

14046

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YON YIKAMA ATIKSULARININ ASİTLE EMULSİYON
KIRMA METODUYLA ARITILMASI ÜZERİNE BİR ARASTIRMA

DOKTORA TEZİ

Y. MÜH. İSMAİL TORUZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 1 Subat 1988

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Nisan 1988

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Veyisel EROĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Olcay TONAY

Doç.Dr. Adem BAŞTÖRK

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

NİSAN 1988

ÖNSÖZ

Bu tezin konusunun seçiminde bana yol gösteren ve tez ile yakından ilgilenen Sayın Hocam Prof.Dr. M.Halit GÖKNİL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezimi yürüten ve tezin her safhasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç.Dr. Veysel EROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Tezimin bütün safhalarıyla yakından ilgilenen ve değerli fikirleriyle teşvik ve yardımlarda bulunan Hocam Sayın Doç.Dr. Olcay TÜNAY'a en derin şükranlarımı arz ederim. Bilgilerinden yararlandığım Hocam Doç.Dr. Adem BAŞTÜRK'e teşekkür ederim. Tezin çeşitli safhalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr. H.Ali SAN'a, Dr.Cumali KINACI'ya teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında gösterdikleri ilgi ve desteklerinden dolayı Altınyıldız mensuplarına ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İsmail TORÖZ

İÇİNDEKİLER

NOTASYON

ŞEKİL LİSTESİ

TABLO LİSTESİ

ÖZET

SUMMARY

BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. GENEL	1
1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI	3
BÖLÜM 2. YÜN YIKAMA ATIKSU ÖZELLİKLERİ VE ARITMA	
KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	5
2.1. YÜN YIKAMA İŞLEMİ	5
2.1.1. Yün Yıkama Metodları	6
2.2. YÜN YIKAMA ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ	6
2.2.1. Yün ve Üzerinde Bulunan Kirleticiler ..	6
2.2.2. Atıksu miktarı ve Kirletici Madde	
Karakterizasyonu	7
2.3. YÜN YIKAMA ATIKSULARININ ARITILMASI	
KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	11
2.3.1. Arıtma Alternatifleri	
2.3.2. Arıtma Konusunda Yapılmış Çalışmalar ..	16
2.3.3. Yıkama Sularından Yağın Geri Kazanılması	
ile İlgili Çalışmalar	23
BÖLÜM 3. KOLLOİDAL HALDEKİ KİRLETİCİLERİN GİDERİLME	
ESASLARI VE KARIŞTIRMA KİNETİĞİ	24
3.1. KOLLOİDAL SİSTEMLERDE KARŞILAŞILAN	
PARTİKÜLLERİN ÖZELLİKLERİ	24
3.2. KOLLOİDLERİN STABİLİZASYONU	25
3.3. KOLLOİDLERİN DESTABİLİZASYONU	27
3.4. STABİLİZASYON VE DESTABİLİZASYONA TESİR	
EDEN FAKTÖRLER	29
3.5. KARIŞTIRMA KİNETİĞİ	33
BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	39
4.2. ARAŞTIRMANIN YAPILDIĞI İŞLETMEDE UYGULANAN	
YIKAMA ŞEKLİ VE ATIKSU ÖZELLİKLERİ	40

4.3. DENEY DÜZENİ VE TEKNİKLERİ	44
4.3.1. Kesikli Sistem çalışmaları ile Yumaklaş - tırma Deneyleri	44
4.3.2. Sürekli Sistem Çalışmaları	46
4.4. KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ.....	50
4.5. DENEY NETİCELERİ	53
4.5.1. Karıştırmanın Etkisinin İncelenmesine Ait Neticeler	53
4.5.2. İlâve Deterjan Konsantrasyonunun Etkisine Ait Neticeler	54
4.5.3. pH'ın Etkisine Ait Neticeler	54
4.5.4. Sürekli Sistem Çalışmalarından Bulunan Neticeler	54
BÖLÜM 5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE GENEL İFADELERİN ÇIKARILMASI	60
5.1. KARIŞTIRMANIN YAĞ GİDERİMİNE ETKİSİ VE GENEL İFADELERİN ÇIKARILMASI	60
5.2. DESTABİLİZASYONDA DETERJANIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ	66
5.3. ASİTLE EMÜLSİYON KIRMAK İÇİN EN UYGUN pH ARALIĞININ TESBİTİ	68
5.4. pH AYARINDA GEREKLİ ASİT MİKTARI VE İLETKENLİK DEĞİŞİMLERİ İLE İLGİLİ İFADELERİN ÇIKARILMASI	72
5.5. PİLOT TESİS ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	74
5.6. KİRLETİCİ PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ VE ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYU NETİCELERİ İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ ..	75
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	86
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	

NOTASYON

Sembol	Birim	Açıklama
A	L^2	Pedal yüzey alanı
$A(r)^{-6}$	$MA^{-1}L^2t^{-3}$	Çekme enerjisi
$B(r)^{-12}$	$MA^{-1}L^2t^{-3}$	İtme Enerjisi
C_A	ML^{-3}	Deney sonunda üst fazda kalan askıda katı madde (AKM) konsantrasyonu
C_{A_0}	ML^{-3}	Numunede AKM konsantrasyonu
C_K	ML^{-3}	Deney sonunda üst fazda kalan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) konsantrasyonu
C_{K_0}	ML^{-3}	Numunede KOİ konsantrasyonu
C_Y	ML^{-3}	Deney sonunda üst fazda kalan yağ konsantrasyonu
C_{Y_0}	ML^{-3}	Numunede yağ konsantrasyonu
C_D	ML^{-3}	Deney esnasında numuneye ilâve edilen deterjan konsantrasyonu
d	L	Partikül çapı
D_p	L	Pervane çapı
e	A.t	Elektron yükü
G	t^{-1}	Ortalama hız gradyanı
k	ML^2t^{-2}	Boltzman sabiti
k	-	Güç sayısı
n	L^{-3}	Birim hacimde iyon sayısı
$n(d_1)$	L^{-3}	d_1 çapındaki partiküllerin sayıca konsantrasyonu
$n(d_2)$	L^{-3}	d_2 çapındaki partiküllerin sayıca konsantrasyonu
N	t^{-1}	Pervane dönme hızı
N_0	L^{-3}	Birim hacimde başlangıç anında partikül sayısı
N_p	-	Pervane güç sayısı
N_{Re}	-	Reynold sayısı

Sembol	Birim	Açıklama
N_t	L^{-3}	Birim hacimde t anında partikül sayısı
P_l	ML^2t^{-3}	Pervane gücü
$\bar{P}$	ML^2t^{-3}	Karıştırma tankında ortalama güç dağılımı
pH	-	Numunede ölçülen pH
pH _s	-	Deney sonunda ölçülen pH
r	L	Kolloidler arasındaki mesafe
R	$A^2t^3M^{-1}L^{-3}$	Numunede ölçülen iletkenlik
R_l	$A^2t^3M^{-1}L^{-3}$	Asit ilâvesiyle meydana gelen iletkenlik artışı
t	t	Bekletme süresi
T	T	Sıcaklık
v_r	Lt^{-1}	Pedal çevre hızı
V	L^3	Karıştırılan su hacmi
V_{asit}	-	pH'ı ayarlamak için numuneye ilâve edilen asit miktarı
V_{ϕ}	-	Deney sonunda meydana gelen çamur hacmi
$V_{\phi km}$	-	Numunede ölçülen çökebilir katı madde (ÇKM) miktarı
x	L	Difüz kısmın uzunluğu
z	-	Değerlik
α	-	Birleşmeye neticelenen çarpışmaların sıklığı
ϵ	$A^2t^4M^{-1}L^{-2}$	Dielektrik sabiti
ϵ'	$ML^{-1}t^{-3}$	Birim hacime veralen enerji
η	-	Karıştırma sonucu meydana gelen girdap boyutu
η_k	-	Kirletici giderme verimi
μ	$ML^{-1}t^{-1}$	Dinamik viskozite
ν	L^2t^{-1}	Kinematik viskozite
ρ	ML^{-3}	Akışkanın yoğunluğu
U	$MA^{-1}L^2t^{-3}$	Potansiyel enerji farkı
ψ	$MA^{-1}L^2t^{-3}$	Çift tabakanın difüz kısmında potansiyeldeki azalma

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil no	Açıklama	
2-1.	Yün yıkama Atıksularının Arıtma Akım Şeması	12
2-2.	Yıkama Sularının Arıtılmasına Ait Bir Akım Şeması	13
2-3.	Yıkama ve Yağ Geri Kazanma Sistemi Akım Şeması	14
2-4.	Yıkama Sularının Farklı Alüminyum Tuzları ile Arıtılmasında Al Konsantrasyonunun Etkisi	17
2-5.	Yıkama Sularının Alümla Arıtılmasında Sıcaklığın Etkisi	17
3-1.	Kolloidal Bir Tanecik Etrafındaki Çift Tabakada Yük Dağılımı	25
3-2.	Potansiyel Enerji Eğrileri	26
3-3.	İkinci Derece Minimumu Gösteren Potansiyel Enerji Eğrisi	27
3-4.	Destabilizasyonda Çeşitli Maddelerin Etkisi	30
3-5.	Destabilizasyonda pH'ın Etkisi	31
3-6.	Lanolin Konsantrasyonuna Bağlı olarak İki Ayrı Sodyum Karbonat Konsantrasyonunda Yağ Giderme Verimi	31
3-7.	Yün Yağı Emülsiyonunun Stabilitesinde Yün Yağı Kalitesinin Etkisi	32
3-8.	Girdaplarla Taşınan Kimyasal Maddelerin Meydana Getirdiği Destabilizasyon Olayının Şematik Gösterilişi	36
4-1.	Tesis e Ait Yün Yıkama İşletme Akım Şeması	42
4-2.	pH Ayarlamasında Asit Miktarı pH ilişkisi	46
4-3.	pH Ayarlamasında pH-İletkenlik ilişkisi	46
4-4.	pH 3 Ayarında Numune pH'ı ile Asit İlâvesi ve İletkenlik Artışı ilişkisi	47
4-5.	Pilot Tesisin Şematik Gösterilişi	48
4-6.	Arıtma Tesisinin Şematik Gösterilişi	49
4-7.	Pilot Tesisin Çalışmasına Ait Görüntüler	51
4-8.	Karıştırmanın Etkisine Ait Deney Neticeleri	55-7

<u>Şekil no</u>	<u>Açıklama</u>	
4-9.	İlâve Deterjan Konsantrasyonlarının Etkisine Ait Deney Neticeleri	58
4-10.	Kirletici Gideriminde pH'ın Etkisine Ait Deney Neticeleri	59
5-1.	Karıştırma Şiddetinin Kalan Yağ Miktarına Etkisini Gösteren Denklem Eğrisi	63
5-2.	Karıştırma Şiddetinin Etkisinin İncelenmesinde Parametreler Arasındaki Genel Denklem Eğrileri	65
5-3.	İlâve Deterjan Konsantrasyonlarının Etkisine Ait Genel Denklem Eğrileri	69
5-4.	Yün Yağı Emülsiyonunun Zeta Potansiyelinde pH'ın Etkisi	70
5-5.	Yün Yağı Emülsiyonunun Zeta Potansiyelinde NaCl'ün Etkisi	70
5-6.	pH'ın Kalan Kirletici Miktarına ve Çamur Hacmine Etkisini Gösteren Genel Denklem Eğrileri	73
5-7.	Pilot Tesis Çalışmalarında Bulunan Netice- lere Ait Genel Denklem Eğrileri	77
5-8.	AKM-Bulanıklık İlişkisinin Grafik Halinde Gösterilmesi	78
5-9.	AKM optik Yoğunluk İlişkisinin Grafik Halinde Gösterilmesi	79
5-10.	Yağ-AKM İlişkisinin Grafik Halinde Gösterilmesi	80

TABLO LİSTESİ

Tablo no	Açıklama	
2-1.	Yün Yıkama Atıksularına Ait Tipik Kirletici Özellikler ve Atıksu Miktarları	8
2-2.	Yün Yıkama Atıksularında Bulunan Kirleticiler	9
2-3.	Yün Yıkama ve Diğer Atıksuların Biyolojik Arıtılmasında Gerekli Enerji ve Bekletme Sürelerinin Karşılaştırılması	10
2-4.	Atıksu Kirlilik Yükleri ve Uzaklaştırma Masraflarının Yıkama Tekniklerine Göre Değişimi	11
2-5.	Atıksu Arıtma Metodları ve KOİ Giderme Verimleri ile Yatırım Masraflarının Karşılaştırılması	15
2-6.	Pilot Tesis Veya Yarı Endüstriyel Ölçekte Kullanılan Yeni Arıtma Metodları	15
4-1.	İşletmede Uygulanan Yıkama Şartları	41
4-2.	Yıkamada Kullanılan Ham Madde Miktarları	41
4-3.	Teknelerde Çalışma Şartlarına Ait Bir Örnek	43
4-4.	Yıkama Tekniklerinde pH ve Sıcaklık Değerleri	43
4-5.	Yıkama Tesisine Ait Analiz Neticelerinin Değerlendirilmesinden Bulunan Atıksu Özellikleri	44
5-1.	Karıştırma Şiddetinin Etkisinin İncelemesinde Parametreler Arasındaki Korelasyon- Regresyon Katsayıları ve Fonksiyon Tipleri	63
5-2.	İlâve Deterjan Miktarlarının Etkisinin İncelenmesinde Parametreler Arasındaki Korelasyon Regresyon Katsayıları ve Fonksiyon Tipleri	68
5-3.	pH Aralığı Seçiminde pH ile Konsantrasyonlar ve Çamur Hacmi Arasındaki İlişkiyi Veren Fonksiyon Tipleri ve Katsayılar	72
5-4.	pH Ayarlamasında Son pH ile V_{asit} ve R Arasındaki ilişkiyi Veren Fonksiyon Tipi ve Katsayılar	74
5-5.	Arıtma Tesisi Ön Reaksiyon Havuzu Çıkış Suyunda Teorik ve Deneysel Olarak Bulunan AKM ve YAĞ Konsantrasyonları	81
EK.Tablo A-1.	Yün Yıkama Atıksu Özellikleri	93
EK.Tablo A-2.	pH Ayarında Asit İlâveleri (Der. H_2SO_4 - ml/l)	94
EK.Tablo A-3.	pH Ayarında İletkenlik Değişimleri	94

Tablo no	Açıklama	
EK.Tablo A-4.	pH 3 Ayarı İçin Asit İlâveleri ve İletkenlik Artışları	94
EK.Tablo A-5.	Karıştırma ile İlgili Deney Neticeleri	95
EK.Tablo A-6.	İlâve Deterjan Konsantrasyonunun Kalan Kirletici Miktarına ve Çamur Hacmine Etkisine Ait Neticeler	96
EK.Tablo A-7.	En Uygun pH Tesbiti Deney Neticeleri	97
EK.Tablo A-8.	Pilot Tesis Çalışmalarına Ait Deney Neticeleri	98
EK,Tablo B-1.	AKM ile Bulanıklık Ölçümlerine Ait Neticeler	99
EK.TABLO B-2.	AKM ile Optik Yoğunluk Ölçümlerine Ait Neticeler	99
EK.Tablo B-3.	Asitle Emülsiyon Kırma İşleminde Sonra Kalan Yağ ve AKM Konsantrasyonları	100

ÖZET

Yün yıkama atıksuları yüksek konsantrasyonlarda yağ ve askıda katı madde muhtevasıyla karakterize edilmektedir. Ayrıca noniyonik deterjan bulunan bu sularda yağlar emülsiyon halde bulunmaktadır. Yün yıkama atıksularının arıtılmasında henüz standart sayılabilecek bir metod geliştirilmemiş olmakla birlikte, kolay uygulanabilirliği ve diğerlerine göre ekonomik olması sebebiyle asitle emülsiyon kırma metodu geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu metodda atıksuyun pH'ı asidik seviyelere ($\text{pH} < 3$) indirilir, bu esnada karıştırma işlemi yapılır ve daha sonra bir çöktiriciden geçirilir. Yaptığımız çalışmada, bu tür atıksuların asitle emülsiyon kırma metoduna göre arıtılmasında karıştırmanın, deterjan konsantrasyonunun ve pH'ın etkisi kesikli sistem çalışmaları ile incelemiştir. Ayrıca atıksuyun orijinal deterjan muhtevasında ve $\text{pH} < 3$ 'de karıştırmanın etkisi sürekli sistemde de incelenmiştir.

Birinci bölümde, tekstil endüstrisinin Türkiye'deki önemi belirtilmiş, buna bağlı olarak yünlü sanayiinin durumu kısaca incelenmiş yün yıkama atıksularının arıtılmasının öneminden bahsedilmiş ve çalışmamızın amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, yün yıkama işlemi tanıtılmış ve yün yıkama atıksularının özellikleri çeşitli yönleri ile incelenerek, yıkama metoduna göre kirletici konsantrasyonlarındaki farklılık gösterilmiştir. Yün yıkama atıksularının arıtılması konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, kolloidal haldeki kirleticilerin giderilme esasları üzerinde durulmuş, stabilizasyon ve destabilizasyona tesir eden faktörler incelenmiştir. Kolloidlerin giderilmesinde karıştırmanın öneminden bahsedilerek, bu konuda geliştirilmiş kinetik ifadeler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, deneysel çalışmanın planlanması, inceleme yaptığımız işletmenin tanıtılması, deney düzeni ve teknikleri ile yapılan çalışmalardan bahsedilmiş, pilot tesis ve tam ölçekli tesis tanıtılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan hesap yöntemleri incelenmiş, deney sonuçları verilmiştir.

Beşinci bölümde, deney sonuçları çeşitli yönleri ile değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmaların sonunda atıksuda kalan kirletici madde (yağ, askıda katı madde, KOİ) miktarlarını ve meydana gelen yağlı çamur hacimlerini, karıştırma şiddetine, deterjan konsantrasyonuna ve pH'ya bağlı olarak ifade eden genel bağıntılar çıkarılmıştır. Ayrıca kirleticiler arasındaki ilişkiler incelenerek, arıtma sonunda yapılacak basit ve ucuz analizlerle kirlilik tayini için grafikler verilmiştir.

Altıncı bölümde, bulunan neticeler toplu halde özetlemiştir.

SUMMARY

AN INVESTIGATION ON THE TREATMENT OF WOOLSCOURING WASTEWATERS BY ACID CRACKING METHOD

Woolscouring wastewaters are characterized with their high suspended solids and grease content. Wastewaters also contain non-ionic detergents. Grease content of these wastes is in emulsified form.

These wastewaters have harmful influence on receiving waters when they are directly discharged to surface waters, because of very high concentrations of pollutants which are known to be extremely toxic to aquatic life. Therefore high content of grease and suspended matter of this wastes makes them also very hazardous to the sewage system.

On the other hand treatment of woolscouring wastewaters by conventional methods is rather difficult and requires a pre-treatment stage which is known as grease removal.

Although there have not been developed a standard treatment technique for woolscouring wastewaters, removal method of grease with acid-cracking process is being applied commonly due to its relative low cost and simplicity. In this method wastewater is first acidified in order to decrease its pH below 3 and agitated during this operation, then it is settled. Some doubts about the reliability on the performance of the acid-cracking method have arisen after introduction of non-ionic detergents in woolscouring process.

In this study an experimental investigation of the effect of pH, mixing intensity and detergent concentration on the efficiency of acid-cracking treatment of woolscouring wastewaters is carried out. A statistical approach is employed for the evaluation of the results.

In the first chapter, importance of textile industry in Turkey is stressed, share of the wool industry in it is investigated. Treatment requirements of woolscouring wastes are considered and the aim and concept of this study is outlined.

In the second chapter, an outline of the woolscouring process is given. Characteristics of wastewaters originating from the process and quality variations with respect to different processes of scouring are delineated. Methods that have been employed for the treatment of woolscouring wastewaters are summarized.

In the third chapter, removal mechanisms of colloidal pollutants are considered, the factors affecting electrostatic stabilization and destabilization are summarized. Importance of agitation in the destabilization process of colloids is discussed and kinetics of the process is outlined.

In the fourth chapter, the production scheme and the treatment plant of the industry where the experimental study is carried out is delineated. Planning of the experimental study is outlined, materials and methods of the experiments are given. Results of the experiments and the methods of evaluation are presented.

In the fifth chapter the results of the experiments are evaluated considering various aspects of the process. Relations between the concentrations of COD, oil and grease and suspended solids of the effluent and various parameters of the operational parameters such as pH, detergent content agitation intensity, volume of sludge are developed. Relations between the effluent quality parameters and the parameters which can be readily determined by low cost methods such as turbidity are developed and plotted.

Results of the study are summarized in the sixth chapter.

Results and finding of the study can be summarized as follows : Maximum and minimum values of woolgrease, COD

and SS concentrations of the studied woolscouring wastewaters are found as 4.3-12.3 g/l , 15.8-42.0 g/l and 3.4-13.1 g/l, respectively. Pollutant loads are obtained as : 80-230 kg grease/ton product and 300-800 kg COD/ton product and 64-245 kg SS/ton product.

Results of the study indicate that the emulsion breaking method of acid-cracking accompanied by agitation can be used as an efficient method of treatment for the woolscouring wastewaters which contains non-ionic detergents. Treatment performances are found to be inadequate when short agitation periods of 1-5 minutes are applied under the low velocity gradient of 200 sn^{-1} . Under these conditions the effluent concentrations of grease and suspended solids exceed 1000 mg/l. The agitation period of 15 minutes yields oil and grease and suspended solids concentrations below 500 mg/l which corresponds 90% grease, 95% suspended solids and 80% COD removals.

Velocity gradient is measured and expressed in terms of dimensionless parameter G.t. Preexperiments indicates that adequate treatment efficiencies of over 90% can be achieved with G.t values over 15.10^4 .

Relation between remaining grease concentration(C_g) and G.t is analyzed statistically and best fit is obtained for a general exponential form. Resulting equation for batch-scale experiments is;

$$C_g = 1,90.e^{-9,89.10^{-6}(G.t)} , \text{ g/l, } (r=0.929)$$

For continuous system studies it becomes;

$$C_g = 1,50.e^{-7,6.10^{-6}(G.t)} , \text{ g/l, } (r=0.908)$$

The same form of regression is obtained between the remaining SS concentrations and G.t as;

$$SS = 1,3.e^{-9,7.10^{-6}(G.t)} , \text{ g/l, } (r=0.912)$$

Non-ionic detergent content of the wastewaters ranges from 300 to 600 mg/l. A study is carried out in order to determine the effect of detergent concentration upon effluent grease, SS and COD concentrations for pH values below 3 and for a constant agitation intensity of G.t : 2.10^5 . For this purpose the non-ionic detergent is added to scouring wastewater up to 1500 mg/l in addition to the original detergent content. A measurable change in treatment performances has not been observed for the additional detergent concentrations between 0-600 mg/l.

But it is observed that increase in additional detergent concentrations over 600 mg/l decreases pollutant removal efficiencies. The following exponential relationships between effluent grease and additional detergent (C_d) and SS and C_d concentrations are obtained statistically as :

$$C_g = 0,267.e^{1,771.(C_d)} , \text{ g/l } , (r= 0.910)$$

$$SS = 0,108.e^{2,37.(C_d)} , \text{ g/l } , (r= 0.939)$$

The volume of settled slurry is also found to decrease linearly as a function of additional detergent content as follows :

$$V_s = 37,31-(21,02).C_d , \% , \quad (r= 0.951)$$

Influence of pH on the removal efficiency is investigated for a constant G.t of 2.10^5 . pH is varied within the range of 2 and 5. Better destabilization of emulsified grease is observed for lower side of the pH range. Relations between pH and effluent grease concentrations are searched and following exponential expressions are found from regression-correlation analysis for remaining grease, suspended solids and COD concentrations:

$$C_g = 0,046.e^{0,896.pH} , \text{ g/l } , (r= 0.978)$$

$$SS = 3,72.10^{-3}.e^{1,416.pH} , \text{ g/l } , (r= 0.978)$$

$$COD = 0,681.e^{0,610.pH} , \text{ g/l } , (r= 0.968)$$

The volume of slurry is a linear function of pH as ;

$$V_s = 46,75 - 7,0.pH , \% \quad (r=0.957)$$

The above expressions are also illustrated graphically.

Since the concentrations of oil and grease and suspended solids in the raw wastewaters are too high turbidity measurement cannot be applied. However, the turbidity and optical density measurements are found to provide a good indication of the quality of acid-cracking treated wastewaters.

It is shown in this study that using suspended solids concentrations of treated effluents can be predicted turbidity and optical density (O.d.) measurements, and related expressions are given as;

$$SS = 0,1043.e^{4,68.10^{-3}.B} \quad , \quad g/l \quad , \quad (r= 0.904)$$

$$SS = 0,3016.e^{O.d.} - 0,30 \quad , \quad g/l \quad , \quad (r= 0.972)$$

Similarly, relations between grease and SS concentrations are analyzed and the following linear expression is obtained which is valid for different pH values ;

$$SS = -0,207+0,971.C_g \quad , \quad g/l \quad , \quad (r= 0.954)$$

Plots of the above three relationships are also given for 95 % and 99 % confidence limits.

General relationships which are developed above are checked with data obtained from analysis of treatment effluents and also quantities of relative errors are determined. The last three relations can be applied in predicting effluent suspended solids concentrations within the relative errors of % 20 - 25 and % 5 - 10 for pollutant concentrations from 200 to 500 mg/l and for those greater than 1000 mg/l respectively.

BÖLÜM 1

G İ R İ Ő

1.1. GENEL

Son yıllarda artan çevre kirlermesi, alıcı ortamlara verilecek atık sularda kirliliğin azaltılması hususunda sıkı bir kontrolün uygulanması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bilhassa endüstrilerden gelen ve oldukça kirletici özelliklere sahip atıksular için yapılacak kontrol ayrı bir önem taşımaktadır.

Tekstil endüstrisi, tarihi hüviyeti, teknik gelişmeleri ve çok yönlü katkı ve verim imkânları ile Türkiye ekonomisi içerisinde büyük yer tutmaktadır. 1982 yılı sonuçları itibariyle, Türkiye'nin toplam imalât sanayiindeki istihdam miktarında, bu sanayiimizin payı % 24.1'i bulmakta ve bu oran, en yüksek katkıyı sağlamaktadır[1].

Tekstil endüstrisi Üretim kollarından birini oluşturan yünlû sanayii, özellikle Tanzimattan sonra Feshane ve Hereke fabrikaları ile Karamürsel, Altınyıldız ve İzmir Halkapınar fabrikalarının kurulması ile gelişmeye başlamıştır. Yün ipliği Üretimi her geçen yıl biraz daha artmış ve kamu ve özel sektör toplamı olarak 1981'de 23,9 bin ton iken, 1985'de 437 bin tona çıkmıştır. Benzer şekilde yünlû dokuma Üretimi de 1981'de 22 milyon metre'den, 1985'de 23 milyon metreye yükselmiştir[2].

Yünlû mamul Üretiminin artışına paralel olarak, Üretimde kullanılan su tüketimi de artmıştır. Dolayısıyla proseslerde kullanılan suların atılmasıyla bu sanayii kolundan ileri gelen kirlirme de her geçen gün artış göstermiştir.

Yünlû sanayiinde, yün yıkama işlemi kirleticilik yönünden ayrı bir öneme sahiptir. Ülkemizde yünlû sanayiinin büyüklüğü gözönüne alındığında, bu konuda yapılacak çalışmaların önemi ortaya çıkacaktır..

Yün yıkama işletmelerinden kaynaklanan atıksularda Yağ, KOİ ve AKM konsantrasyonları oldukça yüksektir. Emülsiyon halde yağ ihtiva eden bu tür atıksular herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmadan kanala, akarsuya veya denize verilmesi halinde bir takım zararlı tesirler gösterirler. Emülsiyon haldeki yağlar balıklara zehir etkisi yapar. Yağlar, ayrıca biyolojik arıtma sistemlerinde mikroorganizma floklerinin yüzeyini kaplayarak ve oksijen transferini engelleyerek zararlı olurlar.

Atıksu kontrolunda yapılacak ilk çalışma, atıksuyun özelliklerinin tesbiti ve bu atıksuya uygulanabilecek arıtma tekniklerinin gözden geçirilmesidir. Yün yıkama atıksuları noniyonik deterjan ve yağ ihtiva etmektedirler. Ayrıca çözörmüş madde miktarı da oldukça yüksektir. Dolayısıyla, seçilecek arıtma metodunun, bu tür atıksularda çalışabilir olması lâzımdır.

Yün yıkama atıksularının zararlı tesirlerinin görölmemesi için kirleticiler giderilerek standartlara uygun hale getirildikten sonra alıcı ortama verilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, yapılan çalışmalar daha çok yağın giderilmesi veya geri kazanılması üzerine yoğunlaşmıştır. En çok tatbik edilen arıtma yöntemleri; kimyasal yumaklaştırma (asit, alüm ve demir tuzları vb. ile), emülsiyon kırıcı diğer metod veya kimyasal maddelerin kullanılmasıdır (santrifüjleme, ultrafiltrasyon, alkol ile destabilizasyon, v.b.) [3, 4, 5, 6]. Asit ilâvesi ile kimyasal arıtma metodu uzun bir süreden beri kullanılmakta, soğukta ($\sim 20^{\circ}\text{C}$) ve sıcakta ($> 60^{\circ}$) olmak üzere iki şekilde tatbik edilmektedir. Başta alüminyum olmak üzere demir-3-klorür, demir-3-sülfat, demir-2-sülfat, kalsiyum klorür, kalsiyum hidroksit gibi iki ve üç değerli katyon ihtiva eden kimyasal maddeler kullanılarak yapılan diğer kimyasal yumaklaştırma işlemlerinde en iyi sonucun alüminyum ve demir -3 tuzları ile elde edildiği görölmüştür. Fakat bu kimyasal maddelerin meydana getirdiği kimyasal çamurların fazla miktarlarda olması, sularının alınabilmesinde karşılaşılan zorluk, bu metodun mahzurlarını teşkil etmektedir.

Yün yıkama atıksularının arıtılması hususunda, henüz standart kabul edilebilecek bir metod geliştirilmemiş olmakla birlikte, çoğunlukla asitle emülsiyon kırma metodu bir ön arıtma olarak uygulamakta

ve bu metodun verimliliği üzerine çalışmalar sürdürülmektedir.

1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Yün yıkama atıksularından kirlilik giderme verimine etki eden parametrelerin araştırılması gayesiyle yapılan bu çalışmada arıtma metodu olarak asitle emülsiyon kırma seçilmiştir. Pıhtılaştırma-yumaklaştırma ve diğer arıtma metodları içerisinde bu metodun tercih edilmesi, yağ ve askıda katı madde (AKM) giderilmesinde oldukça verimli olmasından ileri gelmektedir. Ayrıca maliyet bakımından en ucuz arıtma metodudur.

Bu maksatla, yaptığımız çalışmada yün yıkama atıksularının özellikleri geniş ölçüde incelenmiş ve bu atıksular üzerinde şimdiye kadar yapılmış arıtma çalışmaları gözden geçirilmiştir.

Asitle emülsiyon kırma metodunda kirletici giderme esası, karıştırma ile meydana getirilen pıhtılaştırma-yumaklaştırma işlemine dayandığından, kolloidal haldeki kirleticilerin giderilme esaslarının da incelenmesine gerek duyulmuştur. Bu konuda yapılmış kinetik çalışmalara da bu maksatla yer verilmiştir.

DeneySEL çalışmalar, ticari olarak çalışan bir yünLÜ tekstil fabrikasının, kısmi ters akım prensibine göre işletilen ve yıkama maddesi olarak noniyonik deterjan kullanılan yün yıkama Ünitesinden alınan atıksu numunelerinde gerçekleştirilmiştir.

Noniyonik deterjan ihtiva eden yıkama atıksularında asitle emülsiyon kırma metodunun kullanılarak, yapılan çalışmalarda aşağıdaki konular incelenmiştir.

1. Asidik çalışma aralığında ($\text{pH}=2-3$), hız gradyanı, G , 200 s^{-1} değerinde alınarak farklı zaman aralıklarında hızlı karıştırma işlemi uygulamıştır. Bu suretle, yıkama atıksularında bulunan emülsiyonların parçalanması ve yumaklaşması için gerekli optimum karıştırma süresinin tesbiti amaçlamıştır. Süre tesbitindeki değerlendirme, $G.t$ boyutsuz birimi ile ifade edilmiş ve karıştırma işlemlerinde tavsiye edilen $G.t:1.10^4-2.10^5$ aralığında çalışılmıştır. Bu deneylerde,

kariştırmanın etkisi atıksuda kalan kirletici miktarına ve deneyler sonunda meydana gelen çamur hacmine göre incelemiştir. G.t ile deney sonunda suda kalan kirleticiler ve çamur hacmi arasındaki ilişkiler incelenerek, ilişkiyi karakterize eden genel matematik ifadeler çıkarılmıştır.

2. Yukarıda seçilen kariştırma şartlarında ve asidik pH aralığında, atıksuya ilâve edilen farklı miktarlarda noniyonik deterjanın kirletici giderilmesindeki etkisi incelemiştir. İlâve edilen deterjan konsantrasyonu ile deneyler sonunda suda kalan kirletici miktarlar arasındaki ilişkiler genel matematik bağıntılarla ifade edilmiştir.

3. Optimum kariştırma şartlarında ve atıksuların orijinal noniyonik deterjan muhtevasında, atıksu pH'ı 2-5 arasında ayarlanarak asitle emülsiyon kırma için en uygun pH aralığı tesbit edilmiştir. Deneyler sonunda bulunan kirletici miktarlar pH'a bağılı olarak ifade edilmiştir.

4. Pilot tesis ve arıtma tesisi çalışmalarında asitle emülsiyon kırma metodunun kullanılması sonucu meydana gelen yağı giderilmiş suda kalan kirletici miktarlar tesbit edilmiştir. Pilot tesis çalışmalarında bulunan değerlerden yararlanarak, suda kalan kirletici konsantrasyonları ile kariştırma şiddeti arasındaki ilişkiler matematiksel denklemlerle ifade edilmiştir.

5. Deneyssel çalışmaların değerlendirilmesi için sürekli yapılması gereken analizlerden AKM konsantrasyonu, bulanıklık ve optik yoğunluk parametreleri ile birlikte ölçülerek, aralarındaki ilişki incelemiştir. Benzer şekilde yağ ile AKM konsantrasyonları arasındaki ilişkiler de tesbit edilmiştir. Bu şekilde, arıtma tesisi veriminin tesbiti için ekonomik bir çözüm bulunması amaçlamıştır.

BÖLÜM 2

YÜN YIKAMA, ATIKSU ÖZELLİKLERİ VE ARITMA KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Tekstil endüstrisi işlediği elyaf cinsine göre başlıca üç esas gruba ayrılmaktadır. 1- Pamuklu, 2- Yünlü, 3- Sentetik. Elyafın işlenerek hazır kumaş haline getirilmesinde üç grupta da iplik, dokuma ve terbiye prosesleri şeklinde aynı temel işlemler uygulamaktadır. Fakat bu işlemler elyafın cinsine göre farklı şekilde tatbik edilmektedir. Pamuk ve sentetik elyaflarda, başlangıçta yıkamayı gerektirecek bir kirlilik bulurmamaktadır. Buna karşılık çok kirli olmasından dolayı, yün elyafın iplik haline getirilebilmesi için önceden bir yıkama işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Yünlü dokuma endüstrisini kirleticilik bakımından diğer tekstil gruplarından ayıran en önemli fark, bu yıkama işlemidir.

2.1. YÜN YIKAMA İŞLEMİ

Yıkama işlemi yünlü tekstil sanayiinde yün elyafının hazır kumaş haline getirilinceye kadar geçirdiği safhalardan birincisi olan iplik üretimi kısmına girmektedir. Yünün işlermesinde ilk sulu işlem olan yün yıkama, yünün üzerinde bulunan yağ, ter ve pisliklerin giderilmesi gayesiyle yapılır. Yıkamadan sonra yün elyaf üzerinde çok az da olsa bir miktar yağ bırakılmasına karşılık, diğer kirleticilerin pratik olarak tamamının giderildiği kabul edilir.

Kirli yünün yıkaması başlıca iki farklı metodla yapılmaktadır. Bunlar, sulu ortamlarda yıkama ve çözücüler ile temizlemedir.

Sulu ortamlarda yapılan yıkamalarda başlıca yıkama metodları

[1]:

- a) Soda-sabun yıkaması
- b) Nötr deterjan yıkaması
- c) Soda-deterjan yıkaması
- d) İsoelektriksel (asidik) yıkama
- e) Yün terinde yıkama

dır. Bunlardan çoğunlukla ilk üç yıkama şekli tercih edilmektedir.

Yün yıkamak için kullanılan deterjanlar, ekseriya noniyoniktir. En yaygın olanları etoksillermiş nonilfenol, oktilfenol veya ikinci derece alkol türevleridir. Son zamanlarda noniyonik ve anyonik deterjanların karıştırılarak kullanıldığı da belirtilmektedir[7].

Yün yıkamada çoğunlukla kullanılan yıkama yardımcı maddeleri ya nötral (mesela, sodyum sülfat) ya da alkali (mesela, sodyum karbonat)dir. Bunlar, deterjan ile birlikte kullanılarak yıkama verimi arttırılır. Fakat % 2 ağırlık/hacim konsantrasyonundan fazla oldukları takdirde, yıkama verimini düşürmektedirler. Yünden kir giderilmesinde Na_2CO_3 'ın daha etkili olduğu gösterilmiştir[7].

Çözücülerle temizleme : Bu metotta kirli yün, sıvı hidrokarbon veya klorlanmış hidrokarbon türevleriyle temizlenir. Yıkamadan sonra yağın kolaylıkla geri kazanılabilmesi, temiz su ihtiyacının az olması gibi üstünlükleri yanında çözücülerin pahalı olması, bunların geri kazanılmasının gerekliliği, özel, pahalı, kapalı yıkama tekneleri gerektirmesi v.b. sebeplerle geniş bir uygulama alanı bulamamıştır [5, 8].

2.2. YÜN YIKAMA ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Yün ve Üzerinde Bulunan Kirleticiler

Yağlı, yıkamamış veya ham yün olarak isimlendirilen ve koyunlardan elde edildiği şekilde bulunan yün başlıca 5 bileşenden oluşmaktadır: Yün elyaf, yün yağı, yün teri, pislikler ve nem. Bunların miktarı yünün cinsine, iklim ve hayvanın yaşama şartlarına bağlı olarak değişir[8].

Yün elyafı (yıkarmış kuru yün) meydana getiren başlıca elementler : % 50-52 C, % 22-25 O, % 16-17 N, % 6,5-7,5 H, % 3-4 S'dür.

Yün yağı suda çözünmez, fakat çeşitli organik çözücülerde (n-heksan, karbonsülfür, benzen, petrol eteri vb. gibi) çözünür. Yün yağı, yüksek moleküllü alkol ve yağ asitlerinin oluşturduğu mum benzeri esterlerle, serbest durumdaki yüksek moleküllü alkol ve yağ asitlerinin bir karışımıdır.

Yün teri soğuk suda çözünemilmekte ve genellikle nötr veya hafif bazik özelliktedir. Yün terinin 2/3'ünden fazlasını organik asitlerin potasyum tuzları oluşturmaktadır. Geri kalan kısmını ise potasyum klorür, potasyum sülfat ve % 5 kadar diğer anorganik bileşiklerle % 3 kadar organik bileşikler oluşturmaktadır.

Yün üzerinde bulunabilecek pisliklerin en fazla rastlananları, ot, saman, yem, tohum, diken, pıtrak, gübre, koyunun dışkı maddeleri, kum ve topraktır. Bunlardan başka hayvanların tanınması için kullanılmış olan katran, boya ve yapıştırıcı maddeler ile hayvanları hastalık ve haşerelere karşı korumak için kullanılmış olan ilâçlı madde artıkları da yün üzerinde bulunabilir.

2.2.2. Atıksu Miktarı ve Kirletici Madde Karakterizasyonu

Yün yıkama işleminde su tüketimi, yıkama metoduna ve ters akımın olup olmamasına bağlı olarak değişmekle birlikte oldukça yüksektir. ABD Çevre Koruma Teşkilatının raporunda 1 kg. yıkarmış yün için 17-100 lt arasında su kullanıldığı belirtilmektedir[9].

Son zamanlarda geliştirilen yeni yıkama teknikleri ile su tüketiminin 3,5-20(lt/kg yıkarmış yün) değerine düşürülmesi sağlanmıştır [10]. Su tüketiminin azalmasında, etkili yıkama maddelerinin bulunması, su fiyatlarının artması, çevre kirliliğinin kontrol altına alınmaya başlanması gibi faktörler önemli rol oynamıştır[11].

Üretim sırasında kullanılan suyun bir kısmı buharlaşma veya ürün içerisine nüfuz etmek suretiyle kaybolursa da çıkan suyun miktarı hemen hemen giriş suyuna eşit kabul edilebilir. Buna göre Tablo 4-2'de gösterilen su kullanım değerleri, araştırmanın yapıldığı

tesisden çıkan atıksu miktarları olarak alınabilir [12] .

Yün yıkama işlemi, birim ürün başına meydana gelen kirlilik bakımından tekstil endüstrisi içerisinde en yüksek kirlilik oranına (BOI_5 'in % 63-71'i) sahiptir [1, 13, 14]. Yün yıkama atıksularının debi ve kirletici madde miktarlarını gösteren tipik değerler Tablo 2-1'de verilmiştir. Yağlı yünün sıcak su ve deterjanla 50-60°C sıcaklıkta yıkaması ile yüksek konsantrasyonlarda askıda katı madde içeren kararlı bir yağ-su emülsiyonu meydana gelir.

Tablo 2-1. Yün Yıkama Atıksularına Ait Tipik Kirletici Özellikler ve Atıksu Miktarları [1, 14]

Parametre	Konsantrasyon bazında (mg/l)			Yük bazında (kg/ton ürün)	
	Aralık	Ortalama*			
		ATMI	NCWO	EPA	
BOI_5	310-6700	3700	5500	6000	3.8-210
KOI	100-18000	15270	30500	30000	20 -750
AKM	120-13000	6600	7500	8000	1.9-240
Yağ-Gres	80-12260	3200	5340	5500	1.3- 62
Debi	(ton başına m ³ su olarak)			17 -100	76

(kg/ton ürün = kg/l ton yıkamış yün)

*

ATMI : American Textile Manufacturers Institute

NCWO : National Commission on Water Quality

EPA : Environmental Protection Agency

Ayrıca yünün üzerinde bulunan ve lanolin ismi verilen su ile çözünabilen tuzlar da yıkama suyuna karışır. Atıksuda bulunan başlıca kirleticiler ve kaynakları Tablo 2-2'de gösterilmiştir. Oldukça bulaşık ve koyu sarımtırak rengi olan bu sularda köpük meydana gelmesinin yanında yağ, KOI , BOI ve AKM konsantrasyonları çok yüksektir.

Tablo 2-2. Yün Yıkama Atıksularında Bulunan Kirleticiler *

Kirleticiler	Kirletici Kaynağı	
	Yün	Yıkama Maddeleri
Çözücü ile ekstrakte edilebilenler(Yağ) Su ile çözünabilenler (lanolin) Partikül katılar (kir)	Yün yağı Lanolin Çözücüde ve suda çözünmeyen organik ve inorganik maddeler	Deterjan Sodyum karbonat Sodyum sülfat

* Parantez içinde verilen ifadeler, kirleticiler için genel isimlendirmeyi göstermektedir.

Sabun-alkali yıkama banyolarında sıcaklık 46-55°C, pH 9.5-10.5 civarındadır. Nötr deterjan banyolarında ise sıcaklık 50-70°C, pH 6.5-7.5 arasındadır[9]. Deterjan ile yıkamada, deterjanın bir kısmı yün tarafından tutulmaktadır. Dolayısıyla, atıksudaki deterjan konsantrasyonu başlangıçta ilâve edilenden küçüktür[15, 16]. Robinson ve arkadaşlarının yaptığı araştırmalarda konvansiyonel yıkamadan çıkan atıksuda KOİ ve KOİ'nı meydana getiren yağ, lanolin ve kir arasında aşağıdaki gibi bir orantının olduğu bulunmuştur[10]. Diğer yıkama metodları için de hemen hemen aynı değerlerin elde edildiği görülmüştür.

$$\begin{aligned} \text{KOİ} / \text{Yağ} &= 3 \text{ kg/kg} \\ \text{KOİ} / \text{Lanolin} &= 0.82 \text{ kg/kg} \\ \text{KOİ} / \text{Kir} &= 0.65 \text{ kg/kg} \end{aligned}$$

Araştırma yaptığımız işletmeden çıkan atıksuda ölçülen kirletici parametre değerlerinden yararlanarak, KOİ ile Yağ arasındaki oranların

$$2.5 < \text{KOİ} / \text{Yağ} < 3.5$$

şeklinde değiştiği bulunmuştur.

Jamieson ve Stewart[17] yaptıkları bir çalışmada, yün yıkama atık sularında BOİ₅ ve KOİ değerlerinin bulunmasını diğer kirletici

bileşenlere bağlı olarak aşağıdaki denklemlerle ifade etmişlerdir.
Bileşenler ağırlık yüzdesi birimindedir.

$$\text{BOI}_5(\text{mg/l}) = 2400 \text{ lanolin} + 5102 \text{ oksitlenmiş yağ} + 11350 \text{ üst yağ} + 185$$

$$\text{standard sapma} = 2990 \quad r = 0.972$$

$$\text{KOI}(\text{mg/l}) = 8267 \text{ lanolin} + 30980 \text{ oksitlenmiş yağ} + 28326 \text{ üst yağ} + 6454$$

$$\text{kir} - 1536$$

$$\text{standard sapma} = 2700 \quad r = 0.998$$

Araştırmacılar kirin BOI_5 'de etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Yıkamadan çıkan atıksuyun yoğun kirlilik özelliğini göstermesi bakımından, konvansiyonel bir aktif çamur sisteminde üç farklı tip atıksuyun arıtılması halinde gerekli enerji ve bekletme süreleri mukayeseli olarak Tablo 2-3'de gösterilmiştir[18].

Tablo 2-3. Yün Yıkama ve Diğer Atıksuların Biyolojik Arıtılmasında Gerekli Enerji ve Bekletme Sürelerinin Karşılaştırılması[18].

Atıksu Kaynağı	BOI (mg/l)	Enerji* (kwh/m ³)	Bekletme süresi (gün)
Evsel	200-400	0.2-0.4	0.5-1.0
Yünlü tekstil fabrikası**	1000-5000	1-5	2.5-12.5
Yün yıkama	5000-50000	5-50	12.5-125

* 1kg çözülmüş oksijen için 1 kwh enerji harcandığı kabul edilmiştir.

** Yıkama, karbonizleme, nötralizasyon, yıkama, boyama ve diğer proseslerin olduğu bir tesis.

Son zamanlarda geliştirilen ve halen üzerinde araştırmalar yapılan yıkama teknikleri ile su tüketiminin azaltılmasına çalışılmakta ve bu arada yıkama şartları iyileştirilirken atıksuyun kirlilik yüklerinde de önemli sayılabilecek azalma sağlamaktadır[19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]. Bu arada, atıksuyun arıtılmadan deşarj edilmesi halinde kanalizasyon şebekesi ile ilgili kuruluşlara yapılacak ödemelerde de azalma sağlanacaktır. Yıkama metodlarına göre kirlilik yüklerinin ve atıksu uzaklaştırma masraflarının kirlilik yüklerine göre değişimi Tablo 2-4'de

gösterilmiştir[10]. Buradaki atıksu uzaklaştırma masrafları İngiltere de kullanılan kanal giderlerine katılma formülüne göre hesaplanmıştır.

Tablo 2-4. Atıksu Kirlilik Yükleri ve Uzaklaştırma Masraflarının Yıkama Tekniklerine Göre Değişimi[10].

Yıkama Metodu	KOİ (kg/sa)	Ç.K. (kg/sa)	Su/Y.y (lt/kg)	KOİ (mg/l)	Ç.K. (mg/l)	Yıllık masraf (M. TL)
1-Konvansiyonel	474	19	3.5 10.0 20.0	135300 47400 23700	5500 1900 960	135 135 140
Konvansiyonel+ 2-çökeltme + yağ geri kazarma	322	14	3.5 10.0 20.0	92000 32200 16100	4100 1440 720	74 75 77
3- WRONZ	252	11	3.5 10.0 20.0	72000 25200 12600	3100 1100 550	58 59 61
4-Mini-Flo Prototip	165	9	3.5 10.0 20.0	47100 16500 8250	2500 900 450	39 40 42
5-Mini-Flo (Planlanan)	40	2	3.5 10.0 20.0	11400 4000 2000	700 250 125	10 11 13

Su/Y.y = Su : Yağlı yün oranı

Ç.K. = Çökebilir katı

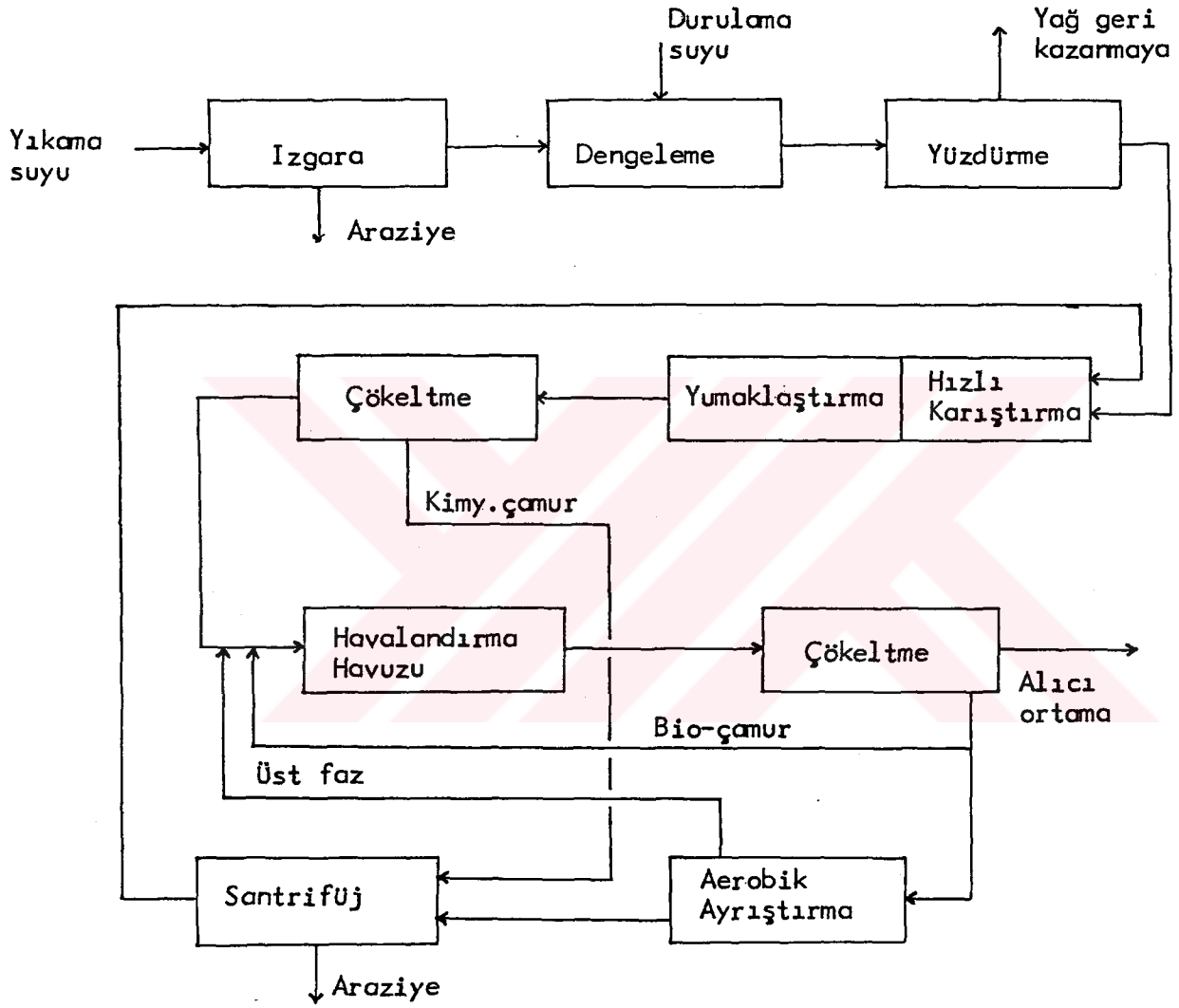
MTL = Milyon Türk Lirası

Sürekli çalıştırılan bir yıkama sisteminde kirleticilerin ilk 10 saatten sonraki konsantrasyonlarının hemen hemen aynı kaldığı tesbit edilmiştir. Bu çalışmada su tüketimi 8.3 l/kg olarak gerçekleştirilmiştir[26].

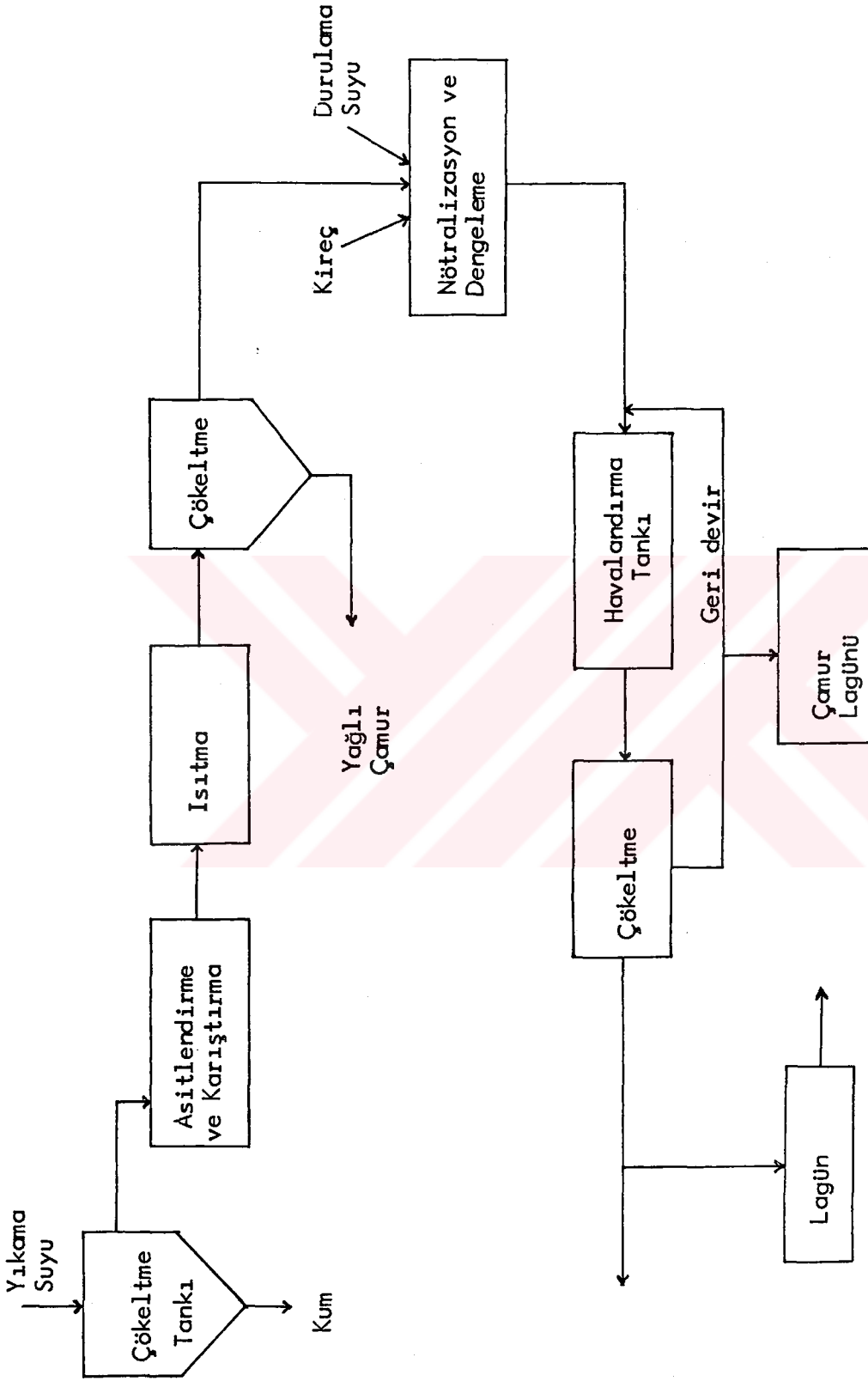
2.3. YÜN YIKAMA ATIKSULARININ ARITILMASI KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

2.3.1. Arıtma Alternatifleri

Yıkama atıksularının arıtılması için değişik arıtma alternatifleri uygulamaktadır. Seçilecek arıtma sistemini, tesisin büyüklüğü, apre veya boyahane atıksularının olup olmadığı, yıkama sistemi mahalli kanunlar v.b. birçok faktör etkilemektedir. Arıtma sistemleri



Şekil 2-2. Yün Yıkama Atık Sularının Arıtma Akım Şeması



Şekil 2-3. Yıkama Sularının Arıtılmasına Ait Bir Akım Şeması

Bazıları halen birçok ülkede kullanılan arıtma metodları, bunların KOİ giderme verimleri ve yaklaşık yatırım masrafları Tablo 2-5'de gösterilmiştir. Bu metodlar genellikle, yağların santrifüjlerde geri kazanılmasından sonra uygulanır. Yatırım masrafları, yılda 5000 ton yağlı yün yıkama kapasitesine sahip bir işletmenin İngiltere'de inşa edilecek arıtma tesisi için hesaplanan değerleri göstermektedir. Pilot tesis veya yarı-endüstriyel seviyede kullanılan yeni arıtma metodları ise Tablo 2-6'da verilmiştir[10].

Tablo 2-5. Atıksu Arıtma Metodları ve KOİ Giderme Verimleri ile Yatırım Masraflarının Karşılaştırılması [10]

Arıtma Metodu	KOİ Giderme Verimi (%)	Yatırım Masrafı(MTİ*)
Asitle Emülsiyon Kırma (Kesikli)	80-85	90
Kimyasal Yumaklaştırma	85-95	100
Biyolojik	97	150
Santrifüj-Evaporasyon	100	500
Ultrafiltrasyon-Evaporasyon	80-85	250
Evaporasyon-Yıkma	100	370

*MTİ : Milyon Türk Lirası

Tablo 2-6. Pilot Tesis veya Yarı-Endüstriyel Seviyede Kullanılan Yeni Arıtma Metodları[10]

Arıtma Metodu	KOİ Giderme Verimi(%)	Yatırım Masrafı(MTİ)
Asitle Emülsiyon Kırma(Sıcakta, sürekli)	85-95	125
"Bitterns" ile Kimyasal Yumaklaştırma	95	100
Yüksek Hızlı Biyolojik Metodlar		
Derin Kuyu	99.7	300
Aktif Çamur	98-99	100
Alkol Destabilizasyonu	75	165

2.3.2. Arıtma Konusunda Yapılmış Diğer Çalışmalar

Yıkama sularının arıtılması konusunda uzun süreden beri araştırmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde, atıksuda emülsiyon halinde bulunan yağların stabilitesinin bozularak serbest hale getirilmesi için başta inorganik pıhtılaştırıcıların kullanıldığı kimyasal yumaklaştırma işlemleri olmak üzere aşağıdaki diğer arıtma metodlarının araştırıldığı görülmektedir.

Kimyasal Arıtma

- İnorganik pıhtılaştırıcılar
- İnorganik pıhtılaştırıcı ve polielektrolit
- Alkol ile emülsiyonun kırılması
- Kimyasal madde ilâveli yüzdürme

Biyolojik Arıtma

İleri Arıtma

- Santrifüj ve ultrafiltrasyon tekniğinin kullanılması
- Kimyasal madde ilâveli santrifüj veya ultrafiltrasyon

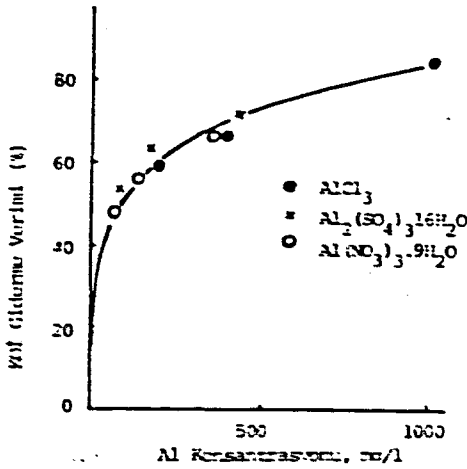
1949'da Colburn[29] ve McCarthy[30], 1955'de Fong ve Lundgren[31], 1957'de Crowley[32], 1964'de Franklin ve arkadaşları[33], 1970'de Harker[34], 1977'de Christoe[35], 1978'de McCracken ve Chaikin[36] 1981'de Christoe ve Anderson[37] yaptığı çalışmalarda 2 ve 3 değerlikli inorganik pıhtılaştırıcılardan CaCl_2 , FeSO_4 , FeCl_3 ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ı kullanmışlardır. Araştırmacılar, bu tür pıhtılaştırıcılarla yapılan çalışmalarda meydana gelen çamurların bertarafının zor olduğunu ve bu yöntemlerin kullanılmasıyla geri kazanılan yağın da düşük kalitede olduğunu belirtmişlerdir.

Fong ve Lundgren[31] asitle emülsiyon kırma metodu ile pH 3-4 civarında yaptıkları çalışmada, sisteme bentonit ilâvesinin yağ giderme verimini arttırdığını bulmuşlardır. Asit ve bentonit kullanılarak % 96'ya kadar yükselen yağ giderme verimi elde edilmesine karşılık sadece asit ile % 67 verim elde edilmiştir. Aynı şekilde asit ve bentonit ile % 60 KOİ giderme verimi elde edildiği halde, sadece asit ile verim % 33 olmuştur. Gerekli bentonit miktarının, atıksuyun yağ ve lanolin muhtevasına bağlı olmakla beraber % 0.1-0.5 arasında değiştiği belirtilmiştir.

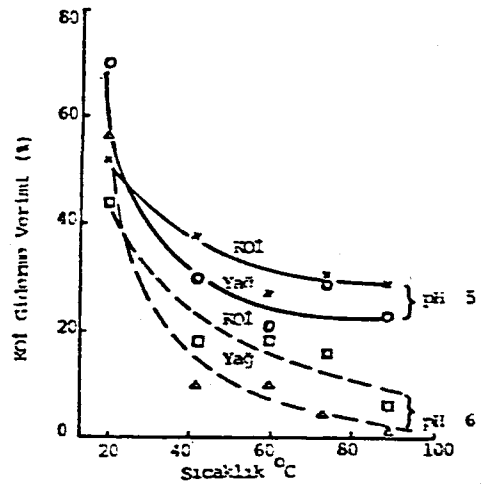
Crowley[32], noniyonik deterjan ile yıkamadan ortaya çıkan atıksuların arıtılması için alum kullanmıştır. Çökeltmeden çıkan suyun pH 7 civarına nötrale edilmesi ile % 90 BOİ giderme verimi elde edilmiştir. Bu prosesin, pH ayarı yapılarak, sabun-soda yıkamadan çıkan atıksulara da uygulanabileceği belirtilmiştir.

Christoe[35], inorganik kimyasal maddelerden $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, FeSO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$, CaCl_2 ve H_2SO_4 'i lâboratuvarda yaptığı deneylerde kullanmıştır. KOİ giderme verimini esas alarak yaptığı deneylerde en iyisonucun pH 5'de alum ile elde edildiğini göstermiştir. Kullanılan kimyasal maddelerin yapısında bulunan anyonların etkisini araştırmak gayesiyle yaptığı deneylerde AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ maddelerini, Al konsantrasyonu hepsinde aynı olacak şekilde kullanmış ve anyonun tipinin kimyasal arıtmayı fazla etkilemediğini göstermiştir (Şekil 2-4). Araştırmacı, ayrıca yıkama suyunun arıtılmasında sıcaklığın etkisini araştırmış, 20-90°C arasında yaptığı deneylerde yoğun erime sıcaklığının (yaklaşık 40°C) üstündeki sıcaklıklarda kirletici giderme veriminin belirgin bir biçimde azaldığını tesbit etmiştir (Şekil 2-5).

Aynı araştırmacı, yumaklaştırmada kullanılan kimyasal madde dozajının arttırılmasıyla çamurun suyunun alınmasının kolaylaştığını, ancak bu durumda çamur hacminin de arttığını belirtmiştir.



Şekil 2-4. Yıkama Sularının Farklı Al Tuzları ile Arıtılmasında Al Konsantrasyonunun Etkisi[35]



Şekil 2-5. Yıkama Sularının Alumla Arıtılmasında Sıcaklığın Etkisi[35]

Mozes yaptığı çalışmalarda çoğunlukla kimyasal maddelerin kullanıldığı arıtma işlemlerinden yararlanmışır. Mozes bu çalışmalarda mağneziumca zengin "bitterns" adı verilen sıvıları kullanarak atıksudaki yağların destabilizasyonunu gerçekleştirmiştir[38, 39]. Ayrıca Turpie ile birlikte, arıtma sonrası çıkan çamurun suyunun deniz suyu ile alınabilmesini araştırmıştır[40].

Mozes, deniz suyunun yıkama sularındaki yağları serbest hale geçirerek, % 95'den fazla yağ giderimine sebep olmasında başlıca etkinin bileşiminde bulunan NaCl , MgCl_2 ve MgSO_4 tuzlarından ileri geldiğini ve bunların yağ giderimine nisbi etkisinin % 92-95 civarında olduğunu belirtmiştir[41].

İnorganik pıhtılaştırıcıların, yün yıkama atıksularının arıtımında verimli olmasına karşılık bazı mahzurlarının olması, özellikle sentetik polielektrolitler başta olmak üzere diğer pıhtılaştırıcıların ve arıtma tekniklerinin daha kapsamlı olarak araştırılmasına sebep olmuştur.

Son yıllarda endüstriyel atıksu arıtımında sentetik yumaklaştıracıların kullanımı artmıştır. Bunlar, yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerdir. Düşük konsantrasyonlarda dahi atık sudaki kolloidal maddeler arasında köprü gibi hareket ederek, bunların bir araya toplamasına ve çökmesine yol açarlar. Meydana gelen çamur hacminin diğer metodlara göre daha az olması, çamur uzaklaştırma işlemini kolaylaştırır.

Christoe ve arkadaşlarının 1976'da yaptığı araştırmada [42], 50 mg/l katyonik polielektrolit ile 2000 mg/l alum birlikte kullanılarak pH 5'de % 65 yağ, % 83 AKM, pH 6'da % 60 yağ, % 75 AKM giderme verimi elde edilmiştir. Bu çalışmada, yumaklaştırma oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Bekletme süresi 15-20 dak. alınmıştır. Alum çamurunu ısıtmanın, hacminin azalmasına yol açtığı veya başka bir ifadeyle çökme hızı ve çamur hacminin artan sıcaklık ile iyileştiği gözlemlenmiştir.

Mozes [43], 1977'de yaptığı araştırmada bir yün yıkama tesisinden aldığı iki farklı numunede l boratuvar ölçeğinde alum ve

polielektrolit kullanarak yumaklaştırma deneyleri yapmıştır. Bu çalışmada, alüm 0-3000 mg/l, polielektrolitler 0-50 mg/l konsantrasyonları arasında denemiştir. Polielektrolit olarak, ikisi de poliakrilamid tipi olan anyonik ve katyonik polielektrolit kullanılmıştır. Bu çalışmada, alümla yapılan deneylerde orijinal pH civarında (pH=8) elde edilen verimlerin her iki numune için tatmin edici olmadığı ve yağ giderme veriminin en fazla % 29'a kadar çıktığı görülmüştür. pH 5'de yapılan deneylerde ise numunelerden birinde % 89-96, diğerinde % 58-69 yağ giderme verimi elde edilmiştir. Aynı çalışmada, polielektrolitlerle yapılan deneylerde, anyonik polielektrolit konsantrasyonu ile yağ gidermenin lineer olarak azaldığı (% 73-15), katyonik polielektrolit konsantrasyonu ile % 50 den 80'e arttığı görülmüştür. pH 5'de 3000 mg/l alüm ve 50 mg/l polielektrolit ile yapılan bir deneyde ise anyonik ve katyonik polielektrolitler için sırasıyla % 94 ve % 97 yağ giderme verimleri elde edilmiştir.

McLachlan, Smith ve Webb[44] 1980'de 200'den fazla ticari marka polielektroliti, yün yıkama atıksularının arıtılmasında kullanmışlar ve bunlardan sadece katyonik ve noniyonik poliakrilamidlerden oluşan küçük bir polielektrolit grubunun 5-10 mg/l konsantrasyonlarda atık-suda yumak meydana getirdiklerini bulmuşlardır.

Polielektrolitlerin, arıtmada münferit olarak kullanımı ile ilgili araştırmaları inceleyen McLachlan[44] bunların yağ ve AKM giderme veriminin son derecede onun özelliğine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Görünüşte, benzer yüklü türlerden oluştuğu halde katyonik ve noniyonik polielektrolitlerin birçoğunun yumaklaşmaya sebep olma özelliklerinin, çözeltide meydana gelen polimer yapısı ile ilgili olduğu ortaya çıkmaktadır. Moleküler ağırlığı daha büyük olan polimerler yağ ve AKM gidermede daha etkilidirler.

Mozes ve Turpie [45], polielektrolitlerin farklı pH'larda etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada yıkama atıksularını önce alümla ön işleme tabi tutmuşlar, daha sonra 0-10 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda anyonik, katyonik ve noniyonik polielektrolit katarak pH 5-8 arasında çeşitli deneyler yapmışlardır. Maksimum yağ gidermenin pH 5'de meydana geldiğini ve yumaklaşma verimlerinin 5-8 arasında azalan pH ile, 0-10 mg/l

arasında artan polielektrolit konsantrasyonu ile arttığını tesbit etmişlerdir.

McCracken ve Chaikin [36] , yıkama atık sularını pH 3'de 10-15 dakika 90-100°C'a ısıtmak suretiyle, emülsiyon durumundan kararsız duruma geçmiş yağların daha iyi bir şekilde giderildiğini belirtmişlerdir. Isıtmadan sonra ısı değiştiricilerden geçirilerek soğutulan atıksular çökeltme tankına verilmiş, çökeltmenin daha iyi olması için katyonik polielektrolit kullanılmıştır. Çökeltme tankından çıkan çamurlar, yoğunlaştırıcıya verilmiştir. Bu proses ile AKM için % 100, yağ için % 97, KOİ için % 80-90 civarında giderme verimleri elde edilmiştir.

Yüksek sıcaklıkta elde edilen bu neticeler Christoe [35] nun, sıcaklığın artmasıyla arıtma veriminin düştüğü şeklindeki sonucuna ters düşmektedir. Ancak, McCracken asitle, Christoe ise alüminyumla çalışmıştır.

Alkol ile destabilizasyon prosesinde Fong ve arkadaşları çözücü olarak % 3-7 oranında n-butanol kullanmışlardır. Valenta ve Koubik ise % 1,5-2,5 oranında n-heksanol kullanarak, destabilizasyonu gerçekleştirmişlerdir [5].

Alkol ile destabilizasyonda elde edilen gazlar ayrı ayrı distilasyon işlemine tabi tutularak çözücüler tekrar geri kazanılmaktadır.

McLachlan ve arkadaşları [3], polielektrolit ile birlikte %4-5 oranında n-pentanol kullanarak yün yıkama atıksularında yağ-su emülsiyonunu kırmaya çalışmışlardır. Bu şekilde yapılan işlemde sonra serbest hale geçen yağ ve kirin hızlı bir biçimde sudan ayrılmasını sağlamışlardır. Daha sonra yağ kolloidal kirden ayrılmış ve bu iki faz ile birlikte temizlemiş olan sıvı faz, n-pentanol'un geri kazanılması için buhar sıyrıcıdan geçirilmiştir. Bu işlemler sonucu atık-sudan yağ giderme verimi % 85-95, BOİ giderme verimi % 50-75 olarak bulunmuştur.

Anderson [46], Lanolinin geri kazanılması için yüzdürme işleminin kullanılmasını teklif etmiştir. Kullanılan özel tip yüzdürme

hücreleri ile lanolinin % 40'ı geri kazanılmıştır. Yıkamada aşırı miktarlarda sabun kullanılması, verimi büyük ölçüde azaltmıştır. Laboratuvar deneylerinde, sabun muhtevası % 0.05'den 0.4'e çıktığı zaman lanolin geri kazanma verimi % 55'den 15'e düşmüştür. Buna karşılık, sıcak yıkama sularının çalkalanması veya karıştırılması geri kazanma verimini fazla değiştirmemiştir. Aşırı miktarlarda sabun ihtiva eden sulara % 0.1 oranında kalsiyum klorür ilâvesi ile geri kazanma verimi % 27'den % 40'a yükselmiştir.

Hatch ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada [28], yün yıkama atıksuları, asitle emülsiyon kırma işleminden geçirilerek yağın büyük bir kısmı alındıktan sonra nötralizasyonu takiben, biyolojik arıtmaya tabi tutulmuşlardır. Biyolojik arıtma, havalandırma tankı ve çökelme tankından ibarettir. Ayrıca, stabilizasyon havuzunun olması ve olmaması hali, sıcak ve soğuk hava şartları için ayrı ayrı incelenmiştir. Stabilizasyon havuzu olmaması halinde sıcak hava şartlarında % 84 BOİ, % 56 KOİ giderme verimine karşılık, soğuk hava şartlarında % 92 BOİ, % 64 KOİ giderme verimi elde edilmiştir. Stabilizasyon havuzu olması halinde ise giderme verimleri sıcak ve soğuk hava şartları için sırasıyla % 91 BOİ, % 80 KOİ ve % 92 BOİ, % 76 KOİ olarak bulunmuştur.

McCracken, Simmul ve Ranasinghe, yün yıkama sularının biyolojik arıtılması üzerine bir çalışma yapmışlardır [47]. Laboratuvar ölçeğinde 4 kademeli bir havalandırma tankında yapılan ön denemelerde, bir evsel atıksu tesisinden alınan aktif çamurdaki canlı organizma üretim hızının, yıkama suyunun sisteme verilmesinden sonra önemli derecede değişmediği görülmüştür. Bu çalışmada, yün yıkama-karbonizleme ve tops yapılan bir fabrikadan çıkan atıksuların aktif çamur metoduyla arıtılmasında optimum çalışma şartlarını belirlemek için 6 kademeli bir fermentasyon kolonu 1 yıl süreyle çalıştırılmıştır. BOİ değeri ortalama 205 mg/l'ye, askıda katı madde % 82 giderme verimiyle 269 mg/l'ye, yağ % 80 gidermeyle 300 mg/l'ye kadar düşürülmüştür. Atıksuların 1 günlük kapasitesi olan bir depolama tankında bekletilmesi ile meydana gelen tabii anaerobik faaliyetin, daha sonra yapılacak aerobik arıtmaya önemli ölçüde yararlı olduğu da bu çalışmada belirtilmektedir.

Yün yıkama atıksularının biyolojik olarak arıtılması üzerine Chao ve Yang'ın yaptığı çalışmada oksidasyon havuzu kullanılmıştır [48]. Çökeltmeden çıkan çamurlar çamur çürütme işleminden sonra uzaklaştırılmıştır.

Diğer bir çalışmada [49] ise, yoğun kirlilikteki yıkama atıksularını yaklaşık 100 metre derinliğinde açılan kuyularda toplayıp içerisinden hava geçirerek oksijen transferinin arttırılması ile biyolojik arıtma esasına dayanan bir sistem incelemiştir. Yatırım masrafı yüksek olan bu sistemde işletme masrafı düşük olup başlıca giderleri elektrik enerjisi oluşturmaktadır. Arıtma sonunda meydana gelen çamurların arada bir çekilerek uzaklaştırılması işletme masraflarını arttırmıştır.

Son yıllarda geliştirilen ultrafiltrasyon prosesinde; yağ ve kir, membranların bir tarafında, lanolin tuzları ve deterjan gibi çözülmüş maddeler de diğer tarafta tutulmaktadır. Çözülmüş maddeleri ihtiva eden kısım tekrar yıkamaya verilebilmektedir. Son yapılan araştırmalar daha çok yeni membranların geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır.

McCracken, Samson ve Chaikin [50], paralel halde iki santrifüj kullanarak yün yıkama atıksularının arıtmaya ve tekrar yıkama teknelelerinde kullanıma vermeye çalışmışlardır.

Mozes [51], pilot ölçekli bir ultrafiltrasyon tesisi kullanarak, dört farklı tip yıkama suyunun maksimum 50°C işletme sıcaklığında arıtılması ile % 92-99.5 yağ giderme verimi elde etmiştir.

Mozes ve Turpie [52] yaptıkları bir çalışmada önce santrifüj prosesini, daha sonra deniz suyu ile yumaklaştırma işlemini kullanarak su ve çamur fazında yağ giderme verimlerinin sırasıyla % 50 ve % 80 civarında olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışma moher yıkama atıksularında gerçekleştirilmiştir.

Mozes [53], yaptığı diğer bir çalışmada, laboratuvar santrifüjü kullanarak, santrifüjlemeden önce $MgCl_2$ ilâvesi ile yağ giderme veriminin arttığını tesbit etmiştir.

Hoare ve Radford[54] alkol ilâvesi ve santrifüjleme işlemi ile meydana gelen destabilizasyonu incelemişlerdir. Alkol ilâvesinden sonra santrifüjlemenin, yalnız başına santrifüjlemeden daha iyi sonuç verdiğini bulmuşlardır.

2.3.3. Yıkama Sularından Yağın Geri Kazanılması ile İlgili Çalışmalar

Yıkama işleminin konvensiyonel metodlarla yapıldığı proseslerden ortaya çıkan atıksuların arıtılmasında geri kazanılabilen yün yağının miktarı % 50'yi geçmemektedir[55]. Suyun daha az kullanıldığı yün yıkama prosesinde (Lo-flo yün yıkama işlemi ismi verilmektedir) ise yün yağının geri kazanılması genellikle % 70'i geçmekte, hatta bazı durumlarda % 90'ı bulmaktadır. Konvansiyonel yıkama sistemlerinde, yağın düşük oranlarda geri kazanılmasının sebebi olarak yağın oksitlenmesi gösterilmektedir. Geri kazanılan yağ ile oksitlenmemiş yağ arasındaki ve geri kazanılamayan yağ ile oksitlenmiş yağ arasındaki etkileşimler Anderson ve McCracken ile Chaikin[4] tarafından yapılan çalışmalarda açıklanmıştır. Yün elyafın uç taraflarına doğru gitmeye eğilimi olan oksitlenmiş yağın, oksitlenmemiş yağdan daha yüksek yüzeysel aktiviteye sahip olduğunu belirten Anderson, bu yağın, kir, proteinli ve ampifilik madde ve su ile kuvvetli bir şekilde etkilendiğini ifade etmektedir. Lo-flo yıkama prosesinde yağ geri kazarma veriminin fazla olması, yıkama teknelerine su girişini azaltarak elde edilen yüksek konsantrasyonda çözünmüş katı maddelerin yıkama sıvısını stabilize etmesinden (bu olay konsantrasyon destabilizasyonu şeklinde isimlendirilmektedir) dolaydır. Lo-flo prosesinde farklı yün tiplerinin yıkaması konuları halen incelemekte ve elde edilen sonuçlar yayınlamaktadır[56, 57].

Alkali yıkamalar sırasında yün yağındaki serbest yağ asitleri sabunlaştığından, bu yıkama sularından elde edilen yün yağları çok az serbest yağ asidi ihtiva etmeleri ve daha beyaz olmaları bakımından üstün niteliktedirler. Fakat, diğer taraftan yıkama sırasında oluşan doğal sabunun da etkisiyle yıkama suyundaki su-y yağ emülsiyonu daha kararlı olduğundan , alkali yıkama sularından santrifüjleme metoduyla ancak % 20-40 verimle yün yağı kazanılabilmektedir. Halbuki, nötr yıkama sularında bu oran % 35-60'a çıkmaktadır. Sulu ortamda yıkama yerine organik çözücülerle yapılan temizlemelerde ise yün yağı kazarma verimi % 70-80'e kadar çıkmaktadır[8].

BÖLÜM 3

KOLLOİDAL HALDEKİ KİRLETİCİLERİN GİDERİLME ESASLARI VE KARIŞTIRMA KİNETİĞİ

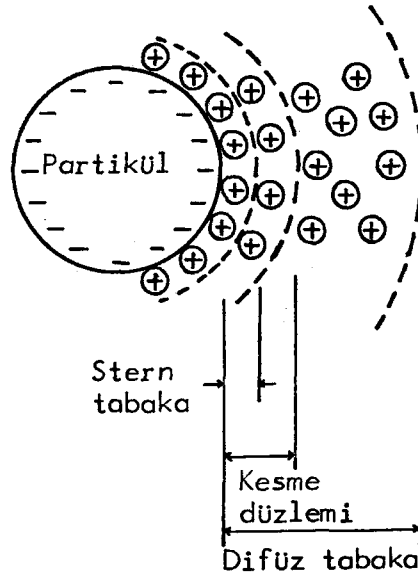
3.1. KOLLOİDAL SİSTEMLERDE KARŞILAŞILAN PARTİKÜLLERİN ÖZELLİKLERİ

Bir su numunesi içerisindeki katı maddeler, büyüklüklerine göre farklı şekilde isimlendirilir; a-Moleküler maddeler : molekül veya iyon büyüklüğünde ($< 0.001 \mu\text{m}$) katı tanecikler, b-Kolloidal maddeler: çapları $0,001-1.0 \mu\text{m}$ arasında olan katı tanecikler, c-ası halindeki maddeler : çapları $1 \mu\text{m}$ 'den büyük katı maddeler[58, 59, 60].

Kolloidal maddeler, sıvı ortam içerisinde kendi halinde çökmeyerek asılı halde kalırlar. Bunların çöktürülerek ortamdan giderilmesi su ve atıksu arıtımı açısından önemli bir konudur. Bu katı maddelerin kendi halinde çökmemesi çeşitli araştırmacılar tarafından çift tabaka teorisiyle açıklamaktadır[61].

Kolloidal maddeler, bulundukları sıvı ortam içerisinde bir elektrik yüküne sahiptir. Bu durum, kolloidal maddelerin yapılarındaki bazı iyonların sıvı içindeki iyonlarla yer değiştirmesinden veya genellikle tabii sulardaki hidrofobik taneciklerde olduğu gibi, su içinden özellikle hidroksit iyonlarının adsorblarmasından ileri gelmektedir[62].

Sıvı ortam içinde, taneciğin taşıdığı elektrik yüküne zıt işaretli iyonlar, tanecik çevresinde birikerek sabit bir tabaka, bunun çevresinde de yine zıt yüklü iyonlar ikinci bir tabaka meydana getirirler. Bu ikinci tabaka su moleküllerinin akışkan ve termal hareketlerinden dolayı su içine doğru yayılır. Sabit tabakaya "Stern tabakası", ikinci tabakaya ise "difüz tabakası" veya Gouy-Chapman tabakası denilmektedir[62]. Şekil 3-1'de kolloidal bir taneciğin çevresinde bulunan çift tabaka şematik olarak gösterilmiştir[59].



Şekil 3-1. Kolloidal bir Danecik Etrafındaki Çift Tabakada Yük Dağılımı [59]

Kolloidal danecik etrafında meydana gelen çift tabakanın daneciklerin birleşmesini engellediği ve kolloidal maddelerin stabilitesini sağladığı anlaşılmıştır[63, 64]. Bozdoğan[65], yaptığı çalışmada çift tabaka teorisini daha geniş bir şekilde ele almıştır.

3.2. KOLLOİDLERİN STABİLİZASYONU

Kolloidlerin stabilitesi elektrik yükleri ile ilgilidir. Bu konuya Verwey ve Overbeek teorik bir açıklama getirmişlerdir[61]. Van Olphen tarafından bu teori biraz daha geliştirilmiş, Stumm ve Morgan ise stabilite ile ilgili ifadelerle yüklerin etkisini de ilâve ederek birçok önemli olaya tatbik etmişlerdir[66].

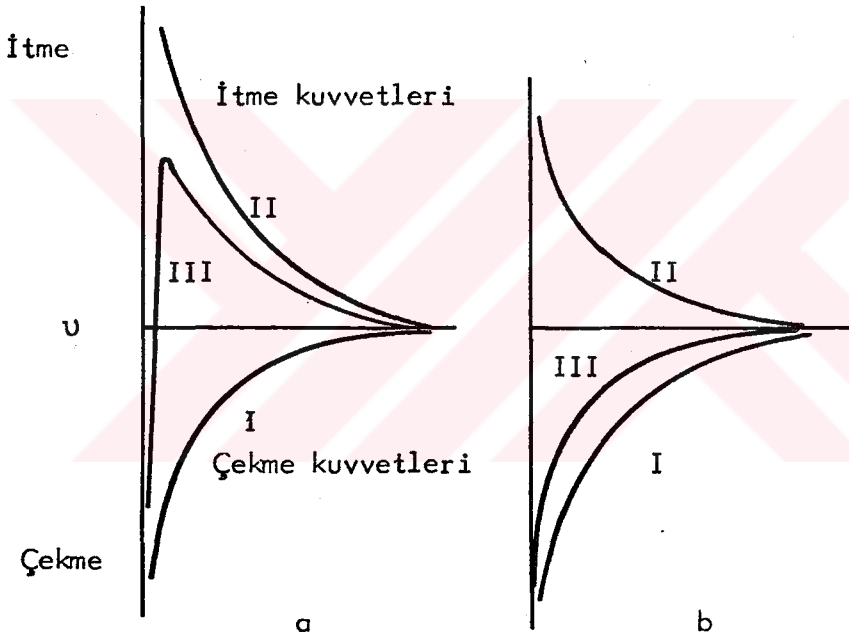
Bu teoriye göre, kolloidlerin stabilitesi çekme kuvvetleri (Van der Waals kuvvetleri) ile itme kuvvetleri (elektiriksel çift tabaka kuvvetleri) arasındaki dengeye bağlıdır[67].

Çekme ve itme kuvvetlerinin etkisi, en iyi potansiyel enerji şeklinde ifade edilir. Şekil 3-2.a'da yumaklaşmanın olmadığı bir sisteme ait potansiyel enerji diyagramları görülmektedir. III no.lu eğri çekme ve itme kuvvetlerinin toplamını göstermektedir. Burada maksimum

bir noktanın bulunması partiküllerin birbirine yaklaşmasını önleyen bir enerji engelini olduğunu gösterir[67]. Çözeltinin iyonik gücünün arttırılması, enerji engelini ortadan kaldırılmasını sağlar(Şekil 3-2.b)[59]. Çekme ve itme olayında potansiyel fonksiyon için genel bir ifade

$$v = A(r)^{-6} + B(r)^{-12}$$

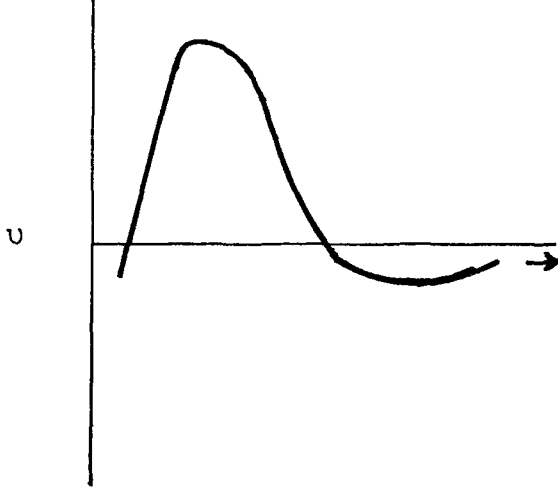
şeklindedir. Burada $A(r)^{-6}$ çekme enerjisini, $B(r)^{-12}$ itme enerjisini, r mesafeyi göstermektedir.



Şekil 3-2. Potansiyel Enerji Eğrileri, a) Stabil Halde Partiküller, b) Yumaklaşmış Partiküller.

Çözeltide büyük boyutlu ($> 0,1 \mu\text{m}$) partiküller ve noniyonik deterjan bulunması halinde potansiyel enerji eğrisinde ikinci derece bir minimum meydana gelir (Şekil 3-3). Bu minimum noktanın yeteri kadar düşük olması halinde, zayıf bir yumaklaşma meydana gelir. Bu yumaklaşma şekli, kolloidlerin reolojik özelliklerinde ve emülsiyonların stabilitesinde önemli olmakla birlikte, ön arıtma proseslerinde

fazla önem taşımayabilir[67].



Şekil 3-3. İkinci Derece Minimumu Gösteren Potansiyel Enerji Eğrisi

Partikül yüzeyinden uzaklığın bir fonksiyonu olarak, çift tabakanın difüz kısmında potansiyeldeki azalma, aşağıdaki denklemle ifade edilir[68].

$$\psi = \psi_d \cdot e^{-K \cdot x} \quad (3-2)$$

Burada $K = (2e^2 \Sigma n z^2 / \epsilon k T)^{1/2}$ dir. Bu formülde,

e = Elektron yükü (coulomb)

$\Sigma n z^2$ = Çözeltinin iyonik yükü

n = Birim hacimde iyon sayısı ($1/m^3$)

z = Değerlik

ϵ = Dielektrik sabiti (coulomb/voltmetre)

K = Boltzmann sabiti (joule/ $^{\circ}K$)

T = Mutlak sıcaklık

x = Mesafe

3.3. KOLLOİDLERİN DESTABİLİZASYONU

Destabilizasyonda elektrik yükleri nötralize edilir veya azaltılır. Bu sayede partiküllerin, birleşmek üzere birbirlerine

yaklaşması sağlamış olur.

Kolloidlerin destabilizasyonunun açıklanmasında dört farklı teoriden yararlanılmaktadır[59, 63, 67].

Çift tabakanın sıkıştırılması : Kolloidal maddeler ihtiva eden çözeltiye zıt yüklü iyonların ilâve edilmesiyle partikül etrafındaki çift tabaka sıkışır. Bu durumda danecikler arasındaki itme etkisi azalarak destabilizasyon meydana gelir. İyonik şiddet, iyonik yükün karesi ile değiştiğinden, destabilizasyonu gerçekleştirmek için gerekli tuz konsantrasyonu Na^+ 'dan Al^{3+} 'a doğru artan katyon yükleri ile azalır.

Yük nötralizasyonu : Bu olayda etkili mekanizma, çözeltiye ilâve edilen zıt yüklü iyonların, stern tabakası içindeki kolloide bağlanması ve kayma düzlemi dışındaki etkili yükün azaltılmasıdır. Difüz tabakada yük dağılımını değiştiren çift tabakanın sıkıştırılmasına kıyasla, yük nötralizasyonu kolloid etrafında tek bir tabakada etki gösterir. Yük nötralizasyonu, atık suya aşırı pıhtılaştırıcı ilâvelerinde yükü tersine çevirebilir.

Köprü oluşturma : Atıksu arıtmasında destabilizatör olarak organik polimerlerin kullanılması artmaktadır. Polimerler, kolloidlerle etkileşebilen ve adsorblanabilen zincirleri boyunca birçok aktif grup ihtiva ederler. İdeal olarak, kolloidler polimer zinciri etrafında birçok gruplara tutunurlar. Bu durumda, destabilizasyon olayı, kolloidal partiküller arasında oluşan köprülerden dolayı partikül hareketinin yavaşlaması ile meydana gelir. Aşırı ölçüde polimer ilâve edildiği zaman restabilizasyon meydana gelebilir.

Ağ içine alma (entrapment) : Çözeltiye ilâve edilen pıhtılaştırıcılardan meydana gelen metal hidroksit veya metal karbonatlar hızla çökerken, kolloidleri de ağ gibi sararak sürüklerler. Bu yüzden, bu olay çoğunlukla "sweep-floc" (yumak süpürücü) bir mekanizma olarak ifade edilir.

3.4. STABİLİZASYON VE DESTABİLİZASYONA TESİR EDEN FAKTÖRLER

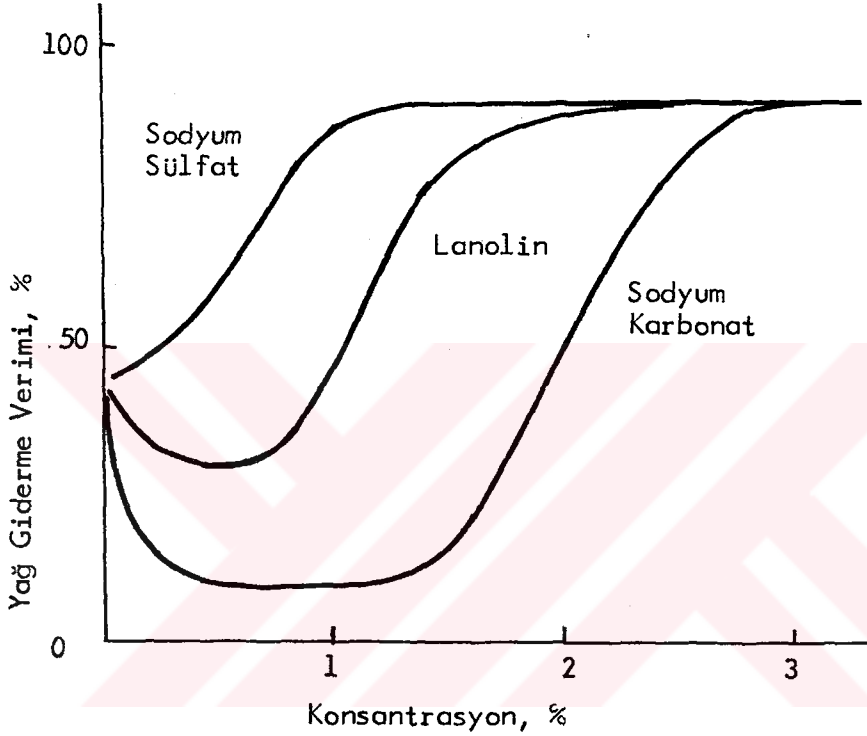
Destabilizasyon olayında pH, partikül madde konsantrasyonu, suyun kimyasal bileşimi, pıhtılaştırıcı maddenin cinsi, sıcaklık ve karıştırma şiddeti etkili olmaktadır[69, 70]. Bu faktörlere bağlı olarak optimum pıhtılaştırıcı dozu da değişir. Sularda çözülmüş olarak bulunan tuzlar da, destabilizasyon olayında önemli bir rol oynarlar. Çözülmüş maddeler, destabilizasyon sonucu meydana gelen pıhtılaşmanın pH aralığını, yumaklaşma süresini ve optimum pıhtılaştırıcı dozunu değiştirirler[58]. SO_4^{2-} iyonları, alum ile yapılan pıhtılaştırmada pH aralığını genişletmekte ve restabilizasyon etkisini azaltmaktadır[71, 72]

Yün yıkama atıksularında emülsiyon halde bulunan kolloidlerin destabilizasyonunda bilhassa H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} ve katyonik polielektrolitler etkilidir. Emülsiyonlar negatif yüklü olduklarından yükler nötralize olur ve pıhtılaşma meydana gelir[69]. Emülsiyonların destabilizasyonu işleminde, kimyasal maddeden fazla kullanılması gerektiği durumlarda, kimyasal maddenin ilâve edilme aralığı da optimum dozaj ile birlikte oldukça önemlidir. Yün yıkama atıksularının destabilizasyonunda etkili pH aralığının, sadece asit kullanılması halinde 2 ilâ 3 [31, 36, 49,], alum kullanılması halinde ise 5-6 olduğu belirtilmektedir[35, 43]. Alumun pH 5-6 aralığında etkili olması, bu pH'da daha büyük pozitif yüklü hidrokopolimerler meydana gelmesi ve negatif yüklü kolloidlerin daha iyi nötralize edilmeleri ile açıklanabilir[73].

Yün yıkama atıksularında, stabilite ve destabiliteyi etkileyen birçok faktör vardır. Atıksuda emülsiyon haldeki yağların nötr pH civarında stabil halde kalması, emülsiyonlar üzerindeki negatif yüklerin birbirlerini itmesi ve partiküllerin biraraya gelememeleri şeklinde açıklanabilir.

Anderson ve Christoe, yıkama sularındaki emülsiyonun stabilitesinde çeşitli maddelerin etkilerini geniş bir biçimde incelemiştir[55, 74].

Atıksuda bulunan deterjan, yıkama yardımcı maddesi (sodyum karbonat, sodyum sülfat), lanolin ve diğer çözülmüş tuzlar da atıksuyun stabilitesini etkilemektedir[15, 75]. Ayrıca, deterjanların stabiliteyi arttırmak bakımından ayrı bir öneme sahip olduğu bulunmuştur[15]. Diğer maddelerin etkileri Şekil 3-4'de gösterilmiştir.

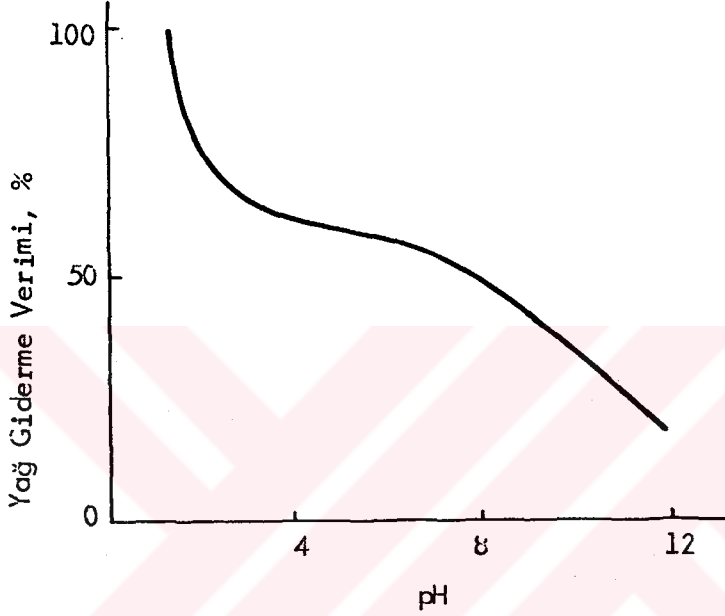


Şekil 3-4. Destabilizasyonda Çeşitli Maddelerin Etkisi

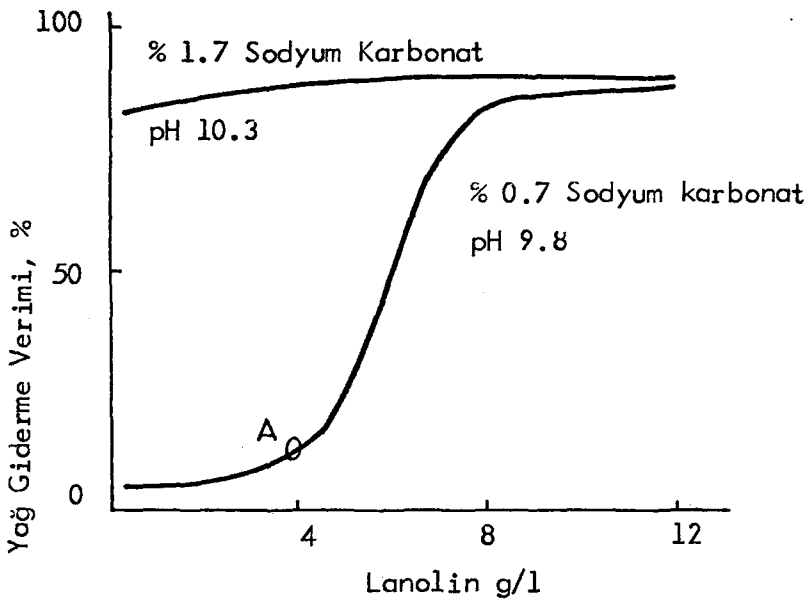
Deterjan yardımcı maddesi kullanılmadan, sadece deterjan ile yapılan bir yıkamada, lanolinin stabiliteye etkisi düşük konsantrasyonlarda azalmış ve yağ geri kazarma verimi düşmüştür. Yüksek lanolin konsantrasyonlarında ise destabilizasyon meydana gelebilir ve yağ geri kazarma verimi büyük ölçüde artabilir. Deterjan yardımcı maddesi olarak soda kullanıldığı zaman, çok kuvvetli bir stabilizasyon meydana gelir. Bu durumda destabilizasyonu gerçekleştirmek için daha yüksek elektrolit konsantrasyonları gerekli olur. Yıkamada sodyum sülfat kullanılması halinde ise destabilizasyon daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilir.

Destabilizasyon olayı, atıksuyun pH'ından da büyük ölçüde etkilenir. Yüksek pH'lı yıkama suları, düşük pH'lı sulardan genellikle

daha stabildir. Atıksuda yeteri kadar yüksek elektrolit konsantrasyonları bulunursa, yüksek pH'da dahi destabilizasyon meydana gelir. (Şekil 3-5 ve 3-6). Şekil 3-6'da sodyum karbonat ile yapılan her iki deneyde pH hemen hemen aynıdır. A noktasında % 1 sodyum karbonat veya lanolin ilâvesinin destabilizasyona sebep olduğu görülmektedir.

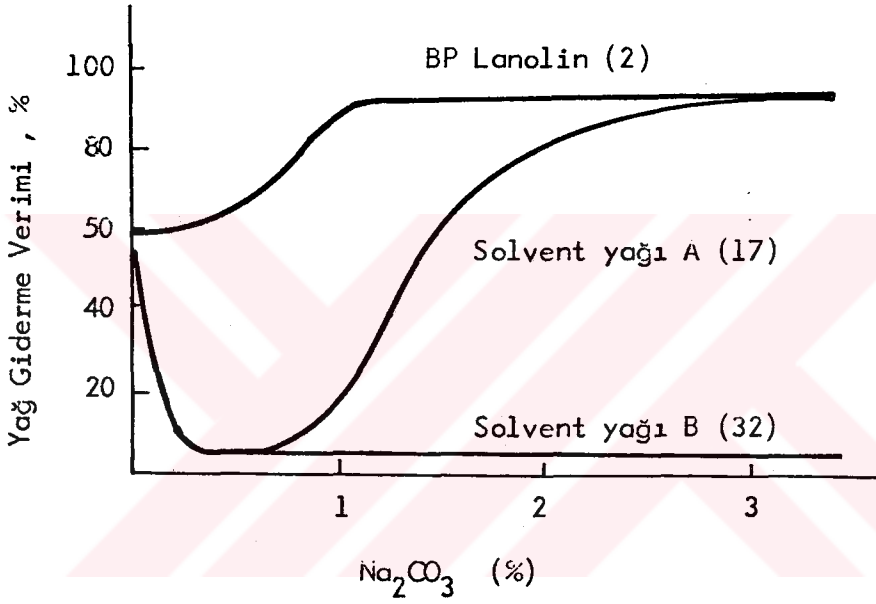


Şekil 3-5. Destabilizasyonda pH'ın Etkisi



Şekil 3-6. Lanolin Konsantrasyonuna Bağlı Olarak İki Ayrı Sodyum Karbonat Konsantrasyonunda Yağ Giderme Verimi

Yün yağının kalitesinin de, meydana gelen emülsiyonun stabilitesini etkileyeceği tahmin edilmektedir[55]. Buna göre düşük oksidasyon derecesine sahip ve serbest asiti olan iyi kaliteli bir yağın meydana getirdiği emülsiyon, daha fazla serbest asit muhtevasına sahip ve daha fazla oksitlenmiş bir yağın meydana getirdiği emülsiyondan daha az stabildir. Dolayısıyla, yağın kalitesi arttıkça, emülsiyonun destabilize olma eğilimi de artar(Şekil 3-7).



Şekil 3-7. Yün Yağı Emülsiyonunun Stabilitesinde Yün Yağı Kalitesinin Etkisi (Asit Değerleri Parantez İçerisinde Gösterilmiştir) [55].

Lanolin, yünün kendisi için etkili bir yıkama maddesi olduğundan ana yıkama maddesi noniyonik bir deterjan olsa dahi emülsiyon stabilitesi üzerine etkisi gözden uzak tutulamaz. Lanolin konsantrasyonu arttıkça, emülsiyonun destabilize olmasında yüksek pH değerlerinin (>9) iyi sonuç vermediği, düşük pH değerlerinde ise (<8) stabilitenin de arttığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla emülsiyonun stabilitesi pH'a ve muhtemelen lanolinin organik tuzlarının iyonizasyon derecesine bağlıdır.

Atıksudaki yağların destabilizasyonu için gerekli elektrolit miktarı yağın kalitesine, lanolin gibi diğer çözülmüş halde bulunan

maddelerin tip ve konsantrasyonuna ve yıkama sıvısının pH'na bağlıdır [55,74]. Destabilizasyon sonucu meydana gelen çamur hacmine, su ile çözünebilen türdeki lanolin gibi maddelerin fazla etkisi yoktur.

Anderson ve Christoe'nun yaptığı çalışmalardan bulunan sonuçlar da çözülmüş madde konsantrasyonu ile çamur hacmi arasında bir bağıntının olmadığını göstermiştir[74]. Bu yüzden, yıkama sistemlerinden yoğun kirlilikte çıkan atıksularda bulunan askıda katı maddelerin çamur fazı şeklinde giderilmesinde zorluk çekilebilir.

Lanolin konsantrasyonunun aynı kalması halinde, atıksuda AKM konsantrasyonunun artması, yağın çamur fazında daha fazla olmasına sebep olur. Bu olay, yağ ve kir arasında kompleks oluşması ve meydana gelen partiküllerin sıvı fazdan daha ağır olması sebebiyle çökeldikleri şeklinde açıklanır[74].

3.5. KARIŞTIRMA KİNETİĞİ

Kimyasal arıtma işlemlerinden pıhtılaştırma-yumaklaştırma metodunun klasik uygulama şekli hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve çökeltmeden ibarettir. Genellikle emülsiyon halde maddelerin bulunduğu atıksulara bu işlem tatbik edilir. Bu uygulamada karıştırma ile ilgili olarak gözönüne alınan parametre, atıksuya verilen enerjiyi ifade eden hız gradyanı (G) ve karıştırma tanklarındaki bekletme süresi (t) nin çarpımı olan $G.t$ boyutsuz birimdir. Hız gradyanı, G hızlı karıştırmada $100-1000 \text{ s}^{-1}$, yavaş karıştırmada ise $10-100 \text{ s}^{-1}$ mertebesinde dir. Karıştırma süresi, t ise hızlı karıştırmada 1-5 dakika, yavaş karıştırmada 15-45 dakika arasında değişmektedir.

Serbest halde kolloidal katı madde ihtiva eden atıksulara çoğunlukla yukarıda açıklanan işlemler tatbik edilmesine rağmen, emülsiyon halde yağ ihtiva eden atıksulara uygulanan metodda genellikle hızlı ve yavaş karıştırma aynı tankta ve sadece hızlı karıştırma şeklinde tatbik edilmektedir. Dolayısıyla hızlı karıştırma vasıtasıyla emülsiyonların kırılarak meydana getirilen pıhtılaştırma ve yumaklaştırma işlemi aynı havuzda gerçekleştirilmektedir. Daha sonra sıyırma tankına verilerek yumakların atıksudan ayrılması sağlanmaktadır.

Yağ emülsiyonlarının kırılması ve daha sonra serbest hale geçen yağların yumaklaşması için gerekli hız gradyanı ve karıştırma süresi atıksuyun özelliğine bağlı olarak değişebilir. Kimyasal madde dozajı ve karıştırma şartları aynı olmasına rağmen, atıksudaki emülsiyon yapıcı maddelerin cins ve konsantrasyonları gibi atıksu özellikleri yağ giderme verimine tesir etmektedir.

Pıhtılaştırma-yumaklaştırma işleminde kimyasal madde ilâvesi ile, küçük partiküllerin daha büyük partiküller haline gelmesi sağlanarak daha kolay çökmeleri sağlanır. Bu işlemde önce partiküllerin destabilizasyonu daha sonra partiküllerin biraraya gelerek yumakların oluştuğu yumaklaşma olayı gerçekleşir. Yumaklaştırma, partiküller arasındaki çarpışma durumuna göre üç şekilde meydana gelebilir.

1- Akışkanın termal enerjisinden dolayı meydana gelen Brownian hareketler veya perikinetik yumaklaşma, 2- Akışkana verilen enerjiden dolayı meydana gelen hız gradyanı veya ortokinetik yumaklaşma, 3- Yavaş çökelen partiküller ile birleşerek büyüyen partiküllerin meydana getirdiği diferansiyel çökme.

Destabilizasyon olayında yük nötralizasyonunun gerçekleşmesi için partiküllerin çarpışması veya taşırması gerekmektedir. Yumaklaştırma kinetiği ile ilgili olarak geliştirilen çarpışma teorileri destabilizasyon olayındaki taşıma olaylarına da uygulanabilir. Destabilizasyon ve yumaklaştırma işlemindeki çarpışmalar arasındaki benzerlik Camp ve Stein'in[76] hız gradyanı (G) kavramının her iki işlemde de kullanılmasını sağlar. Son zamanlarda Cleasby türbülans şartları için G değerinin genelliği hakkında bazı endişeleri olduğunu belirtmiştir[77]. Türbülanslı karışımın olduğu yerlerde, partiküllerin çarpışmaları ile ilgili denklemler çeşitli araştırmacılar tarafından verilmiştir. Araştırmacılardan O'Melia, Staffman ve Turner, Delichatsios ve Probst[78] çarpışma hızını benzer denklemlerle ifade etmişlerdir. Buna göre d_1 ve d_2 çapındaki iki partikülün türbülanslı bölgede yumaklaşması için çarpışma hızı

$$N_{GH}(d_1, d_2) = C_1 \cdot n(d_1) \cdot n(d_2) \cdot (d_1 + d_2)^3 \cdot \left(\frac{\epsilon'}{\nu}\right)^{1/2} \quad (3-3)$$

dir. Burada

$n(d_1)$ = d_1 çapındaki partiküllerin sayıca konsantrasyonu

$n(d_2)$ = d_2 çapındaki partiküllerin sayıca konsantrasyonu

ϵ' = Birim hacime verilen enerji

ν = Kinematik viskozite

C_1 = Katsayı

dır. C_1 katsayısı O'Melia'nın verdiği denklemde 0.166, Staffman ve Turner'in denkleminde 0.162, Delichatsios ve Probstein'in denkleminde ise 0.051 dir. Bu denklemler hızlı karıştırma ile meydana getirilen çok küçük girdap boyutunun (η), partikül çaplarından daha büyük olduğu durumlar için ($\eta > d_1$) verilmiştir. Partiküllerin en küçük girdap boyutundan büyük olduğu durumda ($\eta < d_1$) ise çarpışma hızı

$$N_{CH}(d_1, d_2) = C_2 \cdot n(d_1) \cdot n(d_2) \cdot (d_1 + d_2)^{7/3} \cdot (\epsilon')^{1/3} \quad (3-4)$$

şeklinde verilmiştir. Burada, C_2 bir katsayı olup Delichatsios ve Probstein tarafından 0.427 olarak verilmiştir. Hızlı karıştırma tankında güç dağılımına ve türbülanslı ortamda meydana gelen girdap boyutunun partikül çapına oranına (η/d_1) bağlı olarak meydana gelen destabilizasyonun şematik olarak gösterilişi Şekil 3-8'de verilmiştir[78]. Perdeli bir hızlı karıştırma tankı içerisinde ortalama güç dağılımı, türbülanslı şartlar için verilen Rushton'un denklemi kullanılarak hesaplanabilir[78]. Bu denklem

$$\bar{P} = k \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_p^5 \quad (3-5)$$

şeklindedir. Burada

$\bar{P}$ = Tank içinde ortalama güç dağılımı

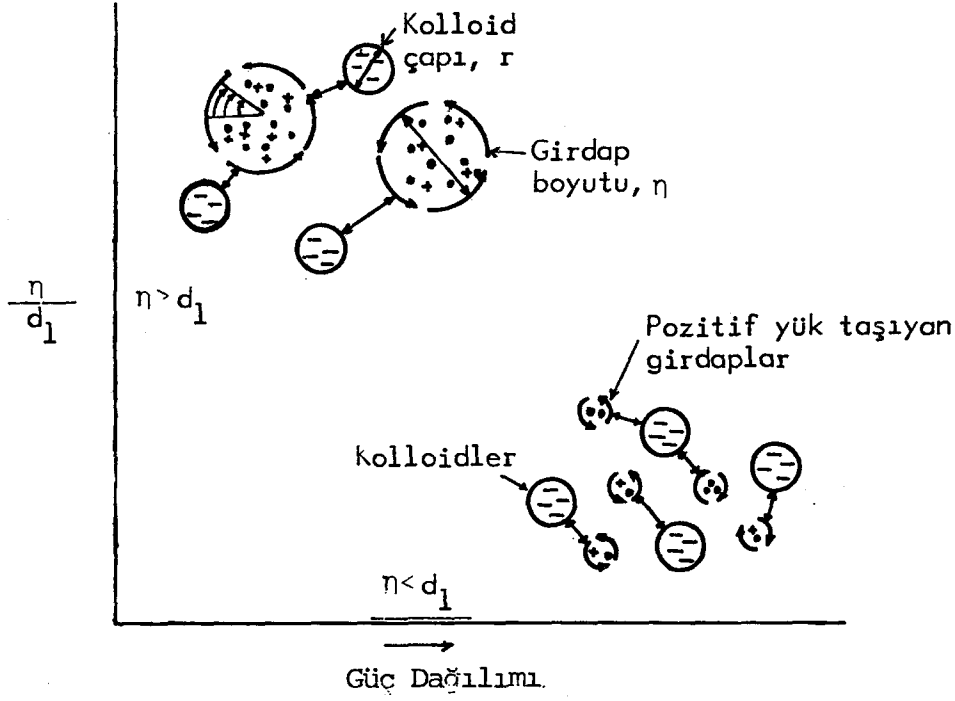
k = Boyutsuz güç sayısı (sabit)

ρ = Akışkanın yoğunluğu

N = Pervane dörmeye hızı, (d/d)

D_p = Pervane çapı

dır. Leentvaar ve Ywema[79], silindirik perdeli bir tank için boyutsuz güç sayısını 5.0 olarak kaydetmiştir. Yukarıdaki denklemin kullanılabilmesi için tankta Reynold sayısı (ND^2/ν) 10^4 'den büyük olmalıdır.



Şekil 3-8. Girdaplarla Taşınan Kimyasal Maddelerin Meydana Getirdiği Destabilizasyon Olayının Şematik Gösterilişi

Lâboratuvar ölçekli çalışmalarda kullanılan karıştırıcılarda, diğer şartlar aynı kalmak üzere karıştırıcı pedal tipi ile hız gradyanı arasındaki ilişkiler, Cornwell ve Bishop[80] tarafından incelenmiş ve araştırma sonuçları eğrilerle ifade edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise, karıştırma pervanelerinin güç karakteristikleri boyutsuz birimlerle ifade edilmiştir[81]. Bunun için güç sayısı (N_p) ve Reynold sayısı (N_{Re}) arasındaki ilişkiden yararlanılmıştır. Bu ifadeler

$$N_p = 2,158.10^{17} \cdot P_1 / N^3 \cdot D_p^5 \cdot \rho \quad (3-6)$$

$$N_{Re} = 1,667.10^{-5} N D_p^2 \rho / \mu \quad (3-7)$$

şeklinde dir. Burada,

P_1 = Pervane gücü, (W)

D_p = Pervane çapı, (m)

μ = Dinamik viskozite, (kg/m.sn)

N = Pervane hızı, (d/d)

ρ = Akışkanın yoğunluğu, (kg/m³)

dur. N_p ve N_{Re} arasında çizilen eğrilerde akım şartları Laminer, geçiş ve türbülans şeklinde üç bölgeye ayrılabilir.

Hızlı karıştırma işleminin durdurulmasından sonra suda meydana gelen akım şartları türbülansdan Laminere doğru değişir. Brownian hareket ve Laminer akım şartlarında kolloidlerin çarpışmaları ile ilgili temel kinetik ifadeler Von Smoluchowski tarafından çıkarılmış, Camp ve Stein ise bu ifadeleri türbülanslı akım şartlarında kullanılabilecek şekilde genelleştirmişlerdir[63, 67].

Ortokinetik yumaklaşma ismi verilen birleşme olayında, ortamdaki partikül sayısındaki azalma hızı, çarpışma sıklığı, partikül çapı, hız gradyanı ve partikül sayısına bağlıdır[82, 83]. Küresel partiküller için Camp ve Stein tarafından verilen diferansiyel hız ifadesinin çözülmesi ile t zamanında suda kalan partikül sayısı

$$N_t = N_o \cdot \exp(-K' \cdot N_o \cdot G \cdot t) \quad (3-8)$$

olarak bulunur[84]. Burada

N_t = t zamanında kalan partikül sayısı

N_o = Başlangıç anında partikül sayısı

G = Ortalama hız gradyanı

t = Bekletme süresi

$K' = (2/3) \alpha \cdot d^3$

α = Birleşmeyle neticelenen çarpışmaların sıklığı

d = Partikül çapı

dır. Argaman ve Kaufman'ın[84], Camp ve Stein'in ifadesine benzer şekilde geliştirdikleri diferansiyel hız denkleminin çözülmesiyle de

$$N_t = \frac{N_o (N_o - 1) \cdot \exp(-KN_o Gt)}{1 + (N_o - 1) \cdot \exp(-KN_o Gt)} \quad (3-9)$$

bulunur. Burada,

$$K = 1/(4\pi\alpha K_1 K_2 d^3)$$

K_1 = Sabit(belirli bir türbülans alanı ve partikül boyutu için sabit bir sayı)

K_2 = Karıştırma aletini karakterize eden bir sabittir. La-Mer ve Healy'nin[85] yaptıkları çalışmalar sonunda buldukları ifade ise

$$N_t = N_o \cdot \exp(-K N_o^{1/2} Gt) \quad (3-10)$$

şeklindedir. Burada, K, sabit bir sayıdır.

Görüldüğü gibi uç ifade de eksponensiyel azalma şeklindedir. Argaman ve Kaufman ile La-Mer Healy ifadesinde N_o^2 ve $N_o^{1/2}$ terimlerinin düzeltilmesi ile Von Smoluchowski ifadesine varılır.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN PLANLANMASI

Yıkama atıksularının arıtılmasında başlıca hedef, mümkün olduğu kadar yüksek oranda yağ giderimi sağlamaktır. Çalışmaların büyük çoğunluğu da bu konuya doğru yönlendirilmiştir. Ucuz ve etkili bir işlem olması bakımından da asitle emülsiyon kırma metodunda yağ gideriminin nasıl olduğunu, hangi faktörlere bağlı olarak değiştiğini bilmek ayrı bir önem taşımaktadır.

Emülsiyonun stabilitesinin bozularak, destabilil hale getirilmesi ile meydana gelen yağ pıhtılarının ortamdaki en iyi hangi şartlarda giderilebileceğinin bilirmesi gerekmektedir. Bu maksatla yapılan deneylerde doğrudan prosesden alınacak atıksu örneklerinin, atıksuyu çok iyi bir şekilde karakterize edici olması lazımdır. Numuneler doğrudan teknelerden alınacak olursa, teknelerin birinden (örneğin 1. veya 5. tekneden)alınan numunenin fazla olması, kompozit numunenin özelliğini önemli ölçüde değiştirecektir. Dolayısıyla bu tür bir numune üzerinde yapılacak çalışmanın sonucu yanıltıcı olacaktır. Teknelerin hacimleri ile orantılı olarak alınacak numuneler ile bu problem en aza indirilebilir. Eğer, tesisde dengeleme tankı mevcutsa, problem bir ölçüde ortadan kalkmış olur.

Emülsiyonların destabilizasyonunda ve destabilizasyon sonucu meydana gelen yağ pıhtılarının yumaklaşmasında etkili olan birçok faktör vardır. Bunlardan, karıştırma ve pH'ın etkisi burada incelenecektir. Ayrıca emülsiyonların stabilitesine etki eden parametrelerden deterjanın etkisi de incelenerek, atıksuda bulunabilecek konsantrasyonlarda noniyonik deterjanın etkili olup olmadığı belirlenecektir.

Bu maksatla, çalışmalar önce kesikli sistemde yürütülmüş, daha sonra asidik pH aralığında (2-3) ve farklı karıştırma şiddetlerinde

pilot tesis deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, fabrikada kurulan arıtma tesisi çıkış suyunda yağ ve AKM konsantrasyonları ölçülerek kalite değişimi incelemiştir.

4.2. ARAŞTIRMANIN YAPILDIĞI İŞLETMEDE UYGULANAN YIKAMA ŞEKLİ VE ATIKSU ÖZELLİKLERİ

Araştırmanın yapıldığı işletmede soda-deterjan yıkama metodu kullanılmakta ve kısmi ters akım prensibine göre çalışılmaktadır. Yıkamada soda (sodyum karbonat) ve noniyonik deterjan kullanılmaktadır. Yıkama işlemi, 1964 yapımı Taylor Wordsworth marka, seri bağlı 5 tekneden oluşan yıkama makinasında yapılmaktadır. Yıkama ile ilgili diğer şartlar Tablo 4-1'de gösterilmiştir[12].

Teknelerin doldurulmasından sonra 12 saat süreyle yıkama yapılmaktadır. Bu süre içerisinde kirliliğin fazla olduğu teknelerde arada bir boşaltma yapılmakta, en son tekneden itibaren geriye doğru şamandıra sistemi ile teknelerin birinden diğerine su akışı sağlanmaktadır. En son tekneye temiz su verilmektedir. 12 saatlik çalışma süresi sonunda tekneler boşaltılıp temizlenmektedir. Herbir teknenin çıkışında yapaklar yün ile kaplı silindirlerde sıkılmakta, süzünü suları teknenin altında ve yan tarafında toplanarak bir geri devir pompasıyla tekrar aynı tekneye verilmektedir. İşletme akım şeması Şekil 4-1'de gösterilmiştir.

Teknelerin ilk hazırlanışında 1. tekneye bir miktar soda katılmaktadır. 2. ve 3. tekneye soda ve deterjan kova ile yıkanacak yünün kirlilik durumuna ve tecrübeye dayanan miktarlarda(daha önce belirlemiş değerler etrafında olmak üzere) ilave edilmektedir. Kimyasal madde ilavesi teknelerin ilk hazırlanışında yapılandıktan başka 12 saatlik çalışma süresi içerisinde birkaç defa da yapılmaktadır. İşletmede kullanılan su ve kimyasal madde miktarları aylık değerler olarak Tablo 4-2'de verilmiştir. Teknelerde işletme şartlarına ait tipik değerler Tablo 4-3'de gösterilmiştir.

Yıkama işlemi, iyon değiştiricilerden ve buhar kazanlarından geçirilerek içersindeki safsızlıkları almış yumuşak su ile yapılmaktadır. Teknelerin bulunduğu salonun ve nihai boşaltmadan sonra tekne

işlerinin temizlenmesinde ise sert su (artezyen veya şehir şebeke suyu) kullanılmaktadır.

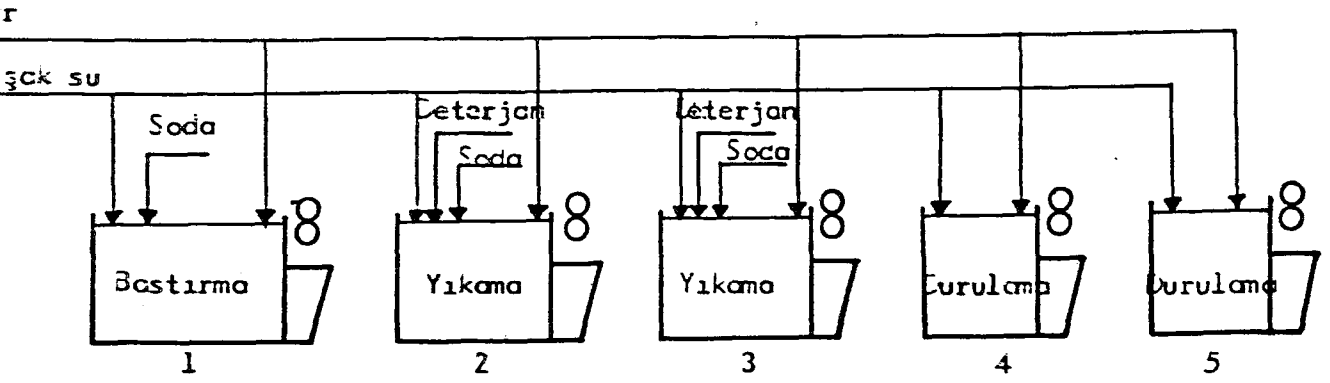
Tablo 4-1. İşletmede Uygulanan Yıkama Şartları[12]

Yıkama Metodu	Konvansiyonel, soda-deterjan
Çalışma Şekli	Kısmi ters akım
Yıkama Tekneleri ve Kapasiteleri	1. tekne : 12 m ³ 2. tekne : 10 m ³ 3. tekne : 10 m ³ 4. tekne : 6 m ³ 5. tekne : 5 m ³
Çalışma Düzeni	
Vardiya Sayısı	1-3 (iş durumuna göre)
Vardiya Süresi	8 saat
Çalışma Süresi (Yılda)	Ortalama 300 gün
Yıkama Süresi(1 defada)	12 saat
Su Kullanımı	Ortalama 150 m ³ /gün
Su / Yağlı yün	10.5-13.5 lt/kg, ortalama 12 lt/kg
Su / Temiz yün	16.3-20.6 lt/kg, ortalama 18.3 lt/kg
Yıkarmış Yün Üretimi	7.5- 9.5 ton/gün
Temiz yün/Yağlı yün	0.65-0.70 kg/kg
Soda Kullanımı	Ortalama 1.03 kg/100 kg yıkarmış yün
Deterjan kullanımı	Ortalama 1.11 kg/100 kg yıkarmış yün

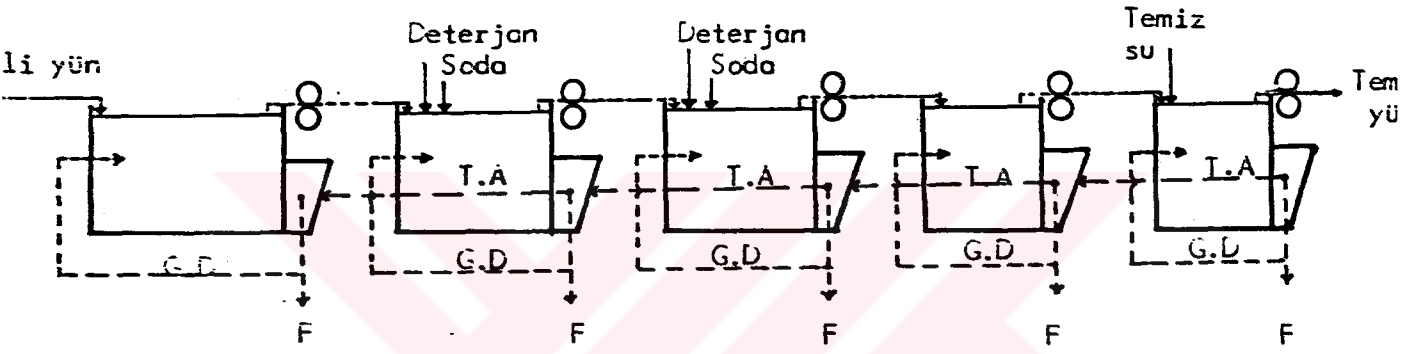
Tablo 4-2. Yıkamada Kullanılan Hammadde Miktarları*[12]

Aylar (1986)	Su(m ³ /Gün)			Deterjan(kg/Gün)			Soda(kg/Gün)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
Ocak	70	150	100	50	75	55	30	45	38
Şubat	90	190	140	50	85	70	35	55	37
Mart	85	180	105	50	75	65	35	40	36
Nisan	70	150	100	50	90	70	35	40	37
Mayıs	85	180	120	50	90	73	30	40	38
Haziran	80	180	100	50	80	70	30	40	37
Temmuz	70	190	130	50	85	72	35	45	37
Ağustos	80	170	110	50	90	70	35	40	38
Eylül	90	185	120	50	80	74	30	40	37
Ekim	85	190	140	50	85	73	35	45	36
Kasım	75	190	145	50	85	70	30	40	37
Aralık	80	170	130	50	80	70	30	40	37

* İki veya üç vardiyalı normal çalışma gününde(bakım, temizlik, arıza v.b. işlerin yapıldığı günler dışında) karşılaşılan değerler



a. Teknelerin ilk hazırlanışı

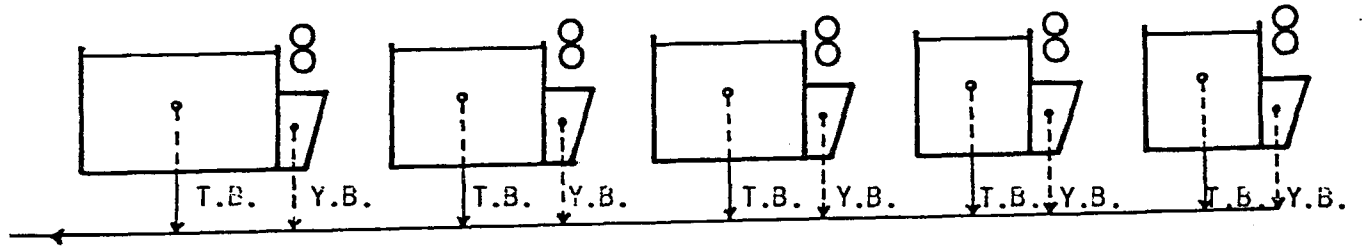


F = Kuvvete arada bir akıtılan flotte razılası

T.A. = Ters akım prensibine göre bir önceki tekneye gönderilen yıkama flottesı

G.D. = Sıkma sırasında yünlerden akan flotte ile bir sonraki teknedeki gelen flottenin tekne girişinde yünlere püskürtülen kısmı

b. Çalışma safhasında temiz su, flotte, atık su ve yün akışı



T.B. = Tekne içlerinin boşaltılması ve yıkaması

Y.B. = G.D. flottesinin bulunduğu alt ve yan haznelerin boşaltılması ve yıkaması

c. Teknelerin boşaltılması ve yıkaması

Şekil 4-1. Tesise ait yün yıkama işletme akım şeması

Tablo 4-3. Teknelerde Çalışma Şartlarına Ait Bir Örnek[12]

Tekne	1	2	3	4	5
Sıcaklık, °C pH	35 8-8.5	55 9-10	53 9-10	46 8	35 7-8
Teknelerin ilk hazırlanışındaki konsantrasyon					
Deterjan, g/l Soda g/l	- 1.0 -1.2	1.0 0.8	0.65 0.6	- -	- -
Yıkama sırasında her iki saatte bir					
Deterjan, kg Soda, kg	- -	3 *	3 *	- -	- -

* İlâvelerin spesifik olmadığı belirtilmektedir.

Teknelerde herhangi bir günde ve bir ay içerisinde (misal olarak 1986-Mayıs ve Haziran ayları verilmiştir, diğer aylarda da hemen hemen aynı neticelere rastlarmaktadır) ölçülen minimum ve maksimum pH ve sıcaklık değerleri Tablo 4-4'de verilmiştir. Teknelerdeki suyun ısıtılması kapalı sistem buharla yapılmaktadır.

Tablo 4-4. Yıkama Teknelerinde pH ve Sıcaklık Değerleri[12]

Tekne	Min. ve Maks. pH*			Min. ve Maks. Sıcaklık		
	Herhangi bir günde	1986		Herhangi bir günde	1986	
		Mayıs	Haziran		Mayıs	Haziran
1	8	8-9	8-9	30-36	27-44	27-52
2	8-9	8-10	8-10	56-60	52-61	54-64
3	8-10	8-10	8-10	53-56	50-59	50-61
4	8	7-8	7-8	43-50	35-55	38-62
5	7.7-8.6	7.6-9.0	8.1-8.9	35-43	30-50	28-48

* İlk 4 teknede pH ölçümleri pH kâğıdı ile, son teknede pH metre ile yapılmaktadır.

İşletmede çoğunlukla, Avustralya merinos ve bir miktarda Yeni Zelanda yünü yıkarmakta, bunun dışında bazen yerli yünler ve tiftik de yıkarmaktadır. Yıkanan yün miktarı vardiya sayısı, arıza, bakım, v.b. faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte normal bir çalışma döneminde 11.5-14.5 ton yağlı yün/gün arasında değişmektedir. Temiz yün miktarı, yaklaşık % 30-35 olarak kabul edilen kirlilik değeri

düğüülerek hesaplamaktadır. Yıkamada kullanılan noniyonik deterjan biyolojik olarak ayrışabilen türdendir.

Yıkama tesisinden alınan atıksuda yapılan analiz neticeleri toplu halde Ek Tablo A-1'de gösterilmiştir. Bu neticeler değeriendirilerek aşağıdaki Tablo 4-5 hazırlanmıştır. Kirletici yüklerinin hesabında, ortalama su tüketimi $150 \text{ m}^3/\text{gün}$ ve yıkama sonunda elde edilen temiz yün miktarı (ürün) ortalama 8 ton olarak Tablo 4-1'den alınmıştır.

Tablo 4-5. Yıkama Tesisine Ait Analiz Neticelerinin Değeriendirilmesinden Bulunan Atıksu Özellikleri

a- Konsantrasyon bazında :

Parametre	Kirletici Miktarı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
pH	6.9	8.5	7.5 ± 0.30
Sıcaklık, °C	35	52	43 ± 4.75
Yağ, g/l	4.3	12.3	6.75 ± 1.97
KOİ, g/l	15.8	42.0	25.2 ± 6.74
AKM, g/l	3.4	13.1	6.72 ± 2.07
$V_{çkm}$, ml/l	11	43	24.4 ± 9.58
İletkenlik, mS/cm	2.3	3.8	2.84 ± 0.43

b- Yük bazında :

Parametre	Kirlilik Yükleri		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Yağ, kg/ton ürün	80	230	126
KOİ, kg/ton ürün	296	787	473
AKM, kg/ton ürün	64	245	125
$V_{çkm}$, m ³ /ton ürün	0.20	0.80	0.46
Debi, m ³ /ton ürün	16	21	18.5

4.3. DENEY DÜZENİ VE TEKNİKLERİ

4.3.1. Kesikli Sistem Çalışmaları ile Yumaklaştırma Deneyleri

Noniyonik deterjan ihtiva eden yün yıkama atıksularından kirlilik giderimine etki eden faktörlerin incelenmesi Jar-test deneyleri

ile yapılmıştır. Bu deneylerde altı pedallı bir karıştırıcı miş ve deneyler 1 litrelik cam kaplar içinde yapılmıştır. Toplam alanı $18 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ olan bir pedalın sağlayabileceği hız gradyanı

$$G = \left(\frac{C_o \cdot A \cdot \rho \cdot v_r^3}{2V\mu} \right)^{1/2}$$

formülü ile hesaplanarak 200 sn^{-1} bulunmuştur. Denkleme gösterilen parametrelerin değerleri aşağıda verilmiştir:

v_r : 0.31 m/sn (pedal çevre hızının 0.75'i kadar)

C_o : 1,2 (Boyutsuz katsayı)

ρ : 995.6 kg/m³ (30°C'da yoğunluk)

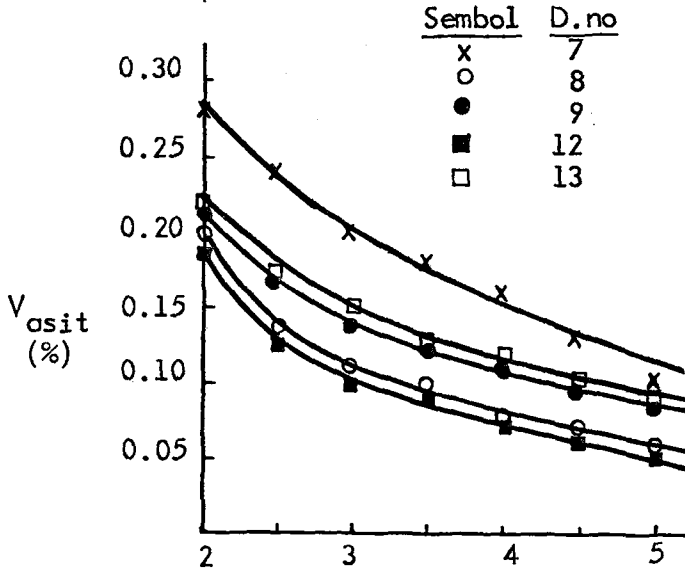
μ : $0.798 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.sn}$ (dinamik viskozite)

V : $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (atıksu hacmi)

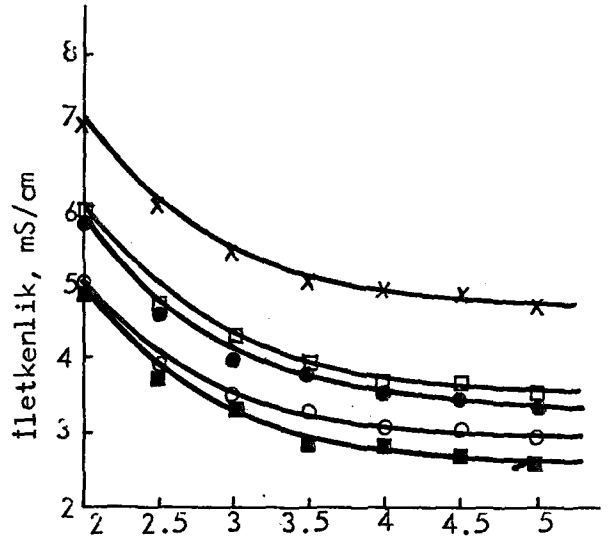
Deneylerde kullanılan numunelerin bir kısmı teknelerden hacimleri ile orantılı olarak kompozit alırmış, bir kısmı ise dengeleme havuzu çıkışından doğrudan alırmıştır. Asitle emülsiyon kırma metodu ile üzerinde yumaklaştırma işlemi yapılacak sular, kavanozlara konulduktan sonra farklı pH değerlerine getirmek için değişen miktarlarda derişik sülfürik asit ilâve edilmiştir. Aynı pH değerine getirmek için ilâve edilmesi gereken asit miktarının, atıksuyun pH'ına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Bu deneylere ait neticeler Ek Tablo A-2'de ve Şekil 4-2'de gösterilmiştir. Aynı zamanda yapılan iletkenlik ölçüm neticeleri ile de iletkenlik değerlerinin atıksuyun iletkenlik değerine ve ilâve edilen asit miktarına bağlı olduğu tesbit edilmiştir. Bu deneylere ait neticeler de Ek Tablo A-3'de ve Şekil 4-3'de gösterilmiştir.

Yapılan deneyler neticesinde seçilen optimum pH 3'e, atıksuyun pH'ını getirmek için ilâve edilecek asit miktarları ve bu esnada meydana gelen iletkenlik artışına ait neticeler Ek Tablo A-4'de ve Şekil 4-4'de gösterilmiştir.

Numunelere asit ilâvesinden sonra, karıştırıcı ile $G.t \ 2 \cdot 10^5$ olacak şekilde karıştırma yapılarak asitin su içerisinde Uniform şekilde dağılarak yağ emülsiyonunu kırması sağlanmıştır.



Şekil 4-2. pH Ayarlamasında Asit Miktarı-pH İlişkisi

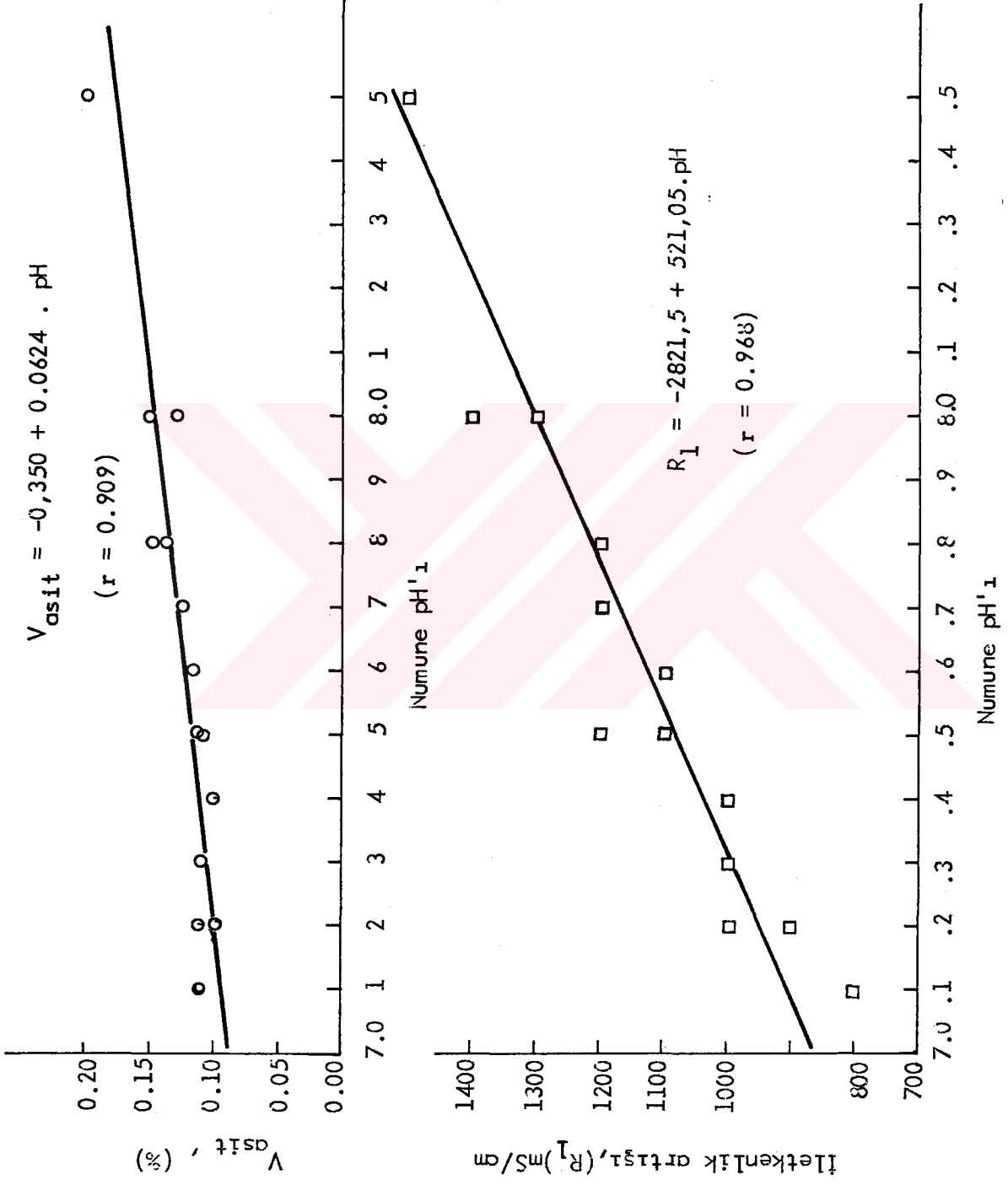


Şekil 4-3. pH Ayarlamasında pH-İletkenlik İlişkisi

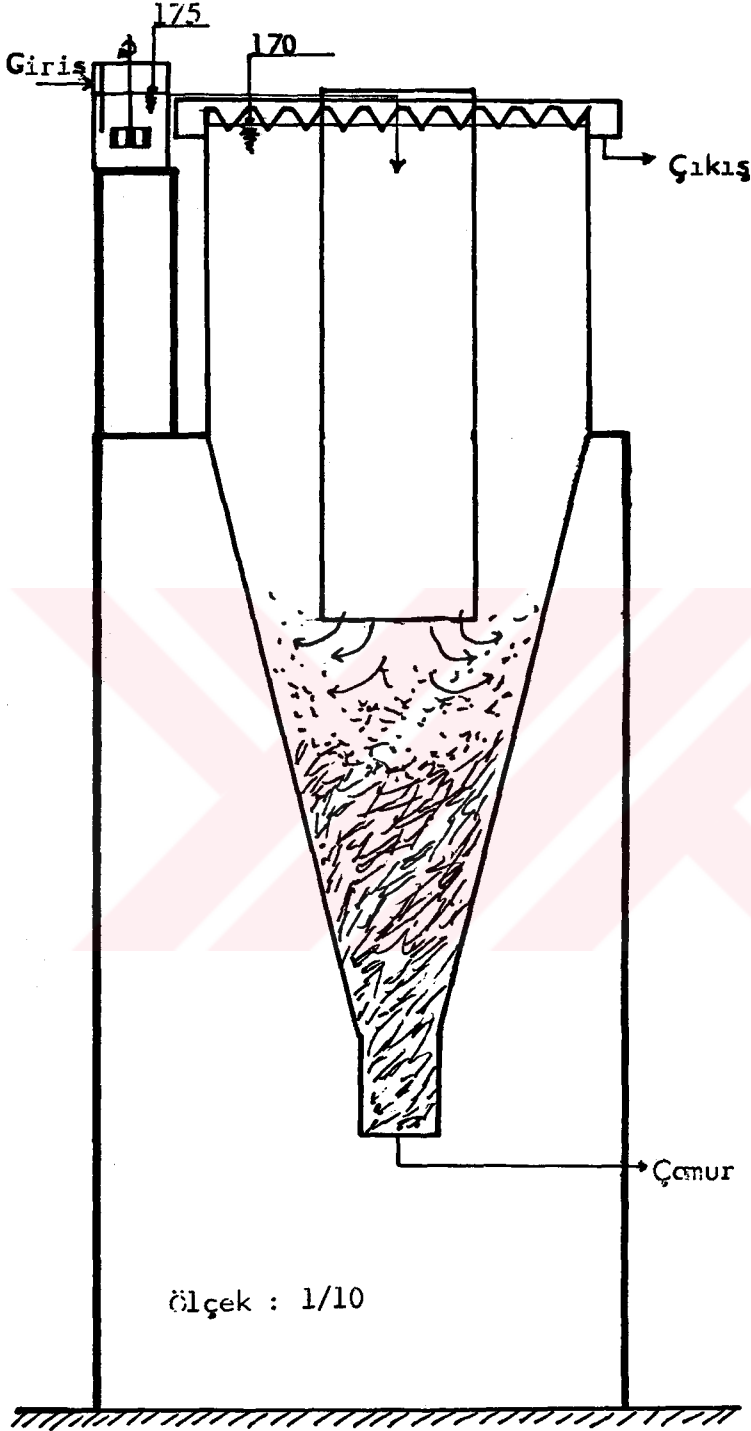
Karıştırma işleminin sonunda 30 dakika beklenerek yumakların çökmesi beklenmiştir. Bu süre sonunda su yüzeyinin 2 cm altından, bir pipet yardımıyla numune alınarak yağ, KOİ ve AKM miktarları tesbit edilmiştir. Analizler standart metodlara göre yapılmıştır[B6]. Bulanıklık ölçümlerinde Hach-model 2100 A isimli türbidimetre cihazı, optik yoğunluk ölçümlerinde ise 530 nm dalga boyunda CP-I Colorphotometer cihazı kullanılmıştır. Deterjan ile yapılan çalışmalarda, yıkamada kullanılan noniyonik deterjanın % 5'lik çözeltisi hazırlanarak kullanılmıştır.

4.3.2. Sürekli Sistem Çalışmaları

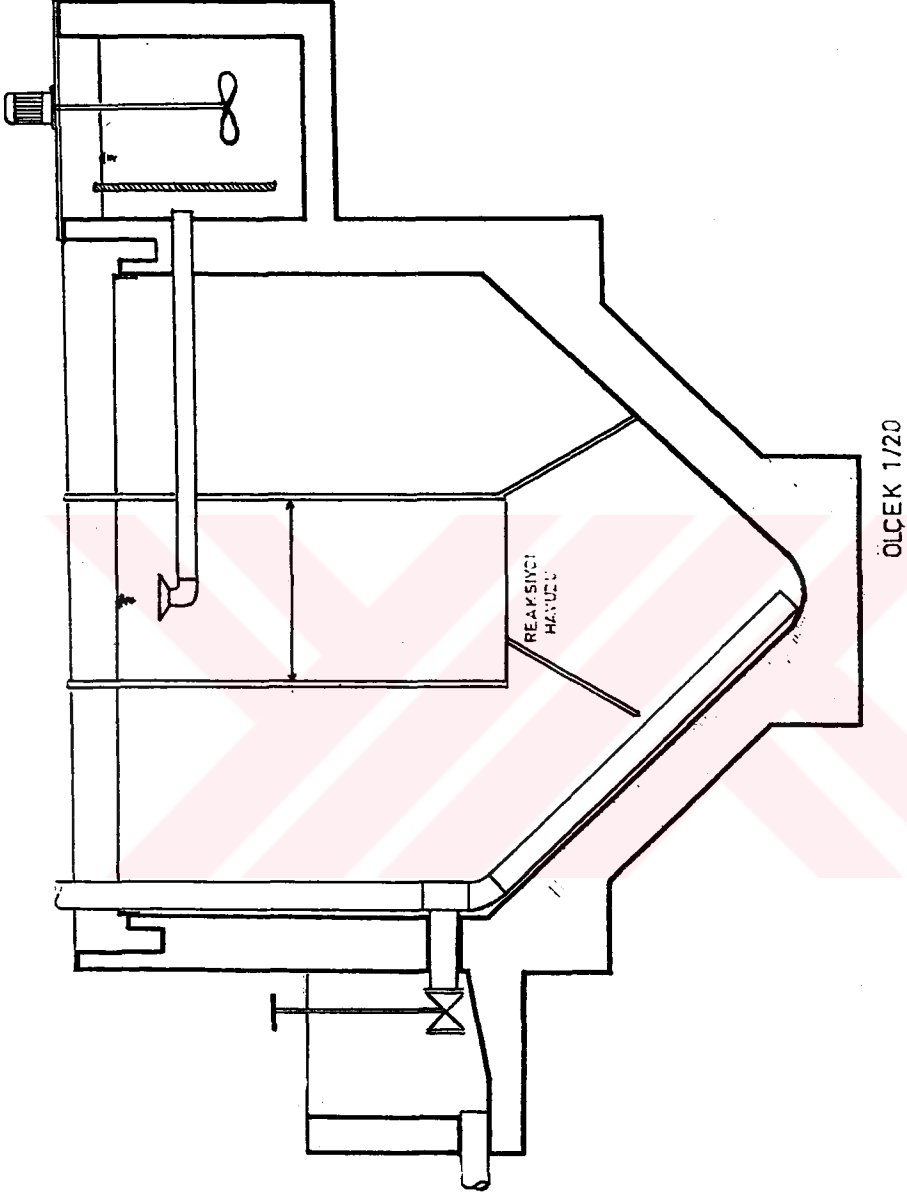
Sürekli sistem çalışmaları Şekil 4-5'de gösterilen pilot tesisde ve Şekil 4-6'da gösterilen arıtma tesisinde gerçekleştirilmiştir. Pilot tesis üç kısımdan oluşmaktadır; besleme tankı, hızlı karıştırma ve çökeltme tankı. Besleme tankı paslanmaz çelikten olup yerden 2 m yükseğe yerleştirilmiştir. Hacmi 2 m^3 olan bu tanka, yün yıkama suları her bir tekneden hacimleri ile orantılı olarak bir su pompası yardımıyla alınmıştır. Buradan hızlı karıştırmaya şamandra sistemi ile eşit debide atıksu verilmiştir. Hızlı karıştırma tankının hacmi 0.8 litredir. Derişik H_2SO_4 'den % 25'lik hazırlanan asit çözeltisi hızlı



Şekil 4-4. pH 3Ayarında Numune pH'1 ile Asit ilavesi ve iletkenlik Artışı ilişkisi



Şekil 4-5. Pilot Tesisin Şematik Gösterilişi



Şekil 4-6. Arıtma Tesisinin Şematik Gösterilişi

kariştırma tankındaki perde ile atıksu giriş kısmı arasına dozlanmıştır. Hızlı kariştırmadan çıkan asitli sular, çöktürme tankına, tankın üst seviyesinin yaklaşık 10 cm altından ve ortadaki çökeltme kolonundan verilmiştir. Çökeltme tankının hacmi yaklaşık 140 litre dir. Hızlı kariştırma tankında pedal alanı $2.10^{-3} m^2$, hız gradyanı ortalama $300 sn^{-1}$ 'dir.

Hızlı kariştırma ve çökeltme tanklarındaki bekletme süreleri, besleme tankındaki debi ayarı ile kontrol edilmiştir. Tesisin kararlı çalışma durumundan sonra giriş ve çıkıştan alınan numunelerde yağ, KOİ, ve AKM kirlilik miktarları belirlermiştir. Tesise ait iki görüntü şekil 4-7'de verilmiştir.

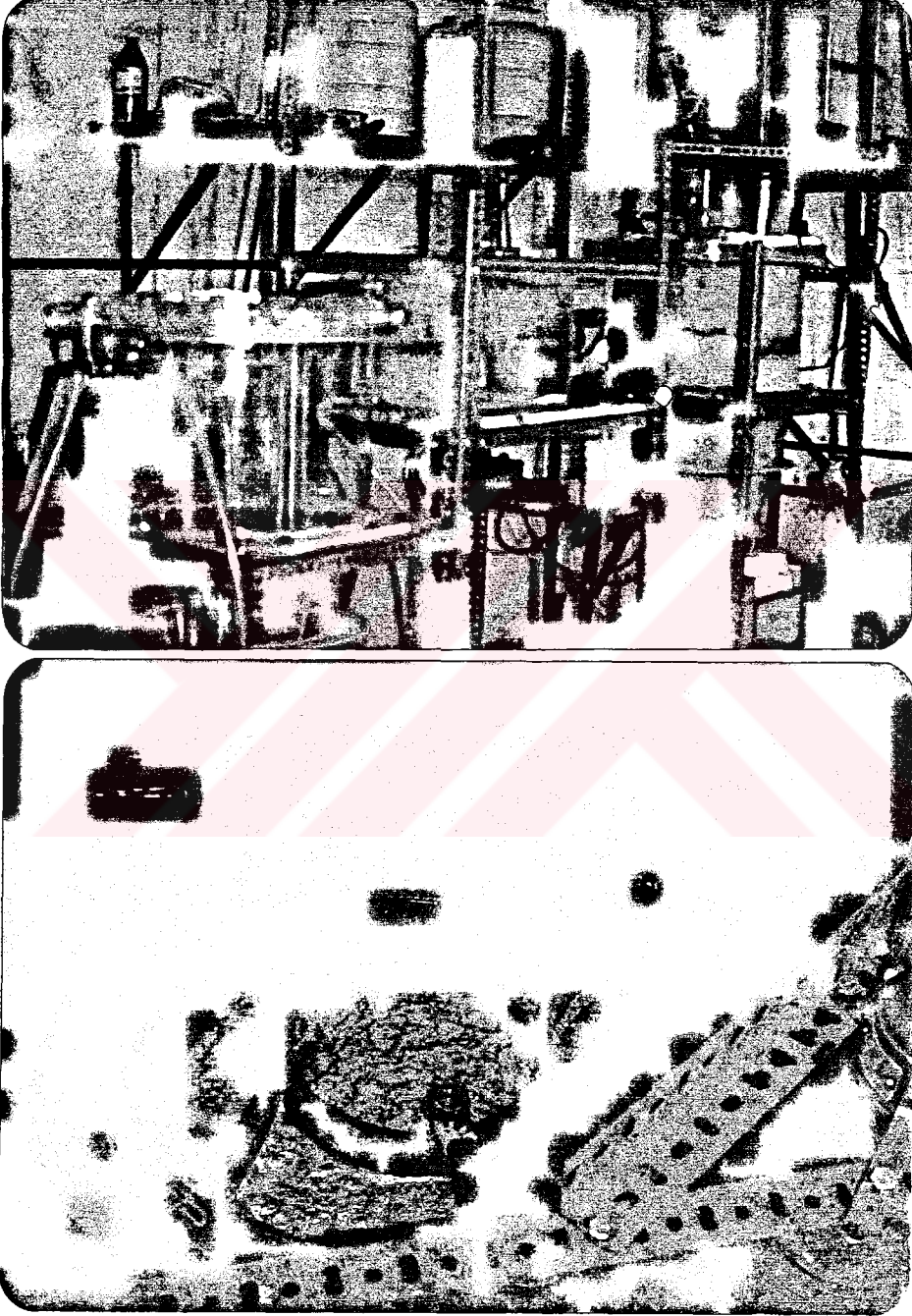
Arıtma tesisinde yün yıkama atıksuları için bir ön işlem olarak uygulanan asit-kraking metodunda derişik H_2SO_4 kullanılmakta ve tesis hızlı kariştırma ve çökeltme havuzundan oluşmaktadır. Hızlı kariştırma havuzunun hacmi $0.75 m^3$, çökeltme havuzu hacmi $28 m^3$ dür. Daire planlı, üst kısmı silindirik, alt kısmı konik olan çöktürme havuzunda su girişi merkezden dir. Taban eğimi sıyırıcıya lüzum kalmayacak şekilde yapılmış olup, kaygan bir madde ile kaplanmıştır. Hızlı kariştırma tankında hız gradyanı ortalama $200 sn^{-1}$ bekletme süresi 6.2 dakikadır.

4.4. KULLANILAN HESAP YÖNTEMLERİ

Yumaklaştırma veriminin tayininde çeşitli kriterler gözönüne alınmıştır. Birinci kriter deney sonunda atıksuda kalan yağ miktarı ile ölçülen emülsiyonun destabilizasyon derecesidir. Diğer kriterler, kalan KOİ ve AKM miktarları ile belirli bir işlemden sonra meydana gelen çamur hacmidir (volumetrik fraksiyon).

Yumaklaştırma verimi tayininde kullanılan giderme verimleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\eta_k = 100(1 - \frac{C}{C_o}) \quad (4-2)$$



Şekil 4-7. Pilot Tesisin Çalışmasına Ait Görüntüler

Burada,

η_k : Kirletici giderme verimi, %

C_o : Başlangıçta kirletici konsantrasyonu, mg/l

C : Arıtma işleminden sonra kirletici konsantrasyonu, mg/l

Arıtma işleminde, numuneye ilâve edilen kimyasal maddelerin getirdiği hacim artışından dolayı C değerlerinin hesabında kullanılan numune hacmi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$V_g = V_n \frac{V_o}{V_s} \quad (4-3)$$

Burada,

V_g : Analizde kullanılan gerçek numune hacmi

V_n : Analizde kullanılan numune hacmi, ml

V_o : Başlangıçta numune hacmi, 1000 ml

V_s : Kimyasal çözelti ilâvesinden sonra toplam hacim, > 1000 ml.

Kimyasal çözelti ilâvesinin çok az olduğu (1-2 ml) çalışmalarda doğrudan analizde kullanılan numune hacmi, C hesabında kullanılmıştır.

Deneyisel çalışmalardan elde edilen neticeler arasında bir bağıntı bulunup bulunmadığını, eğer bağıntı varsa bunun hangi fonksiyon tipine uyduğunu ve bağıntı derecesini tesbit etmek üzere korelasyon ve regresyon analizinden yararlanılmıştır. İki değişken arasındaki ortalama bağıntısının matematik bir fonksiyonla ifade edilmesi regresyon, bağıntının derecesinin tayini ise korelasyon şeklinde tarif edilmektedir [87].

Değişkenlerin dağılma diyagramından tahmin edilen fonksiyon tipleri, korelasyon analizine tabi tutularak, iki değişken arasındaki en yüksek korelasyonu veren fonksiyon seçilmiştir. x ve y gibi iki değişken arasındaki bağıntı doğrusal olduğunda fonksiyonun matematik ifadesi $y = a + b.x$, logaritmik olması halinde ise $y = ax^b$, $y = ae^{bx}$, veya $y = a + b.lnx$ dir.

İki değişken arasındaki ilişkinin derecesini belirleyen korelasyon katsayısı,

$$r = \frac{\sum(\Delta x \cdot \Delta y)}{\sqrt{\sum(\Delta x)^2 \sum(\Delta y)^2}} \quad (4-4)$$

şeklindedir.

İstatistik analizlerden, güven aralığı hesabı için,

$$\bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot Z_c$$

formülü kullanılmıştır. Burada % 95 güven aralığı için Z_c değeri 1.96, % 99 güven aralığı için 2.58 almıştır[87].

4.5. DENEY NETİCELERİ

4.5.1. Karıştırmanın Etkisinin İncelermesine Ait Neticeler

Tesisden alınan atıksu numunelerinin pH'ı 2-3 arasında ayarlanarak yapılan deneylerde G, hız gradyanı sabit tutularak (200 sn^{-1}), karıştırma süresi değiştirilmek suretiyle G.t, karıştırma şiddetinin etkisi incelemiştir. Neticeler Ek Tablo A-5'de ve Şekil 4-8'de verilmiştir. Bu çalışmalarda G.t değeri 1.10^4 ile 2.10^5 arasında tutularak sadece hızlı karıştırma uygulamıştır. Üst fazdan alınan numunelerde yağ ve bulanıklık ölçülmüştür. Ayrıca, meydana gelen çamur hacimleri de tesbit edilmiştir.

Grafiklerde gösterilen semboller aşağıda topluca açıklarmıştır.

G.t : Karıştırma şiddeti (hız gradyanı x zaman), boyutsuz

C_y : Deney sonunda üst fazda kalan yağ konsantrasyonu, g/l

C_A : Deney sonunda üst fazda kalan AKM konsantrasyonu, g/l

C_K : Deney sonunda üst fazda kalan KOİ konsantrasyonu, g/l

C_D : Numunelere ilâve edilen noniyonik deterjan konsantrasyonu, g/l

V_ϕ : Deney sonunda meydana gelen çamur hacim yüzdesi, %

Bul.: Deney sonunda üst fazdan alınan numunede bulanıklık, NTU

4.5.2. İlâve Deterjan Konsantrasyonunun Etkisine Ait Neticeler

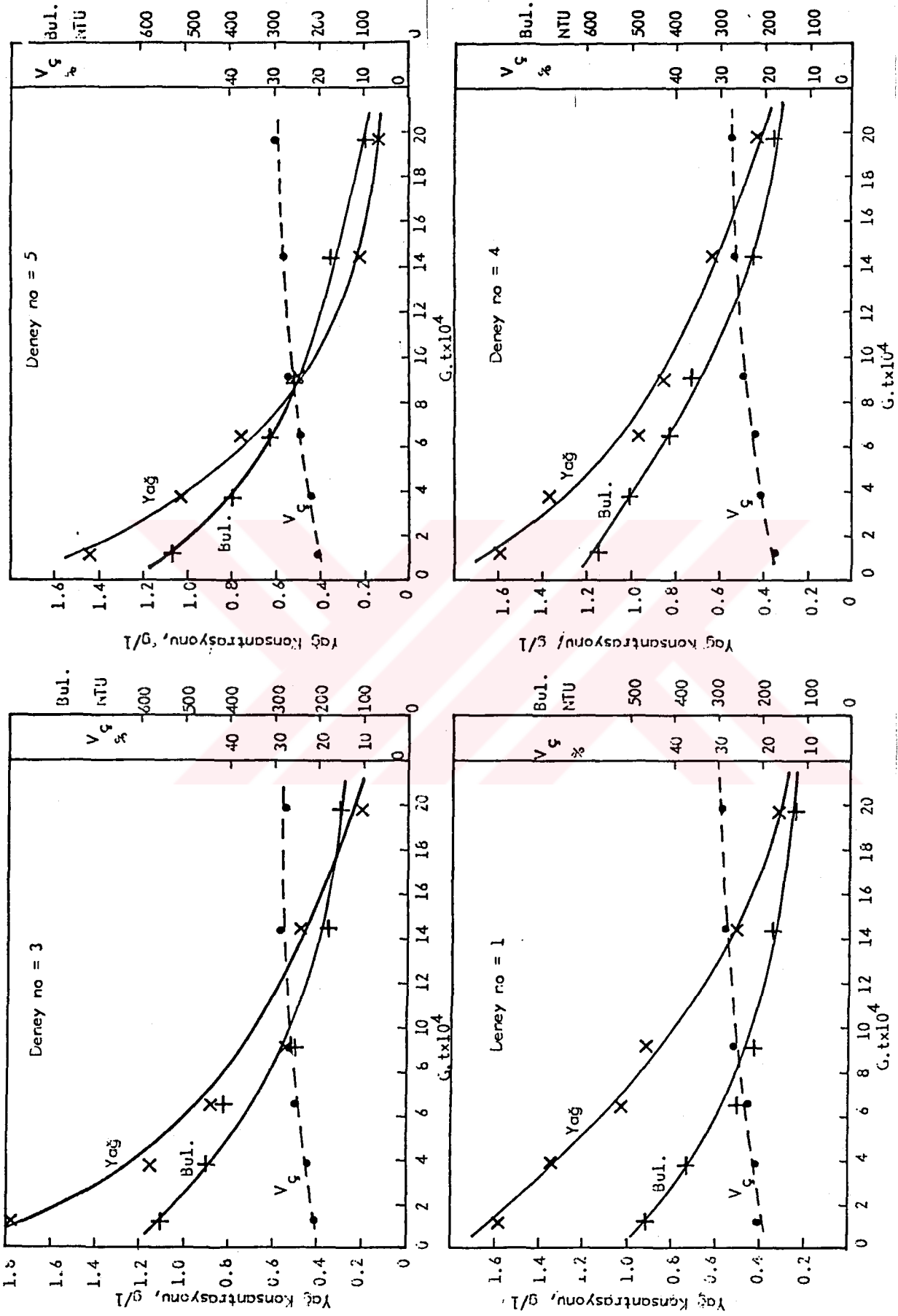
Yıkamada kullanılan noniyonik deterjandan 0-1,5 g/l konsantrasyonları arasında ilâve edilerek yapılan deneylerde, deterjanın kirlilik giderme verimine etkisi incelenmiştir. Deneyler pH 2-3 arasına ayarlanarak yapılmıştır. Deneyler sonunda üst fazdan alınan numunelerde yağ ve AKM miktarları ölçülmüş, ayrıca bu esnada meydana gelen çamur hacimleri tesbit edilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen neticeler Ek Tablo A-6'da ve Şekil 4-9'da verilmiştir.

4.5.3. pH'nın Etkisine Ait Neticeler

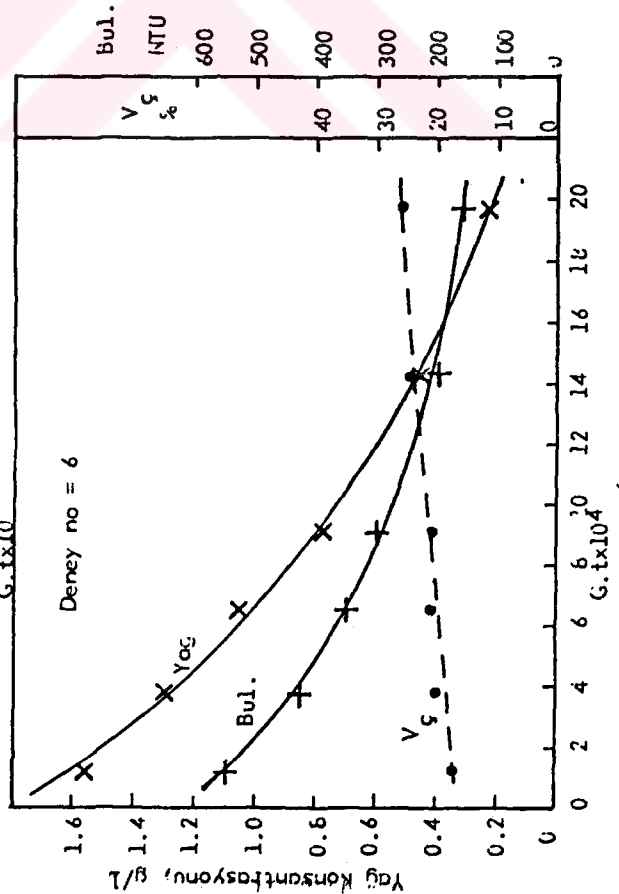
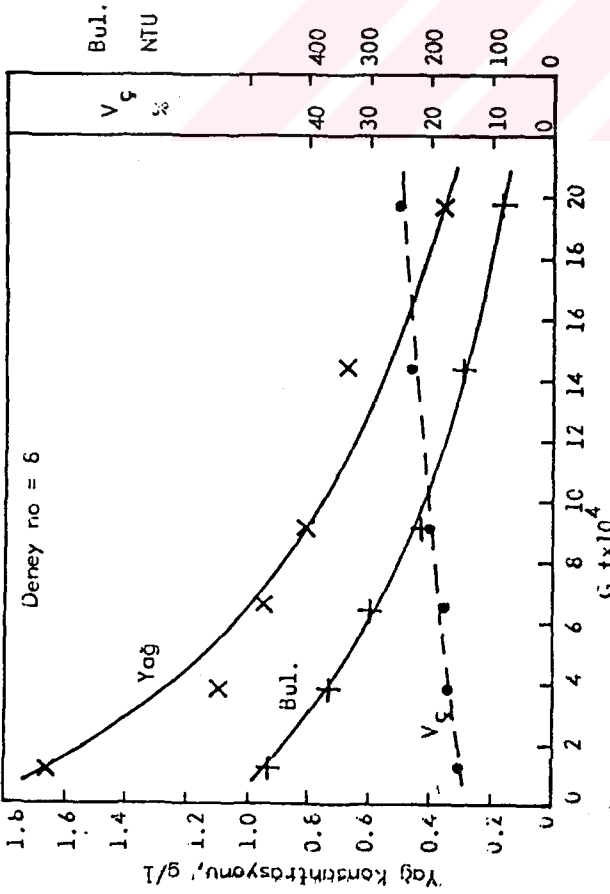
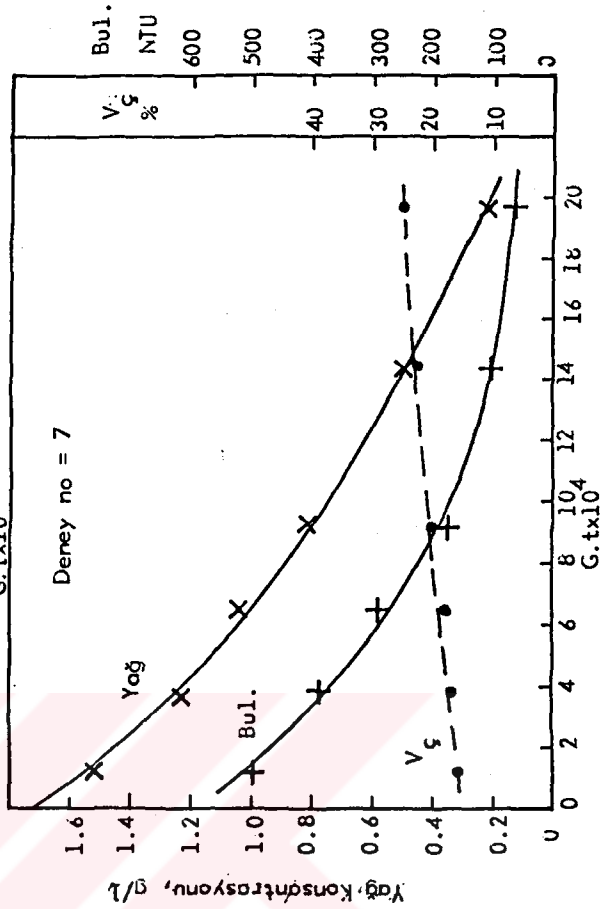
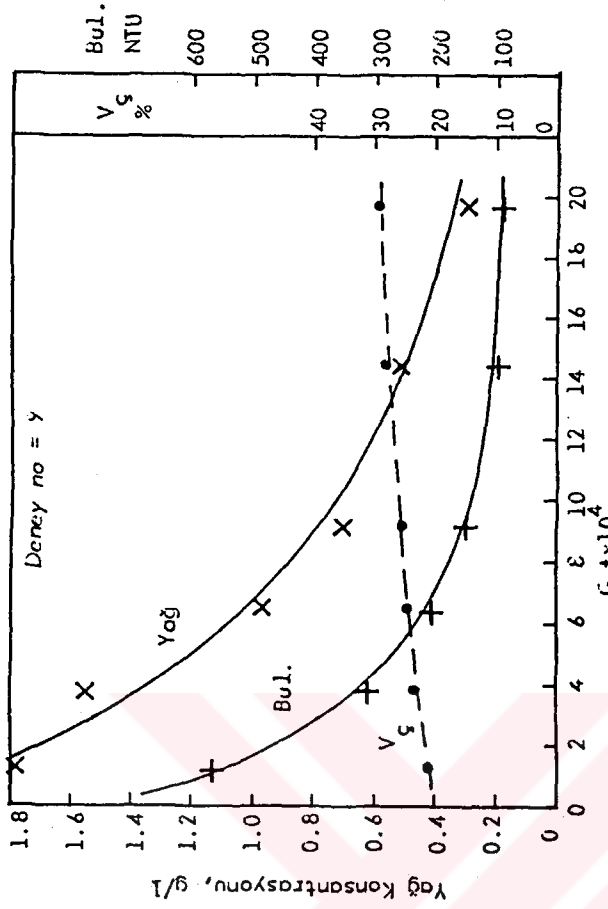
Bu amaçla yapılan deneylerde karıştırmanın etkisinin olmaması için sabit bir G.t değerinde (2.10^5), pH 2-5 arasında çalışma yapılmıştır. Bekletme süresinden sonra üst fazdan alınan numunelerde kirliletiçi konsantrasyonları ve aynı zamanda meydana gelen çamur hacimleri ölçülmüştür. Bulunan neticeler Ek Tablo A-7 ve Şekil 4-10'da gösterilmiştir.

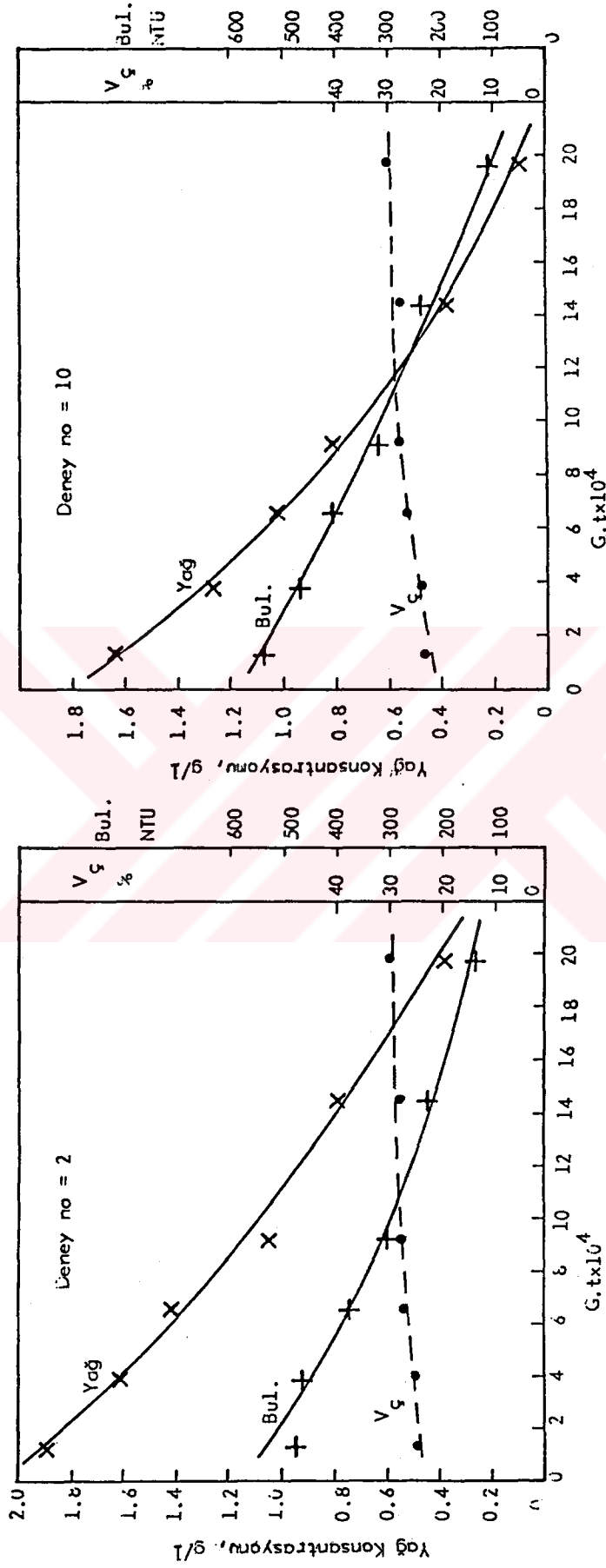
4.5.4. Sürekli Sistem Çalışmalarından Bulunan Neticeler

Sürekli sistemde yapılan çalışmalardan elde edilen neticeler, Ek Tablo A-8'de verilmiştir. Bu çalışmalarda atıksu sıcaklığı 35-40°C civarındadır. Bekletme süresi sonunda dipte biriken çamur hacmi, tank hacmine bölünerek çamur hacim yüzdeleri bulunmuştur. Kararlı durumdan sonra giriş ve çıkıştan alınan numunelerde kirlilik analizleri yapılmıştır. Çökeltme tankının tabanında biriken çamurlar çalışmanın sonunda alttan çekilerek atılmıştır. Deneyler tabloda gösterildiği gibi pH 3'den düşük değerlerde yürütülmüştür.

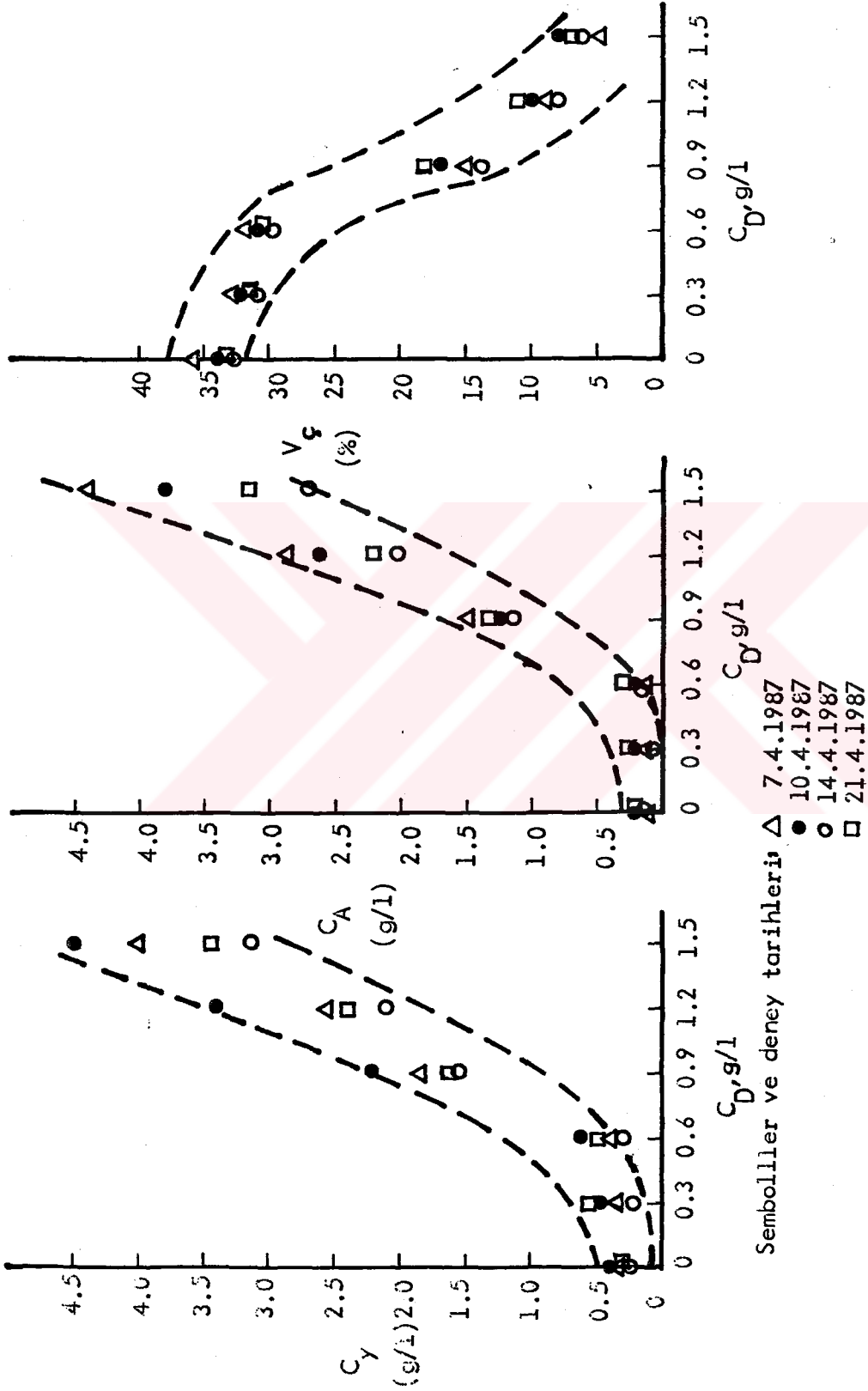


Şekil 4-8. Karıştırmanın Etkisine Ait Neticeler

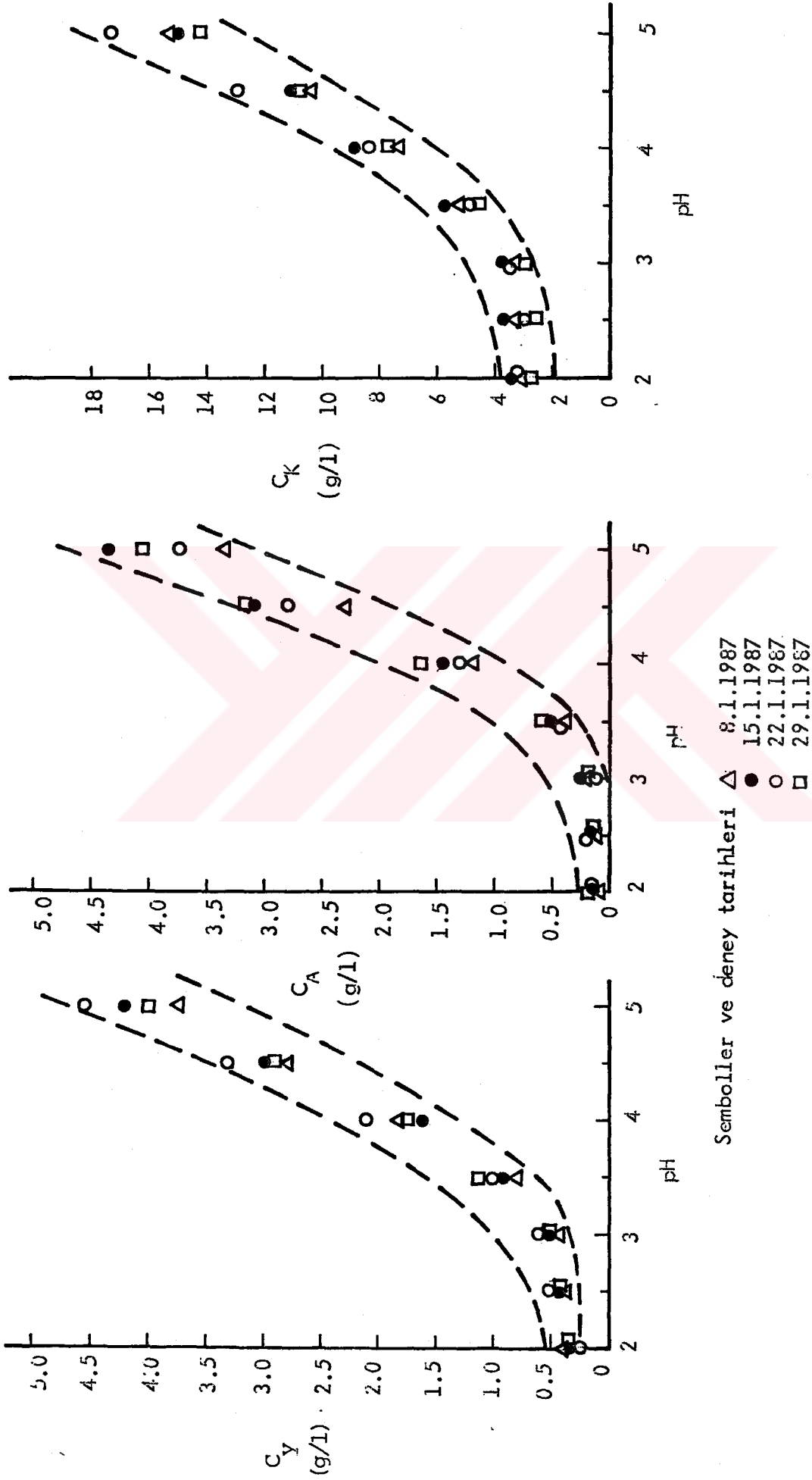




Şekil 4-8 (Devamı.)



Şekil 4-9. İlâve Deterjan Konsantrasyonlarının Etkisine Ait Deney Neticeleri



Şekil 4-10. Kirlenici Giderilmesinde pH'in Etkisine Ait Deney Neticeleri

BÖLÜM 5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE GENEL İFADELERİN ÇIKARILMASI

5.1. KARIŞTIRMANIN YAĞ GİDERİMİNE ETKİSİ VE GENEL İFADELERİN ÇIKARILMASI

Yapılan ön deneyler ve literatür verilerinden yararlanarak seçilen asidik pH aralığında (pH 2-3) yapılan asitle emülsiyon kırma deneylerinde, karıştırma şiddetinin yağ giderme verimine etkisi incelenmiştir.

Asitle emülsiyon kırma işleminde atıksuya yeterli ölçüde asit ilâvesiyle emülsiyonların kırılmasından sonra karıştırma ile meydana getirilen birleşme olayı, tamamen ortokinetik yumaklaşmadır. Bu olayda, Camp ve Stein partikül çapı ve konsantrasyonunun, Argaman ve Kaufman ise partikül yerine flok çapı ve konsantrasyonunun etkili olduğunu ifade etmişlerdir[84]. Bölüm 3.5.'de görüldüğü gibi Camp ve Stein, ortokinetik yumaklaşma olayında, partikül sayısındaki azalma hızının

$$N_t = N_o \cdot \exp(-K' \cdot N_o \cdot G \cdot t) \quad (3-8)$$

şeklinde eksponensiyel olduğunu ifade etmiştir.

Bu çalışmada, ortokinetik yumaklaşma için verilen $1.10^4 - 2.10^5$ G.t aralığı kullanılmıştır.

Yumaklaştırma işlemi ile tasfiye edilecek atıksuyun kimyasal madde ihtiyacını ve meydana gelecek pıhtıların çökelme hızlarını birçok faktör etkiler. Bunlardan, atıksuyun özelliğinden ileri gelebilecek faktörler, tek bir numune için hemen hemen sabittir. Dolayısıyla tek bir numune üzerinde bir seri yapılacak deneyde yağ ve AKM konsantrasyonu, çözülmüş madde konsantrasyonu, sıcaklık v.b. gibi faktörler, dışarıdan bir katkı (müdahale) olmadıkça sabit kabul

edilebilir. Yumaklaştırma işleminde etkili olan diğer faktörlerden, hızlı karıştırma ve yumaklaşma ile ilgili fiziksel ve mekanik parametreler son derece önemlidir. Bir karıştırma kabındaki atıksuya verilen karışım derecesi çoğunlukla karıştırma zamanı (t) ve hız gradyanı (G) ile ölçülmektedir.

Tesis dizaynı, veriminin arttırılması veya tesis içi çalışma veriminin değerlendirilebilmesi gibi amaçlar için, bu parametrelerin (G , t) optimumunda tutulması gerekir[88]. Pıhtılaştırma işlemi, kolloidlerin kimyasal olarak özelliklerinin değiştirilerek birbirine yaklaşmalarını ve daha büyük partiküllerin meydana getirilmesini sağlar. Bu işlemde sadece çift tabaka destabilizasyonu rol oynamayıp, ayrıca adsorbsiyon, kimyasal reaksiyon ve ağ içine alma mekanizmaları da etkilidir. Yumaklaştırma ise, pıhtılaşan partiküllerin yumak oluşumunu arttırmak üzere temas haline getirildiği fiziksel bir işlemdir.

Karıştırmanın olmadığı bir durumda, partiküller Brownian hareketlerle biraraya gelmeye çalışacaktır. Bu olayda, yumaklaşma çok yavaş meydana gelir ve çok geç tamamlanır. Karıştırma işlemi ile bu olayın hızlandırılması sağlanır.

Atıksuda meydana getirilecek çarpışmaların sayısı, partiküllerin sayısına ve partikül çapına bağlıdır. Suyu karıştırmak suretiyle bir hız gradyanı meydana getirilir. Bu hız gradyanı, karıştırıcının yerine (durumuna) ve herhangi bir noktada zamana bağlı olarak değişecek, dolayısıyla suyun her bir noktasında aynı ölçüde olmayacaktır. Bu değişimleri belirlemek kolay olmadığından, G ile isimlendirilen ortalama hız gradyanı alınır.

Yumaklaştırma işlemlerinde verim, çoğunlukla hız gradyanı ile karıştırma süresinin çarpımına ($G.t$) bağlı olarak ifade edilmektedir. Karıştırma odalarının projelendirilmesinde bu iki parametre dikkate alındığından, yaptığımız çalışmada, yün yıkama atıksularının asitle emülsiyon kırma metodu ile arıtılmasında en uygun $G.t$ değerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Farklı zamanlarda alınan numunelerde, farklı $G.t$ değerlerinde yapılan deneylerden bulunan sonuçlar Bölüm 4.5.1.'de gösterilmiştir.

Sonuçlar arasındaki ilişkiler regresyon analizleri ile bulunmuş ve Tablo 5-1'de gösterilmiştir. Tablo'dan görüldüğü gibi, kalan yağ konsantrasyonu (C_y) ile G.t arasında

$$C_y = a.e^{b(G.t)} \quad (5-1)$$

genel ifadesi olduğu bulunmuştur.

Herbir deney için bulunan a ve b regresyon katsayıları birbirinden farklıdır. Bu farklılık atıksuyun özelliğinden ileri gelen bir durumdur. McLachlan ve arkadaşları, nötr pH civarında polielektrolit kullanarak yaptıkları deneylerde, başlangıç yağ ve kir konsantrasyonunun, yağ ve kir giderme verimini etkilemediğini bulmuşlardır[44]. Ayrıca, sıcaklığın da ancak 70-80°C'dan sonra yağ ve kir giderme veriminde biraz artış sağladığını tesbit etmişlerdir. Buna karşılık yağ/kir oranının artması ile yağ ve kir giderme veriminde azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Yaptığımız deneylerde 30°C civarında çalışma yapılarak sıcaklığın yumaklaşmaya etki edecek bir faktör olmaktan çıkarılmıştır.

Dengeleme tankından alınan numunelerde ölçülen yağ konsantrasyonu 4-7 g/l, AKM konsantrasyonu ise 4-6 g/l arasında değişmektedir.

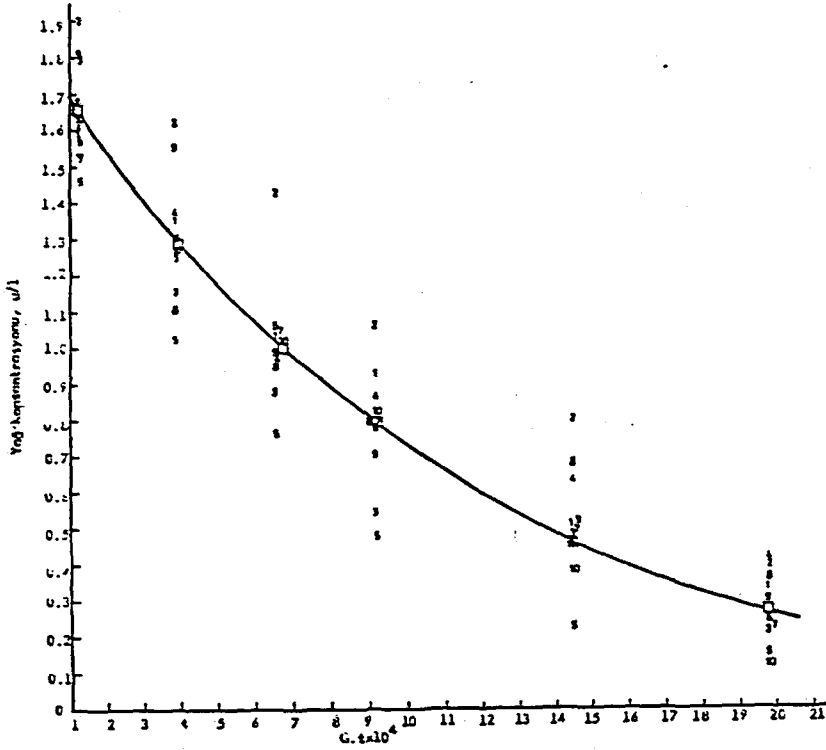
Regresyon analizleri ile, herbir deneyde bulunan a katsayısı ile yağ konsantrasyonu arasında yapılan deneylerden $r=0.713$ korelasyon bulunmuştur. Bu ise, her bir deney için elde edilen fonksiyonların sadece başlangıç yağ konsantrasyonuna bağlı olmadığını göstermektedir. Kalan yağ konsantrasyonunu G.t ile birlikte diğer birkaç parametreyi de katarak ifade etmek yerine, bütün deneylerden yararlanarak $C_{\text{yağ}}$ -G.t arasında genel bir ifade bulmak daha yararlı olacaktır. Buna göre regresyon analizleri ile yapılan işlem sonucu

$$C_y = 1.90 \times e^{-9.89 \times 10^{-6} (G.t)} \quad (r = 0.929) \quad (5-2)$$

ifadesi bulunmuştur (Şekil 5-1).

Tablo 5-1. Karıştırma Şiddetinin Etkisinin İncelenmesinde, Parametreler Arasındaki Korelasyon Regresyon Katsayıları ve Fonksiyon Tipleri

Parametre		Deney No										Fonksiyon Tipleri
x	y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
G.t	$a \cdot 10^{-6}$ C_y r	1.86 -8.7 0.996	2.27 -8.2 0.986	1.82 -11.0 0.978	1.72 -7.2 0.994	1.66 -13.0 0.995	1.94 -10.0 0.996	1.91 -10.0 0.989	1.63 -7.3 0.973	2.01 -9.9 0.990	2.34 -14.0 0.980	$y = a + b \cdot x$
G.t	a b r	-14.65 3.51 0.942	3.33 2.13 0.958	-7.96 2.867 0.943	-15.63 3.462 0.978	-12.41 3.413 0.958	-10.87 2.900 0.948	-18.27 3.445 0.907	-20.57 3.62 0.945	-7.75 2.95 0.957	-2.17 2.58 0.954	$y = a + b \cdot x$
G.t	a b r	443.6 -6.61 0.973	561.1 -6.66 0.989	590.0 -7.49 0.974	645.5 -6.90 0.996	566.8 -8.69 0.997	561.1 -6.69 0.993	561.1 -11.1 0.992	523.2 -9.43 0.998	459.4 -9.55 0.942	671.8 -8.76 0.977	$y = a + b \cdot x$
C_y	a b r	25.47 249.94 0.968	48.77 232.65 0.989	102.19 272.65 0.959	32.46 349.61 0.986	80.15 309.53 0.993	75.16 284.47 0.990	-49.11 341.74 0.980	-30.19 331.92 0.967	-35.31 280.38 0.938	93.13 285.94 0.991	
Bul.	a b r	31.72 -0.028 0.945	32.32 -0.016 0.966	31.27 -0.019 0.987	30.99 -0.022 0.992	31.92 -0.022 0.980	27.91 -0.020 0.957	26.34 -0.021 0.946	26.37 -0.026 0.982	28.60 -0.015 0.893	1.99 -0.016 0.970	$y = a + b \cdot x$
C_y	a b r	31.56 -7.57 0.991	31.59 -3.82 0.967	29.34 -5.16 0.947	30.37 -7.73 0.989	30.16 -6.82 0.973	26.46 -5.68 0.954	26.73 -7.61 0.979	27.06 -7.99 0.938	29.69 -4.84 0.950	30.5 -4.57 0.961	



Şekil 5-1. Karıştırma Şiddetinin, Kalan Yağ Miktarına Etkisini Gösteren Genel Denklem Eğrisi

Benzer şekilde, aynı deneylerde bulunan diğer parametreler için ikili regresyon analizleri ile aşağıdaki genel ifadeler bulunur. Bunlar ayrıca Şekil 5-2'de grafik olarak gösterilmiştir.

$$V_{\zeta} = -10.69 + 3.098.\ln(G.t) \quad (r = 0.718) \quad (5-3)$$

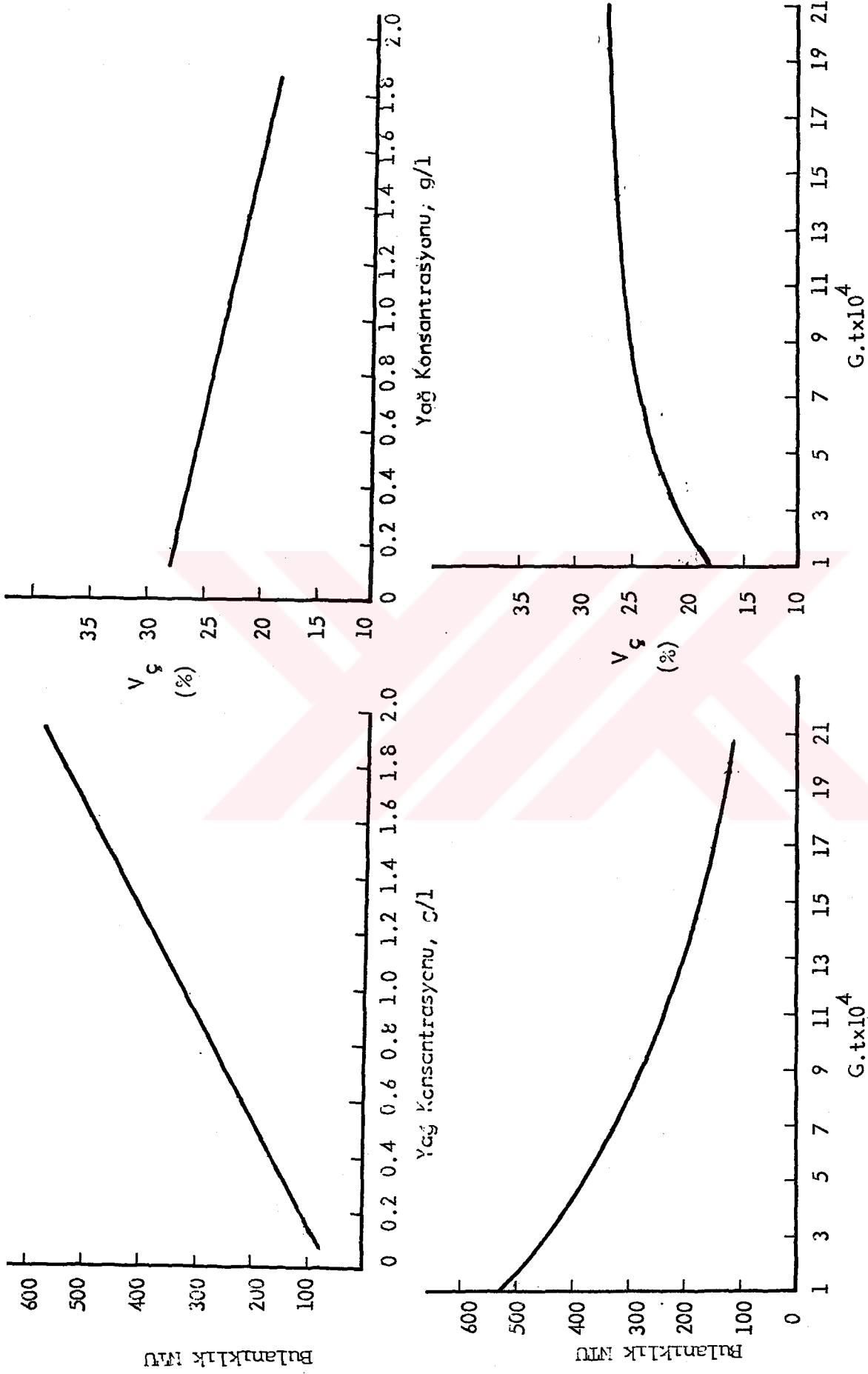
$$\text{Bul.} = 563.6 \times e^{-8.0 \times 10^{-6}(G.t)} \quad (r = 0.926) \quad (5-4)$$

$$\text{Bul.} = 50.74 + 271.94.C_y \quad (r = 0.902) \quad (5-5)$$

$$\text{Bul.} = 860 + 23.5 \times V_{\zeta} \quad (r = 0.618) \quad (5-6)$$

$$V_{\zeta} = 28.6 - 5.35 \times C_y \quad (r = 0.671) \quad (5-7)$$

Deney sonuçlarından ve genel denklem eğrisinden görüldüğü gibi çok düşük G.t değerlerinde kalan yağ konsantrasyonu çok yüksek olup 1000 mg/l'nin üzerindedir. Çıkış yağ konsantrasyonunun 500 mg/l civarında olabilmesi için G.t değerini 15.10^4 den büyük almak gerekmektedir. Sonuç olarak, G.t değerini 15.10^4 ilâ 20.10^4 arasında seçmek suretiyle yapılacak incelemelerde karıştırma şiddetinin etkisi ortadan kaldırılmış olacaktır.



Şekil 5-2. Karıştırma Şiddetinin Etkisinin İncelenmesinde Parametreler Arasındaki Genel Denklem Eğrileri

5.2. DESTABİLİZASYONDA DETERJANIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Atıksuyun özelliği, yıkanan yünün cinsinden, kullanılan deterjan ve diğer kimyasal maddelerin miktarına kadar birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Bu araştırmanın yapıldığı işletmede çoğunlukla Avustralya merinos yünleri yıkamaktadır. Yıkamada kullanılan kimyasal maddeler noniyonik deterjan ve sodadır. Sürekli aynı tip yünün yıkaması ve aynı tür kimyasal maddelerin kullanılması, atıksuyun özelliğinde karşılaşılabilecek değişiklikleri en aza indirir.

Günlük kullanılan su, deterjan ve soda miktarlarından yararlanarak atıksuda bulunabilecek deterjan ve soda konsantrasyonlarının sırasıyla 0,3-0,6 g/l ve 0,4-0,5 g/l olacağı bulunmuştur.

Bölüm 5-1'de görüldüğü gibi, yapılan bütün deneylerde G.t 20.10^4 değerine kadar yağ giderme verimi artarak devam etmiştir. Deterjanın etkisini incelemek için yapılan bu deneylerde karıştırma ile ilgili kısımda olduğu gibi pH 2-3 arasında çalışılmış ve karıştırmanın tesirinden ileri gelecek etkiyi ortadan kaldırmak için de G.t 20.10^4 almıştır.

Yıkama işleminde, yünden sökülün veya ayrılan mineral haldeki partikül (kir) ve yağların, suya geçtikten sonra tekrar yüne yapışması veya yün üzerinde yer yer birikintiler oluşturmaması istenir. Deterjanlar, kir ve yağların yün elyafından sökülmesine yardımcı olduğu gibi, bu kir ve yağların etrafını sararak bunların tekrar yün üzerine yapışmamasını sağlar. Aynı zamanda partiküllerin etrafında meydana getirdikleri iyonik tabakadan dolayı, bunların biraraya gelmesini önlerler. Deterjan ile partiküller arasında meydana gelen reaksiyon adsorbsiyon mekanizmasına dayanır. Suda meydana getirilen karışım ile deterjanlar yağ ve suyu birarada tutarak emülsiyon teşkil ederler. Emülsiyon teşekkülünde deterjanlar, su ve yağ arayüzeyinin özelliklerini değiştirerek etki ederler. Su ve yağ arasındaki arayüzey gerilimi yeterli ölçüde azaltıldığı zaman, emülsiyon meydana gelir. Arayüzey gerilimindeki azalma ise, deterjanların meydana getirdiği elektriksel engellerin bir sonucudur.

Bu tip atıksularda meydana gelen emülsiyonlar, genellikle

negatif yüklüdür. Asitle emülsiyon kırma işleminde, atıksuya ilâve edilen asit sayesinde bu yükler nötralize edilir ve karıştırma ile partiküllerin bir araya gelerek flok oluşturmaları ve bu sayede çökmeleri sağlanır. Atıksudaki düşük deterjan konsantrasyonları için bu işlemi kolayca yapmak mümkündür.

Deterjan konsantrasyonunun yüksek olması halinde partiküller etrafındaki iyonik yükleri yenebilmek için daha fazla zıt yüklü elektrolit gerekli olacaktır. Dolayısıyla, belirli miktarda elektrolit ilâve edilen bir atıksuda, kirletici giderimi deterjan konsantrasyonunun düşük veya yüksek olmasına göre değişecektir.

Farklı zamanlarda alınan numunelere 0-1.5 g/l arasında, yıkamada kullanılan noniyonik deterjanın % 5 lik çözeltisinden katılarak yapılan deneylerden bulunan neticeler arasında ne tür bir ilişki olduğu matematiksel olarak incelemiştir. Bu amaçla yapılan regresyon analiz neticeleri Tablo 5-2'de verilmiştir.

Tablodan görüldüğü gibi, bir numune için atıksuya ilâve edilen deterjan miktarı ile, kalan yağ arasında aşağıdaki fonksiyon tipine uyan bir bağıntı bulunmuştur.

$$C_y = a.e^{b.C_D} \quad (5-8)$$

Deterjan ile kalan AKM konsantrasyonu ve meydana gelen çamur haami arasındaki bağıntılar da şu şekilde tesbit edilmiştir.

$$C_A = a.e^{b.C_D} \quad (5-9)$$

$$V_{\xi} = a + b.C_D \quad (5-10)$$

Tablo 5-2 . İlôve Deterjan Miktarlarının Etkisinin İncelermesinde Parametreler Arasındaki Korelasyon, Regresyon Katsayıları ve Fonksiyon Tipleri

Parametre		D e n e y N o					Fonksiyon Tipleri
x	y		1	2	3	4	
C_D	C_y	a	0.240	0.388	0.159	0.347	$y = ae^{bx}$
		b	1.890	1.650	2.030	1.515	
		r	0.942	0.930	0.936	0.949	
C_D	C_A	a	0.077	0.118	0.103	0.145	$y = ae^{bx}$
		b	2.772	2.336	2.267	2.103	
		r	0.946	0.940	0.950	0.951	
C_D	V_{ξ}	a	39.10	37.38	36.04	36.71	$y = a + bx$
		b	-23.24	-20.28	-20.95	-19.62	
		r	0.959	0.955	0.950	0.956	

Bütün deneyler yukarda verilen fonksiyon tiplerine göre birarada değerlendirilerek, deterjanın etkisini ifade edecek aşağıdaki genel ifadeler çıkarılmıştır. Bu ifadelerden yararlanarak Şekil 5-3'deki grafikler çizilmiştir.

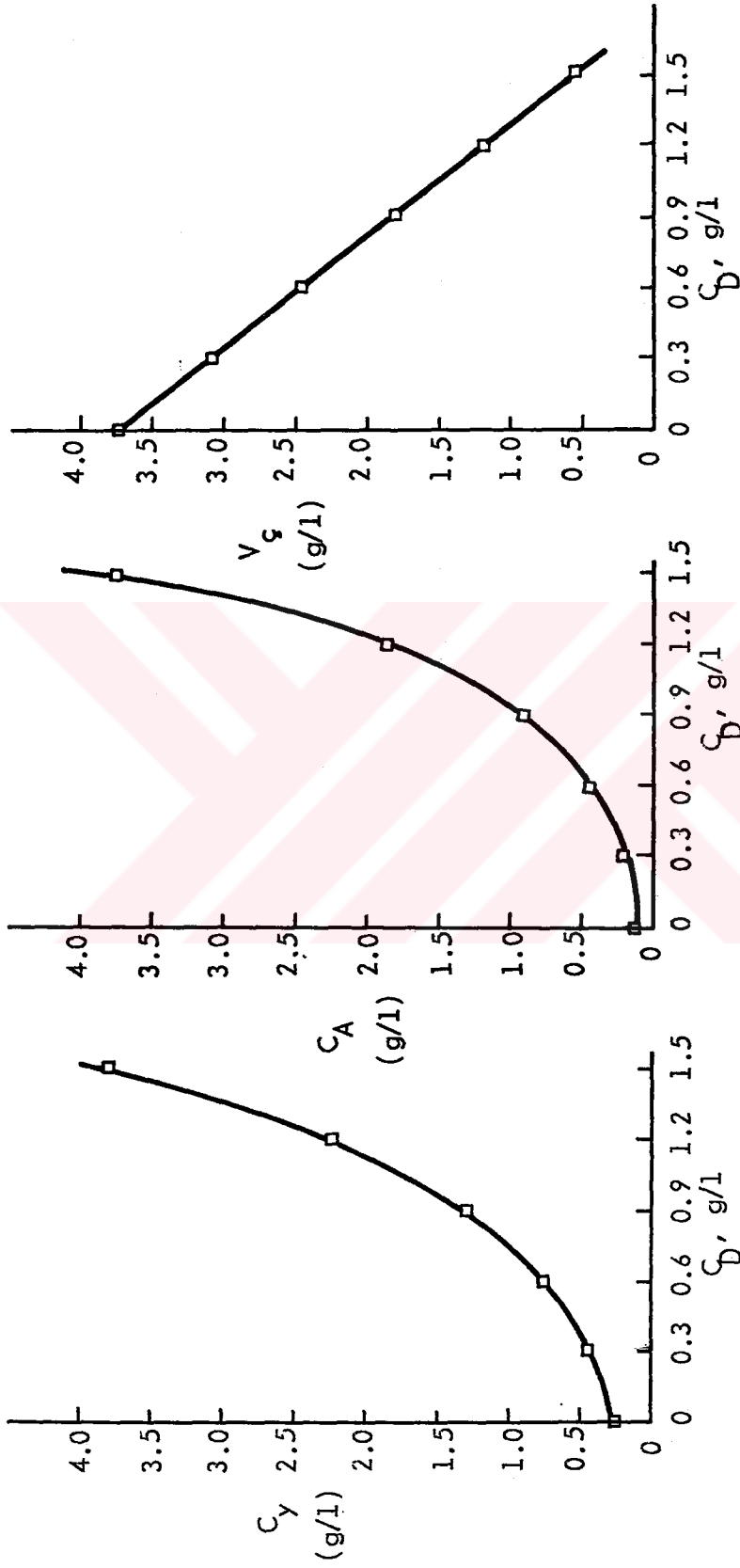
$$C_y = 0,267.e^{1,771(C_D)} \quad (r = 0,910) \quad (5-11)$$

$$C_A = 0,108.e^{2,37(C_D)} \quad (r = 0,939) \quad (5-12)$$

$$V_{\xi} = 37,31 - 21,02(C_D) \quad (r = 0,951) \quad (5-13)$$

5-3. ASİTLE EMÜLSİYON KIRMAK İÇİN EN UYGUN pH ARALIĞININ TESBİTİ

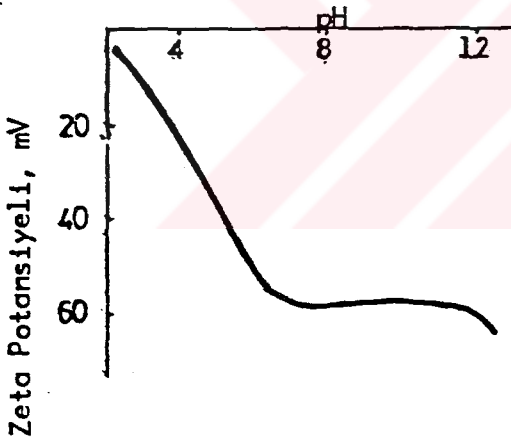
Atıksudaki emülsiyonların kırılarak büyük bir kısmının serbest hale getirilebileceği pH değerini veya aralığını tesbit edebilmek için yapılan deneylerde pH 2-5 arasında çalışılarak, belirli bekletme süresinden sonra üst fazdan alınan numunelerde, kalan yağ, AKM ve KOİ konsantrasyonları ölçülmüştür. Aynı zamanda meydana gelen çamur hacimleri de tayin edilerek pH'nın çamur hacmine etkisi gösterilmiştir. Yağ giderilmesinde asit ile destabilizasyon, meydana gelen çamur



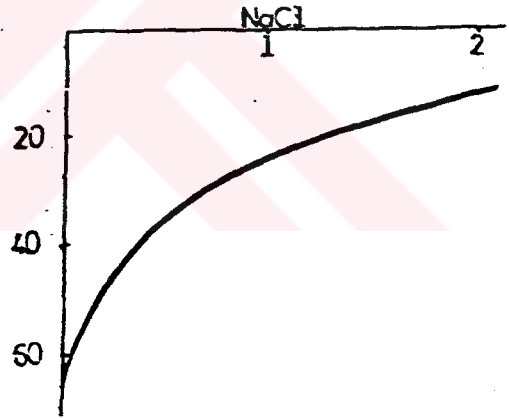
Şekil 5-3. İlâve Deterjan Konsantrasyonlarının Etkisine Ait Genel Denklem Eğrileri

hacmini etkiler. Kir ve ağır yağ partikülleri iyi bir şekilde yumaklaşır, sıkı bir biçimde biraraya gelir ve nispeten düşük su muhtevallı bir çamur halinde çökerler. Daha sonra yapılacak bir su alma işleminde bu tür bir çamurun suyunu almak daha kolay olur. Yumaklaşma iyi olmazsa, su muhtevası yüksek, sıvı halinde bir çamur meydana gelir.

En uygun pH aralığının tesbiti elektriksel potansiyel ölçümlerinden yararlanarak da yapılabilir[55]. Zeta potansiyeli bir partikülün elektriksel potansiyelinin bir ifadesidir. Bu potansiyel, herbir yönden sifara yaklaştıkça, partiküllerin pıhtılaşma eğilimi artar. Yağ emülsiyonlarının zeta potansiyelinin pH ile değişimi Şekil 5-4'de gösterilmiştir. Bu durumda, etki muhtemelen potansiyeli belirleyen iyonların adsorbsiyonundan ileri gelmektedir. Yağ emülsiyonlarının zeta potansiyelinin NaCl miktarı ile değişimi de Şekil 5-5'de verilmiştir.



Şekil 5-4. Yün Yağı Emülsiyonunun Zeta Potansiyelinde pH'ın Etkisi



Şekil 5-5. Yün Yağı Emülsiyonunun Zeta Potansiyelinde NaCl'in Etkisi[55]

Serbest hale geçen yağ partikülleri, kendi halinde çökmeye bırakıldıklarında üstte biraz köpük, ortada nispeten temiz bir faz bırakarak ve çoğunlukla arakesit oluşturarak yavaşça çökerler.

Asitle emülsiyon kırma işleminde kirletici konsantrasyonlarını pH'a bağlı olarak bulabilmek ve buradan en uygun pH'ı tesbit

edebilmek amacıyla yapılan deneylerde karıştırma şiddeti, yukardaki çalışmalardan yararlanarak 20.10^4 almıştır. Atıksuda kolloidal maddelerin başlangıçta emülsiyon halde bulunması ve yüksek konsantrasyonlarda olması, yüksek bir G.t değerinde çalışmayı gerektirmiştir. Bölüm 4.5.3.'de verilen neticeler regresyon analizi ile değerlendirildiğinde, pH ile kalan kirletici konsantrasyonlar arasında

$$y = ae^{bx} \quad (5-14)$$

eksponensiyel fonksiyon tipine uyan bir bağıntı olduğu bulunmuştur. Herbir deney için bulunan regresyon ve korelasyon katsayıları Tablo 5-3'de verilmiştir. Farklı deneylerde bulunan veriler, birarada değerlendirilerek herbir kalan kirletici konsantrasyonu için deney sonunda ölçülen pH (pH_s) ın bir fonksiyonu şeklinde aşağıdaki genel ifadeler bulunmuştur.

$$C_y = 0,046 \times e^{0.896 \times pH_s} \quad r = 0.978 \quad (5-15)$$

$$C_A = 3,72.10^{-3} \times e^{1,416 \times pH_s} \quad r = 0.780 \quad (5-16)$$

$$C_K = 0,681 \times e^{0,61 \times pH_s} \quad r = 0.968 \quad (5-17)$$

Deney sonunda meydana gelen çamur hacmi ile pH arasında ise

$$y = a + b.x \quad (5-18)$$

şeklinde lineer bir bağıntı olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, bütün veriler birarada değerlendirilerek V_{ζ} ile pH arasında aşağıdaki genel ifade bulunmuştur.

$$V_{\zeta} = 46,75 - 7,0 \times pH_s \quad r = 0.957 \quad (5-19)$$

Bu genel ifadelerden yararlanarak aşağıdaki grafikler çizilmiştir (Şekil 5-6).

Tablo 5-3. pH Aralığı Seçiminde pH ile Konsantrasyonlar ve Çamur Hacmi Arasındaki İlişkiyi Veren Fonksiyon Tipleri ve Katsayılar

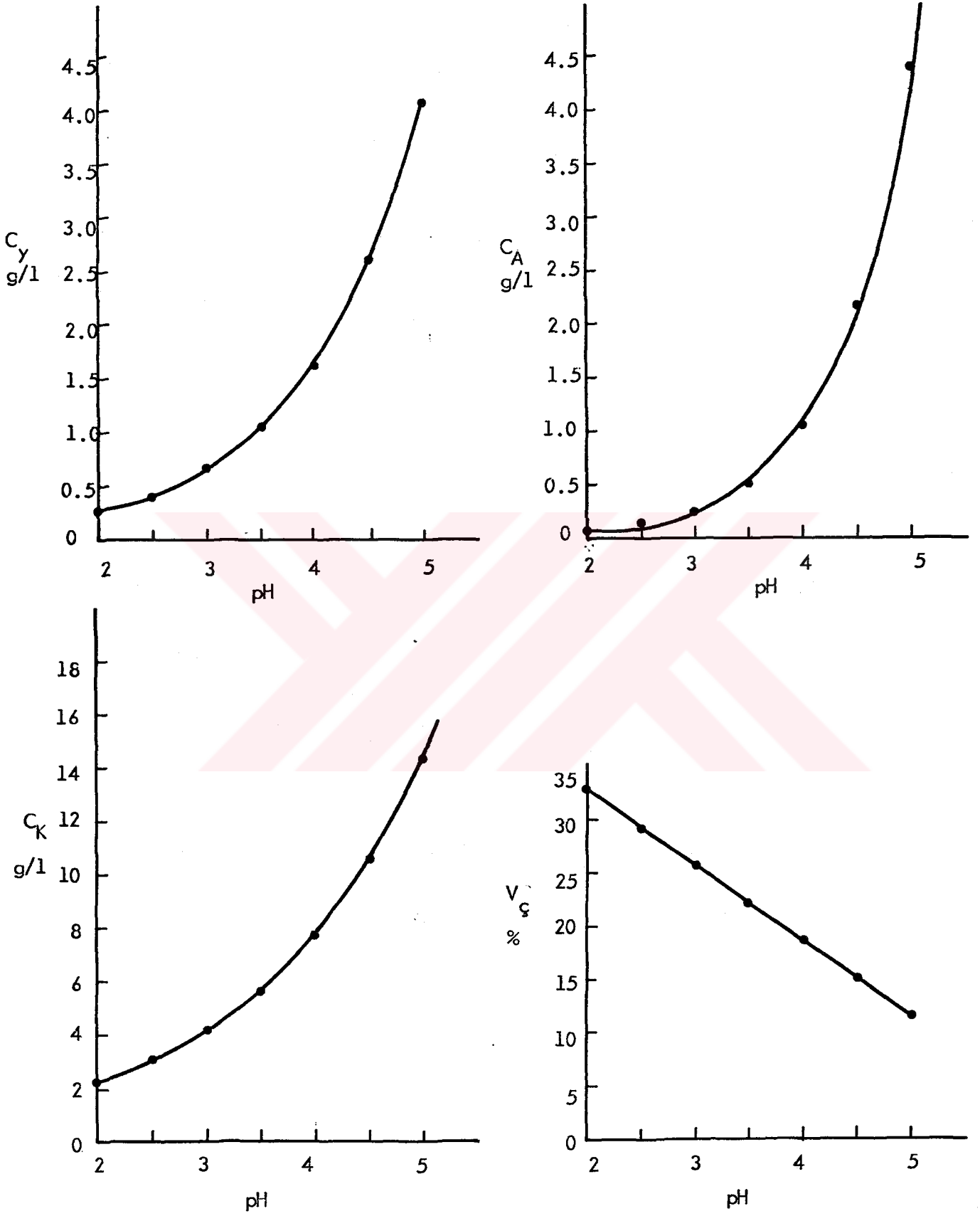
Parametre			D e n e y N o				Fonksiyon Tipleri
x	y		1	2	3	4	
pH	C_y	a b r	0.049 0.864 0.964	0.044 0.903 0.983	0.042 0.944 0.991	0.050 0.875 0.976	$y = ae^{bx}$
pH	C_A	a b r	$4.38.10^{-3}$ 1.35 0.990	$2.78.10^{-3}$ 1.51 0.992	$4.97.10^{-3}$ 1.34 0.973	$3.18.10^{-3}$ 1.47 0.958	$y = ae^{bx}$
pH	C_K	a b r	0.746 0.580 0.968	0.918 0.548 0.967	0.687 0.626 0.954	0.457 0.684 0.985	$y = ae^{bx}$
pH	V_ζ	a b r	50.78 -8.14 0.986	51.14 -8.28 0.968	39.93 -5.28 0.930	45.14 -6.28 0.946	$y = a+b.x$

5.4. pH AYARINDA GEREKLİ ASİT MİKTARI VE İLETKENLİK DEĞİŞİMLERİ İLE İLGİLİ İFADELERİN ÇIKARILMASI

Yukarıda belirtildiği şekilde alınan numuneler üzerinde yapılan asitle emülsiyon kırma deneylerinde, önce pH'ın asidik seviyelere indirilebilmesi için ne kadar asit ilâve edilmesi gerektiği bulunmuştur. Bölüm 3-4'de belirtildiği gibi, destabilizasyon için gerekli elektrolit miktarı yağın kalitesine, çözörmüş maddelerin tip ve konsantrasyonuna ve yıkama sıvısının pH'ına bağlıdır.

Sonuçları Bölüm 4.3.1'de ve Şekil 4-2'de verilen deneysel çalışmalardan her bir numunenin pH'ını aynı pH değerine düşürmek için gerekli asit miktarlarının değişken olduğu görülmüştür.

Regresyon analizleri yardımıyla her bir deneyden bulunan neticeler değerlendirildiğinde, atıksuyun pH'ını belirli bir pH değerine getirmek için gerekli asit miktarı ile son pH(pH_s) arasında



Şekil 5-6. pH'ın Kalan Kirlenici Miktarına ve Çamur Hacmine Etkisini Gösteren Genel Denklem Eğrileri

$$V_{asit} = a + b \cdot \ln pH_s \quad (5-20)$$

fonksiyon tipine uyan, logaritmik bir bağıntının olduğu bulunmuştur. Ayrıca, aynı zamanda yapılan ölçümlerle, pH_s ile iletkenlik (R , mS/cm) değişimi arasında da

$$R = a \cdot pH_s^b \quad (5-21)$$

şeklinde ifade edilen bir bağıntı olduğu bulunmuştur (Tablo 5-4). Asit ilâvesiyle, ortamda bulunan iyonik türdeki çözümüştür maddelerin konsantrasyonunun artması iletkenliği de arttıracığından iletkenliğin pH_s 'e bağlı olarak değişmesi beklenen bir sonuçtur.

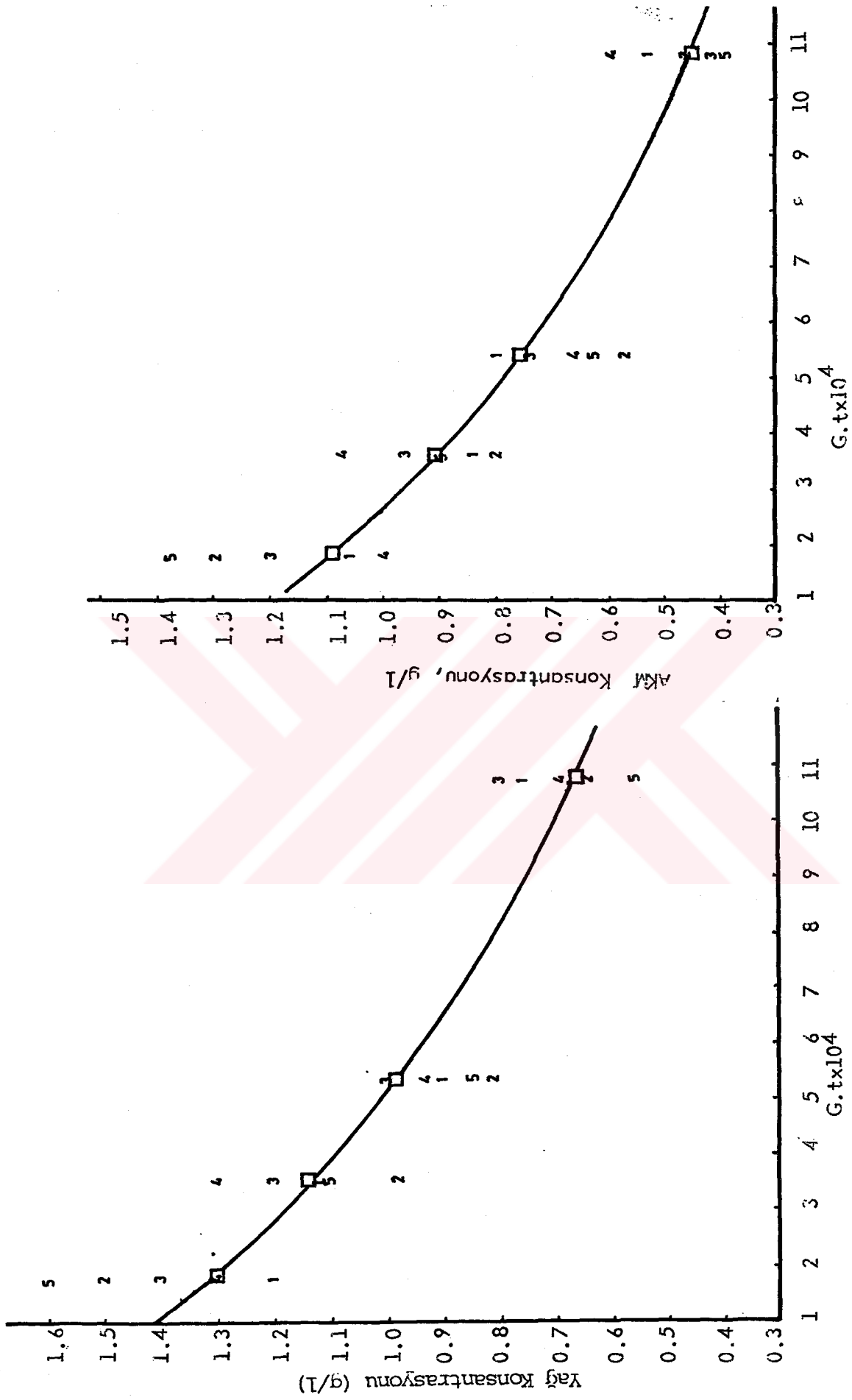
Tablo 5-4. pH Ayarlamasında pH_s ile V_{asit} ve R Arasındaki İlişkiyi Veren Fonksiyon Tipi ve Katsayılar

Parametre			Korelasyon ve Regresyon Katsayıları					Fonksiyon Tipi
			D e n e y N o					
x	y		1	2	3	4	5	
pH _s	V _{asit}	a	4.055	2.817	2.958	2.878	3.141	y=a+b.lnx
		b	-1.842	-1.456	-1.348	-1.553	-1.428	
		r	0.994	0.968	0.990	0.968	0.980	
pH _s	R	a	9.11	6.82	8.17	7.25	8.06	y=ax ^b
		b	-0.44	-0.56	-0.59	-0.67	-0.55	
		r	0.962	0.966	0.972	0.970	0.958	

Farklı deneylerden bulunan regresyon katsayılarının farklı olması yukarıda belirtilen faktörlerden ileri gelmektedir.

5.5. PİLOT TESİS ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Pilot tesis çalışmalarında, G değeri ortalama 300 sn^{-1} olmak üzere hızlı karıştırma tankındaki bekletme süresi değiştirilerek $G \cdot t$ değeri 1.8×10^4 ile 10×10^4 arasında ayarlanmıştır. Yapılan bütün deneylerde pH 2-3 aralığında tutulmuştur. Farklı günlerde yapılan çalışmalardan bulunan neticeler grafik halinde Şekil 5-7'de gösterilmiştir. Kesikli sistem çalışmalarından bulunan neticelerin değerlendirilmesine



Şekil 5-7. Pilot Tesis Çalışmalarında Bulunan Neticelere Ait Genel Denklem Eğrileri

benzer şekilde yapılan korelasyon ve regresyon analizleri sonucunda, G.t ile deney sonunda üst fazda kalan yağ miktarı, C_y arasındaki bağıntı

$$C_y = 1,5.e^{-7,6.10^{-6}(Gt)} \quad (r = 0.908) \quad (5-22)$$

bulunmuştur. Aynı şekilde G.t ile üst fazda kalan AKM miktarı, C_A arasında

$$C_A = 1,3.e^{-9,7.10^{-6}(G.t)} \quad (r = 0,912) \quad (5-23)$$

bağıntısı bulunmuştur.

Grafiklerden görüldüğü gibi, G hız gradyanının sabit tutularak karıştırma süresinin ve dolayısıyla G.t değerinin arttırılması, atıksudan kirletici giderme verimini arttırmaktadır. Herbir G.t değeri için C_y değerinin farklı deneylerde farklı değerlerde bulunması, atıksuyun başlangıçtaki kirletici özelliklerinin farklı olmasından ileri gelmektedir. Buna rağmen, G.t değerine bağlı olarak C_y ve C_A değerleri belirgin bir biçimde azalmaktadır.

5.6. KİRLETİCİ PARAMETRELER ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ VE ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYU NETİCELERİ İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yün yıkama atıksularının arıtılmasında, kullanılan metoda bağlı olmaksızın, arıtma veriminin ifade edilmesi için yoğunlukla yağ ve AKM verimleri dikkate alınmaktadır. Bu analizlerin sürekli yapılması zaman ve maliyet bakımından oldukça masraflıdır. İncelediğimiz atıksu ve arıtma metodunun bulunduğu bir arıtma tesisinde, arıtma sonunda atıksuda kalan kirletici miktarlarının basit ve ucuz bir metodla sürekli izlenebilmesi için bulanıklık veya optik yoğunluk ölçümleri yapılabilir. Ancak, bu ölçümlerin yapılabilmesi için çıkış suyunda pH değeri 3'den küçük olmalıdır.

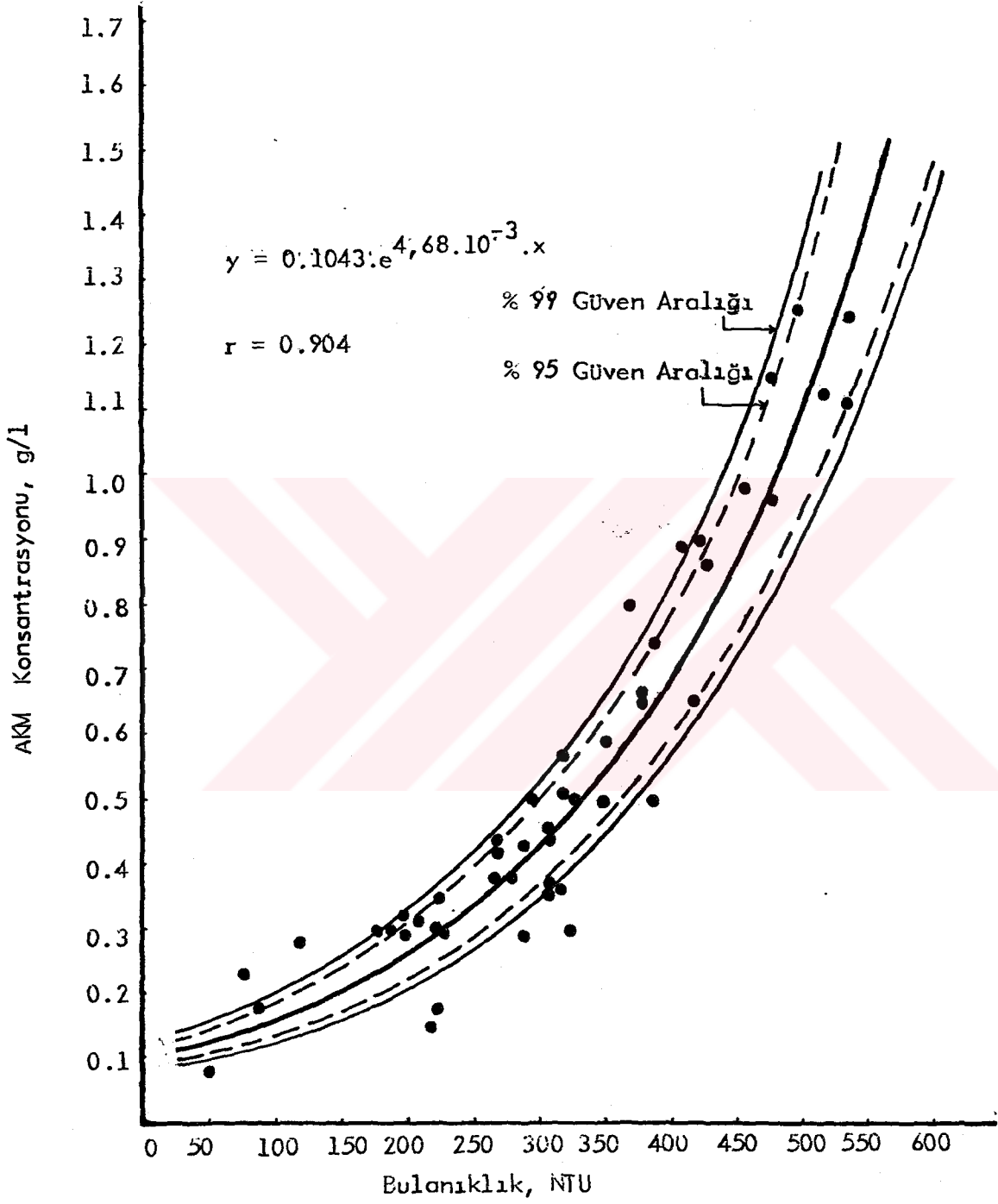
Yaptığımız çeşitli deneylerde AKM ile bulanıklık ve optik yoğunluk aynı anda ölçülerek aralarında bir ilişki olup olmadığı

incelermiştir. Bulunan sonuçlar Ek Tablo B-1 ve B-2'de Şekil 5-8 ve 5-9'da gösterilmiştir. Bulanıklık için 48, optik yoğunluk için 43 ölçüm neticesi birarada değerlendirilmiş, % 95 ve % 99'luk güven aralığı sınırları çizilmiştir.

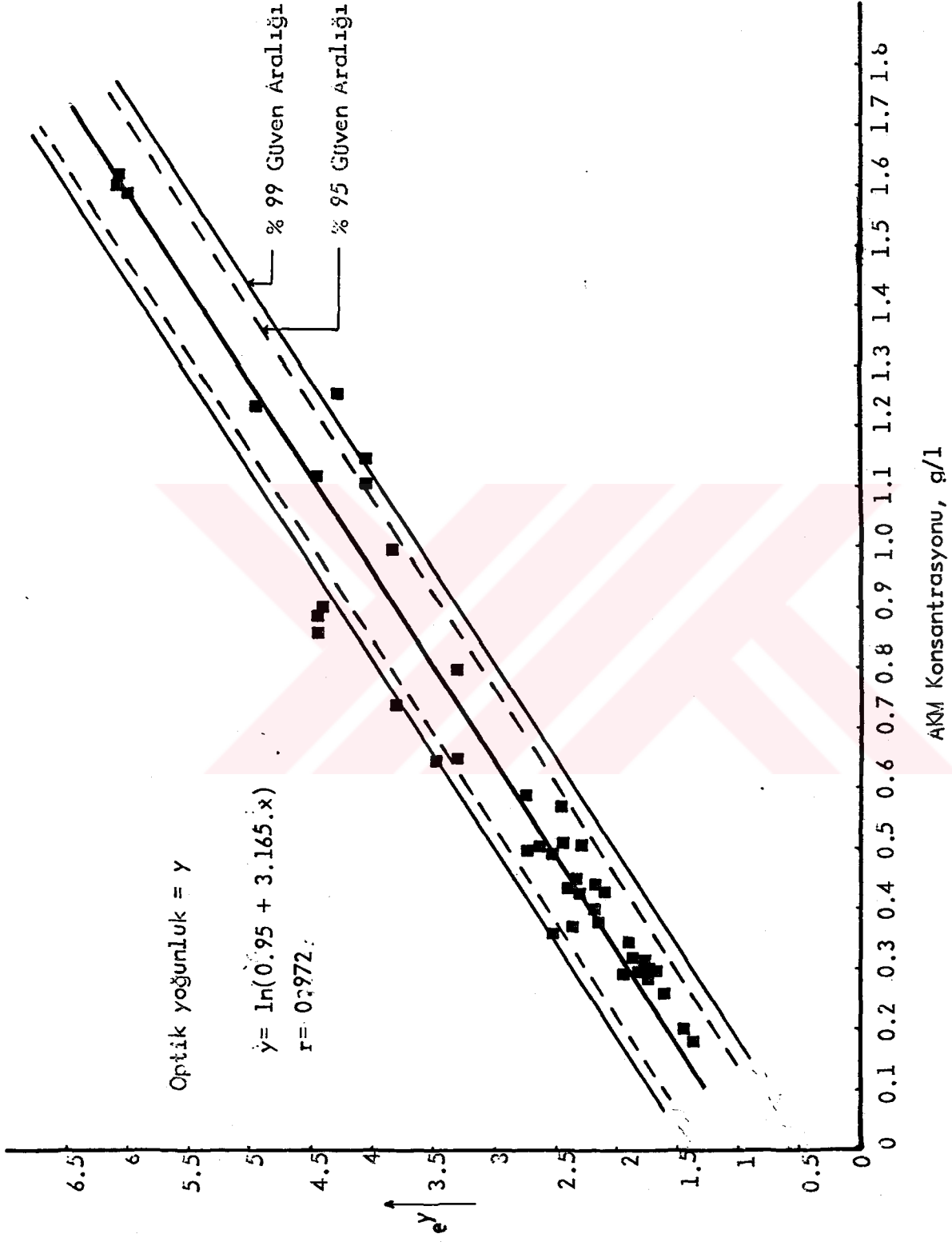
Benzer şekilde, farklı zamanlarda yapılan deneylerde arıtmadan çıkan suda aynı anda ölçülen yağ ve AKM konsantrasyonları da incelenmiş ve Ek Tablo B-3'de gösterilmiş ve Şekil 5-10'da grafik olarak ifade edilmiştir. Toplam 51 analiz neticesi birarada değerlendirilerek % 95 ve % 99 güven aralıkları belirlenmiştir.

Grafik şeklinde gösterilen neticelerin doğruluğunu tahkik etmek, ayrıca arıtma tesisi çıkış suyunun kalitesini belirlemek amacıyla, 6 gün süreyle günün muhtelif saatlerinde alınan numuneler analiz edilmiştir. Deneysel olarak bulunan analiz neticeleri ile bulanıklık-AKM ve Yağ-AKM grafiklerinden bulunan teorik neticeler mukayese edilerek, teorik neticelerin hata yüzdesi bulunmuştur. Neticeler Tablo 5-5'de gösterilmiştir.

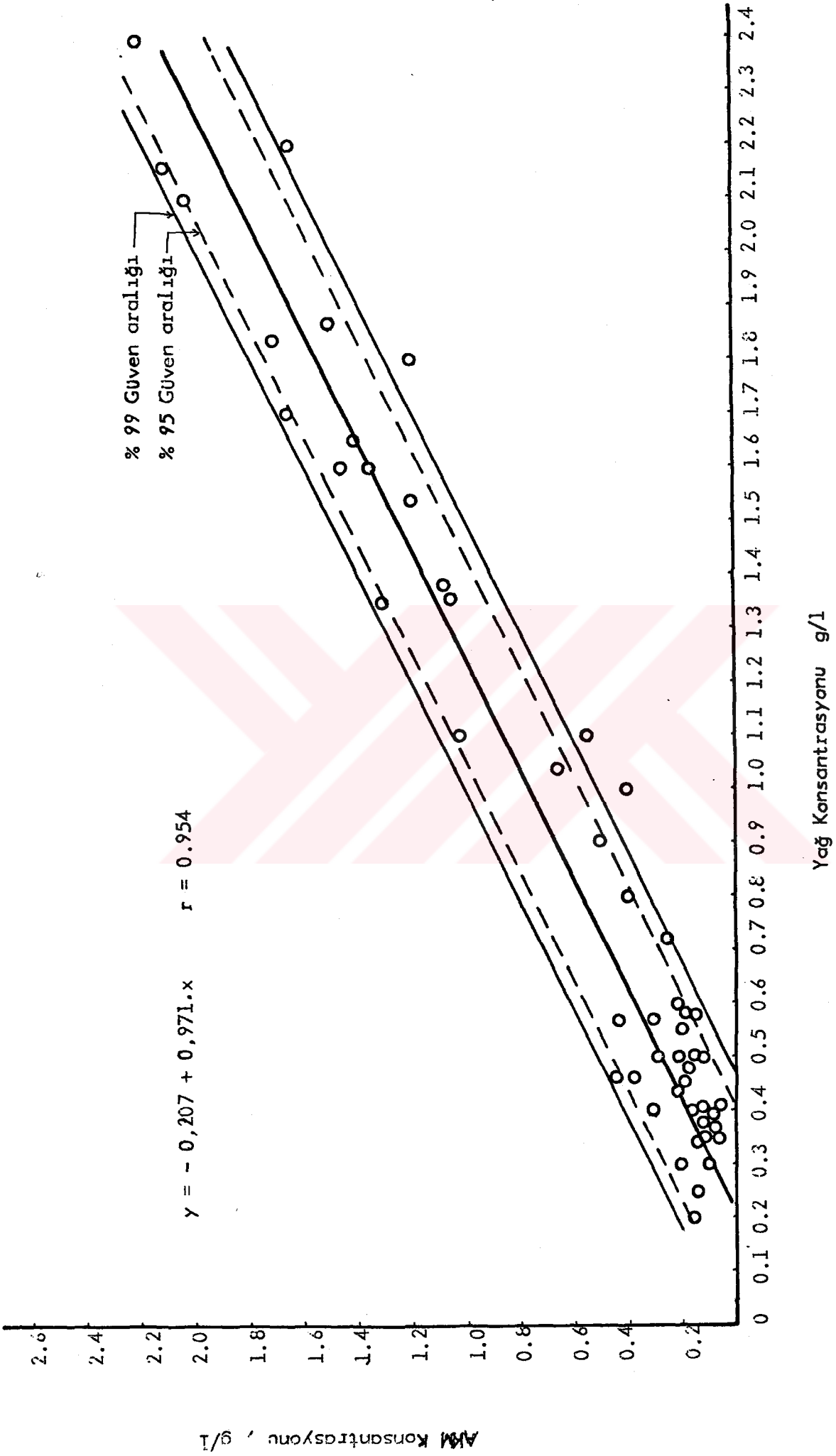
Tablo'dan görüldüğü gibi, düşük kirletici konsantrasyonlarında hata yüzdesi artmakta yüksek konsantrasyonlarda ise azalmaktadır. Teorik olarak bulunan neticelerde hata oranı çoğunlukla % $\pm 5-20$ arasında değişmektedir.



Şekil 5-8. AKM-Bulanıklık İlişkisinin Grafik Halinde Gösterilmesi



Şekil 5-9. AKM-Optik Yoğunluk İlişkisinin Grafik Halinde Gösterilmesi



Şekil 5-10. Yağ-AKM ilişkisinin Grafik Halinde Gösterilmesi

Tablo 5-5. Arıtma Tesisi Ön Reaksiyon Havuzu Çıkış Suyunda Teorik Ve Deneysel Olarak Bulunan AKM Ve Yağ Konsantrasyonları

Tarih	Saat	AKM, mg/l			YAĞ, mg/l		
		Teorik	Deneysel	Hata %	Teorik	Deneysel	Hata %
14.9.1987	14.00	450	520	-13	680	770	-11.6
14.9.1987	15.00	440	-		660	-	
14.9.1987	19.00	360	-		580	-	
14.9.1987	20.00	250	300	-16.6	470	600	-21
14.9.1987	21.00	400	-		630	-	
14.9.1987	22.00	340	-		560	-	
15.9.1987	01.00	460	420	+8.7	680	720	-5.5
15.9.1987	03.00	420	-		640	-	
15.9.1987	05.00	370	-		590	-	
15.9.1987	14.00	690	720	-4.3	850	960	-12.9
15.9.1987	15.00	850	760	+10	1100	1200	-8.3
16.9.1987	01.30	280	-		500	-	
16.9.1987	04.00	230	-		450	-	
16.9.1987	06.00	130	100	+23	350	280	+20
22.9.1987	01.00	860	750	+12.8	1100	960	+12.7
22.9.1987	04.00	650	-		880	-	
22.9.1987	06.00	700	-		930	-	
22.9.1987	11.30	520	560	-7.1	770	800	-3.7
22.9.1987	15.30	480	-		710	-	
22.9.1987	16.30	610	600	+1.6	840	920	-8.7
24.9.1987	1.00	370	400	-8.1	580	460	+20.7
24.9.1987	3.00	440	-		660	-	
24.9.1987	5.00	400	-		620	-	
24.9.1987	14.00	380	420	-10.5	600	540	+10.0
24.9.1987	15.00	510	-		730	-	
24.9.1987	16.00	450	-		680	-	
24.9.1987	17.00	540	500	+7.4	760	690	+9.2
24.9.1987	20.00	390	-		620	-	
24.9.1987	22.30	430	-		650	-	
25.9.1987	8.30	250	300	-20.0	470	500	-6.3
25.9.1987	9.00	300	-		520	-	
25.9.1987	10.00	320	370	-15.6	540	600	-11.1

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

İnceleme yaptığımız tesisden çıkan yün yıkama atıksularında yağ ve gres, KOİ ve AKM konsantrasyonlarının maksimum ve minimum değerleri sırasıyla 4.3-12.3 g/l, 15.8-42.0 g/l ve 3.4-13.1 g/l olarak bulunmuştur. Kirletici maddelerin yükleri ise kg/ton ürün biriminde yağ için 80-230, KOİ için 300-800 ve AKM için 64-245 olarak hesaplanmıştır.

Yıkama sularının çok kirli özelliğe sahip olmasından dolayı mutlaka arıtılması gerekmektedir. En uygun arıtma metodunun bulunması için için araştırmaların halen devam etmekte olduğu, ayrıca en çok bilinen metodlardan asitle emülsiyon kırma metodunun verimli bir biçimde uygulanabilmesi için araştırmaların sürdürülmekte olduğu tesbit edilmiştir.

Yapılan çalışma ile asitle emülsiyon kırma metodunun noniyonik deterjan ihtiva eden bu tür atıksularda verimli bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Asitle emülsiyon kırma metodunda temel işlem olan hızlı karıştırma için, düşük sayılabilecek hız gradyanı ($\sim 200 \text{ sn}^{-1}$) seçilerek yapılan çalışmalarda bu tür atıksuları pH < 3'de 1-5 dakika gibi kısa bir süre karıştırmanın yeterli olmadığı tesbit edilmiştir. Asit ve karıştırmanın etkisiyle kırılan emülsiyonlar düşük karıştırma sürelerinde birleşmeye zaman bulamadan kendi halinde çökelmeye bırakıldıklarında, sürekli veya kesikli sistemde üstteki köpüklerin altından alınan su içerisinde yağ ve AKM konsantrasyonlarının 1000 mg/l nin üzerinde oldukları bulunmuştur. Karıştırma süresi 15 dakikanın üzerinde tutulması halinde, yağ ve AKM konsantrasyonları 500 mg/l'nin altına kadar düşmüştür. Bu durumda % 90 civarında yağ, % 95 civarında AKM ve % 80'den fazla KOİ giderme verimleri elde edilmiştir.

Deney neticelerinin değerlendirilmesinde karıştırmanın etkisini boyutsuz ifade etmek için G.t terimi kullanılmıştır. Buna göre, yıkama atıksuyunda asitle emülsiyon kırma metodu ile % 90 civarında yağ giderme verimi elde etmek için G.t'nin 15.10^4 'den büyük tutulması gerektiği bulunmuştur. Çalışmalar G.t 1.10^4 ilâ 2.10^5 değerleri arasında yapılmış ve maksimum giderme veriminin G.t 2.10^5 'de meydana geldiği tesbit edilmiştir.

Yapılan deneyler sonunda, atıksuda kalan yağ konsantrasyonu (Cy) ve G.t arasındaki ilişki istatistik analizlerle incelemiştir. Buna göre Cy ile G.t arasında eksponensiyel bir ilişki olduğu ve G.t'ye bağlı olarak Cy'yi veren genel ifadenin kesikli sistem çalışmalarında

$$Cy = 1.90 \times e^{-9.89 \times 10^{-6} \times (G.t)} , \text{ g/l} , (r = 0.929)$$

şeklinde olduğu, sürekli sistem çalışmalarında ise,

$$Cy = 1.5 \times e^{-7.6 \times 10^{-6} \times (G.t)} , \text{ g/l} , (r = 0.908)$$

olarak bulunmuştur. Benzer şekilde, sürekli sistemde askıda katı madde konsantrasyonu (C_A) ile G.t arasında

$$C_A = 1.3 \times e^{-9.7 \times 10^{-6} \times (G.t)} , \text{ g/l} , (r = 0.912)$$

şeklinde eksponensiyel bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Atıksuda bulunan noniyonik deterjan konsantrasyonunun kullanılan deterjan ve atıksu miktarlarından yararlanarak 300-600 mg/l arasında olduğu hesaplamıştır. Atıksuyun orijinal deterjan muhtevasına ilâve olarak, 0-1.5 g/l arasında yıkamada kullanılan noniyonik deterjan katılarak pH < 3'de ve sabit bir karıştırma şiddetinde ($G.t \ 2.10^5$) yapılan deneylerde, ilâve edilen deterjan konsantrasyonunun atıksuda kalan yağ, AKM ve KOİ miktarlarına etkisi incelemiştir. 0-600 mg/l arasındaki ilâve noniyonik deterjan konsantrasyonlarında bulunan kirletici giderme verimlerinin fazla değişmediği ve % 90 civarında olduğu bulunmuştur. 600 mg/l'nin üzerindeki konsantrasyonlarda ise, ilâve edilen deterjan miktarının artmasıyla kirletici giderme verimlerinin azaldığı görülmüştür. Yapılan istatistik analizler yardımıyla, ilâve edilen

deterjan miktarına bağılı olarak atıksuda kalan yağ ve AKM konsantrasyonu ile deney sonunda meydana gelen çamur hacmini veren genel ifadeler bulunmuştur. C_Y ve C_A 'yı veren ifadeler,

$$C_Y = 0.267 \times e^{1.771 \times (C_D)} \quad (r = 0.910)$$

$$C_A = 0.108 \times e^{2.37 \times (C_D)} \quad (r = 0.939)$$

şeklinde eksponensiyel, çamur hacmini (V_{ζ}) yi veren ifadenin ise,

$$V_{\zeta} = 37.31 - 21.02 \times (C_D) \quad , \% , \quad (r = 0.951)$$

şeklinde lineer olduğu bulunmuştur.

pH'nın giderme verimine etkisini araştırmak maksadıyla sabit bir $G.t(2.10^5)$ değerinde çalışmalar yapılmıştır. pH değeri 2 ilâ 5 arasında değiştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda düşük pH değerlerinde daha iyi bir destabilizasyon meydana geldiği görülmüştür. Bu yüzden pH'nın daima 3'ten küçük tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada pH ile kirletici maddelerin bakiye konsantrasyonları arasındaki münasebetler incelemiştir. Netice olarak kirletici maddelerin bakiye konsantrasyonlarının, çalışılan pH'ya (pH_s) bağılı olduğu ve eksponensiyel olarak değiştiği bulunmuştur. Elde edilen ifadeler,

$$C_Y = 0.046 \times e^{0.896 \times (pH_s)} \quad (r = 0.978)$$

$$C_A = 3.72 \times 10^{-3} \times e^{1.416 \times (pH_s)} \quad (r = 0.978)$$

$$C_K = 0.681 \times e^{0.610 \times pH_s} \quad (r = 0.968)$$

şeklinde dir. Deney sonunda meydana gelen çamur hacmi ile pH_s arasında ise,

$$V_{\zeta} = 46.75 - 7.0 \times (pH_s) \quad (r = 0.957)$$

şeklinde lineer bir ilişki olduğu tesbit edilmiştir.

Yukarda verilen genel ifadeler, ayrıca grafik olarak düzenlemiştir.

Yıkama atıksularının arıtılmasında, arıtma veriminin belirlenmesi için, yoğunlukla yağ ve AKM konsantrasyonlarının ölçülmesi gerekmektedir. Atıksuyun orijinal halinde bulanıklığı ölçülemez. Fakat asit ilâvesiyle arıtma işleminden çıkan suda ($\text{pH} < 3$) fiziksel parametrelerden bulanıklık ve optik yoğunluk ölçülmesi mümkündür. Buna göre, bu parametreler AKM ölçümleri ile aynı anda ölçülmüş ve aralarındaki ilişki genel denklemlerle ifade edilmiştir. AKM ile bulanıklık (B) arasında,

$$\text{AKM} = 0.1043 \times e^{4.68 \times 10^{-3} \times B} \quad (r = 0.904)$$

şeklinde eksponensiyel bir ifade olduğu, AKM ile optik yoğunluk (O.y) arasında ise,

$$\text{AKM} = 0.316 \times e^{0.y} - 0.30 \quad (r = 0.972)$$

şeklinde $e^{0.y}$ ye göre lineer bir bağıntı bulunmuştur. Benzer şekilde aynı numune için farklı pH'larda ölçülen yağ ve AKM miktarları arasındaki ilişkiler de incelenerek aralarındaki bağıntının

$$C_A = -0.207 + 0.971 \times C_y \quad (r = 0.954)$$

şeklinde olduğu bulunmuştur. Ayrıca son uç denkleme ait grafikler % 95 ve % 99 güven aralığı sınırları da çizilerek grafik halinde düzenlenmiştir.

Bulunan genel ifadeler arıtma tesisi çıkış suyunda yapılan analizlerle kontrol edilmiş, teorik ve deneysel olarak bulunan neticeler arasındaki hata oranları belirlemiştir. Bu sonuçlardan yararlanarak, yukarda verilen son uç genel ifadenin, 200-500 mg/l kirlilik konsantrasyonlarında % $\pm 20-25$, 1000 mg/l'den büyük konsantrasyonlarda ise % $\pm 5-10$ hatayla kullanılabileceği bulunmuştur. Bu şekilde, asitle emülsiyon kırma metodunun kullanıldığı bir arıtma tesisinde çıkış suyu kalitesinin bulanıklık veya optik yoğunluk ölçümleri ile daha basit ve ucuz olarak tesbit edilebileceği gösterilmiştir..

KAYNAKLAR

- [1] GÖKNİL, M.H., TORÖZ, İ., ÇİMŞİT, Y., Tekstil Endüstrisi, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları Projesi, İ.T.Ü. UYGAR 1984.
- [2] Türkiye İstatistik Cep Yıllığı, DİE yayın no 1210, Ankara, 1986.
- [3] McLACHLAN, C.N.S., SMITH, D.K.W. and FIELDS, R.B., The treatment of woolscour effluent-II : Grease removal by alcohol extraction, Water Res., 14, 735-40, 1980.
- [4] McCracken, J.R. and CHAIKIN, M., The treatment of woolscouring effluent : Centrifugation studies, Jour. Text. Inst., 65, 314-24, 1974.
- [5] STEWART, R.G., Woolscouring and allied technology, Wool Research Organisation of New Zealand (Inc.), Private Bag, Christchurch, New Zealand, 1983.
- [6] CHISNALL, P.E. and ROBINSON, B., The Ultrafiltration of Woolscouring Effluents, Jour. Text. Inst., 70(9), 397-406, 1979.
- [7] CHRISTOE, J.R., Scouring Protein Contaminants from Raw Wool, Part I : Single Bowl Laboratory Studies, Text. Res. Inst., 713-21, 1984.
- [8] TARAKÇIOĞLU, İ., Tekstil Terbiyesi ve Makinaları CiltII, Uludağ Univ. Müh. Fak., Tekstil Müh. Böl., Uludağ Univ. yayın no. 4-013-0094, 1983.
- [9] EPA, Environmental Pollution Control, Textile Processing Industry, EPA-625/7-78-002, October, 1978.
- [10] DISC80, Developments In Scouring and Carbonising-1980, Papers Presented at the Seminar, Parkville, Melbourne, 1980.
- [11] HARKER, R.P. and ROCK, B.M., Water Conservation and Effluent Disposal in the Wool Textile Industry, J.Soc.Dyers Colour., 87(12), 481-84, 1971.
- [12] Fabrika Kayıtlarından ve Karşılıklı Görüşmelerden.
- [13] LUND, H.F., Industrial Pollution Control Handbook, McGraw Hill, 1971.
- [14] PATTERSON, J.W., Industrial Wastewater Treatment Technology Second Ed., 1985.

- [15] JAMIESON, R.G. and STEWART, R.G., The effect of Added Detergent on the Analysis of Woolscour Liquors, Jour.Text.Inst., 7, 247-48, 1977.
- [16] MACLAREN, J.A. and McDERMOTT, J.A., Some Effects of the Sorption of Cationic Surfactants by Wool, Jour.Text.Inst., 416-20, 1984.
- [17] JAMIESON, R.G. and STEWART, R.G., 22-Studies in Wool Scouring, Part III : The Relation Between the Components of Wool Scour Liquor and its BOI_5 and KOI values, Jour. Text.Inst., No.6, 1979.
- [18] McCRACKEN, J.R., Developments in Wool Textile Wastewater Treatments at the University of New South Wales, Wool Technology and Sheep Breeding, Sept.-Oct., 13-19 1980.
- [19] ANDERSON, C.A., BATEUP, B.D. and WARNER, J.J., Assessing the Wool Characteristics and Liquor System Performance of an Optimized lo-flo Scouring Plant, Text.Res.Jour., 833-40, 1984.
- [20] McCRACKEN, J.R., SAMSON, A. and CHAIKIN, M., The Systematic Optimization of the Aqueous Compression-Jet Wool Scour, Part I : Pre-Optimization Procedures, Jour.Text.Inst. 1-23, 1972.
- [21] McCRACKEN, J.R., SAMSON, A. and CHAIKIN, M., The Systematic Optimization of the Aqueous Compression-Jet Wool Scour, Part II : Scouring Trial for Optimum Production Capacity, Jour.Text.Inst., 24-33, 1972.
- [22] McCRACKEN, J.R., SAMSON, A. and CHAIKIN, M., The Systematic Optimization of the Aqueous Compression-Jet Wool Scour, Part III : Trials for the Optimum Quality of Scoured Wool, Jour.Text.Inst., 34-50, 1972.
- [23] McCRACKEN, J.R., SAMSON, A. and CHAIKIN, M., The Systematic Optimization of the Aqueous Compression-Jet Wool Scour, Part IV : The Optimum Conditions of Liquor Reclamation and the Establishment of Equilibrium, Jour.Text.Inst., 51-63, 1972.
- [24] CHISNALL, P.E. and STEWART, R.G., Studies in Woolscouring Part IV : Commercial Scouring With Minibowls, Text.Inst. and Ind., 68-69, 1979.
- [25] ELMS, R.L. and WOOD, G.F., The Effects of Some Common Variables on the Performance of the First Bowl, Text.Inst. and Ind., 210-12, 1979.
- [26] ANDERSON, C.A. PEARSON, A.J.C. and WOOD, G.F., Case Studies in Lo-flo Scouring Part II : Merino Crutchings, Jour.Text.Inst. 177-81, 1983.

- [27] CHAO, A.C., YANG WAN-FA and TSENG SZE-KUNG, Application of Chemical Coagulation and Land System for Improving Biological Wool Scouring Wastewater Treatment, 34 th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 435-49, 1979.
- [28] HATCH, L.T., SARGENT, T.N., SHARPIN, R.E. and WIRTANEN, W.T. Chemical / Physical and Biological Treatment of Wool Processing Wastes, Proceedings of the 28 th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 588-603, 1973.
- [29] COLBURN, S.E., Comparison of Methods for Treatment of Woolscouring Wastes, Sewage Works Jour., 21, 84-90, 1949.
- [30] MCCARTHY, J.A., A Method for Treatment of Woolscour Wastes, Sewage Works Jour., 21, 75-83, 1949.
- [31] FONG, W., LUNDGREN, H.P., Treatment of Woolscouring Wastes With Colloidal Bentonite, Text.Res.Jour., 25, 994, 1955.
- [32] CROWLEY, T.N., American Chemical Paint Co., U.S. Patent 2, 762-681, Jour.Text.Inst., Proc. and Abs.(Brit.), 48,A281,1957.
- [33] FRANKLIN, J.S., CALVILLE, J.F., BOWES, E., The Treatment of Woolscour Effluent With Calcium Chloride Using Rotary Vacuum Filtration, Chem. Engng., 177, CE 68-72, 1964.
- [34] HARKER, R.P., Effluents from the Wool Textile Industry Problems Associated With Treatment and Reuse, Chem. Engng., 235, CE 8-13, 1970.
- [35] CHRISTOE, J.R., The Treatment of Woolscouring Effluents With Inorganic Chemicals, Jour. Water Poll. Control Fed., 49, 848-54, 1977.
- [36] MCCracken, J.R., CHAIKIN, M., A Physico-Chemical Treatment for Wool scouring effluent, Prog. Water Technol., 10(1-2), 503-11, 1978.
- [37] ANDERSON, C.A., CHRISTOE, J.R., The Removal of Water Soluble Pollutants from Wool Scouring Wastes by Acid-Cracking, Jour.Text.Inst., 72(4), 187-190, 1981.
- [38] MOZES, T.E., Treatment of Woolscouring Liquors. Part XI: Destabilization of Industrial Wastes by the Magnesium-rich Waste Residue From a Common-Salt Recovery Plant, SAWTRI Tech.Rep., 422, 1978.
- [39] TURPIE, D.W.F. and MOZES, T.E., Treatment of Woolscouring Liquors. Part III : A Preliminary Investigation into destabilization by Sea Water, SAWTRI Tech. Rep., 339, 1977.
- [40] TURPIE, D.W.F. and MOZES, T.E., Treatment of Woolscouring Liquors. Part VII : Destabilization of Industrial Sludges by sea-Water, SAWTRI Tech.Rep. No.363, 1977.

- [41] MOZES, T.E., Treatment of Woolscouring Liquors. Part V : Isolation of Major Constituents Responsible for the Destabilizing Effect of Sea-Water, SAWTRI, Tech.Rep., 344, 1977.
- [42] CHRISTOE, J.R., ANDERSON, C.A. and WOOD, G.F., Biological Destabilization of Woolscouring Effluents, Jour. Water Poll. Cont. Fed., 48(4), 729-35, 1976.
- [43] MOZES, T.E., Part I : Flocculation by Alum and Polyelectrolytes, SAWTRI, Technical Report, No. 338, 1-14, 1977.
- [44] McLACHLAN, C.N.S., SMITH, D.K.W. and WEBB, R.J., The Treatment of Woolscour Effluent-I : Removal of Colloidal Dirt, Water Research, 14, 729-33, 1980.
- [45] MOZES, T.E. and TURPIE, D.W.F., Treatment of Woolscouring Liquors. Part II : The Effect of pH on Flocculation by Anionic, Nonionic and Cationic Polyelectrolytes, SAWTRI, Tech. Rep., 338, 15-32, 1977.
- [46] ANDERSON, C.A., Recovery of Lanolin from Woolscour, Jour.Text. Inst., Proc. and Abs.(Brit.), 48, 7 A411, 1957.
- [47] McCracken, J.R., SIMMUL, R. and RANASINGHE, S., Biological Treatment of Woolscouring Liquor Waste, Treat. Recycle Disposal Wastes, Natl. Conf. Chem. Eng., 3rd. T181-T183, 1975.
- [48] CHAO, A.C. and YANG, WAN FA., Biological Treatment of Woolscouring Wastewater, Jour. WPCF, 53(3), 311-17, 1981.
- [49] GIBSON, J.M.D., MORGAN, W.V. and ROBINSON, B., Aspects of Woolscouring and Effluent Treatment, Text.Inst. and Ind., 31-7, 1979.
- [50] McCracken, J.R., SAMSON, A. and CHAIKIN, M., The Systematic Opt. of the Aqueous Compression-Jet Woolscour, Part IV: The Optimum Conditions of Liquor Reclamation and the Establishment of Equilibrium, 63, 51-63, 1972.
- [51] MOZES, T.E., Treatment of Woolscouring Liquors. Part VI : Initial Studies on Hollow Fiber Pilot Scale Ultrafiltration, SAWTRI Tech. Rep., 349, 1977.
- [52] TURPIE, D.W.F. and MOZES, T.E., Treatment of Woolscouring Liquors. Part IV : Destabilization of a Mohair Scouring Effluent by Sea-Water, SAWTRI, Tech.Rep., 343, 1977.
- [53] MOZES, T.E., A note on the Effect of Magnesium Chloride on the Treatment of Woolscouring Cream in a Laboratory Centrifuge, SAWTRI Bull., 16(1), 6-8, 1982.
- [54] HOARE, J.L. and RADFORD, E.C., A note on the Analysis and Destabilization of Wool-Scouring Effluent, Jour. Text. Inst., 64, 442-45, 1973.

- [55] ANDERSON, C.A. and CHRISTOE, J.R., Destabilization in Concentrated Woolscouring Liquors, Jour.Text.Inst., 72(4), 147-53, 1981,
- [56] ANDERSON, C.A., PEARSON, A.J.C. and WOOD, G.F., Case Studies in Lo-Flo Scouring Part I : Crossbred Fleece, Jour. Text.Inst., 3, 138-47, 1983.
- [57] ANDERSON, C.A., PEARSON, A.J.C. and WOOD, G.F., Case Studies in Lo-Flo Scouring Part II : Merino Crutchings, Jour. Text.Inst., 4, 177-81, 1983.
- [58] HOWE, R.H.L., Applied Chemistry for Water Purification and Wastes Treatment, Çağlayan Kitabevi-İstanbul, 1967.
- [59] SUNDSTROM, D.W. and KLEI, H.E., Wastewater Treatment, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632, 1979.
- [60] REILLY, P.B., Water and Wastewater Treatment for Removal of Suspended Solids, Water Management Division, Calgon Coop., Pittsburgh.
- [61] ECKENFELDER, W.W., Industrial Water Pollution Control, McGraw-Hill, 1966.
- [62] AWWA, Water Quality and Treatment, McGraw-Hill, 1971.
- [63] WEBER, W.J., Physicochemical Processes for Water Quality Control Wiley-Interscience, New York, 1972.
- [64] SCHROEDER, E.D., Water and Wastewater Treatment, Van Nosurand Reinhold Company. 1971.
- [65] BOZDOĞAN, A., Atık Sulardaki Tekstil Boyarmaddeleri Rengin Devrettirilen Koagülant (CaO-MgCO_3) ile Giderilmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 1984.
- [66] STUMM, W. and MORGAN, J.J., Aquatic Chemistry, John Wiley and Sons, Inc., 1970.
- [67] CLYDE Orr, Filtration Principles and Practices, Part I, 1977.
- [68] MASSCHELEIN, W.J., Unit Operations, International Institute For Hydraulic and Environmental Engineering, Vol.1, 1977.
- [69] BAUER, D., Treatment of Oily Wastes-Oil Recovery Programs, Proc. 31st Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 816-22, 1976.
- [70] IVES, K.J., The Scientific Basis of Flocculation, Sijthoff-Noordhoff, 1978.
- [71] RAY, S.A., The Effect of Certain Anions of the Coagulation of Caolin Clay With Aluminum Sulfate, AWWA 96th Annual Conf. Proc., Vol.2, 7-17, 1976.

- [72] LETTERMAN, R.D. and VANDERBROOK, S.G., Effect of Solution Chemistry on Coagulation With Hydrolyzed Al(III), Significance of Sulfate Ion and pH, Water Res., 195-204, 1983.
- [73] SNOEYINK, V.L. and JENKINS, D., Water Chemistry, John Wiley and Sons, Inc., 1980.
- [74] ANDERSON, C.A. and CHRISTOE, J.R., Emulsion Stability and Sludge Formation in Dag-Wool Scouring Liquors, Jour. Text.Inst., 74(6), 313-19, 1983.
- [75] GOMOLKA, E. and GOMOLKA, B., On the Treatment of Industrial Wastewaters Carrying Oily Emulsions, Surfactants and Sulphates, Acta Hydrochim. Hydrobiol., 13(1), 91-7, 1985.
- [76] AMIRTHARAJAH, A., and MILLS, K.M., Rapid-Mix Design for Mechanisms of Alum Coagulation, Journal of the American Water Works Ass., Vol.74, 210-16, 1982.
- [77] CLEASBY, J.L., Is Velocity Gradient a Valid Turbulent Flocculation Parameter?, Jour. of Environ.Eng., ASCE, Vol 110(5), 875-97, 1984.
- [78] AMIRTHARAJAH, A. and TRUSLER, S.L., Destabilization of Particles by Turbulent Rapid Mixing, Jour. Env.Eng., ASCE, 112(6), 1085-1108, 1986.
- [79] LEENTVARR, J., and YWEMA, T.S.J., Same Dimensionless Parameters of Impeller Power in Coagulation-Flocculation, Water Research, Vol.14, 135-140, 1980.
- [80] CORNWELL, D.A. and BISHOP, M.M., Determining Velocity Gradients in Laboratory and Full-scale Systems, Jour.Amer. Water Works Ass., 75(9), 470-75, 1983.
- [81] OLDSHUE, JAMES,Y., Fluid Mixing Technology
- [82] EROĞLU, V., Su Tasfiyesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 1984.
- [83] LUTHY, R.G., SELLECK, R.E. and GALLOWAY, T.R., Removal of Emulsified Oil With Organic Coagulants and Dissolved Air Flotation, J. Water Poll. Cont. Fed. 331-46, 1978.
- [84] ARGAMAN, Y., and KAUFMAN, W.J., Turbulence and Flocculation, Jour. of the San. Eng. Div., ASCE, Vol.100, 223-41, 1970.
- [85] HUCK, P.M.,MURPHY, K.L., Kinetic Model for Flocculation With Polymers, Jour. Of the Env.Eng.Div., 104, 767-84, 1978.
- [86] APHA, AWWA, WPCF, Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, 1981.

- [87] GÜRTAN, K., İstatistik Analiz Metodları, İ.Ü. İşletme Fakültesi, İşletme İktisadı Enst., 1977.
- [88] ORHON, D., Ortokinetik Yumaklaşmada Reaktör Bölümlerme ve Hız Gradyanı Değişimi Etkileri, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 33, Sayı 1, 1975.



E K L E R



EK-A

Tablo A-1 Yün Yıkama Atıksu Özellikleri

Tarih	D. ¹ no	pH	C _{y_o} (g/l)	C _{K_o} (g/l)	C _{A_o} (g/l)	V _{çkm} ml/l	R ² mS/cm	T ³ °C
26.3.86	1	7	4.8	32.3	9.0	18		41
28.3.86	2	8	4.5	17.8	4.7	17	-	39
3.4.86	3	7.6	5.6	29.8	4.5	-	-	46
8.4.86	4	7.8	5.5	15.8	5.1	-	-	37
9.4.86	5	7.6	5.3	17.3	3.4	-	-	35
25.4.86	6	7.2	7.2	32.0	8.4	17	-	36
8.5.86	7	8.5	6.4	23.1	5.7	38	3.8(23)	44
13.5.86	8	7.5	9.6	32.8	7.7	24	2.4(25)	46
15.5.86	9	7.8	8.8	29.3	6.7	27	2.8(28)	49
20.5.86	10	7.2	10.4	33.2	9.6	23	2.7(27)	48
22.5.86	11	8.0	10.1	29.1	13.1	24	2.6(29)	46
26.5.86	12	7.4	-	29.6	9.0	30	2.3(28)	46
27.5.86	13	8.0	-	23.5	6.3	40	2.9(27)	45
28.5.86	14	7.1	9.8	38.8	10.4	30	2.5(29)	47
4.6.86	15	7.3	12.3	31.7	10.1	41	2.5(29)	48
5.6.86	16	7.2	8.9	28.3	8.3	15	2.3(31)	52
10.6.86	17	7.4	6.8	-	5.5	-	-	38
14.6.86	18	7.8	5.7	-	4.9	-	-	40
23.6.86	19	7.5	7.0	22.7	5.9	34	2.5(31)	49
24.6.86	20	7.6	7.5	22.4	5.2	27	2.7(34)	48
26.6.86	21	7.7	4.4	16.8	5.8	32	2.5(28)	47
4.11.86	22	7.5	5.5	18.5	6.8	30	2.5(29)	45
6.11.86	23	7.3	6.8	21.7	7.1	41	2.7(30)	49
13.11.86	24	7.5	7.0	22.7	5.9	34	2.5(32)	52
20.11.86	25	7.7	5.2	16.8	5.8	32	2.8(28)	47
8.1.87	26	7.4	6.8	22.8	6.1	29	3.2(30)	46
13.1.87	27	7.3	11.0	42.0	12.1	43	2.8(27)	49
15.1.87	28	7.6	7.3	25.3	5.8	32	2.3(28)	45
20.1.87	29	6.9	8.1	-	8.4	15	2.5(30)	50
22.1.87	30	7.5	8.5	30.2	7.7	23	2.6(29)	46
29.1.87	31	7.2	7.0	26.4	8.1	27	2.9(31)	45
4.2.87	32	7.3	6.9	24.5	8.3	23	2.4(27)	48
7.4.87	33	7.7	5.8	18.6	6.8	40	2.8(28)	40
10.4.87	34	7.5	7.8	22.6	7.4	15	3.1(30)	42
14.4.87	35	7.3	4.9	16.0	5.9	23	2.7(25)	38
21.4.87	36	7.6	6.7	18.4	6.3	20	2.3(31)	40
5.6.87	37	8.0	5.0	-	4.6	12	3.8(38)	38
5.6.87	38	7.7	6.6	-	6.3	14	3.2(36)	36
6.6.87	39	7.5	5.6	-	5.4	15	3.1(40)	40
6.6.87	40	7.4	4.7	-	5.5	13	3.3(37)	37
9.6.87	41	7.6	5.2	-	4.8	13	3.8(41)	41
9.6.87	42	7.4	4.8	-	5.1	17	3.2(40)	40
10.6.87	43	7.9	4.3	-	4.3	13	3.1(42)	42
10.6.87	44	7.8	4.5	-	4.7	15	3.2(40)	40
11.6.87	45	7.7	5.3	-	5.2	11	3.4(38)	38
11.6.87	46	7.5	6.0	-	5.6	14	3.3(37)	37

¹ Deney no 1-32 arasında olan numuneler kompozit olarak, diğerleri dengeleme havuzundan alınmıştır.

² Parantez içindeki rakamlar, iletkenlik ölçümlerinin yapıldığı andaki sıcaklıkları gösterir.

³ Numunelerin alındıktan sonra ölçülen sıcaklıklarını gösterir.

Tablo A-2. pH Ayarında Asit İlâveleri (Derişik H_2SO_4 , ml/l)

pH	D.Tarihi	8.5.86	13.5.86	15.5.86	26.5.86	27.5.86
Ayarı	N. pH'ı	8.5	7.5	7.8	7.4	8.0
2.0		2.8	2.0	2.1	2.0	2.2
2.5		2.4	1.3	1.7	1.3	1.7
3.0		2.0	1.1	1.5	1.0	1.4
3.5		1.8	1.0	1.2	0.9	1.3
4.0		1.6	0.8	1.1	0.8	1.2
4.5		1.3	0.6	1.0	0.7	1.0
5.0		1.0	0.3	0.9	0.5	0.8

Tablo A-3. pH Ayarında İletkenlik Değerleri (mS/cm)

pH	D.Tarihi	8.5.86	13.5.86	15.5.86	26.5.86	27.5.86
Ayarı	N. İletken- liği	3.8	2.2	2.7	2.3	3.0
2.0		7.6	5.0	5.8	5.6	6.0
2.5		5.8	3.9	4.6	3.8	4.6
3.0		5.4	3.5	4.4	3.3	4.2
3.5		5.0	3.3	3.8	2.9	3.9
4.0		4.9	3.0	3.5	2.8	3.7
4.5		4.8	3.0	3.4	2.7	3.6
5.0		4.5	2.9	3.3	2.6	3.5

Tablo A-4. pH Ayarı İçin Asit İlâveleri ve İletkenlik Artışları

D.no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N. pH'ı	8.5	7.5	7.8	7.2	8.0	7.4	8.0	7.1	7.3	7.2	7.5	7.6	7.7
V_{asit} , ml/l	0.20	0.11	0.14	0.11	0.13	0.10	0.15	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13
R_1 , mS/cm	1.6	1.1	1.2	0.9	1.4	1.0	1.3	0.8	1.0	1.0	1.2	1.1	1.2

Tablo A-5. Karıştırma ile ilgili Deney Neticeleri

1. Deney (5.6.1987)

G.t x10 ⁴	pH _s	C _y g/l	V _ç %	Bul. NTU
1.3	2.5	1.59	20	460
3.9	2.6	1.35	21	360
6.6	2.6	1.03	23	250
9.2	2.7	0.92	25	215
14.5	2.5	0.51	28	170
19.8	2.6	0.33	29	130

2. Deney (5.6.1987)

G.t x10 ⁴	pH _s	C _y g/l	V _ç %	Bul. NTU
1.3	2.6	1.90	24	470
3.9	2.7	1.62	25	460
6.6	2.5	1.43	27	370
9.2	2.6	1.06	28	300
14.5	2.8	0.80	28	230
19.8	2.6	0.40	30	140

3. Deney (6.6.1987)

1.3	2.6	1.79	21	550
3.9	2.8	1.15	22	450
6.6	2.8	0.88	24	410
9.2	2.7	0.54	27	250
14.5	2.5	0.48	28	180
19.8	2.6	0.21	28	150

4. Deney (6.6.1987)

1.3	2.6	1.60	18	580
3.9	2.9	1.37	20	500
6.6	2.8	0.97	22	410
9.2	2.5	0.86	24	360
14.5	2.8	0.63	26	220
19.8	2.8	0.41	27	170

5. Deney (9.6.1987)

1.3	2.4	1.46	21	530
3.9	2.5	1.02	22	400
6.6	2.3	0.76	25	300
9.2	2.2	0.48	27	250
14.5	2.3	0.23	28	170
19.8	2.2	0.15	30	100

6. Deney (9.6.1987)

1.3	2.2	1.57	17	550
3.9	2.3	1.30	20	430
6.6	2.2	1.06	21	350
9.2	2.1	0.78	21	300
14.5	2.3	0.46	23	200
19.8	2.1	0.24	26	160

7. Deney (10.6.1987)

1.3	2.2	1.52	16	500
3.9	2.1	1.24	17	380
6.6	2.3	1.04	18	290
9.2	2.1	0.80	20	180
14.5	2.0	0.49	24	100
19.8	2.3	0.22	25	70

8. Deney (10.6.1987)

1.3	2.4	1.67	15	460
3.9	2.3	1.10	17	370
6.6	2.3	0.95	18	290
9.2	2.3	0.79	20	210
14.5	2.4	0.68	23	140
19.8	2.2	0.36	25	80

9. Deney (11.6.1987)

1.3	2.5	1.80	21	560
3.9	2.3	1.55	23	310
6.6	2.4	0.97	24	210
9.2	2.2	0.70	25	150
14.5	2.3	0.51	28	100
19.8	2.1	0.29	29	90

10. Deney (11.6.1987)

1.3	2.4	1.63	23	540
3.9	2.3	1.27	24	470
6.6	2.3	1.03	26	400
9.2	2.4	0.82	28	320
14.5	2.3	0.38	28	230
19.8	2.3	0.12	30	100

Tablo A-6. İlâve Deterjan Konsantrasyonunun Kalan Kirletici Miktarına Ve Çamur Hammine Etkisine Ait Neticeler

1. Deney (7.4.1987)

C_D g/l	Son pH	C_Y g/l	C_A g/l	V_{ζ} %
0	2.8	0.35	0.12	36
0.3	2.7	0.34	0.15	33
0.6	3.0	0.40	0.16	32
0.9	2.9	1.87	1.50	15
1.2	2.8	2.57	2.88	9
1.5	2.8	4.03	4.40	5

2. Deney (10.4.1987)

C_D g/l	Son pH	C_Y g/l	C_A g/l	V_{ζ} %
0	2.7	0.59	0.20	34
0.3	2.8	0.48	0.18	33
0.6	2.8	0.60	0.22	31
0.9	3.0	2.22	1.26	17
1.2	3.1	3.41	2.64	10
1.5	2.9	4.50	3.81	8

3. Deney (14.4.1987)

0	2.9	0.25	0.15	33
0.3	3.0	0.20	0.16	31
0.6	3.1	0.30	0.21	30
0.9	2.8	1.54	1.20	14
1.2	2.8	2.10	2.02	8
1.5	2.9	3.13	2.70	6

4. Deney (21.4.1987)

0	2.7	0.44	0.22	33
0.3	3.0	0.55	0.20	32
0.6	2.8	0.50	0.29	31
0.9	2.9	1.60	1.35	18
1.2	2.7	2.40	2.20	11
1.5	2.8	3.47	3.18	7

Tablo A-7. En Uygun pH Tesbiti Deney Neticeleri

1. Deney (8.1.1987)

pH	C _y g/l	C _A g/l	C _K g/l	V _ç %
2	0.40	0.08	2.92	33
2.5	0.38	0.12	3.33	30
3	0.45	0.20	3.15	27
3.5	0.80	0.40	5.25	24
4	1.80	1.20	7.38	20
4.5	2.80	2.30	10.45	14
5	3.75	3.35	15.35	8

2. Deney (15.1.1987)

pH	C _y g/l	C _A g/l	C _K g/l	V _ç %
2	0.35	0.07	3.40	32
2.5	0.40	0.10	3.56	31
3	0.50	0.22	3.57	28
3.5	0.90	0.50	5.75	22
4	1.60	1.45	8.94	20
4.5	3.00	3.10	11.08	16
5	4.20	4.35	15.16	6

3. Deney (22.1.1987)

2	0.30	0.10	3.37	27
2.5	0.50	0.16	3.02	26
3	0.58	0.15	3.42	26
3.5	1.00	0.40	4.90	23
4	2.10	1.25	8.55	21
4.5	3.30	2.80	13.00	17
5	4.55	3.75	17.40	10

4. Deney (29.1.1987)

2	0.40	0.11	2.22	30
2.5	0.37	0.09	2.27	29
3	0.50	0.12	3.00	28
3.5	1.10	0.55	4.63	25
4	1.70	1.65	7.61	22
4.5	2.90	3.15	10.58	18
5	4.00	4.05	14.23	10

Tablo A-8. Pilot Tesis Çalışmalarına Ait Deney Neticeleri

Tarih	D No	t ^x (dak.)	pH	pH _s	C _y g/l	C _A g/l	V _ç %
26.3. 1986	1	1	7.0	2.0	1.20	1.06	15
28.3. 1986	2	1	8.0	2.1	1.50	1.30	18
3.4. 1986	3	1	7.6	2.3	1.40	1.20	19
3.4. 1986	4	1	7.8	2.8	1.30	1.00	22
8.4. 1986	5	1	7.8	3.0	1.60	1.38	20
9.4. 1986	6	2	7.6	2.6	1.12	0.84	25
25.4. 1986	7	2	7.2	2.2	0.98	0.80	16
8.5. 1986	8	2	8.5	2.3	1.20	0.96	18
15.5. 1986	9	2	7.8	2.5	1.30	1.08	17
10.6. 1986	10	2	7.4	2.3	1.10	0.90	20
14.6. 1986	11	3	7.8	2.5	0.90	0.80	23
23.6. 1986	12	3	7.5	2.0	0.82	0.57	27
26.6. 1986	13	3	7.7	2.2	1.00	0.74	26
4.11.1986	14	3	7.5	2.6	0.93	0.66	23
13.11.1986	15	3	7.5	2.0	0.85	0.63	18
20.11.1986	16	6	7.7	2.5	0.76	0.53	20
8.1. 1987	17	6	7.4	1.9	0.64	0.46	23
13.1. 1987	18	6	7.3	2.7	0.80	0.42	20
20.1. 1987	19	6	6.9	2.3	0.69	0.60	28
4.2. 1987	20	6	7.3	2.1	0.56	0.40	24

^x t = Hızlı karıştırma Ünitesindeki bekletme süresini göstermektedir.

EK B

Tablo B-1. AKM ile Bulanıklık Ölçümlerine Ait Neticeler
n=48

Bulanıklık NTU	AKM g/l	Bulanıklık NTU	AKM g/l	Bulanıklık NTU	AKM g/l
410	0.890	210	0.315	540	1.113
230	0.300	270	0.430	500	1.254
320	0.574	310	0.450	480	1.154
350	0.495	270	0.380	480	0.966
320	0.510	90	0.180	520	1.122
390	0.744	180	0.300	540	1.243
200	0.295	310	0.370	460	0.979
300	0.505	430	0.860	425	0.900
330	0.500	290	0.290	390	0.500
290	0.430	325	0.300	225	0.300
380	0.650	190	0.300	225	0.350
200	0.305	320	0.360	120	0.286
270	0.440	310	0.365	80	0.235
310	0.445	370	0.800	55	0.083
280	0.380	355	0.590	220	0.125
380	0.650	420	0.650	225	0.180

Tablo B-2. AKM ile Optik Yoğunluk Ölçümlerine Ait Neticeler
n=43

AKM g/l	e^y mV	AKM g/l	e^y mV	AKM g/l	e^y mV
1.113	4.05	0.300	1.72	0.505	2.29
1.254	4.26	0.370	2.36	0.500	2.56
1.618	6.05	0.860	4.48	0.430	2.32
1.154	4.05	0.800	3.32	0.650	3.49
1.000	3.86	0.300	1.75	0.305	1.79
1.122	4.48	0.360	2.51	0.442	2.18
1.243	4.95	1.610	6.05	0.443	2.36
1.600	6.05	0.890	4.45	0.400	2.23
0.900	4.39	0.300	1.91	0.650	3.32
0.500	2.72	0.574	2.46	0.315	1.82
0.300	1.82	0.495	2.64	0.430	2.14
0.350	1.92	0.510	2.46	0.450	2.36
0.590	2.74	0.744	3.86	0.380	2.18
0.180	1.35	0.295	1.78	0.260	1.60
0.200	1.46				

y= optik yoğunluk

Tablo B-3. Asitle Emülsiyon Kırma İşleminden Sonra Kalan Yağ ve AKM Konsantrasyonları

n =51

Yağ g/l	AKM g/l	Yağ g/l	AKM g/l	Yağ g/l	AKM g/l
2.158	2.115	0.350	0.120	1.600	1.350
1.378	1.084	0.340	0.150	2.400	2.200
0.400	0.315	0.400	0.160	0.400	0.080
0.725	0.255	1.870	1.500	0.380	0.120
1.115	1.020	0.590	0.200	0.450	0.200
1.650	1.400	0.480	0.180	0.800	0.400
2.190	1.640	0.600	0.220	1.800	1.200
1.350	1.290	0.250	0.150	0.350	0.070
1.360	1.060	0.200	0.160	0.400	0.100
1.845	1.700	0.300	0.210	0.500	0.220
0.570	0.440	1.540	1.200	0.900	0.500
0.460	0.380	2.100	2.020	1.600	1.450
1.040	0.650	0.440	0.220	0.300	0.100
0.570	0.315	0.550	0.200	0.500	0.160
0.460	0.450	0.500	0.290	0.580	0.150
1.000	0.400	0.400	0.110	0.370	0.090
0.500	0.120	1.100	0.550	1.700	1.650

ÖZGEÇMİŞ

İsmail TORÖZ 1959 yılında Malatya'da doğmuştur. 1976 yılında Malatya Turan Emeksiz lisesini bitirerek aynı yıl İ.T.Ü. Kimya Fakültesine kaydolmuştur. 1981 yılında Kimya Mühendisi Unvanı ile mezuniyetten sonra İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Master eğitime başlamıştır. 1983 yılında Master eğitimini tamamlayarak Yüksek Mühendis Unvanı almış ve aynı Bölüm'de Doktora eğitime başlamıştır. Çevre Mühendisliği Bölümü'nde 1982 yılında başladığı araştırma görevlisi işini halen sürdürmekte olup evli ve bir çocuk babasıdır.

