46590

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİKAPI ÖN ARITMA TESİSİ DEŞARJININ KİMYASAL ARITILABİLİRLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kim. Müh. Tomurcuk HİMMETOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Derin ORHON

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Olcay TÜNAY

: Prof. Dr. İlhan TANILLI

HAZİRAN 1995

ÖNSÖZ

Tez çalışmamı yöneten Sn. Prof.Dr. Derin ORHON'a,numunelerimi alan İSKİ Yenikapı İşletmeler Müdürlüğü Laboratuar elemanlarına, deneysel çalışmalarımda İSKİ Atıksu Laboratuarı'nın imkanlarını kullanabilmem için elinden geleni esirgemeyen Atıksu Lab.Tek.Şefi Hale UĞURCU'ya, ve laboratuarda görevli diğer arkadaşlara ,yine deneysel çalışmalarımda bilgi ve emeklerini özveriyle sunan Roche İlaç Fabrikasından Nurten ÇETİNKAYA ve Ramadan Erdoğan'a ve ayrıca manevi destekleri için eşim ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

10/6/1995 Tomurcuk HİMMETOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

NOTASYON LİSTESİ..... vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

TABLO LİSTESİ x

ÖZET xiv

SUMMARY xv

BÖLÜM 1 GİRİŞ
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi 1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı 1

BÖLÜM 2 YENİKAPI FİZİKSEL ARITMA TESİSİNİN TANITILMASI
2.1 Arıtma Birimleri 3
2.1.1 Kaba ızgara 5
2.1.2 Giriş pompa istasyonu 6
2.1.3 Ön arıtma yapısı 6
2.1.4 Çıkış pompa istasyonu 10
2.2 Ozon Sistemi 11

BÖLÜM 3 YENİKAPI DEŞARJININ KAREKTERİZASYONU
3.1 Numune Alma Şekli 13
3.2 Analiz Metodları 13
3.3 Ananliz Sonuçları ve Değerlendirme 13
3.4 İstatiksel Değerlendirme 19
3.5 1991-1995 Değerlerinin Karşılaştırılması 20

BÖLÜM 4 KİMYASAL ARITMA PRENSİPLERİ
4.1 Kimyasal Çöktürme Tanımı 30

4.2 Arıtma Tesisi Performansının Kimyasal Çöktürme ile Arttırılması 30
4.3 Koagülasyonun Tanımı 31
4.4 Koagülasyonun Adımları 32
4.5 Koagülasyonu Etkileyen Faktörler 32
4.6 Atıksudaki Partiküllerin Doğası ve Zeta Potansiyeli 32
4.7 İlk Karıştırma ve Koagülasyon Mekanizması 36
4.8 Koagülanların Tanıtımı 37
4.8.1 Alüminyum tuzları 37
4.8.2 Demir tuzları 39
4.8.3 Kireç 40
4.8.4 Polimerik anorganik koagülanlar 42
4.8.5 Organik polimerler 43
4.9 Koagülanların Karşılaştırılması 44
4.9.1 Koagülanların genel karşılaştırılması 44
4.9.2 Polialüminyum tuzlarının basit alüminyum tuzları ile karşılaştırılması 46
4.10 Koagülasyon Diyagramları 47
4.10.1 Alum koagülan diyagramları ... 48
4.11 pH Kontrolü ve Alkalinite 49
4.12 Flokülasyon Mekanizması 49
4.13 Çökelme ve Kırılma 50
4.14 Çamur Oluşumu 51

BÖLÜM 5 KİMYASAL FOSFOR ARITIMI
5.1 Fosfat Kimyası 52
5.2 Atıksudaki Fosfat Kaynakları 54
5.3 Fosfat Giderim Yönteminin Belirlenmesinde Gerekli Bilgiler 54
5.3.1 Atıksu karekteri 56
5.3.2 İhtiyaç duyulan diğer bilgiler 56
5.4 Fosfat Giderim Seçenekleri 56
5.4.1 Fosfor gideriminde metal tuzu kullanmanın avantajları 56
5.4.2 Fosfor gideriminde metal tuzu kullanmanın dezavantajları 57
5.4.3 Fosfor gideriminde kireç kullanmanın avantajları 57
5.4.4 Fosfor gideriminde kireç kullanmanın dezavantajları 57
5.4.5 Biyolojik fosfor arıtımının avantajları 58
5.4.6 Biyolojik fosfor arıtımının dezavantajları 58

5.5 Kimyasal Fosfat Giderimi ve Reaksiyonları 59
5.5.1 Alumun fosfatla reaksiyonları... 59
5.5.2 Demir tuzları ile fosfatın reaksiyonları 60
5.5.3. Kireçin fosfatla reaksiyonları.. 61
5.6 Uygulama Noktaları 63
5.6.1 Ön çöktürmeden önce mineral ilavesi 65
5.6.2 Biyolojik arıtmada mineral ilavesi 65
5.6.3 Birden fazla noktada mineral ilavesi 66
5.7 Uygulama Noktasının Seçimi 67
5.8 İlk Karıştırma Üniteleri 68
5.9 Flokülasyon Üniteleri ve Dizayn Dataları 68
5.10 Kimyasal Depolama İhtiyacı ve Besleme Sistemleri 68
5.11 Çöktürme Havuzları 70
5.12 Tasarımda Dikkat Edilecek Hususlar..... 71

BÖLÜM 6 KİMYASAL ARITILABİLİRLİK ÇALIŞMALARI
6.1 Deneysel Çalışma ve Optimium Dozun Saptanması 72
6.1.1 Test için gerekli ekipman 73
6.1.2 $FeCl_3$ için optimum dozun saptanması 74
6.1.3 $FeCl_3$ + PE için optimum dozun saptanması 74
6.1.4 $FeSO_4$ için optimum dozun saptanması 75
6.1.5 Alum için optimum dozun saptanması 75
6.1.6 Kireç + PE için optimum dozun saptanması 75
6.1.7 Polialüminyumklorür (PAC) için optimum dozun saptanması 76
6.1.8 Alüminyumklorhidroksit (Sumalchlor) için optimum dozun saptanması .. 77
6.2 Optimom Dozların Karşılaştırılması 102
6.3 Günlük Koagülan Tüketimi 107
6.4 Günlük Çamur Hesabı 107
6.4.1 $FeCl_3$ ile çöktürmede çamur hesabı 107
6.4.2 $FeCl_3$ + PE ile çöktürmede çamur hesabı 108
6.4.3 $FeSO_4$ ile çöktürmede çamur hesabı 109
6.4.4 Alum ile çöktürmede çamur hesabı 110
6.4.3 Kireç + PE ile çöktürmede çamur hesabı 111
6.4.5 PAC ile çöktürmede çamur hesabı 112
6.4.2 Sumalchlor ile çöktürmede çamur hesabı 113
6.5 1995 Yılı Arıtılabilirlik Sonuçlarının 1991 Yılı Sonuçları ile Karşılaştırlması 113

BÖLÜM 7 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 116

KAYNAKLAR 118

ÖZGEÇMİŞ 120

NOTASYON LİSTESİ

$BOİ_5$	Beş günlük biyolojik oksijen ihtiyacı, mg/L
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/L
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu, mg/L
TOP-P	Toplam Fosfor, mg/L
AKM	Askıda Katı Madde, mg/L
An.Akt.M.	Anyonik Aktif Madde, mg/L
Y-G	Yağ-Gres, mg/L
PE	Polielektrolit
Arit.Ort.	Aritmatik Ortalama
Max.	Maksimum
Min.	Minimum
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
T	Toplam
ÇZ	Çözünmüş
ÇK	Çökelmiş
ÇKL	Çökelebilir
ASK	Askıda
PAC	Polialüminyumklorür
Sumalchlor	Alüminyumklorhidroksit

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa no

Şekil 2.1 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Hidrolik Akış Şeması 4

Şekil 2.2 Kaba Izgara Yan Kesiti 5

Şekil 2.3 İnce Izgara Detayı 7

Şekil 2.4 Kum Tutucu Kesiti 9

Şekil 2.5 Ozon Tesisi Akış Diyagramı 12

Şekil 3.1 $BOİ_5$ Parametresinin Partikül Boyutlarına Göre Değişim Grafiği 23

Şekil 3.2 KOİ Parametresinin Partikül Boyutlarına Göre Değişim Grafiği 24

Şekil 3.3 AKM Parametresinin Partikül Boyutlarına Göre Değişim Grafiği 25

Şekil 3.4 TKN Parametresinin Partikül Boyutlarına Göre Değişim Grafiği 26

Şekil 3.5 Top-P Parametresinin Partikül Boyutlarına Göre Değişim Grafiği 27

Şekil 3.6 Yağ-Gres Parametresinin Zamanla Değişimi 28

Şekil 3.7 An.Akt.M. Parametresinin Zamanla Değişimi 29

Şekil 4.1 Flok Oluşumu 36

Şekil 4.2 Koagülasyonun Reaksiyon Şeması 37

Şekil 4.3 Kireç Gereksinimi 41

Şekil 4.4 $Fe(NO_3)_3$ Çözeltisinin Tipik Baz Titrasyonu 43

Şekil 4.5 Alum Koagülasyon Diyagramı ve Zeta Potansiyeli İlişkisi 50

Şekil 5.1 Fe, Al, Ca Fosfatların Çözünürlük Diyagramları 62

Şekil 5.2 Fosfor Gideriminde Mineral İlave Noktaları 63

Şekil 5.3 Alüminyumla Fosfor Gideriminde Uygulama Noktasının Verimlilik üzerine Etkisi ... 65

Şekil 6.1 Jar Test Düzeneği 73

Şekil 6.2 $FeCl_3$ ile dozlara göre fosfor giderimi .. 80

Şekil 6.3 $FeCl_3$ ile dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 81

Şekil 6.4 $FeCl_3$+PE ile dozlara göre fosfor giderimi 83

Şekil 6.5 $FeCl_3$ + PE ,le dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 84

Şekil 6.6 $FeSO_4$ ile dozlara göre fosfor giderimi .. 86

Şekil 6.7 $FeSO_4$ ile dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 87

Şekil 6.8 Alum ile dozlara göre fosfor giderimi .. 89

Şekil 6.9 Alum ile dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 90

Şekil 6.10 Kireç + PE ile dozlara göre fosfor giderimi 92

Şekil 6.11 Kireç + PE ile dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 93

Şekil 6.12 PAC ile dozlara göre fosfor giderimi ... 96

Şekil 6.13 PAC ile dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 97

Şekil 6.14 Sumalchlor ile dozlara göre fosfor giderimi 100

Şekil 6.15 Sumalchlor ile dozlara göre KOİ, AKM, TKN giderimi 101

Şekil 6.16 Tüm Koagülanların Fosfat Giderimlerinin Karşılaştırılması 106

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Kum Tutucu ve Köpük Havuzunun Tasarım Verileri 10

Tablo 3.1 Analiz metodları 14

Tablo 3.2 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Karekterizasyonu 15

Tablo 3.3 Kentsel atıksulardaki Kirleticilerin Sınıflandırılması 17

Tablo 3.4 Partikül Boyutlarına Göre Dağılım 18

Tablo 3.5 Partikül Boyutlarına Göre Dağılımın Ortalamaları 19

Tablo 3.6 Kirletici Parametrelerin Ortalama Değerleri 19

Tablo 3.7 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Deşarjı Analiz Sonuçlarının İstatiksel değerlendirmesi .. 21

Tablo 3.8 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Deşarjı Karekterizasyonunun 1991 Yılı Verileri İle Karşılaştırılması 22

Tablo 4.1 Atıksu Arıtımında Kullanılan Kimyasallar . 31

Tablo 4.2 Danecik Büyüklüğünün Çökeme Süresine Etkisi 31

Tablo 4.3 Koagülanların Avantaj ve Dezavantajları 45

Tablo 5.1 Suda Fosfor İçeren Önemli Bileşikler 53

Tablo 5.2 Sudaki Toplam Fosforun Tipik Konsantrasyonları 54

Tablo 5.3 Fosfatın Kompleks Denklemleri ve Çözünürlük Sabitleri 55

Tablo 5.4 Fosfatı Çökeltilmesinde Çökelti Formları . 62

Tablo 5.5 Ön ve ikinci Arıtma Sonrası Mineral Tuzu İlave Edilmesi ve Edilmemesi Potansiyel Verimlilik 64

Tablo 5.5 Dozlama Noktalarının Avantaj ve Dezavantajları ile Bakiye Klor Seviyesi .. 66

Tablo 5.6 Flokülasyon Havuzu Dizayn Dataları 69

Tablo 5.7 Çökeltme Havuzları Dizayn Parametreleri .. 70

Tablo 6.1 $FeCl_3$ ile çöktürmede Giderim Verimleri 79

Tablo 6.2 $FeCl_3$ + PE ile çöktürmede Giderim Verimleri 80

Tablo 6.3 $FeSO_4$ ile çöktürmede Giderim Verimleri 85

Tablo 6.4 Alum ile çöktürmede Giderim Verimleri 88

Tablo 6.5 Kireç + PE ile çöktürmede Giderim Verimleri 91

Tablo 6.6 PAC ile çöktürmede Giderim Verimleri (1)..... 94

Tablo 6.7 PAC_3 ile çöktürmede Giderim Verimleri (2)..... 95

Tablo 6.8 Sumalchlor ile çöktürmede Giderim Verimleri (1)..... 98

Tablo 6.9 Sumalchlor ile çöktürmede Giderim Verimleri (2)..... 99

Tablo 6.10 Arıtılabilirlikte karşılaştırma çalışması Yapılan Atıksuların Karekterleri 102

Tablo 6.11 Koagülanların Verimlerinin Karşılaştırılması (1).....104

Tablo 6.12 Koagülanların Verimlerinin Karşılaştırılması (2).....105

Tablo 6.13 Günlük Koagülan Tüketimleri 106

Tablo 6.14 1995 Yılı Arıtılabilirlik Sonuçlarının 1991
Yılı Sonuçlarıyla Karşılaştırılması 113

Tablo 7.1 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Karekterizasyonu 116

Tablo 7.2 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Partikül
Boyutlarına Göre Dağılım 117

ÖZET

Halen Yenikapı'da bir ön arıtma tesisi ve derin deniz deşarjı mevcuttur. Bu tesise ilave olarak biyolojik arıtma yapımı planlanmaktadır. Ancak gerek yer problemi ve gerekse işletme zorlukları sebebiyle biyolojik arıtmaya alternatif arama zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Söz konusu alternatif kimyasal arıtmadır. İşte bu çalışmada kimyasal arıtılabilirlik düzeyi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

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

İkinci bölümde Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nin tanıtımı yapılmıştır.

Üçüncü bölümde Yenikapı Ön Arıtma Tesisi deşarjından alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre karekterizasyon yapılmış ve sonuçlar 1991 yılı çalışması ile mukayese edilmiştir.

4. ve 5. bölümlerde kimyasal arıtmanın prensipleri ile kimyasal fosfor giderimi hakkında bilgi verilmiştir.

6. bölümde koagülanlar için optimum doz tespiti ve optimum dozların karşılaştırılması yapılmış, günlük koagülan tüketimi ile üretilen çamur miktarı hesaplanmıştır. Daha sonra bulunan değerler 1991 yılında yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

7. bölümde çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

SUMMARY

CHEMICAL TREATMENT FOR THE DISCHARGE OF THE YENİKAPI TREATMENT PLANT

İstanbul is one of the biggest cities in the world, because of the its population. It accommodates approximately 15 million people. So it has got big problems like as unhealty construction. To solve the sewerage problem several studies have been conducted since years. Some of these studies conducted by Wild, Kehr, DAMOC and Camp-Tekser. In the sewerage project which has been continued at present , settlement areas are divided into eleven seperate 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 removel, then deep marine outfall into lower stream of bosphorus.

The information About Yenikapı Pretreatment Plant was given in teh 2nd chapter. At present in the Yenikapı Discharge there are two parallel mechanically cleaned coarse screens with 80 mm size range, a pump station, two fine screens with 200 mm size range, four grit chambers and an effluent pump station. Also there is an ozone system to clean pollutant air in the treatment plant.

Im the thirth chapter sampling and analysis methods are explained. The charecterizaion of the grit chamber was made on the 21 samples. These samples are 4 hours composit samples collected with half and hour interval. Also, classification of pollutants in terms of particule size distribution is also shown for each sample in this chapter. The maximum and minimum values of some parameters are shown in Table.1.

In addition to results of 21 samples analysis, these results were considered and statistical evaluation was studied. Also the results compared with the results of 1991. This study shown that the going of the leather

industry affected the charecter of the Yenikapı Discharge.

Table 1 The charecterization of the Yenikapı Pretreatment Plant Discharge

PARAMETER	MINIMUM	MAXIMUM
BOD_5 mg/L	100	290
COD mg/L	300	635
SS mg/L	110	664
TKN mg/L	28	72
TOTAL -P mg/L	2,75	6,79

In the fourth chapter princeples of the chemicel treatment are described. Chemicel precipitation, coagulation and effective factors on coagulation process, coagulation steps, nature of particles in wastewater and zeta potential, coagulation substances, coagulation diagrams, pH control and alkalinity, flocculation mechanisms and sludge production were explained.

Chemical precipitation was a well-established method of wastewater treatment in England as early as 1870. Chemical treatment was used extensively in the United States in the 1890s and early 1900s, but, with the development of biological treatment the use of chemicals was abondoned and biological treatment was adopted. In the early 1930s, attempts were made to develop new methods od chemical treatment, and a number of plants were installed.

In current practice. chemical precipitation is used (1) as a means of improving the performance of primary settling facilities, (2) as a basic step in the independent physical-chemical treatment of wastewater, and (3) for the removal of the phosphorus.

Chemical precipitation in wastewater treatment involves the addition of chemicals to alter the physical state of dissolved and suspended solids and to facilitate their removal by sedimentation. In some cases the alteration is slight, and removal is effected by entrapment within a voluminous precipitate consisting primarily of the coagulant itself. Another result of chemical addition is a net increase in the dissolved constituents in the wastewater. Chemical processes, in conjuction with various physical operations, have been developed for the

complete secondary treatment of untreated wastewater, including the removal of either nitrogen or phosphorus.

Over the years a number of different substances have been used as precipitants. The most common chemicals are Alum, Ferric chloride, Ferric sulfate, Ferrous sulfate and Lime. The degree of clarification obtained depends on the quantity of chemicals used and the care with which the process is controlled. It is possible by chemical precipitation to obtain a clear effluent substantially free from matter in suspension or in the colloidal state. From 80 to 90 percent of the total suspended matter, 40 to 70 percent of the BOD_5, 30 to 60 percent of the COD, and 80 - 90 percent of the bacteria can be removed by chemical precipitation. In comparison, when plain sedimentation is used only 50 to 70 percent of the total suspended matter and 30-40 percent of the organic matter settles out.

In the fifth chapter chemical phosphour treatment was explained. The purpose in this section is to identify and discuss (1) the chemistry of phosphprus, (2) methods of phosphorus removal, (3) chemical phosphorus removal and reactions, (4) application points, (5) Rapid mixing and flocculation units, (6) settlement tanks, and (7) design methodology.

The addition of certain chemicals to wastewater produces insoluble or low - solubility salts when combined with phosphate. The principal chemicals used for this purpose are alum, sodium aluminate, ferric chloride or sulfate, and lime. Ferrous sulfate and ferrous chloride available as by products of steel - making operations (pickle liquor), are also used. Polimers are used effectively in conjunction with alum and lime as flocculant aids.

Factors affecting the choice of chemical for phosphorus removal :

1- Influent phosphorus level.
2- Wastewater suspended solids.
3- Alkalinity.
4- Chemical cost.
5- Reliability of chemical supply.
6- Sludge hendlin facilities.
7- Ultimate disposal methods.
8- Compatibility with other treatment processes.

Iron or aluminum salts can be added at a variety of different points in the treatment process, but, because

polyphosphates and organic phosphorus are less easily removed than orthophosphorus, adding aluminum or iron salts after secondary treatment (where organic phosphorus and polyphosphorus) usually results in the best removal. Some additional nitrogen removal occurs because of better settling due to chemical addition, but essentially not amonia is removed unless chemical additions to primary treatment reduce BOD loadings to the point where nitrification can occur. An increase in total dissolved solids can be excpected because of the added chemicals.

In the sixth chapter experimental approaches of the study and experimental results were described. The equipment required to define the optimum operating conditions for coagulation and jartest explained. In the jar test experiments, coagulant solutionts were added to the six beakers and mixed rapidly at 100 rpm for one minute. Then it was flocculated at 25 rpm for 20 minutes and after flocculation paddles were removed it was allowed to settle for 30 minutes.

In experiments, in which several coagulants were used to investigate optimum dosage of chemicals.

Firstly $FeCl_3$ was used for chemical coagulation. After addition of the different concentration, optimum dosage for $FeCl_3$ 150 mg/l was determined.

In the second experiment $FeCl_3$ + polymer were used for chemical coagulation. 2 mg/L Seperan MG205e and at different concentration $FeCl_3$ were added to the wastewater. Optimum dosage, 100 mg/L was determined.

In the thirth study was done with the different concentrations of $FeSO_4$ and 200 mg/L was determined as optimum dosage.

In the fourth study the different concentrations of alum were used. And for optimum dosage 250 mg/L was sellected.

In the fifth experiment the different concentrations of lime and 2 mg/L Seperan were tried. Optimum dosage was obtained as 300 mg/L lime.

In the sixth and seventh experiments 2 inorganic polymer were tried. These polymers are polyaluminumchloride, 33% solutions (PAC) and 50% solution aluminumchlorhydrate (sumalchlor) which were developed by Summit Research Labs.

Finally all optimum dosages were studied again and compared.

The results of these studies were given table.2.

Table 2 Removal efficiencies for different coagulants.

PARAMETER	$FeCl_3$	$FeCl_3$+PE	$FeSO_4$	ALUM	CaOH+PE	SUMALCHLOR	PAC
COD	85,9	90,1	91,4	90,9	90,9	84,3	87,6
SS	94,1	93,7	83,6	94,8	94,1	92,3	96,5
TKN	5,1	0	0	0	0	5,1	0
TOT-P	95	84,6	90,3	89,2	52,2	78,8	81,6

At the end of the sixth chapter daily coagulant consumption and sludge producing were calculated. The results of these calculation were given table.3. After that the results of 1995 was compared with the results of 1991.

Table 3 Daily coagulant consumption and daily sludge production

COAGULANT	DAİLY CONSUMPTION Kg/DAY	SLUDGE PRODUCTION Kg/DAY
$FeCl_3$	30.633	76.199
$FeCl_3$ + PE	20.422	69.809
$FeSO_4$	40.844	75.447
ALUM	51.055	80.091
CaOH + PE	61.266	137.642
PAC	10.211	62.798
SUMALCHLOR	20.422	73.468

As a result of this comparison , because of moving the leather industries the capital cost and operation and maintenance cost of chemical treatment plant decreased.

In the seventh chapter, as a result of the study, experimental data was evaluated. The chemical treatment is sufficient for Yenikapı discharge to meet the wastewater standarts of deep marine outfall or receiving water standarts. It can be an alternative treatment method to advanced biological treatment methods.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Süratle nüfusu artan ilimiz Marmara Denizini tehdit altında tutan en önemli kirletici kaynaklardan biri durumundadır. İstanbulun çok sayıda noktasından kentsel atıksular Marmara Denizine önlemsiz olarak deşarj edilmektedir.

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi 1995 yılının ortalarına geldiğimiz şu günlerde bile hala İstanbul'un tek kentsel arıtma tesisidir. Fiziksel arıtma fiziksel kirliliğe yol açan kum, çakıl, kül gibi katı maddelerin giderilmesine dönük bir yöntemdir. Organik kirliliğin giderilmesine çok düşük bir oranda katkısı olur.

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nden derin deniz deşarjı yapılmaktadır. Deşarj edilen atıksuda özellikle KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) ve Top-N (toplam azot) parametreleri SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği) derin deniz deşarjı limitlerini aşmaktadır.

İleride biyolojik arıtma ilavesi düşünülen Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nde kimyasal arıtma; işletme kolaylığı ve fazla alan işgal etmemesi sebebiyle biyolojik arıtmaya tecih edilebilecek bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nden sonra bir kimyasal arıtma tesisi planlamanın önemi bir önceki bölümde açıklanmıştı.

Bu çalışmada Yenikapı Ön Arıtma Tesisi deşarjının dericiler kalktıktan sonraki karekterinin belirlenmesine yönelik 21 adet kompozit numune alınmıştır.

Karekterizasyonun belirlenmesinden sonra da 11 adet arıtlabilirlik çalışması Jar Test düzeneğinde yapılmıştır. Jar test sonuçlarına göre kimyasal tüketimi ve oluşacak çamur miktarı hesaplanmıştır.

Tezin içeriğinde Yenikapı Ön Arıtma Tesisi 'nin tanıtımına, kimyasal arıtma prensipleri ve kimyasal fosfor çöktürme ile ilgili literatür bilgilerine da yer verilmiştir.

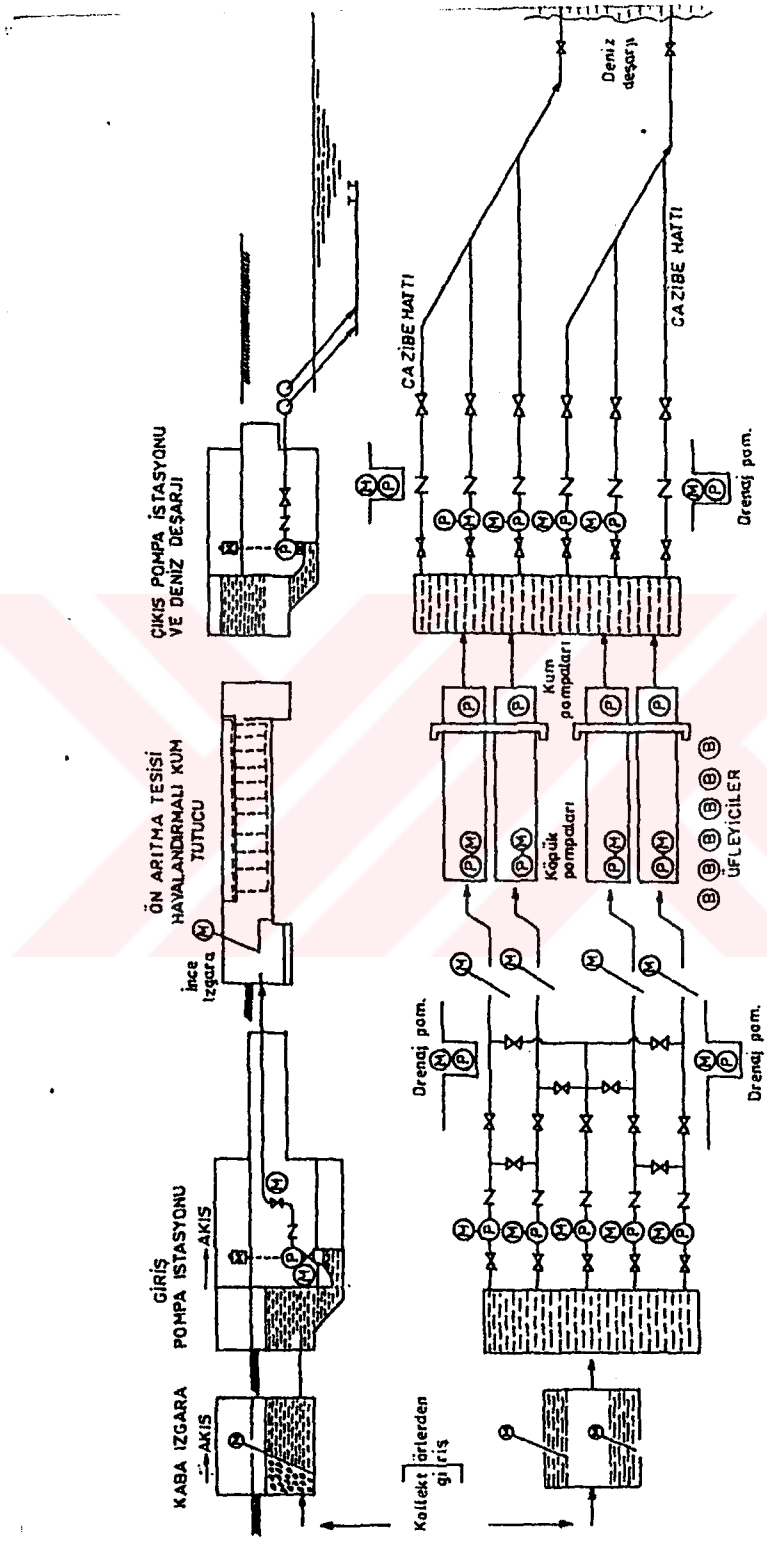
BÖLÜM 2 YENİKAPI FİZİKSEL ARITMA TESİSİNİN TANITILMASI :

Tesisin projelendirilmesi[1] bugün için 2 milyon gelecekte 3 milyon nüfus üzerinden yapılmıştır. Ortalama debi 15.160 m^3/saat, maksimum debi ise 36.000 m^3/saat olarak tanımlanmıştır. Tesisi 2200 mm vd 2800 mm çaplarında (açık kazı ve tünel dahil) toplam uzunluğu 8.840 m olan Alibeyköy, 2600 mm çapında 5500 m uzunluğunda Bakırköy ve 1200 mm çapında 2.800 m uzunluğunda Sarayburnu kollektörlerinden günde ortalama 43.764 m^3 atıksu gelmektedir. Arıtmaya gelen debinin proje debisinden düşük olmasının nedeni , projede Haliç'ten su basılmasının planlanmış olmasına rağmen, kollektörlerin temizlenmesi dışında Haliç kapaklarının açılmaması ve Zeytinburnu'ndaki Dericilerin kalkmasından kaynaklanmaktadır.

2.1 Arıtma Birimleri

Yukarda belirtilen üç ana kollaktörden Yenikapı Fiziksel Arıtma Tesisine gelen atıksu, birleştirme yapısında karıştırıldıktan sonra sırayla aşağıdaki arıtma birimlerinden geçer.

Şekil 2.1 de tesisin hidrolik akış şeması verilmiştir.

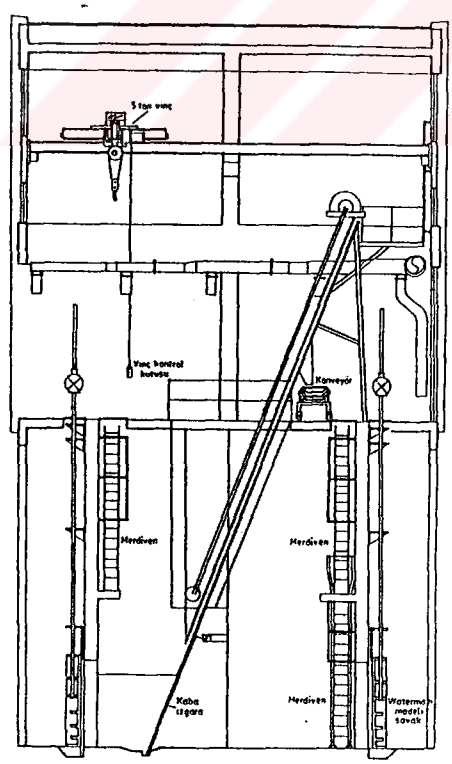


Şekil 2.1 Yenikapı ön arıtma tesisi hidrolik akış şeması

2.1.1 Kaba ızgara

İlk aşamada 80 mm'den daha büyük boyutlu katı maddeler birbirine paralel çalışan iki adet mekanik temizlemeli ızgarada tutulur. Tutulan bu katı atıklar tırmıklar vasıtasıyla ızgaralar üzerinden alınarak konveyör band üzerine dökülür. Konveyör bantın sonunda bulunan hidrolik preslerde sıkıştırılarak hacmi küçültülen katı atıklar, çöp konteynerleri vasıtasyla çöp döküm sahasına boşaltılır.

Kaba ızgaralarda çubuk aralığı 80 mm, çubuk genişliği 15 mm, çubuk derinliği 50 mm, ızgara boyu 3.5 m, genişliği 3m, yatayla eğimi 70° dir.



Şekil 2.2 Kaba ızgara yan kesiti

2.1.2 Giriş pompa istasyonu

Uzun bir mesafeden cazibeyle gelen atıksular, kanal akar kotları çok aşağıda olduğundan (-5.35 m) her biri 9000 m3/saat debiyle, 16.2 m basma yüksekliği olan ve 530 KW gücünde biri yedek toplam 5 adet düşey milli santrifüj pompayla ön arıtma havuzlarına basılır. Pompalara Programable Logic Control sistemiyle otomatik olarak çalıştırılabildiği gibi manual olarak ta çalıştırılabilmektedirler.

2.1.3 Ön arıtma yapısı

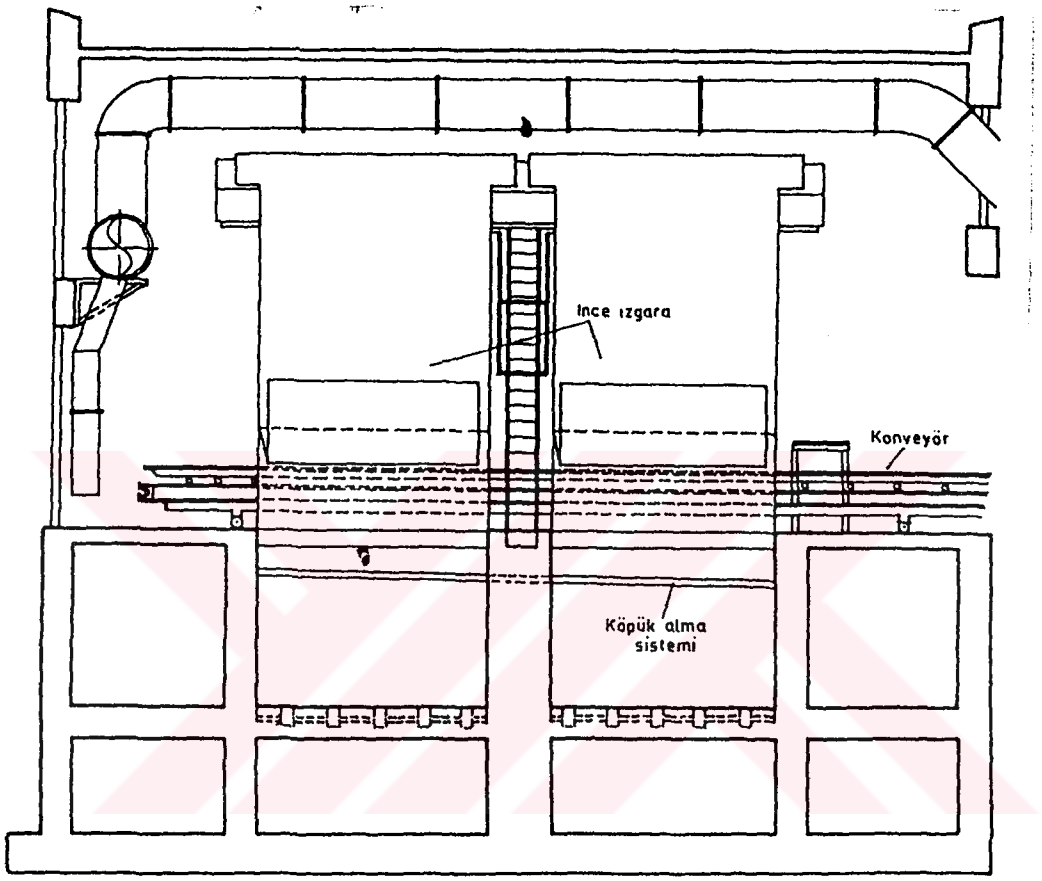
Bu bölümde ızgara aralığı 2 cm olan 4 adet ince ızgara ve bunların devamında 4 adet havalandırmalı kum tutucu mevcuttur.

a) İnce ızgara

Kaba ızgaralardan geçen atıksu ince ızgaralara gelir. 2 cm.'den büyük katı atıklar burada tutularak tırmık vasıtasıyla alınıp preslendikten sonra çöp döküm sahasına gönderilir.

İnce ızgaralarda çubuk aralığı 20 mm . çubuk genişliği 15 m, çubuk derinliği 50 mm, ızgara boyu 3 m, ızgara genişliği 3 m ve yatayla yaptığı açı 70°'dir.

Kaba ızgara ve ince ızgara yapısında otomatik seviye kontrol sisteminin devreye girmesi durumunda, atıksuyun doğrudan denize deşarjını sağlayan by-pass hattı mevcuttur.



Şekil 2.3 İnce ızgara detayı

b) Havalandırmalı kum tutucu

Birbirine paralel olarak çalışan 4 adet kum tutucu ve 4 adet köpük havuzu mevcuttur.

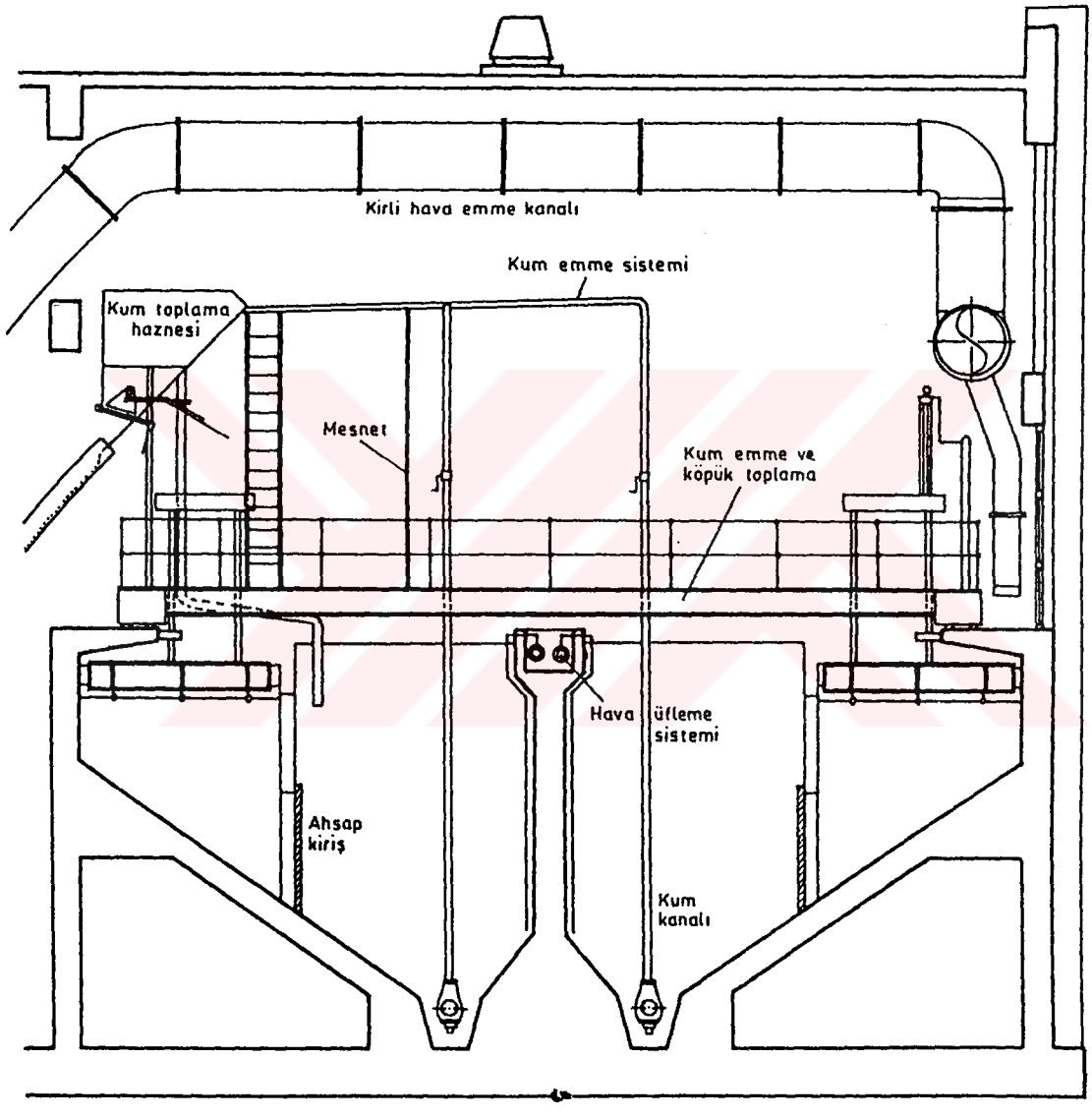
Kum tutucular dikdörtgen yüzeyli, konik tabanlı olup tabanın yatayla eğimi 73° dir. Tabandan 88 cm yükseklikte havuzun uzun kenarı boyunca 80 cm aralıklarla yerleştirilen 2" çapında 43 adet galvaniz borudan blower sistemi ile 1800 m^3/saat debiyle sıkıştırılmış hava basılır. Havanın yarattığı türbülans hafif organil katı molekülleri askıda tutarken, daha ağır olan kumun dibe çökmesini sağlar. Bu tip kum tutucularda karıştırma hızı çökmeyi etkiler. Hız çok yükse kum havuzdan dışarı taşınır. Çok düşük ise organik katı maddeler de kumla beraber çökebilir. Hava debisiyle oynayarak hızı ayarlamak mümkündür.

Kum tutuculara paralel ve bu havuzlardan ızgara tipi beton perde ile ayrılmış olan köpük havuzları, atıksu içinde yüzebilen organik maddelerin (yağ-gres, köpük v.b. gibi) toplanması için yapılmıştır.

Kum tutucular ve köpük havuzlarının üzerinde enine yerleştirilmiş bir gezer köprü mevcuttur. Köprü üzerinde her bir havuz için birer adet kum pompası ve birer adet köpük sıyırıcı vardır.

Hareketli köprü, otomatik olarak havuzların başından sonuna kadar gider gelir. Gidip gelme hareketi sırasında kum pompaları kumun seviyesine göre dibe dalarak suyla karışık olarak kum çekerler. Kum, kum haznesinde tutulurken su havuza geri döner.

Köpük sıyırıcılar, köprü geri dönerken köpük havuzlarına dalarak yüzeydeki köpüğü sıyırırlar ve köpük haznesinde toplanmasını sağlarlar. Köpük burada bir miktar temizsu ile sulandırılarak köpük pompaları vasıtasıyla vidanjörlere doldurulur ve uzaklaştırılır.



Şekil 2.4 Kum tutucu kesiti

Tablo 2.1 Kum tutucu ve köpük havuzunun tasarım verileri

Kum Havuzu		**Köpük alma havuzu**	
Genişlik	3 m	Uzunluk	45 m
Uzunluk	50 m	Alan	135 m^2
Derinlik	4 m	Genişlik	3 m
Havuz Sayısı	4	Hidrolik Yük	28 m^3/saat
Toplam Hacim	2.400 m^3		
Max.Debi	36.000 m^3/saat		
Ort.Debi	15.160 m^3/saat		
Bekletme Süresi	4-9,5 dak.		
Yatay hız	0,21 m/sn		

2.1.4 Çıkış pompa istasyonu

Bu bölümde fiziksel olarak arıtılmış suyu deşarj bölgesine basan 10.800 m^3/saat kapasiteli 4 adet atıksu pompası mevcuttur. Ayrıca saatte 18.000 m^3 su deşarj edebilen 2 adet cazibe hattı bulunmaktadır.

Tesisten deşarj edilen, fiziksel olarak arıtılmış su, Batı-doğu yönünde Ahırkapı'dan Harem açıklarına uzanan ve aynı hendeğe paralel olarak yerleştirilmiş, 1.600 mm çapında betonarme kaplı, çelik çekme iki boru hattından Marmara denizine verilmektedir. Uç noktası deniz yüzeyinden 60 m derinlikte olan boruların uzunluğu 1.180 m'dir.

2.2 Ozon Sistemi

Izgara ve havuzlar gibi ıslak hacimlerde insan sağlığına ve makinalara zarar verebilecek H_2S vb.gibi gazların havalandırma sistemiyle toplanarak, ıslak oksidasyon yöntemine göre ozon gazı yardımıyla yükseltgenmek suretiyle zararsız hale getirildikten sonra çevreye verilmesi amacıyla bu sistem kurulmuştur.

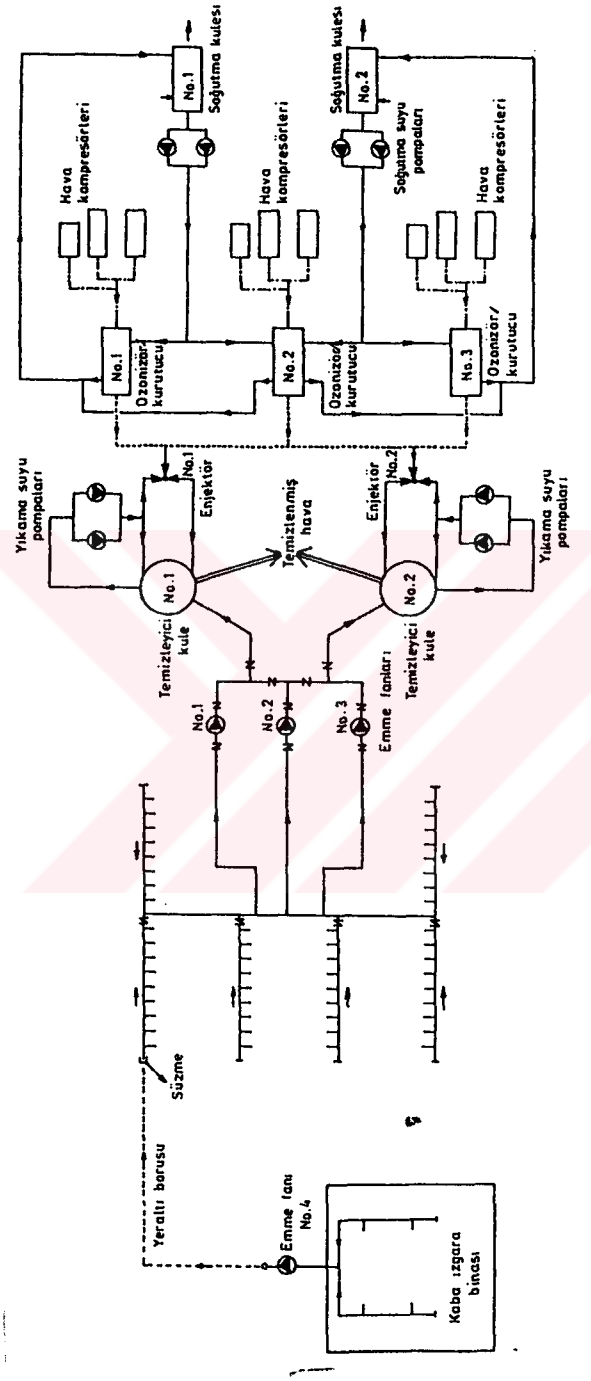
Kaba ızgara yapısında, ön arıtma tesisinde bulunan 3 adet fan vasıtasıyla emilen kirli hava atmosfere verilmeden önce aşağıda anlatılacak işlemler sonucunda zararlı gazlardan arındırılarak koku giderimi sağlanmış olur.

Sistem esas itibariyle 3 ana kısımdan oluşur:

1) Hava temin ünitesi (kompresörler)
2) Ozon temin ünitesi (Ozonizörler, soğutma sistemi)
3) Gaz yıkama ünitesi (Enjektör, yıkama suyu pompaları, temizleme kuleleri)

Kompreörlerden temin edilen basınçlı hava, şartlandırma ekipmanlarından(kurutucu, yağ tutucu vb.) geçirildikten sonra ozon jeneratörüne basıncı düşürülerek verilir. Jeneratör dielektrik tüplerden geçen hava yüksek gerilime tabi tutularak ozon gazı üretilir. Elde edilen gaz, yıkama suyu devresindeki enjektör ve mikserler vasıtasıyla su içinde çözülür ve yıkama kulesine sevk edilir. Kulenin altından gelen pis kokulu gazlar üstten püskürtülen ozonlu suyla reaksiyona girerek kokulu unsurlar giderilmiş olur.

Ozon tesisine ait akış diyagramı Şekil 2-5'de verilmiştir.



Şekil 2.5 Ozon tesisi akış diyagramı

BÖLÜM 3 YENİKAPI DEŞARJININ KAREKTERİZASYONU

3.1 Numune Alma Şekli

Yenikapı Fiziksel arıtma tesisi deşarjından 1994 yılının Ekim ayı ile 1995 yılının Nisan ayı arasında saat 09:00'dan - 13:00'e kadar yarım saatlik peryotlar halinda kompozit numune alınmıştır. Her türlü hava şartı ve haftanın her gününü temsil edecek şekilde alınan 21 adet numunede $BOİ_5$ (biyolojik oksijen ihtiyacı), KOİ, AKM (askıda katı madde), TKN (toplam kjeldahl azotu),TOP-P (toplam fosfor), Yağ-Gres, An.Akt.M. (Anyonik aktif madde) parametreleri toplam, çökeltilmiş ve süzülmüş olarak çalışılmış ve Yenikapı Deşarjının karekteri belirlenmiştir.

Çökeltilmiş numune için 1000 ml'lik Imhoff Hunisinde numune 1 saat bekletilmiştir. Süzülmüş numune içinse numune milipore süzgeç kağıdından süzülmüştür.

3.2 Analiz Metodları

Analizler Standart Method'ların 17.ve 18. baskısında belirtildiği gibi yapılmıştır. Kullanılan metodlar Tablo 3.1'de verilmektedir.

3.3 Analiz Sonuçları ve değerlendirme

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi deşarjından Ekim/94'ten Şubat/95'e kadar aralıklarla 21 adet kompozit numune alınmış ve $BOİ_5$, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Yağ-Gres,An.Akt.M.,pH parametreleri çlışılmıştır.

Tablo 3.1 Analiz Metodları

PARAMETRE	UYGULANAN METOD
$BOİ_5$	SEYRELTME VE AŞILAMA
KOİ	OPEN REFLUX METOD
AKM	GRAVİMETRİK METOD
TKN	MAKRO KJELDAHL TİTRİMETRİK METOD
TOP-P	KALAY KLORÜR METODU
ANYONİK AKTİF MADDE	MBAS METHOD METİLEN MAVİSİ AKTİF MADDE
pH	ELEKTROD
TUZLULUK	ELECTRİK İLETKENLİK
ALKALİNİTE	TİTRİMETRİK METOD
SERTLİK	TİTRİMETRİK METOD
BULANIKLIK	NEFELOMETRİK METOD

Analiz sonuçları Tablo 3.2'de yer almaktadır. Bu analiz sonuçları incelendiğinde $BOİ_5$'in 100-290 mg/L, KOİ'nin 300-635 mg/L, AKM'nin 110-664 mg/L, TKN'nin 28-72 mg/L , Top-P'un 2,75-6,79 mg/L, Yağ Gresin 12-55 mg/L, An.Akt.M'nin 1-5,7 arasında çok farklı değerler aldığı görülmektedir. Analiz sonuçları arasındaki bu büyük farkın, zaman zaman Haliç kapaklarının açılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Numune alma periyodu içinde arada bir Haliç kapakları açılmış ve Haliç'ten toplam 800.000 m^3 su Yenikapı Ön Arıtma Tesisine deşarj edilmiştir.

Alınan numunelerde $BOİ_5$, KOİ, AKM, TKN, Top-P parametreleri partikül boyutlarına göre dağılımı incelemek amacıyla toplam,süzülmüş,çökeltilmiş olarak hazırlanan numunelerde çalışılmıştır. Bu araştırmaya esas olarak MUNCK'ın 1980 yılında danecik boyutlarına göre yaptığı çalışma alınmıştır. Munck'ın[9] danecik

Tablo 3.2 Yenikapı Ön Arıtma tesisi deşarjı karekterizasyonu

PARAMETRE		BOİ-5	mg/L		KOİ	mg/L	AKM	mg/L		TOP.-N	mg/L		TOP.-P	mg/L
TARİH	T	ÇK	ÇZ	T	ÇK	ÇZ	T	ÇK	T	ÇK	ÇZ	T	ÇK	ÇZ
12/10/1994	145			545			473		35					
19/10/1994	125			300			168		39					
21/10/1994	165	90	45	540	250	130	566	177	36	32	26			
25/10/1994	150	130	70	385	320	215	300	155	35	34	23			
2/11/1994	190	150	50	545	400	110	280	140	59	57	53			
3/11/1994	235	220	90	595	435	250	260	160	66	61	53			
23/11/1994	195	115	90	515	415	280	197	167	65	60	52			
24/11/1994	195	166	85	330	280	190	290	135	58	54	50			
28/11/1994				325	230	80	180	112	57	53	45			
8/12/1994	130	70	50	400	150	100	352	162	46	39	32			
13/12/1994	290	190	90	635	500	340	168	113	72	58	53			
15/12/1994				920	260	175	1400	138	71	55	49	3.2	2.6	1.3
22/12/1994	160	90	35	540	290	120	664	118	60	52	47			
27/12/1994	160	140	30	390	370	180	274	157	61	57	51			
3/1/1995	100	82	54	480	410	150		400	28	24	20	2.75	2.6	2.15
10/1/1995	175	130	56	590	410	185	532	60	52	45	40	6.03	5.93	5.33
12/1/1995	140	100		560	275	120	203	127	52	49	43	6.37	5.76	5.36
16/1/1995	200	110	40	400	220	100	110	100	38	33	29	4.8	4.36	3.86
18/1/1995	120	95	50	450	350	160	320		46	42	38	5.29	4.87	4.07
23/1/1995				480	420	160	250	184	58	52	42	6.58	6	5.7
24/1/1995	140	130	75	420	350	200	270	190	56	52	43	6.79	6.29	6.05

Tablo 3.2 devamı

PARAMETRE	Y.G	AN.AKT.M	TUZL.	SU	HAVA
TARİH	mg/L	mg MBAS/L	BİNDE	SICAK.	DURUMU
12/10/1994	23	1,5	1.5	21°C	YAĞIŞLI
19/10/1994	35	1	3.0	19°C	
21/10/1994	25	1,5		19°C	YAĞIŞLI
25/10/1994	30	1,2		20°C	YAĞIŞ YOK
2/11/1994	28	2,06	4.5	21°C	YAĞIŞ YOK
3/11/1994	27	3,2	3.0	21°C	
23/11/1994	45	2,2	4.5	15°C	
24/11/1994	40	2,5	2.0	15°C	
28/11/1994	30	3	2.0	13,5°C	
8/12/1994	44	2,7	3.0	14°C	
13/12/1994	32	3,7	4.0	16°C	
15/12/1994	38	5,7	2.0	15°C	
22/12/1994	51	2,2	1.5	14°C	YAĞIŞSIZ
27/12/1994	38	3,3	2.0	14°C	
3/1/1995	21	2,2	1.5	13°C	YAĞIŞSIZ
10/1/1995	55	3	1.0	14°C	
12/1/1995	30	2,7	1.5	14°C	YAĞIŞLI
16/1/1995	12	2,5	1.0	13°C	YAĞIŞLI
18/1/1995			1.2	12°C	YAĞİŞSIZ
23/1/1995	32	3	2.0	16°C	YAĞIŞSIZ
24/1/1995	22	3		14°C	

boyutlarına göre verdiği değerler Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Munck'a göre kentsel atıksudaki kirleticilerin sınıflandırılması :

	Çözünmüş	Kolloidal	Suprakollidal	Çökebilir
Partikül Boyutları µm	< 0.025	0.025-3	3-106	>106
BOİ (toplamın %si)	17	16	46	21
KOİ (toplamın %si)	12	15	30	43
TOC (toplamın %si)	22	6	36	36
Top-P (toplamın %si)	63	3	12	22
Organik-N (toplamın %si)	27	15	38	20

Toplam 19 atıksu numunesinde parametrelerin partikül boyutlarına göre dağılımı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar tablo 3-4'te verilmiştir. Bu sonuçaların aritmatik ortalamaları da Tablo 3.5'te görülmektedir.

Tablo 3.5 değerlendirildiğinde kirleticilerin daha çok çözünmüş formda oldukları görülmektedir.

Parametrelerin analiz sonuçlarının ortalama değerleri tipik evsel atıksu değerleri ile karşılaştırlıdığında da Top-N hariç parametrelerin genelde zayıf ile orta kuvette evsel atıksu arasında değerler aldığı görülmektedir. Top-N parametresi ise çoğu zaman orta kuvette evsel atıksu civarında seyremekte bazen bir miktar üstüne çıkmaktadır. Tablo 3.6'da toplam numunede çalışılan parametrelerin ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 3.5 Partikül boyutlarına göre dağılım

PARAMETRE	% BOİ-5			% KOİ			% TKN			% TOP-P		
TARİH	ÇZ	ASK	ÇKL	ÇZ	ASK	ÇKL	ÇZ	ASK	ÇKL	ÇZ	ASK	ÇKL
21/10/1994	27,27	27,27	45,45	24,07	22,22	53,7	72,22	16,67	11,11			
25/10/1994	46,67	40	13,33	55,84	27,27	16,88	65,71	31,43	2,86			
2/11/1994	26,32	52,63	21,05	20,18	53,21	26,61	89,83	10,14	0,03			
3/11/1994	38,3	55,32	6,38	42,02	31,09	26,89	80,3	12,12	7,58			
23/11/1994	46,15	12,82	41,03	54,37	26,21	19,42	80	12,31	7,69			
24/11/1994	43,59	41,54	14,87	57,58	27,27	15,15	86,21	6,9	6,9			
28/11/1994				24,62	46,15	29,23	78,95	14,04	7,02			
8/12/1994	38,46	15,38	46,15	25.00	12,5	62,5	69,57	15,22	15,22			
13/12/1994	31,03	34,48	34,48	53,54	25,2	21,26	73,61	6,94	19,44			
15/12/1994				19,02	9,24	71,74	69,01	8,45	22,54	40,63	40,63	18,75
22/12/1994	21,88	34,38	43,75	22,22	31,48	46,3	78,33	8,33	13,34			
27/12/1994	56,25	31,25	12,5	46,15	48,72	9,84	83,61	9,84	6,56			
3/1/1995	30	52	18	31,25	54,17	14,58	71,43	14,29	14,29	78,18	16,36	5,45
10/1/1995	30,86	43,43	25,71	31,36	38,14	30,51	76,92	9,62	13,46	88,39	9,95	1,66
12/1/1995	40	31,43	28,57	21,43	27,68	50,89	82,69	11,54	5,77	84,14	6,28	9,58
16/1/1995	20	35	45	25	30	45	76,32	10,53	13,16	80,42	10,42	9,17
18/1/1995	41,67	37,5	20,83	35,56	42,22	22,22	82,61	8,7	8,7	76,94	15,12	7,94
23/1/1995				33,33	54,17	12,5	72,41	17,24	10,34	86,63	4,56	8,81
24/1/1995	53,57	39,29	7,14	47,62	35,71	16,67	76,79	16,07	7,14	89,1	3,53	7,36

Tablo 3.5 Partikül boyutlarına göre dağılımın ortalamaları

	Çözünmüş	Askıda	Çökebilir
Partikül Boyutları µm	< 0.45	0.45-106	>106
BOİ (toplamın %si)	35	37	27
KOİ (toplamın %si)	35	34	31
Top-P (toplamın %si)	78	13	9
TKN (toplamın %si)	77	13	10

Tablo 3.6 Parametrelerin Ortalama Değerleri

PARAMETRE	ARİT.ORT. (mg/L)
$BOİ_5$	167
KOİ	471
AKM	308
TKN	52
TOP-P	5

Parametrelerin zamana göre ve partkül boyutlarına göre aldıkları değerleri gösteren grafikler Şekil 3.1, 3.2, 3.3,3.4,3.5,3.6 ve 3.7'de veilmiştir.

3.4. İstatiksel Değerlendirme

Yenikapı deşarjında yapılan analiz sonuçlarının istatiksel değerlendirmesi Tablo 3.7'de görülmektedir. bu tablo incelendiğinde en büyük standart sapmanın AKM'de olduğu görülmektedir. Bu sonuçtan zaman zaman kum

tutucuda işletme hataları meydana geldiği kanaatine varılmıştır.

3.5 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Deşarjı Karekterinin 1991 yılı Değerleri ile Karşılaştırılması

1995 yılı verileri ile 1992 yılı verilerinin karşılaştırılması Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8 incelendiğinde dericilerin taşınması ile birlikte Yenikapı Ön Arıtma Tesisi deşarjı karekterinin büyük ölçüde değiştiği görülmektedir.

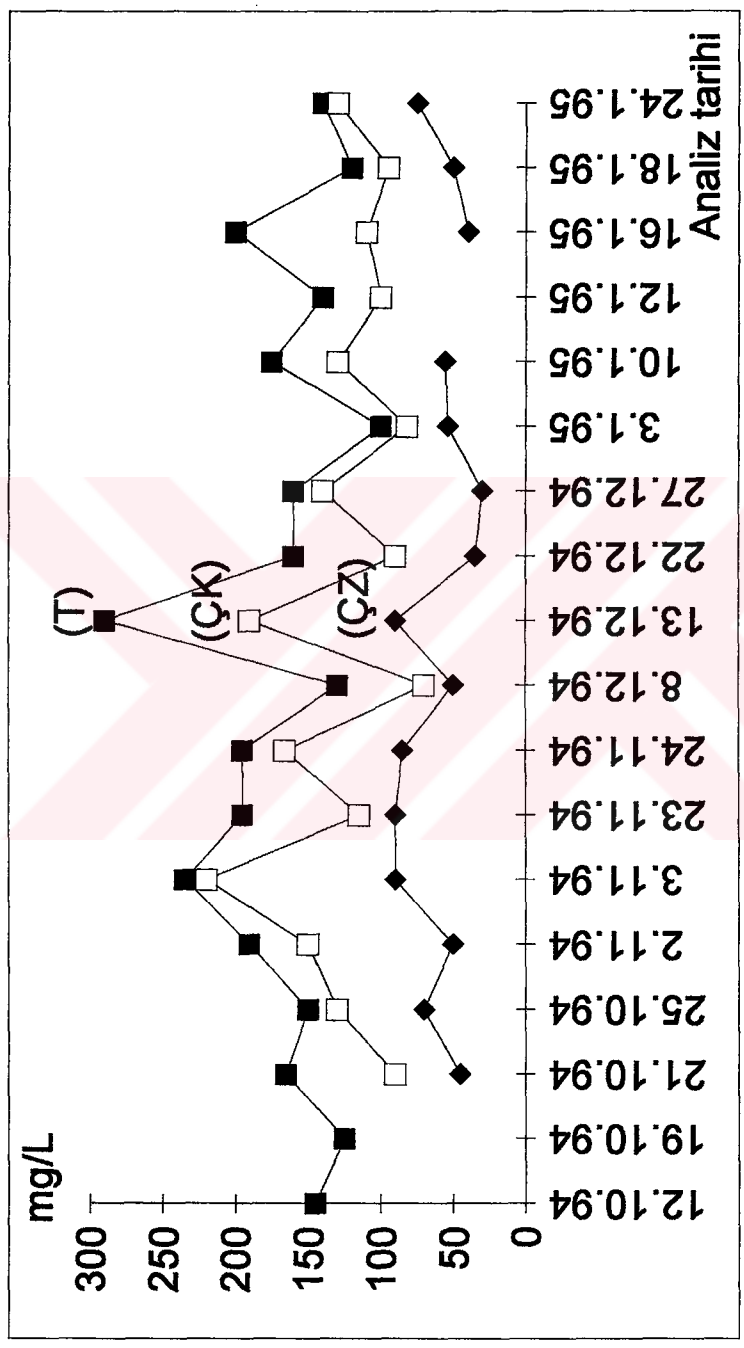
Diğer yandan BOİ-5/KOİ oranının 1991'de ortalama değeri 0,41 iken 1995 yılının verilerinde ortalama 0,36'ya düştüğü görülmektedir. Bu değer Yenikapı ön Arıtma tesisine halen endüstriyel deşarj olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.7 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Deşarjı Analiz Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirilmesi

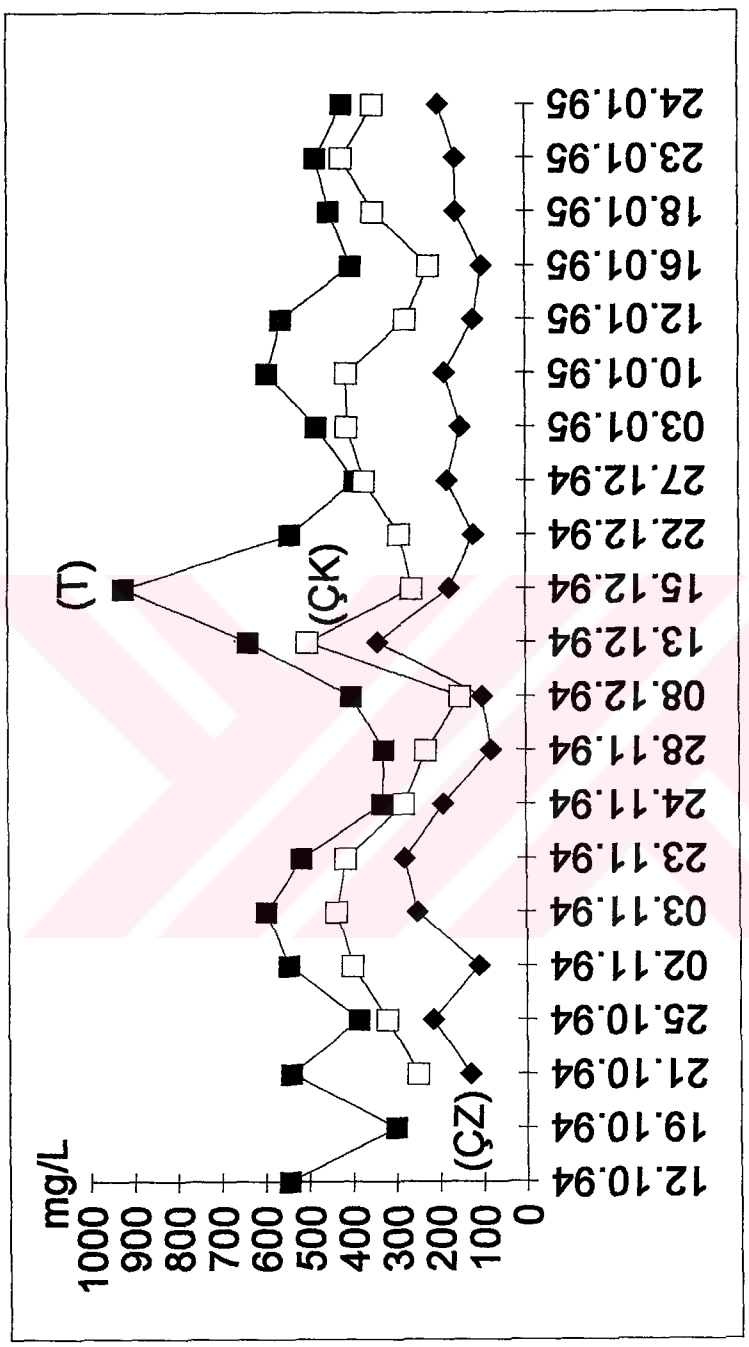
	TOPLAM				ÇÖKELMİŞ				ÇÖZÜNMÜŞ			
PARAMETRE	MİN.	MAX.	ARİT.ORT	STAN.SAPMA.	MİN.	MAX.	ARİT.ORT	STAN.SAPMA.	MİN.	MAX.	ARİT.ORT	STAN.SAPMA.
BOİ-5	100	290	167,5	50	70	220	125,5	42,5	30	90	60,67	22,5
KOİ	300	635	471,25	125	150	500	333,42	125	80	340	170,79	70
AKM	110	664	308,26	160	60	400	155,28	62,5	-	-	-	-
TKN	28	72	51,9	17,5	24	61	47,64	17,5	20	53	41,53	16
TOP-P	2,75	6,79	5,23	2,1	2,8	6,29	4,8	2,1	1,3	6,05	4,23	1,75
BOİ-5/KOİ	0,21	0,59	0,36	0,165	0,2	0,59	0,38	0,145	0,17	0,5	0,35	0,14
BOİ-5/TKN	2,5	5,26	3,42	1	1,73	3,82	2,72	0,825	0,59	3,04	1,6	0,6
KOİ/TKN	5,69	17,14	9,91	1,9	3,85	17,08	7,3	2,35	1,78	9,35	4,33	1,8

Tablo 3.8 Yenikapı ön arıtma tesisi deşarj karekterizasyonunun 1991 yılı verileri ile karşılaştırılması

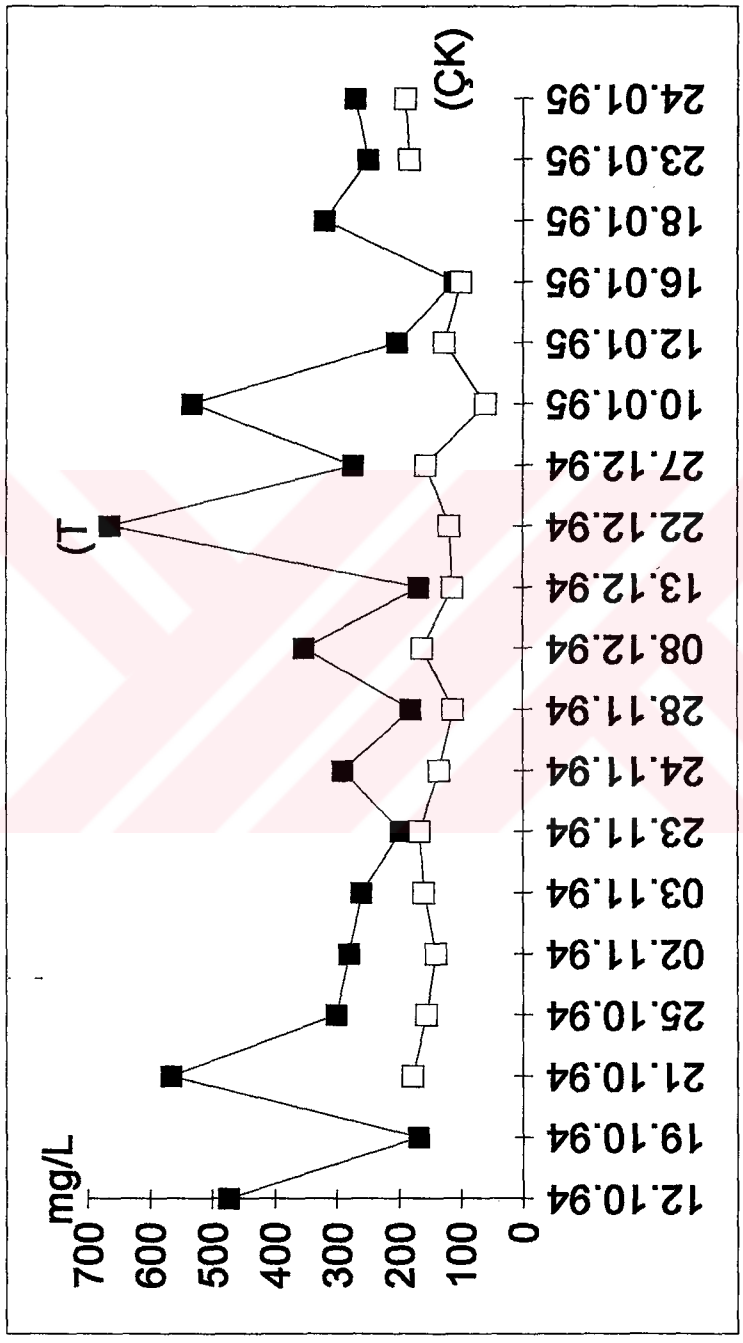
	TOPLAM						ÇÖKELMİŞ						ÇÖZÜNMÜŞ					
	1991			1995			1991			1995			1991			1995		
PARAMETRE	MİN.	MAX.	ORT.	MİN.	MAX.	ORT.	MİN.	MAX.	ORT.	MİN.	MAX.	ORT.	MİN.	MAX.	ORT.	MİN.	MAX.	ORT.
BOİ-5	110	425	300	100	290	167,5	80	320	230	70	220	125,5	60	260	165	30	90	60,67
KOİ	280	1480	680	300	635	471,25	190	960	400	150	500	333,42	115	530	250	80	340	170,79
AKM	116	2160	480	110	664	308,26	60	415	205	60	400	155,28	-	-	-	-	-	-
TOP-N	27	92	66	28	72	51,9	19	75,6	56	24	61	47,84	6	61,6	45	20	53	41,53
TOP-P	3,6	13	7	2,75	6,79	5,23	1,1	12	5,5	2,6	6,29	4,8	0,7	7,6	3,7	1,3	6,05	4,23
BOİ-5/KOİ	0,16	0,7	0,41	0,21	0,59	0,36	0,31	0,68	0,44	0,2	0,59	0,38	0,21	0,81	0,55	0,17	0,5	0,35
BOİ5/TOP-N	3,38	5,56	4,5	2,5	5,26	3,42	2,33	5,18	4,1	1,73	3,82	2,72	2,98	21,67	3,7	0,59	3,04	1,6
KOİ/TOP-N	6,85	21	10,5	5,69	17,14	9,91	5,88	13,7	7,8	3,85	17,08	7,3	3,84	26,6	5,8	1,78	9,35	4,33



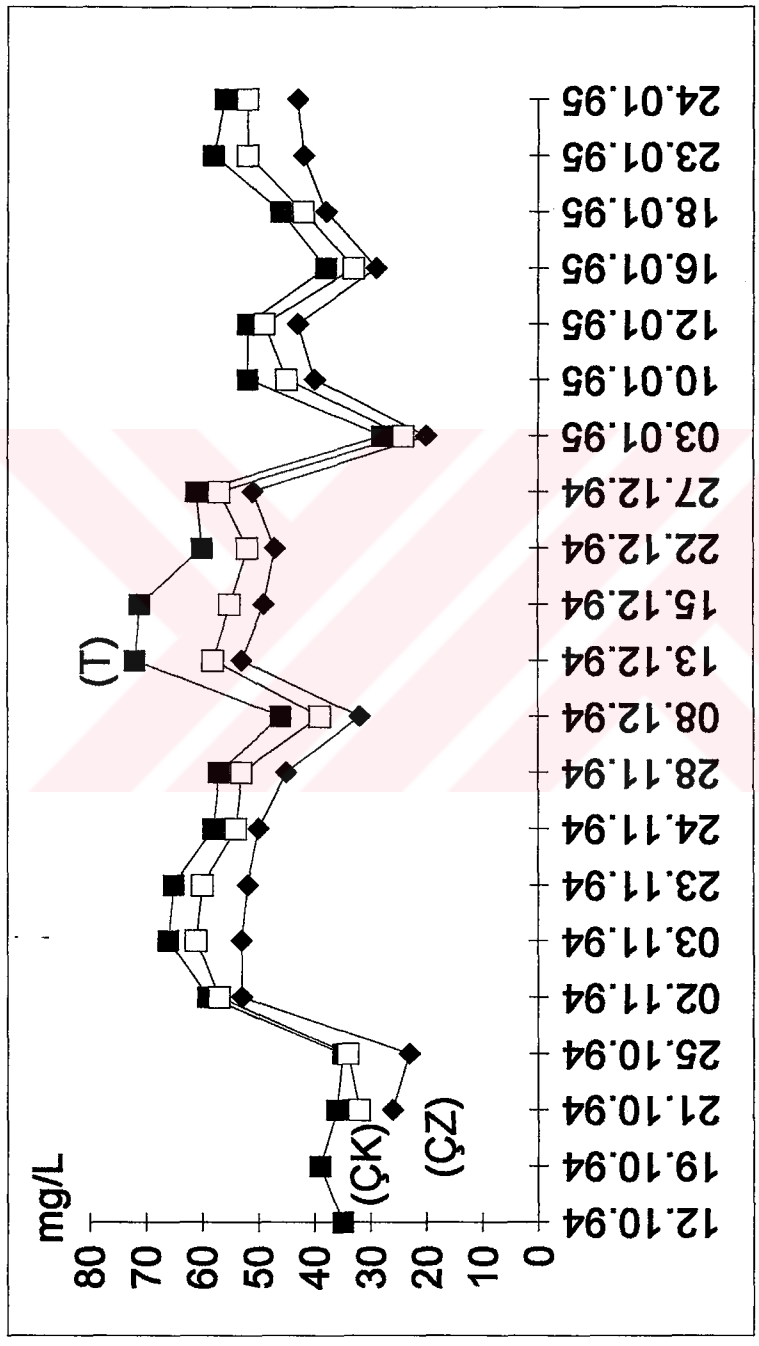
Şekil 3.1 BOİ-5 Parametresinin partikül boyutlarına göre değişimi



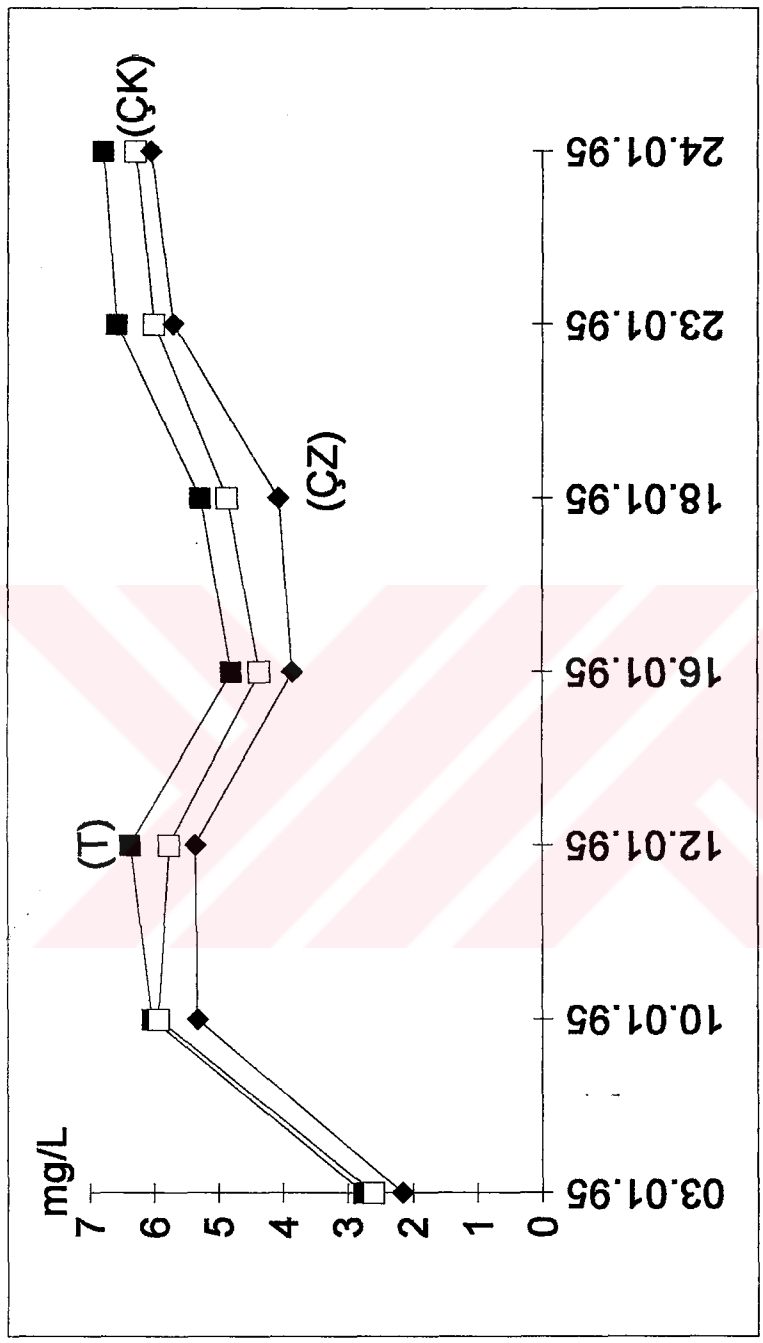
Şekil 3.2 KOİ parametresinin partikül boyutlarına göre değişimi



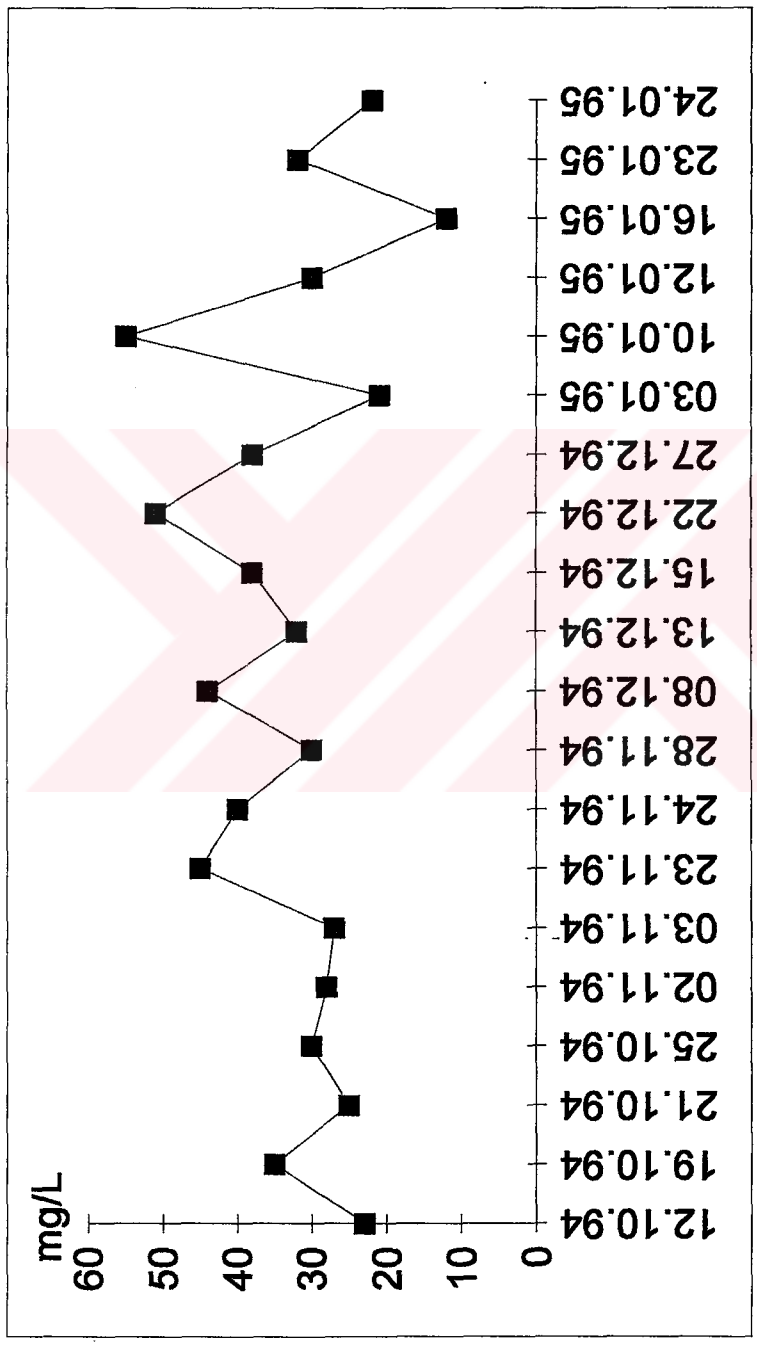
Şekil 3.3 AKM Parametresinin partikül boyutlarına göre değişimi



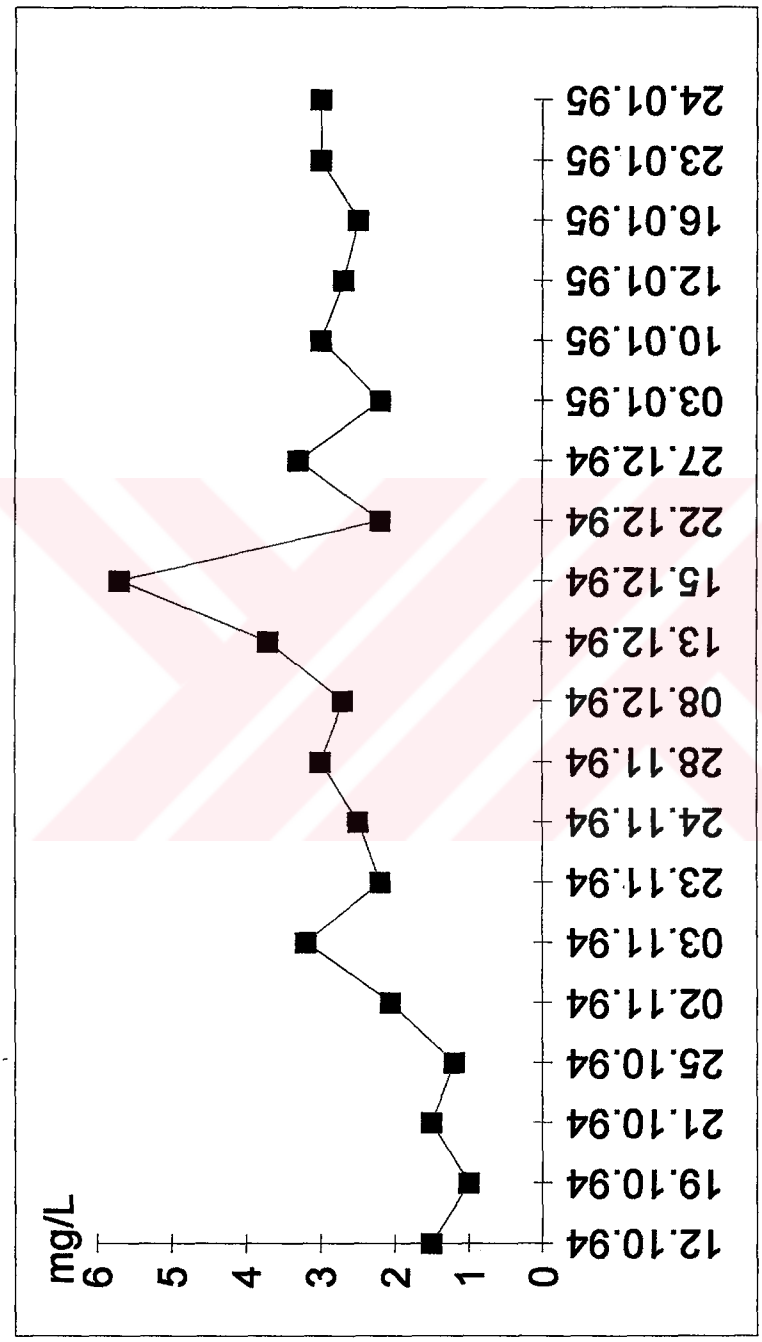
Şekil 3.4 TKN Parametresinin partiül boyutlarına göre değişimi



Şekil 3.5 Top-P parametresinin partiül boyutlarına göre değişimi



Şekil 3.6 Yağ-gres parametresinin zamanla değişimi



Şekil 3.7 Anyonik Aktif Madde parametresinin zamanla değişimi

BÖLÜM 4 KİMYASAL ARITMA PRENSİPLERİ

4.1 Kimyasal Çöktürme

Atıksu arıtımında kimyasal çöktürme; sedimantasyonla çöktürme işlemine bir alternatif olarak kimyasal ilavesiyle askıda ve çözünmüş olarak bulunan katı maddelerin çöktürülmesi için kullanılır.

Kimyasal prosesler çeşitli fiziksel operasyonlarla birlikte arıtılmamış suyun, azot, fosfor yada herikisinin birden giderilmesi için ikinci arıtma olarak geliştirilebilir. Ayrıca biyolojik arıtmaya ilave olarak fosforun kimyasal yoldan çöktürülmesi şekilinde giderilmesi için kullanılabilir. [2]

4.2 Arıtma Tesisi Performansının Kimyasal Çöktürme İle Arttırılması

Geçmişte kimyasal çöktürme ;
1- Atıksu karekteri mevsimsel değişiklik gösteren yerlerde,
2- Ara arıtma gereken yerlerde,
3- Çöktürme prosesine yardımcı olarak ,
askıda katı madde ve $BOİ_5$ giderim verimini arttırmak için kullanılırdı.

1970'lerden sonra organik bileşikler ve nutrientlerin daha fazla giderimi gerekince kimyasal çöktürme gündeme geldi.

Çöktürme işleminde kullanılan maddelerin listesi Tablo 4.1'de verilmektedir. Kimyasal çöktürme ile %80-90 AKM,

%40-70 $BOİ_5$, %30-60 KOİ ve %80-90 oranında bakteri giderilebilir.[2]

Tablo 4.1 Atıksu arıtımında kullanılan kimyasallar

Kimyasal	Formül	Moleküler ağırlık
Alum	$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ $Al_2(SO_4)_3.14\ H_2O$	666,7 594,3
Demir(3)Klorür	$FeCl_3$	162,1
Demir(3)Sülfat	$Fe_2(SO_4)_3$ $Fe_2(SO_4)_3\ .3H_2O$	400 454
Demir(2)sülfat	$FeSO_4.7H_2O$	278,0
Kireç	$Ca(OH)_2$	56 CaO olarak

4.3 Koagülasyonun Tanımı

Kum ve silt gibi kaba bileşenler sedimantasyon ile sudan kolayca ayrılabilirler. Daha ince partiküller ise daha büyük partiküller halinde yumaklaştırılmazsa makul bir süre içinde çökemezler. Dolayısıyla sudaki katıların giderme işlemi daneciklerin yoğunluk ve büyüklüğünün bir fonksiyonudur. Danecik büyüklüğünün önemi tablo 4-2'de görülmektedir. [3]

Tablo 4.2 Danecik büyüklüğünün çökme süresine etkisi

Danecik çapı,mm	Türü	Çökmesi için gerekli süre
10	Çakıl	0.3 sn.
1	Kaba kum	3 sn.
0.1	İnce kum	38 sn.
0.01	Silt	33 dk.
0.001	Bakteri	55 sa.
0.0001	Kolloidal dane	230 gün
0.00001	" "	6,3 yıl
0.000001	" "	63 yıl min.

4.4 Koagülasyonun adımları

Koagülasyon çeşitli reaksiyon adımlarından oluşan bir süreçtir. [3]

1. Metal iyonlarının hidrolizi ve sonuç olarak, çok çekirdekli hidroliz olmuş türlerin polimerizasyonu.
2. Kolloidlerin destabilzasyonu ile hidroliz türlerinin , danecikleri adsorpsiyonu.
3. Kararlı olmayan partiküllerin partiküller arası köprü kurarak çökelmesi.
4. Kararlığı bozulmuş partiküllerin diğer partiküller tarafından taşınması ve van der Waals kuvvetinin etkisiyle çökelme.
5. Flokların olgunlaşması
6. Metal Hidroksidin çökelmesi.

4.5 Koagülasyonu Etkileyen Faktörler

1. Koagülan dozajı,
2. pH,
3. Kolloid konsantrasyonu,bulanıklık,
4. Toplam organik karbon ve çözünmüş organik karbon veya renk,
5. Çözeltideki anyon ve katyonlar,
6. Karıştırma,
7. Zeta potansiyeli,
8. Sıcaklık. [4]

4.6 Atıksudaki Partiküllerin Doğası ve Zeta Potansiyeli

Sıvılarda genel olarak katı daneciklerin iki tip dağılımı vardır. Sulu çözelti halindeyken hidrofobik veya su sevmez ve hidrofilik veya su sever danecikler.Bu; daneciklerin yüzeyinin su için cazibesi temeline dayanır.

Hidrofobik danecikler su için daha az caziptir, hidrofilik danecikler ise oldukça caziptir. Bazı su molekülleri genellikle hidrofobik yüzeyleri adsorbe eder fakat su ve hidrofilik kolloidler arasındaki reaksiyonler çok daha fazladır. [2,4]

Yüzey yükü : Kolloidlerin kararlılığında önemli bir faktör yüzey yüklerinin varlığıdır. Yüzey yükleri kolloidin içinde bulunduğu ortamın (atıksu gibi) kimyasal bileşimine bağlı olarak farklı şekillerde gelişirler. Nasıl gelişirse gelişsin yeterli miktarda danecik çökelmesi sağlayabilmek için bu kararlılık bozulmalıdır.

Yüzey yükü daha çok tercihli adsorpsiyon, iyonizasyon ve izomorf yer değişimi ile gelişir. Örneğin; suda dağılmış yağ damlaları, gaz baloncukları veya diğer kimyasal inert maddeler anyonların tercihli adsorpsiyonu ile negatif yükle yüklenirler. Proteinler ve mikroorganizmalar gibi maddeler karboksil ve amino gruplarının iyonizasyonu ile yüzey yüküne sahip olurlar. Bunlar; yüksek pH'ta $R_{NH2}COO^-$, düşük pH'ta $R_{NH3+}COOH$ ve nötr pH'ta $R_{NH2+}COO^-$ olarak gösterilirler. R katı hacmi gösterir.

İzomorf yer değiştirme ile yüzeysel yüklenme ise, diğer toprak daneciklerinin kafes yapılı iyonlarının çözeltidaki iyonlarla yer değiştirmeleri ile olur. (Silisyumun Alüminyum ile yer değiştirmesi gibi.)

Kolloid veya partikülün yüzeyi yüklendiğinde, zıt yükteki bazı iyonlar yüzeye yapışırlar. Onları bir arada tutan ısı dalganışlarından çok elektrostatik ve van der Waals kuvvetlerinin varlığıdır. İyonları çevreleyen bu sabit kabuk, ısı dalgalanmalarıyla oluşmuş sık iki tabaka şeklindeki yayılma tabakasıdır.

Eğer bir danecik bir elektrolitin içine yerleştirilirse ve çözeltiye elektrik akımı verilirse, danecik yüzey

yüküne bağlı olarak , bir elektron bulutuyla birlikte sürüklenir ve bir elektrodtan diğerine gider gelir.

Bazen atıksu arıtma işlemlerinde bulutun yüzeyindeki potansiyel ölçülür. Bu ölçülen değere Zeta Potansiyeli denir. Her ne kadar teorik olarak daneciğin yüzeyindeki iyonların oluşturduğu sabit tabakanın potansiyelinin ölçümü ise de, zeta potansiyeli ölçümü son derece az yapılan bir işlemdir. Çünkü çözeltinin bileşimine göre farklılık gösterir ve bundan dolayı tekrarlanabilir bir ölçüm değildir. Doğal sudaki daneciklerin zeta potansiyeli 20-40 mV arasındadır.

Danecik Birleşimi : Daneciklerin birleşmesini sağlamak danecik yükünün azaltılmasına veya yükün etkisinin aşılmasını gerektiren bir adımdır. Yükün etkisinin azaltılması için;

1. Yüzey yükünü azaltmak üzere yüzeydeki kolloidlerle reaksiyona giren iyonların ilavesi ile zeta potansiyelinin azaltılması,
2. Bir ucu iyonlaşabilen uzun molekül yapılı organiklerin (polielktrolitlerin)ilavesi ile danecikler arası köprü kurmak suretiyle adsorbe edilmesi,
3. Metal iyonlarını hidroliz etmek üzere kimyasal ilavesiyle olur.

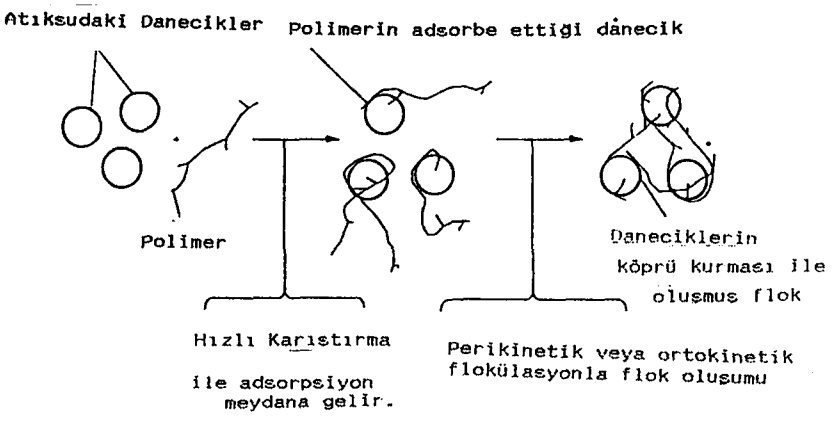
Koagülasyonu arttırmak için potansiyel azaltıcı iyonların ilavesinde; kuvvetli asit veya bazların ilavesiyle metal oksitlerinin yükünün azaltılması veya sıfıra yakın hidroksitlerle koagülasyon yapılması gösterilebilir. Ayrıca kolloidal süspansiyonların koagülasyonu için elektrolitler ilave edilebilir. Verilen elektrolitin konsantrasyonundaki artış zeta potansiyelinin azalmasına, dolayısıyla da etkileşim kuvvetlerinin azalmasına sebep olurlar. Benzer etki elektrolit yükünün arttırlmasıyla da olur.

Polielektrolitler doğal ve sentetik olmak üzere ikiye ayrılır. Biyolojik orjinli polimerlerden oluşan doğal polielektrolitler; nişasta üretiminde, selüloz türevlerinden ve alginatlardan türetilirler. Sentetik polielektrolitler basit monomerler içeren yüksek molekül ağırlıklı polimerize olmuş maddelerdir. Sudaki yüklerine bağlı olarak negatif, pozitif, nötral polielektrolitler sırasıyla anyonik, katyonik ve noniyonik olarak adlandırılırlar.

Polielektrolitler davranışlarına göre de 3 gruba ayrılırlar. İlk kategorideki polielktrolitler koagülan gibi hareket eder ve atıksudaki partiküllerin yükünü azaltırlar. Atıksudaki danecikler genelikle negatif yüklü olduğundan katyonik polielektrolitler kullanılır.

İkinci kategorideki polielektrolitler partiküller arası köprü kurarlar. (Şekil4.1)burada anyonik ve noniyonik polielektrolitler (genellikle anyonik) yüzeylerinde çok sayıda daneciği adsorbe ederek çökeltirler. Bir köprü 2 veya daha fazla danecik polimerin uzunluğu boyunca adsorbe edildiğinde oluşur.
Köprü ile birleşmiş danecikler flokülasyon sırasında diğer köprülerle bağlanırlar. Böylece sedimentasyonla kolayca giderilirler.

3. tip polielktrolitlerin (ki bunlar oldukça yüksek molekül ağırlığına sahip katyonik poliektrolitlerdir.) davranışı bir koagülasyon ve köprü oluşturma olarak tanımlanabilir. Bir yandan partikülün yüzey yükünü azaltırken diğer taraftan da köprü kurarlar.



Şekil 4.1 Flok oluşumu

4.7 İlk Karıştırma ve Koagülasyon Mekanizması

Demir(3) ve alüminyum tuzları ile koagülasyonda öncelikle 2 mekanizma gerçekleşir. [4]

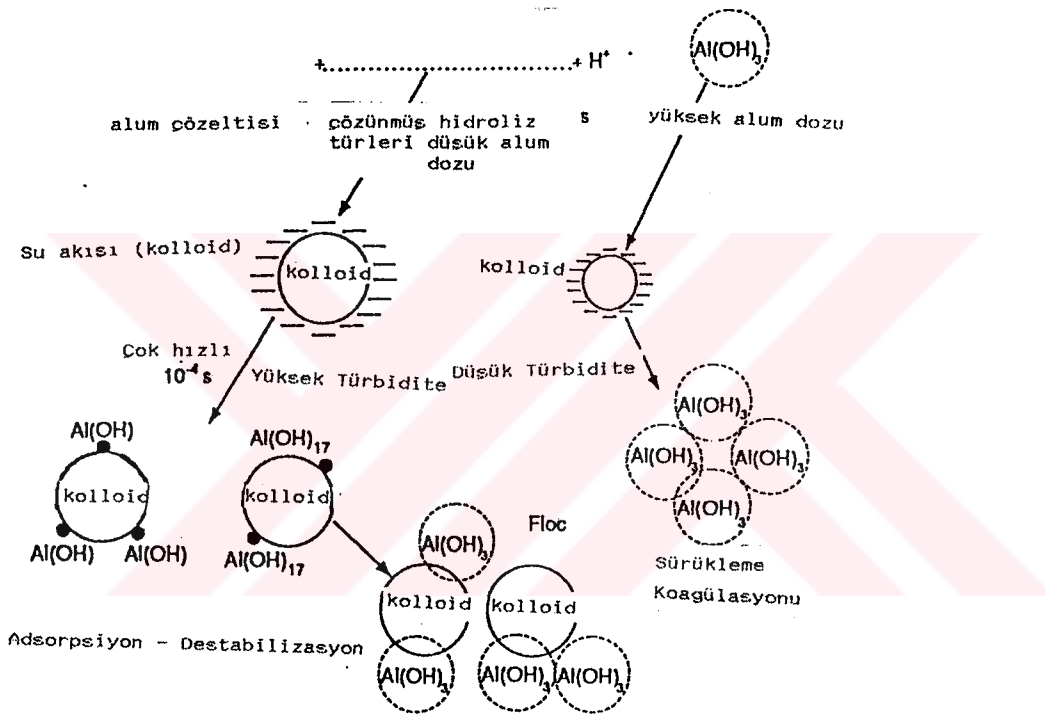
1. Yük nötralizasyonu sebebiyle hidroliz türlerinin kolloid üzerinde adsorpsiyonu,
2. Süreklenme koagülasyonu.

Şekil 4.2'de alum için mekanizmanın bir örneği görülmektedir Alum ile yük nötralizasyonu reaksiyonları alüminyum (3)'ün hidroliz polimerleri oluşmadığı taktirde mikro saniyeler gibi oldukça hızlı sürelerde meydana gelir. Polimer oluşumu ise 1 saniye içinde olur. 1-7 saniye gibi bir süre içinde meydana gelen sürüklenme koagülasyonundan önce alüminyum hidroksidin çökelmesi daha yavaş olur. Her iki mod karşılaştırıldığında yük nötralizasyonu koagülanın sıvı içinde hızla(0.1 saniyeden daha az) yayılması ve buna bağlı olarak hidroliz ürünlerinin 0.01 ile 1 saniye içinde gelişerek kolloidin kararlılığını bozması gerekir. Tersine sürüklenme koagülasyonu 1-7 saninye arasında meydana gelir ve yük nötralizasyonundaki gibi çok kısa bir yayılma süresi ve yüksek hızla karıştırmaya gereksinimi yoktur. Son

araştırmalarda ilk karıştırmanın kogülasyon mekanizması üzerindeki en etkili bölüm olduğu ortaya çıkmıştır.

$$Al_2(SO_4)14.3H_2O \xrightarrow[(10^{-4}sn)]{\text{hızlı}} Al(H_2O)_6^{3+} + SO_4^{2-} + H_2O \xrightarrow[(1\text{-}7\ sn.)]{\text{hızlı-yavaş}}$$

$$Al(OH)^{2+} + Al(OH)_2^{+} + Al_7(OH)_{17}^{4+} \longrightarrow Al(OH)_3(s)$$



Şekil 4.2 Koagülasyonun reaksiyon şeması

4.8 Koagülanların Tanıtımı

4.8.1 Alüminyum tuzları

Alum ile normal içerikli bir atıksuyun arasındaki reaksiyonlar birçok faktörün etkisi altındadır. Dolayısıyla alumun ne kadarının alkalinite,kireç ve soda ile reaksiyona gireceğini tahmin etmek imkansızdır.

Teorik reaksiyonlar yazılabilir ama optimum dozaj için mutlaka jar test yapılmalıdır.

$Al_2(SO_4)_3 <===> 2Al^{+3} + 3(SO_4)^{=}$

Hidroksil iyonları suyun iyonizasyonu ile ortaya çıkar.

$H_2O <===> H^+ + OH^{=}$

Al iyonları hidroksil iyonları ile reaksiyona girer.

$2Al^{+3} + 6\ OH^- <===> 2Al(OH)_3$

Hidroksil iyonlarının tüketilmesi alkalinitenin azalmasına sebep olur. Atıksuyun alkalinitesi yeterli değilse kireç veya soda ilavesi gerekir. Alum'un alkali bileşiklerle reaksiyonları aşağıdaki gibidir.

$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 ---> 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$

$Al_2(SO_4)_3 + 3Na\ CO\ + 3H\ O ---> 2Al(OH)_3 + {}_3CO_2 + 3Na_2SO_4$

$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 ---> 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4$

1 mg/L alum
0.5 mg/L alkalinite ($CaCO_3$) ile
0.39 mg/L %95'lik $Ca(OH)_2$ ile
0.54 mg/L Na_2CO_3 ile reaksiyona girer.
Bu yaklaşık miktarlardaki alkalinitenin suya ilave edilmesi gerekir. Örneğin atıksuya ilave edilen 1mg/L alum 0.5 mg/L $CaCO_3$ alkalinitesini tüketir. Ama suya 0.39 mg/L $Ca(OH)_2$ ilave edilirse alkalinite değişmez.

1mg/L Alum sudaki sülfat miktarını yaklaşık 0.49 mg/L ve CO_2 miktarını 0.44 mg/L arttırır.

Alüminyumhidroksitin çözünürlüğü $10^{-33,5}$'tur. pH>8 olduğunda çözünür türdeki monomeric anyon $Al(OH)_4^-$ dir.

pH<6 olduğunda ise çözünür türler Al^{+3} ve $AL(OH)^{+2}$ gibi katyonik monomerlerdir. Alüminyum hidroksit pH=6.2'de en az çözünür. [5,4]

4.8.2 Demir tuzları

Demir(3) alüminyumdan daha güçlü bir asittir ve daha az çözünür.

Demir tuzları asidik tuzlardır ve hidroksil olarak çökelme sırasında sudaki alkalinite ile reaksiyona girerler. Uygulamada demir sülfat ve demir klorür olarak kullanılırlar. Demir sulfat ($FeSO_4$) anhidrit granüler bir madde olup kolay çözünür. $FeCl_3$ anhidrit halde sıve ve kristal olarak uygulanabilir. Çok korozif olduğundan cam veya lastik tanklarda tutulmalıdır.

Demir sülfatın reaksiyonları aşağıdaki gibidir.

$$Fe_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \text{ ---> } 2Fe(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \text{ ---> } 2Fe(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 3CO_2$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \text{ ---> } 2Fe(OH)_3 + 3CaSO_4$$

1 mg/L $Fe_2(SO_4)_3.7H_2O$
0.57 mg/L $CaCO_3$ alkalinitesi,
0.44 mg/L % 95'lik $Ca(OH)_2$
0.62 mg/L Na_2CO_3 ile reaksiyona girer.

1 mg/L anhidrit $FeCl_3$
0.92 mg/L $CaCO_3$ alkalinitesi,
0.72 mg/L $Ca(OH)_2$,
1 mg/L Na_2CO_3 tüketir.

Demir tuzları sudaki alkalinite ile reaksiyona girer yani $Fe(OH)_2$'ün çökelebilmesi için suya alkali madde ilavesi gerekir. $Fe(OH)_2$ sudaki oksijenle $Fe(OH)_3$'e yükseltgenir.

$FeSO_4$'ün reaksiyonları :

$FeSO_4 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Fe(OH)_2 + CaSO_4 + 2CO_2$

$FeSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_2 + CaSO_4$

$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2 \rightarrow Fe(OH)_3$

Demir hidroksitin çözünürlüğü $10^{-41.7}$'dir. Yüksek pH'ta (pH>10) monomerik anyonlar olan $Fe(OH)_4^-$ çözünür tür olarak bulunur. pH<6'da ise Fe^{+3} ve $Fe(OH)_2^+$ gibi katyonik monomerler çözünür türdür. Fe(3) çözünürlüğünün en düşük olduğu pH=8 civarıdır.

$Fe(OH)_2$,$Fe(OH)_3$'ten daha çok çözünür bu yüzden yüksek miktarda bakiye demirden kaçınmak gerekir. Demir(2) ile yapılacak flokülasyonda 1 mg demire karşılık 1-2 mg kireç veya kostik soda ilavesi flok oluşumuna yardım eder. Ayrıca berrak bir deşarj için polimerler de kullanılabilir. [5,4]

4.8.3 Kireç

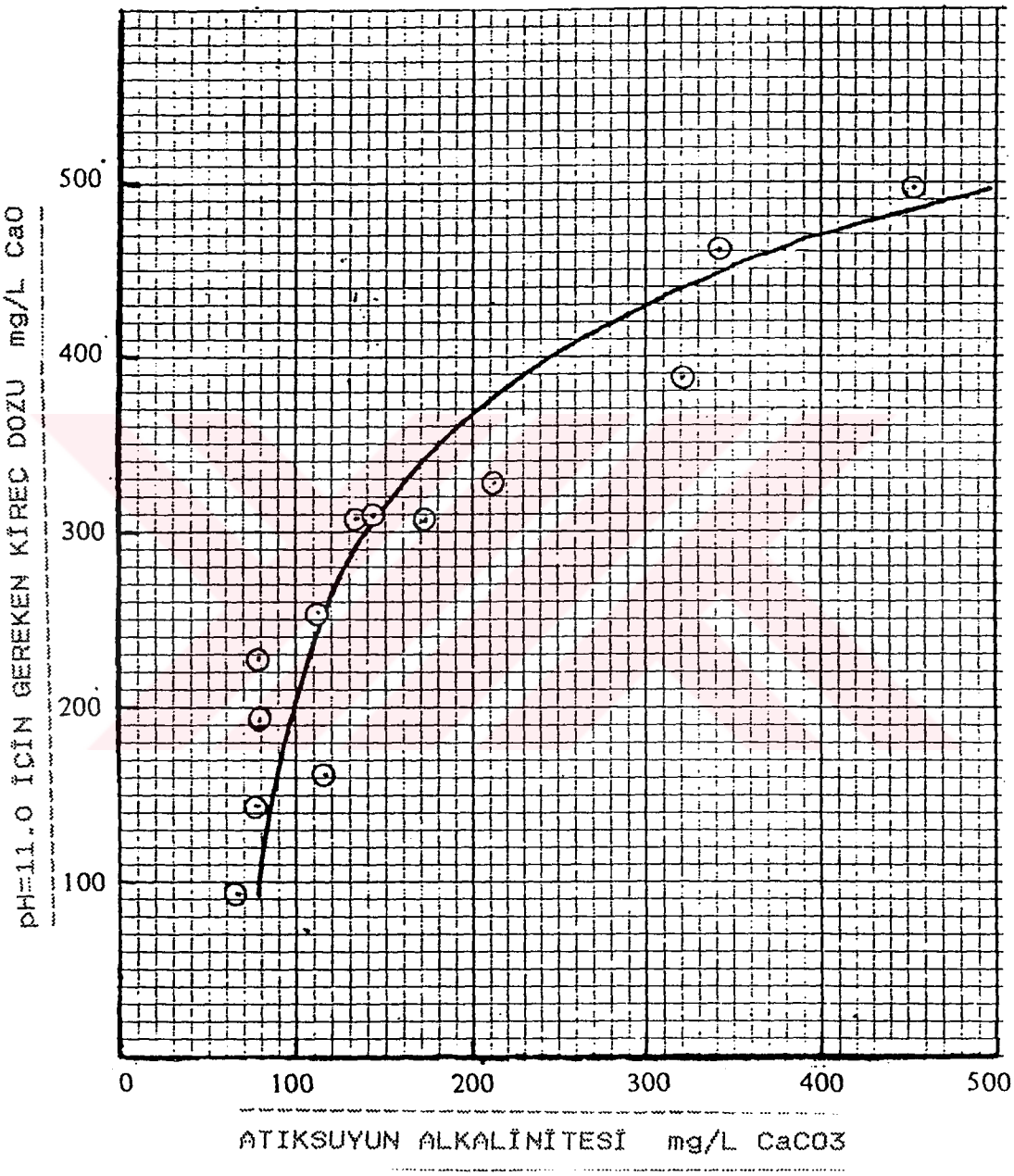
Kireç hidroliz olan koagülanlardan farklıdır. Atıksuya ilave edildiğinde pH artar ve karbonat alkalinitesi ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat halinde çöker. Eğer yüksek pH'ta yeterli miktardan fazla ilave edilirse , yaklaşık pH=10.5'ta magnezyum hidroksit te çöker. $Mg(OH)_2$'nin koagülan özelliği yüzünden berraklık meydana gelir. Aşırı Ca iyonları yüksek pH'larda Na_2CO_3 ilavesiyle çöktürülebilir.

$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$

$2Ca(OH)_2 + Mg(HCO_3)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O$

$Ca(OH)_2 + Na_2CO3 \rightarrow CaCO_3 + 2NaOH$

Bir atıksuyun kireç ihtiyacı çözeltinin tampon kapasitesinin veya alkalinitesinin bir fonksiyonudur. Şekil 4.3 bu ilişkiyi gösterir. [5,4]



Şekil 4.3 Kireç gereksinimi pH>11 için atıksu alkalinitesinin bir fonksiyonudur.

4.8.4 Polimerik İnorganik Koagülanlar

Su arıtımında son gelişmelerle Fe(III) ve Al'un polimerik türevleri koagülan olarak kullanılmaya başlanmıştır. [4]

Polimerik demir türevlerinin hazırlanması, konsantre Fe(III) tuzu çözeltilerinin baz ilavesiyle nötralizasyonu işlemine dayanır. Vander Wonde ve Bruyn'ın çalışmasından uyarlanan tipik bir nötralizasyon işlemi Şekil 4.4'te görülmektedir. Grafikte çözelti pH'ı ilave edilen bazın bir fonksiyonu olarak çizilmiştir. r, her Fe(III) atomu başına ilave edilen OH ligantının sayısıdır. Bazın ilavesiyle r artar ama pH sürekli artmaz. Burada $6,25 \times 10^{-2}$ M $Fe(NO_3)_2$ içeren çözelti NaOH ile titre edilmiştir. Başlangıç pH'ı 0,7'dir ve doygunluk noktasının biraz üstünde çökelmeye meyilli durumdadır. Fe(III) çözeltisi suya demir tuzu ilavesiyle aşırı doygun şekilde hazırlanır. Yeterli miktarda asit ilavesi çözeltiyi termodinamik olarak kararlı hale getirir. Titrasyon 4 bölgeye ayrılabilir.

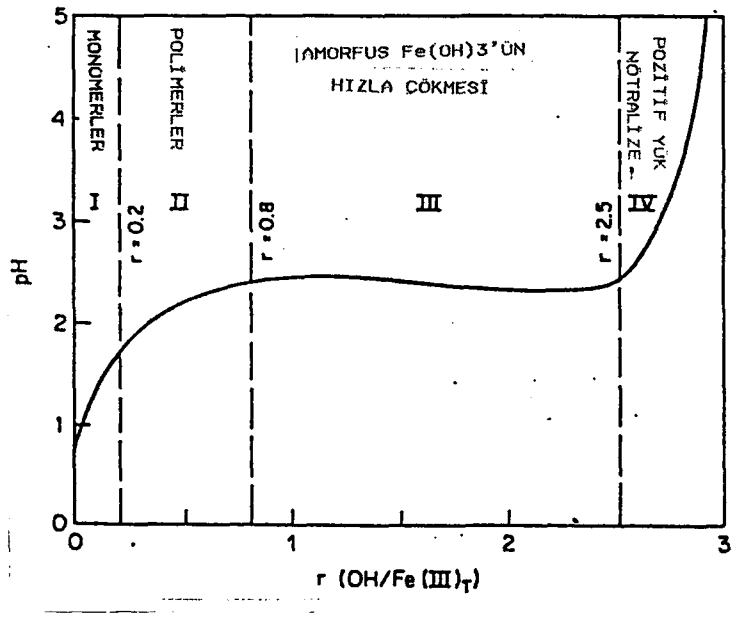
1. bölgede $0 \leq r \leq 0,2$

Fe(III) türleri, Fe^{+3}, $FE(OH)^{+2}$, $Fe(OH)^{+}$, $Fe_2(OH)_2^{+4}$ tür. Her nekadar r arttıkça aşırı doygunluğu artan çözelti çöeklmeye meyilli hale gelirse de çökelme gözlenmez. Baz ilavesi durdurulursa çözelti bileşimi (pH dahil) zamanla değişmez.

2. bölgede $0 < r \leq 0,8$

3. " $0,8 < r \leq 2,5$

4. " $2,5 \leq r$



Şekil 4.4 $Fe(NO_3)_3$ çözeltisinin tipik baz titrasyonu.

Kısmen nötralize edilmiş alüminyum tuzları su arıtımında başarıyla kullanılır. Kısmen nötralize edilmiş alüminyum klorür çözeltileri kirleticilerin koagülayonunda etkili sonuçlar verirler. Polialüminyum klorür (PaCl) Japonya'da geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Ayrıca Almanya ve Fransa'da da yüzeysel suların arıtımında kullanılmaktadır. Polialüminyum hidroksi klorür çözeltileri de su ve atıksu arıtımında başarıyla uygulanmaktadır.

4.8.5 Organik Polimerler

Bir polimerin monomerlerinden biri iyonize olabilen bir grup içeriyorsa bu polimere polielektrolit denir. İyonize olabilen grubun türüne göre polielektrolit; anyonik,katyonik veya amfolitik(hem pozitif hem negatif grup içeren proteinler gibi) olarak adlandırılır.

Sudaki iyonların çoğu negatif yüklüdür ve aralarındaki elektrostatik etkileşim çözeltinin iyonik dengesine bağlıdır.

Su arıtımında en çok kullanılanlar katyonik polielektrolitlerdir. Katyonik polimerler dengede olmayan maddelerle köprü oluşturur,yük nötralizasyonu yapar veya her ikisini birden yaparlar. Katyonik polimerler negatif kolloidler tarafından adsorbe edilirler. Su arıtımında kullanılan katyonik polimerlerin çoğunun molekül ağırlığı bir milyondan düşüktür. Ayrıca pH, iyon dengesi,sertlik gibi çözelti özelliklerini diğer polimerlerden daha az etkilerler. [4]

4.9 Koagülanların Karşılaştırılması

4.9.1 Koagülanların genel karşılaştırılması

Atıksu arıtımında kullanılan koagülanların avantaj ve dezavantajları Tablo 4.3'te verilmiştir. [3]

4.9.2.Polialüminyum ile basit alüminyum tuzlarının karşılaştırılması

Alüminyum sülfat suya ilave edildiğinde pH'a bağlı olarak bir seri reaksiyon meydana gelir. Normal pH aralığında (6-10) Al, sudaki hidroksil alkalinitesi ile reaksiyona girer ve monomerik Al^{+3}, $Al(OH)^{+2}$,$Al(OH)_2^{+}$ ve $Al(OH)_4^{-}$ gibi ve daha kompleks polimerik $Al_2(OH)_2^{+4}$, $Al_3(OH)_4^{+5}$ ve $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{+7}$ gibi alüminyum türleri oluşur. Bunların en baskını $Al(OH)_3$'tür. Bu katyonik türlerin her biri bir koagülan olarak yük nötralizasyonu reaksiyonu ile çöker. Her ne kadar en etkili koagülasyon mekanizması $Al(OH)_3$ çökeleğinin yüzeyindeki yük nötralizasyonu ile aluma ait olsa da, çözünebilir polimerik türlerin yüksek yük etkileri, taze çökeleğin geniş yüzey alanı ve yüzey yükü etkisi koagülasyonda önemli rol oynarlar. Bu mekanizma nötür pH aralığında kısa ömürlü monomerik ve polimerik alüminyum türlerinin oluşumu ve $Al(OH)_3$'in hızlı kinetiği sonucunda meydana gelir. Bu ara ürünlerin yarı ömürleri

Tablo 4.3 Koagülanların avantaj ve dezavantajları

Koagülan	Avantaj	Dezavantaj
Alum	Uygulama ve depolama kolaylığı,en çok kullanılan koagülan, kireçten daha az çamur üretir, en etkin pH 6.8-7.5 arasında	Suya çözünmemiş tuz ilavesi,kısıtlı pH aralığında etkin.
$FeCl_3$	pH 4-11 arasında etkili, çamur susuzlaştırıması daha kolay.	Suya çözünmemiş tuz ilavesi
$Fe_2(SO_4)_3$	pH 8.8-9.2 arası etkili.	Suya çözünmemiş tuz ilavesi,genelikle ilave alkanite gerekir.
Kireç	Çok kullanılır, çok etkilidir,çözünmemiş katı maddeyi arttırmaz, çamur susuzlaştırması kolaydır.	pH'a çok bağlıdır, çok çamur üretir, istenen kaliteye ulaşmak için yüksek dozda uygulama gerektirir.
Polimer	Küçük dozlarda kullanılır, taşıma ve depolamsı kolaydır.	Yetersiz dozlarda flok oluşumu az olur.
Poli alüminyum tuzları	Alkalinite gereksinimi az, geniş pH (5-10) aralığında etkili, çamur üretimi az,düşük sıcaklıklarda koagülasyon kabiliyeti, bakiye alüminyum miktarı düşük.	pahallı.

tipik bir koagülasyonla mukayese edildiğinde çok kısadır. Bu yüzden koagülasyona katılımları kısıtlıdır.

Flok oluşumunda sistemde köprü kuran bir anyon gibi hareket eden SO_4 iyonu da ilave olarak mekanizmayı arttırır. Sülfat ayrıca kristal oluşumunda çekirdek görevi üstlenerek flok oluşumu kinetiğini doğrudan etkiler.

Basit alüminyum ve demir tuzlarının çözeltilerinin özellikle sıcaklık, alkalinite ve karıştırma etkinliği gibi sistem koşullarından zarar görebilir olması; kararlı alüminyum hidroksit çökeleği oluşturma ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyacın cevabı olarak polialüminyu tipik bir koagülasyonla mukayese edildiğinde çok kısadır. Bu yüzden koagülasyona katılımları kısıtlıdır. m tuzu solüsyonları üretilmiştir.

Doğru sıcaklık, basınç,zaman gibi deneysel koşullar altında; alüminyumun asit tuzlarının ($AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$ veya bunların karışımı gibi) konsantre çözeltisine (NaOH, CaO, $CaCO_3$ vb.) baz ilavesi ile alüminyum hidroksit iyonlarının kararlı monomerik ve polimerik katyonik komplekslerini içeren bir çözeltisi elde edilmiştir. Genel formül aşağıdaki gibidir.

$$[Al_m(OH)_nL_q^{(3m-n-2q)}]\ [X^{-(3m-n-2q)}]$$

L, SO_4 gibi 2 değerlikli bir ligandı gösterir ki bu ligand 2 alüminyum atomu arasında köprü oluşturma kapasitesindedir.

X, Cl^- gibi basit bir karşı koyucu gösterir ki genellikle alüminyum komplekslerinde bulunmaz.

n/m oranı hidroliz numarasıdır ve 0 olduğunda minimumdur($AlCl_3$) ve 3 olduğunda maximumdur ($Al(OH)_3$).Ayrıca n/3m x 100 oranı basicity olarak adlandırılır ve 1 ile 100 arasında değişir.Ürünün basicity'si (alüminyum konsantrasyonu, sülfatın mevcudiyeti ve diğerleri) 3 faktörü ve ürünün etkinliğini gösterir. Örneğin %50 basicity'de olan ürün hamsu için etkili olan alüminyum hidroksil ürünlerini gösterir.

Polialüminyum tuzu çözeltilerinde alüminyum konsantrasyonu 1-4 M (27-108 gm Al/l) arasında değişir. Alüminyum bir Lewis asidi olduğu için böyle çözeltiler 3-12 M eşdeğerlikli proton asidi çözeltisi gibi düşünülebilir. Bundan dolayı yüksek dozda baz ilavesine rağmen alüminyum hidroksit çökmemektedir. Polialüminyum tuzu çözeltileri %83 bazik olmalarına karşılık pH 4'ten daha düşüktür.

Polimerik türler koagülasyonda $Al(OH)_3$'ten daha etkilidir. Özellikle sülfat ligandı içeren kompleksler diğerlerine göre daha kararlı olduklarından daha etkilidirler. Bu yapıyı $Al(OH)_3$ çökeleğine dönüştürmek zordur. Yük nötralizasyonu işleminde yeterli derecede uzun ömürlüdür. Bir yandan kolloidin yüzeyinde adsorbe olurken diğer yüzeylerle de köprü kurar ve hidroksit anyonu ile reaksiyona girerek çöker.

Monomerik türler nötral pH'da kısa ömürlüdür. Polialüminyum tuzları alüminyum sülfatın 1/5'i ile yarısı kadar dozajlarda uygulanır. [6]

4.10 Koagülasyon Diyagramları

Koagülasyon diyagramları koagülasyon sırasında oluşacak kimyasal şartları tahmin etmek açısından çok faydalı araçlardır. Bu diyagramlar;

1- bulanıklık giderme,

2- renk giderme ,

3- direk filtrasyon ve

4- hızlı karıştırma araçlarının seçiminde koagülan dozajı ve pH şartlarını tanımlamak için kullanılırlar. Genelleştirilmiş diyagramlar; kimyasal şartlarla farklı koagülasyon mekanizmalarını birleştirirler ve pilot çalışmalarla jar testlerin yorumlanmasında , analiz etme ve planlamada ayrıca önem taşırlar. [4]

4.10.1 Alum koagülasyon diyagramları :

Alum için çizilen diyagramlarda, $Al(OH)_3(s)$'in termodinamik denge diyagramının üzerine koagülasyon sırasında meydana gelen kimyasal şartlar yüklenir. Koagülasyon diyagramlarında 15-25°C tipik sıcaklıktır ve soğuk suda dikkat etmek gerekir. Diyagramın hazırlanmasında çeşitli araştırmacıların başlıca koagülasyon sonuçları litredeki Al mol miktarının logaritmasına karşılık çözeltinin pH'ı alınarak çizilmiştir ve termodinamik çözünürlük diyagramının üzerine yüklenmiştir.

Koagülasyon; çözünmüş hidroliz türlerinin ($AlOH^{+2}$ gibi) veya katı $AlOH_3$'in kolloidal partiküllerle bağlandığı zaman meydana gelir. Kolloid ile alüminyum hidroksit arasındaki birleşme ve zeta potansiyeli ile koagülasyon arasındaki ilişki şekil 4-6'da gösterilmiştir.

Alüminyum hidroksit için izoelektrik nokta çözeltideki iyonlara ve genellikle anyonlara bağlı olarak pH = 7-9 arasındadır. Şekil 4-6'daki verilere göre alüminyum hidroksit için izoelektrik noktanın pH=8 olduğu söylenebilir. Pozitif yüklü Alüminyum hidroksit ile negatif yüklü kolloidlerin birleşmesi sıfır zeta potansiyelin pH = 4,8 ve 6,8'deki iki noktasında meydana

gelir. En uygun koagülasyon bu iki pH'ta da beklenir. Bu iki değer arasında pozitif yüklü türlerin aşırı derecede adsorpsiyonuna bağlı olarak kolloidler tekrar kararlı hale gelirler. [4]

4.11 pH Kontrolü ve Alkalinite

Kireç reaksiyonlarında kritik faktör pH'dır. Etkili olan optimum pH Jar test ile bulunabilir.

Alum ve demir tuzları pH'a çok daha az duyarlıdır. Doğal alkaliniteye sahip bir suda optimum dozun tespiti için çalışma yapılması yeterlidir. Eğer ilave alkalinite gerekirse kireç veya soda ilavesiyle sağlanabilir. [7]

4.12 Flokülasyon Mekanizması

Koagülasyondan sonraki adım flokülasyondur. Bu adımda küçük danecikler fiziksel olarak daha büyük danecik veya floklar haline dönüşürler. Bu dönüşümde çökelme hızı daneciklerin çarpışma hızıyla ölçülür.

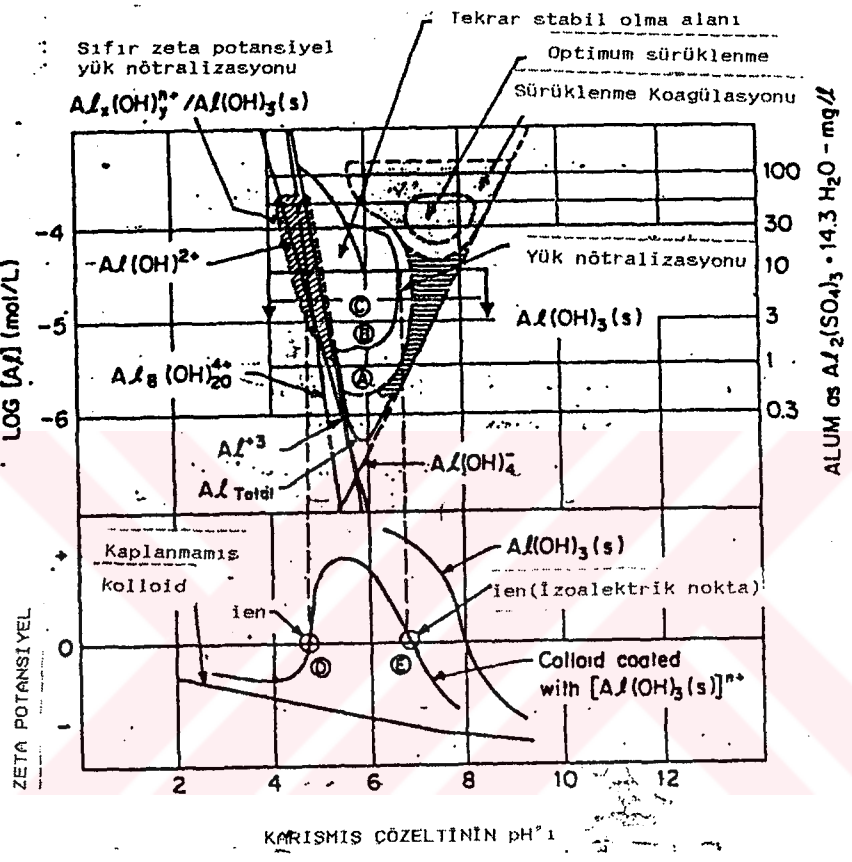
Flokülasyonda 2 ana mekanizma vardır.

1) Perikinesis: Akışkan moleküllerin rastgele termal hareketlerinin sonucu olan çökelmedir ki 1-2 µm'den daha lüçük partiküller için önemlidir.

2) Orthokinesis: Hız gradienti sebebiyle olur.

Orthokinesis asıl mekanizmadır. İlave olarak diferansiyel ve kararsız hızlar daneciklerin birbiriyle temas etmesine ve çökelmeye sebep olurlar. Bu sludge blanket ve contact tip flokülatörlerin temel mekanizmasıdır.

Flokülasyonda hidrodinamik rejim türbilenttir. [4,3]



Şekil 4.5 Alum koagülasyon diagramı ve zeta potansiyali ile ilişkisi

4.13 Çökelme ve Kırılma

Partiküller arası çarpışma flok oluşumu ve çökelme ile sonuçlanır. Hız gradiyentinin artmasıyla artan karıştırma, prosesi hızlandırır. Eğer bu hız çok artarsa

flokların kırılmasına sebep olur. Bu yüzden, flokülasyon kinetiklerinin analizi ; çökelme ve kırılma gerçeğinin flok büyüklüklerine bağlı olarak incelenmesi ile olur. [4,3]

4.14 Çamur Oluşumu

Kimyasal koagülasyon, daha fazla askıda katı madde giderdiği ve çözünmeyen reaksiyon ürünleri meydana getirdiği için çamur miktarını arttırır.

Çamurun ağırlığı, uygulanan koagülan dozuna göre oluşacak çökelme ve giderilen AKM miktarından hesaplanabilir. Jar test sonuçları bu hesap için yeterlidir. [5]

BÖLÜM 5 KİMYASAL FOSFOR ARITIMI VE DİZAYN KRİTERLERİ

5.1 Fosfat Kimyası

Organizmaların kuru ağırlıklarının %2'si fosfordur. Fosfat biyolojik arıtma sistemlerinde nutrient olarak kullanılır. Ayrıca endüstriyel su yumuşatma proseslerinde de kalsiyum tuzlarını tutma özelliği yüzünden yumuşatıcı olarak kullanılır. Aynı amaçla sentetik deterjan üretiminde de kullanılır. Suda bulunan fosfor içerikli çeşitli bileşikler Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Ortofosfat anyonunda fosfor atomu oksijen atomları ile çevrilmiştir. Polifosfat ve metafosfatlar iki veya daha fazla ortofosfat grubunun P-O-P bağıyla bağlanması ile meydana gelirler. Polifosfatlar lineer, metafosfatlar ise halkalı moleküllerdir.

Çeşitli sulardaki tipik fosfat kosantrasyonları Tablo 5.2'de verilmiştir.

Ham taze evsel atıksuda fosfat dağılımı şöyledir. Ortofosfat 5 mg/L, tripolifosfat 1 mg/L, pirofosfat 1 mg/L ve organik fosfat < 1mg/L. Biyolojik arıtma deşarjında mikroorganizmalarla temas sürdüğünden kondensed fosfat ortofosfata hidroliz olur. Örneğin trüpolifosfat aşağıdaki gibi hidroliz olur.

$$HP_3O_{10}^{-4} + 2H_2O \text{ <===> } 3HPO_4^{-2} + 2H^+$$

Hidroliz H^+ tarafından kataliz edilir. Fosfat çözünürlük sabitleri ve kompleks denklemleri tablo 5-3'te verilmiştir. [8]

Tablo 5.1 Suda fosfor içeren önemli bileşikler

Grup	Önemli türler	Asit iyonizasyon sabitleri(25°C)
Ortofosfat	H_3PO_4, $H_2PO_4^-$ HPO_4^{-2} , PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} Kompleksleri	$pK_{a,1}$= 2.1 $pK_{a,2}$= 7.2 $pK_{a,3}$= 12.3
Polifosfat	$H_4P_2O_7$, $H_3P_2O_7^-$, $H_2P_2O_7^{-2}$, $HP_2O_7^{-3}$, $P_2O_7^{-4}$ $HP_2O_7^{-3}$ kompleksleri	$pK_{a,1}$= 1.52 $pK_{a,2}$= 2.4 $pK_{a,3}$= 6.6 $pK_{a,4}$= 9.3
	$H_3P_3O_{10}^{-2}$, $H_2P_3O_{10}^{-3}$, $HP_3O_{10}^{-4}$, $P_3O_{10}^{-5}$, $HP_3O_{10}^{-4}$, kompleksleri	$pK_{a,3}$= 2.3 $pK_{a,4}$= 6.5 $pK_{a,5}$= 9.2
Metafosfat	$HP_3O_9^{-2}$, $P_3O_9^{-3}$	$pK_{a,3}$= 2.1
Organik fosfat	Fosfolipidler, şeker fosfatları, nükleotidler, fosfoamidler gibi pek çok tip içerir.	

Tablo 5.2 Sudaki toplam fosforun tipik konsantrasyonları

Evsel Atıksu	3-15 mg P/L	$1-5 \times 10^{-4}$ M
Tarımsal drenaj	0.05-1 mg P/L	$2-30 \times 10^{-6}$ M
Göl yüzey suyu	0.01-0.04 mg P/L	$3-13 \times 10^{-7}$ M

5.2 Atıksudaki Fosfat Kaynakları

Fosfor atıksuda fosfatın çeşitli formları şeklinde bulunur. Fosfatın tiplerini fiziksel özelliklerine göre partiküler ve çözünmüş olarak, kimyasal özelliklerine göre de ortofosfat,kondensed fosfat ve organik fosfat olarak ayırmak mümkündür.

Atıksudaki fosfat kaynakları 4'e ayrılır.
1- Suyun kendisinin içerdiği fosfat ,
2- Dışkı ve atık maddeler,
3- Endüstriyel ve ticari kullanımlar,
4- Sentetik deterjanlar ve ev temizlik ürünleri.

Amerika da yerleşim alanlarından kaynaklanan fosforun ana kaynakları şöyle tahmin edilmektedir. 1) 0,6 kg P/N.yıl insan atıkları, 2) 0,3 kg P/N.yıl çamaşır deterjanları, 3) 0,1 kg P/N.yıl diğer ev temizlik malzemeleri. Endüstriyel ve ticari fosfor kaynakları ise hayli değişken olup,mutlaka ölçüm gerektirir.[13]

5.3 Fosfat Giderim Yönteminin Belirlenmesinde Gerekli Bilgiler

İlk adım fosfat deşarj limitinin bilinmesidir. Buna ilave olarak $BOİ_5$, AKM, pH, NH_4-N ve toplam-N deşarj limiti bilinmesi gereken parametrelerdir. Amonyak ve toplam-N gideriminin gerekliliği fosfor giderme metodunun seçiminde önemli bir noktadır. [9]

Tablo 5.3 Fosfatın kompleks denklemleri ve çözünürlük sabitleri:

Heterojen Denklemler		**pK_{so}**
kalsiyum hidrojen fosfat	$CaHPO_{4(s)} <==> Ca^{+2} + HPO_4^{-2}$	+ 6.66
kalsiyum dihidrojen fosfat	$Ca(H_2PO_4)_{2(s)} <==> Ca^{+2} + 2H_2PO_4^-$	+ 1.14
hidroksiapatit	$Ca_5(PO_4)_3OH_{(s)} <==> 5Ca^{+2} + 3PO_4^{-3+} OH^-$	+ 55.9
ß-trikalsiyum fosfat	$ß\text{-}Ca_3(PO_4)_{2(s)} <==> 3Ca^{+2} + 2PO_4^{-3}$	+ 24.0
Demir(III) fosfat	$FePO_{4(s)} <==> Fe^{+3} + PO_4^{-3}$	+ 21.9
Alüminyum fosfat	$AlPO_{4(s)} <==> Al^{+3} + PO_4^{-3}$	+ 21.0
Kompleks denklemleri		**pK**
Ortofosfat ile	$NaHPO_4^- <==> Na^+ + HPO_4^{-2}$	- 0.6
	$MgHPO_4^\circ <==> Mg^{+2} + HPO_4^{-2}$	- 2.5
	$CaHPO_4^\circ <==> Ca^{+2} + HPO_4^{-2}$	- 2.2
	$MnHPO_4^\circ <==> Mn_2 + HPO_4^{-2}$	- 2.6
	$FeHPO_4^- <==> Fe^{+2} + HPO_4^{-2}$	- 9.75
	$CaH_2PO_4^- <==> Ca^{+2} + HPO_4^{-2} + H^+$	- 5.6
	$CaP_2O_7^{-2} <==> Ca^{+2} + P_2O_7^{-4}$	- 5.6
	$CaHP_2O_7^- <==> Ca^{+2} + HP_2O_7^{-3}$	- 2.0
	$Fe(HP_2O_7)_2^{-3} <==> Fe^{+3} + 2HP_2O_7^{-3}$	-22
tripolifosfat ile	$CaP_3O_{10}^{-3} <==> Ca^{+2} + P_3O_{10}^{-5}$	- 8.1

5.3.1 Atıksu karekteri

Deşarj limitleri belirlendikten sonraki adım fosfor arıtım metodunun seçimi için atıksu karekterinin belirlenmesidir. En iyi bilgi arıtma yapılacak atıksuyun izlenmesi ve karekterize edici analizlerin yapılmasıyla elde edilir. Ancak eldeki bilgi yetersizse benzer karekterdeki atıksu için literatür taraması yapılabilir.

5.3.2 İhtiyaç duyulan diğer bilgiler :

1- Çamur uzaklaştırma seçenekleri,

2- Tesisin hizmet vereceği alanın karekteri,

3- Tesisin büyüklüğü ve yerleşimi, uygun alan olup olmadığı,

4- Dizaynı yapılan tesisin ömrü,

5- Kimyasal maliyeti ve temin edilmesinde yerel imkanlar.

5.4 Fosfat Giderim Seçenekleri

5.4.1 Fosfor gideriminde metal tuzları kullanmanın avantajları

1- Literatür bilgisi fazladır.

2- Eğer atık salamuralar kullanılırsa kimyasal maliyeti düşüktür.

3- Kimyasal kullanımı top-P konsantrasyonuna ve deşarj limitlerine bağlıdır.

4- Fosfor giderim kontrolü basit ve açıktır.

5- Mevcut tesislere yerleştirilmesi kolay ve ucuzdur.

6- Üretilen çamur fosfor giderilmeyen sistemdeki ile birlikte uzaklaştırabilir.

7- Ön arıtmada metal tuzu ilavesi organik yükü de %25-35 azaltır.

8- Çıkış fosfor seviyesi metal tuzu dozajıyla maksimum verim sağlayacak şekilde kontrol edilebilir. [9]

5.4.2 Fosfor gideriminde metal tuzları kullanmanın dezavantajları

1- Çok az metal tuzu ilavesi gereken veya hiç gerekmeyen biyolojik fosfor gideren sistemlere göre kimyasal madde maliyeti daha fazladır.

2- Metal tuzu ilave edilmeyen sistemlere göre daha fazla çamur üretir dolayısıyla daha yüksek çamur arıtma ve uzaklaştırma maliyeti olur.

3- Üretilen çamurun susuzlaştırılması daha zordur. [9]

5.4.3 Fosfor gideriminde kireç kullanmanın avantajları

1- İşlem kontrolü basittir. pH kontrolü ile yapılır.

2- Yüksek derecede fosfor arıtımı mümkündür.

3- Krom,nikel gibi bir çok ağır metalin giderimi de yapılabilir.

5.4.4 Fosfor gideriminde kireç kullanmanın dezavantajları

1- Yüksek alkaliniteli sularda kimyasal masrafı yüksektir.

2- Diğer fosfor giderme yöntemlerine göre daha fazla çamur üretimi olur.

3- Ekipman ihtiyacı ve bakım-onarım masrafları oldukça yüksektir.

4- Yatırım ve işletme maliyeti yüksektir.

5- Fazla kireç kullanımı ilave olarak rekarbonasyon işlemi gerektirir. [9]

5.4.5 Biyolojik fosfor gideriminin avantajları

1- Konvansiyonel aktif çamur sistemleri ile biyolojik fosfor gideriminde üretilen çamur miktarı mukayese edilebilir.

2- Mevcut piston akışlı aktif çamur sistemlerinde ekipman değişimi veya ilavesi gerekmeden tesis yeterli olur.

3- Eğer fosfor çözünmüş halde değilse mevcut çamur işleme ekipmanı kullanılabilir.

4- Kimyasal madde ilavesi çok azdır veya hiç gerekmez.

5- Amonyak azotu veya toplam-N ile birlikte fosfor arıtımı ilave işletme masrafı olmadan yapılabilir.

6- Bazı prosesler için aktif çamur sistemindeki filamentous organizmaların kontrolu daha iyidir. [9]

5.4.6 Biyolojik fosfor gideriminin dezavantajları

1- Fosfor giderme performansı atıksuyun BOİ ÷ Top-P oranı ile kontrol edilir.

2- Ancak 1 mg/L fosfor limitine ulaşılabilir.

3- Sabit film, biyolojik sisteme kolay dönüştürülemez.

4- Geri dönüş akımı fosfor konsantrasyonu düşük olmalıdır.

5- Biyolojik fosfor giderim verimini düşürmemek için kimyasal besleme ekipmanı gerekir. [9]

5.5 Kimyasal Fosfat Giderimi ve Reaksiyonları

Atıksuda fosfat giderimi; fosfatı askıda katı maddelerle birleştirip, askıda katı maddeyi gidermektir. Fosfatı askıda katı maddelerle birleştirme biyolojik veya kimyasal olabilir.

Fosfatın kimyasal çöktürmesi fosfor deşarj limitinin ön arıtma ve biyolojik arıtmada sağlanan giderim değerinden fazla olması halinde uygulanır. Kimyasal çöktürmenin en yaygın uygulaması biyolojik arıtmadan sonradır. [7,9]

5.5.1 Alumun fosfatla reaksiyonları

$$Al^{+3} + PO_4^{-3} \longrightarrow AlPO_4$$

1 mol Al, 1 mol fosfat ile reaksiyona girer. Ağırlık bazında 27 gm Al, 96 gm PO_4 ile (yani 31 gm fosfor ile) reaksiyona girer. Al÷P ağırlık oranı 0,87÷1'e eşittir.

Alüminyumun en çok kullanılan formu alum veya filter alum'dur. Alum yani $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$ %9.1 , Al_2O_3 %17 çözünmüş alüminyum içerir.

1 mol alum 2 mol yani 62 gm fosfor içeren fosfat ile reaksiyona girer. Alum ÷ fosfor oranı 9.6÷1'dir.

Pratikte ihtiyaç duyulan alum miktarı stokiometrik olana göre daha yüksektir. Bu miktar atıksuyun karekterine bağlı olarak değişir. Alum kullanımını etkileye faktörler;
1- Alkalinite,

2- Atıksuyun son pH'sı,
3- Sülfat, florid, sodyum gibi iyon içeriği,
4- AKM'nin miktarı ve içeriği,
5- Karıştırma hızı,
6- Arıtma tesisinin diğer fiziksel özellikleridir.

Alumla fosfor gideriminde pH 5.5-6.5 arasında olmalıdır. Atıksuyun durumuna göre alkali veya asit ilavesi gerekebilir.

Sodyum alüminat bazen fosfor çöktürmede kullanılabilir. Sodyum alüminatın kimyasal formülü $Na_2Al_2O_4$ veya $NaAlO_2$'dir. Fosfatla sodyum alüminat arasındaki reaksiyon aşağıdaki gibidir.

$$Na_2O.Al_2O_3 + 2PO_4^{-3} \text{ ---> } 2AlPO_4 + 2NaOH + 6OH^-$$

Reaksiyondan NaOH kaynaklandığı için atıksuyun pH'ı yükselir. Bu yüzden düşük alkaliniteli sularda sodyum alüminat tercih edilir.

Alüminyumklorohidrat ve polialüminyumklorür fosfor kullanımında kullanılan diğer alüminyum içeren koagülanlardır. [7,9]

5.5.2 Demir tuzlarının fosfatla reaksiyonları

Atıksu arıtımında genellikle demir tuzları kullanılır. Fe(+II) ve Fe(+III) iyonlarının $FeCl_3$, $FeCl_2$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ tuzları kullanılabilir. $FeCl_2$ ve $FeSO_4$ demir çelik endüstrisinin (atık salamura likörü) yan ürünleridir. Ancak çok fazla miktarda HCl ve H_2SO_4 içerdiklerinden alkaliniteyi tüketir ve pH'ı düşürürler.

Demir tuzlarının tipik reaksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$FeCl_3 + PO^{-3} \text{ ---> } FePO_4 + 3Cl^-$$

Fe÷P mol oranı 1÷1, ağırlık olarak Fe÷P oranı 1,8÷1, $FeCl_3$ ÷ P oranı 5,2÷1'dir.

Demir tuzları alkalinite tüketir ve pH 4,5-5,0 arasında etkilidirler. [7,9]

$$FeCl_3 + 3\ HCO_3^- \text{---> } Fe(OH)_3 + 3CO_2 + 3\ Cl^-$$

5.5.3 Kireçin fosfatla reaksiyonları

Ca ile fosfor çöktürülmesinin kimyası Al ve Fe ile olandan çok farklı olduğu için 2 tip çökeltme vardır. Ca genellikle kireç formunda kullanılır. Kireç suya ilave edildiğinde öncelikle sudaki bikarbonat alkalinitesi ile reaksiyona girer ve $CaCO_3$ çöker. Atıksuyun pH'ı 10 civarına ulaştığında ise, fazla kalsiyum iyonları fosfat ile reaksiyona girer ve aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi Hidroksilapatite dönüşür.

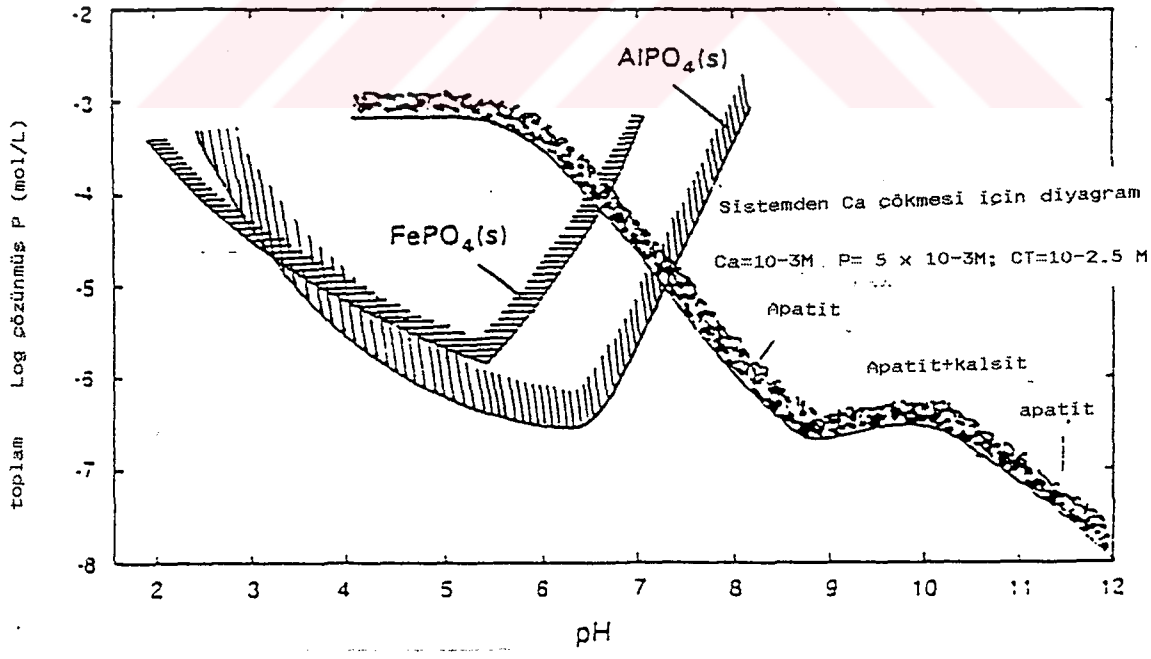
$$10Ca^{++} + 6PO_4^{-3} + 2OH^- \text{ <===> } \underset{\text{Hidroksilapatit}}{Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2}$$

Kireçin alkalinite ile reaksiyona girmesi yüzünden mevcut fosfatın giderimi suyun alkalinitesine bağlıdır. Atıksudaki fosforun çökmesi için gerekli olan kireç miktarı alkalinitenin 1,4-1,5 katı kadardır.

Fosfatın çöktürülmesi yüksek pH'ta olduğundan kireçle çöktürme fizible değildir. Ham atıksuya veya ikinci arıtmadan sonraki deşarja kireç ilavesi son arıtma veya uzaklaştırmadan önce pH ayarı genellikle gerekir. pH'ın düşük olduğu durumlarda da CO_2'in karbonata döndürülmesi gerekir.

Tablo 5.4 Fosfatın çökeltilmesinde çökelti formları

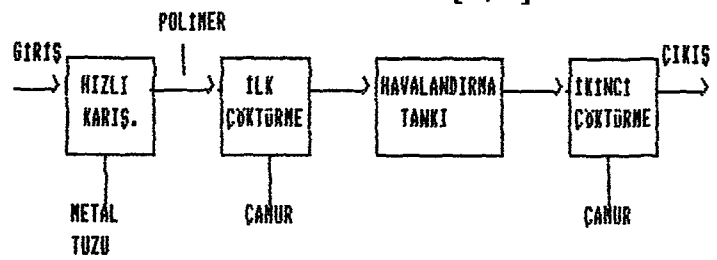
Fosfat Çöktürücüsü	Oluşabilecek çökelek formları
Ca(II)	Çeşitli kalsiyum formları örneğin; ß-trikalsiyumfosfat: $Ca_3(PO_4)_2(k)$ Hidroksipatit: $Ca_5(OH)(PO_4)_3(k)$ Dikalsiyum fosfat : $CaHPO_4(k)$ Kalsiyum karbonat: $CaCO_3(k)$
Fe(II)	Fe_3PO_4 (k) $Fe_x(OH)_y(PO_4)_3$ (k) $Fe(OH)_2$ (k) $Fe(OH)_3$ (k)
Fe(III)	$Fe_x(OH)_y(PO_4)_3$ (k) $Fe(OH)_3$ (k)
Al(III)	$Al_x(OH)_y(PO_4)_3$ (k) $Al(OH)_3$ (k)



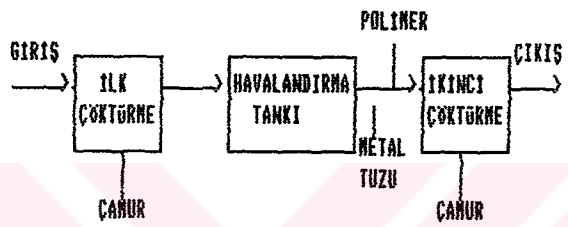
Şekil 5.1 Fe, Al, Ca fosfatların çözünürlük diyagramları

5.6 Uygulama Noktaları

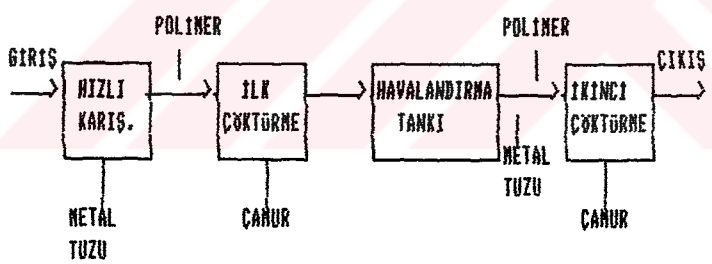
Fosfor gideriminde uygulanan mineral ilave noktaları Şekil 5.2' de verilmektedir. [7,9]



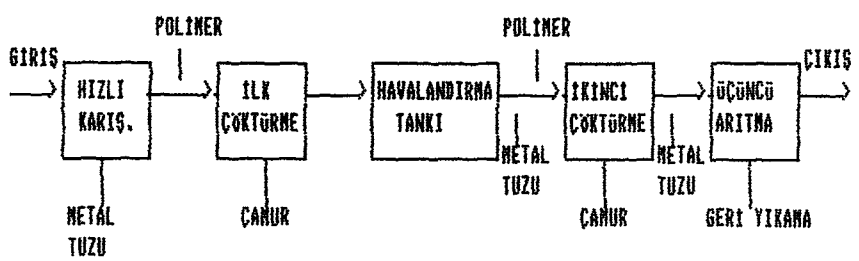
ÖN ARITMADA DOZLAMA



BIYOLOJİK ARITMADAN SONRA DOZLAMA



ÖN ARITMA VE BIYOLOJİK ARITMA SONRASINDA DOZLAMA



ÜÇÜNCÜ ARITMA DOZLAMASI

Şekil 5.2 Fosfor Gideriminde Mineral İlave Noktaları

5.6.1 Ön çöktürmeden önce mineral ilavesi

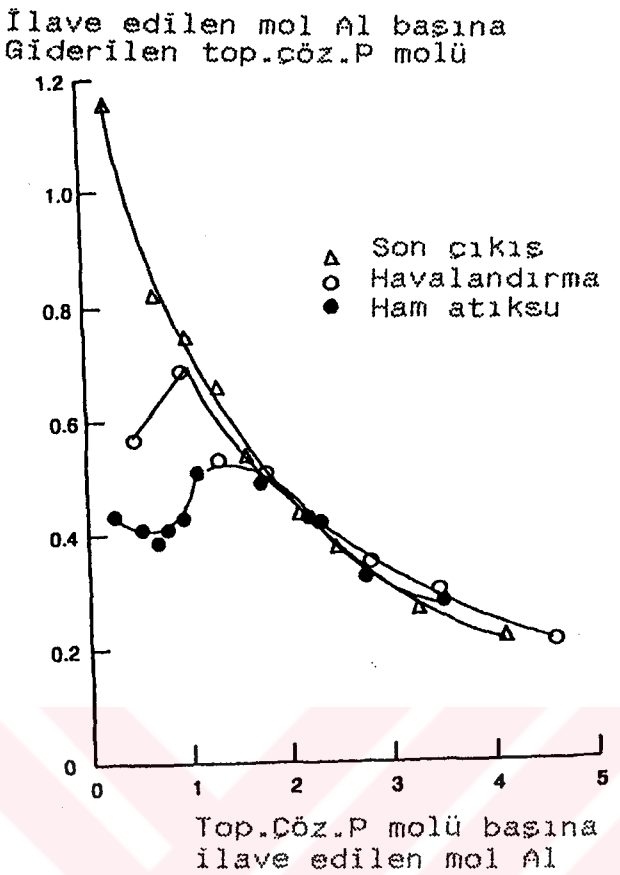
Ön arıtmada metal tuzları ilavesinde fosfor giderme verimi iyi karıştırma ve flokülasyona bağlıdır. Uygun bir dizayn, karıştırma ve flokülasyon ile % 70-90 fosfor arıtımı sağlanabilir. BOİ ve katı madde gideriminde de iyi bir verim elde edilir. Tablo 5.5'te giderim verimleri özetlenmiştir. Ön arıtmada mineral ilavesi ayrı bir karıştırma tankı gerektirir.

Tablo 5.5 Ön ve ikinci arıtma sonrası mineral tuzu ileve edilmesi ve edilmemesi halinde potansiyel verimlilik.

	Fosfor	Giderimi %	AKM	Giderimi %	BOİ	Giderimi %
	M.T.yok	M.T. var	M.T. yok	M.T. var	M.T. yok	M.T. var
Ön Arıtma	5-10	70-90	40-70	60-75	25-40	40-65
2. Arıtma						
Damlatmalı Filtre	10-20	80-95	80-90	85-95	75-90	80-95
Aktif Çamur	10-20	80-95	80-95	85-95	85-95	85-95

Maksimum etki için ilk karıştırma hızı çok önemlidir. Flokülasyon normal olarak ön çöktürme tankında meydana gelir. Özellikle merkezden beslemeli çöktürme tankında iyi bir sonuç alınır. 30 dakika bekletme süresi uygundur.

Yarışmalı reaksiyonlar sebebiyle genellikle ön arıtmada daha çok koagülan kullanımı gerekir.Şekil 5-1'de farklı uygulama noktalarına göre alum tüketimi giderilen fosfor miktarı başına gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Alüminyumla fosfor gideriminde uygulama noktasının verimlilik üzerindeki etkisi

5.6.2 Biyolojik arıtmada mineral ilavesi

Alüminyum ve demir tuzlarının, doğrudan havalandırma havuzuna veya havalandırma havuzu ile son çöktürme arasında ilavesi en çok uygulanan yöntemdir. En uygun koagülasyon ve flokülasyonu başarabilmek için; enjeksiyon noktasını değiştirebilme olanağı ile kimyasal ilave noktasında büyük bir esnekliğe sahiptir. Fakat hız gradienti veya türbilans seviyesi ideal karıştırma ve flokülasyon için çok uygun değildir. Eğer yüksek fosfor giderim verimi isteniyorsa mineral ilavesi geri devir hattına olmalıdır. Özellikle salamura likörü kullanıldığında biyolojik arıtmada mineral ilavesi deşarjdaki askıda katı madde miktarının artmasına sebep olur.

5.6.3 Birden fazla noktada mineral ilavesi

Arıtma tesislerinde birden fazla noktadan kimyasal ilavesi hem en verimli hem de maliyeti düşük bir uygulamadır. Bu yaklaşımın avantajı kimyasal ihtiyacının düşmesidir.

Alüminyum veya demir tuzları kullanıldığında, az miktarda polielektrolitler gibi yardımcı koagülanın son çöktürmeden önce ilavesi metal-fosfat floklarının dağılmasını önleyecektir.

Tipik polielektrolit kullanım miktarı 0,1-0,25 mg/L'dir.

Tablo 5.6 Dozlama noktalarının avantaj ve dezavantajları ile bakiye fosfor seviyesi

Dozlama Noktası	Bakiye Fosfor mg/L	Avantaj ve dezavantaj
Ön Arıtma	≥ 1	Başarılı BOİ ve AKM Giderimi Etkili Kimyasal Kullanımı Flokülasyon için polimer ihtiyacı
2. Arıtma	≥ 1	Daha az kimyasal kullanımı İnert katı madde artışı Arıtma çamurunda fosfor fazlası
Ön ve 2.Arıtma	1-0.5	Yukardaki avantajların birleşimi Maliyette düşme
3.Arıtma	≤ 0.5	Düşük deşarj limiti Maliyette artış

5.7 Uygulama Noktasının Seçimi

Uygulama noktasının seçiminde fosfat gideriminin bütün amaçları, tesis performansı üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. [7]
Seçimde Önemli faktörler:
1- İhtiyaç duyulan fosfat giderimi.
2- Arıtma tesisinin büyüklüğü.
3- Çamur uzaklaştırma metodu.
4- Yatırım maliyeti.
5- İşletme masrafları.
6- Emniyet.
7- Kimyasal madde temininindeki kolaylık.
8- Atıksu karekteri.
9- Atıksu arıtma tesisi işletim personelinin başarısı.

Metal tuzlarının dozlama noktasının seçiminde fosfat deşarj limiti önemlidir. Deşarj limiti 1mg/L civarında ise dozlamanın konvansiyonel biyolojik arıtmada yapılması yeterli olacaktır.

Depolama ve diğer işlemler alum ve $FeCl_2$ için aynıdır ancak $FeCl_2$ alumdan daha koroziftir. Bunun anlamı bakım-onarım masraflarının daha fazla olması ve meydana gelebilecek kazalara karşı daha fazla önlem alınmasının gerekliliğidir. Atıksuda alum $FeCl_2$'den daha az çamur üretir. Herhangi bir metal tuzu için daha fazla fosfor giderimi daha yüksek dozda metal tuzu ilavesini gerektirir. Alumun ürettiği çamurun mekanik olarak susuzlaştırılması veya yoğunlaştırılması çamur floklarının bünyesinde su bulunması yüzünden çok zordur.

$FeCl_2$ salamura likörünün temini problem teşkil edebilir. Çünkü salamura demir-çelik endüstrisinin bir atığıdır. Dolayısıyla fosfat gideriminde salamura kullanımı çelik endüstrisinin üretim sürekliliğine bağlıdır. Daha ucuz olmasına rağmen sürekliliği düşünülerek tercih edilmelidir.

5.8 İlk Karıştırma Üniteleri

1- Geri karışımlı reaktörler,
2- In-line karıştırıcılar,
3- Hidrolik karıştırıcılar,
4- Difüzör ve enjeksiyon araçları,
5- Devinimsiz statik karıştırıcılar. [4]

5.9 Flokülasyon Üniteleri ve Dizayn Dataları

Genellikle yavaş karıştırma için pedallı karıştırıcılar kullanılır. Flokların kırılmasını önlemek için tek flokülasyon havuzu yerine seri halde bir kaç tane yapılır. Havuzlar dizayn edilirken flokların bozulmasını önlemek ve etkili bir karışım sağlamak için laminer akışı sağlayacak şekilde yapılır. Her havuzda kademeli hız düşürme uygulanır. Tipik karıştırma hızı 10-100 sn^{-1}'dir.

Flokülasyon süresi flok oluşumunda ayrıca önemli bir faktördür. Uygulanabilir G_T ,10^4 ile 10^5 arasındadır.

Karıştırma hızı, havuz boyutu ve konfigürasyonu, pedalların büyüklüğü ,sayısı ve flok oluşumundaki güç; flokların bozulmasını önlemek te önemlidir. [3]

Tablo 5.7'de flokülasyon havuzu için dizayn dataları verilmiştir.

5.10 Kimyasal depolama ihtiyacı ve Besleme Sistemleri

Alum kuru veya sıvı olarak saklanabilir. $FeCl_2$ sıvıdır. Plimerler de hem kuru hem sıvı şekilde olabilir. Sıvı haldeki kimyasalların taşınması ve depolanması daha kolaydır ancak kuru kimyasallardan daha pahallıya mal olur.

Tablo 5.7 Flokülasyon havuzu dizayn dataları

Parametre	**Tipik değer**
Konfigürasyon	Dikdörtgen
Uzunluğun genişliğe oranı	4÷1
Min. havuz sayısı	2
Max. havuz hacmi	304 m^3
Derinlik	3.6 m
Karıştırm yoğunluğu (G)	20-80 s^{-1}
Pedal hızı	0.61 m/sn zayıf floklar için, 1.22 m/sn kuvvetli floklar için
Dikey karıştırıcılar	3 bıçak
Yatay karıştırıcılar (pedallar)	8 (4 kol-2pedal)

Minimum depolama miktarları her kimyasal için ayrı ayrı araştırılmalıdır. Minimum depolama hesaplanırken, ortalama günlük tüketim, aşırı tüketim gerektiren günler, teslim süresi ve teslim miktarı gibi parametreler gözönünde bulundurulmalıdır. Bunlar gözönüne alındığında minimum depolama aşağıdakilerden fazla olmalıdır.

1- Günlük ortalama tüketime göre 2 haftalık ihtiyaç,

2- Aşırı tüketim gerekteren günlere göre 3 günlük ihtiyaç,

3-Tipik teslim miktarının %150 .

Bazı sebeplerle örneğin temin etme süresinin uzadığı hallerde bir aylık depolama da yapılabilir. Ancak ürünün

depolama şartları hakkında üreticiden detaylı bilgi almak gerekir. Bu hem işlemi yapan personelin sağlığı hem de kimyasalların ömrü açısından önemli bir konudur.[13]

5.11 Çöktürme Havuzları

Çöktürme, partiküllerin ve kimyasal flokların çöktürülmesi işlemidir. Bu bölüm arıtma tesisinin en önemli bölümüdür. Çünkü zayıf bir çöktürme ünitesi arıtma verimini düşürür.

Çökeltme havuzları genellikle kimyasal koagülasyonda veya yumuşatmada kullanılır. Şekilleri ve akışları farklı farklı olmakla beraber genellikle beton veya çelikten yapılırlar.[3]

Tablo 5.8 Çökeltme havuzları dizayn parametreleri :

Parametre	**Değer**
Derinlik	2.4-3.6 m
Dairesel havuz genişliği	9-61 m
Kare havuz genişliği	< 30.48 m
Uzunluk÷genişlik	3÷1-5÷1
Dip eğimi(dikdörtgen)	% 1
Dip eğimi (daire veya kare)	% 8

5.12 Dizaynda Dikkat Edilecek Hususlar

1- Atıksuyun karekterizasyonu.
2- Kimyasal dozunun tespiti.
3- Kimyasallar ve ilave noktasının seçimi.
4- Mevcut sistemin değerlendirilmesi.
5- Orjinal boyutta denemelerin yapılması.
6- Kimyasal depolama, işletme tarzı ve besleme sistemlerinin dizaynı ve boyutlandırılması.
7- Hızlı karıştırma, flokülasyon havuzu, çöktürme, havalandırma havuzu gibi sıvı işlemlerinin dizaynı ve boyutlandırılması.
8-Çamur işleme tesislerinin dizaynı ve boyutlandırılması. [4]

BÖLÜM 6 KİMYASAL ARITILABİLİRLİK ÇALIŞMALARI

6.1 Deneysel Çalışma ve Optimum Dozların Saptanması

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi deşarjının karekteri belirlendikten sonra kimyasal arıtılabilirlik çalışmalarına geçilmiştir.

Arıtılabilirlik çalışmalarında çeşitli koagülanların farklı dozlarının etkileri; jar test düzeneğinde 1 dakika hızlı karıştırma (100 rpm) ve 20 dakika yavaş karıştırma (25 rpm) uygulamasından sonra 30 dakika İmhoff hunisinde çöktürmeye tabi tutulmak suretiyle incelenmiştir. Çöktürmeden sonra üst fazdan alınan numunelerde pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametreleri analiz edilerek, giderim verimleri incelenmiştir. Sonuçlar optimum dozlara karar verecek şekilde değerlendirildikten sonra farklı karekterlerde atıksularda optimum dozların karşılaştırılmasına yönelik 2 jar test çalışması daha yapılmıştır. Şekil 6.1'de Jar Test düzeneğinin bir fotoğrafı görülmektedir.

Koagülan olarak $FeCl_3$, $FeSO_4$, Alum, Kireç, Polialüminyumklorür (PAC) ve alüminyumklorhidroksit (sumalchlor)'dan hazırlanan 50 gm/L'lik çözeltiler kullanılmıştır. Polielektrolit takviyesi ile yapılan çalışmalar için de 2 gm/L'lik Seperan MG205E çözeltisi hazırlanmıştır.

Şekil 6.1 Jar Test Düzeneği

Optimum dozların saptanmasından sonra koagülanları birbiriyle karşılaştırabilmek için 2 ayrı karekterde atıksu için optimim dozlar uygulanmıştır.

Çalışmada atıksu pH'ında bütün koagülanlarla yeterli giderim sağlandığı için pH ayarlamasına gerek duyulmamıştır.

6.1.1 Test için gerekli ekipman

1-Jar test düzeneği (Şekil 6.1)
2-Koagülanlar

3-Dereceli çökme aleti
4-Dereceli beherler
5-Parametrelerin analizi için ekipman

6.1.2 $FeCl_3$ için optimum dozun saptanması :

$FeCl_3$ ile 50 mg/L'den 300 mg/L'ye kadar 6 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-1'de gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda % 82 KOİ, % 84.5 AKM, % 96 top-P giderim verimi sağlaya 150 mg/L $FeCl_3$ dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.2 ve 6.3 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

6.1.3 $FeCl_3$ + PE için optimum dozun saptanması

$FeCl_3$ ile 50 mg/L'den 300 mg/L'ye kadar 6 farklı doz uygulamasına 2'şer mg/L seperan ilavesi yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-2'de gösterilmektedir.
Bu çalışma sonucunda % 55.7 KOİ, % 85 AKM, % 89.6 top-P giderim verimi sağlayan 100 mg/L $FeCl_3$ + 2 mg/L seperan dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.4 ve 6.5 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

6.1.4 $FeSO_4$ için optimum dozun saptanması :

$FeCl_3$ ile 50 mg/L'den 300 mg/L'ye kadar 6 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-3'te gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda % 84.15 KOİ, % 73 AKM, % 94.46 top-P giderim verimi sağlaya 200 mg/L $FeSO_4$ dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.6 ve 6.7 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

6.1.5 Alum için optimum dozun saptanması :

$FeCl_3$ ile 50 mg/L'den 300 mg/L'ye kadar 6 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-4'te gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda % 28.3 KOİ, % 88 AKM, % 6.8 top-P giderim verimi sağlaya 250 mg/L Alum dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.8 ve 6.9 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

6.1.6 Kireç + PE için optimum dozun saptanması :

$FeCl_3$ ile 100 mg/L'den 800 mg/L'ye kadar 6 farklı doz uygulamasına 2'şer mg/L seperan ilavesi yapılmış ve pH,

KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-5'te gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda % 40 KOİ, % 88 AKM, % 96.8 top-P giderim verimi sağlayan 300 mg/L Kireç + 2 mg/L seperan dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.10 ve 6.11 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

6.1.7 Polialüminyumklorür'ün %33'lük çözeltisi (PAC) için optimum dozun saptanması :

PAC (Polialüminyumklorür) ile iki adet optimum doz çalışması yapılmıştır.

1. çalışmada 50 mg/L'den 250 mg/L'ye kadar 5 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-6'de gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda % 73.3 KOİ, % 83.6 AKM, % 92.7 top-P giderim verimi sağlaya 150 mg/L PAC dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.12 ve 6.13 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

2. çalışmada 50 mg/L'den 200 mg/L'ye kadar 4 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki

değişimler ve giderim verimleri tablo 6-7'de gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda Top-P'da 1 mg/L altına düşme zorunluluğu olmadığı ve PAC pahallı bir malzeme olduğu için, % 87.6 KOİ, % 96.5 AKM, % 81.6 top-P giderim verimi sağlaya 50 mg/L PAC dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

Şekil 6.14 ve 6.15 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

6.1.8 Alüminyumklorhidroksit'in %50'lik çözeltisi (SUMALCHLOR) için optimum dozun saptanması :

Alüminyumklorhidroksit (Sumalchlor) ile iki adet optimum doz çalışması yapılmıştır.

1. çalışmada 50 mg/L'den 250 mg/L'ye kadar 5 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-8'da gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda % 63 KOİ, % 78.7 AKM, % 90.7 top-P giderim verimi sağlaya 150 mg/L PAC dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

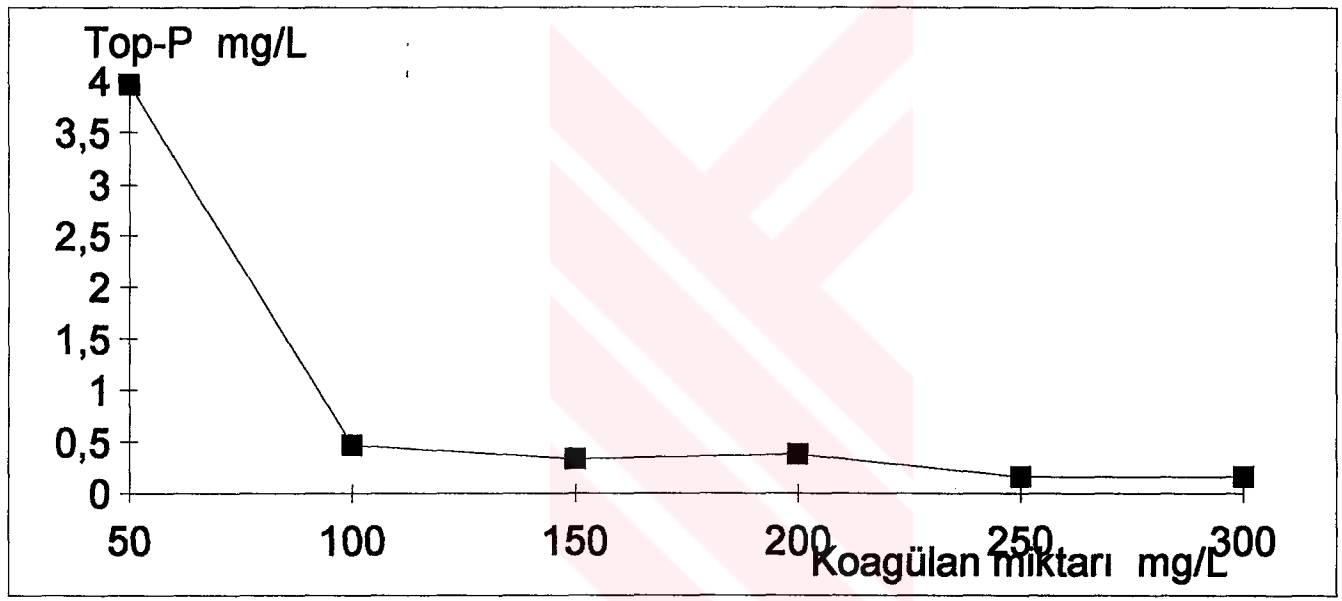
Şekil 6.16 ve 6.17 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.
2. çalışmada 50 mg/L'den 200 mg/L'ye kadar 4 farklı doz uygulaması yapılmış ve pH, KOİ, AKM, TKN, Top-P, Bulanıklık, Alkalinite, Sertlik parametrelerindeki değişimler incelenmiştir. Dozlara göre parametrelerdeki değişimler ve giderim verimleri tablo 6-9'da gösterilmektedir.

Bu çalışma sonucunda Top-P'da 1 mg/L altına düşme zorunluluğu olmadığı ve Sumalchlor pahallı bir malzeme olduğu için, % 84.3 KOİ, % 96.5 AKM, % 78.2 top-P giderim verimi sağlaya 100 mg/L PAC dozajı optimum doz olarak tespit edilmiştir.

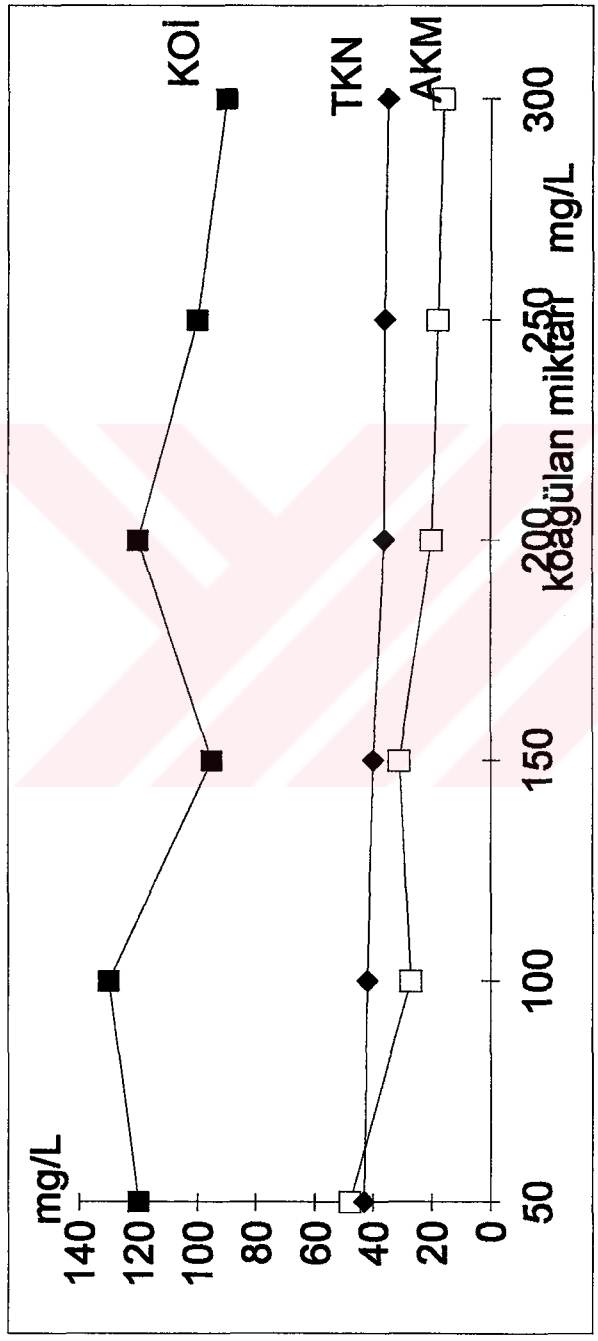
Şekil 6.18 ve 6.19 dozlara göre parametrelerde sağlanan giderimlerin grafiklerini göstermektedir.

Tablo 6.1 FeCl3 ile çöktürmede giderim verimleri

		FeCl3 ile çöktürme											
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L		250 mg/L		300 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	530	120	77.36	130	75.47	95	82.08	120	77.36	100	81.13	90	83.02
AKM mg/L	200	48	76.00	27	86.50	31	84.50	20	90.00	18	91.00	16	92.00
TKN mg/L	49	43	12.24	42	14.29	40	18.37	36	26.53	36	26.53	35	28.57
TOP-P mg/L	8.3	3.96	52.29	0.47	94.34	0.34	95.90	0.38	95.42	0.16	98.07	0.16	98.07
pH	7.8	7.7		7.6		7.45		7.4		7.2		7.1	
ALKALİNİTE mg/l	312	307		276		250		166		151		182	
SERTLİK mg/l	408	35.6		35		35.6		42		35.4		35.8	
BULANIKLIK NTU		71		144		186		123		>200		>200	



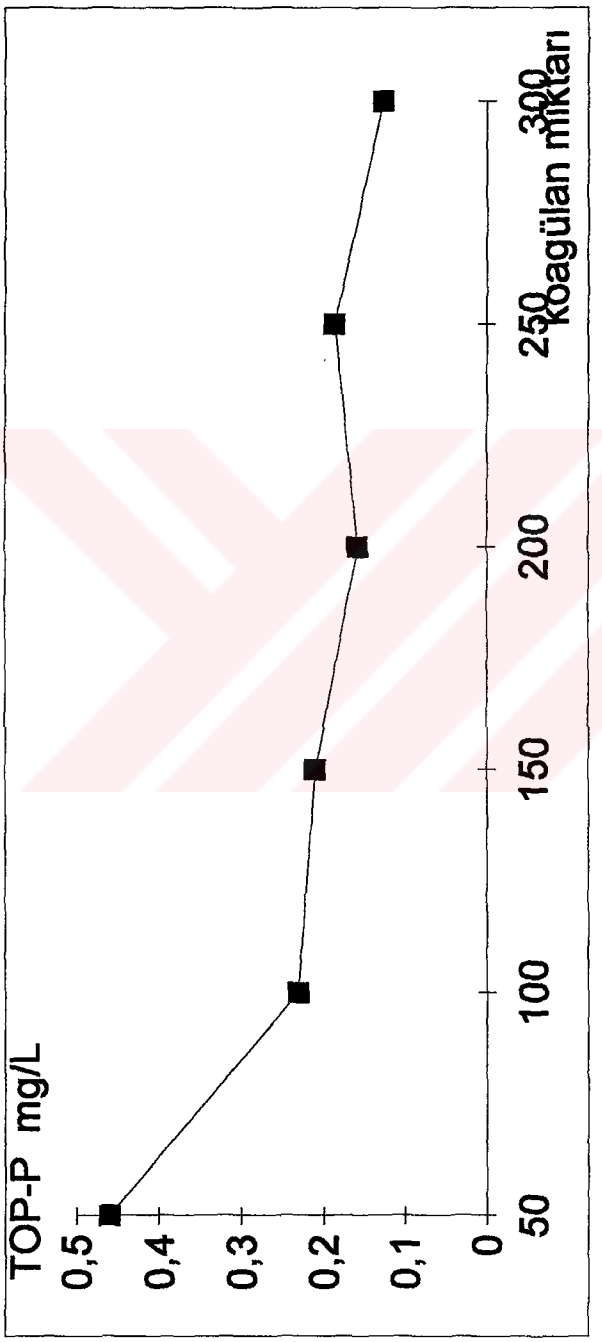
Şekil 6.2 FeCl3 ile çötürmede Top-P giderimi



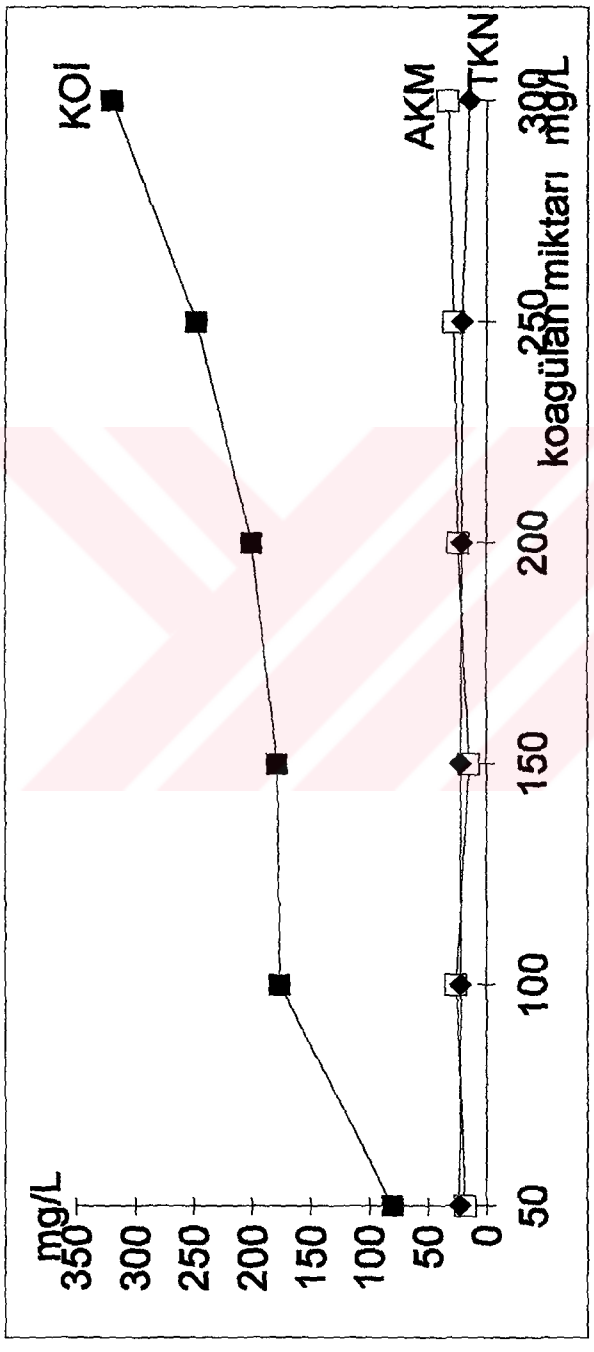
Şekil 6.3 FeCl3 ile çöktürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

Tablo 6.2 FeCl3 + PE ile çöktürmede giderim verimleri

		FeCl3 VE SEPERAN İLE ÇÖKTÜRME											
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L		250 mg/L		300 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	397	80	79,85	176	55,67	178,4	55,06	200,2	49,57	247,5	37,66	320	19,40
AKM mg/L	175	18	89,71	26	85,14	15	91,43	24	86,29	28	84,00	33	81,14
TKN mg/L	27	23	14,81	22	18,52	22	18,52	21	22,22	21	22,22	15	44,44
TOP-P mg/L	2,2	0,46	79,09	0,23	89,55	0,21	90,45	0,158	92,82	0,186	91,55	0,126	94,27
pH	7,85	7,65		7,6		7,25		7,2		6,95		6,7	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	281	224		187		151		125		78		47	
SERTLİK mg/L CaCO3	1260	1300		1280				1240		1260		1260	
BULANIKLIK NTU	59	14,2		13,1		14,6		13,6		9,4		10,7	



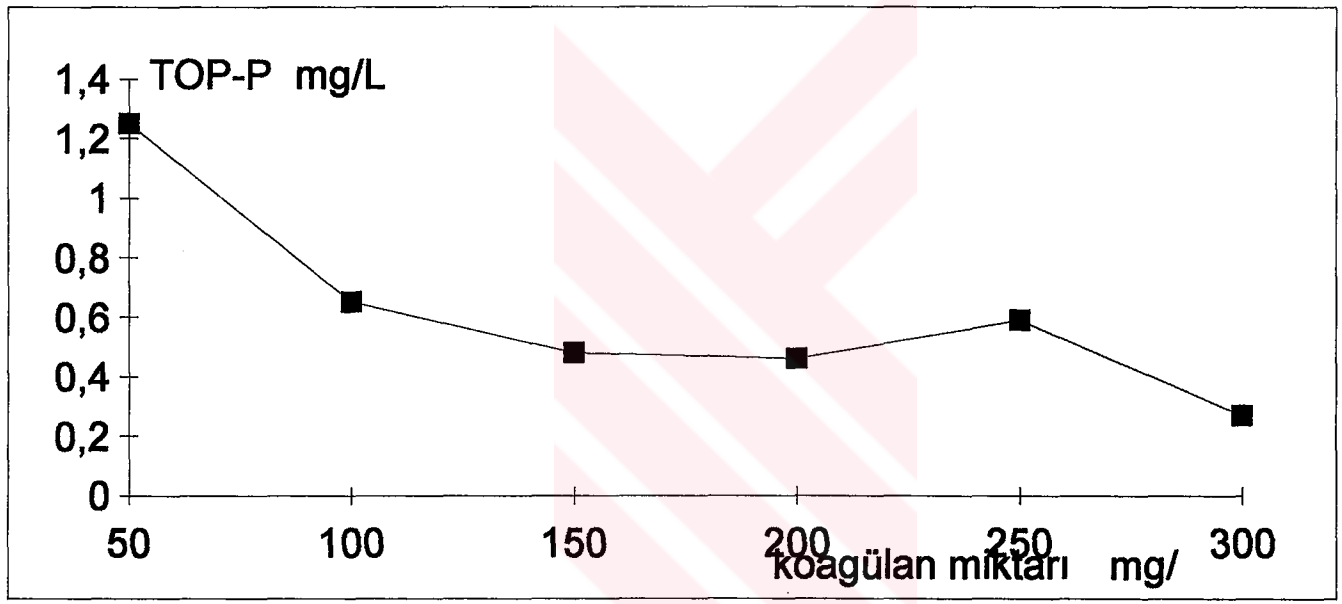
Şekil 6.4 FeCl3 + PE ile çöktürmede Top-P giderimi



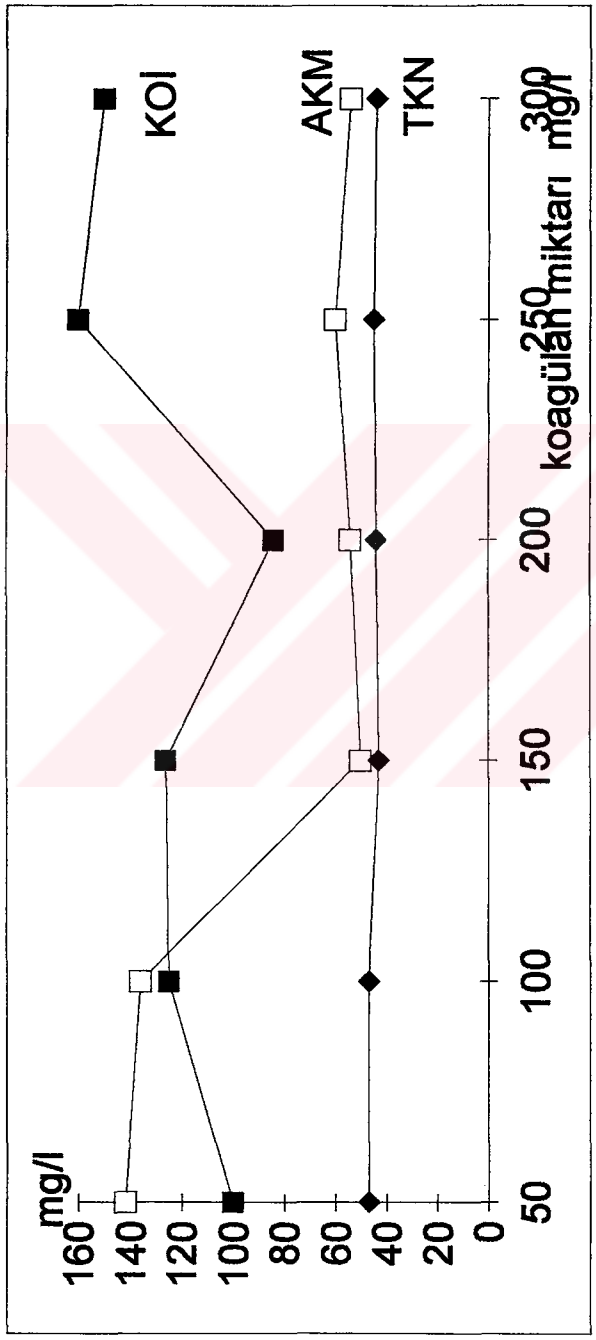
Şekil 6.5 $FeCl_3$ + PE ile çöktürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

Tablo 6.3 FeSO4 ile çöktürmede giderim verimleri

		FeSO4 ile çöktürme											
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L		250 mg/L		300 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	530	100	81.13	125	76.42	126	76.23	84	84.15	160	69.81	150	71.70
AKM mg/L	200	142	29.00	136	32.00	-	-	54	73.00	-	-	-	
TKN mg/L	49	47	4.08	47	4.08	43	12.24	44	10.20	45	8.16	44	10.20
TOP-P mg/L	8.3	1.25	84.94	0.65	92.17	0.48	94.22	0.46	94.46	0.59	92.89	0.27	96.75
pH	7.8	7.7		7.65		7.5		7.45		7.4		7.4	



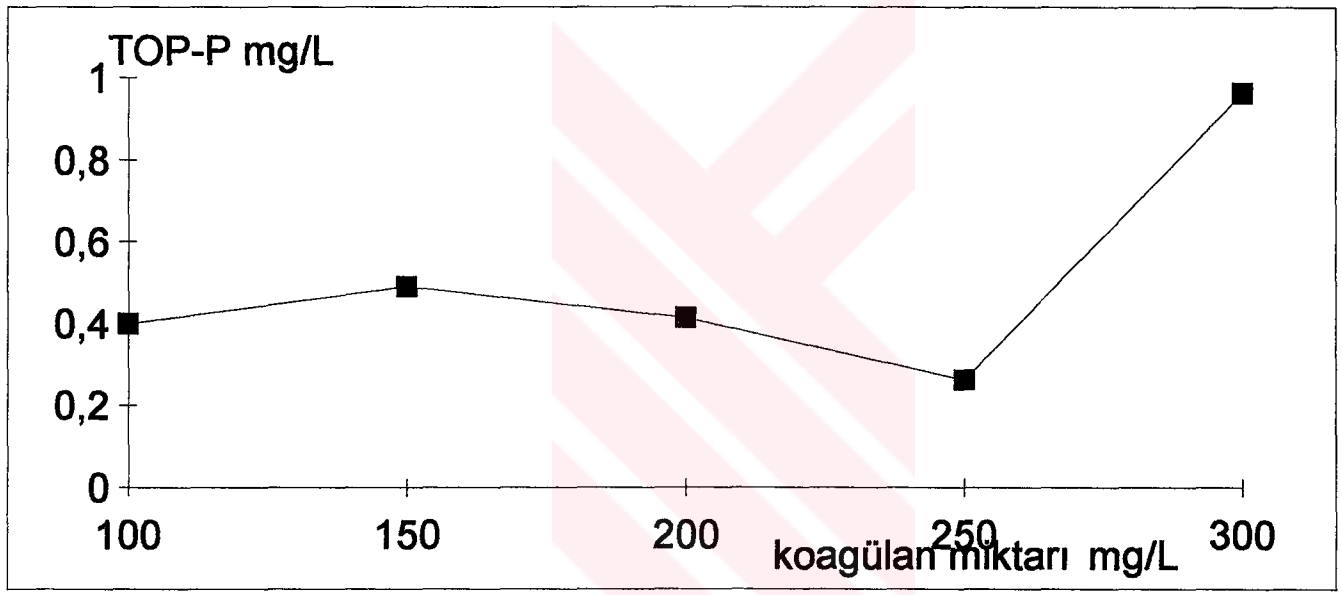
Şekil 6.5 FeSO4 ile çöktürmede Top-P giderimi



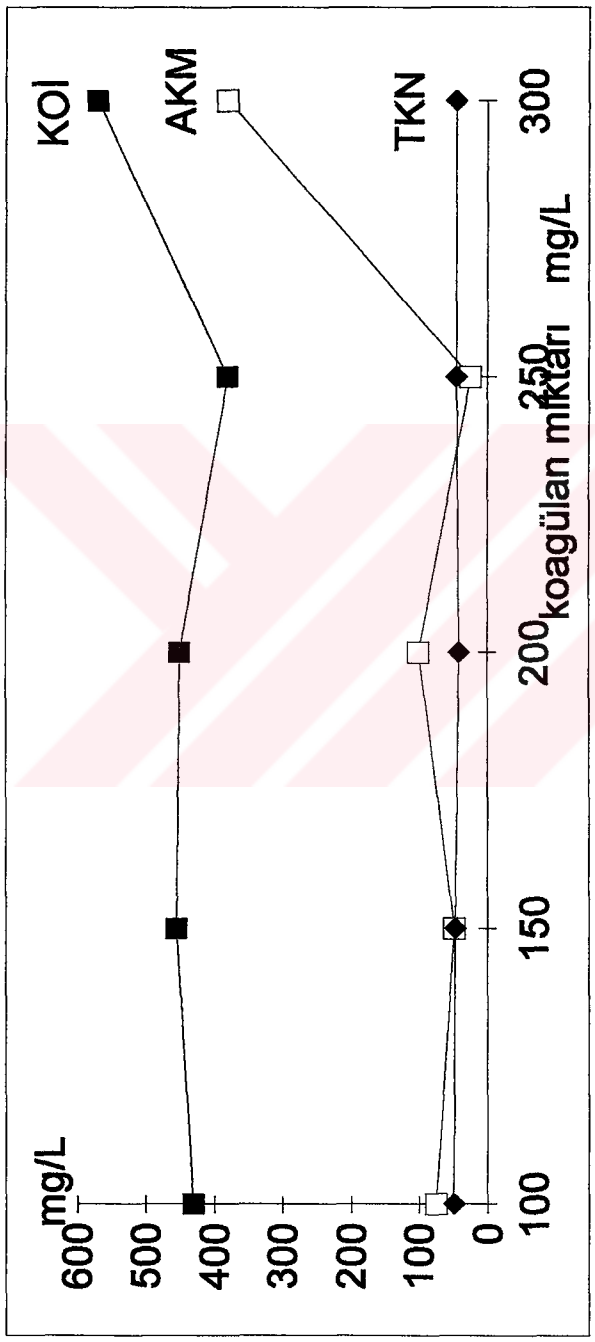
Şekil 6.6 FeSO4 ile çöktürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

Tablo 6.4 Alum ile çöktürmede giderim verimleri

		ALUM ile çöktürme									
		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L		250 mg/L		300 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	530	430	18.87	455	14.15	450	15.09	380	28.30	370	30.19
AKM mg/L	200	74	63.00	48	76.00	100	50.00	24	88.00	100	50.00
TKN mg/L	49	49	0.00	47	4.08	41	16.33	45	8.16	45	8.16
TOP-P mg/L	8.3	0.399	95.19	0.489	94.11	0.414	95.01	0.263	96.83	0.963	88.40
pH	7.8	7.4		7.3		7.25		7.1		6.85	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	312	312		255		198		192		125	
SERTLİK mg/L CaCO3	408	38.4		38.4		44.4		39.8		43.2	
BULANIKLIK NTU		122		15.7		24		8.6		13.7	



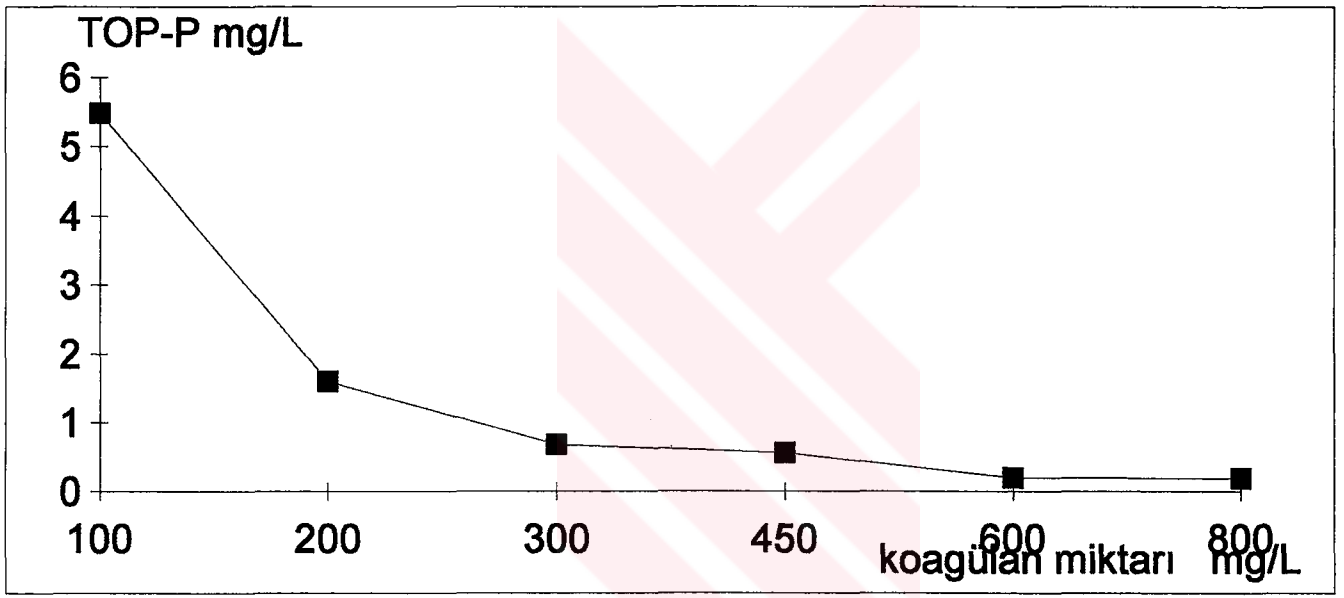
Şekil 6.8 Alum ile çöktürmede Top-P giderimi



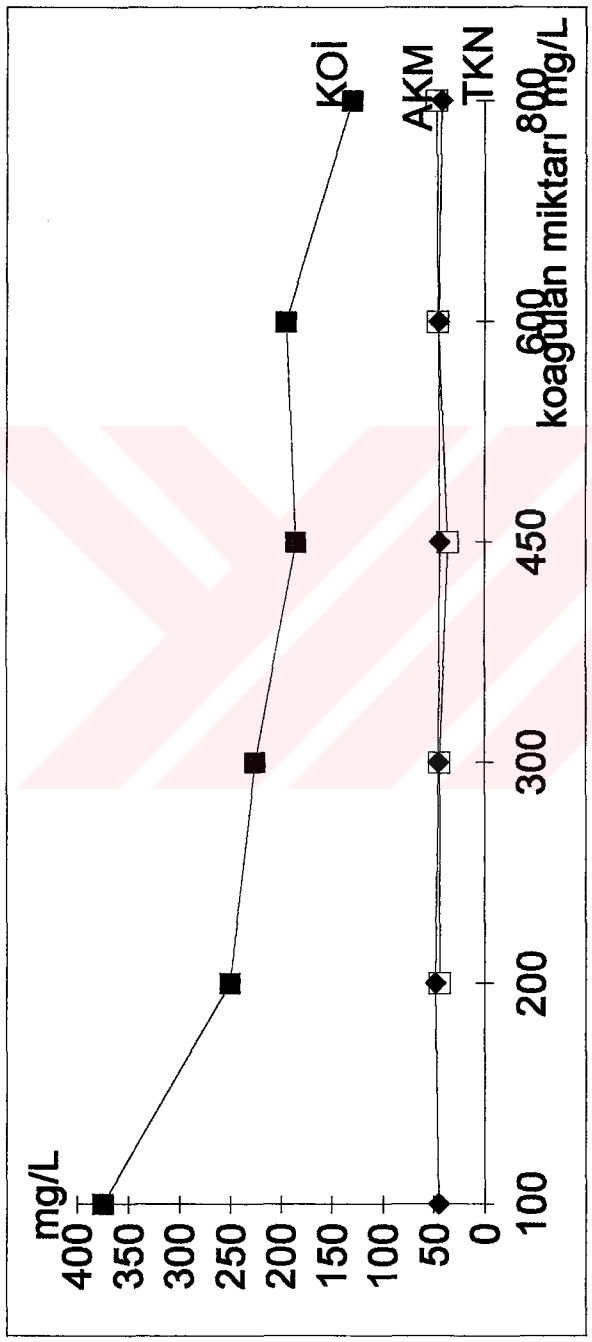
Şekil 6.9 Alum ile çöktürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

Tablo 6.5 Kireç + PE ile giderim verimleri

		KİREÇ + POLİELETROLİT İLE ÇÖTÜRME											
		100 mg/L		200 mg/L		300 mg/L		450 mg/L		600 mg/L		800 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	375	375	0,00	250	33,33	225	40,00	185	50,67	195	48,00	130	65,33
AKM mg/L	122	-		44	63,93	44	63,93	36	70,49	46	62,30	47	61,48
TKN mg/L	53	45	15,09	48	9,43	45	15,09	44	16,98	45	15,09	42	20,75
TOP-P mg/L	6,29	5,48	12,88	1,6	74,56	0,68	89,19	0,56	91,10	0,198	96,85	0,186	97,04
pH	7,7	8,85		9,3		9,6		10,2		10,75		11,4	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	359	426		437		348		281		265		296	
SERTLİK mg/L CaCO3	56,2	62,4		62		55		47,8		44,8		48,8	
BULANIKLIK NTU	132	57		21		14,5		24		49		17,3	



Şekil 6.10 Kireç + PE ile çötürmede Top-P giderimi



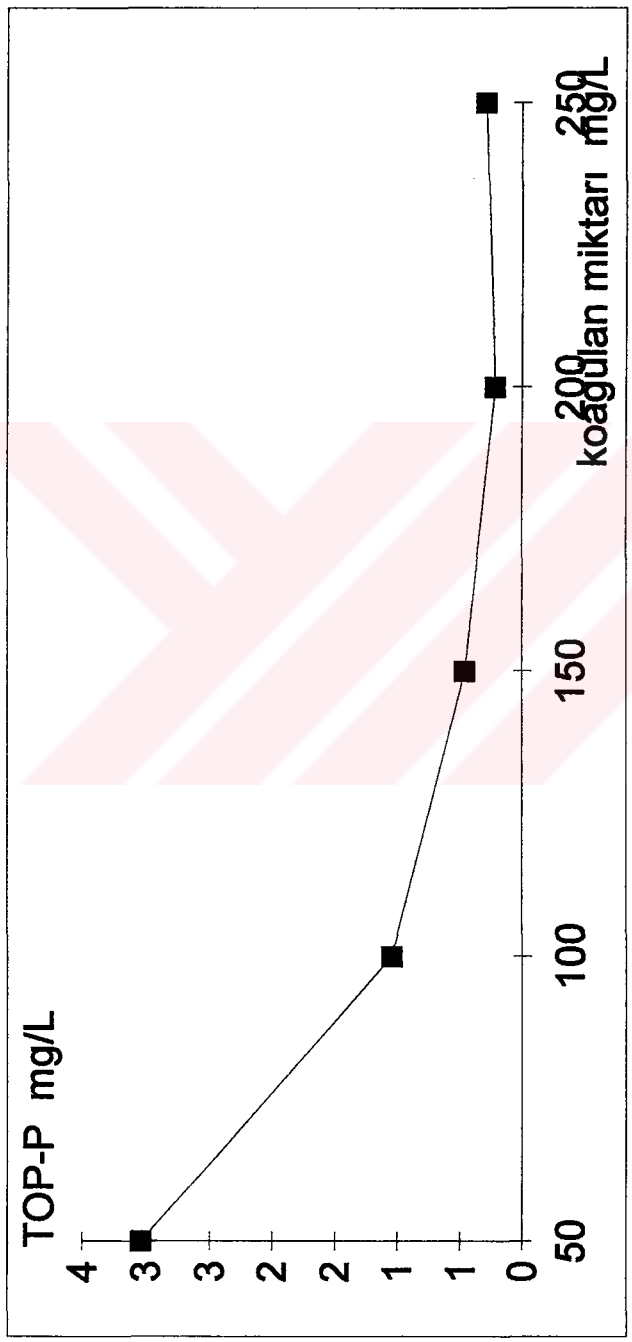
Şekil 6.11 Kireç + PE ile çötürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

Şekil 6.6 PAC ile çöktürmede giderim verimler (1)

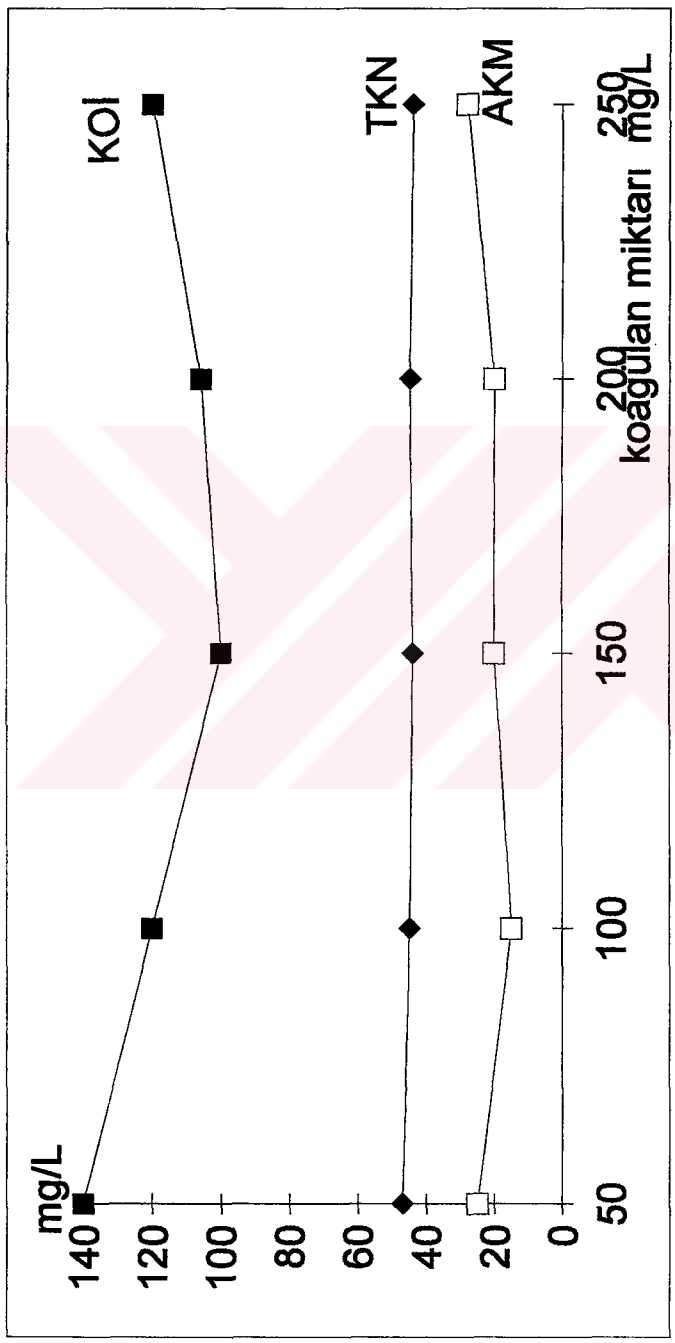
		PAC İLE ÇÖKTÜRME									
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L		250 g/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	375	140	62,67	120	68,00	100	73,33	106	71,73	120	68,00
AKM mg/L	122	25	79,51	15	87,70	20	83,61	20	83,61	28	77,05
TKN mg/L	53	47	11,32	45	15,09	44	16,98	45	15,09	44	16,98
TOP-P mg/L	6,29	3,034	51,76	1,039	83,48	0,461	92,67	0,216	96,57	0,289	95,41
pH	7,7	7,8		7,7		7,8		7,75		7,7	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	359	338		322		296		281		265	
SERTLİK mg/L CaCO3	56,2	54,8		55,6		56		56		55,6	
BULANIKLIK NTU	132	53		65		41		11,3		9,2	

Tablo 6.7 PAC ile çöktürmede giderim verimleri (2)

		PAC İLE ÇÖKTÜRME							
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	440	54,4	87,64	73,6	83,27	40,32	90,84	54,72	87,56
AKM mg/L	286	10	96,50	<10	>96,5	<10	>96,5	<10	>96,5
TKN mg/L	39	39	0,00	39	0,00	37	5,13	38	2,56
TOP-P mg/L	5,65	1,04	81,59	0,65	88,50	0,28	95,04	0,22	96,11
pH	7,7	7,8		7,65		7,6		7,55	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	360	320		312		290		275,6	
SERTLİK mg/L CaCO3	-	410		410		418		420	
BULANIKLIK NTU	110	16,3		24		14,9		14,7	



Şekil 6.12 PAC ile çöktürmede Top-P giderimi



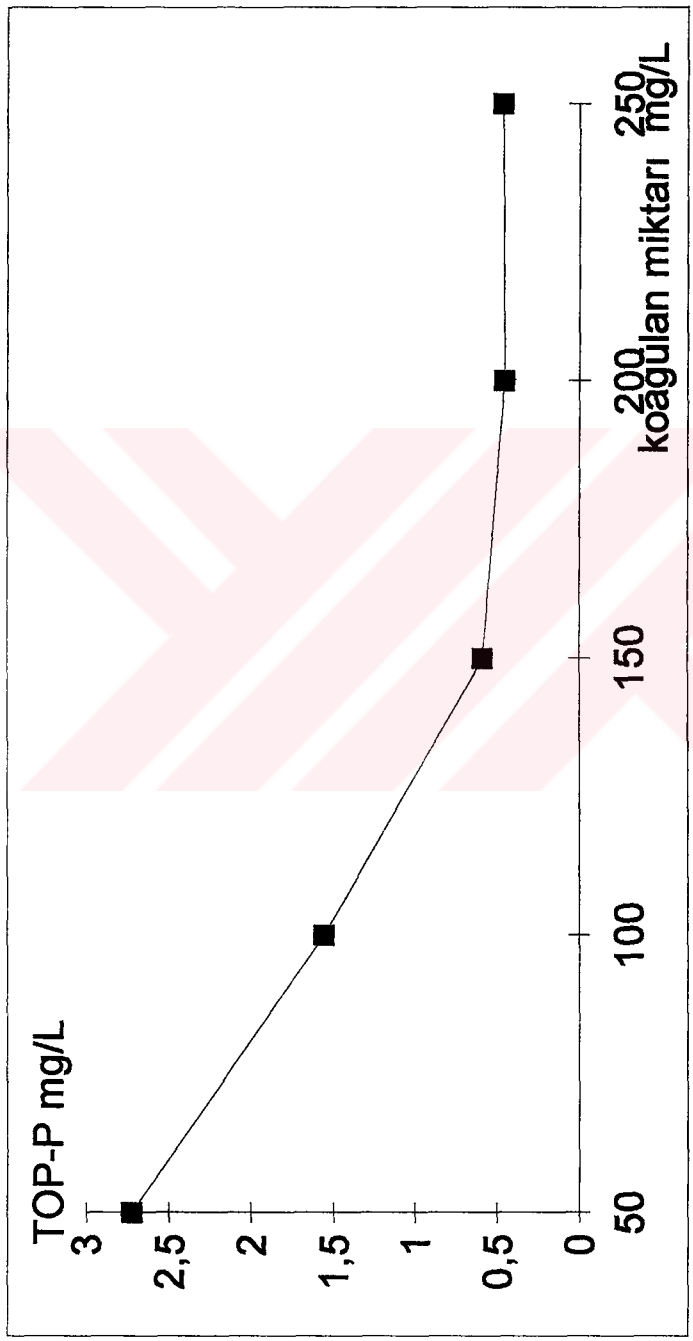
Şekil 6.13 PAC ile çöktürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

Tablo 6.8 Sumalchlor ile çöktürmede giderim verimleri (1)

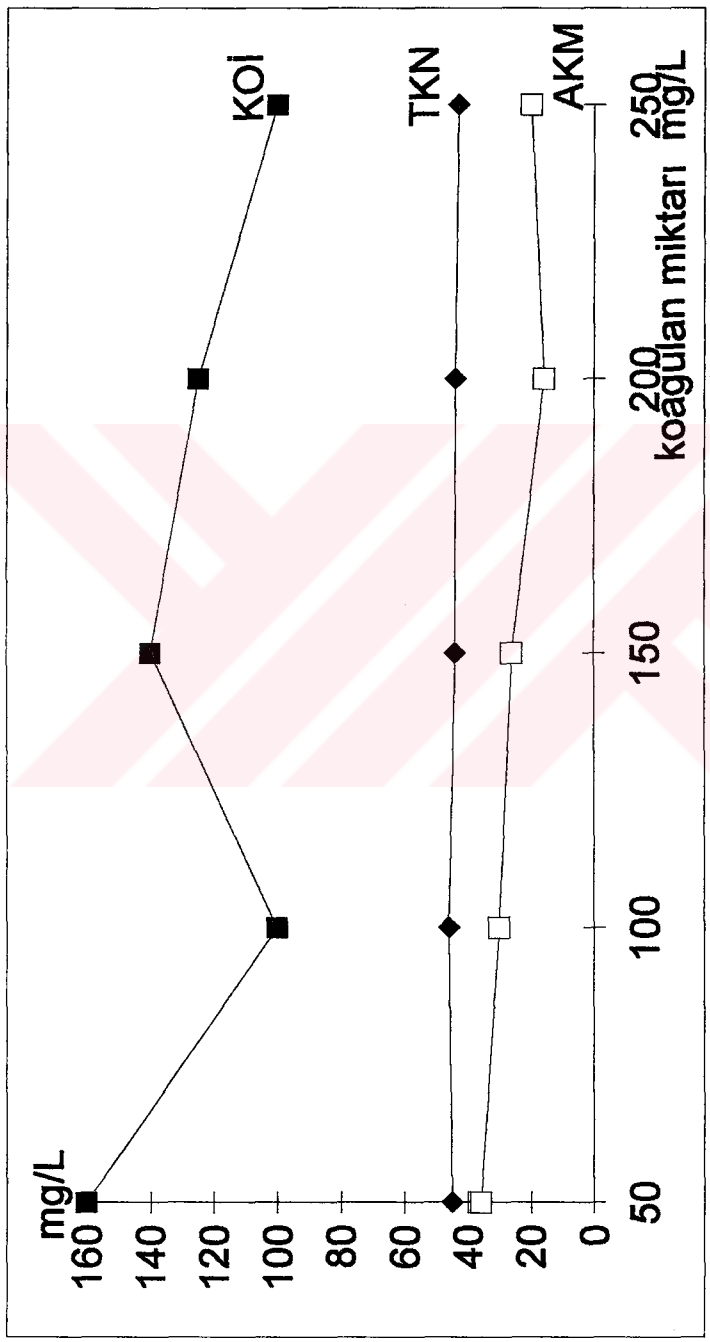
		SUMALCHLOR İLE ÇÖKTÜRME									
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L		250 g/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	375	160	57,33	100	73,33	140	62,67	125	66,67	100	73,33
AKM mg/L	122	36	70,49	30	75,41	26	78,69	16	86,89	20	83,61
TKN mg/L	53	45	15,09	46	13,21	44	16,98	44	16,98	43	18,87
TOP-P mg/L	6,29	2,725	56,68	1,558	75,23	0,587	90,67	0,457	92,73	0,463	92,64
pH	7,7	7,8		7,8		7,8		7,75		7,8	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	359	343		354		338		333		281	
SERTLİK mg/L CaCO3	56,2	54,8		54,4		54,4		55,2		54,4	

Tablo 6.9 Sumalchlor ile çöktürmede giderim verimleri (2)

		SUMALCHLOR İLE ÇÖKTÜRME							
		50 mg/L		100 mg/L		150 mg/L		200 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	440	121	72,50	69,12	84,29	38,7	91,20	39,9	90,93
AKM mg/L	286	26	90,91	22	>96,5	18	>96,5	<10	>96,5
TKN mg/L	39	39	0,00	37	5,13	38	2,56	39	0,00
TOP-P mg/L	5,65	1,67	70,44	1,23	78,23	0,28	95,04	0,36	93,63
pH	7,7	7,95		7,85		7,85		7,85	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	360	356		348,4		335		327,6	
SERTLİK mg/L CaCO3	-	404		404		406		404	
BULANIKLIK NTU	110	18		15,2		41		10,2	



Şekil 6.14 Sumalchlor ile çöktürmede Top-P giderimi



Şekil 6.15 Sumalchlor ile çöktürmede KOİ, AKM, TKN giderimi

6.2 Optimum Dozların Karşılaştırılması

Optimum doz karşılaştırılmasında 2 ayrı karekterde atıksu için çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada diğer koagülanlar için seçilen optimum dozlar sabit tutlurken pAC ve Sumalchlor farklı dozlarda seçilmiştir.

Atıksu karekterleri Tablo 6.11'deki gibidir.

Tablo 6.10 Arıtılabilirlikte karşılaştırma çalışması yapılan atıksuların karekterleri

	1. ATIKSU	2.ATIKSU
KOİ (mg/L)	650	440
AKM (mg/L)	257	286
TKN (mg/L)	48	39
TOP-P (mg/L)	5.67	5.65
pH	7.8	7.7
ALKALİNİTE (mg $CaCO_3$/L)	406	360
SERTLİK (mg $CaCO_3$/L)	400	-
BULANIKLIK (NTU)	128	110

Bu iki çalışma sonucunda ortaya çıkan giderim verimleri de Tablo 6.11 ve 6.12'de verilmektedir.

Giderim verimleri arasındaki farklılıklar atıksuyun karekterinin koagülan etkisini nasıl değiştirdiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 6.11 incelendiğinde koagülanların KOİ'de %63-83, AKM'de % 68-87, TKN'de %2.1-33, Top-P da % 82-96 arasında bir giderim verimi sağladıkları görülmektedir.

Tablo 6.12 incelendiğinde ise KOİ'de %85-91, AKM'de % 83-97, Top-P da % 52-95 arasında bir giderim verimi gözlenmektedir. 2. atıksuda diğer koagülanlar TKN'de bir giderim sağlamazken Sumalchlor % 5.13 gibi bir verim sağlamaktadır.

Bulanıklık en düşük değeri Sumalchlor ve PAC uygulamasında almaktadır.

Kireç ve alum sertliğin artmasına sebep olmaktadır. Alkalinite demir tuzları ve alum tarafından max. ölçüde tüketilmiştir. Alkalinitesi düşük sularda Sumalchlor ve PAC kullanımının uygun sonuçlar vereceği ortaya çıkmıştır.

Diğer yandan pH'taki min. değişiklik te yine PAC ve Sumalchlor uygulamasında meydana gelmektedir.

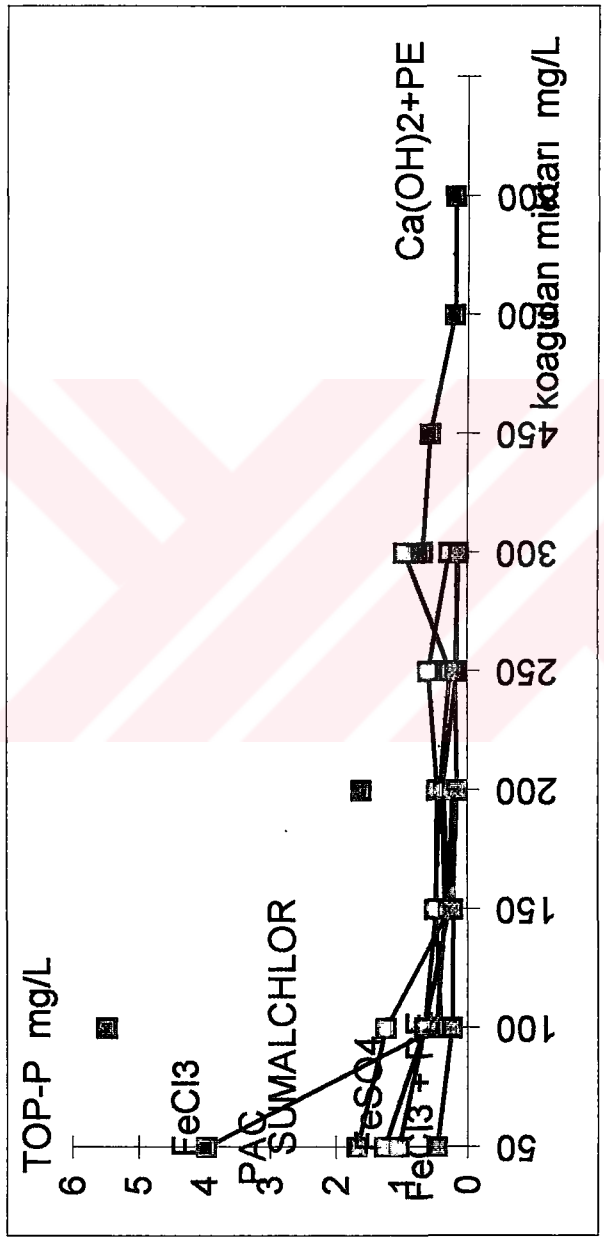
Bütün koagülanların dozlara bağlı olarak Top-P giderimlerini gösteren grafik Şekil 6.16'da yer almaktadır.

Tablo 6.11 Koagülanların verimlerinin karşılaştırılması (1)

		KOAGÜLANLARIN OPTİMUM DOZLARI													
		FeCl3		FeSO4		FeCl3+SEP.		ALUM		CaOH+PE		SUMALCHLOR		PAC	
		150 mg/L		200 mg/L		100 mg/L		250 mg/L		300 mg/L		150 mg/L		150 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOI mg/L	650	91.2	85.97	120	81.54	240	63.08	118.4	81.78	88	86.46	121.8	81.26	108.8	83.26
AKM mg/L	257	77	70.04	33	87.16	53	79.38	80	68.87	32	87.55	48	81.32	70	72.76
TKN mg/L	48	45	6.25	47	2.08	40	16.67	43	10.42	43	10.42	40	16.67	32	33.33
TOP-P mg/L	5.67	0.451	92.05	0.225	96.03	0.451	92.05	0.376	93.37	1.009	82.20	0.469	91.73	0.469	91.73
pH	7.8	7.4		7.3		7.7		7.5		9.15		7.85		7.75	
ALKALİNİTE mg/L	406	239		229		265		187		307		307		281	
SERTLİK mg/L	400	403		400		400		428		358		394		402	
BULANIKLIK NT	128	12.4		138		16.3		8.2		16.8		7.7		7.5	

Tablo 6.12 Koagülanların verimlerinin karşılaştırılması

		KOAGÜLANLARIN OPTİMUM DOZLARII													
		FeCl3		FeSO4		FeCl3+SEP.		ALUM		CaOH+SEP.		SUMALCHLOR		PAC	
		150 mg/L		200 mg/L		100 mg/L		250 mg/L		300 mg/L		100 mg/L		50 mg/L	
PARAMATRE	GİRİŞ	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%	ÇIKIŞ	%
KOİ mg/L	440	62,08	85,89	37,76	91,42	43,52	90,11	39,84	90,95	40,22	90,86	69,12	84,29	54,4	87,64
AKM mg/L	286	17	94,06	47	83,57	18	93,71	15	94,76	17	94,06	22	92,31	10	96,50
TKN mg/L	39	37	5,13	39	0,00	39	0,00	39	0,00	39	0,00	37	5,13	39	0,00
TOP-P mg/L	5,65	0,28	95,04	0,55	90,27	0,87	84,60	0,61	89,20	2,7	52,21	1,2	78,76	1,04	81,59
pH	7,7	7,15		7,45		7,5		7,3		9,15		7,85		7,8	
ALKALİNİTE mg/L CaCO3	440	239,2		228		275,6		275,6		431,6		348,4		320	
SERTLİK mg/L CaCO3	420	416		406		416		422		460		404		410	
BULANIKLIK NTU	110	14,8		147		16,5		15,7		21		15,2		16,3	



Şekil 6.16 Tüm koagülanların fosfat giderimlerinin karşılaştırılması

6.3 Günlük Koagülan Tüketimi

Yenikapı Ön Arıtma Tesisinde 1/1/1994 -31/3/1995 tarihleri arasında 92.920.500 m^3 atıksu arıtılmış ve Marmara Denizine deşarj edilmiştir. Bu ortalam 204.220 m^3 güne eşittir.

İkinci karşılaştırma sonuçlarına göre optimum dozlardan günlük kimyasal tüketimi hesaplandığında çıkan sonuçlar Tablo 6.13'te verilmiştir.

Tablo 6.13 Günlük Koagülan Tüketimleri

Koagülan	Optimum Doz (mg/L)	Günlük tüketim (kg/gün)
$FeCl_3$	150	30.633
$FeCl_3$ + PE	100 + 2	20.422
$FeSO_4$	200	40.844
Alum	250	51.055
Kireç + PE	300 + 2	61.266
PAC	50	10.211
Sumalchlor	100	20.422

Tablo 6.13 incelendiğinde minimum tüketimin sırasıyla PAC ve Sumalhlor'da olduğu görülmektedir.

6.4 Günlük Çamur Hesabı

6.4.1 $FeCl_3$ ile çöktürmede çamur hesabı

1) $FePO_4$ miktarı ;

$$FeCl_3.6H_2O + PO_4^{-3} \Longleftrightarrow FePO_4\downarrow + 3Cl^- + 6H_2O$$
$$162,5\ gm \qquad 95\ gm \qquad 151\ gm$$

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 5,37 mg/L
Arıtılan fosfat = 16,46 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren $FeCl_3$ miktarı = 28,16 mg/L
Oluşan $FePO_4$ miktarı =26,17 mg/L

2) $Fe(OH)_3$ çökeleğinin miktarı

Hidroksille reaksiyona giren $FeCl_3$ miktarı = 123,8 mg/L

$Fe^{+3} + 3H_2O \text{ <===> } Fe(OH)_3\downarrow + 3\ H^+$
56 gm 107 gm

Oluşan $Fe(OH)_3$ miktarı = 81,54 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L
Çıkış AKM = 17 mg/L

Giderilen AKM = 269 mg/L

4) Toplam Çamur = 376,71 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 76.199 kg.

6.4.2 $FeCl_3$ + PE ile çöktürmede çamur hesabı :

1) $FePO_4$ miktarı ;

$FeCl_3.6H_2O + PO_4^{-3} \text{ <===> } FePO_4\downarrow + 3Cl^- + 6H_2O$
162,5 gm 95 gm 151 gm

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 4,78 mg/L
Arıtılan fosfat = 14,65 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren $FeCl_3$ miktarı = 25,06 mg/L
Oluşan $FePO_4$ miktarı =23,29 mg/L

2) $Fe(OH)_3$ çökeleğinin miktarı

Hidroksille reaksiyona giren $FeCl_3$ miktarı = 76,71 mg/L

$Fe^{+3} + 3H_2O <===> Fe(OH)_3\downarrow + 3\ H^+$
56 gm 107 gm

Oluşan $Fe(OH)_3$ miktarı = 50,51 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L
Çıkış AKM = 18 mg/L

Giderilen AKM = 268 mg/L

4) Toplam Çamur = 341,8 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 69.809 kg.

6.4.3 $FeSO_4$ ile çöktürmede çamur hesabı :

1) $FePO_4$ miktarı ;

$3FeSO_4 + 2PO_4^{-3} <===> Fe_3(PO_4)_2\downarrow + 3SO_4^{-2}$
456 gm 190 gm 358 gm

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 5,1 mg/L
Arıtılan fosfat = 15,63 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren $FeSO_4$ miktarı = 37,5 mg/L
Oluşan $Fe_3(PO_4)_2$ miktarı = 29,44 mg/L

2) $Fe(OH)_3$ çökeleğinin miktarı

Hidroksille reaksiyona giren $FeSO_4$ miktarı = 170,56 mg/L

$Fe^{+2} + 2H_2O$ <===> $Fe(OH)_2\downarrow + 2H^+$
56 gm 90 gm

Oluşan $Fe(OH)_2$ miktarı = 100,99 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L
Çıkış AKM = 47 mg/L

Giderilen AKM = 239 mg/L

4) Toplam Çamur = 369,44 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 75.447 kg.

6.4.4 Alum ile çöktürmede çamur hesabı :

1) $AlPO_4$ miktarı ;

$Al_2(SO_4)_3.18H_2O + 2PO_4^{-3}$ <===> $2AlPO_4\downarrow + 3SO_4^{-2}$
342 gm 190 gm 244 gm

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 5,04 mg/L
Arıtılan fosfat = 15,45 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren alum miktarı = 27,81 mg/L
Oluşan $AlPO_4$ miktarı = 19,83 mg/L

2) $Al(OH)_3$ çökeleğinin miktarı

Hidroksille reaksiyona giren Alum miktarı = 222,19 mg/L

$Al^{+3} + 3OH^-$ <===> $Al(OH)_3\downarrow + 3\ H^+$
27 gm 78 gm

Oluşan $Al(OH)_3$ miktarı = 101,35 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L
Çıkış AKM = 15 mg/L

Giderilen AKM = 271 mg/L

4) Toplam Çamur = 392,18 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 80.091 kg.

6.4.5 Kireç + PE ile çöktürmede çamur hesabı :

1) Hidroksilapatit miktarı ;

$10Ca^{+2} + 6\ PO_4^{-3} + 2OH^- \ <===>\ Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$
400 gm 540 gm 974 gm

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 2,95 mg/L
Arıtılan fosfat = 8,56 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren Ca^{+2} miktarı = 6,34 mg/L
Oluşan Hidroksilapatit miktarı = 15,44 mg/L

2) $CaCO_3$ çökeleğinin miktarı

Bikarbonat ile reaksiyona giren Ca^{+2} miktarı= 155,82 mg/L

$Ca(OH)_2 + HCO_3^- \ <===>\ CaCO_3 \downarrow + 6OH^- + H_2O$
40 gm Ca 61 gm 100 gm

Oluşan $CaCO_3$ miktarı = 389,55 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L

Çıkış AKM = 17 mg/L

Giderilen AKM = 269 mg/L

4) Toplam Çamur = 673,99 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 137.642 kg.

6.4.6 PAC ile çöktürmede çamur hesabı :

1) $AlPO_4$ miktarı ;

$Al^{+3} + PO_4^{-3} <===> AlPO_4\downarrow$
95 gm 122 gm

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 4,615,04 mg/L
Arıtılan fosfat = 14,13 mg/L
Oluşan $AlPO_4$ miktarı = 18,15 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren aluminyum miktarı = 4,02 mg/L
= 0,15 mol
Al:Cl mol oranı = 0,55
0,15:Cl = 0,55 ---> Cl= 0,27 mol = 19,36 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren PAC miktarı = 19,36 + 4,02
= 23,38 mg/L

2) $Al(OH)_3$ çökeleğinin miktarı

Hidroksille reaksiyona giren PAC miktarı = 26,62 mg/L
Kalan PAC'taki Al miktarı 4,62 mg/L

$Al^{+3} + 3OH^- <===> Al(OH)_3\downarrow + 3\ H^+$
27 gm 78 gm

Oluşan $Al(OH)_3$ miktarı = 13,35 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L
Çıkış AKM = 10 mg/L

Giderilen AKM = 276 mg/L

4) Toplam Çamur = 307,58 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 62.798 kg.

6.4.7 Sumalchlor ile çöktürmede çamur hesabı :

1) $AlPO_4$ miktarı ;

$Al_2(OH)_5Cl.2,5H_2O + 2PO_4^{-3} <===> 2AlPO_4\downarrow + Cl^- + 5OH^- + H_2O$
174,45 gm 190 gm 244 gm

Atıksudaki Top-P = 5,65 mg/L
Arıtılan Top-P = 4,45 mg/L
Arıtılan fosfat = 13,64 mg/L

Fosfatla reaksiyona giren Sumalchlor miktarı = 12,53 mg/L
Oluşan $AlPO_4$ miktarı = 17,52 mg/L

2) $Al(OH)_3$ çökeleğinin miktarı

Hidroksille reaksiyona giren Al miktarı = 27,08 mg/L

$Al^{+3} + 3OH^- <===> Al(OH)_3\downarrow + 3\ H^+$
27 gm 78 gm

Oluşan $Al(OH)_3$ miktarı = 78,23 mg/L

3) AKM giderimi ile oluşan çamur miktarı :

Giriş AKM = 286 mg/L

Çıkış AKM = 22 mg/L

Giderilen AKM = 264 mg/L

4) Toplam Çamur = 359,75 mg/L

5) Günlük Çamur miktarı = 73.468 kg.

6.5 1995 Yılı Arıtılabilirlik Sonuçlarının 1991 Yılı Sonuçları ile Karşılaştırılması

Ortak koagülanlar için; 1995 yılı arıtılabilirlik çalışmalarının 1991 yılı ile karşılaştırması tablo 6.14'te verilmiştir.

Tablo 6.14 1995 yılı arıtılabilirlik sonuçlarının 1991 yılı sonuçları ile karşılaştırılması

	$FeCl_3$		$FeCl_3$ + PE		$FeSO_4$		Alum	
	1991	1995	1991	1995	1991	1995	1991	1995
pH ayarı	pH=5	yok	yok	yok	yok	yok	pH=6	yok
DOZ mg/L	200	150	150	100	200	200	200	250
KOI verimi %	91	85,9	82,3	90,1	68,7	91,4	78,2	90,9
AKM verimi %	65,5	94,1	95,1	93,7	79,1	83,6	86,2	94,8
TKN verimi %	-	5.1	15.8	0	16.9	0	29.3	0
Top-P verimi %	91,9	95	89,7	84,6	56,4	90,3	92,2	89,2

Tablo 6.14 incelendiğinde aşağıda belirtilen durumlar gözlenmektedir.

1- Koagülanların optimum dozları karşılaştırıldığında $FeCl_3$ dozajında azalma, Alum dozajında artış

görülmektedir. $FeSO_4$ dozajı ise her iki çalışmada da aynıdır.

2- Optimum alum dozajındaki artş alumun en etkin olduğu pH aralığının 5,5 -6 arası olamasından kaynaklanmaktadır. 1991 yılında bu durum gözönünde bulundurularak pH ayarı yapılmış; dolayısıyla daha düşük bir dozda % 3 daha yüksek bir fosfor giderim verimi sağlanmıştır.

3- 1995 yılı çalışmasında Top-P ,KOİ ve AKM'de giderim verimi %80'in üstünde seyrederken 1991 yılında Top-P giderimi % 56'ya ,AKM'de %65,5'a ve KOİ'de %68,7'ye kadar düşmektedir. Arıtma verimindeki bu genel artış yüksek debi ve kirletici yüke sahip deri endüstrisinin kalkmasından kaynaklanmaktadır.

4- 1991 yılında TKN parametresinde %15 ile %29 verim sağlanabilirken, 1995 yılı çalışmasında çoğu zaman çok düşük verimler elde edilmiştir. Bunun sebebi; TKN'nin daha çok çözünür formda olmasına yani atıksuyun karekterine bağlanmıştır.

5- 1991 yılındaki çalışmada $FeCl_3$ ve alum için pH ayarı yapılmış olması kimyasal madde tüketiminin dolayısıyla işletme giderlerinin artmasına sebep olmuştur.

6- 1991 yılında debi 313.000m^3/gün iken 1995 yılında 204.220 m^3/gün'e düşmüştür. Koagülan dozlarındaki azalmayla birlikte günlük koagülan tüketimi ve çamur üretimi düşmüştür. Bunun sonucunda işletme giderlerinde düşüş olmuştur.

7- Sonuç olarak Zeytinburnu'ndan dericilerin kalkması kimyasal arıtma tesisinin hem yatırım hem de işletme giderlerinin azalmasına sebep olmuştur. Ayrıca deri endüstrisinden kaynaklanan toksik kirleticiler ve yaratacağı riskler de ortadan kalkmıştır.

BÖLÜM 7 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi deşarjından alınan numune analiz sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 7.1'deki gibidir.

Tablo 7.1 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi Karekterizasyonu

PARAMETRE	ARİT. ORT.mg/L
$BOİ_5$	167
KOİ	471
AKM	308
TKN	52
TOP-P	5
$BOİ_5$/KOİ	0,36
$BOİ_5$/TKN	3,42
KOİ/TKN	9,91

Bu sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında atıksuyun genelde orta kuvette evsel atıksu civarında seyrettiği görülmektedir.

Atıksuyun karekteri partikül boyutlarına göre incelendiğinde de Tablo 7.2'deki durum ortaya çıkmaktadır. Tablo 7.2 incelendiğinde kimyasal arıtmanın uygun bir seçenek olduğu da açıkça görülmektedir.

Tablo 7.2 Yenikapı Ön Arıtma Tesisi
Partikül Boyutlarına Göre Dağılım

	Çözünmüş	**Askıda**	**Çökebilir**
Partikül Boyutları µm	< 0.45	0.45-106	>106
BOİ (toplamın %si)	35	37	27
KOİ (toplamın %si)	35	34	31
Top-P (toplamın %si)	78	13	9
TKN (toplamın %si)	77	13	10

Arıtılabilirlik çalışmalarında bütün koagülanlarla KOİ'de %80'in üzerinde, AKM'de yine % 80'nin üstünde, TKN'de % 5-15 arasında ve top-P'da % 78'in üzerinde giderim verimleri sağlanmıştır.

KOİ, AKM, ve top-P'da SKKY deşarj limitleri fazlasıyla sağlanabilmekte ancak Top-N zaman zaman bu limitleri aşmaktadır.

Kireç kullanımı dışında pH nötralizasyonu gerektiren bir durumla karşılaşılmamıştır.

Kimyasal madde gereksinimi, en az PAC ve Sumalchlor'da en fazla kireçte olmaktadır.

Üretilen çamur miktarı da yine en az ≅ 63 ton ile PAC'ta ve en çok ≅ 138 ton ile kireçte görülmeltedir.

KAYNAKLAR

[1] Beşir C. - Yenikapı Fiziksel Arıtma Tesisinden Deşarj Edilen Atıksuyun Biyolojik Arıtması, 1993

[2] Metcalf & Eddy- Waste Water Engineering - Treatment, Disposal, Reuse -3.Edition.

[3] Corbitt R.A., - Standart Handbook of Environmental Engineering, 1990

[4] Amirtharajah A.& C.R.O'melia - Coagulation Processes : Destabilization, mixing and Floculation - Water Management and Treatment.

[5] EPA Technology Transfer Process Design Manual for Suspended Solids Removal .

[6] Polialüminum-based Coagülant Technology (29-30.Oct.1992)

[7] R.Sedlack - Phosphorus and Nitrogen removal From Municipal Wastewater Principles and Practice.

[8] Snoeynk V.L. - Water Chemistry , 1980.

[9] EPA Design Manual Phosphorus Removal , Sep. 1987 .

[10] Rickert D.A.& Hunter J.V.- General Nature of Soluble and Particulate Organics in Sewage and Secondary Effluent - Wat.Res. Vol.5,1971

[11] Viessman JR. Hammer - Water Supply and Pollution Control -4.EDITION

[12] Henze Mogens & Kristensen G.H. & Strube R. - Characterization of Wastewater for Nutrient Removal Processes - Wat.Sci.Tec. Vol.29 N:7 , 1994

[13] Odegaard H. - Appropriate Technology for Wastewater Treatment in Coastal Tourist Areas -VOL.21,1989

[14] Özcan B. - İstanbul Evsel Atıksuları için Kimyasal Arıtmanın Fizibilitesi , 1991.

[15] Özcan B. & Orhon D. & Tünay O. - Yenikapı Deşarjı Atıksularının Kimyasal Arıtılabilirliği , 1992

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

18/6/1962 tarihinde Konya'da doğdu. Babasının subay olması sebebiyle farklı ilk ve orta dereceli okullarda eğitim gördükten sonra 1979 yılında Tekirdağ Namık Kemal Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Kimya Mühendisliği Fakültesine girdi ve 1983 yılında mezun oldu.

1983-85 arasında çeşitli biyokimya laboratuarlarında çalıştı. 17/9/1985'te İSKİ Su Arıtma Daire Başkanlığı-Su Kalite Kontrol Müdürlüğünde işe başladı. 1986 yılında Atıksu Arıtma ve Ruhsat Denetim Daire Başkanlığı kurulunca denetim ve konrol mühendisi olarak bu birimde görev aldı. 1993 Haziran - 1994 Ağustos ayları arasında Yenikapı İşletmeler Müdürlüğünde çalıştı. Şu anda Atıksu Arıtma ve Ruhsat Denetim daire Başkanlığında Bilgi İşlem Teknik Şefi olarak görev yapıyor.