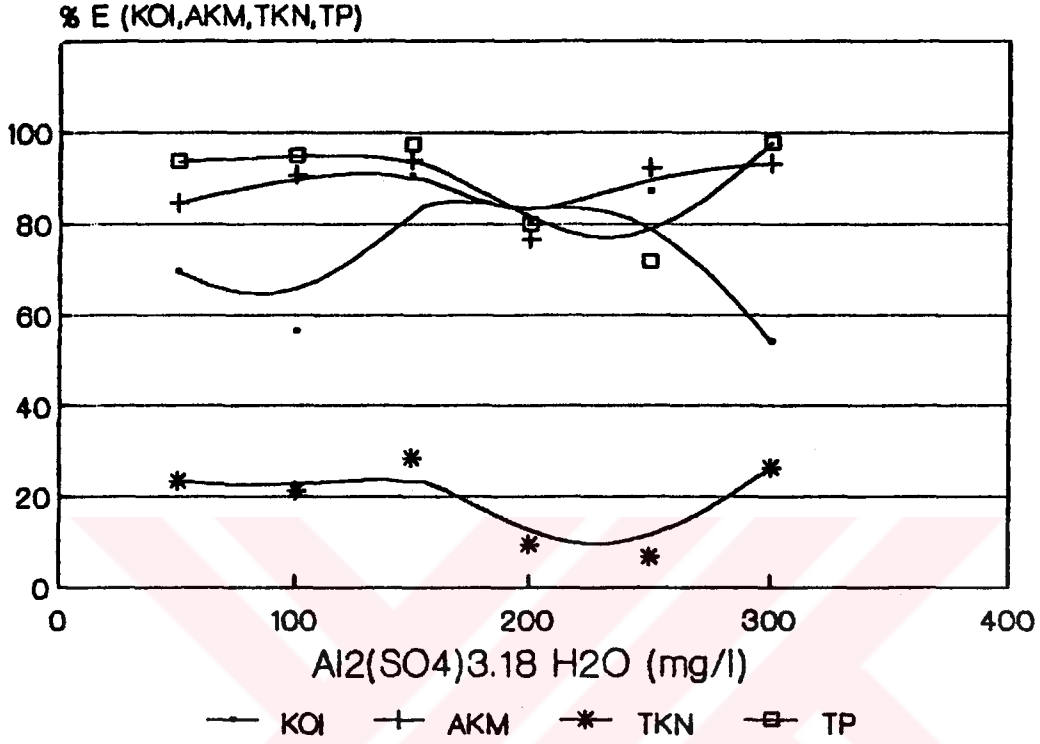
Giriş konsantrasyonları KOI 280 mg/l, AKM 116 mg/l, TKN 27 mg/l ve TP 7.4 mg/l olan atıksu için pH 5.5, 6, 7 değerlerinde alum ilavesiyle elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 7.3, Tablo 7.4 ve Tablo 7.5 de verilmiştir. Çıkış konsantrasyonlarının alum dozajına göre değişimleri sırasıyla Şekil 7.5, Şekil 7.7, Şekil 7.9 da, giderim verimlerinin alum dozajına göre değişimleri ise sırasıyla Şekil 7.6, Şekil 7.8 ve Şekil 7.10 da gösterilmiştir.

Tablo 7.3 Giriş konsantrasyonları KOI_5 : 280 mg/l ve
AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l, TP: 7.4 mg/l olan
atıksuya pH:5.5 değerinde 50-300mg/l alum
ilavesiyle elde edilen sonuçlar

Alum mg/l	Al kons. mg/l	Al/P mol oranı	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	7.9	1.2	86	69.3	18	84.5	20.7	23.3	2.7	93.9
100	15.8	2.4	122	56.4	4	90.5	21.3	21.1	1.45	94.7
150	23.7	3.6	27	90.4	7	94.0	19.3	28.5	0.42	97.3
200	31.6	4.9	56	80.0	27	76.7	21.5	9.3	0.65	79.7
250	39.5	6.1	36	87.1	9	92.2	25.2	6.7	0.88	71.6
300	47.4	7.3	129	54.0	8	93.1	19.9	26.3	1.45	97.7



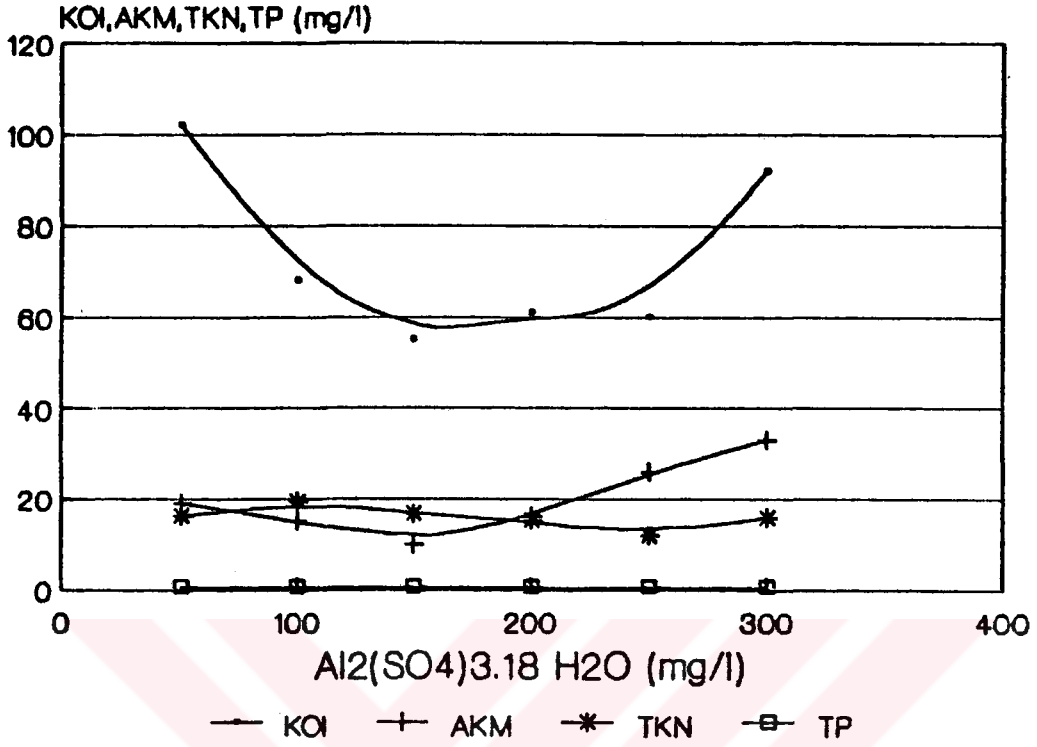
Sekil 7.5 pH 5.5 değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış
konsantrasyonlarının alum dozajıyla değişimi



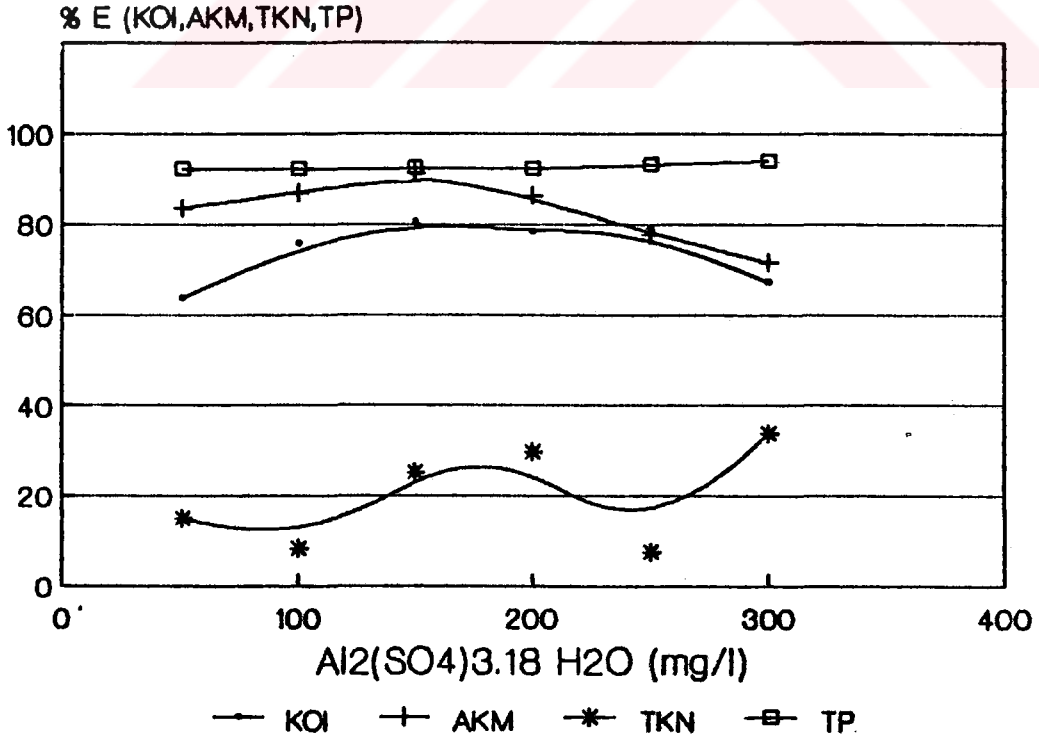
Şekil 7.6 pH 5.5 değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin alum dozajıyla değişimi

Tablo 7.4 Giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l, AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya pH:6 değerinde 50-300 mg/l alum ilavesi ile elde edilen sonuçlar

Alum mg/l	Al kons. mg/l	Al/P mol oranı	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	7.9	1.2	102	63.6	19	83.6	16.2	14.9	0.58	92.2
100	15.8	2.4	68	75.7	15	87.1	19.5	8.2	0.58	92.2
150	23.7	3.6	55	80.4	10	91.4	16.7	25.2	0.57	92.3
200	31.6	4.9	61	78.2	16	86.2	15.2	29.6	0.58	92.2
250	39.5	6.1	60	78.6	26	77.6	12.0	7.4	0.51	93.1
300	47.4	7.3	92	67.1	33	71.6	15.8	33.7	0.45	93.9



Şekil 7.7 pH 6 değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının alum dozajıyla değişimi

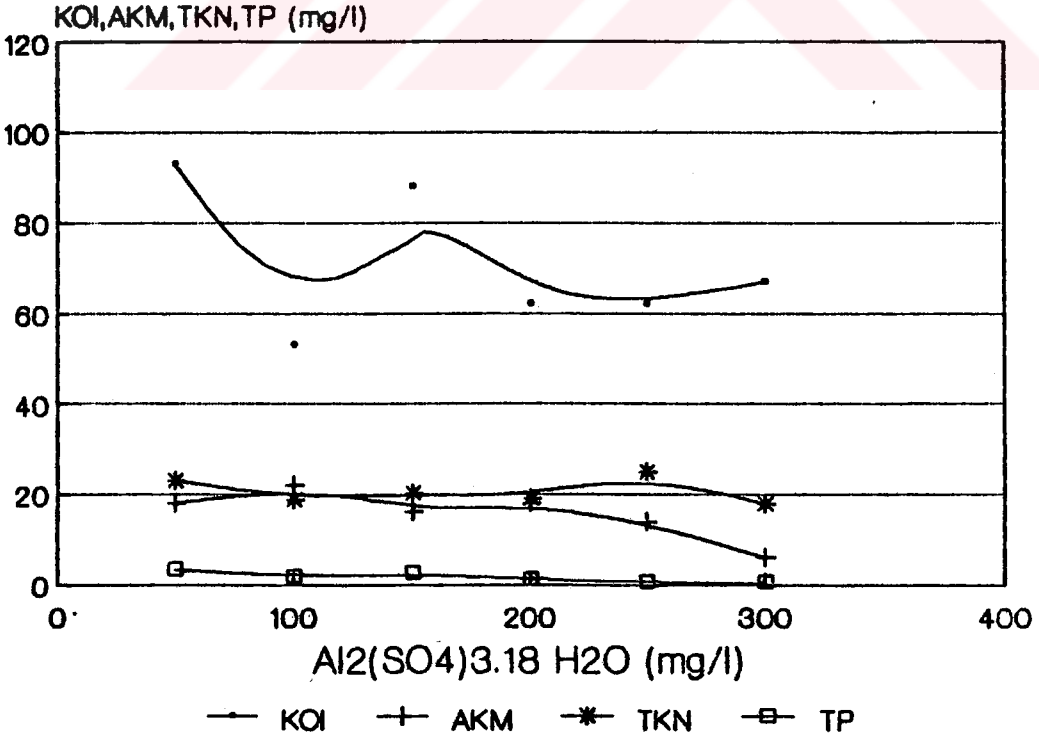


Şekil 7.8 pH 6 değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin alum dozajıyla değişimi

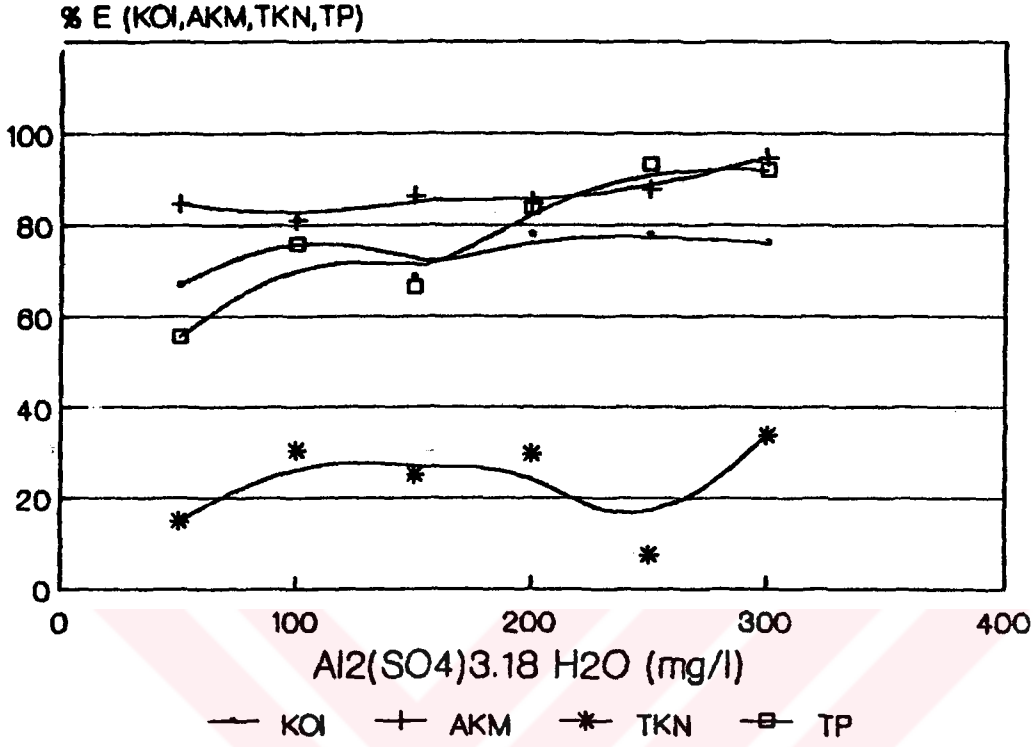
Tablo 7.5 Giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l,

AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya pH:7 değerinde 50-300 mg/l alum ilavesi ile elde edilen sonuçlar

Alum mg/l	Al kons. mg/l	Al/P mol oranı	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	7.9	1.2	93	66.8	18	84.5	23.0	14.8	3.3	55.4
100	15.8	2.4	53	81.0	22	81.0	18.8	30.4	1.8	75.7
150	23.7	3.6	88	68.6	16	86.2	20.2	25.2	2.5	66.2
200	31.6	4.9	62	77.8	18	84.9	19.0	29.6	1.2	83.8
250	39.5	6.1	62	77.8	14	87.9	25.0	7.4	0.5	93.2
300	47.4	7.3	67	76.0	6	94.8	17.9	33.7	0.6	91.9



Şekil 7.9 pH 7 değerinde, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının alum dozajıyla değişimi



Şekil 7.10 pH 7 değerinde KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin alum dozajıyla değişimi

pH 5.5, 6, 7 değerlerinde farklı konsantrasyonlarda alum ilavesinin giderim verimlerine etkisi incelendiğinde KOI için pH 5.5 ve 6 da en uygun dozajın 150-250 mg/l olduğu, daha yüksek konsantrasyonlarda verimin düştüğü gözlenmiştir. pH 7 değerinde ise 100 mg/l de maksimum olan verim 150 mg/l de minimuma inmekte, 250 mg/l ye kadar artmakta ve daha yüksek konsantrasyonlarda azalmaktadır.

Aynı çalışmada AKM giderim verimi incelendiğinde, pH 5.5 ve 6 değerinde 150 mg/l alum ilavesine kadar verimin arttığı, 150-200 mg/l arasında düştüğü, 200 mg/l nin üzerinde pH 5.5 da arttığı, pH 6 da azaldığı görülmüştür.

pH 7'de ise AKM konsantrasyonunun 200 mg/l ye kadar fazla değişmemekte, bu değerin üzerinde artmaya başlamaktadır.

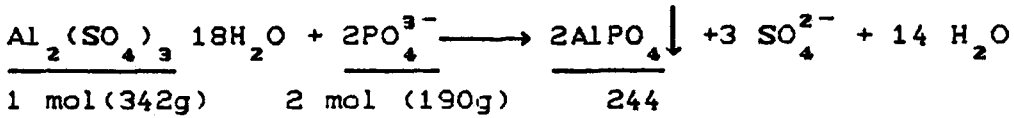
TKN için bütün pH değerlerinde uygun olan alum konsantrasyonu 150 mg/l civarında değişmektedir.

TP giderim verimi, pH 6 değerinde alum konsantrasyonundan etkilenmeyip, diğer pH değerleriyle mukayese edildiğinde maksimum seviyededir.

Yapılan çalışmaların sonucunda KOI, AKM, TKN ve TP'un giderimi için en uygun pH aralığının 5.5-6.5, alum dozajının 150-250 mg/l arasında olduğu görülmüştür. H. Odegaard'ın 1982 yılında aynı konu üzerinde yaptığı araştırmada da aynı sonuçların elde edildiği görülmüştür [15].

Optimum pH 6 ve alum dozajı 200 mg/l kabul edilerek, bu değerler için oluşacak çamur miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

1. Çamurdaki AlPO_4 miktarı



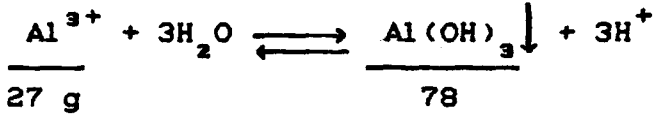
Fosforun, fosfat formunda bulunacağı kabul edildiğinde, ortamda mevcut fosfor 7.4 mg/l ve dolayısıyla fosfat 22.7 mg/l olmaktadır. İlave edilen alum 200 mg/l olduğuna göre reaksiyonu sınırlayan madde fosfattır. Fosfatın tamamının reaksiyona girmesi için ilave edilmesi gereken alum miktarı yaklaşık 41 mg/l dir.

$$\text{Oluşan } \text{AlPO}_4 \text{ (mg/l)} = 41 \times \frac{244}{342} \cong 29 \text{ mg/l}$$

2. $\text{Al}(\text{OH})_3$ miktarı

200 mg/l alumun 41 mg/l si fosfat çöktürmesi için kullanılmakta, artan 159 mg/l alumda bulunan Al^{3+} iyonları

$\text{Al}(\text{OH})_3$ olarak çökmektedir. 842 g alumda 54 g alüminyum bulunduğuna göre $\text{Al}(\text{OH})_3$ oluşturacak Al^{3+} , 25 mg/l dir.



25 mg/l

$X \cong 72 \text{ mg/l}$

3. AKM gideriminde oluşan çamur miktarı

pH 6 da 200 mg/l alum ilavesiyle, 116 mg/l giren AKM 16 mg/l ye düşmektedir.

$$116 - 16 = 100 \text{ mg/l}$$

4. Toplam : $29+72+100 = 201 \text{ mg/l}$ çamur

1990 yılı için Yenikapı tesisine gelen debi 313000 $\text{m}^3/\text{gün}$ olduğuna göre

$$\text{çamurun yükü} = \frac{201 \text{ gr/m}^3 \times 313000 \text{ m}^3/\text{gün}}{10^3 \text{ g/kg}} \cong 62913 \text{ kg/gün}$$

$$\cong 63 \text{ ton/gün}$$

7.2 FeCl_3 Kullanılarak Yapılan Deneyler

7.2.1 FeCl_3 Kullanımına pH Etkisi

Bu çalışmada 50 mg/ml olarak hazırlanan $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ çözeltisi kullanılmıştır. Atıksuya pH 5-9 aralığında 200 mg/l FeCl_3 verilerek KOİ, AKM, TKN ve TP parametrelerinin giderimleri incelenmiştir.

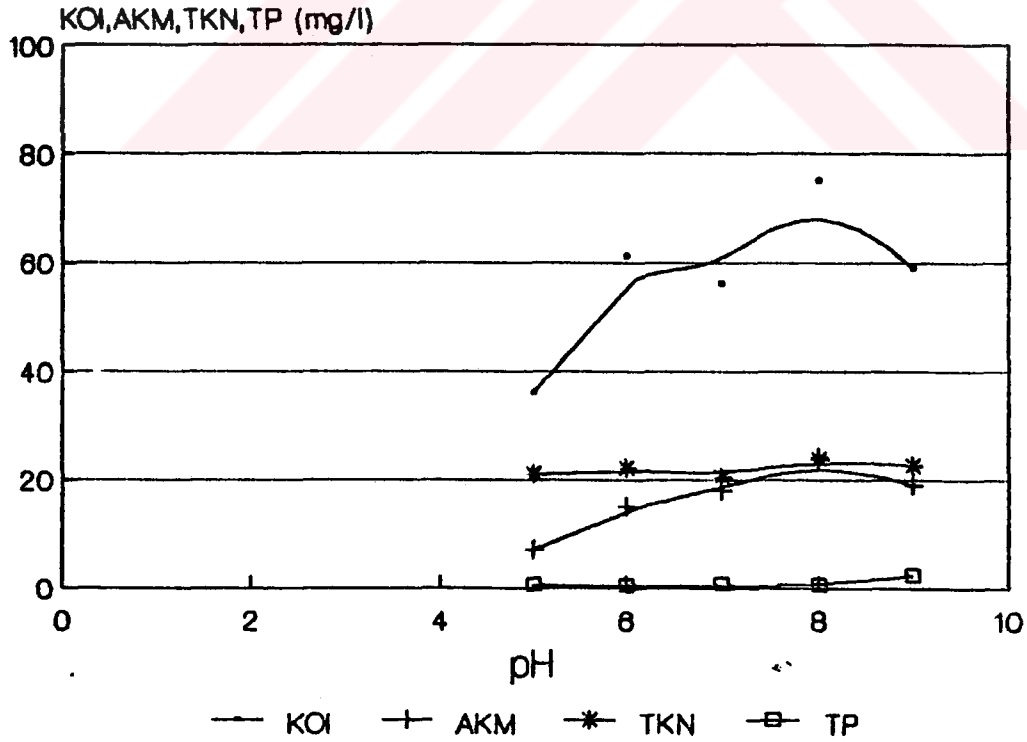
Giriş konsantrasyonları KOİ: 280 mg/l, AKM: 116 mg/l, TKN : 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksu üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 7.6 da verilmiştir. Elde edilen çıkış değerleri ve giderim verimlerinin pH'ya

göre değişimleri sırasıyla Şekil 7.11 ve Şekil 7.12 de gösterilmiştir.

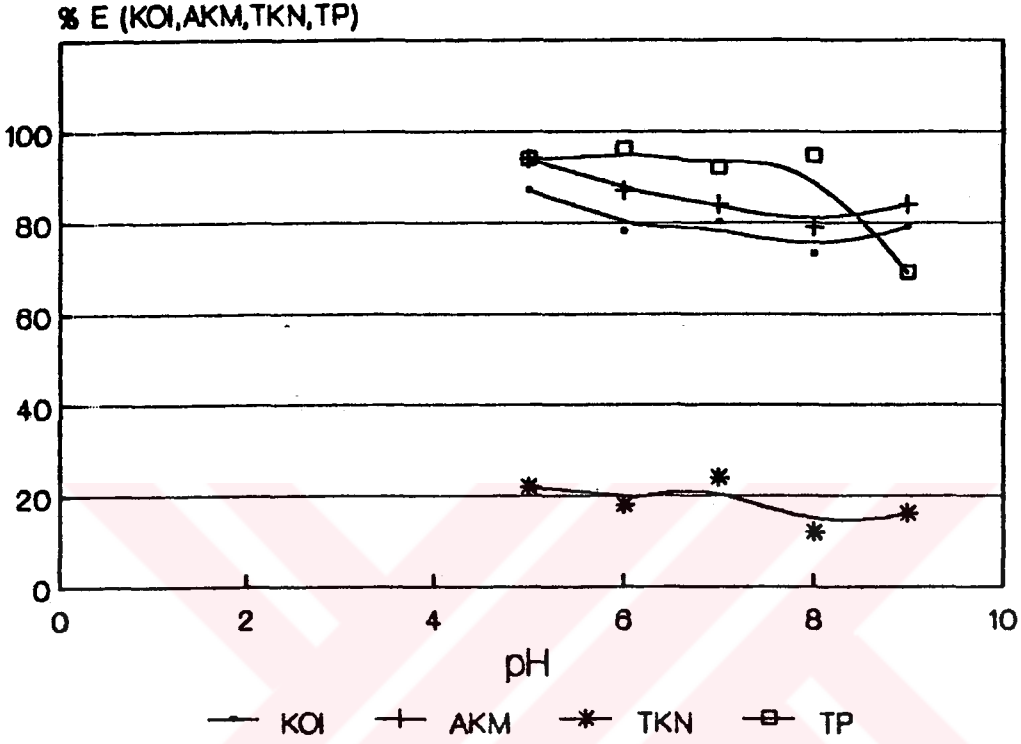
Tablo 7.6 Giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l,

AKM:116 mg/l, TKN: 27 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya 200 mg/l FeCl_3 ($\text{Fe}^{3+}=69$ mg/l, Fe/P mol oranı 5.16) ilavesiyle elde edilen sonuçlar

pH	KOI		AKM		TKN		TP	
	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
5	36	87.0	7	94.0	21	22.0	0.42	94.0
6	61	78.0	15	87.0	22.1	18.0	0.30	96.0
7	56	80.0	18	84.0	20.4	24.0	0.60	92.0
8	75	73.0	24	79.0	23.8	12.0	0.40	94.6
9	59	79.0	19	84.0	22.6	16.0	2.30	69.0



Şekil 7.11 200 mg/l FeCl_3 ilavesiyle elde edilen KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının pH ya göre değişimi



Şekil 7.12 200 mg/l FeCl_3 ilavesiyle elde edilen KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin pH ya göre değişimi

200 mg/l FeCl_3 ilavesiyle elde edilen sonuçlara bakıldığında KOI, AKM ve TKN giderim verimlerinin pH 5 ile 8 arasında azalmakta olduğu, pH 8 den sonra artmaya başladığı gözlenmiştir. TP giderim verimi pH'nın 5-8 değerlerinde fazla bir değişim göstermemiş, pH 8'in üzerinde azalmıştır.

İncelenen parametrelerin giderilmesi için optimum pH, 5 olarak gözlenmiştir.

7.2.2 FeCl₃ Kullanımına Dozaj Etkisi

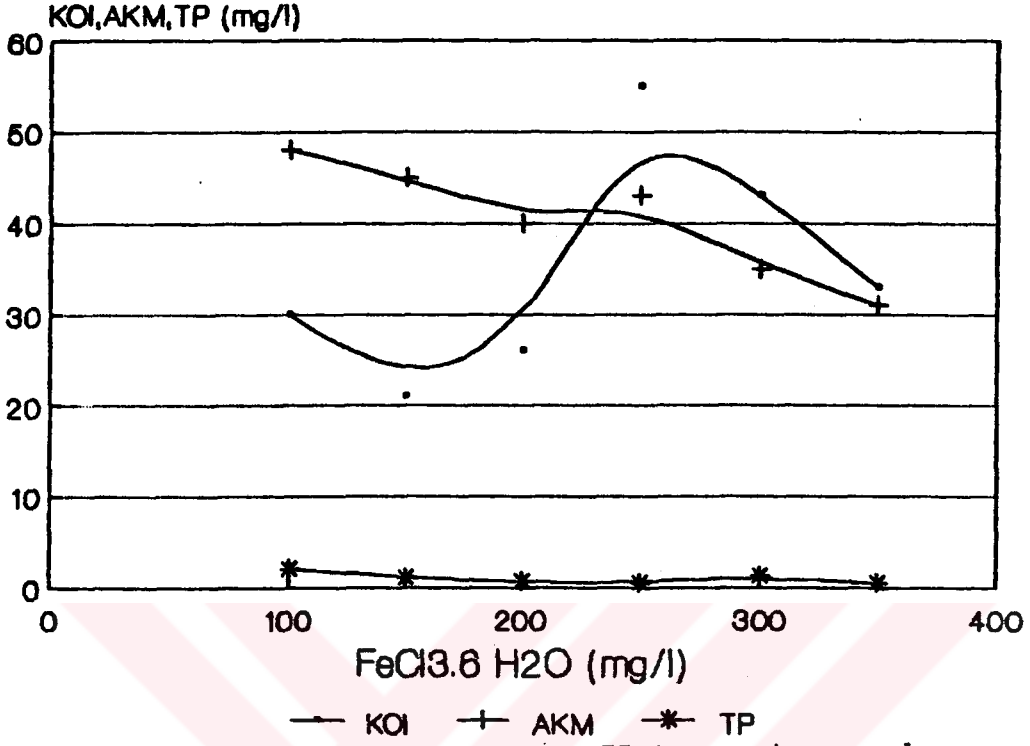
FeCl₃ kullanımına dozaj etkisi iki şekilde incelenmiştir. Bölüm 7.2.1 de incelenen parametrelerin giderimi için saptanan ortak pH değeri 5 olduğundan ilk çalışmada farklı FeCl₃ konsantrasyonları kullanılmış ve pH, 5'e ayarlanmıştır. İkinci çalışmada ise pH ayarlaması yapılmamıştır.

7.2.2.1 pH 5 Değerinde FeCl₃ Dozajının Etkisi

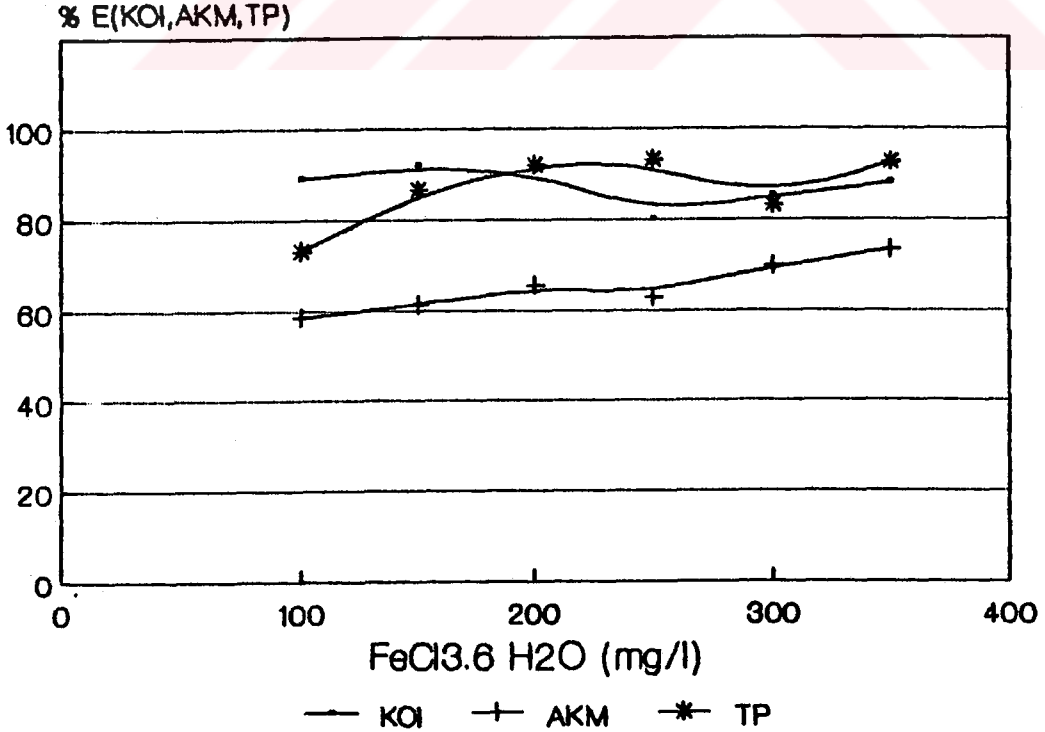
Giriş konsantrasyonları KOI: 280 mg/l, AKM: 116 mg/l ve TP : 7.4 mg/l olan atıksuya 100-350 mg/l konsantrasyonlarında FeCl₃ ilavesiyle, pH 5'de elde edilen sonuçlar Tablo 7.7 de verilmiştir. Elde edilen çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerinin FeCl₃ dozajına göre değişimleri Şekil 7.13 ve Şekil 7.14 de gösterilmiştir.

Tablo 7.7 pH 5'de, giriş konsantrasyonları KOI :280 mg/l, AKM:116 mg/l ve TP: 7.4 mg/l olan atıksuya FeCl₃ ilavesiyle elde edilen sonuçlar.

FeCl ₃ mg/l ³	Fe(3) kons. mg/l	Fe/P mol oranı	KOI		AKM		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
100	34.5	2.6	30	89.0	48	58.6	2.0	73.0
150	51.7	3.9	21	92.0	45	61.2	1.0	86.5
200	68.9	5.15	26	91.0	40	65.5	0.6	91.9
250	86.1	6.4	55	80.0	43	62.9	0.5	93.2
300	103.4	7.7	43	85.0	35	69.8	1.25	83.1
350	120.6	9.0.	33	88.0	31	73.3	0.51	92.6



Şekil 7.13 pH 5 de, KOI, AKM ve TP konsantrasyonlarının FeCl_3 dozajıyla değişimi



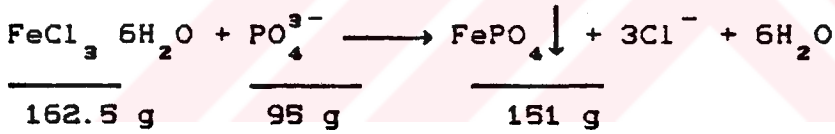
Şekil 7.14 pH 5 de, KOI, AKM ve TP giderim verimlerinin FeCl_3 dozajıyla değişimi

Sonuçlar incelendiğinde KOI gideriminin, 250 mg/l FeCl_3 konsantrasyonunda minimuma indiği, diğer değerlerde büyük bir değişiklik kaydetmediği görülmüştür. AKM giderimi ise artan FeCl_3 konsantrasyonlarıyla yükselmektedir. TP giderimi AKM giderimi gibi artan FeCl_3 konsantrasyonları ile artmakta ancak 300 mg/l değerinde küçük bir azalma göstermektedir.

Sonuç olarak her üç parametre için optimum giderme verimi sağlayacak $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dozajının 150-200 mg/l olduğu kabul edilebilir. H.Odegaard'ın aynı konu üzerinde yaptığı araştırmada FeCl_3 dozajının 200 mg/l olduğu görülmektedir [15].

pH 5 de 200 mg/l ilavesiyle oluşacak çamur miktarı aşağıda gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

1. FePO_4 miktarı

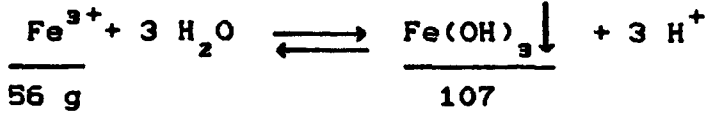


Ortamda mevcut olan fosfor 7.4 mg/l dolayısıyla fosfat 22.7 mg/l ve ilave edilen FeCl_3 200 mg/l olduğuna göre reaksiyonu sınırlayan madde fosfattır. Fosfatın tamamının reaksiyona girmesi için gerekli FeCl_3 38.8 mg/l dir.

$$\text{Oluşan Fe PO}_4 (\text{mg/l}) \cong 38.8 \times \frac{151}{162.5} = 36 \text{ mg/l}$$

2. Fe(OH)_3 miktarı

İlave edilen FeCl_3 ün 36 mg/l si fosfatla reaksiyona girmiştir. Geri kalan 164 mg/l FeCl_3 de bulunan Fe^{3+} iyonları suyla hidroliz olarak Fe(OH)_3 oluştururlar. Reaksiyona girecek Fe^{3+} , 56.5 mg/l dir.



56.5 mg/l

x $\cong$ 108 mg/l

3. AKM gideriminden oluşan çamur miktarı

$$116 - 40 = 76 \text{ mg/l}$$

4. Toplam = 36 + 108 + 76 = 220 mg/l çamur

$$\text{çamur yükü} = \frac{220 \text{ g/m}^3 \times 313000 \text{ m}^3/\text{gün}}{10^3 \text{ g/kg}} \cong 68860 \text{ kg/gün}$$

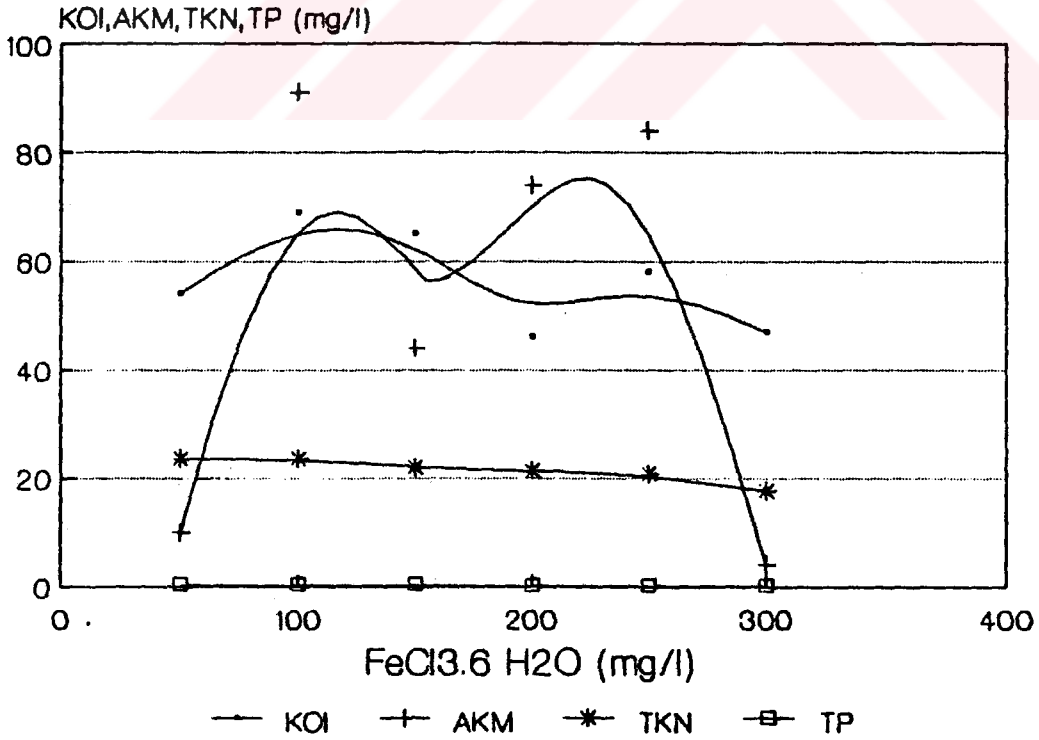
$$\cong 69 \text{ ton/gün}$$

7.2.2.2 pH Ayarlamadan FeCl₃ Dozajının Etkisi

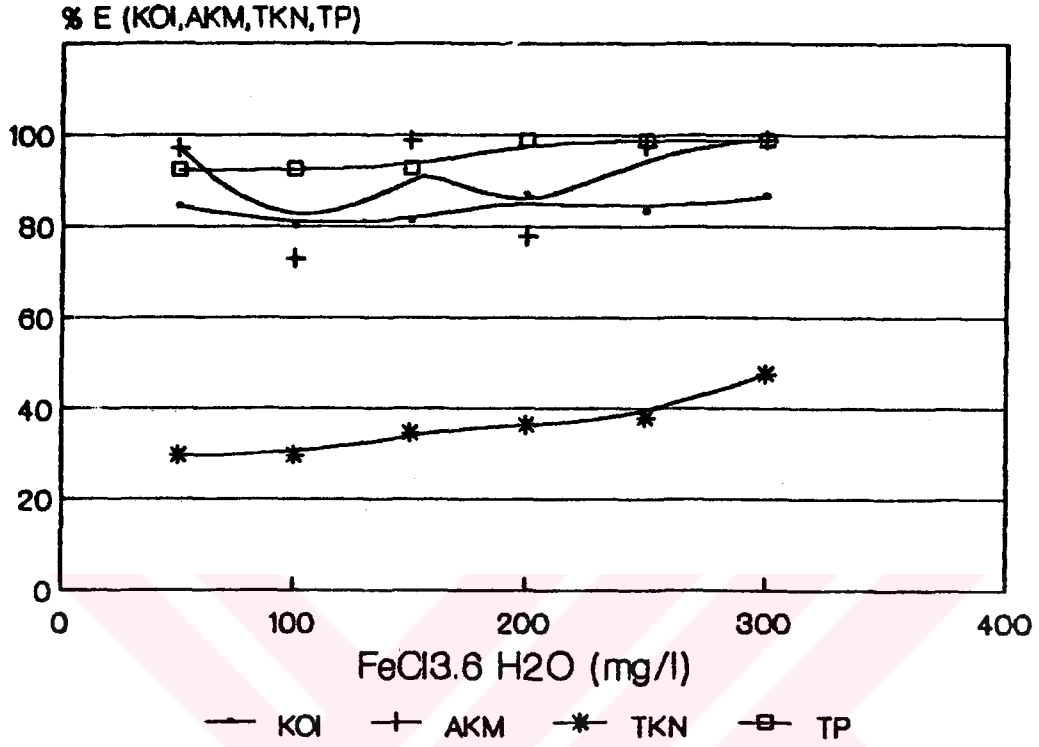
Giriş değerleri KOI: 345 mg/l, AKM: 334 mg/l, TKN: 33.5 mg/l, TP: 3.9 mg/l ve pH: 7.3 olan atıksuya çeşitli konsantrasyonlarda FeCl₃ ilave edilmiş, pH'nın değişimi ve ölçülen parametreler için elde edilen sonuçlar Tablo 7.8 de verilmiştir. İncelenen parametrelerin çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerinin FeCl₃ dozajıyla değişimleri sırasıyla Şekil 7.15 ve Şekil 7.16 da gösterilmiştir.

Tablo 7.8 Giriş değerleri KOI :345 mg , AKM:334 mg/l,
TKN : 33.5 mg/l, TP: 3.9 mg/l ve pH: 7.3 olan
atıksuya 50-300 mg/l FeCl_3 ilavesiyle elde
edilen sonuçlar.

FeCl_3 mg/l	Fe(3) kons. mg/l	pH	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	17.2	6.59	54	84.3	10	97.0	23.6	29.6	0.31	92.1
100	34.5	6.25	69	80.0	91	72.8	23.6	29.6	0.30	92.3
150	51.7	5.78	65	81.1	4	98.8	21.9	34.6	0.29	92.6
200	68.9	5.61	46	86.7	74	77.8	21.3	36.4	0.05	98.7
250	86.1	5.35	58	83.1	8	97.6	20.8	37.9	0.05	98.7
300	103.4	5.11	47	86.4	4	98.8	17.6	47.5	0.05	98.7



Şekil 7.15 pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış
konsantrasyonlarının FeCl_3 dozajıyla değişimi



Şekil 7.16 pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin FeCl_3 dozajıyla değişimi

KOI, TKN ve TP giderimlerinin artan FeCl_3 dozajıyla yükseldiği, AKM gideriminin ise büyük bir salınım gösterdiği görülmüştür.

pH ayarlaması yapılmadan gerçekleştirilen bu çalışmada tüm parametreler için optimum FeCl_3 dozajının 150-200 mg/l olduğu gözlenmiştir.

7.2.3 FeCl_3 + Polimer Kullanımı (pH Ayarlamadan)

Polimer Seçimi:

Polimer seçiminde bulanıklık değeri 78 NTU, TP ise 7.8 mg/l olan atıksuya 100 mg/l FeCl_3 ilave edilmiştir.

Uygulanan polimer dozajı 2 mg/l dir. Üç ayrı cins polimerin kullanılması ile elde edilen çıkış bulanıklık ve TP değerleri Tablo 7.9 da verilmiştir.

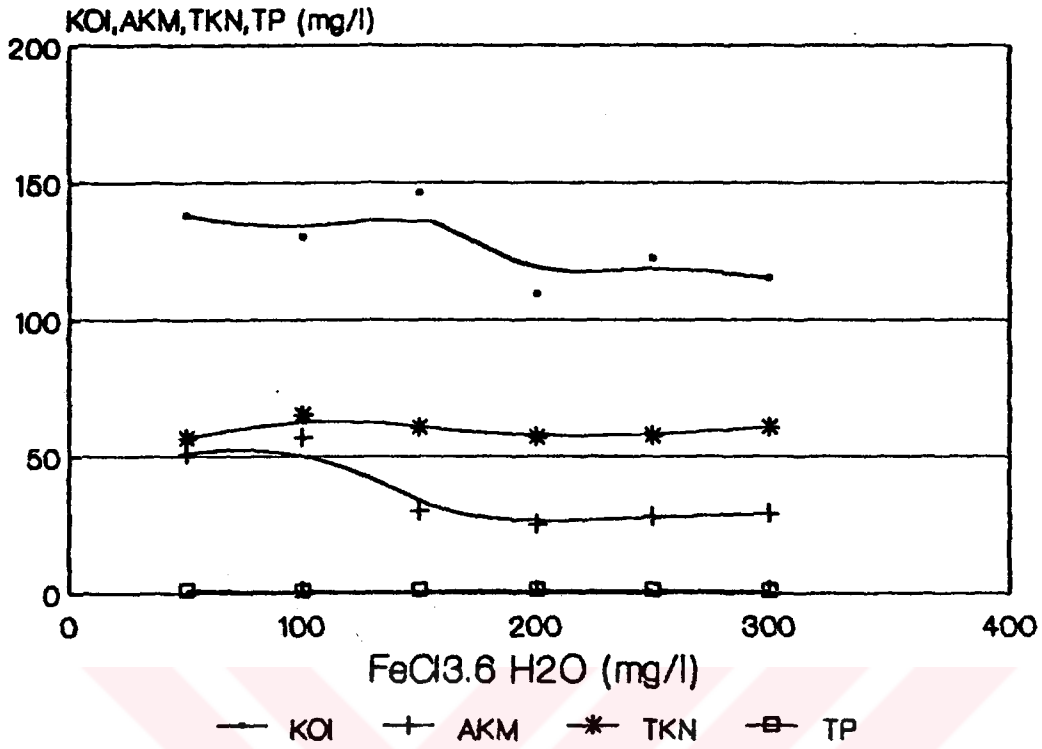
Tablo 7.9 Polimer Seçimi (100 mg/l FeCl_3 ilavesi ile)

Polimer cinsi (2mg/l)	Bulanıklık		TP	
	NTU	E %	mg/l	E %
SEPERAN-AP 30 E	8.9	88.6	1.0	87.2
SEPARAN-AP 302 E	13	83.3	1.6	79.5
Flocculant AP 273	13	83.3	1.9	75.6

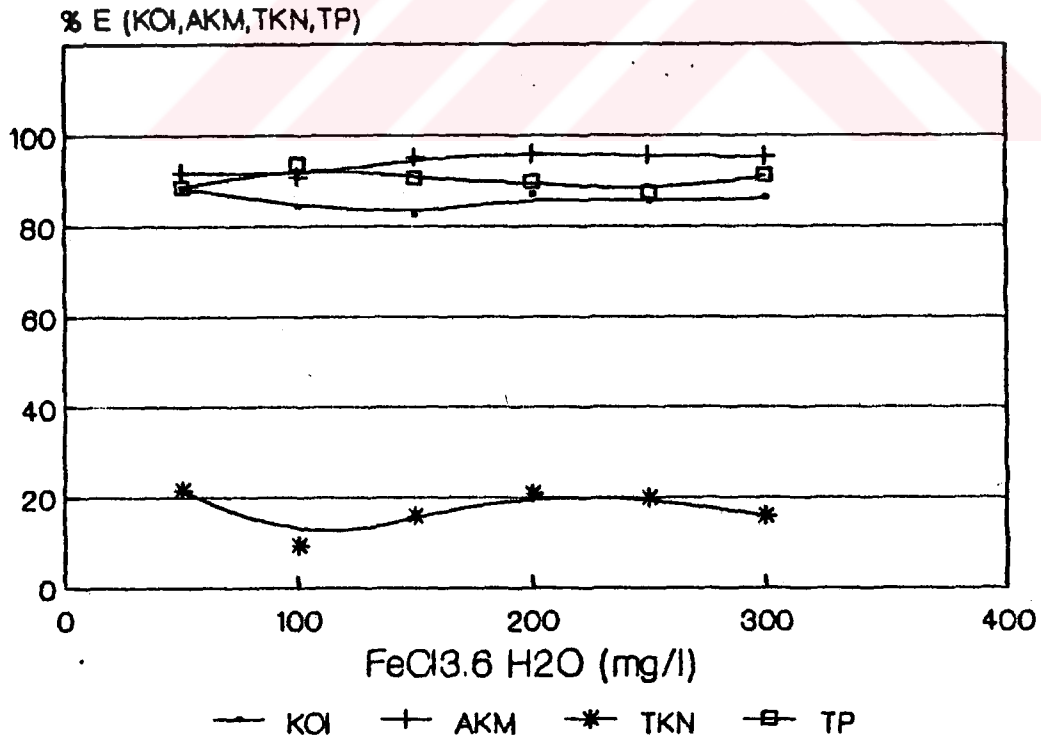
Tablo 7.9 da görüleceği gibi en uygun polimer olarak SEPERAN-AP 30 E seçilmiştir. Giriş değerleri KOI: 825 mg/lt, AKM: 617 mg/l , TKN: 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH 7.1 olan atıksuya 50 - 300 mg/l FeCl_3 , 2 mg/l SEPERAN-AP 30 E ilave edilmiş ve pH ayarlaması yapılmamıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 7.10 da verilmiştir. KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerini FeCl_3 dozajları ile değişimleri sırasıyla Şekil 7.17 ve Şekil 7.18 de gösterilmiştir.

Tablo 7.10 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH: 7.2 olan atıksuya pH ayarlaması yapılmadan FeCl_3 ve polimer ilavesiyle elde edilen sonuçlar.

FeCl_3 mg/l	Fe(3) kons. mg/l	pH	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	17.2	6.7	138	88.3	51	91.7	56.5	21.5	0.90	88.5
100	34.5	6.55	130	84.2	57	90.8	65.2	9.4	0.50	93.6
150	51.7	6.31	146	82.3	30	95.1	60.6	15.8	0.75	90.4
200	68.9	6.15	109	86.8	25	95.9	57.1	20.7	0.80	89.7
250	86.1	6.08	122	85.2	28	95.5	57.7	19.9	1.00	87.2
300	103.4	5.95	115	86.1	29	95.3	60.6	15.9	0.70	91.0



Şekil 7.17 pH ayarlamadan, 2mg/l polimer ilavesi ile KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeCl₃ dozajıyla değişimi

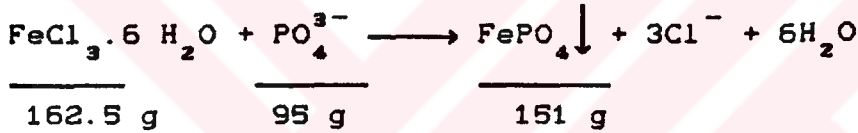


Şekil 7.18 pH ayarlamadan, 2mg/l polimer ilavesi ile KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerini FeCl₃ dozajıyla değişimi

Sonuçlar incelendiğinde KOI, AKM ve TP giderimlerinin yüksek olduğu ve farklı FeCl_3 konsantrasyonlarında elde edilen verimlerin birbirlerine göre büyük farklar göstermediği görülür. TKN verimi ise 50 mg/l ve 200-250 mg/l FeCl_3 konsantrasyonlarında maksimuma ulaşmıştır. pH ayarlaması yapılmadan, 2mg/l polimer ilavesi ile gerçekleştirilen bu çalışmada tüm parametreler için optimum FeCl_3 dozajının 100-150 mg/l olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada oluşan çamur miktarı 150 mg/l FeCl_3 ilavesi gözönüne alınarak hesaplanmıştır.

1. FePO_4 miktarı

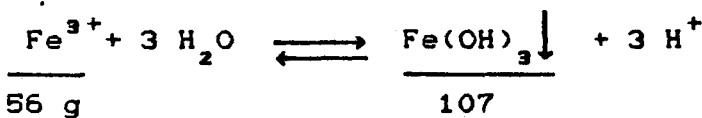


Ortamda mevcut olan fosfor 7.8 mg/l dolayısıyla fosfat 24 mg/l ve ilave edilen FeCl_3 150 mg/l olduğuna göre reaksiyonu sınırlayan madde fosfattır. Fosfatın tamamının reaksiyona girmesi için gerekli FeCl_3 41 mg/l dir.

$$\text{Oluşan Fe PO}_4 (\text{mg/l}) \cong 41 \times \frac{151}{162.5} = 38 \text{ mg/l}$$

2. Fe(OH)_3 miktarı

İlave edilen FeCl_3 ün 41 mg/l si fosfatla reaksiyona girmiştir. Geri kalan 109 mg/l FeCl_3 de bulunan Fe^{3+} iyonları suyla hidroliz olarak Fe(OH)_3 oluştururlar. Reaksiyona girecek Fe^{3+} , 37.6 mg/l dir.



$$37.6 \text{ mg/l}$$

$$\times \cong 72 \text{ mg/l}$$

3. AKM gideriminden oluşan çamur miktarı

$$617 - 30 = 587 \text{ mg/l}$$

4. Toplam = 38 + 72 + 587 = 697 mg/l çamur

$$\text{çamur yükü} = \frac{697 \text{ g/m}^3 \times 313000 \text{ m}^3/\text{gün}}{10^3 \text{ g/kg}} \cong 218161 \text{ kg/gün}$$

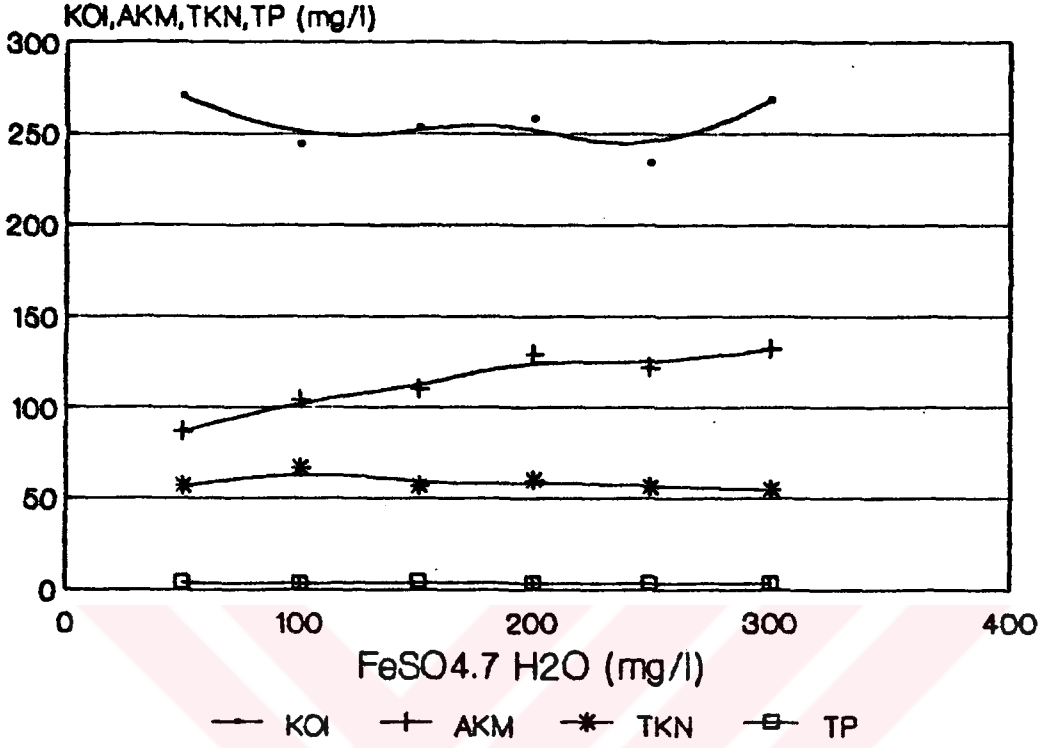
$$\cong 22 \text{ ton/gün}$$

7.4 FeSO₄ Kullanılması

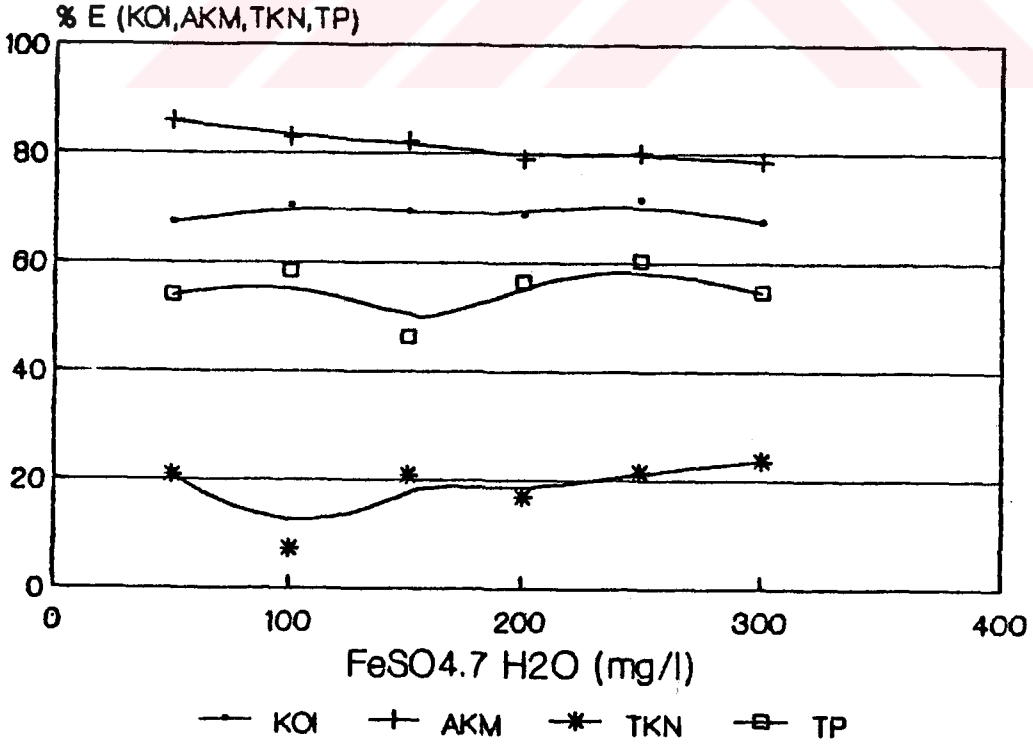
Giriş değerleri KOI: 825 mg/l, AKM: 617 mg/l, TKN: 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH: 7.2 olan atıksuya 50-300 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda FeSO₄ ilave edilmiş, ve herhangi bir pH ayarlaması yapılmamıştır. İlave edilen FeSO₄, 50 mg/ml FeSO₄.7H₂O çözeltisinden alınmıştır. pH'nin değişimi ve ölçülen parametreler için elde edilen sonuçlar Tablo 7.11 de verilmiştir. İncelenen parametrelerin çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerinin FeSO₄ dozajıyla değişimleri sırasıyla Şekil 7.19 ve Şekil 7.20 da gösterilmiştir.

Tablo 7.11 Giriş değerleri KOI : 825 mg/l, AKM: 617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH: 7.2 olan atıksuya pH ayarlaması yapılmadan FeSO₄.7H₂O ilavesiyle elde edilen sonuçlar.

FeSO ₄ mg/l	pH	KOI		AKM		TKN		TP	
		mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	7.10	270	67.3	87	85.9	57.0	20.8	3.6	53.8
100	7.00	244	70.4	104	83.1	66.9	7.1	3.25	58.3
150	6.95	253	69.3	110	82.2	57.0	20.8	4.20	46.2
200	6.90	258	68.7	129	79.1	59.8	16.9	3.40	56.4
250	6.80	234	71.6	122	80.2	56.5	21.5	3.10	60.3
300	6.70	268	67.5	132	78.6	55.0	23.6	3.55	54.5



Şekil 7.19 pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeSO₄ dozajıyla değişimi



Şekil 7.20 pH ayarlamadan, KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerini FeSO₄ dozajıyla değişimi

pH ayarlaması yapılmadan FeSO_4 ilave edildiğinde KOI, AKM, TKN ve TP için elde edilen giderim verimleri yapılan diğer çalışmalara göre düşük gözlenmiştir. Bunun sebebi $\text{Fe}(2)$ tuzları kullanılarak yapılan kimyasal arıtmalarda özellikle TP giderimi için optimum pH değeri 8-9 olmasıdır. Oysa bu çalışmada atıksuyun pH sı 7.2 iken, bu değer FeSO_4 ilaveleri ile 6.7 ye düşmüştür. Tüm parametreler giderimi için optimum FeSO_4 dozajının 150-200 mg/l olduğu gözlenmiştir.

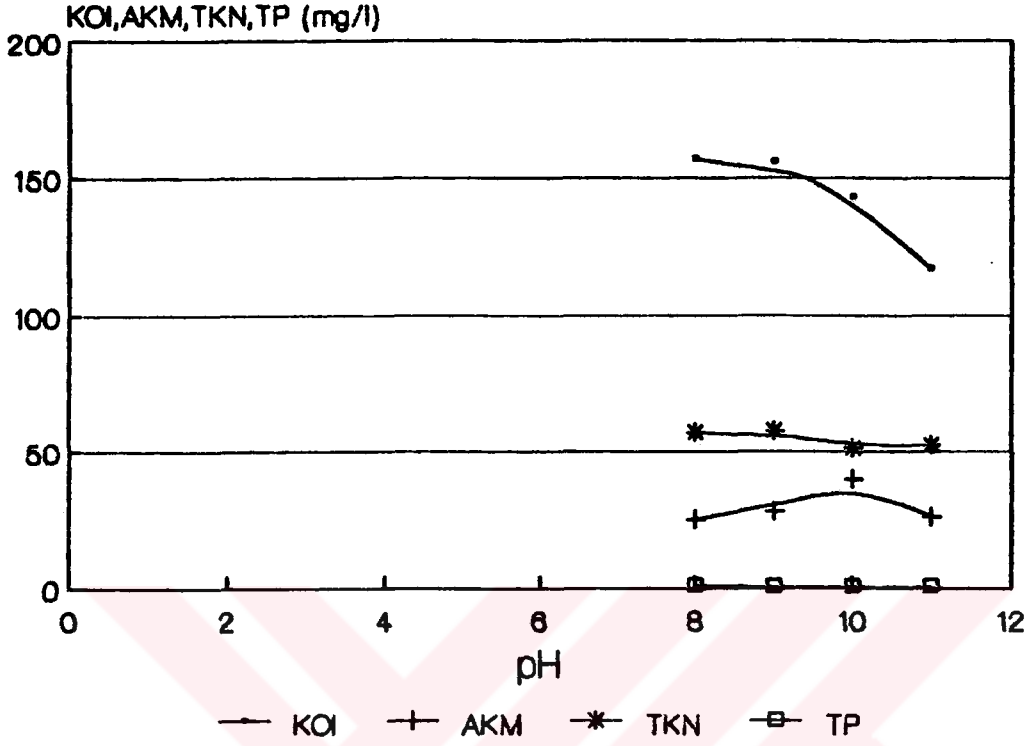
7.4 FeCl_3 + Kireç+ Polimer Kullanılarak Yapılan Deneyler

7.4.1 FeCl_3 + Kireç+ Polimer Kullanımına pH Etkisi

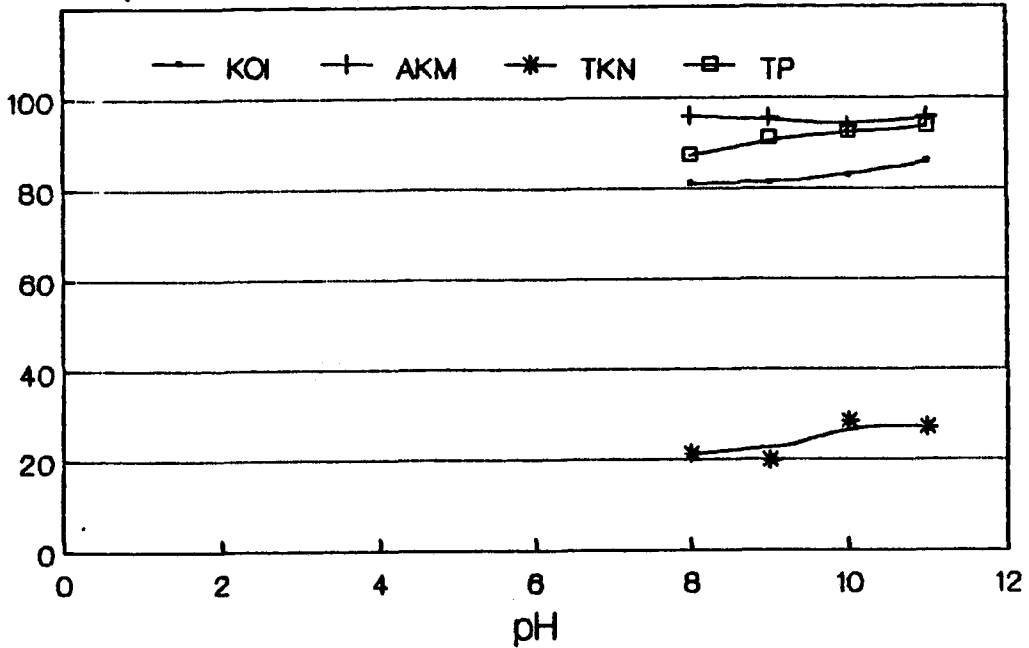
Giriş değerleri KOI: 825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN:72 mg/l, TP: 7.8 mg/l ve pH:7.2 olan atıksuya $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ çözeltisinden 100 mg/l FeCl_3 ilave edilmiş, ve % 5 lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile pH sırasıyla 8, 9, 10 ve 11 değerlerine ayarlanmıştır. Polimer olarak 2mg/l SEPARAN-AP 30E kullanılmıştır. pH yı ayarlamak için gereken $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konsantrasyonları ve elde edilen çıkış değerleri Tablo 7.12 de verilmiştir. İncelenen KOI, AKM, TKN ve TP parametrelerinin çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerinin pH ya göre değişimleri sırasıyla Şekil 7.21 ve Şekil 7.22 de gösterilmiştir.

Tablo 7.12 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l olan atıksuya 100 mg/l FeCl_3 + 2mg/l polimer ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesiyle elde edilen sonuçlar.

pH	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ mg/l	KOI		AKM		TKN		TP	
		mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
8	85	157	81.0	25	95.9	56.8	21.1	1.00	87.2
9	220	156	81.1	28	95.5	57.7	19.9	0.70	91.0
10	610	143	82.7	40	93.5	51.5	28.5	0.60	92.3
11	730	117	85.8	26	95.8	52.5	27.1	0.50	93.5



Şekil 7.21 100 mg/l FeCl_3 + 2 mg/l polimer ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilave edilen atıksuda , KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının pH ile değişimi
% E (KOI,AKM,TKN,TP)



Şekil 7.22 100 mg/l FeCl_3 + 2 mg/l polimer ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilave edilen atıksuda , KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin pH ile değişimi

Bu çalışmada KOI, AKM, TKN ve TP gideriminin, atıksuya farklı konsantrasyonlarda kireç ilave edilerek, pH ile nasıl değiştiği incelenmiştir. pH 10 ve 11'e getirildiğinde verimlerde büyük bir artış olmamakla birlikte çok yüksek konsantrasyonlarda kireç kullanılmakta, bu da oluşan çamur miktarının artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle optimum pH 8-9 olarak kabul edilebilir.

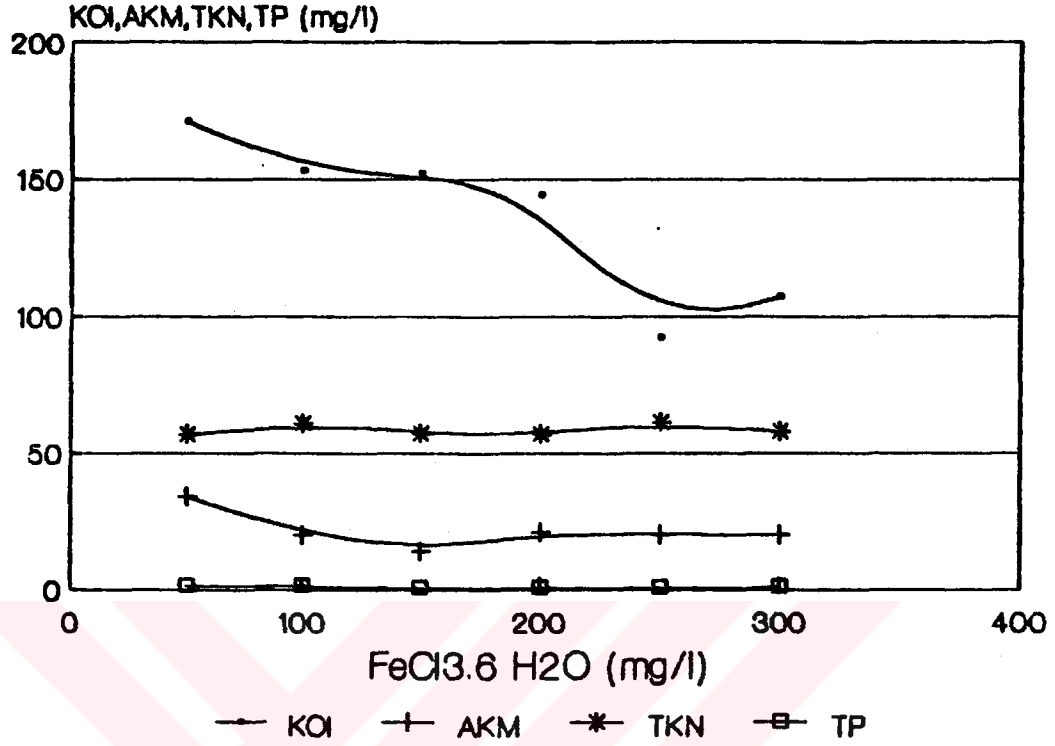
7.4.2 FeCl_3 + Kireç + polimer Kullanımına Dozaj Etkisi

7.4.2.1 pH 8 için Yapılan Çalışma

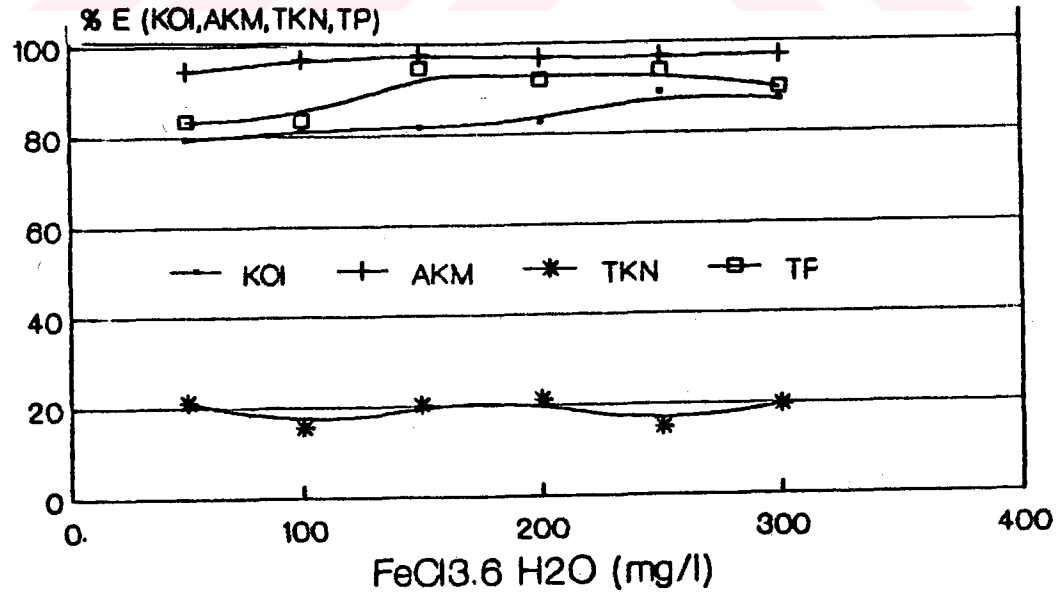
Bölüm 7.4.1 de kullanılan atıksuya bu çalışmada $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisinden 50-300 mg/l FeCl_3 ve pH 8 olacak şekilde %5 lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilave edilmiştir. Polimer olarak 2 mg/l SEPARAN-AP 30 E kullanılmıştır. FeCl_3 ün değişik konsantrasyonlarda ilavesi ile ölçülen pH değerleri ve pH yı 8 e getirmek için gereken kireç miktarları ve elde edilen sonuçlar Tablo 7.13 de verilmiştir. KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerinin FeCl_3 dozajı ile değişimleri Şekil 7.23 ve Şekil 7.24 de gösterilmiştir.

Tablo 7.13 Giriş değerleri KOI :825 mg/l, AKM:617 mg/l, TKN : 72 mg/l, TP: 7.8 mg/l olan atıksuya FeCl_3 + 2mg/l polimer ve pH yı 8'e getirecek kadar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesiyle elde edilen sonuçlar.

FeCl_3 mg/l	pH	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ mg/l	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	6.8	70	171	79.3	34	94.5	56.8	21.1	1.30	83.3
100	6.7	83	153	81.3	20	96.8	60.9	15.4	1.30	83.3
150	6.5	133	152	81.6	14	97.7	57.4	20.3	0.42	94.6
200	6.4	215	144	82.5	21	96.6	56.8	21.1	0.65	91.7
250	6.4	225	92	88.9	20	96.8	61.3	14.9	0.50	93.6
300	6.2	242	107	87.0	20	96.8	57.9	19.6	0.80	89.7



Şekil 7.23 KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeCl_3 ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH yı 8'e getirecek kadar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilave edilmiştir)



Şekil 7.24 KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin konsantrasyonlarının FeCl_3 ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH yı 8'e getirecek kadar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilave edilmiştir)

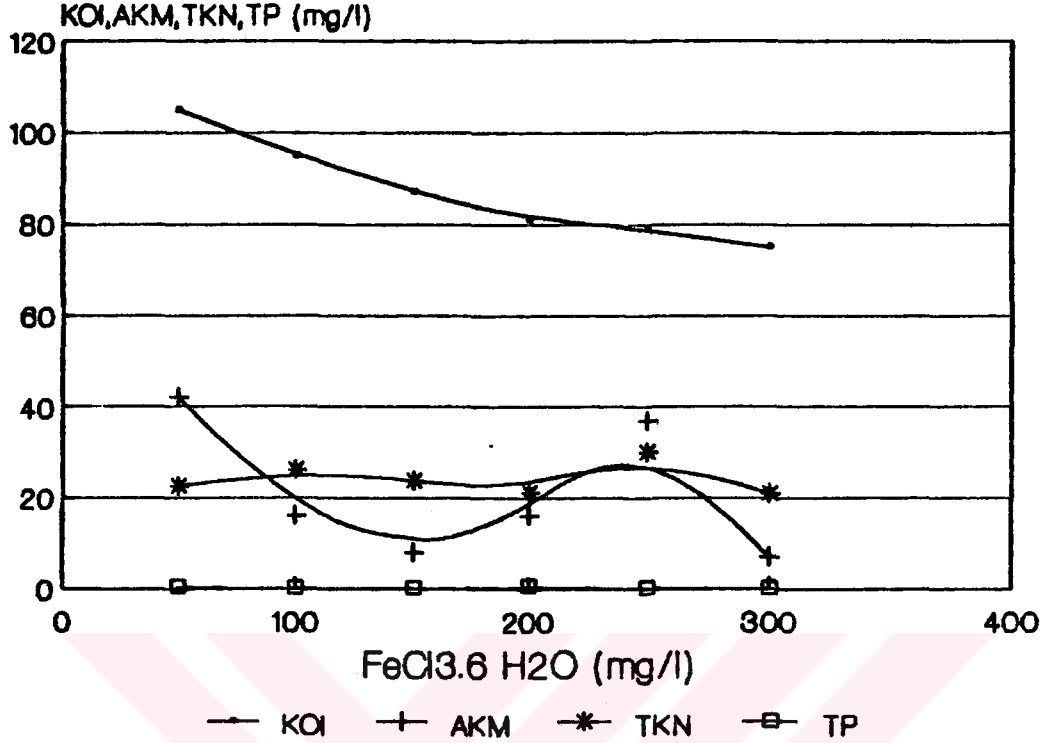
Sonuçlar incelendiğinde optimum FeCl_3 dozajı 150-200 mg/l bu değerlere karşı gelen kireç miktarı ise 130-215 mg/l olduğu görülmüştür.

7.4.2.2 pH 9 İçin Yapılan Çalışma

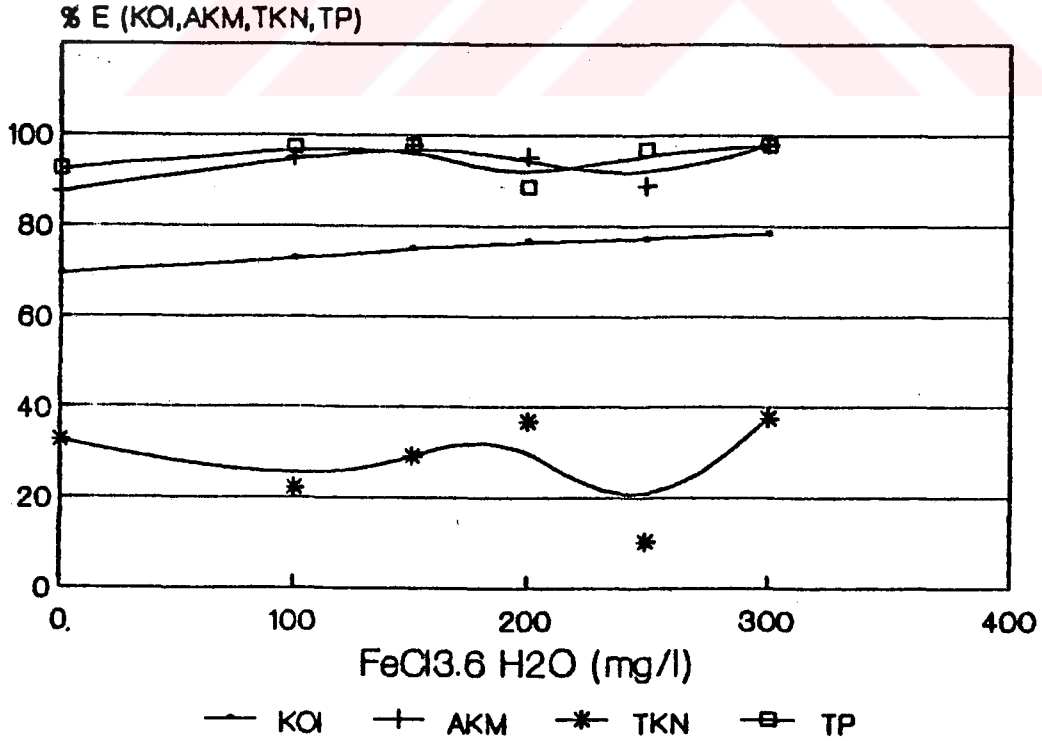
Giriş konsantrasyonları KOI: 345 mg/l, AKM: 334 mg/l, TKN: 33.5 mg/l ve TP: 3.9 mg/l olan atıksuya $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisinden 50-300 mg/l FeCl_3 ve pH 9 olacak şekilde %5 lik CaO ilave edilmiştir. Polimer olarak 2 mg/l SEPARAN-AP 30 E kullanılmıştır. FeCl_3 ün değişik konsantrasyonlarda ilavesi ile ölçülen pH değerleri ve pH yı 9 a getirmek için ilave edilen kireç miktarları ve elde edilen sonuçlar Tablo 7.14 de verilmiştir. KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonları ve giderim verimlerinin FeCl_3 dozajı ile değişimleri Şekil 7.25 ve Şekil 7.26 de gösterilmiştir.

Tablo 7.14 Giriş değerleri KOI :345 mg/l, AKM:334 mg/l, TKN :33.5mg/l, TP: 3.9 mg/l olan atıksuya $\text{FeCl}_3 + 2\text{mg/l}$ polimer ve pH yı 9'e getirecek kadar CaO ilavesiyle elde edilen sonuçlar.

FeCl_3 mg/l	pH	CaO mg/l	KOI		AKM		TKN		TP	
			mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%	mg/l	E%
50	6.88	106	105	69.4	42	87.4	22.6	32.5	0.31	92.0
100	6.60	140	95	72.6	16	95.2	26.1	22.1	0.12	97.0
150	6.35	204	87	74.9	8	97.6	23.8	29.0	0.09	97.7
200	6.08	284	81	76.5	16	95.2	21.2	36.7	0.45	88.5
250	5.89	377	79	77.0	37	88.9	30.1	10.1	0.13	96.7
300	5.25	450	75	78.3	7	97.9	20.9	37.6	0.09	97.7



Şekil 7.24 KOI, AKM, TKN ve TP çıkış konsantrasyonlarının FeCl₃ ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH yı 9'e getirecek kadar CaO ilave edilmiştir)



Şekil 7.26 KOI, AKM, TKN ve TP giderim verimlerinin FeCl₃ ile değişimi (2 mg/l polimer ve pH yı 9'e getirecek kadar CaO ilave edilmiştir)

Şekiller incelendiğinde pH 9 için optimum FeCl_3 konsantrasyonları 150-200 mg/l ve bu değerlere karşı gelen kireç konsantrasyonları (CaO olarak) 204-284 mg/l olarak gözlemiştir.

BÖLÜM 8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bugün ön arıtma ve derin deniz deşarjı sistemi uygulanan Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nin ileride biyolojik arıtmaya dönüştürülmesi planlanmaktadır. Biyolojik arıtmaya bir alternatif olarak, bu tesisden alınan numuneler üzerinde kimyasal arıtılabilirliğin denendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Tesisten 6 kez, farklı zamanlarda, 1/2 saatlik periyodlarla 4 saat boyunca kompozit numune alınmıştır. Karakterizasyonları yapılan bu numunelerde, kirletici parametre konsantrasyonlarının büyük bir salınım gösterdiği görülmüştür. Metcalf Eddy'nin evsel atıksu sınıflandırmasına göre kimi zaman kuvvetli, kimi zaman zayıf özellik göstermelerine rağmen genellikle orta kuvvette olduğu söylenebilir. Çalışılan numuneler için kirletici parametrelerin ortalama konsantrasyonları Tablo 8.1 de verilmiştir.

Tablo 8.1 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'ne gelen evsel atıksularda kirletici parametrelerinin ortalama değerleri

Parametre mg/l	Toplam	Çökelmiş	Süzülmüş
BOI ₅	300	210	160
KOI	780	490	280
AKM	500	230	--
TKN	60	50	35
TP	6.5	5	3.5

2. Her bir numunede kirletici parametrelerin partikül boyutlarına göre dağılımları incelenmiş ve kirleticiler, çözünmüş, askıda ve çökelebilir olarak sınıflandırılmıştır. Bu değerlerin ortalaması Tablo 8.2 de gösterilmiştir.

	Çözünmüş	Askıda	Çökelebilir
BOI ₅ (toplamin yüzdesi)	61	15	24
KOI (")	35	26	39
TP (")	50	21	29
TKN (")	57	26	17

3. Atıksu karakterizasyonlarının sınıflandırılması yukarıdaki gibi yapıldıktan sonra kimyasal koagülasyon uygulamalarına başlanmıştır. Kullanılan kimyasal maddeler için optimum pH ve optimum dozaj, jar test düzeneği kullanılarak bulunmuştur.

Alum kullanımına pH etkisi incelendiğinde, optimum pH değeri 5.5-6.5 arasında gözlenmiştir. pH 5.5, 6 ve 7 de yapılan çalışmalarda optimum alum dozajı 150-250 mg/l olarak görülmüştür. Giriş değerleri TP: 7.4 mg/l, AKM :116mg/l olan atıksu için, çamur miktarı pH 6 ve 200 mg/l alum dozajı için 62913 kg/gün = 63 t/gün olarak hesaplanmıştır.

Atıksuya FeCl₃ ilave edildiğinde optimum pH 5 olarak gözlenmiştir. FeCl₃ dozajının etkisi pH 5 değerinde ve pH ayarlanmadan incelenmiş ve her ikisi için de optimum dozaj 150-200 mg/l olarak bulunmuştur. Giriş TP : 7.4 mg/l ve AKM :116 mg/l olan atıksuda, pH 5 ve 200 mg/l FeCl₃ ilavesiyle oluşan çamur yaklaşık olarak 68.9 t/gün dür.

FeCl₃, pH ayarlamadan polimerle kullanıldığında optimum dozaj 100-150 mg/l olarak görülmüştür.

pH ayarlamadan yapılan FeSO_4 çalışmasında en iyi giderimlerin 150-200 mg/l FeSO_4 dozajında olduğu görülmekle beraber oldukça düşüktür. Bunun sebebi FeSO_4 için optimum pH 8-9 olarak belirtilirken, bu çalışmada 7.2 olan pH artan FeSO_4 dozajıyla 6.7 ye düşmüştür.

FeCl_3 ve polimerin kireçle birlikte kullanılmasında optimum pH incelenirken, pH yı 8,9,10,11'e getirecek kadar Ca(OH)_2 kullanılmıştır. Giderim verimleri pH 10 ve 11 civarında çok az bir miktar artmaktadır. Ancak numuneyi bu pH lara getirmeyi sağlayan kireç miktarı ,dolayısıyla oluşan çamur miktarı artacağından giderimdeki bu artış ihmal edilerek optimum pH 8-9 olarak kabul edilmiştir.

FeCl_3 ve polimerin kireçle birlikte kullanımına FeCl_3 + kireç dozajının etkisi incelenirken pH 8 ve 9 da çalışılmıştır. pH 8 deki çalışmada kireç olarak Ca(OH)_2 kullanılmış ve optimum FeCl_3 dozajı 150-200 mg/l ve bu değerlere karşı gelen kireç ise 130-215 mg/l dir. pH 9 da yapılan çalışmada CaO kullanılmış optimum dozaj 150-200 mg/l FeCl_3 ve 204-284 mg/l CaO olarak bulunmuştur.

Elde edilen bütün kimyasal arıtma sonuçları göz önüne alındığında giderim verimleri ortalama olarak KOI için % 78. AKM için % 94. TKN için % 20 ve TP için % 90 olarak bulunmuştur. Konvensiyonel biyolojik arıtma sistemlerinde bu değerlerin BOI için % 85-90, TKN için % 30-40, TP için % 30-40 olduğu göz önüne alınırsa kimyasal koagülasyon evsel atıksuların arıtımında iyi bir alternatif olabilir. Ancak bir sonuca varmadan önce ilk yatırım ve işletme masrafları dikkate alınarak bir maliyet analizi yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. ORHON, D., Yayınlanmamış Bulgular, 1990
- [2]. SAMSUNLU, A., "İstanbul'un Kanalizasyon ve Arıtma Tesisi Sorunları" İstanbul'un Çevre Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu Tutanakları, Türkiye Çevre Koruma ve Yeşillendirme Kurumu
- [3]. DAMOC, "Master Plan and Feasibility Report For Water Supply and Sewerage For The Istanbul Region" Vol.3, Part 1
- [4] ISKI Yayınları, Temmuz, 1988
- [5] CAMP.TEKSER Consulting Engineers "Istanbul Project Master Plan Revision " February 1975
- [6] MERİÇ, S., "Marmara Denizi'nde Kara Kökenli Kirlenme ve sonuçları" İTÜ Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi
- [7] MUSLU, Y., "Su Temini ve Çevre Sağlığı " Cilt.2,
- [8] ARCEIVALA, S., "Çevre Mühendisliğinde Ekoloji " İTÜ İnşaat Fak. Ders Notları
- [9] MUSLU, Y., "Su Temini Ve Çevre Sağlığı" Cilt 3,
- [10] WPCF, Manual of Practice Facilities Design FD7 "Nutrient Control"
- [11] EPA, "Design Manual Phosphorus Removal" Sep.1987
- [12] TOPACIK, D., Arıtma Tesisleri İşletilmesi Ders Notları , İller Bankası Yayını
- [13] METCALF and EDDY INC., Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse", 1972
- [14] LEVINE, A. D., TCHOBANOGLOUS, G., ASANO, T., Characterization of the Size Distribution of Contaminants in Wastewater Treatment and Reuse Implications, Journal WPCF Vol.57

- [15] ODEGAARD, H., Appropriate Technology For Wastewater Treatmeant in Coastal Tourist Areas, Water Science and Technology, Vol.21,1989
- [16] ISKI, Güney Haliç Kanalizasyon Tesisleri, Haziran 1985-Temmuz 1988
- [17] APHA Plant Operation, Chemical Treatment of Sewage, October 1935
- [18] WATER AND WASTES ENGINEERING, Chemical Treatment of Raw Sewage, July 1967
- [19] O'CONNEL, ROBERT T.O, Suspended Solids Removal, Water Treatment Plant Design for Practising
- [20] DENTELL, S. K., GOSSET, J., Coagulation of organic Suspensions With Aluminium salts , WPCF, vol.59, February, 1987.
- [21] EPA, Proceess Design Manual for Suspended Solids Removal, Jan.1975.
- [22] O'MELIA, C., Coagulation, Water Treatmant Plant Desing for the Practicing, Sanks
- [23] EROĞLU, V., Su Tasfiyesi, 1987.
- [24] ADAMS, C., FORD, D., ECKHENFELDER, W., Coagulation and Precipitation, Development of Desing and Operational Criteria for Wastewater, 1981.
- [25] SRICHAROENCHAIRIT, P., RAYMOND, L., Effect of $Al(3)$ and Sulfate Ion on Flocculation Kinetics, ASCE V.113, N. S., Oct., 1987.
- [26] WEBER, WALTER D. Dr., Physichemical Processes for Water Quality Control, 1972.
- [27] EPA, Process Design Manual for Phosphorus Removal, April 1976
- [28] MOSEY, E., Physical chemical Treatment of Industrial Wastewaters, NATO Advanced research Workshop, 1989.
- [29] Journal WPCF, Coagulation/ Flocculation/ Agglomeration, Vol. 57, N.6 June 1985
- [30] QURESHI, S., and NALMBERG, RECKHARD, H., Reducing Aluminium Residuals in Finished Water, AWWA, 1985, vol.77.

- [31] DENTEL,S. , and GOSSETT,J. M. , Mechanisms of Coagulation with Aluminium Salts, AWWA.
- [32] McKEON, W. R. and MULOOWNEY,J. , Evaluating Alternative Coagulants to Determine Efficiency and Cost Effectiveness, AWWA,Now.1987,vol.79.
- [33] AWWA, Standard Methods for the EXamination of Water and Wastewater, 1985, 16.th. Ed.
- [34] Association of Environmental Engineering Professors, Environmental Engineering Unit Operations and Unit Processes Laboratory Manual, Jan.,1975.
- [35] Laboratory Papers for Students ,Chemical Coagulation.
- [36] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete 4 Eylül 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Z.Banu ÖZCAN, 1968 yılında İstanbul' da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini İstanbul' da tamamlıyarak 1985 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü' nde yüksek öğrenimine başladı. 1989 yılında lisans diplomasını alarak aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü' nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Kurumu