

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

106389

ATIKSULARDA YAĞLARIN GİDERİLMESİ

Yüksek Kimyager Fatma TURAK

**F.B.E. Kimya Anabilim Dalı Analitik Kimya Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 3 Mayıs 2001
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin AFŞAR (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Adnan AYDIN (MÜ)
: Prof. Dr. Reşat APAK (İÜ)

106389
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL, 2001

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ENDÜSTRİ ATIKSULARININ GENEL ARITIMI.....	3
2.1 Endüstri Atıksularının Arıtımında Kullanılan Fiziksel Yöntemler	3
2.1.1 Izgara ve Süzgeçle Tutma.....	4
2.1.2 Flotasyon	4
2.1.3 Çökeltme.....	4
2.2 Endüstri Atıksularının Arıtımında Kullanılan Biyolojik Yöntemler.....	5
2.3 Endüstri Atıksularının Arıtımında Kullanılan Kimyasal Yöntemler.....	5
2.4 Endüstri Atıksularının Kademe Yönünden Arıtım İşlem Sıralaması	6
2.5 İSKİ Yönetmeliğinin Atıksu Deşarj Parametreleri.....	6
3. ATIKSULARDA YAĞ GİDERME YÖNTEMLERİ.....	8
3.1 Adsorpsiyon Yöntemi ile Yağ Arıtımı Çalışmaları.....	11
3.2 Filtrasyon, Membran ve Koagülasyon Teknikleri Kullanılarak Yağ Arıtım Çalışmaları	16
3.3 Flotasyon (Yüzdürme) Metodu ile Yağ Arıtım Çalışmaları.....	21
3.4 Yoğunluk Farkına Dayanarak Yağ Arıtım Çalışmaları.....	24
3.5 Biyolojik Arıtma Yöntemi ile Yağ Arıtım Çalışmaları.....	24
3.6 Atıksulardan Yağın Ayrılması için Tasarlanmış Aparatlar	25
4. ADSORPSİYON HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	31
4.1 Adsorban Materyallerin Doğası.....	31
4.2 Adsorban Materyallerin Fiziksel Özellikleri	32
4.3 Adsorpsiyon için Denge Bağlılıkları	36
4.4 Adsorpsiyon için Ampirik Denklemler	37
4.5 Adsorpsiyon Hız Prosesleri	42
4.6 Adsorpsiyon İşlemleri	42
4.6.1 Kesikli Yöntem.....	42

4.6.2	Karıştırma ve Durultma	43
4.6.3	Viskoz Akışkan-Granül Adsorban Teması.....	43
4.6.4	Sabit Yataklar	43
4.6.5	Adsorbanlı Kolonun Kullanımı	43
4.6.6	Sürekli Ters Akım İşlemleri	43
5.	KİLLER HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	45
5.1	Krital ve Parakristal Gruplar.....	46
5.1.1	Kaolinler	46
5.1.2	Serpentinler.....	47
5.1.3	Smektitler (Montmorillonitler).....	47
5.1.4	İllitler veya Mikalar	47
5.1.5	Glaukonit	47
5.2	Amorf ve Karışık Kil Grupları	48
5.2.1	Allofan ve İmogolit	48
5.3	Yüksek Alüminyum İçerikli Killer.....	48
5.4	Killerin Kullanım Alanları.....	50
5.4.1	Yağ Rafinasyonu ve Renk Giderme	50
5.4.2	Renk Giderme İşleminde Kullanılan Killerin Özellikleri.....	51
5.4.3	Suların Bulanıklığının Giderilmesi.....	51
6.	YAĞLAR HAKKINDA GENEL BİLGİ	52
6.1	Madeni Yağlar Hakkında Bilgi.....	56
6.2	Yağ-Gres Analiz Yöntemleri.....	58
6.2.1	Aritılmış Sularda Yağ Tayin Yöntemi.....	58
6.2.1.1	Analizi Bozucu Etkiler.....	58
6.2.1.2	Örnek Alma	58
6.2.1.3	Örneğin Saklanması.....	58
6.2.1.4	Kullanılan Aparatlar	59
6.2.1.5	Kullanılan Reaktifler	59
6.2.1.6	Yöntem	59
6.2.1.7	Örneğin Hazırlanması.....	59
6.2.1.8	Organik Çözücü ile Ekstraksiyon	59
6.2.1.9	Çözücünün Uzaklaştırılması.....	60
6.2.1.10	Hesaplama	60
6.2.2	Atıksularda Yağ-Gres Tayini.....	60
6.2.2.1	Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi	61
6.2.2.1.1	Bozucu Etkiler	62
6.2.2.1.2	Düzenek	62
6.2.2.1.3	Reaktifler	62
6.2.2.1.4	Yöntem	62
6.2.2.1.5	Hesaplama	63
6.2.2.1.6	Duyarlılık ve Doğruluk.....	63
6.2.2.2	Yarı Yaş Ekstraksiyon Yöntemi	64
6.2.2.2.1	Düzenek	64
6.2.2.2.2	Reaktifler	64
6.2.2.2.3	Yöntem	64
6.2.2.2.4	Hesaplama	65
6.2.2.2.5	Duyarlılık ve Doğruluk.....	65

6.2.3	Partisyon Infrared Metodu ile Yağ-Gres Tayini.....	65
6.2.3.1	Düzenek.....	66
6.2.3.2	Reaktifler.....	66
6.2.3.3	Metod.....	66
6.2.3.4	Hesaplama.....	67
6.2.3.5	Duyarlılık.....	67
7.	DENEYSEL KISIM.....	68
7.1	Adsorpsiyon İşlemi.....	69
7.2	Su-Kil Süspansiyonun Ayırma İşlemi.....	69
7.3	Yağ Miktarının Tayini.....	69
7.3.1	Yağların Spektrofotometrik Yöntemle Analizi.....	70
7.4	Denemelerde kullanılan Killer Hakkında Bilgi.....	74
7.5	Yapay Atıksu Hazırlanması.....	89
7.6	Adsorpsiyon İşlemine Aktivasyonun Etkisi.....	89
7.6.1	Termal Aktivasyonun Yağ Adsorpsiyonu Üzerine Etkisi.....	89
7.6.2	Hidrotermal Aktivasyonun Yağ Adsorpsiyonuna Etkisi.....	94
7.6.3	Termal ve Hidrotermal Aktivasyona Uğramış Killerin Aktif Yüzey Tayinleri.....	94
7.6.4	Adsorpsiyona Termal Aktivasyon Süresinin Etkisi.....	95
7.7	Adsorpsiyon Üzerine Kil Miktarının Etkisi.....	96
7.8	Adsorpsiyon Üzerine Temas Süresinin Etkisi.....	97
7.9	Adsorpsiyon Üzerine Tanecik Büyüklüğün Etkisi.....	98
7.10	Adsorpsiyona Birim Hacıma Uygulanan Kuvvetin Etkisi.....	99
7.11	Adsorpsiyona pH'nın Etkisi.....	102
7.12	Bitkisel Yağ ile Adsorpsiyon Denemesi.....	103
7.13	Ardışık Adsorpsiyon Uygulamasının Yağ Giderimine Etkisi.....	104
7.14	Sudaki Yağ Derişiminin Adsorpsiyona Etkisi.....	105
7.15	Adsorpsiyon İzotermi.....	106
7.16	Endüstriyel Atıksularda Yağın Giderilmesi.....	107
8.	TARTIŞMA ve SONUÇ.....	110
	KAYNAKLAR.....	119
	ÖZGEÇMİŞ.....	130

SİMGE LİSTESİ

σ	Gözenek yüzey alanı
ε	Tanecikler arasındaki boşluk fraksiyonu
$\alpha_1, \alpha_2, \bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2$	Trinomial adsorpsiyon eşitliğindeki sabitler
ρ_b	Yığın yoğunluk (bulk yoğunluğu)
ρ_c	Kristal yoğunluk (crystalline density)
$\alpha_C, \alpha_F, \alpha_S$	Sabit üsler
ρ_f	Islatıcı sıvının yoğunluğu (liquid density)
$\lambda_{\max}$	Maddenin maksimum absorbans verdiği dalga boyu
ρ_p	Kuru tanecik yoğunluğu (dry particle density)
ρ_w	Yaş yoğunluk (wet density)
A	Absorbans
c	Konsantrasyon
C	Langmuir denkleminde konsantrasyon
K	Denge sabiti (Langmuir denkleminde)
K_B, K_C, K_F	Denge sabitleri
K_J, K_L, K_S	Denge sabitleri
P	Akışkan fazda çözünmüş maddenin buhar basıncı
p	Akışkan fazdaki kısmi basınç
Q	1 gram kil başına yağ adsorpsiyonu
Q_m	1 gram kil başına maksimum adsorpsiyonu
r	Korelasyon katsayısı
$\bar{r}$	Ortalama gözenek yarıçapı
x	İç porözite

KISALTMA LİSTESİ

A	Amper
BOI	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
C	Cylindrical Pellets
DTA	Differential Thermal Analysis
G	Granular
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
P	Powder
pH	Negative Logarithm of the Effective Hydrogen İon Concentration
ppm	Parts Per Million
PTFE	Poli (tetrafluoroetilen)
S	Spherical Beads
SAE	Society of Automotive Engineers
T	Tablets
XRD	X-Ray Diffraction
XRF	X-Ray Fluorescence
TFE	Tetrafluoroetilen

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1	En basit izoterm şekilleri 36
Şekil 4.2	Fiziksel adsorpsiyon için deneysel izoterm tipleri 41
Şekil 7.1	Deneysel çalışmaların yapıldığı düzenek 68
Şekil 7.2	Mineral yağa (SAE 40) ait ölçü eğrisi 71
Şekil 7.3	Mineral yağın (SAE 40) absorpsiyon spektrumu 72
Şekil 7.4	Ayçiçek yağının ölçü eğrisi 73
Şekil 7.5	Ayçiçek yağının absorpsiyon spektrumu 74
Şekil 7.6	Kırmızı kilin DTA spektrumu 77
Şekil 7.7	Beyaz kilin DTA spektrumu 78
Şekil 7.8	Sarı kilin DTA spektrumu 79
Şekil 7.9	Yeşil kilin DTA spektrumu 80
Şekil 7.10	Kırmızı kilin XRD spektrumu 81
Şekil 7.11	Kırmızı kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi 82
Şekil 7.12	Beyaz kilin XRD spektrumu 83
Şekil 7.13	Beyaz kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi 84
Şekil 7.14	Sarı kilin XRD spektrumu 85
Şekil 7.15	Sarı kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi 86
Şekil 7.16	Yeşil kilin XRD spektrumu 87
Şekil 7.17	Yeşil kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi 88
Şekil 7.18	Termal olarak aktive edilmiş kırmızı kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi 90
Şekil 7.19	Termal olarak aktive edilmiş beyaz kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi 91
Şekil 7.20	Termal olarak aktive edilmiş sarı kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi 92
Şekil 7.21	Termal olarak aktive edilmiş yeşil kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi 93
Şekil 7.22	Kırmızı kil miktarının % yağ adsorpsiyonu üzerine etkisi 97
Şekil 7.23	Temas süresinin % yağ adsorpsiyonuna etkisi 98
Şekil 7.24	Adsorpsiyona birim hacme uygulanan kuvvetin etkisini incelemek için deneysel çalışmaların yapıldığı düzenek 100
Şekil 7.25	Karıştırıcının çözeltinin birim hacmine aktarılan kuvvetle % yağ adsorpsiyonu arasındaki ilişki 101
Şekil 7.26	pH'nın % yağ adsorpsiyonuna etkisi 103
Şekil 7.27	Başlangıçtaki yağ derişiminin adsorpsiyona etkisi 105
Şekil 7.28	Adsorpsiyon izotermi 106
Şekil 8.1	Kil ile yağ adsorpsiyonunun lineerize edilmiş Langmuir doğrusu 117

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 İSKİ atıksuyu deşarj parametreleri	7
Çizelge 3.1 Bazı yağ ayırma proseslerinin başlıca avantaj ve dezavantajları	10
Çizelge 4.1 Adsorpsiyon-absorpsiyon işlemlerinin sınıflandırılması	31
Çizelge 4.2 Adsorbanların fiziksel özellikleri	34
Çizelge 4.3 Adsorpsiyon denklemleri	38
Çizelge 4.4 Çizelge 4.3'teki denklemlerin sabitlerinin aralığı	40
Çizelge 5.1 Kil minerallerinin sınıflandırılması	49
Çizelge 6.1 Önemli yağ asitlerinin isim ve formülleri	54
Çizelge 6.2 Çok kullanılan sentetik yağların tipi ve kullanım alanları	57
Çizelge 7.1 Mineral yağın (SAE 40) ölçü eğrisinin deneysel değerleri ve doğru denklemi	70
Çizelge 7.2 Ayçiçek yağının ölçü eğrisinin deneysel değerleri ve doğru denklemi	73
Çizelge 7.3 Değişik yağlara ait spesifik absorptivite değerleri	75
Çizelge 7.4 Denemelerde kullanılan killerin kimyasal analiz sonuçları	76
Çizelge 7.5 Termal olarak aktive edilmiş kırmızı kilin yağ adsorpsiyonun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi	90
Çizelge 7.6 Termal olarak aktive edilmiş beyaz kilin yağ adsorpsiyonun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi	91
Çizelge 7.7 Termal olarak aktive edilmiş sarı kilin yağ adsorpsiyonun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi	92
Çizelge 7.8 Termal olarak aktive edilmiş yeşil kilin yağ adsorpsiyonun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi	93
Çizelge 7.9 Farklı aktivasyon basınçlarında hidrotermal aktivasyonu yapılan sarı kilin % yağ adsorpsiyonu	94
Çizelge 7.10 Killerin aktif yüzeyleri	95
Çizelge 7.11 Farklı termal aktivasyon sürelerinde aktive edilen sarı kilin % yağ adsorpsiyonu	96
Çizelge 7.12 Kil miktarının % yağ adsorpsiyonu üzerine etkisi	97
Çizelge 7.13 Temas süresinin % yağ adsorpsiyonuna etkisi	97
Çizelge 7.14 710-75 µm arasında elek dizpesinden geçen kil miktarı	98
Çizelge 7.15 Tanecik büyüklüğünün % yağ adsorpsiyonuna etkisi	99
Çizelge 7.16 Karıştırıcının çözeltinin birim hacmine aktarılan kuvvetle % yağ adsorpsiyonu arasındaki ilişki	100
Çizelge 7.17 pH'nın % yağ adsorpsiyonuna etkisi	102
Çizelge 7.18 Farklı miktardaki ayçiçek yağının % yağ adsorpsiyonu	103
Çizelge 7.19 Ardışı adsorpsiyon uygulamasının yağ giderimine etkisi	104
Çizelge 7.20 Sudaki yağ derişiminin adsorpsiyona etkisi	105
Çizelge 7.21 Adsorpsiyon izotermi için deneysel veriler	106
Çizelge 7.22 Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. firmasının atıksuyunun adsorpsiyon öncesi, I. ve II. adsorpsiyon sonrası deneysel veriler	107
Çizelge 7.23 Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. firmasının atıksuyu kil miktarı ile iki katı alınarak yapılan adsorpsiyon işlemi sonundaki deneysel verileri	108
Çizelge 7.24 Kırılgaç Gıda Maddeleri San. ve Tic. A.Ş. firmasının atıksu arıtımına ait toplu sonuçlar	109

ÖNSÖZ

Çalışmamı yönlendiren, her aşamasında büyük ilgi ve desteğini gördüğüm, deneyimlerinden yararlandığım hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin AFŞAR'a en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamda kullandığım killerin yapı aydınlatılması için XRF, DTA, XRD spektrumlarını alarak bize yardımcı olan Sayın Dr. Eşref AYDIN (Şişe Cam A.Ş.) ve Sayın Bülent ARMAN'a (Şişe Cam A.Ş.) teşekkür ederim.

Çalışmalarında kullandığım killeri sağlamamda bana yardımcı olan arkadaşım Yüksek Kimyager Duygu ÇAKAR'a ve endüstriyel atıksu örneği sağlayan hocam Yrd. Doç. Dr. Mithat BAKOĞLU'na teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında benden yardımını esirgemeyen ve manevi olarak da destek olan hocam Araş. Gör. Dr. Gülten ÇETİN'e teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada seramik sanayinde kullanılan Marmara ve Akdeniz bölgelerinden temin edilmiş dört tür kil kullanarak adsorpsiyonla yağ giderimi çalışmaları yapılmıştır. Kullanılan killeri; montmorillonit, illit, muskovit ve kaolin esastır. Bu killeri %78 ile %94 arasında değışen oranda yağ giderimi sağlanmıştır. 200°C’de termal aktivasyon yağ giderim verimini %5-8 arasında artırmıştır. Her dört kil ile yağ giderimi mümkün olmakla birlikte en yüksek verim illit esastır kil kullanıldığında elde edilmiştir.

Yağ giderim işlemi su içeriine toz halinde kil katılıp karıştırıldıktan sonra santrifüjlenerek katı fazın sudan ayrılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Optimum koşulların sağlanması amacıyla yapılan deneyler bitkisel ve mineral yağlar kullanılarak hazırlanmış sentetik atıksularla yürütülmüştür. Yağ giderimine, kil miktarının, aktivasyonun, temas süresi, pH’nın, tane büyüklüğü ve karıştırma hızının etkisi incelenmiş, optimum koşullar saptanmıştır. Bulunan bu koşullar esas alınarak iki ayrı firmadan alınan endüstriyel atıksuya yağ giderim işlemi uygulanmıştır. %97,69 kadarlık bir verimle yağ giderimi sağlanmıştır.

ABSTRACT

In this study, we aimed to remove oil from wastewater by adsorption using four different kinds of clays that are supplied from Marmara and Akdeniz regions for ceramic industries. These clays are consist of montmorillonite, illite, muskovite and kaolinite. The efficiency of oil removal in this method was between 78% and 94%. This was increased 5-8% by thermal activation at 200°C. The maximum efficiency was accomplished when the illite clays were used.

In order to remove oil from wastewater in this method, first of all water and clays were mixed together then centrifuged, this, clay particles were separated from water. The optimization of this method was established using oil and mineral oils. The wastewaters were prepared synthetically. The influence of the following operating parameters were ascertained on the oil removal from wastewater. amount of clays, activation of clays, treatment period, pH, particle size and return per minute of stirrer. In conclusion, this improved method was applied to industrial wastewater, which were obtained from various oil factories and the efficiency of oil removal was found 97,69%.

1. GİRİŞ

Endüstriyel gelişim beraberinde çok sayıda sorunu da getirmiştir. Bu sorunların basında çevre kirliliği gelmektedir. İlk başta su kirliliği olarak ortaya çıkan çevre sorunu giderek atmosfer kirlenmesi, toprak kirlenmesi, gürültü kirliliği, nükleer kirlenme vb. problemlerini de getirmiştir. Bunların sonucu ekolojik sorunlar ortaya çıkmış ve tüm bu sorunları çözümlenmesi için araştırmalar yapmak zorunlu hale gelmiştir. Çevre sorunu değişik meslek gruplarını ilgilendiren bir sorun olduğundan araştırma grupları da çok farklı meslekleri kapsar şekilde oluşmuştur. Ancak bazı hallerde aynı araştırma konusu farklı iki meslek grubu tarafından ele alınmıştır. Doğal olarak da her grup sorunu kendi meslekî birikimi doğrultusunda yaklaşmıştır. Bu nedenle de aynı konuda farklı yorum ve çözüm önerileri getirilmiştir.

Yukarıda sayılan kirlilik gruplarından su, atmosfer ve toprak kirliliğini doğuran maddeler genellikle kimyasal atıklardır. Bu maddelerin giderilmesi veya kirliliğe neden olmayacak şekilde kaynağa yok edilmesi için getirilecek yöntemlerin geliştirilmesi önemli ölçüde kimya bilgisini gerektirir. Oysaki bu konularda araştırma yapan kimyacı sayısı yeterince fazla değildir. Bu nedenle de literatürde yer alan yayınlar konuya daha çok mühendislik açısından yaklaşmışlardır.

Yeryüzünde su kaynaklarının giderek azalması nedeni ile bir taraftan mevcut kaynakların titizlikle korunmasının gerektirirken diğer yandan kullanılan suyun arıtılarak yeniden sisteme katılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun dışında suyu doğrudan kullanılmayan deniz vb. türden su toplama havzaları kirlenmesi dolaylı sorunlar yaratmaktadır. Örneğin fotosentez olayına önemli katkısı olan yosunlar ve bu ortamda yaşayan diğer su canlılarının giderek ortadan kalkması insanlığa büyük zararlar vermektedir. Bu bakımdan ister tatlı su ister tuzlu sudan oluşan alıcı ortamlara verilecek suyun mutlaka arıtılması gerekmektedir. Suda kirlilik yaratan çözünmüş halde, emülsiyon halinde, süspansiyon halinde veya daha iri tanecik şeklindeki gaz, sıvı ve katı maddelerin uygun bir yöntemle giderilmesi gerekir. Evsel atıksular belirli sınırlar içerisinde standart bir yapıya sahip olduğundan bunlar için universal arıtım teknikleri geliştirmek mümkündür. Oysaki endüstriyel atıksu söz konusu olduğunda, her endüstri dalı hatta farklı yörelerde bulunan aynı endüstri dalları için özgün bir arıtım yöntemi geliştirmek gerekir.

Hem endüstriyel hem de evsel atıksularda hemen her zaman bulunan ortak kirletici yağ ve grestir. Bilindiği gibi bunların sudan daha az yoğun olması nedeniyle zaman içerisinde su

toplama havzalarında yüzeyde birikirler. Yüzeyde oluşan yağ tabakası özellikle ultraviyole alandaki ışınları absorplayarak daha alt tabakalara erişimi engeller. Bunun sonucu su bitkilerinin fotosentez olayını gerçekleştirmesi olanaksız hale gelir. Aynı zamanda yağ tabakası havadan suya oksijen geçişini kısıtladığından suda çözünmüş oksijen miktarı denge değerinin çok altına düşer. Sonuç olarak suda yaşayan yeşil bitkilerle, hayvanların kitlesel olarak yok olduğu görülür.

Yukarıda sayılan nedenlerle sularda yağ giderimi en azından birçok toksik maddenin giderilmesi kadar önem arz etmektedir. Çünkü özellikle organik esaslı toksik maddelerin akut etkisi ön planda iken yağın kronik etkisi ön plana çıkar. Yani yağın vereceği zararı başlangıçta farketmek pek mümkün olmaz. Zararı farkedildiğinde çok gecikilmiş olur.

Yağ giderimi için çok çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bir bölümü yağın su yüzeyinde toplanarak fiziksel olarak ayrılmasına, bir başkası yalnızca yağın tutunabildiği özel malzemeden yapılmış bant vb. malzemeler yardımıyla alınmasına, bir bölümü ise değişik maddeler üzerinde adsorplanarak giderilmesine dayanır. Adsorpsiyonla yağ giderimi yöntemlerinde doğal veya sentetik maddeler adsorban olarak kullanılmaktadır. Bunların kullanımı sırasında çoğunlukla içerisinde bir adsorpsiyon yatağı oluşturulacak şekilde tasarlanmış değişik aparatlar geliştirilmiştir.

Bu çalışmada maliyeti görece olarak yüksek sentetik adsorbanlar yerine daha ucuz olan ve kolaylıkla temin edilebilen doğal adsorbanlarla yağ giderimi amaçlanmıştır. Literatürde yer alan doğal adsorbanların kullanıldığı birçok sistemde adsorbanın bir ön işleme hazırlanması ve uygun bir ek ünite öngörülmüştür.

Bu çalışmada bir ön işleme ve özel aparata gereksinim duymadan doğal adsorbanla yağ giderimi temel hedef olmuştur. Yapılan araştırmalar sonunda ortaya çıkarılan yöntem bir ön işlem ve özel aparat gerektirmeden kimyasal arıtım yapan arıtma tesislerinde rahatlıkla kullanılabilir bir yöntemdir.

2. ENDÜSTRİ ATIKSULARININ GENEL ARITIMI

Endüstri kuruluşlarının çoğu, uyguladıkları prosesler sonucu dışarıya kirli su atmaktadır. Bu sulara endüstriyel atıksular denilmektedir. Her bir endüstri dalının kendine özgü atıksuyu vardır. Bu nedenle atıksuya sahip her endüstri başlı başına bir problemdir. Yani ne kadar atıksu boşaltan endüstri varsa o sayıda da endüstriyel atıksu problemi vardır.

Evsel atıksu arıtımında her yerde uygulanabilecek arıtım yöntemleri varken, endüstriyel atıksuyun arıtılması ile ilgili universal bir yöntem yoktur. Her bir endüstriyel atıksuyu tekil olarak inceleme ve kendisine özgü çözüm tarzları üretmek gerekir. Endüstriyel atıksularının bileşimi ve özelliklerinin göstereceği değişiklikler nedeni ile, arıtım yönteminde, tasarımında ve boyutlarında birçok farklılıklar meydana gelmektedir.

Endüstriyel atıksularının arıtılmasında genel olarak aşağıdaki üç yöntem uygulanmaktadır:

- 1) Fiziksel Yöntem
- 2) Biyolojik Yöntem
- 3) Kimyasal Yöntem

Birçok durumda bu üç yöntem birlikte kullanılır. Bazen istenilen sonuç sağlandığı takdirde sadece bir veya iki yöntemin uygulanması ile yetinilir.

2.1 Endüstri Atıksularının Arıtımında Kullanılan Fiziksel Yöntemler

Endüstriler, üç tip atık madde çıkarırlar.

- (a) Kıl, yün, bitki lifleri ve parçaları gibi lifli atıklar
- (b) Kum, kil v.b. türden anorganik katı atıklar
- (c) Organik maddeler ve çözünmüş halde bulunan maddelerden oluşan atıklar.

Bunlardan (a)'da belirtilen atıklar arıtma cihazlarında arızalara sebep olurlar. Bu sebeple bunların arıtma sistemine gitmeden uygun filtreler yardımı ile tutulmaları gerekir. (b)'deki maddeler boruları tıkar, parçaları aşındırır ve çeşitli yerlerde birikerek zarar verir. Bunlarda uygun durultma sistemleri ile alınırlar. (c)'deki maddeler arıtma sisteminin hedef aldığı esas maddelerdir. Arıtma tesisleri, bunların doğuracağı koku ve alıcı ortamı kirletme gibi problemleri gidermek ve kimyasal aktivitelerini zararsız hale getirmek için kurulmaktadır.

Bir atıksuda bu üç çeşit maddelerden hangileri mevcut ise onları ortadan kaldıracak ünitelerin tesise ilave edilmesi gerekir.

Bu maddelerin fiziksel yöntemle tutulması üç yol ile yapılabilir: -

- 1) Izgara ve süzgeçle tutma
- 2) Flotasyon (yüzdürme)
- 3) Çökeltme

2.1.1 Izgara ve Süzgeçle Tutma

Dal, yaprak, paçavra, kıl, lif v.b. iri parçalar ızgaralar yardımıyla tutulur. Izgaralar, a) döner, b) titreşimli, c) sabit çubuk tipinde olabilir. Tutulacak malzeme yük altında parçalanıp dağılmıyorsa kanal üzerine 30° yukarı doğru meyilli ızgaralar kaymak suretiyle oldukça fazla yabancı maddeyi tutmak mümkün olur.

Biriken maddeler el veya tırmık yardımı ile veya otomatik tertibatlarla dışarı atılır (Gölhan ve Aksoğan, 1976).

2.1.2 Flotasyon

Flotasyon işleminde temel olay, sıvı ortam içinde askıda veya emülsiyon halinde bulunan maddelerin bir hava baloncuğuna bağlanarak yukarıya doğru taşınıp, köpükte tutulmasıdır. Yani bu taneciklerin sıvıdan yoğunluk farkına dayanarak ayrılmasıdır (Şener ve Büyükgüngör, 1992).

Hava kabarcıklarının elde edilen şekline göre flotasyon; hava flotasyonu, vakum flotasyon ve çözünmüş hava flotasyonu olarak üç şekilde uygulanır.

2.1.3 Çökeltme

Fiziksel ayırmanın üçüncü metodu yer çekiminden yararlanarak katı maddeleri çöktürmektedir. Bu kullanılan en eski metottur. İki tip çökeltme havuzu vardır: a) Yatay, akışlı, b) Dik akışlı. Yatay akışlı sistemde atıksu dikdörtgen şeklinde, yeterli boy ve genişlikte bir havuza alınır. Havuzdaki akış hızı tanelerin çökmesine imkan verecek kadar, yani çok ağırdır. Bu hız 7-8 cm/saniye'yi geçmez.

Dik akışlı çökeltme havuzlarında, su alttan girer, havuz tabanından yukarı çıkar. Havuz kesiti yukarı doğru genişler. Bu nedenle havuzun yukarı kesimlerinde su hızı çok düştüğünden parçacıklar daha yukarıya sürüklenemeyerek belli bir kesitte toplanıp bir pıhtı yatağı teşkil ederler. Bu yatak hizasında koni şeklinde çamur toplayıcılar vardır. Çökelti maddeler buradan dışarı atılır.

2.2 Endüstri Atıksularının Arıtımında Kullanılan Biyolojik Yöntemler

Biyolojik arıtma ikincil kademe (sekonder) arıtmadır. Atıksu arıtımında birincil kademe arıtma, fiziksel arıtma sistemlerini içerir.

Kirletici elemanların yok edilmesi yönünden ikincil kademe arıtma en önemli safhadır.

Biyolojik arıtmada bakterilerin faaliyetlerinden yararlanılır. Bakteriler oksijen tüketen organik maddeleri parçalayarak azaltırlar.

Biyolojik arıtmada üç sistemden faydalanılır:

- 1) Damlatmalı filtreler
- 2) Aktif çamur işlemi
- 3) Oksidasyon havuzlar.

2.3 Endüstri Atıksularının Arıtımında Kullanılan Kimyasal Yöntemler

Kimyasal oksidasyon, serbest veya bir bileşik yapısında bulunan bir elementin oksidasyon basamağının değiştirilmesidir. Bir element veya bileşiği oksidasyonu biyolojik süreçler içinde ise buna biyooksidasyon denir. Kimyasal oksidasyonda kullanılan başlıca maddeler oksijen, ozon, potasyum permanganat, klor v.b.'dir.

Kimyasal arıtmada nötralizasyon işlemi, atıksuyun pH'sının alıcı ortama veya kanalizasyona deşarjdan önce deşarj standartlarına göre pH'sının nötr pH civarına getirilmesi, arıtma sistemlerinde biyolojik arıtmaya girişten önce, kimyasal çöktürme için uygun pH sağlamak için yapılır.

Kimyasal arıtmada dezenfeksiyon işlemi ise patojen organizmaların etkisiz hale getirilmesi amacı ile yapılır. Dezenfeksiyon işlemi, fiziksel, kimyasal, mekanik ve radyasyona dayalı olarak yapılabilir.

Pıhtılaştırma ve yumaklaştırma esas olarak suya kimyasal madde ilavesi ile suda bulunan askıda ve çözünmüş maddelerin yapılarını değiştirerek veya ilave edilen maddelerin oluşturduğu fiziksel etkenler ile sudan uzaklaştırılmasını amaçlar. Bu işlemlerde alum, FeCl_3 , FeSO_4 , kireç en çok kullanılan kimyasallardır.

2.4 Endüstri Atıksularının Kademe Yönünden Arıtım İşlem Sıralaması

Endüstri atıksularının arıtılmasını, kademe olarak genel anlamda dörde ayırmak mümkündür.

1. Hazırlık Kademesi

Bu kademeye ızgaralar ve kum tutucular gibi atığı daha ileri işlemlere hazırlayan üniteler girer.

2. Birinci Kademe (Primer) İşlem

Bu kademe işlemlerini çökeltme ve yüzdürme işlemleri teşkil eder.

3. İkinci Kademe (Sekonder) İşlem

İkinci kademe işlemi, biyolojik arıtma safhasını teşkil eden damlatmalı filtreler ve aktif çamur havuzlarını kapsamaktadır. Oksidasyon havuzları da biyolojik işleme dayanırsa da bu daha çok üçüncü kademe (tersiyer) işlem olarak kullanılır.

4. Üçüncü Kademe (Tersiyer) İşlem

Bu kademe, arıtılmış atıksuların daha ileri seviyede temizlenmesini gerçekleştiren işlemleri teşkil eder. Doğrudan doğruya birinci ve ikinci kademe olarak kullanılan oksidasyon havuzları (stabilizasyon göletleri) üçüncü kademe işlemi olarak da kullanılır. Kum filtrasyonu ile klorlamayı da üçüncü kademe işlemi olarak saymak mümkündür (Gölhan ve Aksoğan, 1976).

2.5 İSKİ Yönetmeliğinin Atıksu Deşarj Parametreleri

İSKİ yönetmeliğine göre atıksu deşarj parametreleri Çizelge 2.1’de verilmiştir (İSKİ Atıksu Deşarj Yönetmeliği, 2000).

Çizelge 2.1 İSKİ atıksu deşarj parametreleri (İSKİ Atıksu Deşarj Yönetmeliği, 2000)

Parametreler	Atıksu Deşarjı İçin İzin Verilen Değerler
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	800 mg/L
Askıda Katı Madde (AKM)	350 mg/L
Toplam Azot (TN)	100 mg/L
Toplam Fosfor (P)	10 mg/L
Yağ-Gres (YAĞ-GRES)	100 mg/L
Arsenik (As)	10 mg/L
Antimon (Sb)	3 mg/L
Kalay (Sn)	5 mg/L
Bor (B)	3 mg/L
Kadmiyum (Cd)	2 mg/L
Toplam Krom (Cr)	5 mg/L
Bakır (Cu)	5 mg/L
Kurşun (Pb)	3 mg/L
Nikel (Ni)	5 mg/L
Çinko (Zn)	10 mg/L
Civa (Hg)	0,2 mg/L
Gümüş (Ag)	5 mg/L
Toplam Siyanür (CN)	10 mg/L
Fenol	10 mg/L
Toplam Sülfür	2 mg/L
Sülfat (SO_4^{2-})	1700 mg/L

3. ATIKSULARDA YAĞ GİDERME YÖNTEMLERİ

Yağ-gres, alet ve cihazların bozulmasına, diğer proseslerin (özellikle durultma) etkinliğinin azalmasına, arıtma sistemlerinde istenmeyen alanlarda birikebileceğinden bir tehlike ya da performans problemine sebep olacağından dolayı giderilmesi gerekir (Corbitt, 1990). Buna ilave olarak, yağ-gres çevreye zararlıdır ve suda görünür kirlilik problemine yol açtığı gibi su yüzeyinde oluşturdıkları tabakalar ışık geçirgenliğini azaltırlar. Bu ise su içindeki bitkisel hayatın fotosentez olayını etkiler. Ayrıca bu yağ tabakası atmosfserden su ortamına oksijen transferini engeller, böylece alt tabakalardaki çözünmüş oksijen miktarı azalır (Kocasoy, 1989).

Yağlı atıksular, petrol üretimi, rafinasyonu, petrokimyasal depo kompleksleri, çelik işleyen endüstrilerde, metal işleyen endüstriler, yiyecek endüstrileri, tekstil haşıllamada, soğutma ve ısıtma işlemlerinde ortaya çıkmaktadır (Corbitt, 1990).

Atıksularda yağ-gresin giderilmesinde çok yaygın ve onaylanmış teknikler kullanılarak yapılabilir. Ancak, herhangi bir kullanılacak olan ayırma tekniğinin performansı, yağ-su karışımının başlangıç özelliklerine bağlı olacaktır. Bu nedenle arıtma metodu seçilmeden önce yağlı atıksuyun özellikleri tayin edilmelidir.

Yağ-su karışımının ayrılmasında, yöntemin seçilmesinde etkili faktörler aşağıda verilmiştir:

- 1) Atıksudaki yağ miktarı
- 2) Yağ damlacıklarının dağılmış büyüklüğü (serbest veya emülsiyon halde olup olmama)
- 3) Yüzey aktif maddelerin veya kimyasal emülsiyon yapıcı maddelerin varlığı
- 4) Yağın spesifik ağırlığı
- 5) Atıksuyun spesifik ağırlığı
- 6) Atıksuyun sıcaklığı
- 7) Süspanse katıların konsantrasyonu (Corbitt, 1990)

Yağ-gres içeren atıksuların arıtma yönteminin seçimi için dikkat edilecek nokta, yağın serbest veya emülsifiye halde olup olmamasıdır. Serbest halde bulunan yağ-gresi ayırmak kolaydır. Serbest yüzebilen yağlar yağ tutucuları kullanılarak yüzeyden ayrılarak alınır. Emülsifiye durumda bulunan yağ-gresin arıtımı için emülsiyonu kırıp serbest yağları oluşturduktan sonra

bir yağ separatörü ile serbest yağları sudan ayırmaktır. Emülsifiye yağlar; kimyasal madde katkılı çözünmüş hava flotasyonu veya koagülant ilavesi ile kimyasal pıhtılaşma-yumaklaştırmayla sudan arıtılabilir.

Emülsifiye sistemi bozmak için pH ayarı ve ters yüklü iyonları ortama ilave etmek gerekir. Bunun için koagülant tuzlar, asitler, tuzlar ve organik polielektrolitler kullanılabilir (Şengül vd., 1992).

Ancak bazı durumlarda sadece fizikokimyasal arıtma ile deşarj standartlarını sağlamak mümkün olmayabilir ve biyolojik arıtma yöntemlerinin de kullanılması gerekir (Şengül vd., 1992).

Çizelge 3.1’de bazı yağ giderme proseslerinin avantaj ve dezavantajları özet olarak verilmiştir (Corbitt, 1990).



Çizelge 3.1 Bazı yağ ayırma proseslerinin başlıca avantaj ve dezavantajları (Corbitt, 1990)

Proses	Açıklama	Avantajları	Dezavantajları
Yoğunluk farkına göre ayırma		Süspanse katıları arıtma potansiyeli; serbest ve . dağılmış yağı giderme kapasitesi; basit ve ekonomik bir arıtma prosesi	Emülsiyon halindeki yağın giderilmesinde etkilidir. 20 μm 'den büyük yağ damlacıklarının giderilmesinde kapasitesi sınırlıdır.
Hava flotasyonu	Havayla etkinleştirilmiş flotasyon, çözünmüş hava flotasyonu	Süspanse katıları arıtılabilir, kimyasal ilavesi ile dağılmış ve emülsifiye yağın giderilmesinde etkilidir, çok kirli suların arıtılmasında güvenilir bir proses.	Koagülanlar kullanıldığında oluşan kimyasal çamur
Kimyasal flokulasyon	Yoğunluk farkına göre ayrılma ve hava flotasyon yöntemleri ile birlikte kullanılır.	Süspanse katıların çok fazla olduğunda arıtma potansiyeli vardır.	Kimyasal çamur oluşumu
Filtrasyon	Kum, antrasit, çoklu ortam, granüle grafit	Süspanse katıların giderilmesinde etkili, serbest, disperse ve emülsiyon halindeki yağın ayrılmasında kullanılır.	Geri yıkama gerektirir ve geri yıkama yeni bir arıtma problemi yaratır.
Koagülasyon		Bütün yağ komponentlerinin giderilmesinde etkilidir.	Fazla miktarda süspanse katılar başarısızlığa sebep olacağından bu da biyolojik yöntemin verimsiz olmasına sebep olur. Bu da iyi bir an arıtma ile ortadan kaldırılır. Büyük ölçekli proseslerde pratik değildir.
Membran prosesler	Ters osmoz, ultrafiltrasyon hiperfiltrasyon	Laboratuvar testlerinde emülsifiye yağın giderildiği görülmüştür.	Düşük akış hızlarında membran zarar görür ve membranın kullanım süresi azalır. Büyük ölçekli proseslerde pratik değildir. Ön arıtma gerektirir.
Biyolojik prosesler	Aktif çamur, döner biyolojik filtre	Emülsifiye yağın giderilmesinde etkilidir.	Giriş yağ seviyesi 40 mg/L'den daha az olacak şekilde bir ön arıtma gerektirir.
Karbon adsorpsiyonu	Granüler aktif karbon hem filtrasyon ortamında hem de koagülasyon separatör ile kullanılacaktır. Emülsifiye yağların giderilmesinde ince taneli aktif karbon kullanılır.	Emülsifiye yağın giderilmesinde etkilidir.	Ön arıtma gerektirir, proses pahalıdır, karbonun rejenere edilmesi ve değiştirilmesi gerekir. Büyük ölçekli proseslerde pratik değildir.

3.1 Adsorpsiyon Yöntemi ile Yağ Arıtımı Çalışmaları

Suda çözünmeyen fakat su içerisinde dağılmış halde bulunan sıvı (emülsiyon) veya katı (süspansiyon) maddeler ve suda çözünen özellikle büyük moleküllü organik bileşikler ve bazı iyonlar uygun adsorbanlar üzerinde adsorplanarak tutulabilirler. Emülsiyon şeklinde atıksuda bulunan yağlarda adsorbanlar tarafından kolay tutulabilen maddelerdir. Atıksularda yağ giderim amacıyla karbon veya silikat esaslı maddeler sık kullanılan adsorbanlardır. Bunların uygulama şekli için değişik teknikler geliştirilmiştir.

Viraraghaven ve Mathavan'ın (1988) yayınlanan çalışmasında, yağ-su emülsiyonu içeren atıksuların arıtımını, bitkilerden elde edilmiş karbon kullanarak yapmışlardır. Yağ giderimi %90-99 olarak bulunmuş. Bu karbonun yağ adsorplama kapasitesi ağırlığının 7,5-7,8 katı kadardır.

Lou ve Yuan (1989), sabun fabrikalarının atıksularını, çömlekçi kili içeren arıtmada filtrasyon ve flotasyon metotları kullanılarak, yağ giderimi ~%70, KOI giderimi %96,8 ve süspanse materyal giderimi %99 olarak gerçekleştirmişlerdir.

Boglietti'nin (1980) patentli çalışmasında, yağlı atıklar ve/veya deterjan içeren atıksuların arıtımını, adsorpsiyon-filtrasyon yöntemlerinin kombinasyonunu kullanarak yapmıştır. Atıksu, kaolin ve/veya ince taneli karbon ile tankta karıştırıldıktan sonra süzülerek arıtılmıştır.

Yokoyama ve Enomoto'nun (1989) patentlenen çalışmasında, kordierit ($Mg_2(Al_4Si_5O_{18})$), kristal olmayan silisyum ve spodumen ($LiAlSi_2O_6$) veya petalit ($LiAlSi_4O_{10}$) içeren karışımı, istenilen şekilde pellet elde etmek için ekstruzyon işlemi uygulandıktan sonra kalsine edilerek poröz seramik bir adsorban elde etmişlerdir. Bu ürün ile 100 ppm yağ içeren atıksu, 10 dakika temas edildiğinde yağ içeriği ≤ 5 ppm olmaktadır.

Sysoev vd. (1988), yağ içeren atıksuları, petrol koku bir sodyum tuzu ile muamele edip ve ardından ısıtılması ile elde ettikleri adsorbanı kullanarak arıtmışlardır.

Japon Oxygen Co. Ltd. (1983), firmasının patentlenen çalışmasında, kesme yağı içeren emülsiyon halindeki atıksular, pH'sı 1,4-4,5'a H_2SO_4 ile ayarlanıp, 60-100°C'de aktive edilmiş veya asid kil ile muamele edildikten sonra dırulması sağlanmış. Daha sonra H_2O_2 ile yükseltgeme işlemi yapılmış ve sonra nötrale edilip durulması beklenmiştir. Bu işlemler sonunda suyun yüzeyindeki atık alınmıştır. Geliştirilmiş bu yöntemle; 10000 ppm yağ, 1200 ppm KOI, 1300 ppm BOI değerleri 3, 12 ve 150 ppm olmuştur.

Sugyama'nın (1995) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksular, yağ adsorplayıcı inorganik maddelerden oluşan bir filtre yatağından geçirilir veya yağ adsorplayıcı inorganik madde veya oleofilik reçine atıksuda dispers edilip süzülerek arıtılmıştır. Bu yöntemin maliyetinin düşük olduğu belirtilmiştir. Burada kullanılmış olan maddeler perlit, diatome, kil, polistirien vb.dir.

Kniest vd.'nin (1995) patentli çalışmasında, ağaç elyafı veya sert lifli yapak gibi doğal lifli materyalleri ile sulardaki yağ adsorblanmıştır.

Yamamoto vd.'nin (1991), patentli çalışmasında, süspanse katıları giderilmiş yağlı atıksular, yağ tüketen mikroorganizmalar ve yağ adsorbanları (örneğin asidik veya aktifleştirilmiş killer) içeren karışım, hava ile bir tankta karıştırılıp arıtılmıştır.

Sudnikovich vd. (1984), Klinoptilolit içeren zeolitler (partikül büyüklüğü 1,25-0,63 nm) kullanarak filiz flotasyon atıksuyundan amin ve uzun zincirli yağları gidermişlerdir. Bu zeolitler ile uzun zincirli yağlar ve aminler %80-95 oranında giderilmiştir.

Matsutomo ve Nakano'nun (1995) patentli çalışmasında, sitiren-butadien kopolimeri gibi bir yağ adsorbanın iki hidrofobik tüysüz dokuma arasına dışarıya kapalı olacak şekilde yerleştirilmesiyle bir yağ sıyrıcı yapmışlardır. Adsorban keçenin arasına merkezden merkeze uzaklığı 1,5-5,0 mm olacak şekilde 0,5-3,0 mm çapında damlacıklar ve 0,5-3,0 mm kenar uzunluklu kareler şeklinde yerleştirilmiştir. Bu yağ sıyrıcılar su üstünde yüzen yağların yada yere dökülen yağların adsorpsiyonu için kullanılabilir.

Yamaguchi vd.'nin (1986) patentli çalışmasında, atıksudan yağ uzaklaştırmak için kullanılabilecek olan %78-98 poröziteli bir yağ adsorbanı, tabaka halinde mineral kaolin içeren kilden yapılan hücreli bir yoğun köpüğün, katyonik yüzey aktif madde gibi bir yağ çekici madde ile muamelesi sonucu hazırlanmıştır. Bu yağ adsorbanı hafiftir ($0,05-0,5 \text{ g/cm}^3$). Yağ adsorplandıktan sonra bile suyun yüzeyinde yüzdüğünden kolaylıkla ortamdan uzaklaştırılabilmektedir. Kaolin kilinden yapılan $0,06 \text{ g/cm}^3$ yoğunluklu köpük, %0,07 katyonik yüzey aktif madde içeren sulu bir çözeltiye daldırılıp kurutularak bu yağ adsorbanı elde edilmiştir. Diğer adsorbanlar ağırlığının 1,1 katı yağ adsorplar iken bu geliştirilmiş olan adsorban ağırlığının 4 katı kadar yağ adsorplamaktadır. Bu adsorbanın adsorpladığı yağın yakılmasının ardından 700°C 'de bir saat sinterleştirildikten sonra yağ çekici reaktif ile muamele edilerek rejenere edilmiştir.

Mitsubishi Rayon Co. Ltd. (1984) firmasının patentli çalışmasında atıksularda yağ giderimi için, organik polimer ve inorganik dolgu maddesi içeren karışım, ekstruzyon işlemi ile kenarları poröz, bükülme gerilmesi $\leq 1,5$ olan bir yağ adsorbanı geliştirmişlerdir. Organik

polimer; C_2H_4 , propilen, stiren, butadien, izopropan, $CH_2:CHCl$, $CH_2:CHOAC$ veya $CH_2:CHOAc$ 'nin homo veya kopolimeridir. Düşük yoğunluklu polietilen 50, $BaSO_4$ 50 ve azodikarbonomid (yüzdürücü) 1 kısım içeren karışım maksimum $170^\circ C$ 'de ekstruzyon edilir. 120 g yağ adsorbanı, iç çapı 20 mm, uzunluğu 800 mm olan kolona doldurulmuş ve 4 g türbin yağı/1 litre (türbiditesi 70-100 ppm) kolondan geçirildiğinde efulentin türbiditesi 200 saat sonunda 0,9 ppm olduğu gözlenmiştir.

Heidenreich'nin (1995) patentli çalışmasında, $200-400^\circ C$ kil-karbon karışımının ısıtılmasıyla elde edilen ürün atıksu arıtımında kullanılmıştır.

Liao vd.'nin (1995) patentli çalışmasında, atıksulardaki emülsiyon halindeki yağ ve kollidal maddeler, koni şeklinde hidrolik girdaplı temizleme tankında, katyonik polimer koagülant, noniyonik poliakrilamid ve kil içeren karışım kullanılarak giderilmiştir.

Takeda'nın (1996) patentli çalışmasında, endüstriyel atıksularda yağların giderilmesi için, hidrofobik silika bazlı bir yağ absorbanı geliştirilmiştir. Bu yağ absorbanın yağ absorpsiyonu %100-350'dir.

Jadiny ve Vecerka'nın (1983) patentli çalışmasında, yağ giderme banyoları, hidrolik sıvılar içeren atıksuların temizlenmesinde, H_2SO_4 , $FeSO_4$ ve kireç kullanılan klasik yöntemde son olarak pH'yı 8,5'a ayarlamak için kireç katılmasından önce bentonit ile muamele edilerek modifiye edilmiştir. Bu işlem ile artılmış sudaki tuz içeriği %10-15, çamur hacmi %10-20 ve sedimentasyon zamanı %50'den daha fazla azaltılmıştır.

Konikova vd.'nin (1984) yayınlanan çalışmasında, noniyonik yüzey aktif maddelerle stabilize olmuş yağlı emülsiyon atıksuları killer ile adsorpsiyonla artılmıştır. 5-10 g/L yağ ve 1-2 g/L OP10 yüzey aktif maddesi içeren atıksu, $20-95^\circ C$, pH 6.5 (optimum)'da killer ile yağ >%95 giderilmiştir. %99,9 ile en iyi yağ giderme değeri ise Askansk kili ile elde edilmiştir.

Adsorpsiyonla yağ giderme amacıyla değişik araştırmacılar tarafından sentetik adsorbanlar hazırlanmıştır. Bu tür yapılmış olan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Sato'nun (1987) patentli çalışmasında, yağlı atıksuların arıtımı için melamin türevini içeren bileşik ($R:C_{40-70}$ 'lu alkil veya alkenil grup) kullanılmıştır. Bu bileşik suda çözünmeyen flokulatlar oluşturur ve suda emülsifiye olmuş yağın ayrılmasında kullanılır. Bu bileşiğin 2000 ppm'i 10000 ppm yağ içeren atıksuya ilave edilip karıştırıldığında, kalan yağ 3 ppm olarak bulunmuştur.

Bolhofner'in (1984) patentli çalışmasında, hayvansal ve bitkisel yağların koku giderme aşamasında kullanılan soğutma suyundaki katı, sıvı yağ ve greslerin giderilmesi için, soğutma suyuna su-çözünen melamin-HCHO kopolimeri içeren flokulasyon maddesi ilave edilmiştir. Soğutma suyuna 950 ppm dozunda bu maddeden ilave edildiğinden katı, sıvı yağ ve gres konsantrasyonu 915 ppm'den 90,6 ppm'e düşürülebilmektedir.

Lazovski vd.'nin (1983) patentli çalışmasında, içme suyunda yağ, klorlama, bir inorganik koagülant ile muamele, durultma, bir NH_4Cl içeren reaktif kullanılarak giderilmiştir. Yağ giderme değeri artmış ve kalıntı Cl ise 1:1-1:2 klorlanmış hidantiyonlar içeren klor ve NH_4^+ veya 1,3-dikloro-5,5-dimetilhidantiyon veya monokloro-5,5-dimetilhidantiyon veya bunların karışımlarını içeren NH_4Cl reaktifi ile stabilize edilmiştir.

Rudko vd.'nin (1983) patentli çalışmasında, anyonik sentetik yüzeyaktifler ve yün gresi içeren atıksular, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ çözeltisi ile arıtılmıştır. Arıtma değerini artırmak için atıksu, alkilamidopropildimetilbenzilamonyum klorür ($[\text{R-CO-N}-(\text{CH}_2)_3-\text{N}(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)]^+\text{Cl}^-$), $\text{R}=\text{C}_{9-17}$ alkil veya alkenil) veya alkilamidopropildimetilamin ($\text{R-CO-NH}(\text{CH}_2)_3-\text{N}(\text{CH}_3)_2$, $\text{R}=\text{C}_{9-17}$ alkil veya alkenil) ile önarıtmaya tabii tutulmuştur.

Japon Latex Kako K.K. (1985) firmasının patentli çalışmasında, yağ sıyırıcı ve köpük (100 kısım) 10-150 kısım polimer lateks ile doyurularak bir yağ adsorbanı elde edilmiştir. Lateks, polibutadien, akrilonitril-butadien, sitiren-butadien gibi kauçuk lateksler veya polibutadien esaslı lateks ve/veya poli (vinil klorür), vinil klorür-vinil asetat polimeri gibi lateks reçine veya etilen-vinil asetat polimer esaslı lateksdir. SBR lateks ve poli (vinil asetat)'ın 1:1 karışımı yağ sıyırıcıya doyurulup kurutulduktan sonra yağ adsorbanı olarak kullanılabilir. Bu yağ adsorbanı ile atıksudan yağ giderimi %88-95'tir.

Maruchi'nin (1982) patentli çalışmasında, atıksudan yağ ayırmak için, bir poröz substrat ve yağ çekme ve su absorplama özellikleri olan bir jel içeren yağ birleştirici madde kullanmıştır. Bu yöntem, metal sanayinin atıksularında kullanılmıştır.

Vahlensieck vd.'nin (1982) patentli çalışmasında, yağ gideriminde kullanmak için yapılmış olan absorban, geniş yüzeyli ve yoğunluğu $<1\text{ g/mL}$ olan poröz materyal, alkil ve/veya fenil ve/veya organik silan ile doyurularak hazırlanmıştır. Bunun bir gözeneği hacminin $\geq\%20$ 'sidir ve bu sebeple gözenekler yağ ile doluncaya kadar su yüzeyinde yüzer. Absorbanın yoğunluğu $>1\text{ g/mL}$ olduğunda dolmuş olan absorban batar. Bu absorban özellikle atıksuların arıtılmasında kullanılır ve arıtmadan sonra yağ desorbe edilebilmektedir. 10 dakika içinde yağ ile dolmuş olan absorban batar ve böylece su arıtılmış olur.

Shub vd.'nin (1982) patentli çalışmasında, ağırlıkça 1-3 kısım trietanolamin, 0,5-1,5 kısım poliakrilamid ve 96,5-99 kısım su içeren bileşiğin ilavesiyle yağ ve başka kirlilikler içeren efulentlerin arıtımı yapılmıştır.

Yano ve Imoto'nun (1995) patentli çalışmasında, çelik fabrikalarının soğutma sularında yağ giderme, H_2O_2 ve bunun 0,5-2,0 katı kadar Fe^{2+} ilave edilerek yapılmıştır.

Jetmar'ın (1992) patentli çalışmasında, su yüzeyindeki yağ safsızlıkları, perlit ve plaster (6:15):1 hacimsel olarak içeren karışım ile giderilmiştir.

Shiozawa'nın (1994) patentli çalışmasında, yağ içeren (örneğin çark dişi yağları, yağlayıcılar ve motor yağları) atıksular, kolajen lifin balık yağı oksidasyon ürünleri ile modifiye edilmesiyle oluşan lif kullanılarak arıtılmıştır.

Montgomery'nin (1991) patentli çalışmasında, çamaşırhane sularında yağ ve gres, yüzey aktif maddeleri asitle deaktive edildikten sonra suya bir gaz verilerek yağ-gres damlaları birleştirilip yüzeyde toplanması sağlanarak giderilmiştir. Yağ yüzeyden sıyrılarak alınıp, kalan suyun pH'sı nötral yapıldıktan sonra kanalizasyona verilmiştir.

Gomi vd.'nin (1994) patentli çalışmasında, %90-99,99 (ağırlıkça) çözünürlük parametresi ≤ 9 olan monomer ve %0,001-10 (ağırlıkça) çapraz bağlı monomerlerin içerdiği %30-99 (ağırlıkça) çapraz bağlı polimerler ve ağırlıkça 1-70 organik metal tuzu (çözünürlüğü ≤ 1 g/100 g H_2O , 20°C'de) içeren, granül yağ absorbanları suda yağ gideriminde kullanılmıştır.

Sugino ve Ishita'nın (1995) patentlenen çalışmasında, yağ ve kirli filmlerin giderilmesi için, su yüzeyinde yüzen bilyeler geliştirmiştir. Bu bilyelerin, köşegen uzunluğu 1,5 cm, kırılmanın önlenmesi için yaklaşık bir şekilde ve yoğunluğu $< 1,0$ 'dir. Bilyeler atıksuyun asiditesinin nötralize etmek için %1-40 CaO ve suda bitki ve alglerinin oluşumunu önlemek için %0,1-20 Cu veya CuO içermektedir.

Heyen'in (1984) patentlenen çalışmasında, deniz suyu yüzeyine döklüen yağlar, su kadar hafif maddelerin karışımı olan kimyasal püskürtülerek giderilmiştir. Suyun yüzeyinde küçük partiküllerin içinde yüzen yağ katılaşacaktır.

Ishikawa vd.'nin (1998) patentli çalışmasında, yağ taşıyıcı atıksular reçine lifler ile arıtılmıştır. Bu reçine lifler, akrilonitril ve amino, dialkilaminometil, dialkilaminoetil ve/veya dialkilaminopropil'den seçilmiş karakteristik grup içeren monomerlerin polimerizasyonu sonucu oluşan bir kopolimerdir. Yağ taşıyan atıksu ile bu kopolimer temas ettiğinde, kopolimer pozitif yüklü molekül yapısına sahip olmaktadır.

Zafiroğlu'nun (1989) patentli çalışmasında, sürekli olarak atık yağlı sulardan yağ alma işlemi için üretilen konveyörler de kullanılabilen adsorpsiyon özelliği yüksek örgü geliştirilmiştir. Bu örgü su ve yağ ile temasta olan ve tüysüz bir materyalden (örneğin polietilen veya polipropilen elyaftan) bir dış yüzey ile, arasında belli bir mesafe kalacak şekilde yer alan ve dış yüzeye elastomer vb. türden elastik iplerle tutturulmuş taşıyıcı örgüden oluşur. İki örgü arasında ise yağ absorplayıcı elyaf bulunur. Yağlı su ile temas ettiğinde yağ ve su bu tabakada emilerek tutulur. Ancak absorban olarak kullanılan elyafın yağ absorplama özelliği su absorplama özelliğinden çok daha fazladır. Örneğin 3 saatlik test süresinde bu absorban 246-248 g yağ absorplarırken, yalnızca 9-18 g su absorblamaktadır.

Saito vd.'nin (1998) patentli çalışmasında, su kirliliği oluşturmeyen ve metal korozyonu olan az köpüklü madde, sodyum glukonat, Na_2CO_3 , NaOH , anyonik yüzeyaktifler, noniyonik yüzeyaktifler ve su içermektedir. Bu sulu temizleme maddesi gres ve yağ gidermede kullanılmıştır. Bu madde, sodyum alkilbenzensulfonat %15 ve polioksietilen nonilfenil eter %40 içermektedir.

Kawakami vd.'nin (1997) patentli çalışmasında, endüstriyel yağ giderme deterjanı geliştirilmiştir. %10'luk sulu yağ giderme deterjan çözeltisi; oktadekan 80, dietilen glikol monoheksil eter 10 ve polietilen oleil eter 10 kısım içermektedir.

3.2 Filtrasyon, Membran ve Koagülasyon Teknikleri Kullanılarak Yağ Arıtımı Çalışmaları

Yağ ile su arasındaki yoğunluk ve molekül tartısı farkı dikkate alınarak atıksulardan yağ ayırma teknikleri geliştirilmiştir. Çeşitli filtre ortamları bu farklılıklara dayanarak yağın sudan ayrılmasını sağlar. Bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Gulyas vd.'nin (1991) yaptığı çalışmada, metal işletmelerinin atıksularında yağ giderme işlemi, farklı filtre materyalli (fırınlanmış kil, granit, kuvars kumu veya propilen lifler) sabit yataklardan süzülerek yapılmış ve hidrokarbon içeriği kısa bir zaman periyodunda azaltılması sağlanmıştır. Filtreler metanol ile yıkanarak tekrar kullanılabilir. Filtreler metanol ile yıkanarak tekrar kullanılabilir.

Kondo'nun (1987) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksular; kum, kırma taş ve asfalt film ile kaplanmış bir filtre yatağından geçirilerek arıtılmıştır. Geliştirilen bu arıtma sisteminde, atıksu, bir giriş kısmından durultma tankına gelir ve sedimentten ayrıldıktan sonra asfalt-kum-kırma taş filtresinden geçirilip toplama tankına alınır.

Szell'in (1985) patentli çalışmasında, süt fabrikalarının atıksuları, bir kaba ve bir de ince partiküllü filtreden geçirildikten sonra oksijen ile doyurmak için, yoğun gözenekli hava dağıtıcıları olan bir havalandırma havzasına gönderilir. Hava kabarcığı ile küçük yağ damlalarının çarpışması sonucunda küreciklerin büyüklükleri artıp yüzerler. Yükseltgen ve feldispat ilavesi ile organik materyaller giderilmiştir. Proses suyu bu arıtma ile yeniden kullanılabilir ve feldispat rejenere edilebilir.

Suzuki'nin (1985) patentli çalışmasında, atıksulardan gres ve yağın giderilmesi için yapılmış aparat, çöktürme tankı ve meyilli şekilde bir filtresi olan filtrasyon tankından oluşmaktadır.

Veda'nın (1983) patentli çalışmasında, yağ ve süspanse katı içeren atıksuların arıtımı, meyilli döner filtre ile yapılmıştır. Bu geliştirilmiş yöntem; et, balık veya kümes hayvanı işleyen fabrikaların proses atıksularına uygulanmış ve yağ giderimi ≥ 70 olmuştur.

Benkwitz vd.'nin (1985) patentli çalışmasında, %2-50 ince partiküllü kırılmış kahverengi karbon atıksudan yağı ayırmak için, bir filtre materyali olarak bir kabın içine yükseklik yüzey oranı 2:1-1:5 arasında olacak şekilde yerleştirilip kullanılmıştır.

Roll ve Stryja'nın (1985) patentli çalışmasında, 6-18 mm çapındaki açık hücreli poliüretan granülleri, atıksuda yağ uzaklaştırılmasında bir filtre ortamı olarak kullanılmıştır. Filtre, bir deterjan çözeltisi ile geri yıkaması yapılmıştır.

Guts vd.'nin (1991) yayınlanan çalışmasında, süspansiyonların filtrasyonu ile ilgili sorunlar, çok yataklı filtreler ve filtre yatakları ara yüzeylerindeki sıvı fazın akış hızını tanımlayan matematiksel bağıntılar kullanılarak çözülmüştür. Gres içeren atıksuların filtrasyonu ile ilgili sonuçlar; süper, ultra ve mikro tanecikli bazalt liflerden oluşan silindirik filtrelerde yüksek alıkonma olduğunu göstermiştir. Üç filtre yatağından yapılan filtrasyondan sonra filtratın gres konsantrasyonu 15 g/L'den 0,14-0,01 g/L'ye düşmüştür.

Yamada vd.'nin (1997) patentli çalışmasında, makine üretim kısımlarında yağ giderme ve atık çalkalama sularının temizlenmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Yağ giderme, noniyonik yüzey aktif madde ve terpenoid çözücü içeren sulu çözeltiyle, atık çalkalama suları ise gözenek büyüklüğü 0,01-0,2 μm olan ultrafiltrasyon membrandan süzülüp aktif karbon ile saflaştırma yapılarak arıtılmıştır.

Lin ve Lan'ın (1998) yaptığı çalışmada, kablo ve tel endüstrilerinde yağ-su emülsiyonun arıtılması için, mikrofiltreli ön süzme ile kesikli ultrafiltrasyon (UF) ve ters osmoz (RO)

prosesleri kullanılmıştır. UF ve RO arıtmalarının performansları incelenmiş ve UF-RO arıtma proseslerinin kombine halinde kullanılmasıyla mükemmel arıtma sonuçlar elde edilmiştir.

Iguchi ve Oike'nin (1998) patentlenen çalışmasında, yağ-su ayırımı, yağ-su akışının giriş ve çıkışı arasına düz yüzeyli yağ adsorplayıcı filtreler yerleştirilerek yapılmıştır.

Navarre vd.'nin (1998) patentli çalışmasında, adsorban ve absorban maddeler içeren ve yüksek poröziteli bir filtre kağıdından yapılmış olan filtre; yağ, partiküllü sıvıların filtrasyonunda kullanılmıştır. Bu kağıt, sellüloz lifler, organik ve inorganik maddelerden (aktif karbon, kok, silika, alumina, katalizörler) oluşmaktadır. Bu filtre ile yağlayıcılar, rafinere yağlar, makine yağı emülsiyonlarının ve mezbaha atıksularının filtrasyonunda kullanılabilir.

Shoji'nin (1988) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksu, demir oksid veya oksihidroksi katı partiküller içeren süspansiyon ile yağ adsorplandıktan sonra, içi boşluk şeklinde olan elyaf membrandan süzülerek arıtılmıştır. Kullanılan membran filtrenin geri yıkaması az miktarda demir oksid veya oksihidroksi içeren süspansiyon ile yapılmıştır.

Lien'in (1988) patentli çalışmasında, dizel yakıt-su karışımı, yağ-su karışımı ve yağ-su emülsiyonu içeren sistemlerde ayırma, kristalli politetrafloroetilen polimer membran kullanarak yapılmıştır. Bu membran hacminin %50'si veya daha fazlası isopropil alkol ve sudan oluşmaktadır. 5-20 psi basınçta ıslak membran bu karışımlar ile temas ettirildiğinde membrandan su geçer.

Unno vd.'nin (1986) yayınlanan çalışmasında, yağ-su karışımından yağı ayırmak için poli (tetrafluoroetilen) (PTFE) membran geliştirilmiştir. Bu sistem, bir poröz PTFE membran, bir PTFE filtre ve bir akrilik delikli tabakadan oluşmaktadır. Bu prosesde ayırma üç aşamadan oluşmaktadır: dispers yağ membran yüzeyine bağlanır, bağlanmış yağ membran ve filtre kağıdındaki poröz gözeneklere nüfuz eder ve bu yağ ayırma sisteminden uzaklaştırılır.

Kubota Ltd. (1982a) firmasının patentli çalışmasında, yüzeydeki yağ bir kayış yağ sıyrıcı ile giderildikten sonra suda kalan yağ, yoğunluk farkına göre ayırma yöntemi veya kaba filtre ile alınmıştır. Suda kalan yağ, yağ giderme tankından başka bir tanka alınıp, karıştırıldıktan sonra iyi bir membrandan geçirilmiştir.

Hirano vd.'nin (1995) patentli çalışmasında, filtrasyon membranlar yağ ile doyurulup, sudan yağ ayırmada kullanılmıştır.

Siegfried'in (1993) patentli çalışmasında, otomobil, makine ve tankların yıkama işlemlerinden sonraki atıksulardan yağların giderilmesi amacı ile stabilizasyon, flokülasyon, çöktürme veya bir ayrılabilir materyal (özellikle toz halinde) üzerinde adsorpsiyon yapıldıktan sonra ultrafiltrasyon veya mikrofiltrasyon teknikleri kullanılmıştır. Yöntem basit ve etkilidir.

Epshtejn vd.'nin (1992) patentli çalışmasında, sürekli bir sistemde boru şeklinde ultrafiltrelerden atıksu geçip, son filtreden konsantre olarak yağ alınmıştır. Filtrasyonun etkinliği için, hem sudaki alkali bileşenlere eşdeğer miktarda bir çözelti ile doldurulur. Bu çözeltide %0,08-0,12 organik asit içermesi için emülsiyon yapıcı maddeler ilave edilmiştir.

Yamamoto vd.'nin (1993) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksu biyolojik arıtma tankında bozundurulup bir membran filtreden geçirilmiştir. Konsantre atıksu tekrar biyolojik arıtma tankına alınıp veya santrifujal veya flotasyon prosesi uygulanıp su yüzeyinden yüzen atıklar boşaltılmıştır. Santrifujal veya flotasyon prosesleri biyolojik arıtmadan önce ilk arıtma olarak kullanılabileceği önerilmiştir.

Langefeld'in (1996) yapmış olduğu çalışmada, Clifli-C kompozit (CFCC) membranları ile yağ giderme ve temizleme banyolarında süspanse maddeler giderilmiştir. Serbest yağ ve katı bileşenlerin ayrılması sağlandıktan sonra yağlı emülsiyonlar CFCC membranları kullanılarak mikrofiltrasyon yöntemiyle arıtılmıştır.

Bodzek ve Konieczny'nin (1996) yaptığı çalışmada, metal proseslerinden gelen yağ emülsiyon atıksuları, mikro ve ultrafiltrasyon seramik membranlar kullanılarak arıtılmıştır. Seramik membranlar, Ti ve Zr oksid esaslı, farklı gözenek büyüklüğü olan çok kanallı tipler kullanılmıştır.

Kerbe vd.'nin (1996) yaptığı çalışmada, yağ-su emülsiyonlarından yağı ayırmak için, seramik α -alumina membranlar geliştirilmiştir. 0,2-0,06 μm arasında gözenek büyüklükleri olan membranlar, mikroporöz destekler üzerine konularak hazırlanmıştır. Bu membranlar ile yüksek geçirgenlik oranı uygun akış koşulları bulunmuştur.

Kichigin vd.'nin (1989) patentli çalışmasında, petrol ürünleri içeren atıksular, Fe^{2+} - Fe^{3+} tuzlarını içeren karışımın oluşturduğu bir koagülasyon reaktifi kullanarak arıtılmıştır. Yöntemin etkinliğini artırmak için pH 6,1-6,7 arasında çalışmak gerekmektedir.

Narita'nın (1998) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksular, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, AlCl_3 veya poli (alüminyum klorür) gibi bir alüminyum tuzu ve propiyonik asit, benzoik asit, sorbik asit veya dehidroasetik asidin sodyum ve kalsiyum tuzları gibi çözünen karboksilat tuzu-su içeren

koagülant ile arıtılmıştır. Bu koagülantlar, bozunmayı önlemiş ve lokanta ve gıda proses fabrikalarının atıksularının koagülasyonunda kullanılmıştır.

Nanescu ve Andreescu'nun (1984) yayınlanan çalışmasında, deri işleyen işletmelerin atıksuları, 20-40 dakika süresince akım yoğunlukları $9-16 \text{ A/m}^2$ olan karbon anodları ve tabaka tipli ($0,016 \text{ m}^2$) alüminyum katodların oluşturduğu sistemle arıtılmıştır. Katı ve sıvı yağlar giderildiği gibi, suda etere ekstrakte olabilen bileşik miktarında, BOI_5 ve kuru kalıntı madde miktarında da azalma olmaktadır. Sulu fazdan, koagüle olmuş yağların yoğunluk farkına göre ayrılması, flotasyon ve suyun elektrolitik bozulmasıyla dağılan gaz habbeciklerinin etkisiyle artar. Elektrokoagülasyon ile atıksu arıtımında, enerji tüketimi ve kullanılan kimyasal reaktiflerin miktarı klasik koagülasyon metodundakinin %50'sidir.

Aksenko vd.'nin (1984) patentli çalışmasında; polimer, sıvı ve katı yağ gibi maddeler içeren atıksuların elektrokimyasal olarak temizlenmesi için bir aparat geliştirilmiştir. Bu sistem, altta su girişi olan boru şeklinde bir koagülasyon bölmesi ve onun alt tarafında ve bağlantılı şekilde temiz su çıkışı bulunan bir sedimentasyon bölmesinden oluşmaktadır. Bu iki bölmenin arasında çözünen ve çözünmeyen elektrod sistemleri yerleştirilmiştir. Yine bu iki bölmenin arasında oluşabilecek köpük ve gazları uzaklaştırmak için dağıtıcı sistem bulunmaktadır. Elektrokoagülasyon bölmesinin içine 0,6 m aşağıya 12V ve akım yoğunluğu 10 mA/cm^2 olan on adet alüminyum plaka elektrod çifti yerleştirilmiştir. Sedimentasyon bölmesinin kısmına ve 0,5 m alt tarafına ise 12V ve akım yoğunluğu 6 mA/cm^2 'lik çözünmeyen elektrodlar yerleştirilmiştir. Bu sistem ile oldukça konsantre emülsiyon halinde yağ içeren atıksuların arıtılmasında kullanılmıştır.

Öğütveren ve Koparal'ın (1997) yayınlanan çalışmasında, yapay ve endüstriyel yağlı sulardan yağı, demir veya alüminyum reaktörler kullanarak elektrokimyasal olarak gidermişlerdir. Uygulanan potansiyel, reaktör materyali ve polarizasyon, destek elektrolit olarak $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 'ün miktarının etkisi ve farklı yağ konsantrasyonları için % giderim ve enerji tüketimi incelenmiştir.

Ono vd.'nin (1996) patentli çalışmasında, yağlı atıksuların arıtılması, (a) $\text{CH}_2:\text{CHCR}:\text{CHSO}_3\text{X}$ ($\text{R}=\text{H}$, C_{1-8} -alkil, C_{6-20} -aril, halo; $\text{X}=\text{H}$, alkali metal, toprak alkali metal, NH_4 , NH_2) ve (b) $\text{CH}_2:\text{CR}^2\text{CONR}^1_2$ ($\text{R}^1=\text{H}$, C_{1-8} -akil, C_{6-20} -aril-metilol; R^2 , H, Metil)'nin kopolimerleri olan koagülantı kullanmışlardır.

Facchini ve Giacomo'nun (1986) yayınlanan çalışmasında, mekanik işler çalışan atölyelerin yağ giderme tanklarının atıksuları H_2O_2 ile yükseltgeme, koagülasyon-flokülasyon, biyolojik

arıtma ve aktif C'dan süzme ile arıtılmıştır. Bu yöntemlerin içinde biyolojik arıtmayla flokulasyon ile giderilemeyen organik maddeler giderilmiştir. $H_2O_2/FeSO_4$ muamelesi ile arıtma, flokulasyon-filtrasyon yöntemleri ile yapılan arıtmayla aynı sonuçları vermiştir.

3.3 Flotasyon (Yüzdürme) Metodu ile Yağ Arıtım Çalışmaları

Katı-sıvı veya sıvı-sıvı ayırımına dayanan ve yukarıya doğru akan gazla (genellikle hava) gerçekleşen yüzdürme prosesi, sudaki hafif batmayan katı maddelerin (yumak, lif, mineraller vb.) ve askıda organik veya inorganik bileşiklerin ve yağ cinsi maddelerin hava kabarcıkları ile yüzeye getirilmesidir. Daha sonra ayırıcılarla yüzen tabaka, alttaki su tabakasından ayrılması sağlanır (Harfus, 1989).

Hava kabarcıklarının elde edilmesine göre flotasyon (yüzdürme), hava, vakum ve çözünmüş hava flotasyonu olarak üçe ayrılmaktadır (Şener ve Büyükgüngör, 1992).

Flotasyon prosesini çabuklaştırmak için; flotasyon tankına veya daha önceki üniteye, pH ayarlayıcı maddeler, demir veya alüminyum sülfatlar gibi kimyasallar ilave edilir (Harfus, 1989).

Gusar'ın (1988) yayınlanan çalışmasında, petrol ürünleri içeren atıksuların arıtılmasında ayırma, flotasyon ve antrasit ile filtrasyon yöntemleri birarada kullanılmıştır. Bu yöntemlerin kombinasyonu ile petrol ürün giderimi %94,26-96,58 olmuştur. Her bir arıtma aşamasının etkinliği, %51-60; %20,70-28,44 ve %9,80-19,38'dir.

Harvath vd.'nin (1986) patentli çalışmasında; sıvı ve katı yağ ve/veya protein içeren atıksular, hidrolizlenebilen demir veya alüminyum tuzu, katyonik polimer ve üç tabakalı kil süspansiyonu içeren karışım ile bir yüksek basınç flotasyon ünitesinde arıtılmıştır.

Klein ve Schulz'un (1989) patentli çalışmasında, yağ-su emülsiyonları içeren atıksular, O_3 -hava veya O_3-O_2 karışımı veya bir polielektrolit ilavesiyle kırılmıştır. Oluşan serbest yağ, vakum flotasyonu veya koagülasyon gibi fiziksel-mekanik yöntemlerle giderilmiştir.

Woodman'ın (1988) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksu, öncelikle eğik tabakalı ayırıcı ile kabaca arıtılmıştır. Daha sonra, akrilamid kopolimer bazlı bir katyonik polimer ve quaternize olmuş katyonik monomer (örneğin EM 470 FP) gibi bir polielektrolit ve ardından akrilamid kopolimeri ile sodyum akrilat'dan oluşan anyonik kopolimer içeren bir koagülant ile karıştırılıp çözünmüş hava flotasyon metodu ile arıtma yapılmıştır.

Dakovic vd.'nin (1985) yayınlanan çalışmasında, yağ endüstrilerinin atıksuları, atıksuyun %5'i miktarında kireç ile karıştırılarak flotasyon ile arıtılmıştır. Arıtmadan önce ve sonraki önemli parametreler tablo olarak verilmiştir. Giderme etkinliği %77-97 olarak verilmiştir.

Rudis vd.'nin (1981) patentli çalışmasında, sodyum klorür içeren atıksudan yağın giderilmesi için, tuzlu su ile emülsiyon oluşturmeyen bir anyonik yüzey aktif madde ile flotasyon işlemi uygulanmıştır. Atıksuyun içine dispers olmuş havanın verilmesi için bir sistemde tasarlanmıştır.

Balazs ve Szuros'un (1983) patentli çalışmasında, otomobil üretim fabrika atıksularından, yağ, süspanse ve çözünmüş madde, deterjan ve emülsiyon yapıcı maddeleri gidermek için, mekanik ayırma, H_2SO_4 ile emülsiyon kırma, koagülasyon işlemleri kullanılmıştır. Arıtma koagülant, flotasyon ve sıyırma yöntemi ile yapılmıştır.

Necessany vd.'nin (1984) patentli çalışmasında, kömür, petrol, kağıt ürünleri işleyen fabrikaların atıksuları, aktif karbon veya $FeCl_3$ ile havayla doyurulmuş basınçlı su ile muamele edilmiştir. Bu çalışmada atıksudaki petrol ürünleri, 217 ppm'den 3,2 ppm'e düşürülmüştür.

Nowakowski ve Brydak-Jezowiecka'nın (1984) yayınlanan çalışmasında, lokanta gibi yerlerin atıklarında yağ giderme, bir flotasyon tankında ve atığın akış hızı 0,0005 m/s olduğu bir sistemde 20-30 dakikada gerçekleştirilmiştir. %0,3-0,4 yıkama maddeleri varlığında flotasyonla gres giderme süresinin %20 arttığı gözlenmiştir.

Rajdl'in (1984) yayınlanan çalışmasında, metal yağ giderme atıksularının arıtımı için, $FeCl_3$ veya NaOH ya da $Ca(OH)_2$ ilave edilerek $Fe(OH)_3$ flokları oluşturulup, flotasyonla bu floklar giderilmiştir. Bu yöntem ile ≤ 4000 mg yağ/L yağ içeren atıksuda yağ giderme >%99'dur.

Vidlor vd.'nin (1981) yaptığı patentli çalışmada, 50-100 mg/L mineral yağ ve 100-1000 mg/L alkali yağ giderme maddeleri (alkali fosfatlar, silikatlar, karbonatlar) içeren atıksular, hava ile flotasyon metodu uygulanmış ve $Al_2(SO_4)_3$ ve $Ca(OH)_2$ (pH 8-8.5 yapmak için) ilave edilmiştir. Çökme bittiğinde karışım, bir anyonik flokülant ve ardından bir katyonik hidrofobik maddeyle muamele edilmiştir. Kirleticiler 3-5 dakika içinde flotasyon köpüğünden geçmiştir.

Sokolov vd.'nin (1981) patentli çalışmasında, petrol ürünleri ve yağ içeren atıksular, bir flotasyon maddesi ve toz aktif C ile safsızlıkların adsorplanmasıyla arıtılmıştır. Aktif

karbonun maliyetini azaltmak ve saflaştırma miktarını artırmak için aktif karbon ile temastan önce atıksuyun koagülasyon, flokulasyon, flotasyon ile arıtılması gerektiği belirtilmektedir.

Tarasevich vd.'nin (1985) yayınlanan çalışmasında, siloksan kaplamalarının ürün atıkları ile muamele edilen şişmiş perlit, yağ emülsiyonları içeren atıksuların hava flotasyonunda etkili bir toplayıcıdır. Arıtılan atıksulardaki yağ konsantrasyonu, perlit partiküllerinin boyutu azaldıkça azalmaktadır. 0,1-0,2 mm'lik perlit partikülleri yağ gidermede en etkin boyuttur. Yaklaşık pH 3'te en yüksek verim elde edilmiştir.

Abe vd.'nin (1997) patentli çalışmasında, yağ içeren emülsiyon atıksuları, koagülasyon ve flotasyon prosesleri uygulanarak arıtılmıştır ve bu proseslerin uygulanması için bir aparatta dizayn edilmiştir.

Yoshida vd.'nin (1997) patentli çalışmasında, dispers yağ partiküllü atıksular, flotasyon prosesi ve ardından ultrafiltrasyon işlemi uygulanarak arıtılmıştır.

Şengül vd.'nin (1992) yaptığı çalışmada, pamuk yağı endüstrisi atıksularının arıtımı için, atıksu sırasıyla, bir hava hattı olan dengeleme havuzuna, emülsiyonun bozulması için asidlendirme, flotasyon ünitesine, kireç ile muamele, nötralizasyon işlemlerini görmüştür.

Şener ve Büyükgüngör'ün (1992) yaptığı çalışmada, yağ fabrikası atıksularının arıtımı için, atıksuyun üzerinde yüzen serbest yağ alınmış ve emülsiyeye haldeki yağ, H_2SO_4 kullanarak serbest yağ haline getirilmiştir. Daha sonra, serbest yağ ve atıksudaki askıda katı maddeler hava flotasyonu ile yüzdürülmüştür. NaOH ile nötralleştirilen su; koagülasyon metodu ile ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), bu işlemler sonucunda oluşan askıda katı maddeler giderilmiştir.

Yılmaz vd.'nin (1998) yaptığı çalışmada, bitkisel yağ sanayi atıksularının fizikokimyasal arıtımında, çözünmüş hava flotasyonu ve koagülasyon-sedimentasyon işlemleri karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, koagülant kullanmadan yapılan çözünmüş hava flotasyonunda, KOI %28-32, yağ-gres %51-59 giderimi sağlanmıştır. Koagülant kullanımıyla KOI gideriminde %47'ye, yağ-gres gideriminde %36'ya kadar artış gözlenmiştir. Ayrıca koagülantla birlikte polielektrolit kullanımı arıtma verimini, %19'a kadar artırmıştır.

3.4 Yoğunluk Farkına Dayanarak Yağ Arıtma Çalışmaları

Su içerisinde emülsiyon halinde dağılmış olan yağ uzun süre bekletilerek sudan ayrı bir fazda toplanabilir. Faz ayırımı hızlandırılması için suda dağılmış olan yağ zerreciklerinin biraraya getirilmesi ayırma süresini kısaltır. Bu amaçla çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Stehlik vd.'nin (1987) patentli çalışmasında; yağ, organik çözücüler ve katılar (kum) içeren atıksular, yoğunluk farkına dayanarak (sedimentasyon ve tabaka oluşumu) akış yönlendirici, bölmeli bir havuzda arıtılmıştır. Üst akıntı ve alt akıntı ayırma sisteminden sonra perlit yatak kullanılarak filtrasyon yapılmıştır. Ayırmanın etkinliği, maddelerin yoğunluklarının sudan daha büyük ve küçük olmasına göre değişmekte ve yoğunluk faktörü 2-3 ise artmaktadır.

Kuboto Ltd.'in (1982b) patentlenen çalışmasında, metal yağ giderme proseslerinde, yüzeydeki ve emülsiyon halindeki yağ yoğunluk farkına dayanarak ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra, su kaba bir membrandan geçirilmiştir.

Ichikawa vd.'nin (1998) patentli çalışmasında, yoğunluk farkına dayanarak içeren atıksular arıtılmıştır. Ayırma tankında bulunan yağ içeren atıksuyun pH'sı yaklaşık nötrale ayarlanarak birincil yoğunluk farkı ile ayırma yapıldıktan sonra su efültü, daha uzun dalga boylu ışın yayan minerallerin bulunduğu tanka gönderilmiş ve burada ikincil yoğunluk farkı ile ayırma yapılmıştır.

3.5 Biyolojik Arıtma Yöntemi ile Yağ Arıtma Çalışmaları

Biyolojik arıtmada; atıksuda bulunan koloidal haldeki veya çözünmüş organik maddeler bakterilerce parçalanır ve çökebilir biyolojik floklar ile sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere giden kararlı anorganik bileşiklere dönüşür. Biyolojik arıtma, organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yer alan bioflokülasyon ve mineralizasyon proseslerinin kontrollü bir çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasıdır. Böylece doğadaki reaksiyonlar hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emniyetli bir ortamda gerçekleştirilmektedir (Curi, 1989).

Norcross vd.'nin (1988) yaptığı çalışmada, et sanayii atıksular, sıralı kesikli reaktör (SBR) ve aktif çamur yöntemi kullanarak BOI ve yağ-gres %99 oranında gidermişlerdir.

Tang ve Zhu'nun (1982) yaptığı çalışmada, deri tabaklama atıksuları anerobik bozunma ile KOI 1700-3400 mg/L, yağ 176-490 mg/L, askıda katı madde 748-3480 mg/L iken KOI, %4-91,6; yağ %48,2-86,9 ve askıda katı madde %35,3-76,2 oranında giderilmiştir.

Fukuya ve Kanazawa'nın (1984) yayınlanan çalışmasında, atıksu arıtımında, mutasyona uğramış bakteriler kullanılmıştır. Örneği, fenolik atıksuların arıtımında, aktif çamur prosesine DC1000GC bakterisinin ilavesi ile, DC1008SF bakterisi yağ-gresi bozundurarak arıtmanın etkinliğinin artmasını sağlamıştır. Syborn firmasının, 11 bakterisinden 4'ü kağıt fabrikalarının atıksularının renginin giderilmesinde, gresin, yüzey aktif maddelerin ve fenollerin bozundurulmasında etkili olduğu görülmüştür.

Chen ve Liu'nun (1995) yaptığı çalışmada, alkali yağlı atıksuların arıtımı için, anerobik asidifikasyon-aerobik aktif çamur proseslerini kullanmışlardır. Bio-asidifikasyon prosesinde pH'ın ayarlanması ile biyolojik bozunmanın arttığı gözlenmiştir. Bio-asidifikasyon-ikincil havalandırma-sedimentasyon prosesleri kullanılarak yağlı atıksular arıtılmıştır.

Nakamura vd.'nin (1996) patentli çalışmasında, aktif çamura petrol hidrokarbonları kullanan mikroorganizmaların ilavesiyle atıksulardaki, hayvansal, bitkisel ve mineral yağlar giderilmiştir. *Cornynebacterium* ve *Debaryomyces* mikroorganizmaları kullanılmıştır.

Öztürk vd.'nin (1994) yaptığı çalışmada, yemeklik yağ endüstrisi atıksuları, fiziko kimyasal ön arıtma (asitle yağ parçalama ve kireç, alum ve polielektrolit ile kimyasal çöktürme) ve ardından aktif çamur sistemi kullanılarak arıtılmıştır.

3.6 Atıksulardan Yağın Ayrılması İçin Tasarlanmış Aparatlar

Alışılmış genel ayırma tekniklerinin uygulanması amacıyla değişik yağ ayırıcı aparatlar geliştirilmiştir. Bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Ladislov (1987) patentli çalışmasında, atıksudan petrol ürünlerinin ve çökebilir çamurların sürekli işlemle alınması için konik tabanlı silindirik bir ayırıcı kullanmıştır. Atıksu teğetsel olarak ayırıcıya girer. Gerekteğinde bu bölgede ortama koagülant ilave edilir ve katı tanecikler çöktürülerek ayrılır. Yerleştirilmiş bir filtre üzerinde toplanan yağ ise sıyrılarak alınır. Süzüntü ise patlatılmış perlit ile doldurulmuş adsorpsiyon bölmesine pompalanır. Arıtılmış su dışarı pompalanırken yağ depolarda toplanır, dipte biriken çamur ise periyodik olarak alınır. Filtreye periyodik olarak ters yıkama uygulanır.

Yuzhaninov vd.'nin (1988) patentli çalışmasında, sudan yağ ayırmak için geliştirilmiş bir aparat iç içe geçmiş iki silindirden oluşmaktadır. İç silindirinde yüzeyine teğetsel olarak kirli suyun beslendiği kesik koni şeklinde bir besleme sistemi bulunur. Ayrıca yağın yüzeye daha kolay erişmesini sağlamak amacıyla koninin taban seviyesinden hava gönderilir. Sistem, hava ve su girişleri dışında sürekli olarak işlenmiş suyun ve yağın alındığı borularla donatılmıştır.

Kravets ve Kravets'in (1988) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksu bir havalandırma kolonuna girer. Bu kolona sürekli olarak atmosferik basıncın biraz üstünde basınca sahip (0,06-0,075 atü) hava gönderilir. Havalandırma kolonundan çıkan atıksu bir kolon içerisinde bulunan 50-60°C'ye ısıtılmış ham yağ ile temas ettirilerek atıksu içerisinde yağ sıyrılır.

Reznik ve Gusev'in (1988) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksudan yağı ayırmak amacıyla düzenlenmiş apart konik tabanlı silindirik tanktan ibarettir. Tank içerisinde birbiri üzerine yerleştirilmiş huni şeklinde bir ayırma sistemi ve tank dışında işlem görmüş suyu ve ayrılan yağı toplamak üzere iki tank bulunur. Apartın besleme hattı ile boşaltma hattı arasında besleme pompasından önce kısa devre olarak yapılmış bağlantı sayesinde gerektiğinde atıksu aparttan birkaç kez geçirilerek daha etkin bir ayırma sağlanır.

Toms'un (1987) yayınlanan çalışmasında, bir yağ-su ayırma separatörü tasarlanmıştır. Bu separatör oleofilik poröz materyal ve bunların içerisine konduğu paslanmaz çelik sepetten oluşur. Çok sayıda sepetin kombinasyonu ile platolu separatörlerde tasarlanmıştır. Oleofilik malzeme, polipropilen halkalar veya küçük parçalar halinde kesilmiş polipropilenden ibarettir. Bu poröz yapıdaki oleofilik malzeme su içinde dağılmış olan yağ damlacıklarının birleşmesini sağlar.

Czok vd.'nin (1982) patentli çalışmasında, geliştirilen aparat, dikey olarak iç içe geçmiş iki silindir ve bunların tümünü içine alan silindirik bir kaptan oluşur. Yağlı su, kap ile dıştaki silindirin arasından beslenir. Silindir düşey olarak kateden atıksu iki silindir arasında yukarı doğru yol alır ve orta silindire su seviyesindeki bir yarıktan girer. Yağdan arıtılmış su ortadaki silindirin tabanından alınırken yağ üstten alınır.

Mitsubishi Rayon Co. Ltd.'in (1982) patentli çalışmasında, atık sulardan yağ ve benzeri materyalleri ayırmak için bir adsorpsiyon filtresi yapılmıştır. Apart içerisinde birbiri arasında belirli mesafe olacak şekilde yerleştirilmiş iki elek bulunur. Bu eleklerin altı lifli veya toz malzemeden yapılmış akışkan çamur ile beslenir. Böylelikle bir adsorplayıcı filtre ortamı oluşturulmuştur. Atıksu ise yukarı doğru hareket eder. Üstteki elek altı %20 polietilen içeren MgO çamuru, diğer elek altı ise ortalama tane boyutu 0,4 mm olan aktif C ile beslenen sistemden, 100 ppm ağır fuel oil ve 20 ppm Nonipol 200 içeren atıksu gönderilmiştir. 500 litrelik arıtılmış su toplandığında yapılan analiz sonucu toplam olarak 1 ppm fuel-oil-Nonipol 200 bulunmuştur. Yalnızca MgO-polietilen karışımı kullanıldığında ise yağimsı atıkların 6,2 ppm düzeyinde suda kaldığı gözlenmiştir. Bu sistemde adsorban filtre ortamlar gerektiğinde yenilenebilir.

Ando vd. (1986) patentli çalışmasında, mutfak atıksularından yağın ayrılması için bir apart dizayn etmiştir. Mutfak atıksuları, bir giriş bölmesi, bir ayırma bölmesi ve bir çıkış bölmesinden oluşan tank da arıtılmıştır. Giriş bölümünde bir süzgeç bulunmaktadır. Ayırma bölmesi diğer bölmelerden iki bölme duvarı ile ayrılmıştır ve atıksuyun yukarıya doğru hareketini sağlayan eğimli tüplerin oluşturduğu bir demet vardır. Ayrılan yağ bölme duvarlar arasında dışarıya verilir.

Hegedus vd.'nin (1983) patentli çalışmasında, yağlı atıkları arıtmak için bir temizleme kabı, bir çamur yoğunlaştırıcı, bir filtre ve temizlenmiş su toplama tankında oluşan dikey tipli bir cihaz tasarlanmıştır. Efulent temizleme kabına teğetsel olarak gelir ve temizleme kabındaki yüzdürme/floklandırma ürünlerine elektriksel/kimyasal flotasyon uygulanır. Temizleme tankının altındaki konik bölgedeki filtreden geçen su alınır ve tankın dibindeki çamur alınırken sıvı yüzey üzerindeki safsızlıklar üst akış ile giderilir.

Vereshko vd.'nin (1986) patentli çalışmasında, atıksulardan yağların ayrılması ve biriktirilmesinde kullanılan apart, giriş ve çıkış boruları ve bir yağ kolektörü içeren durultma tankından oluşmaktadır. Paralel bir şekilde yerleştirilmiş ve yağın geldiği yönde gözenekli borular ve kanallarla bağlanmış deflektör bobinlerinin yerleştirilmesiyle oluşmuş dikey karıştırma sistemiyle yağlı ürünlerin ayrılması ve yağ tabakasının biriktirilip, tekrar kullanılması sağlanmıştır.

Munoz ve Antonio'nun (1984) patentli çalışmasında, yoğunlukları birbirine yakın maddelerin flotasyonla ayrılması için geliştirilen apart; alt kısmında atıksuların ortama verildiği bir giriş ve üst kısmında ayrılan fazların çıkışını sağlayan çıkış kısmı olan bir tank, bir basınçlı hava kaynağı, arıtılacak sıvının içinde havanın çözünmesini sağlayacak şekilde karışım içine daldırılmış tüpler, ayrılmış faz çıkışları arasına sayısız yağ alıcı uzantılar ve bir sirkülasyon pompasından oluşur. Bu sistem ile atıksularda süspanse haldeki yağlar giderilmiştir.

Lynch'in (1982) patentli çalışmasında, birçok sayıda oleofilik, hidrofobik özellikte delikli yüz tüpün birarada bulunduğu demetlerden oluşan kapalı paketlerin dikey şekilde yerleştirilmesiyle oluşan kapalı sistemler ile dispers yağların ve süspanse katıların arıtılmasında kullanılmıştır.

Sehr (1984) patentli çalışmasında, sudan yağların ve yoğunluğu düşük sıvıların uzaklaştırılması bir apart dizayn etmiştir. Bu apart, adsorplayıcı filtre yatağı ve/veya ince taneli filtre materyali içeren filtre yatağı, filtre yatağı üzerinde arıtılmamış sıvı girişi, yatağın altında ise bir çıkışı içerir. Ağırlık farkına göre ayrılan düşük yoğunluklu sıvı filtre yatağında

bir flotasyon tabakası oluşturur ve bunun kalınlığı belirli bir sınırı geçtiğinde giriş otomatik olarak kapanır.

Brignon'un (1981) patentli çalışmasında, endüstriyel atıksulardan yağların arıtılması için geliştirilen apart, ters çevrilmiş ve ucu kesik konik görünümü verecek şekilde birbirinden ayrılmış iki bölmeden oluşmaktadır. Dar uca doğru yükselen yağ toplanır ve üst akıntı olur. Bu şekilde yağ toplanmıştır.

Hatano'nun (1993) patentli çalışmasında, yağ içeren sıvılar arıtılmak üzere bir besleme tankına gönderilmiştir. Bu besleme tankının üst çapı alt çapında daha küçüktür ve üstte yağ tabakası ayrılır veya başka bir rezervuara üst çıkış ile tekrar ayrılmaya tabii tutulmak için gönderilmiştir.

Shen'in (1991) patentli çalışmasında, dispers saflaştırılmış gaz sürekli olarak sisteme gönderilip ve düşük vakum altına (1×10^{-1} -260 mmHg) yoğun gaz habbeciklerin oluşturularak yağ-su karışımlarının ikili faz sistemine dönüştürülerek sudan yağların uzaklaştırılması sağlanmıştır. Diğer klasik metotlara göre bu ayırma yöntemiyle on kat daha fazla yağ-su karışımının ayrılması sağlanmıştır. Bu metot yağların saflaştırılmasında, yağlayıcıların geri kazanılmasında kullanılabileceği önerilmiştir.

Zheng (1992) yayınlanmış çalışmasında, dispers yağ içeren sulardan yağı ayırmak için bir separatör geliştirmiştir. Bu separatör oluklu karıştırıcı tabakalardan oluşmuştur. Bu tabakalar damlalar arasındaki çarpışma ve ayırma gücünü artırmaktadır. Geliştirilen metod için üç hipoteze dayanan bir matematiksel model geliştirilmiştir. Teorik değerler ile deneysel değerler aynı sonuçları vermiştir.

Kalnins (1988) patentli çalışmasında, yağ-su karışımlarının ayrılması için bir hidrosiklon sıvı separatör dizayn etmiştir. Bu sıvı separatör, ayrılacak karışımın girişi ve yoğunluğu az olan komponentin çıkışı için üst akış çıkışı ve yoğunluğu fazla olan komponentin çıkışını sağlayan alt çıkışı olan bir ayırma tankına sahip hidrosiklondan oluşur. Filtre kısmı ise alt çıkıştan gelen efülen alır. Bu filtre aleti, aktif kömür filtresi ve/veya ters ozmoz filtresi veya aktif kil filtresidir. Bu separatör özellikle yağ ve su karışımlarının ayrılmasında kullanılır.

Pflaum'un (1986) patentli çalışmasında, atıksuda yağın uzaklaştırılması için dizayn edilmiş apart, atıksu girişi, arıtılmış su çıkışı ve tankı ≥ 2 bölmeye ayıran ≥ 1 bölme içermektedir. Bu bölmelerin her birinde su seviyesinin üzerinde biriken yağı ayırmak için sifon bulunmaktadır. Bu bölmelerin içinden alt ucu birinci bölmede üst ucu ikinci bölmede bulunan çok sayıda S şeklinde borular geçmektedir.

Matsushashi, ve Kamata (1997) patentli çalışmasında, yağ-su ayırımı için bir apart dizayn etmişlerdir. Bu aparat, temizlenmiş sıvının toplanması için bir toplama tankı, temizleme tankı, temizleme tankından toplama tankına doğru temizlenmiş sıvının alınması için pompa, yüzen yağların toplaması için toplama tankının sıvı yüzeyine yakın bir yağ sıyrıcı ve toplama tankında ve temizlenmiş sıvıdan dispers yağın toplanması için pompa girişine yakın bir filtre bulunmaktadır.

Kondo (1996) patentli çalışmasında, atıksulardaki yağların arıtımı için bir aparat dizayn etmiştir. Bu aparat, bir atıksu girişi olan tank, aerobik mikroorganizmalar ile atıksudaki yağ arıtımı için hava dağıtıcı içeren havalandırma tankı, yardımcı hava dağıtıcı boru ve arıtılmış atıksuyun boşaltılacağı bir tanktan oluşmaktadır. Bu aparattan özellikle mutfak atıksuların arıtılmasında yararlanılmıştır.

Bokatko vd.'nin (1996) yayınlanan çalışmasında, geliştirilen bir siklon flotasyon makinesi ile atıksulardan yağ ayırımı sağlanmıştır. Endüstriyel atıksulardan yağ ve diğer kirlilikleri gidermede kullanılan flotasyon yönteminde hava kabarcığının büyüklüğü önemlidir. Yeni siklon flotasyon tekniği-hava dağıtıcı hidrosiklon (ASH) teknolojisi ile, dispers yağ etkin olarak giderilmiş ve geleneksel flotasyon cihazının 100 katından daha büyük spesifik kapasiteye sahiptir. Yüzey aktif ve flokulant konsantrasyonlarının etkisi, hava ve su akış hızları, üst akıntı ve alt akıntı dökülmesi incelenmiştir.

Komatsubara (1997) patentli çalışmasında, (atık)sularda yüzen yağların giderilmesi için bir aparat dizayn etmiştir. Bu aparatta, sonsuz eğik bir şekilde bulunan kayışın hareketi sağlanarak, su yüzeyindeki yüzen yağlar tutulmuş ve toplama tankına gönderilmiştir.

Tomoyasu ve Ishino (1997) patentli çalışmasında, mikroorganizmalar ile mutfak atıksularından yağların giderilmesi için bir apart dizayn etmişlerdir. Bu aparat, bir süzgeci olan atıksu alan tank, mikroorganizma yatağı olan gres bozundurma tankı ve altında da yatakta hava kabarcıklarının oluşumunu sağlayacak havalandırma aleti, iki tank arasında atıksuyun sürekli sirkülasyonunu sağlayacak sistemden oluşmaktadır.

Hisano'nun (1997) patentli çalışmasında, bakteri kullanarak yağ içeren atıksuyun arıtılması için bir aparat dizayn etmiştir. Gres tutmayı sağlayacak olan bakterinin büyümesi ve aktivasyonu için tasarlanmış olan aparat; atıksuyun geldiği bir tank ve bunun üstünde bakterinin intibakının sağlandığı bölme, tanka bakteri ilavesini sağlayan pompa, nötralizasyon maddesinin sağlandığı ve tankın üstünde bulunan başka bir bölme ve bu bölmeden tanka nötralizasyon maddesinin ilavesini sağlayan pompa, tank içinde havalandırmayı sağlayan alet,

tankı ısıtmak için ısıtıcı, tanktaki su seviyesinin kontrolü için seviye göstergesi ve bir kontrol panelinden oluşmaktadır.

sHirose ve Ito (1998) patentli çalışmasında, ultrasonik dalga titreşimi ile deterjan içeren yıkama atıksularından yağların giderilmesi için bir aparat dizayn etmişlerdir. Bu aparat, yıkama atıksularının toplandığı tank, atıksu tankında ultrasonik dalga titreşimi oluşturan bir alet, atıksu tankından gelen efüleni ayırmak için eşit boşluklu birçok süzme plakaları olan bir ayırma tankı, ayırma tankına dıştan bağlı bir temiz su tankı ve temiz su tankından kirli su tankına su döngüsünü sağlayan bir aletten oluşmuştur.

Igawa vd. (1998) patentli çalışmasında, endüstriyel atıksulardan yağın giderilmesi için bir yağ sıyrıcı dizayn etmişlerir. Bu yağ sıyrıcı, yüzen yağ içeren atıksu içine daldırılmış düşey kısım, su yüzeyinin üzerinde bulunan yatay kısım, belirli mesh büyüklüğü olan ve sonsuz kayış tipli hareket eden ağ, düşey ve yatay kısımlar çerçevesinde kayış tipli ağın sürekli çalışmasını sağlayan alet, dik ağda toplanan yağın alınması için yatay ağ üzerinde hava verilmesi için bir hava borusu ve toplanan yağların alındığı bir bölmeden oluşmaktadır.

Li vd.'nin (1998) yayınlanmış çalışmasında, yoğunluk farkı az olan yağ/su iki fazlı karışımların hidrosiklon separatör ile ayrılması sağlanmıştır. Giriş yağ konsantrasyonunun etkisi, yarık oranın, kütle akış hızının ayırma üzerine etkisi incelenmiştir.

Iguchi ve Oike (1998) patentli çalışmasında, yağ-su ayırımı için filtreler içeren bir aparat dizayn etmişlerdir. Bu aparat, yağ-su akışının giriş ve çıkışı arasına ve akışa dik olarak yerleştirilmiş olan düz yüzeyli yağ adsorplayıcı filtreler içermektedir. Bu aparat ile yağlar etkin olarak giderilmiş ve özellikle atıksu arıtımı için uygundur.

Fukagai (1998) patentli çalışmasında, yağ içeren atıksularda, yağ-suyun ayrılması için bir aparat dizayn etmiştir. Bu aparat, borularla bağlı ve farklı çaplı, merkezleri bir olan ayırma tankları (birinci, ikinci, üçüncü... tanklar) içermektedir.

4. ADSORPSİYON HAKKINDA GENEL BİLGİ

4.1 Adsorban Materyallerin Doğası

İster granüler ister toz halinde olsun, katı bir adsorbanın düşük de olsa dış yüzeyinde bir adsorpsiyon kapasitesi vardır. Bütün sorbentler hacimce %5-60 arasında mikrogözenek fraksiyonu içerir. Bu mikrogözeneklerin çapı 150 angstrom'den daha büyük ise mikrokristalize ve poröz yapıda; çap 5 angstrom kadar ise reçinemsî ve geçirgen yapıdadır. Çözünen ilk adsorban arasındaki moleküller arası çekim, gaz veya sıvı içerisindeki yabancı maddeleri adsorbanın yüzeyinde tutarak sıvının bu maddelerden arıtılmasını sağlar.

Çizelge 4.1'de akışkan türüne ve adsorbanın yapısına göre adsorpsiyon-absorpsiyon işlemleri verilmiştir (Perry, 1963).

Çizelge 4.1 Adsorpsiyon-absorpsiyon işlemlerinin sınıflandırılması (Perry, 1963)

Akışkan Faz	Adsorban (Katı Faz)		Karışmayan veya Uçucu Olmayan Sıvı İle Dolu Gözenekler
	Akışkanla Temasta Bulunan Boşluklar		
	Reçinemsi	Mikrokristal	
Sıvı	İyon değiştirme	Adsorpsiyon (yüzeylerde veya kristal şebekesinde)	Partisyon ekstraksiyonu
	Ekstraksiyon	Dializ	
Gaz	Absorpsiyon	Adsorpsiyon	Partisyon absorpsiyonu

Adsorpsiyon için mikrokristal yapıda doğal veya sentetik materyellerden yararlanılır. Çözünenin selektif olarak adsorban tarafından tutulması kristal içerisindeki gözenek yüzeylerinde gerçekleşir. Silindirik etkin gözenek çapı 200 angstrom veya 2×10^{-6} cm'den daha az olan gözeneklerin yüzey alanı $100 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ 'e kadar kabul edilir. Yüksek sıcaklıklarda (genellikle 200°C 'nin üstünde) bir gerçek reaksiyon veya kimyasal bağlanma sonucu oluşan adsorpsiyon kemisorpsiyon olarak isimlendirilir. Ayırmalar kimyasal bağlardan daha zayıf ve daha az spesifik çekim kuvvetleri ile oluşuyorsa fiziksel adsorpsiyon olarak adlandırılır.

Gaz moleküllerinin kondenzasyonu veya bir çözeltiden kristallenme adsorpsiyon ile analogdur. Adsorbanın seçimli davranışı katı yüzeyine genellikle bir molekül mesafesindeki tabakada gerçekleşirse de zaman zaman seçimlilik üç veya dört molekül mesafesine kadar devam edebilir.

Herhangi bir madde için bir katının adsorpsiyon kapasitesi, akışkan fazdaki çözünmüş maddenin konsantrasyonu ile artar.

Aktif karbon, silikojel, aktif alumina, killer çok bilinen ve kullanılan adsorbanlardır.

Sentetik adsorbanların önemli bir sınıfı olan elekler ısıtılarak kristal suyu uzaklaştırılmış, alüminosilikatlardır. Bunlar moleküler çapta ve tek tip boyutta gözeneklere sahip oldukları için yüksek porözitelidirler. Bunlar sadece küçük molekülleri adsorplarlar ve molekülün şekline göre seçimlilik gösterirler. Bu nedenle doymamış ve polar moleküllere karşı özel bir ilgisi vardır. Kristal (kafes) boşluğunun çapı alüminosilikatın sodyum veya kalsiyum formunda olup olmamasına bağlı olarak 4-5 angstromdur. Bu yöntem özellikle gazların arıtılmasında ve organik sıvıların kurutulmasında kullanılır.

Dispers jel dializ (Particulate-gel dialysis) moleküler boyutuna dayanan ve sıvı akışkanlarla çalışılan diğer bir ayırma türüdür. Bunlar geçirgen taneciklerdir ve örneğin sellüloz gibi membran dializinde kullanılan, kuvvetle solvatize edilmiş maddelerdir. Bu granüller 10-15 angstrom çapın akadar iyonik veya moleküler maddeleri tutar, daha büyük molekülleri geçirir.

4.2 Adsorban Materyallerin Fiziksel Özellikleri

Çizelge 4.2'de ticari olarak kullanılan sorbentlerin fiziksel özellikleri verilmiştir (Perry, 1963).

Adsorbanların yoğunluğu verilirken genellikle yığın yoğunluğu (bulk yoğunluğu) ρ_b kullanılır. Bir kolona doldurulmuş adsorban söz konusu olduğunda kolon içerisindeki birim hacimdeki kuru madde ağırlığı yoğunluk yerine kullanılır. Kuru tanecik yoğunluğu (dry particle density) ρ_p , ρ_b ile bağıntılıdır. Tanecikler arasındaki boşluk fraksiyonu ϵ ise;

$$\rho_p (1 - \epsilon) = \rho_b \quad (4.1)$$

Katının kristal yoğunluğu (Crystalline density) özellik tablolarında verilmiştir ve partiküllerin iç parazitesi x olarak gösterildiğinde;

$$\rho_c (1 - x) = \rho_b \quad (4.2)$$

Benzer şekilde belirli bir taneciğin yaş yoğunluğu (wet density) ρ_w bu faktörlere ve ıslatıcı sıvının yoğunluğu (liquid density) ρ_f ile bağlı olarak aşağıdaki denklemde verilebilir.

$$\rho_w = \rho_p + \rho_f x \quad (4.3)$$

Daha az kesin bir bağıntı kuru katının birim ağırlık başına kuru katının birim ağırlıktaki gözenek yüzey alanı σ ile ortalama gözenek yarıçapı $\bar{r}$ arasında verilir.

$$\sigma = \frac{\text{sabit} \cdot x}{\rho_p \bar{r}} \quad (4.4)$$

Denklemdaki “sabit” değeri farklı poröz sorbentler için değişik olabilir ama genellikle 3 düzeyindedir.

Çizelge 4.2 Adsorbanların fiziksel özellikleri (Perry, 1963)

Materyal ve Kullanım Alanları	Partiküllerin Şekli	Boyut Aralığı (mesh)	İç Porözite x, %	Dış Boşluk Porözite ε, %	Kuru Yığın Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama Gözenek Çapı (angstrom)	Yüzey Alanı (m ² /g)	Adsorpsiyon Kapasitesi g/g Kuru Katı
Alüminalar								
Aktif alüminalar	G	3-8	-	-	0,88	-	210	0,14
Gazların ve sıvıların kurutulmasında, katalizör	G	20-60	-	-	0,75	-	310	-
	G	Farklı	25	49	0,80	34	250	0,14
	C	0,45 cm	-	40	0,68	-	310	-
	T	2,85 cm	60	-	1,36	-	0,5	0,14
	S	4-8	40	39	0,83	20-80	~350	-
	S	3-8	-	45	0,72	64	360	0,20
	S	150-400	-	35	0,76	-	400;310	-
	S	3-6	-	-	0,88	-	350	0,21
	T	1-1/8	30;47	~42	~0,81	136,99	90;190	-
Emdirilmiş olarak nem çekici madde	G	3-8	-	-	0,96	-	-	0,21
Katalitik alümina	S	3-8	-	-	0,88	~50	~250	-
Aktifleştirilmiş boksit	C,G	8-20	35	40	~0,84	~50	---	0,04-0,2
Kromatografik alümina	G	80-200	-	-	1,08	---	210;150	-
	S,P	30-140	-	-	0,88	20-80	160	-
Silisyumlu Adsorbanlar								
Alüminosilikatlar	C,S,P	0,15 cm veya 0,31 cm	45-55	36	~0,70	-	770	-
Moleküler büyüklüğüne göre seçici adsorban, kurutma, katalizör	P	Değişken 200	-	34	~0,65	-	-	0,22
	P	-	-	-	0,80	-	-	0,65
Asid ile muamele edilmiş kil	C,S	0,38 cm	-	40	0,48-0,72	-	225-300	-
Petrol fraksiyonlarının, bitkisel yağların, meyve sularının rafinasyonu, katalizör					0,84	-	100	-
Magnezyum-silika jel	G	Değişken	33	25	~0,48	-	300	-
Silika jel	G,P	Değişken	~70	35-43	~0,40	140	~320	1,0
Gazların kurutulmasında, hidrokarbonların ayrılmasında, katalizör	G	Değişken	35-40	30-40	0,64-0,76	25-50	500-900	0,4-0,5
	S	0,31 cm	34	36	0,80	21	650	0,4

Çizelge 4.2 devam (Perry, 1963)

Materyal ve Kullanım Alanları	Partiküllerin Şekli	Boyut Aralığı (mesh)	İç Porözite x, %	Dış Boşluk Porözite ε, %	Kuru Yığın Yoğunluk (g/cm ³)	Ortalama Gözenek Çapı (angstrom)	Yüzey Alanı (m ² /g)	Adsorpsiyon Kapasitesi g/g Kuru Katı
<u>Karbonlar</u>								
Petrol esası	G	Değişken	~50	~37	0,43-0,51	20	800-1100	45
Bütün karbonlar suların arıtılmasında, gaz saflaştırılmasında, solvent giderilmesinde ve saflaştırılmasında, renk giderme işleminde	P	-	60-80	45	0,32-0,35	~30	1200	-
Odun esası	G	Değişken	55-75	~40	0,16-0,56	20-40	625-1400	6-9
Bitki esası	P	-	-	-	0,16-0,56	-	600-1200	-
Kömür esası	C,G,P	0,25 cm	~55	40	0,24-0,51	30-40	500-1600	-
	G	Değişken	65-75	45-50	0,32-0,48	20-38	500-1200	~0,40
	C	50	45	40	0,48	-	1500	-
	P	-	-	-	0,40-0,48	-	600-700	-
<u>Diğer inorganik materyaller</u>								
Susuz CaSO ₄	G	Değişken	38	~45	0,96	-	-	0,12
Demir oksid adsorbantı	C	4-6	22	37	1,44	-	20	0,5
Magnezyum oksid	P	-	70-80	~45	0,40	-	~2	-
<u>Organik materyaller</u>								
Poröz reçine (renk giderme)	G	16-50	-	-	-	-	-	-
Fenolik reçine (renk giderme)	G	10-50	-	35	~0,35	-	3	-
Aromatik-amin reçine	G	16-50	~65	-	0,64-0,80	-	-	-
Quaterner amin klorür reçine	G,S	16-50	~65	-	0,64-0,72	-	-	-

C: Silindirik pelletler G: Granül P: Toz S: Küresel tanecikler T: Tabletler

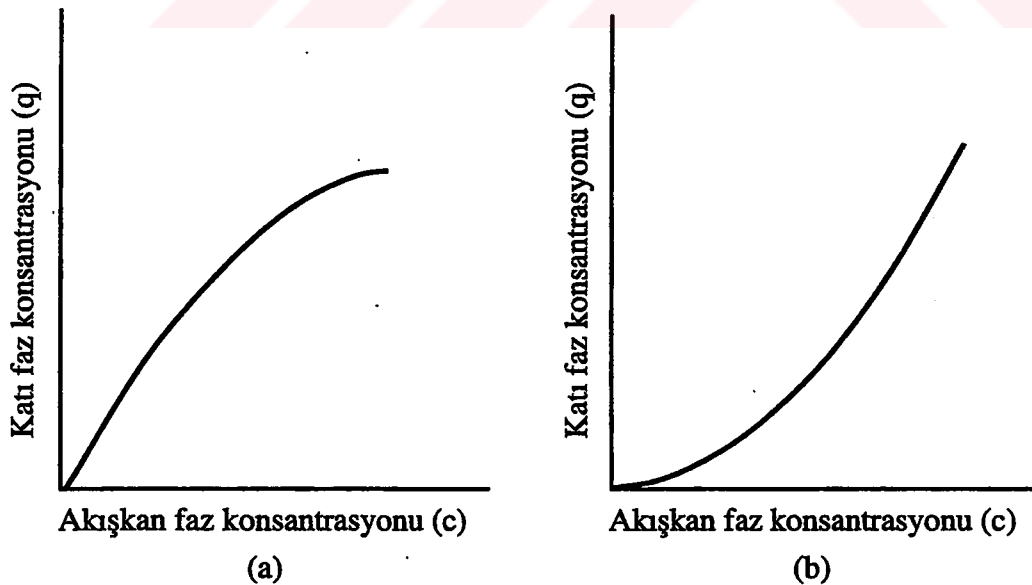
4.3 Adsorpsiyon için Denge Bağlılıkları

Sıvı ve gaz ile muamele edilen katı adsorbanın performansı dört faktöre bağlıdır: Bağımsız olarak tanımlanabilen katının **stokiyometrik kapasitesi**; stokiyometrik kapasitenin tam olarak kullanılmasını sınırlayan **denge davranışı**; sistemin performansını daha fazla sınırlayan **hız davranışı** ve **prosesin düzenlenmesidir**.

Bazen bir solidin pratik (gerçekleşebilir) kapasitesi sabittir. Bazı hallerde ise etkin kapasite beslemedeki çözünmüş madde konsantrasyonu ile değişir, bu nedenle kapasite denge davranışı tarafından belirlenir.

Yalnızca çözünen ve çözücünden oluşan ikili sistemlerde çözünmüş maddenin katı fazdaki (adsorban) derişimi ile çözeltideki derişimi (çözünen gaz ise kısmi basıncı) arasında basit grafikler çizilebilir. Bu eğriler yalnızca belirli bir sıcaklık için geçerlidir ve bu nedenle izoterm olarak bilinir. Şekil 4.1'de iki izoterm verilmiştir (Perry, 1963). Katı faz (adsorban) konsantrasyonu (q) birim ağırlık başına mol olarak, akışkan faz konsantrasyonu (c) birim hacim başına mol olarak verilebilir.

Akışkan faz gaz ise absis eksenindeki konsantrasyon yerine gazın (p) kısmi basıncı alınır. Akışkan faz konsantrasyonu c ya da p veya genelleştirilerek x olarak verilebilir.



Şekil 4.1 En basit adsorpsiyon izoterm şekilleri (Perry, 1963)

a) Verimli denge b) Verimsiz denge

Ayrırma performansı izotermin eğimindeki değişime bağlı olarak değişir. Konveks (dış bükey) olan grafikler verimli dengeyi, konkav (iç bükey) olan grafikler verimsiz dengeyi gösterir. Düz çizgi halinde giden izotermeler ara sınıfı oluştururlar. Bir izotermin hem iç bükey hem dış bükey parçası olabilir. Bu tür izotermelere kompleks izotermeler denir.

Hesaplamalar üç yolla yapılabilir:

- a) Deneysel sonuçlar kullanılarak grafik çizilir.
- b) Sık tekrarlanan verilerden çıkarılmış ampirik denklemlerden yararlanılır.
- c) Çözünen ve yüzey arasındaki çekimi kapsayan moleküler istatistiklerden gerçeğe daha yakın çıkarılmış olan denklemlerden faydalanılır.

Konsantrasyon değerleri belirli bir sistem için uyarlama (normalize edildiğinde) yapıldığında genellikle birimsiz olarak denklemlerde yer alır. Akışkan faz konsantrasyonun üst limiti X_0 , katı faz konsantrasyonun üst limiti q_0^* ile gösterildiğinde birimsiz akışkan faz konsantrasyon

$$X = \frac{X}{X_0} \quad (4.5)$$

ve birimsiz katı faz konsantrasyonu

$$Y = \frac{q}{q_b^*} \quad (4.6)$$

olarak alınır. Bu birimsiz konsantrasyonlar 0-1 arasında bir değere sahip olacaktır.

4.4 Adsorpsiyon için Ampirik Denklemler

Ampirik izoterm halleri için yedi adet bağıntı Çizelge 4.3'te verilmiştir (Perry, 1963).

Çizelge 4.3 Adsorpsiyon denklemleri (Perry, 1963)

Denklem Tipi	$\frac{q^*}{q_{\text{lim}}}$	Y^*	X^*	$\frac{dY^*}{dX}$
Langmuir ^a	$\frac{K_L X}{1 + K_L X}$	$\frac{(1 + K_L X_0)X}{1 + K_L X_0 X}$	$\frac{Y}{1 + K_L X_0 (1 - Y)}$	$\frac{1 + K_L X_0}{(1 + K_L X_0)^2}$
Sips ^a	$\left(\frac{K_S X}{1 + K_S X} \right)^{\alpha_s}$	$\left[\frac{(1 + K_S X_0)^{\alpha_s}}{1 + K_S X_0 X} \right]^{\alpha_s}$	$\frac{Y^{1/\alpha_s}}{1 + K_S X_0 (1 - Y^{1/\alpha_s})}$	$\frac{\alpha_s (1 + K_S X_0)}{(1 + K_S X_0)^2}$
Koble-Corrigan ^a	$\frac{K_C X^{\alpha_c}}{1 + K_C X^{\alpha_c}}$	$\frac{(1 + K_C X_0^{\alpha_c}) X^{\alpha_c}}{1 + K_C X_0^{\alpha_c} X^{\alpha_c}}$	$\left[\frac{Y}{1 + K_C X_0^{\alpha_c} (1 - Y)} \right]^{1/\alpha_c}$	$\frac{\alpha_c (1 + K_C X_0^{\alpha_c}) X^{\alpha_c - 1}}{1 + K_C X_0^{\alpha_c} X^{\alpha_c}}$
Freundlich ^e	$K_F X^{\alpha_f}$	X^{α_f}	Y^{1/α_f}	$\alpha_f X^{\alpha_f - 1}$
Trinomial	b	$X(1 - \alpha_1 - \alpha_2 + \alpha_1 X + \alpha_2 X^2)$	$Y(1 - \bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_2 - 2\bar{\alpha}_1 Y + \bar{\alpha}_2 Y^2)$	$1 - \alpha_1 - \alpha_2 - 2\alpha_1 X + 3\alpha_2 X^2$
Jura-Horkins ^{d,e}	$[-\ln(p/P)]^{1/K_J}$	$\left(\frac{-\ln a_0}{-\ln a_0} \right)^{1/K_J}$	$a_0^{(Y - X_0 - 1)}$	$\frac{(-\ln a_0)^{1/K_J}}{K_J X (-\ln a_0 X)^{(1/K_J)}}$
Brunauer-Emmett-Teller ^{e,f}	$\frac{(1 + K_B)p/P}{[1 + K_B(p/P)]1 - (q/P)}$	$\frac{X(1 + K_B a_0)(1 - a_0)}{(1 + K_B a_0 X)(1 - a_0 X)}$	g	$\frac{(1 + K_B a_0)(1 - a_0)(1 + K_B a_0^2 X^2)}{(1 + K_B a_0 X)^2 (1 - a_0 X)^2}$

Çizelge 4.3 için açıklamalar;

Çizelge 4.3 için kullanılan terimler;

a: Gaz faz dengesi için K toplam basınç ile orantılıdır; q_{lim} , $p \rightarrow \infty$ 'daki değerdir. K_B , K_C , K_F , K_L , K_S denge sabitleri

b: Kıyaslanabilir şekli yoktur.

 α_C , α_F , α_S sabit üslerc: $\bar{\alpha}_1$ ve $\bar{\alpha}_2$, α_1 ve α_2 ile bağlantılıdır. α_1 , α_2 , $\bar{\alpha}_1$, $\bar{\alpha}_2$ Trinomial adsorpsiyon eşitliğindeki sabitlerd: Genellikle K_J 2 veya 3 veya bu sayıların arasında bir değerdir. q_{lim} iken $p = p/2.718$ 'dir.a₀: Çözülmüş maddenin besleme akımındaki kısmi basıncının çözülmüş maddelerin buhar basıncına oranı p_0/P e: Birinci kolon q^*/q_{sat} 'dir.f: q_{lim} ; $p = (P/K_B) [(1 + K_B)^{0.5} - 1]$ 'de ölçülür.

p: Akışkan fazdaki kısmi basınç

g: Y bağıntısından III. derece denklem gibi çözülür.

P: Akışkan fazda çözülmüş maddenin buhar basıncı

 $X = X/X_0$; $Y = q/q_0$; $Y^* = q^*/q_0$ 'dir.

Birinci kolon izoterm denklemlerini boyutlu şekilde ancak bir üst limit gösterilmeksizin verilmiştir. İkinci kolonda ise Y , X 'e bağlı bir değişken olarak verilmiştir. Üçüncü kolonda ise X , Y 'nin bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Son kolon ise dY^*/dX türevini vermektedir. Bu bağıntılar yardımıyla katsayılar hesaplanabilir.

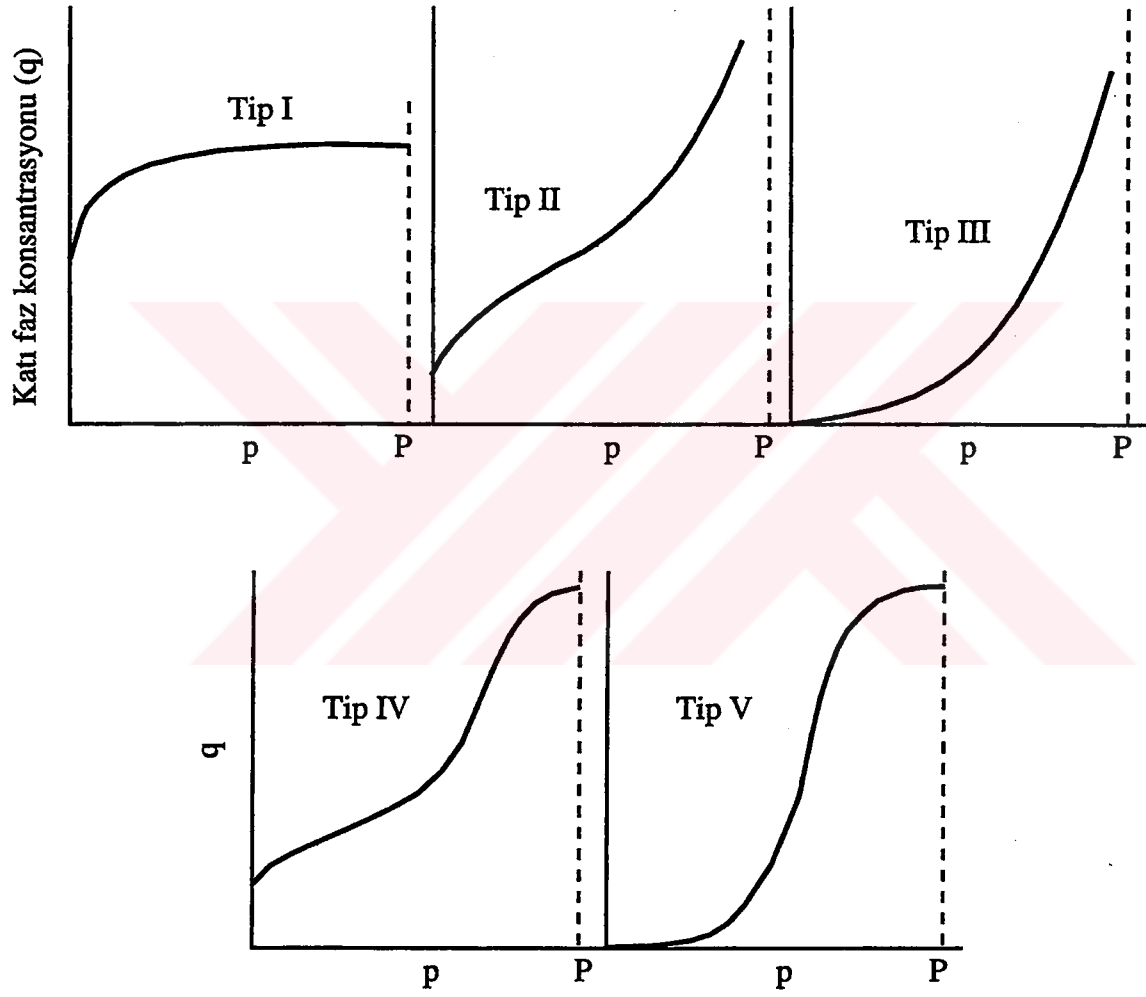
Tam homojen yüzeye sahip ve adsorplanan moleküller arasında ihmal edilecek kadar küçük bir çekim bulunan bir sistemde Langmuir eşitliği uygulanabilir. Diğer denklemler Langmuir eşitliğinden çıkarılmış farklı tip eşitliklerdir.

Çizelge 4.3'teki denklemler (Perry, 1963) kullanılarak yapılmış hesaplamalar sonucu çizilen grafikler Şekil 4.2'de gösterilen beş eğrinin dördüne eşdeğerdir (Perry, 1963). Şekil 4.2 (IV. şekil, Tip IV)'de görülen eğrinin iki bükülme noktası vardır. Şekil 4.2'deki eşitliklerin sınıflandırılması Brunauer, Deming ve Deming-Teller tarafından yapılmıştır. Ayrıca Deming ve Teller dördüncü tip eğri içinde bir denklem türetmiştir.

Çizelge 4.3'teki denklemlerin sabitleri spesifik bir aralıkta kalmalıdır. Bu aralıklar Çizelge 4.4'de verilmiştir (Perry, 1963).

Çizelge 4.4 Çizelge 4.3'teki denklemlerin sabitlerinin aralığı (Perry, 1963)

Denklem Tipi	Tip I, Uygulanabilir Aralık	Tip II, Düşük Konsantrasyonlarda Uygulanabilir Aralık	Tip III, Uygulanamaz Aralık	Tip V, Yüksek Konsantrasyonlarda Uygulanabilir Aralık
Langmuir	$K_L > 0$	–	$0 > K_L X_0 > -1$	
Sips	$0 < \alpha_s < 1$ $a_s < 2K_s X_0 + 1$ $K_s X_0 > -1$	$0 < \alpha_s < 1$ $\alpha_s > 2K_s X_0 + 1$ $K_s X_0 > 1$	$\alpha_s > 1$ $\alpha_s > 2K_s X_0 + 1$ $K_s X_0 > -1$	$a_s > 1$ $a_s < 2K_s X_0 + 1$ $K_s X_0 > -1$
Koble-Corrigan	$0 < \alpha_c < 1$ $\alpha_c < \frac{1+K_c X_0}{1-K_c X_c}$	$0 < \alpha_c < 1$ $\alpha_c > \frac{1+K_c X_0}{1-K_c X_0} > -1$	$\alpha_c > 1$ $\alpha_c > \frac{1+K_c X_0}{1-K_c X_0}$	$\alpha_c > 1$ $\alpha_c < \frac{1+K_c X_0}{1-K_c X_0}$ $K_c X_0 > -1$
Freundlich	$0 < \alpha_r < 1$ $K_r > c$	– –	$\alpha_r > 1$ $K_r > 0$	
Trinomial	$\alpha_1 < +3\alpha_2$ $\alpha_1 < 0$ $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$	$\alpha_1 > +3\alpha_2$ $\alpha_1 < a$ $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$	$\alpha_1 > +3\alpha_2$ $0 < \alpha_1 < 3$ $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$	$\alpha_1 + 3\alpha_2$ $0 < \alpha_1$ $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$
Jura-Horkins	–	$K_J > 0$	–	
Brunauer-Emmett-Teller	$K_B a_0 > 1$ $0 > (3 + K_B a_0^2) a_0 < 1 - (1/K_B)$	$K_B a_0 > 1$ $(3 + K_B a_0^2) a_0 > 1 - (1/K_B)$	$1 > K_B a_0 > 0$	



Şekil 4.2 Fiziksel adsorpsiyon için deneysel izoterm tipleri (Perry, 1963)

4.5 Adsorpsiyon Hız Prosesleri

Bir adsorpsiyonun etkin hızı, bir veya daha fazla difüzyon adımı tarafından belirlenir. Bu adımlar tek bir adsorban taneciği için matematiksel olarak tanımlanmıştır. Çok sayıda tanecik ile doldurulmuş cihazın performansı, yerel taneciğe bağlı olmayıp, cihazın boyut ve tipi ile toplam proses düzenine bağlıdır. Performansı etkileyen parametreler şunlardır:

- 1) Katı faza difüzyon (veya bir adsorban için adsorplanmış yüzey tabakasına difüzyon)
- 2) Faz sınırlarındaki reaksiyon
- 3) Akışkan taneciklerdeki (gözeneklere) difüzyon
- 4) Adsorban taneciklerin dış yüzeyine akışkan fazdan kütle transferi
- 5) Cihazdaki karıştırma

Örneğin bir kolon çalışmasında akış hızına bağlı olarak akışkanın kolonun cidarlarında ve merkezinde farklı geçiş hızının olması örnek verilebilir.

4.6 Adsorpsiyon İşlemleri

Katı-sıvı adsorpsiyon işleminde başlıca üç tip düzenek kullanılır:

- 1) Kesikli yöntem (Batch)
- 2) Periyodik olarak rejenerasyon için kesilen sabit adsorban yatak boyunca sıvı fazın geçtiği yarı sürekli sistem
- 3) Sorbent ve sıvı fazın paralel akım veya zıt akımda çalışan sürekli sistem

4.6.1 Kesikli Yöntem

Kesikli yöntemde, sıvı ile adsorban teması daha iyi olacağından avantaj sağlar. Fakat gaz ile çalışmalarda kesikli yönteme sık başvurulmaz. Kesikli yöntem laboratuvar koşullarına kolaylıkla uygulanabilir ve çok geniş kullanım alanları vardır. Bu yöntem laboratuvar, organik kimyasal sentez ürünlerinin saflaştırılmasında, karbon ve killer kontak adsorban olarak kullanılarak renk giderme işlemlerinde tercih edilir. Bu adsorbanlar direkt olarak çözelti veya sıvı karışımlara verilip karıştırıldıktan sonra süzülerek ayrılır. Daha büyük ölçekte benzer işlemlerin endüstriyel uygulamaları yapılabilmektedir.

4.6.2 Karıştırma ve Durultma

Karıştırma ve ayırma büyük partiküllü adsorbanlar kullanılarak (yaklaşık 50 mesh) aynı kapta yapılır. Durultma sonunda sıvı kaptan alındıktan sonra kapta kalan adsorban tekrar kullanılır. Bu işlem rejenerasyon gerektirmez, çok sayıda tekrarlanabilir.

4.6.3 Viskoz Akışkan – Granül Adsorban Teması

Bu proseste ana çözelti berrak bir sıvı olmayıp akıcı bir çamur şeklindedir. Bu proseste ana çözelti ile adsorban bir süre karıştırıldıktan sonra katı faz santrifüjlenerek veya süzülerek ayrılır.

4.6.4 Sabit Yataklar

Kolonlar içerisinde yataklanmış adsorbandan akışkan geçirerek katı-sıvı temasını sağlama yöntemi en sık kullanılan sistemdir. Daha küçük taneciklerle çalışabilme olanağı sağlandığından işletme masrafları daha az olur.

4.6.5 Adsorbanlı Kolonun Kullanımı

Pahalı bir adsorban kullanmak gerektiğinde veya saflaştırmanın çok yüksek olması istenen durumlarda maliyeti azaltmak için daha ucuz materyal sisteme bağlanır. Örneğin içerisinde süspansiyon halinde veya kollidol halde dağılmış katı madde bulunan hallerde akışkan öncelikle bir kum filtre veya ucuz adsorban üzerinden geçirilerek daha sonra kullanılacak olan pahalı adsorban yüzeylerinin dağılmış katı taneciklerle işgal edilmesinin önüne geçilir. Bu şekilde kabaca arıtılmış akışkan daha ileri düzeyde arıtım için özel adsorbana gönderilir.

4.6.6 Sürekli Ters Akım İşlemleri

Bu sistemde gaz veya sıvıyı absorplayacak katı taneciklerin sürekli olarak akışı söz konusudur. Hem gaz hem de sıvı adsorplama proseslerinde kullanılır. Birçok proseste kullanılan bu yöntem sabit yatak prosesine göre ekonomiktir. Sürekli ters akım adsorpsiyon işlemlerinde karşılaşılan problemler şunlardır:

- 1) Ekipmanların mekanik karmaşıklığı.
- 2) Katı partikülün sürtünmesi ile aşınma.

- 3) Aşırı basınç düşmesinden kaçınmak için partikül büyüklüğünün belli bir aralıkta olması gerekir.
- 4) Akış hızının homojen olmasının sağlanamaması.
- 5) Granül ve poröz yapıdaki katının cihazın fonksiyonel bölümleri arasına birikmesi (Perry, 1963).



5. KİLLER HAKKINDA GENEL BİLGİ

Kil, alüminyum hidrosilikatlardır (Mark vd., 1979, Vol. 6). Killerin teknolojiye kullanımında iki önemli özelliğinden yararlanılır:

- 1) Plastikliği: Islatılmış kilin, herhangi bir kuvvet uygulayarak şekillendirildiğinde, bu şeklini kuvvet kalktıktan sonra da korumasıdır.
- 2) Killer gözenekli koloidal tanecik boyutunda son derece küçük kristaller ve taneciklerden oluşur. Diğer kaya mineralleri ile veya tek başına tabakalar halinde doğada bulunur. Filosilikatlar halindeki kil mineralleri çoğunlukla Al, Mg ve diğer elementlerin hidrosilikatlarıdır.

Çok küçük partiküllü materyaller geniş yüzey alanlarına sahiptir ve bu özellik onlara fiziksel adsorpsiyon ve kimyasal yüzey aktivitesi kazandırmaktadır. Birçok kil mineral kristalleri aşırı negatif elektrik yüküne sahiptir ve bu nedenle kimyasal bağlanma reaksiyonu ve iyon değiştirme özellikleri yüksektir. Killer yaşamın orjinini oluşturan amino asitlerin katalizlenmesinde ve selektif olarak adsorplanmasında taşıyıcı olarak görev görebilir. Kayalarda petrolün oluşumunda katalizör işlevi gördüğü kesin olarak bilinmektedir.

Killer birden fazla mineral içerdiklerinden dolayı değişik kil mineralleri farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptirler. Bu da killerin farklı endüstrilerde farklı amaçlar için kullanılmasını sağlar.

Kilin teknolojik olarak kullanılmasında aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır.

- 1) Polimorflarına ayrılmış halleri dahil kil mineralinin ana tipi.
- 2) Ortamda çok az bulunmasına rağmen ana bileşenin yüzeyini kaplamış olarak bulunan diğer kil tipleri.
- 3) Kil ve diğer minerallerin tanecik-boyut dağılımı.
- 4) Anyon veya katyon değiştirme kapasitesi ve nötral molekül adsorpsiyon kapasitesi.
- 5) Kilin üzerinde bulunan değişebilir iyon tipleri ve değiştirme özelliğinin doygunluk derecesi.
- 6) Kilin nem çekiciliği.
- 7) Kilin organik bileşiklerle olan aktivitesi.

- 8) Kil minerali şebekesinin genişleme yeteneği.
- 9) Kil yataklarında birlikte bulunan çözeltiler ve elektrolitler.
- 10) Kilin içerisinde bulunan diğer mineraller veya mineral halindeki safsızlıklar, bunların tane boyutları karışımdaki homojenitesi ve iyon değiştirme kapasiteleri.
- 11) Organik madde içeriği özellikle tane boyutları ve kilin adsorpsiyonunu etkileyip etkilemedikleri ve koruyucu davranışlarının olup olmadığı.
- 12) Bakteri veya diğer canlı organizmaların ortamda bulunup bulunmadığı. Eğer bakteri büyümesi söz konusu olursa kil yataklarının pH'sı ve diğer özellikleri kısa süre içerisinde değişebilir.
- 13) Hidrate olmuş Al_2O_3 (alümina) ve/veya silikat içeriği, bunlar yeraltı sularında ve seyreltik asit veya bazlarda görece olarak çözünürler.
- 14) Mineral taneciklerinin dizilişi, kilin yapışma ve yayılması gibi kilin özellikleri ve yapısı.
- 15) Doğal ve işlenmiş kilin reolojik özellikleri.
- 16) Mekanik dayanıklılığı, neme karşı duyarlılığı, tuzdan arıtılabilmesi ve termik şok gibi özellikleri.

Kil mineralleri kristal-parakristal gruplar ve amorf grup olarak ayrılabilir. Farklı kil grupları birbirine benzese de bunlar çok farklı minerolojik, fiziksel, termal ve teknolojik özellikler gösterir. Bu nedenle tek başına kimyasal analiz kilin kullanılabilirliğine karar vermek için son derece sınırlı bir fikir verir. Temel bileşenleri oluşturan elementlerin dizilişini gösteren mineral bileşimi çok önemlidir.

5.1 Kristal ve Parakristal Gruplar

5.1.1 Kaolinler

Kaolin mineral grubu, kaolinit, dioktit ve nakrit ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) ve halloysit-endellit ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ve $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$)'den oluşur. Kaolinit ve endellitlerin yapısal formülleri $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ ve $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8 \cdot 4H_2O$ 'dir. Bir kaolinit şebekesi iki tabakalı yapıya sahiptir. Bir tabaka tetraedral olarak O ile koordine edilmiş silisyumdan, diğer tabaka ise oktaedral olarak O ve OH ile koordine edilmiş Al'dan oluşur.

5.1.2 Serpentinler

$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ şeklinde gösterilebilecek kaolin yapısındaki Al'ların Mg'la yer değiştirmesi sonucu serpentin minerali oluşur ve kapalı formülü $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 'dir. Serpentinlerde üç tür oktaedral katyon yerleşimi vardır. Bunun sonucu +6 yüke sahip trioktaedral grup meydana gelirken kaolinitlerde katyon bölgelerinin yalnızca 2/3 Al ile doldurulmuş olup +6 yüklü bir dioktaedral yapı oluşur. Serpentinler diğer özellikleri ile Al'lu killerden ayrılrsa da yapısal olarak kaolin mineralleri ile analogdur.

5.1.3 Smektitler (Montmorillonitler)

Montmorillonitler üç tabakalı kil mineralleridir ve kristal şebeke yüküne sahiptirler. Bunların en belirgin özelliği, su, alkol ve özellikle etilen glikol ve gliserinde solvate olduğunda şişmesidir. Montmorillonit veya smektitlerin profilite $\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ veya talk $\text{Si}_8\text{Mg}_6\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ 'ten türetilmiştir.

5.1.4 İllitler veya Mikalar

İllit mika grubuna kilimsi sedimentlerin kil minerali bileşeni için kullanılan genel bir terim olup tek başına saf bir mineral değildir. Bununla birlikte genel bir formül olarak $2\text{K}_2\text{O} \cdot \text{MO} \cdot 8\text{R}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot \text{RH}_2\text{O}$ yazılabilir kristal yapısı $\text{K}_Y(\text{Al}_4\text{Fe}_4\text{Mg}_4\text{Mg}_6)(\text{Si}_{8-y})\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ verilebilir. Burada MO iki değerli metaloksidleri, R_2O_3 ise üç değerli metaloksidleri göstermektedir.

İllit bir mika türü olan muskovit ile montmorillonit arasında bir yapı ve bileşene sahiptir. Mikaya benzer kil minerallerine verilen genel grup adıdır. Gri, yeşli veya sarımsı-kahve renkte bulunur.

Mika, filosilikat minerallerinin bir grubu olup tabakamsı yapıya sahiptir ve $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li}, \text{Al})_{2-3}(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ genel formülü ile karakterize edilir.

5.1.5 Glaukonit

Yeşil, dioktaedral, mikamsı yapıda ve Fe(III) ve K içeriği zengin olan bir mineraldir. Birçok özelliği illitle ortak olup ancak rastgele karışmış tabakalardan oluşur. Glaukonit kum tanesi veya daha büyük parçalar halinde yaygın olarak bulunur. New Jersey glaukonit yeşil kumlar iyon değiştirici olarak su yumuşatma cihazlarında kullanılır.

Bu sayılan kil gruplarına ilave olarak Kloritler, Vermikülitler, Attapulgit ve Sepiolitler olarak adlandırılan gruplar vardır.

Bu özel gruplar dışında bu grupları birarada içeren karışık tabakalı kil mineralleri de bulunur.

5.2 Amorf ve Karışık Kil Grupları

5.2.1 Allofan ve İmogolit

Allofan amorf bir kil çeşidi olup Si, Al ve sudan oluşan katı çözeltidir. Halloysit ile birarada bulunur veya evansit ile homojen karışım halinde bulunur. Bileşimi, su miktarı farklılıklar gösterebilir.

Imogolit, ipliksi yapıdaki parakristalize kil mineralidir ve $1,1 \text{ SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,3-2,8 \text{ H}_2\text{O}$ genel formülü ile gösterilebilir. Allofan ile kaolinit grubu arasında geçiş sınıfı olarak kabul edilir.

5.3 Yüksek Alüminyum İçerikli Killer

Hidrate alüminyum minerallerinin birkaçı kil mineralleri ile birlikte gruplandırılır. Örneğin diaspor ve boehmit, diaspor killerinin başlıca bileşenleridir. Bunlar %75'in üstünde Al_2O_3 içerirler. %65 dolayında Al_2O_3 içeren gibsit ve cliachit ise boksit içerisinde boksitik kaolin ve boksit kil olarak bulunur.

Çizelge 5.1'de kil minerallerinin sınıflandırılması toplu olarak verilmiştir (Mark vd., 1979, Vol. 6).

Çizelge 5.1 Kil minerallerinin sınıflandırılması (Mark vd., 1979, Vol. 6)

Grup	İsim	Kimyasal Formül
Kaolinler	Kaolinit	
	Dikkit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Nakrit	
	Halloysit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Endellit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Anauksit	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Serpentinler	Serpentin	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
	Amesit	$(\text{Mg}_2\text{Al})(\text{SiAl})\text{O}_5(\text{OH})_4$
	Kronstedit	$(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+})(\text{SiFe}^{3+})\text{O}_5(\text{OH})_4$
	Kamosit	$(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_{2,3}(\text{Fe}^{2+}\text{Al})_{0,7}(\text{Si}_{1,14}\text{Al}_{0,86})\text{O}_5(\text{OH})_4$
	Garnierit	$\text{H}_4(\text{Ni}, \text{Mg})_3\text{Si}_2\text{O}_{11}$
Smektitler	Montmorillonit	$[\text{Al}_{1,67}\text{Mg}_{0,33}(\text{Na}_{0,33})\text{Si}_{3,17}]\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
(Montmorillonitler)	Beidellit	$\text{Al}_{2,17}[\text{Al}_{0,33}(\text{Na}_{0,33})\text{Si}_{3,17}]\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
	Nontronit	$\text{Fe(III)}[\text{Al}_{0,33}\text{Na}_{0,33}]\text{Si}_{3,17}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
	Hektroit	$[\text{Mg}_{2,67}\text{Li}_{0,33}(\text{Na}_{0,33})]\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$
	Saponit	$\text{Mg}_{3,00}[\text{Al}_{0,33}(\text{Na}_{0,33})]\text{Si}_{3,67}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
	Saukonit	$[\text{Zn}_{1,48}\text{Mg}_{0,14}\text{Al}_{0,74}\text{Fe(III)}_{0,40}][\text{Al}_{0,99}\text{Si}_{3,01}]\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{X}_{0,33}$ X: Değişken katyon; 0,33'a ekivalent
İllitler	İllit	$2\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MO} \cdot 8\text{R}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ MO: İki değerli metal oksidler R_2O_3 : Üç değerli metal oksidleri
	Mika	$(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li}, \text{Al})_{2-3}(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$
Glaukonit	Glaukonit	$\text{K}_{15}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al})_{4-6}(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$
Kloritler ve	Klorit	$(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_2[\text{Al}, \text{Si}]_4\text{O}_{10}]\text{Mg}_5(\text{OH})_6$
Vermikülitler	Vermikulit	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Attapulgit ve	Attapulgit	$(\text{Mg}, \text{Al})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Sepiolit	Sepiolit	$\text{H}_4\text{Mg}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(2\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$
Allofan	Allofan	$x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, x > 1$
	İmogolit	$1,1\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,3-2,8\text{H}_2\text{O}$

5.4 Killerin Kullanım Alanları

Tuğla, kiremit, porselen, seramik glazür, döküm kumu yapımında kullanıldığı gibi sondaj kuyularında kaydırıcı akışkan, katalizör, yağ rafinasyonunda, kağıt sanayinde yaygın olarak kullanılır.

Bunların dışında daha az yaygın olarak yapıştırıcı, asfalt yapımı, radyoaktif atıkların yok edilmesi, portland çimentosu, boya sanayi, pestisidlerde dolgu maddesi, plastik ve lastik üretiminde dolgu olarak ve bulanık suların temizlenmesinde kullanılır.

Bu kullanım alanları içerisinde yalnızca adsorpsiyonun etkin olduğu alanlar, yağ rafinasyonu ve renk giderme, suların berraklaştırılmasıdır. Bunlar hakkında aşağıda bilgi verilmiştir.

5.4.1 Yağ Rafinasyonu ve Renk Giderme

Hayvansal, bitkisel ve mineral yağların koku, renk ve su giderimi ile nötralizasyonunda yaygın olarak kil mineralleri kullanılmaktadır. Renk giderme, yağ rafinasyon işleminin önemli proseslerinden biridir. Yağ 250-2000 μm (10-60 mesh) büyüklüğünde kil granüllerle doldurulmuş filtreden geçirilir veya yaklaşık 741 μm (200 mesh altında) tane boyutuna öğütülmüş kil ile yağ karıştırılır ve sonra kil filtre preste süzülerek ayrılır. Granül ile doldurulmuş filtreden geçirme işlemi düşük sıcaklıktaki proseslerde, ince kil ile karıştırma işlemi 150-300°C arasında çalışılan proseslerde uygulanır.

Renk gidermede ince taneli millerden saf kil minerallerine kadar değişen killi malzemeler kullanılır. Bu materyaller ham olarak kullanıldığı gibi bir fiziksel veya kimyasal işlem uygulandıktan sonra uygulanabilir. Örneğin ağartma toprağı (fuller toprağı) gibi killer kimyasal işlem görmeden yağ rafinasyonunda kullanılır. Yıllar boyu ham yünün yağ ve kirlere artılması amacı ile su içinde dağıtılarak akışkan çamur haline getirilmiş toprak ile yıkanması halk arasında yapılagelmiştir ve bu amaç kullanılan toprağı fuller toprağı denilmiştir. Günümüzde fuller toprağı herhangi özgün bir bileşim veya orjine sahip killere verilen ad olmayıp adsorpsiyon kapasitesi yüksek olan ve bu nedenle ham olarak renk giderme işleminde kullanılan killere verilen genel bir isimdir. Attapulgit ve bazı montmorillonitlerin renk giderme özelliğı çok fazladır. Bu killer 200-315°C'de ve değişik büyüklüklerde kullanıma hazırlanır. Attapulgit kilinin aktivitesi düşük nemde ve yüksek basınç altında ekstruzyon yapılarak artırılır.

Montmorillanit killerinin aktiviteleri bu yöntem ile artırılmaz. Yalnızca birkaç tür montmorillonit kili işlenmemiş halde renk giderme özelliğine sahip olduğundan arazide ya da kil yatağında test yapıldıktan sonra değerlendirilmelidir. Bazı montmorillonit killerin renk giderme gücü asid aktivasyonu ile birkaç kat artırılır. Halloysit killeri de yüksek renk giderme kapasitelerine sahip olabilirler. İspanya'daki bazı sepiolit killeri çok mükemmel renk giderici malzemedir. Attapulgit ve montmorillonit killeri, ticari renk giderici malzemeleri olarak kullanılır.

5.4.2 Renk Giderme İşleminde Kullanılan Killerin Özellikleri

Görelî olarak küçük miktarda kil rengi azaltabilmelidir. Buna ilave olarak yağ alıkoyması düşük olmalıdır. Yani yalnızca çok küçük miktardaki yağ renk giderme işlemi sırasında kilin içerisinde kalmalıdır. Eğer atık kilde kalmış olan yağ bir çözücü ile veya destilasyon ile geri kazanılmıyorsa bu özellik çok büyük önem kazanır. Killer kolay çözülebilir karakterde olmalıdır yani, yağ filtreden istenen hızda geçebilmeli fakat kil filtrenin gözeneklerini tıkamamalıdır. Yemeklik yağlarda koku veya tadda bir olumsuzluk oluşturmamalıdır.

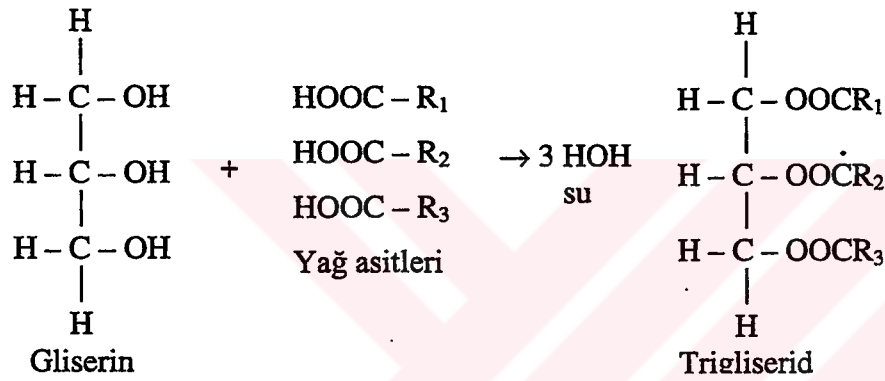
5.4.3 Suların Bulanıklığının Giderilmesi

İçme suyunda kollidol maddelerin giderilmesinde süzme ve/veya sedimantasyon yöntemleri kullanılır. Şap, kollidal maddelerin çökelme ve süzme hızının artırılmasında flokülant olarak kullanılır. Kolayca dağıtılabilen ve kollidal özelliğe sahip kil şaptan önce ilavesi istenir. Şap kili flok haline getirerek başka yöntemle çöktilemeyen yabancı kolloidal maddelerle birlikte ayrılması sağlanır. Bentonitler ve attapulgit killeri bu amaç için çok kullanılır (Mark vd., 1979, Vol. 6).

6. YAĞLAR HAKKINDA GENEL BİLGİ

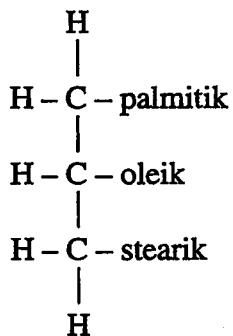
Yağlar suda çözünmeyen, hidrofob karakterde bitkisel ve hayvansal esaslı maddelerdir. Bunlar yağ asitlerinin gliserin esterleridir ve trigliseridler olarak da adlandırılırlar. Sıcaklık değişiminden kaynaklanan yapı değişikliği hayvansal yağların katı, bitkisel yağların sıvı olduğu yolundaki genel kavramı tam geçerli olmaktan çıkarır. Bu nedenle günümüzde bitkisel veya hayvansal yağ terimleri genellikle akademik anlamda kullanılır (Swern, 1979).

Bir trigliserid; bir molekül gliserin ile üç molekül yağ asidinin üç molekül su ve bir molekül trigliserid vermesi ile gerçekleşen reaksiyonun ürünüdür.

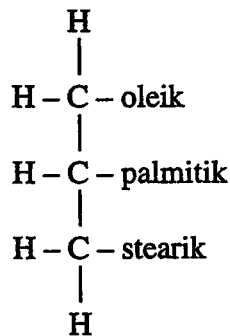


Yukarıdaki reaksiyonda R_1 , R_2 ve R_3 aynı olduğunda ürün basit bir trigliserid, farklı olduğunda ise karışık bir trigliseriddir.

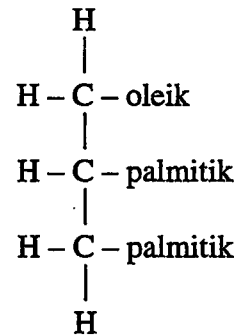
Üç farklı yağ asidi içeren bir trigliseridin, yağ asitlerinin bağlı olduğu karbon atomuna göre, üç isomerik yapısı vardır. Ortadaki karbona bağlı yağ asidi β veya 2 pozisyonunda, dıştaki karbonlara bağlı yağ asitleri ise α veya 1 ve α' veya 3 pozisyonundadır: Örneğin palmitik, oleik ve stearik asitlerin ürünü olan bir trigliserid aşağıdaki isomerlerden oluşur (Swern, 1979).



β -Oleopalmitostearin

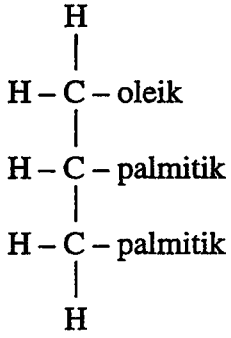


β -Palmitooleostearin

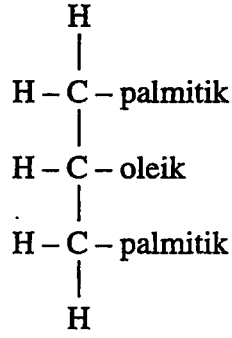


β -Steropalmitoolein

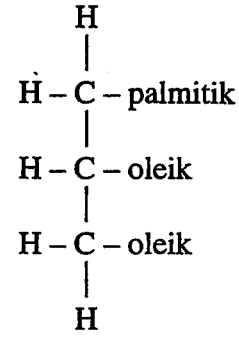
İki farklı yağ asidi içeren bir karışık trigliseridin dört izomerik yapısı vardır.



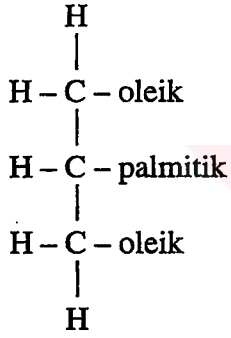
α -Oleopalmitostearin



β -Palmitooleostearin

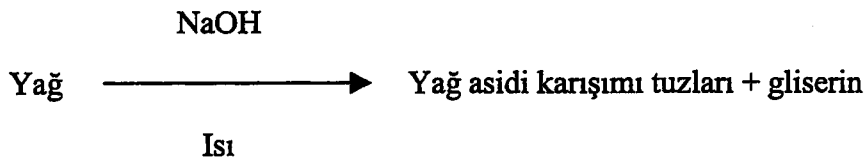


α -Steropalmitoolein



β -Palmitooleostearin

Yağlar, sodyum hidroksid çözeltisi ile ısıtıldığında yağ asitleri karışımının sodyum tuzu ve gliserin oluştururlar.



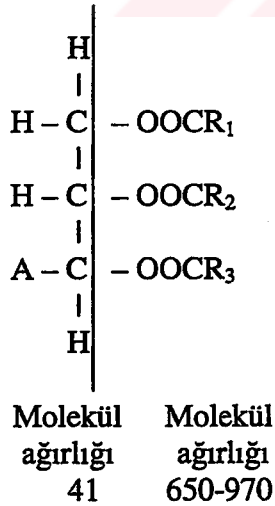
Bu reaksiyon bir esterin sabunlaşma veya alkali hidroliz reaksiyonudur.

Yapısında çifte bağ içermeyenlere doymuş yağ asileri, çifte bağ içerenlere ise doymamış yağ asidleri denir.

Çizelge 6.1'de yağlarda çok bulunabilen yağ asidlerinin isim ve formülleri verilmiştir (Stacy, 1975).

Çizelge 6.1 Önemli yağ asidlerinin isim ve formülleri (Stacy, 1975)

Karbon Sayısı	Klasik İsim	Formül
Doymuş yağ asitleri		
C ₈	oktonik asid	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH
C ₁₀	dekanoik asid	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH
C ₁₂	laurik asid	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH
C ₁₄	miristik asid	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH
C ₁₆	palmitik asid	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
C ₁₈	stearik asid	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
Doymamış yağ asitleri		
C ₁₈	oleik asid	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
C ₁₈	risinoleik asid	CH ₃ (CH ₂) ₅ CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH OH
C ₁₈	linoleik asid	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
C ₁₈	linolenik asid	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
C ₁₈	elostearik asid	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH=CH-CH=CH-CH=CH(CH ₂) ₇ COOH



Bir trigliseridin, gliseril kısmının (C₃H₉) ağırlığı 41 olup yağ asidi kısmının ağırlığı ise asidlerin türüne göre 650 ile 970 arasında değişir. Böylece bir trigliserid molekül ağırlığının % 94-96'sını yağ asidi oluşturur. Bundan dolayı trigliseridlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde, yağ asidlerinin fiziksel (hidrofobik karakter ve kimyasal özellikleri etkilidir.

Birkaç istisna dışında doğada bulunan yağ asitlerinin büyük çoğunluğu düz zincirlidir ve çift sayıda karbon içerirler. 1954 yılında yün yağında bulunan dallanmış zincire sahip izoastler keşfedilinceye kadar doğadaki tüm yağ asitlerinin çift karbonlu olduğu fikri geçerliydi. Ancak 1954'ten günümüze kadar olan araştırmalar düz zincirli ve çift karbon sayılı yağ asitleri dışında da yağ asitlerinin doğada bulunduğunu göstermiştir.

İlk dallanmış asit ise 1929 yılında keşfedilen izovalerik asiddir, siklopropenoid asidler, epoksi asidler, keto asidler, siklopentenoid asidler, furanoid asidlerde bulunmaktadır.

Yağlarda gliserid yapısında olmayan safsızlık şeklinde bileşenlerde bulunmaktadır: Bunlar fosfatidler, streoller, pigmentler, renksiz hidrokarbonlar, antioksidanlar, yağ alkoller, vitaminlerdir (Swern, 1979).

Doğal yağlar, yüksek ve düşük erime noktalı trigliserdleri birarada içerdiğinden dolayı erime noktaları kesin değildir. Kısa zincirli veya doymamış yağ asitleri içeren yağların erime noktaları düşüktür (Mark vd., 1963, Vol. 8).

Yağların karakterize edilmesinde kullanılan en önemli iki kimyasal özellik, iyot indisi (iyot değeri) ve sabunlaşma indisi (sabunlaşma değeri) dir. İyot indisi 100 gr yağ tarafından bağlanan iyodun gram miktarıdır. Bu indis ortalama doymamışlık derecesini gösterir.

Sabunlaşma indisi ise 1 gram yağı sabunlaştırmak için gereken miligram cinsinden KOH miktarıdır. Sabunlaşma indisi yağın ortalama molekül ağırlığının ölçüsüdür.

Lund (1922) tarafından bir yağın yoğunluğu şu şekilde formüle edilmiştir:

$$d^{15} = 0,8467 + 0,000308 [\text{Sabunlaşma indisi}] + 0,00014 [\text{İyot indisi}] \quad (6.1)$$

Konjuge asid yağlar ve hidroksi asid yağlar bu bağıntıya uymazlar. Genel olarak yağların yoğunlukları 0,895 - 0,95 arasında değişmektedir.

Yağların sudaki çözünürlükleri son derece düşüktür (32°'de %0,14). Hidrokarbon, klorlanmış hidrokarbonlar, eter ve karbon sülfürde çözünürler.

Yağlar doymamışlıklarına ve kuruma veya polimerizasyon özelliklerine göre kurumayan ve kuruyan yağlar olarak sınıflandırılabilir. Kurumayan yağlar; iyot indisi 90'ın altında, yarı kuruyan yağlar, iyot indisi 90-130 arasında, kuruyan yağlar ise iyot indisi 130'un üzerinde olan yağlardır.

Yağlar ayrıca bitkisel ve hayvansal yağlar olarak veya yemeklik ve teknik yağlar şeklinde de sınıflandırılabilirler.

6.1 Madeni Yağlar Hakkında Bilgi

Mineral yağlar; daha çok endüstride yağlama ve ısı transferi amacıyla kullanılırlar. Bunlar ham petrolün destilasyonu sonucu elde edilen ve 16-22 karbonlu hidrokarbonları içeren yağlardır. Bunlar molekül ağırlığı 250'ye kadar inebilen düşük viskoziteli ürünler olabileceği gibi molekül ağırlığı 1000'e kadar çıkabilen çok yüksek viskoziteli ürünlerde olabilir. Parafinlerden oluşan ve oksidasyona karşı dayanıklılığı çok yüksek olmayan mineral yağlar yanında aromatik bileşenlerin fazla olduğu oksidasyona karşı daha dayanıklı mineral yağlarda vardır. Bunların dışında naftanik mineral yağlar vardır. Bunlarda oksidasyona karşı dayanıklılığı azdır. Bu yağların fiziksel özellikleri aromatik yağlar ile parafinik yağların arasındadır. Çoğunlukla parafinik yağ olarak isimlendirilen yağlar hem parafinik hemde naftanik yapı içerir. Ancak çok az oranda aromatik bileşen vardır. Bunların oksidasyon dayanıklılığını artırma ve sıcaklıkla viskozite değişimini azaltmak için çeşitli kimyasal katkıları kullanılır.

Son birkaç on yıldır mineral yağların yanında aynı amaçla kullanılmak üzere sentetik yağlarda geliştirilmiştir. Bunların ilkinin 1929 yılında ticari olarak üretilen polimerleştirilmiş olefinler oluşturur. Bunu takiben 1940'da ester esaslı sentetik yağlar, 1943'de ise poliglikol ve silikon esaslı sentetik yağlar üretilmiştir. Sentetik yağların özellikleri mineral yağlara göre kullanım amacına uygundur. Ayrıca plastikleştirici, ateşe dayanıklı, uçak sanayinde ve hidrolik yağlar geliştirilmiştir. Bunların çok kullanılanları ve isimleri Çizelge 6.2'de verilmiştir (Märk vd., 1963, Vol. 12).

Çizelge 6.2. Çok kullanılan sentetik yağların tipi ve kullanım alanları
(Mark vd., 1963, Vol. 12)

Sentetik Yağı Tipi	Sentetik Yağın Kullanım Alanları
Silikon esaslılar	Geniş sıcaklık aralığında kullanılmak üzere hidrolik ve piston sıvısı, havacılık füze ve vakum sistemleri için yüksek sıcaklığa dayanıklı sıvı
Organik esterler	Hidrolik ve alet sıvısı olarak havacılıkta, jet motorlarında Yüksek ısıda çalışan jet motorlarında
Poliglikol	Tekstil ve yüksek sıcaklık gereken endüstriyel kullanımlarda, su bazlı ateşe dayanıklı hidrolik sıvı
Fosfor	Boyama sanayinde ateşe dayanıklı sıvı, hava kompresör ve hidrolik sistemlerde elektrik ve buzdolabı yağları, fırınlarda rezistanslarda ve havacılık sanayinde
Silikat	Elektronik soğutucu yapımında, askeri sanayide hidrolik sıvı
Klorlanmış aromatik	Genellikle fosfor ile karıştırılarak ateşe karşı dayanıklılık gereken alanlarda
Florakimyasal	Oksijen kompresörleri, sıvı oksijen sistemlerinde

Gres; sabun gibi bir kolloit madde (jelleştirici) ile kalınlaştırılmış bir mineral yağdır (Mark vd., 1963, Vol. 12).

Vakslar; trigliseridlerin sodyum hidroksid ve ısı ile çözünmeyen ve uzun zincirli alkollerin esterlerinden (C16-C36) oluşabileceği gibi petrol fraksiyonlanması sırasında ele geçen ve 20-40 karbonlu hidrokarbonlar karışımından da oluşur. Bu ikinci tür vaksa parafin vaks adı da verilir (Stacy, 1975).

6.2 Yağ-Gres Analiz Yöntemleri

6.2.1 Arıtılmış Sularda Yağ Tayin Yöntemi

Çözünmüş veya emülsiyon halindeki yağ veya gres sudan değişik çözücüler kullanılarak ekstrakte edilir (Greenberg vd., 1971). Standard metodlar kaynağının 12. baskısında arıtılmış sular için çözücü olarak petrol eteri, arıtılmamış sular için n-hekzan kullanımı önerilmiştir. 13. baskıda bütün örnekler için triklorotrifloroetan, 14. ve 17. baskılarda da triklorotrifloroetan kullanılması tavsiye edilmiştir. Ancak kloroflorokarbonlarla ilgili çevresel problemlerden dolayı alternatif çözücü olarak 18. baskıda %80 n-hekzan %20 metil-terciyer-butil eter karışımı önerilmiştir (Greenberg vd., 1992). Doymamış yağlar ve yağ asitleri kolayca okside olabilirler. Bu sebeple özel önlemler alınması gerekir.

6.2.1.1 Analizi Bozucu Etkenler

Çözücüler sadece yağ ve gresi değil organik maddeleri de çözerler. Sadece yağ-gres çözen bir çözücü ya da çözücü karışımı bilinmemektedir.

Sabunlaşan yağ veya gres emülsiyon halinde bulunur. Bu emülsiyon örneğin pH'sı yaklaşık 1'e ayarlanıp NaCl ile doyurularak kırılır. Daha zor kırılan emülsiyonlar için farklı yöntemler literatürlerde verilmiştir (Pomery ve Wakeman; 1941; Tarasve ve Blum, 1968).

6.2.1.2 Örnek Alma

Alınan örnek, atıksuyu temsil etmelidir. Yüzeyi yağ ile kaplanmış nehir, göl ve buna benzer su kaynaklarından yüzeyden alınan örnek suyun tamamını temsil etmez. Kapatma sırasında yüzeyde toplanmış yağın kaybını önlemek için şişenin tam olarak doldurulmasından kaçınılmalıdır.

Örnekler, temiz cam kapaklı ve daha önce çözücüyle yıkanmış kuru şişelere alınmalıdır. Örneğin gerekenden daha büyük bir şişede istenilen hacimde toplanması önerilir.

6.2.1.3 Örneğin Saklanması

Örneklerdeki, bakteriyel aktiviteyi önlemek için her litre atıksu için 5 ml 1:1 oranında seyreltilmiş H_2SO_4 ile asidlendirilmelidir.

6.2.1.4 Kullanılan Aparentlar

- a) Ayırma hunisi
- b) Mantolu elektrikli ısıtıcı

6.2.1.5 Kullanılan Reaktifler

- a) Sülfirik asit 1:1
- b) Organik çözücü

Triklorotrifloroetan veya petrol eteri yağ-gres ekstraksiyonunda kullanılır. Her iki organik çözücü yağ-gresi aynı derecede ekstrakte eder. Ancak, triklorotrifloroetan yanıcı olmadığından laboratuvar güvenliği bakımından tercih edilebilir.

- 1) Triklorotrifloroetanın kaynama noktası 47°C'dir.
- 2) Petrol eterinin kaynama noktası 35-60°C'dir.

Petrol eteri kullanıldığında güvenlik önlemleri alınmalıdır. Çünkü parlayıcıdır.

6.2.1.6 Yöntem

6.2.1.7 Örneğin Hazırlanması

Örnek yeterli büyüklükte bir ayırma hunisine alınır ve her litre örnek için 5 mL 1:1 H₂SO₄ ile asidlendirilir.

6.2.1.8 Organik Çözücü ile Ekstraksiyon

Örnek şişesi 15 mL organik çözücü ile yıkanır ve yıkama ürünü ayırma hunisine alınır. Ayırma hunisine 25 mL daha çözücü ilave edildikten sonra 2 dakika süre ile kuvvetlice çalkalanır. Organik fazın ayrılması için beklenir. Su kısmı temiz bir kaba alındıktan sonra önceden darası alınmış ve tüm ekstraksiyon sonundaki çözücüleri alabilecek hacimdeki bir destilasyon balonuna aktarılır. Eğer organik faz berrak değilse balona alırken Whatman No 40 veya eşdeğeri olan bir süzgeç kağıdından süzülür. Tüm süzme işlemleri bittiğinde filtre kağıdı 2 defa 5 mL'lik taze çözücü porsiyonu ile yıkanır. Kaptaki su yeniden ayırma hunisine alındıktan sonra 15 mL çözücü ile kap yıkanır.

Yıkama çözücüsüne 25 mL daha çözücü ilave edildikten sonra ayırma hunisine alınır ve bu çözücü ile son kez ekstraksiyon yapılır. Ekstraksiyon bitiminde ayırma hunisi 20 mL çözücü ile yıkanarak bu yıkama çözücüsü de destilasyon balonuna alınır.

6.2.1.9 Çözücünün Uzaklaştırılması

Çözücüye bağlı önlemler alınarak çözücü su banyosunda ya da elektrikli ısıtıcıda çözücü 10 mL kalıncaya kadar destile edilir. Destilasyon sisteminde soğutucu çıkarıldıktan sonra kalan çözücü aynı sıcaklıkta uzaklaştırılır. Tüm çözücü uzaklaştırıldığında balonun kenarlarındaki solvent buharlarının alınması için balon yan yatırılır ve solvent buharlarının tam olarak uzaklaştırılması için kurutucu gaz geçirilir. Balon bir desikatörde yarım saat tutulduktan sonra tartılır.

6.2.1.10 Hesaplama

Destilasyondaki tartım (balon ağırlığı + yağ-gres) = A gram

Balonun darası = B gram

$$\text{Yağ veya gres miktarı (g/L)} = \frac{(A - B) \times 100}{\text{Örnek hacmi (ml)}} \quad (6.2)$$

6.2.2 Atıksularda Yağ-Gres Tayini

Gres tayininde özgün bir maddenin mutlak miktarı ölçülmez. Daha çok, örneğin çözücüde çözünürlüğü gibi, benzer fiziksel özelliklere sahip maddeler grubu tayin edilir. Gres yanında; asidlendirilen örnekten solvante ekstrakte edilebilen ve çözücü buharlaştırılması sırasında buharlaşmayan yağ asitleri, sabunlar, yağlar, vakslar, bitkisel yağlar ve diğer materyaller bulunur.

Endüstride yağlayıcılar ve emülsiyon yapıcı maddeler gibi bileşikler kullanılır. Bu materyallerin bileşimi doğal gres ve yağlardan farklıdır ve diğer doğal ürünlerden daha çok suda çözünür, veya daha kolaylıkla emülsifiye olabilirler. Bunlar arıtma yöntemlerinde ve alınan atıksu örneklerinde gres ve yağlar gibi davranırlar.

Laboratuvarlarda, endüstriyel atıklar veya diğer özel problemlerle ilgilenildiğinde bu metodların modifiye edilmesi gerekir. Literatürde (Taras ve Blum, 1968) rastlanan birkaç çalışmada, atıksu örneğinin pH'sı 1,0'e ayarlandıktan sonra NaCl ile doyurulursa (1 litre

örneğe 300 gram) çözünebilen veya emülsifiye olabilen yağ türevlerinin analizi için gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edileceği ileri sürülmüştür. Soxhlet Metodu ve yarı-yaş metodunda solventle ekstraksiyonda tekrarlanabilir ve iyi sonuçlar elde etmek için örneğin süzülmesi gerekmektedir.

Gres ve yağlar aneoribik bozunmaya direnç gösterirler. Çamurda bulunduğunda çürütücülerde birikmeye sebep olur. Su yüzeyinde birikme yapar, filtrelerin porlarını tıkar ve gübre olarak çamurun kullanılmasını önler.

Bu maddeler atıksuya veya arıtılan efülentlere boşaltıldığında yüzey filmlerine ve sahilde birikmelere sebep olur.

Atıksuda yağ-gresin kantitatif miktarının bilinmesi, fabrika işletmesi, fabrika etkinliğinin bilinmesinde ve daha sonraki arıtma işlemleri sonucunda su kaynaklarına verilen yağ-gresin kontrolünde problemlerin üstesinden gelmeye yardım eder.

Sıvı örneklerde gres tayini için iki ekstraksiyon metod verilmiştir. Soxhlet metodu (A) ve yarı yaş metod (B). Metod A ile gres tayin etmenin toplam süresi 6 saat oysaki Metod B için süre 2 saattir.

İki yöntem içinde Metod A daha fazla duyarlılığa ve doğruluğa sahiptir. Her iki metod, 650 mg/L'ye kadar gres konsantrasyonlarında tekrarlanabilir sonuçlar vermektedir.

Sıvı örnekler mümkün olduğu kadar ana kitleyi temsil edecek şekilde alınmalıdır. Bir atıktaki ortalama gres konsantrasyonu bilinmesi gerektiği zaman belirli zaman intervallerinde toplanan örnek kısımları biriktirilir ve örneğin toplanması boyunca örnek toplama kabındaki gres kayıpları elimine edilebilir.

Gres tayini yapılacak olan örnekler kloroform veya sodyum benzoat gibi koruyucular katılmamalıdır.

6.2.2.1 Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi

Çözünen metalik sabunlar asidlendirilmeyle hidroliz edilir. Katı veya viskoz gres süzülerek sıvı örnekten ayrılır. Daha sonra gres hekzan veya triklorotrifloroeton kullanarak bir Soxhlet aparatında ekstrakte edilir ve çözücünün buharlaştırılmasından sonra kalan kalıntı, örneğin gres içeriğidir. Bu buharlaştırma sırasında 103°C'de veya altında buharlaşan bileşikler kaybolur.

6.2.2.1.1 Bozucu Etkiler

Analizde elementel sülfür ve belirli organik boyalar gibi organik çözücülerde çözünebilen maddelerde gres olarak ekstrakte edilecektir. Kuruma için gereken zaman ve ekstrakte edilen gresin soğuması deney sonuçlarına etki etmez. Buharlaşma sonunda yapılan tartımlarda giderek ağırlık artışı görülürse bunun nedeni hava oksijenin absorpsiyonu, aksine ağırlık azalması görülüyorsa kolay uçabilen bileşiklerin varlığından söz edilebilir.

6.2.2.1.2 Düzenek

- a) Soxhlet ekstraksiyon aparatı
- b) Vakum pompası veya diğer vakum kaynakları
- c) Buhner hunisi, 12 cm
- d) Elektrikli ısıtıcı

6.2.2.1.3 Reaktifler

- a) Konsantre HCl
- b) Organik çözücü

Ya n-hekzan ya da triklorotrifloroetan ekstraksiyon çözücüsü olarak kullanılabilir. Kullanılmış çözücü, buharlaşma sırasında kalıntıdan ayrılmalıdır.

- 1) n-hekzan, kn. 69°C
- 2) Triklorotrifloroetan, kn. 47,5°C
- c) Filtre kağıdı; Whatman No 40, 11 cm
- d) 11 cm çapında kesilmiş tüy bırakmayan kumaş süzgeçler
- e) Litresinde 10 gram katı madde olacak şekilde hazırlanmış diatome-silikat süspansiyonu

6.2.2.1.4 Yöntem

- a) 1 litre atıksu, ölçülü 1 litrelik şişeye konur. pH 1,0'e asidlendirilir. Bunun için 10 mL konsantre HCl yeterlidir.

- b) Muslin kumaş diskin üzerine filtre kağıdı yayılarak bir süzgeç hazırlanır. Kağıt ve muslin ıslatılarak süzgeçe iyice yapışması sağlanır. 100 mL diatome-silikat süspansiyonu huniye konur ve süzülür. Daha sonra süzgeç 1 litre su ile yıkanır ve huninin altından su gelmeyinceye kadar vakum uygulanır.
- c) Asidlendirilmiş örnek vakum altında süzülür.
- d) Filtre bir pens ile saat camına alınır ve kumaşın kenarlarına yapışmış olan maddeler saat camına katılır. Süzüntü toplama kabı ve buhar hunisi ekstraksiyonda kullanılan çözücü ile ıslatılmış süzgeç kağıdı parçaları ile silinir. Bu sırada bütün gresin alınmasına dikkat edilir. Bu kağıt parçaları saat camındaki tüm kitle rulo haline getirilerek ekstraksiyon kartuşuna yerleştirilir.
- e) Kartuş 103°C'de 30 dakika kurutulur ve içine küçük cam bilyacıklarla doldurulur. Sabit tartıma getirilmiş ekstraksiyon balonu tatılarak Soxhlet cihazına takılır ve gres hekzan veya triklorotrifloroetan ile saatte 20 kez sifon yapacak şekilde 4 saat süre ile ekstrakte edilir.
- f) 4 saat sonunda ekstraksiyon balonundaki çözücü 85°C'deki su banyosunda veya bir elektrikli ısıtıcıda destile edilir. Balon su banyosunda veya vakum uygulayarak kurutulur.
- g) Desikatörde 30 dakika soğumaya terkedilip sonra tartılır.

6.2.2.1.5 Hesaplama

$$\text{Toplam gres (mg/L)} = \frac{\text{Balonun ağırlık artışı (mg)} \times 1000 \text{ (mL)}}{\text{Örnek hacmi (mL)}} \quad (6.3)$$

6.2.2.1.6 Duyarlılık ve Doğruluk

Bu tayinin doğruluğu, atıksularda direkt olarak ölçülmez. Hayvansal, bitkisel ve mineral doğal ürünlerden hazırlanmış yapay örneklerle elde edilen sonuçlar için tatminkar sonuçlar elde edilse de bunlar endüstriyel ürünlere tam uyum sağlamazlar. Örneğin S.A.E. No. 20 mineral yağ kullanılarak hazırlanmış olan yapay örneklerle yapılan çalışmalarda ortalama kazanım %98.7 ve standard sapma %1.86 olarak bulunmuştur.

6.2.2.2 Yarı Yaş Ekstraksiyon Yöntemi

Bir cam karıştırıcı çubuk ile mekaniksel olarak çözücü ve gres arasındaki temasın sağlanması hariç, prensibi Soxhlet metodunun aynıdır.

Atıklarda gresin bileşimi değişebileceğinden dolayı, bütün atık tiplerinde bulunan toplam gres yüzdesi için sabit ve pratik bir ekstraksiyon sayısı vermek zordur. Ekstraksiyon sayısı en az on kadar olmalıdır. Çok zor çözünen gresler bu metod ile tayin edilemez. Soxhlet metodundaki gibi gres olmayan maddelerde hekzan ile ekstrakte olacaktır. Yöntemdeki bütün detaylar izlendiğinde tekrarlanabilir sonuçlar elde edilebilir.

6.2.2.2.1 Düzenek

- a) Buhner hunisi, 12 cm
- b) Destilasyon balonu, 300 mL

6.2.2.2.2 Reaktifler

Soxhlet yöntemi ile aynı

6.2.2.2.3 Yöntem

- a) Filtre kağıdının buhner hunisinden alındığı Soxhlet Metod Yöntem d' de anlatılan işleme kadar Soxhlet metodundaki işlem aynen uygulanır. Bundan sonra süzgeç kağıdı ile birlikte alınan kitle bir ekstraksiyon kartuşu yerine 300 mL'lik erlene konulur.
- b) 25 mL hekzan veya triklorotriflöröetan erlene ilave edilir. Bir ucu yassılaştırılmış uygun uzunluktaki karıştırıcı çubuk yardımıyla, çözücünün içindeki kağıt 1 dakika karıştırılır. Ara sıra kağıt, karıştırıcı çubuk ve erlenin duvarı arasına sıkıştırılır. Sonra 12 cm buhner hunisine yerleştirilmiş 18,5 cm Whatman No. 40 süzgeç kağıdından süzülür. Çözücü 300 mL'lik destilasyon balonunda toplanır.
- c) Yukarıdaki ekstraksiyon dokuz veya daha fazla kez tekrarlanır ve tüm çözücü destilasyon balonunda toplanır.
- d) Hunideki süzgeç kağıdı cam çubuk ve solvent kullanarak yıkanır ve bu çözücüde balona ilave edilir.

- e) Çözücü 85°C'de su banyosunda veya elektrikli ısıtıcıda yavaş destilasyon olacak şekilde çözücü hacmi 25 mL kalıncaya kadar destile edilir. Kalan çözücü 6 cm'lik bir cam huni kullanarak darası alınmış daha küçük bir destilasyon balonuna konulur ve destilasyon balonu da çözücü ile çalkalandıktan sonra hunide iki kez az miktarda solventle yıkayarak küçük destilasyon balonuna ilave edilir.
- f) 85°C'de su banyosunda balondaki çözücü destile edilir. Balon buhar banyosuna alarak kurutulur ve 15 dakika vakum uygulanır.
- g) Balon 30 dakika desikatörde soğutulur ve tartılır.

6.2.2.2.4 Hesaplama

Soxhlet Metodundaki gibidir.

6.2.2.2.5 Duyarlılık ve Doğruluk

Bu yöntemin doğruluğu endüstriyel sularda ölçülemez. Hayvansal, bitkisel ve mineral ürünlerden hazırlanmış yapay örneklerle elde edilmiş olan aşağıdaki sonuçlar bir gösterge olarak kabul edilebilir. 100 mg crisco, standard gres olarak kullanılıp yapılan analizde geri kazanım %98,5, standard sapma $\pm 4,0$ mg olarak bulunmuştur. Bir evsel atık örneğine uygulanan ve on kez tekrarlanan analiz sonunda ise standard sapma $\pm 2,5$ mg'dır.

6.2.3 Partisyon İnfrared Metod ile Yağ-Gres Tayini

Yukarıdaki yerleşik yöntemlere ilave olarak yağ ve gres tayininde kullanılmak üzere geliştirilmiş Partisyon İnfrared yöntemi de mevcuttur. IR spektrumunda C-H bağı net olarak görebilmek amacı ile yağ ve gresin ekstraksiyonunda triklorotrifloroetan kullanılır. Örneğin ekstrakte edilmesi işlemi Soxhlet yöntemindeki gibidir. Ekstraksiyondan sonra buharlaştırma işleminin aradan çıkarılma nedeni ile İnfrared yöntemi daha uçucu hidrokarbonların algılanmasını sağlar. Böylece gazolin hariç hafif petrol destilatları doğru olarak ölçülebilir. Tayin edilebilecek yağ-gres miktarı en az 0,2 mg/L'dir.

“Bilinen yağ” bir proseste kullanılan veya üretilen yağ veya gresin bulunduğu sudaki yağı tanımlar.

“Bilinmeyen yağ” ise standard ve tek tip yağ-gres kullanılmayan veya üretilmeyen prosesin atıksuyundaki yağı tanımlar.

6.2.3.1 Düzenek

- a) 2 litrelik TFE kapaklı ayırma hunisi
- b) 100 mL'lik balon jojeler
- c) Huni
- d) 11 cm çapında süzgeç kağıdı
- e) 2400 devir/dakika daha yüksek devirli ve en az 100 mL'lik dört tüp alacak santrifüj
- f) 100 mL'lik cam santrifüj tüpleri
- g) Çift ışınlı ve kaydedicili infrared spektrofotometre
- h) İnfrared için kuvars küvetler

6.2.3.2 Reaktifler

- a) HCl 1:1
- b) Triklorotrifloroetan
- c) Susuz, kristal sodyum sülfat
- d) Referans yağ: %37,5 hekzadekan %25 benzen içeren karışımdır.

6.2.3.3 Metod

Göl, nehir, deniz ve arıtılmış sularda yağ-gres tayin yöntemi ekstraksiyon aşamasının bitimine kadar Soxhlet metodundaki gibi yapılır ve toplanan ekstraktlar 100 mL'lik ölçü balonuna konup çözücü ile 100 mL'ye tamamlanır.

Bilinen bir yağ ile stok çözelti hazırlanır ve bu çözeltilerden 1 mL (0,5-1 g) darası alınmış 100 mL'lik ölçü balonuna konur. Balon kapağı kapatıldıktan sonra mg hanesine kadar tartım alınır. Çözücü ilavesi ile 100 mL'ye seyreltilir. Yağın cinsi bilinmiyorsa standart olarak referans yağ kullanılır. Gerekli yağ konsantrasyonunu kapsayacak şekilde bir seri standard çözelti hazırlanır. Çözücü referansa karşı standard çözelti hazırlanır. Çözücü referansına karşı standartların ve örnekleri 3200 cm^{-1} - 2700 cm^{-1} aralığında spektrumu alınır. Apsise paralel olarak düz bir temel çizgi çizilip pik maksimumları ile bu çizgi arasındaki mesafeler absorbansın ölçüsü olarak kabul edilerek örnek ve standartların absorbansı okunur. Eğer

örneklerin absorbansı 0,8'i aşarsa daha kısa ışın yolu veya örnekler seyreltilir. Standardlar ile kalibrasyon grafiği hazırlanır.

6.2.3.4 Hesaplama

$$\text{Yağ-gres (mg/L)} = \frac{A \times 1000}{\text{Örnek hacmi (mL)}} \quad (6.4)$$

A: Ekstrakte edilmiş örneğin kalibrasyon grafiğinden okunan yağ-gres (mg)

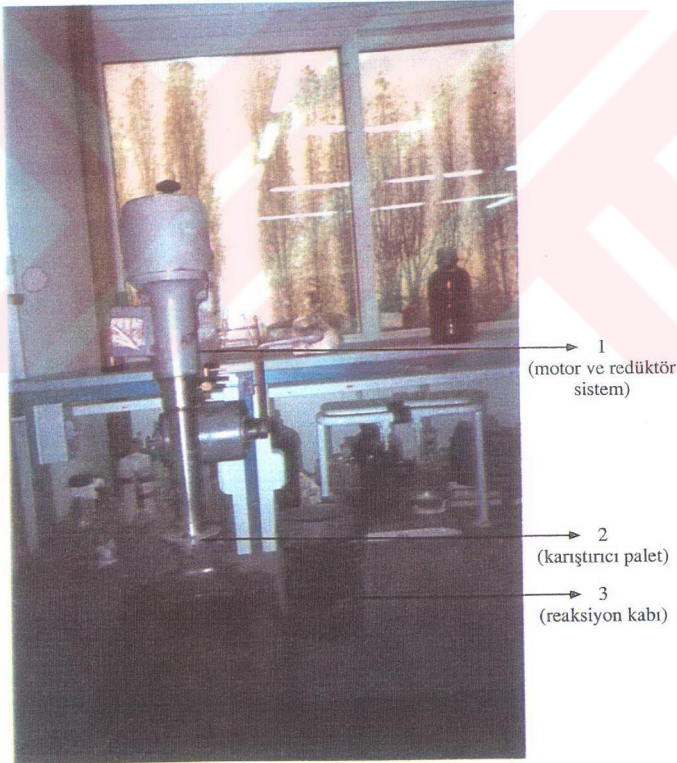
6.2.3.5 Duyarlılık

14 mg No. 2 fuel oil ve wesson yağ karışımı bulunan örnekteki yağın geri kazanımı %99 ve standard sapma 1,4 mg olarak bulunmuştur (Greenberg vd., 1992).

7. DENEYSEL KISIM

Atık suları yağ ve gresten arıtma amacı ile, uygulamaya yönelik olarak, tasarlanan bu yöntem **adsorpsiyon** tekniğine dayanmaktadır. Çalışmada adsorban olarak değişik **killer** kullanılmış ve optimum koşulların saptanması amacı ile çok sayıda deney yapılmıştır. Kilin aktivasyonu, tanecik büyüklüğü, adsorban oranı, işlem süresi, ortam pH'sı ve benzeri etkenlerin yağ arıtımına (adsorpsiyonuna) etkisine yönelik bu deneyler Şekil 7.1'de görülen düzenekte yürütülmüştür.

Düzenek; 1) 14000 devir/dakika'ya ayarlanabilen motor ve redüktör sistemi, 2) karıştırıcı paleti, 3) 2400 cm³ hacmindeki reaksiyon kabından oluşmaktadır.



Şekil 7.1 Deneysel çalışmaların yapıldığı düzenek

7.1 Adsorpsiyon İşlemi

250-300 cm³, musluk suyu ile hazırlanmış yağ içeren, yapay atıksu veya değişik endüstri dallarından alınmış atıksu reaksiyon kabına konuldu. Yağ-su karışımı belli bir süre karıştırıldıktan sonra, bunun üzerine öngörülen miktarda öğütülmüş kil katıldıktan sonra adsorpsiyon işlemi için belirli süre karıştırıldı.

7.2 Su-Kil Süspansiyonunu Ayırma İşlemi

7.1'de anlatılan işlemin bitiminde katı fazı sıvı fazdan ayırma işlemi için; süzme, santrifüjleme ve dekantasyon yöntemleri denendi. Daha hızlı ve daha etkin bulunması nedeni ile denemeler santrifüjle ayırma yöntemi ile sürdürüldü. Bu işlem için MSE Mistral 100082000 santrifüjü kullanıldı. Adsorpsiyon işleminden sonra 150'şer cm³ hacmindeki santrifüj tüplerine konulan karışım, 10 dakika süre ile 2000 devir/dakika'da santrifüjlendi. Adsorpsiyon kabında kalması olası kil taneciklerini tamamen alabilmek amacı ile santrifüj tüpünde durulmuş sıvı kısmından alınan porsiyonlarla, kap tüpün içerisine yıkandı ve tekrar 10 dakika süre ile santrifüjleme işlemi sürdürüldü. İşlem sonunda sıvı faz 500 cm³'lük ayırma hunisine alındı.

7.3 Yağ Miktarının Tayini

Ayırma hunisine alınan sıvı fazın pH'sı, 1:1 oranında seyreltilmiş HCl ilavesi ile 1-2 arasına getirildi. Ortama 30 cm³ trikloroetilen (Merc 958) katıldıktan sonra ayırma hunisi bir süre çalkalandı. Trikloroetilen fazı su fazından ayrılınca kadar beklendikten sonra organik faz alındı. Bu işlem 30 cm³'lük trikloroetilen porsiyonları ile iki kez daha tekrarlandı. Su fazı boşaltıldıktan sonra ayırma hunisi 10 cm³ trikloroetilen ile çalkalandı. Aynı kapta toplanan trikloroetilen fazları susuz sodyum sülfat üzerinden kurutuldu ve 100 cm³'lük balon jojeye alınıp hacmine tamamlandı. Çözeltilinin 50 cm³'ü önceden sabit tartıma getirilmiş 50 cm³'lük behere alındı. 90°C'ye ayarlanmış etüvde trikloroetilen tamamen buharlaştırıldıktan sonra kap tekrar tartılarak yağ miktarı saptandı (Greenberg vd., 1971).

Balon jodede kalan trikloroetilenli çözeltisinin absorbansı, önceden saptanan dalga boyunda okunduktan sonra çizilmiş olan kalibrasyon grafiğinden yağ miktarı hesaplandı.

Böylelikle yağ miktarları paralel olarak yürütülen iki ayrı analiz yöntemi ile saptanmış oldu.

Büyük ölçüde her iki yöntemde bulunan değerler birbirini doğruladı. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında daha hızlı ve doğru analiz sonuçları elde edebilmek için spektrofotometrik analiz yöntemi kapsamlı olarak incelendi.

7.3.1 Yağların Spektrofotometrik Yöntemle Analizi

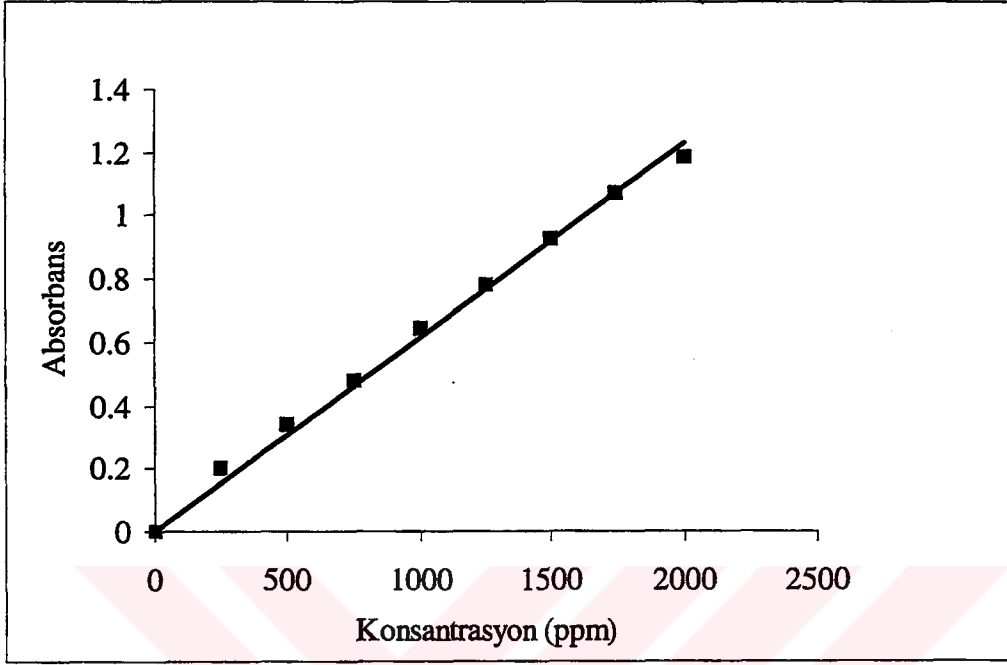
Yağların, spektrofotometrik kantitatif tayini için, trikloroetilendeki çözeltilerinin spektrumu alındı. $\lambda_{\max}$ 'ları saptandı ve ölçü eğrisi çizilip istatistiksel hesaplamalar yapıldı.

Bunun için 100 miligram mineral yağ (SAE 40) trikloroetilende çözülüp 50 mL'ye seyreltildi. Bu stok yağ çözeltisinden 1,25 cm³; 2,50 cm³; 3,75 cm³; 5,00 cm³; 6,25 cm³; 7,50 cm³; 8,75 cm³ alındı ve 10,00 cm³'e seyreltildi ve elde edilen çözeltilerin absorpsiyon spektrumları Unicam UV2-100 UV Visible Spectrometer ile alındı. $\lambda_{\max}$ 'unun 274 nm olduğu saptandı ve bu dalga boyundaki absorbans değerleri ile farklı yağ konsantrasyonları arasındaki ölçü eğrisi çizildi. Bu ölçü eğrisinin istatistiksel hesaplamaları yapılarak doğru denklemi bulundu. Mineral yağa (SAE 40) ait ölçü eğrisinin deneysel değerleri ve doğru denklem Çizelge 7.1'de verilmiştir.

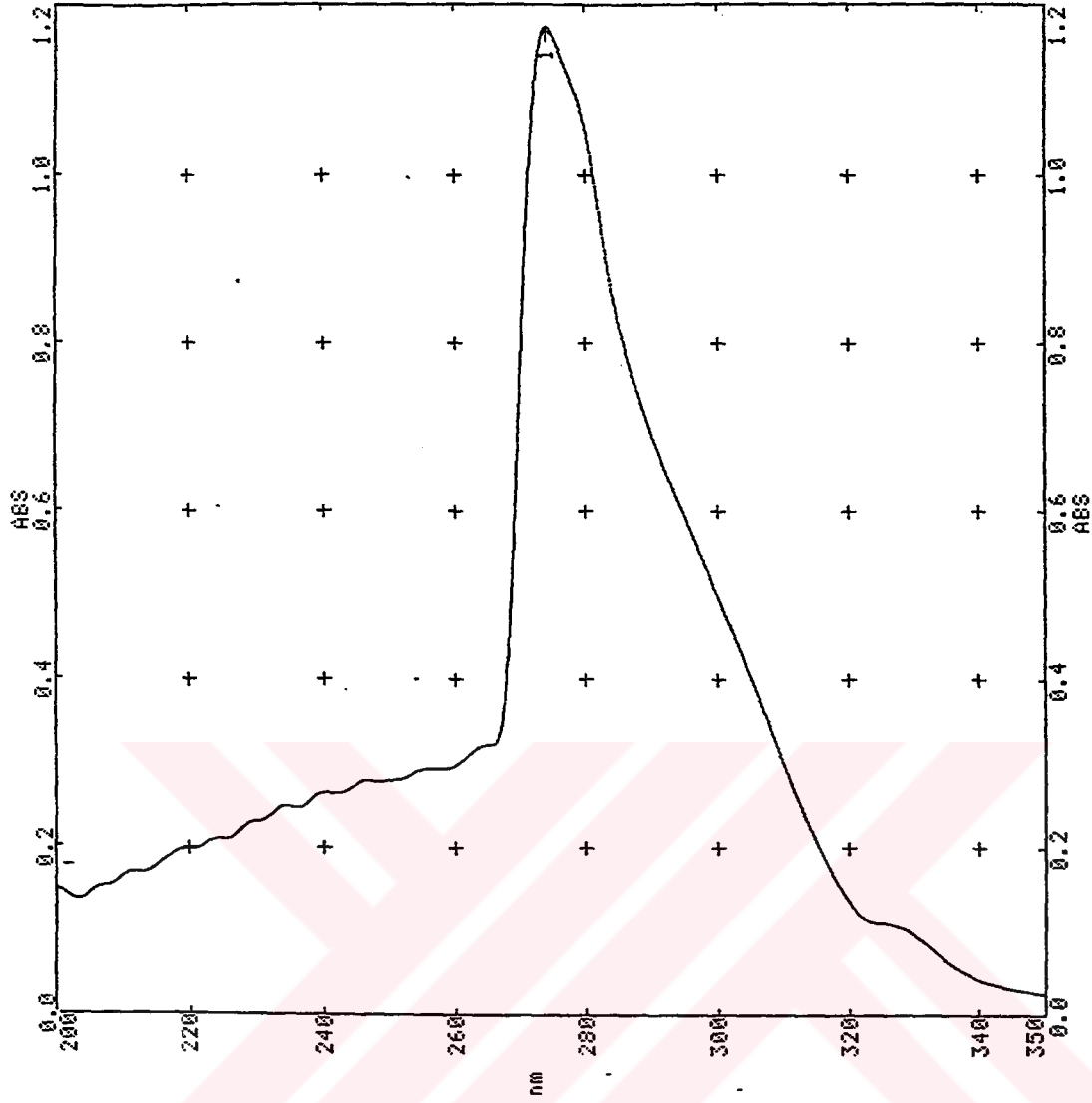
Çizelge 7.1 Mineral yağın (SAE 40) ölçü eğrisinin deneysel değerleri ve doğru denklemi

Konsantrasyon (c, ppm)	Absorbans
250	0,202
500	0,340
750	0,480
1000	0,641
1250	0,779
1500	0,924
1750	1,073
2000	1,187
$A = 0,0587 + 5,7285 \times 10^{-4} \cdot c$ $r = 0,9996$	

Mineral yağa ait (SAE 40) ölçü eğrisi Şekil 7.2 ve absorpsiyon spektrumu (Philips 8700 UV/Visible Spectrofotometre’de alınmış) Şekil 7.3’te verilmiştir.



Şekil 7.2 Mineral yağa (SAE 40) ait ölçü eğrisi



Şekil 7.3 Mineral yağın (SAE 40) absorpsiyon spektrumu

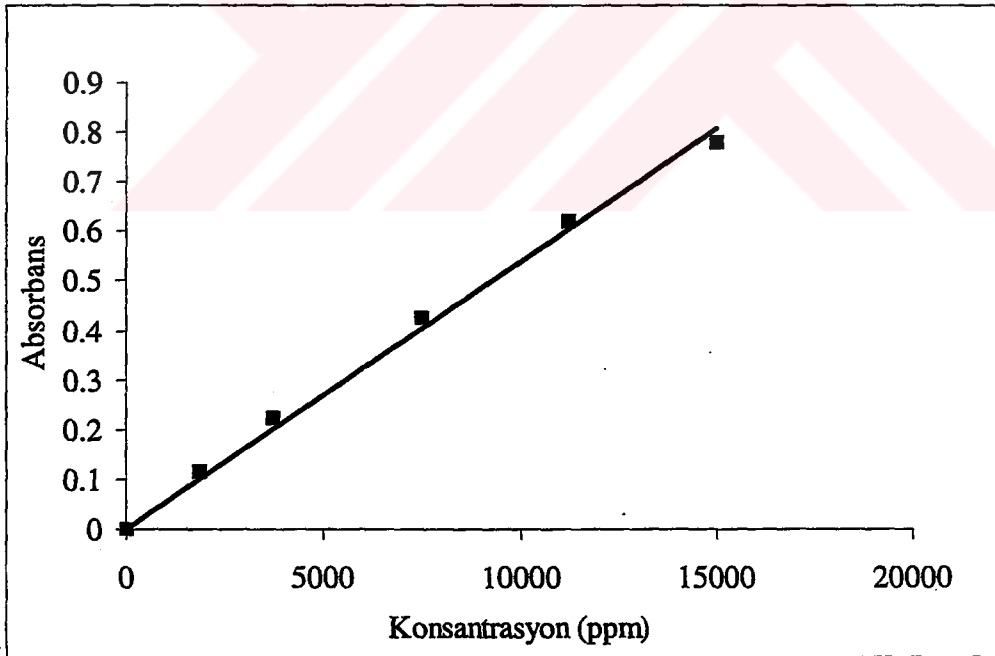
Benzer deneme bir bitkisel yağ olan ayçiçek yağı ile yapıldı. Ayçiçek yağının spektrumu Philips 8700 UV/Visible Spektrofotometrede alındı, λ_{max} 'u saptandı ve ölçü eğrisi çizilerek istatistiksel hesaplamaları yapıldı.

Bunun için 750 mg ayçiçek yağı trikloroetilende çözülerek 50 cm³'e tamamlandı. Bu stok çözeltiden 1,25 cm³; 2,50 cm³; 5,00 cm³; 7,50 cm³ alındı ve çözücü ile 10,00 cm³'e tamamlanarak absorpsiyon spektrumları alındı ve ayçiçek yağının λ_{max} 'nın 277 nm olduğu görüldü. 277 nm'deki absorbans değerleri ile yağ derişimleri arasında ölçü eğrisi çizildi ve istatistiksel hesaplamalar yapılarak doğru denklemi bulundu. Ayçiçek yaina ait ölçü eğrisinin deneysel değerleri ve doğru denklemi Çizelge 7.2'de verilmiştir.

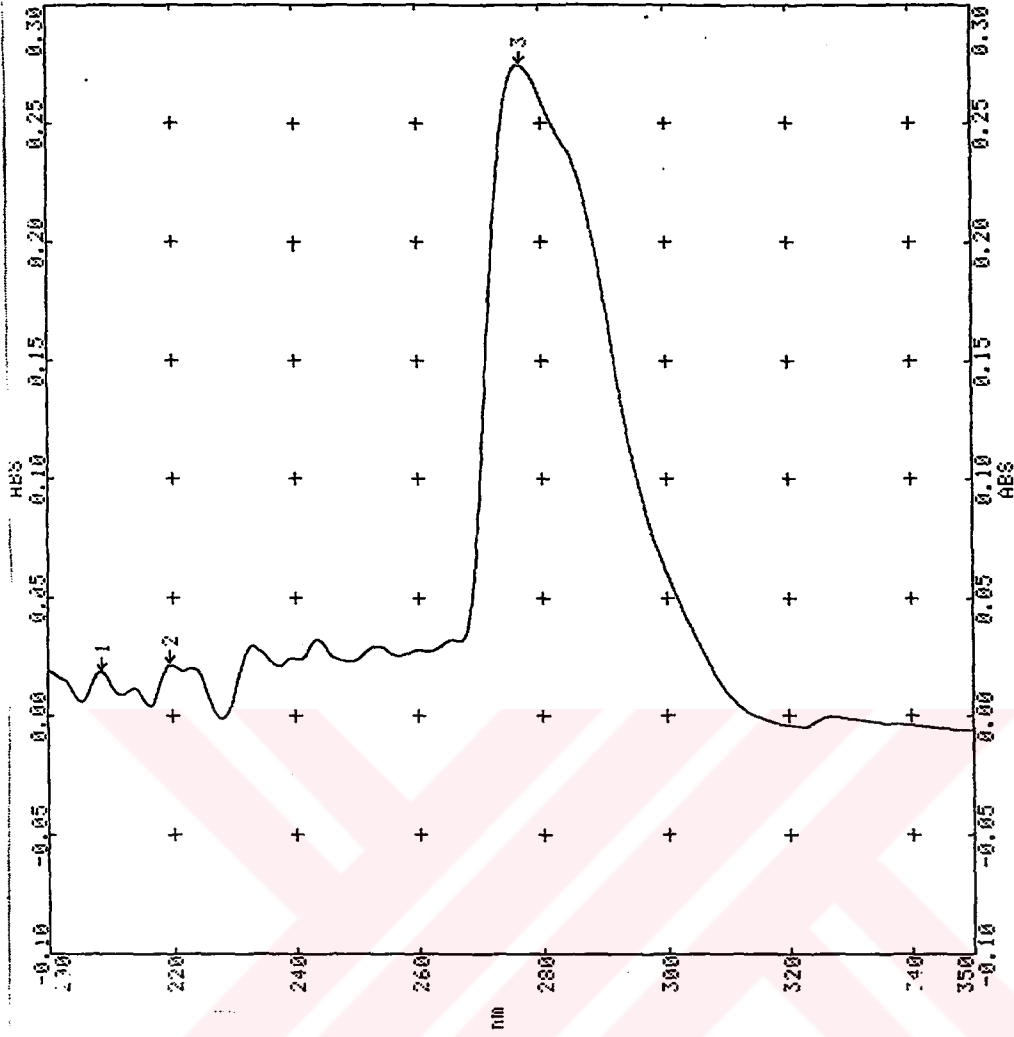
Çizelge 7.2 Ayçiçek yağının ölçü eğrisinin deneysel değerleri ve doğru denklemi

Konsantrasyon (c, ppm)	Absorbans
1875	0,116
3750	0,225
7500	0,426
11250	0,620
15000	0,781
$A = 0,0325 + 5,0933 \times 10^{-5}c$	
$r = 0,9987$	

Ayçiçek yağına ait ölçü eğrisi Şekil 7.4 ve absorpsiyon spektrumu Şekil 7.5'te verilmiştir.



Şekil 7.4 Ayçiçek yağının ölçü eğrisi



Şekil 7.5 Ayçiçek yağının absorpsiyon spektrumu

Spektrofotometrik yağ analizi için yukarıda anlatılan denemeler mısırözü yağı, zeytin yağı ve değişik SAE numaralı mineral yağlar için tekrarlandı. Yağın orjinine göre spesifik absorptivite değışmekle birlikte maksimum absorbansın görüldüğü dalga boyları birbirine yakın çıkmaktadır.

Bu çalışmada optimum deney koşulları belirlerken kullanılan yapay atıksularda yağın türü belirli olduğundan yağ analizinin spektrofotometrik yöntemle yapılması herhangi bir hataya neden olmayacaktır. Yağın türünün bilinmediği durumlarda ise bu yöntemle ancak yaklaşık sonuçlar alınabilir. Bu tür sularda çok sayıda yağ analizi yapılacaksa diğer standart yağ analiz yöntemlerinden biri ile yağ miktarı saptanıp, bu miktar esas alınarak hesaplanacak, spesifik absorptivite ile sonraki analizler spektrofotometrik olarak sürdürülebilir. Çizelge 7.3'te değişik yağlara ait spesifik absorptivite değeri verilmiştir.

Çizelge 7.3 Değişik yağlara ait spesifik absorptivite değerleri

Yağ Cinsi	$\lambda_{\max}$ (nm)	Spesifik Absorptivite ($\text{dm}^3 \text{mg}^{-1} \text{cm}^{-1}$)
Mineral yağ (SAE 90)	274	2,200
Mineral yağ (SAE 40)	274	0,5730
Ayçiçek yağı	277	0,0509
Mısırozü yağı	276	0,1090
Zeytin yağı	272	0,0174

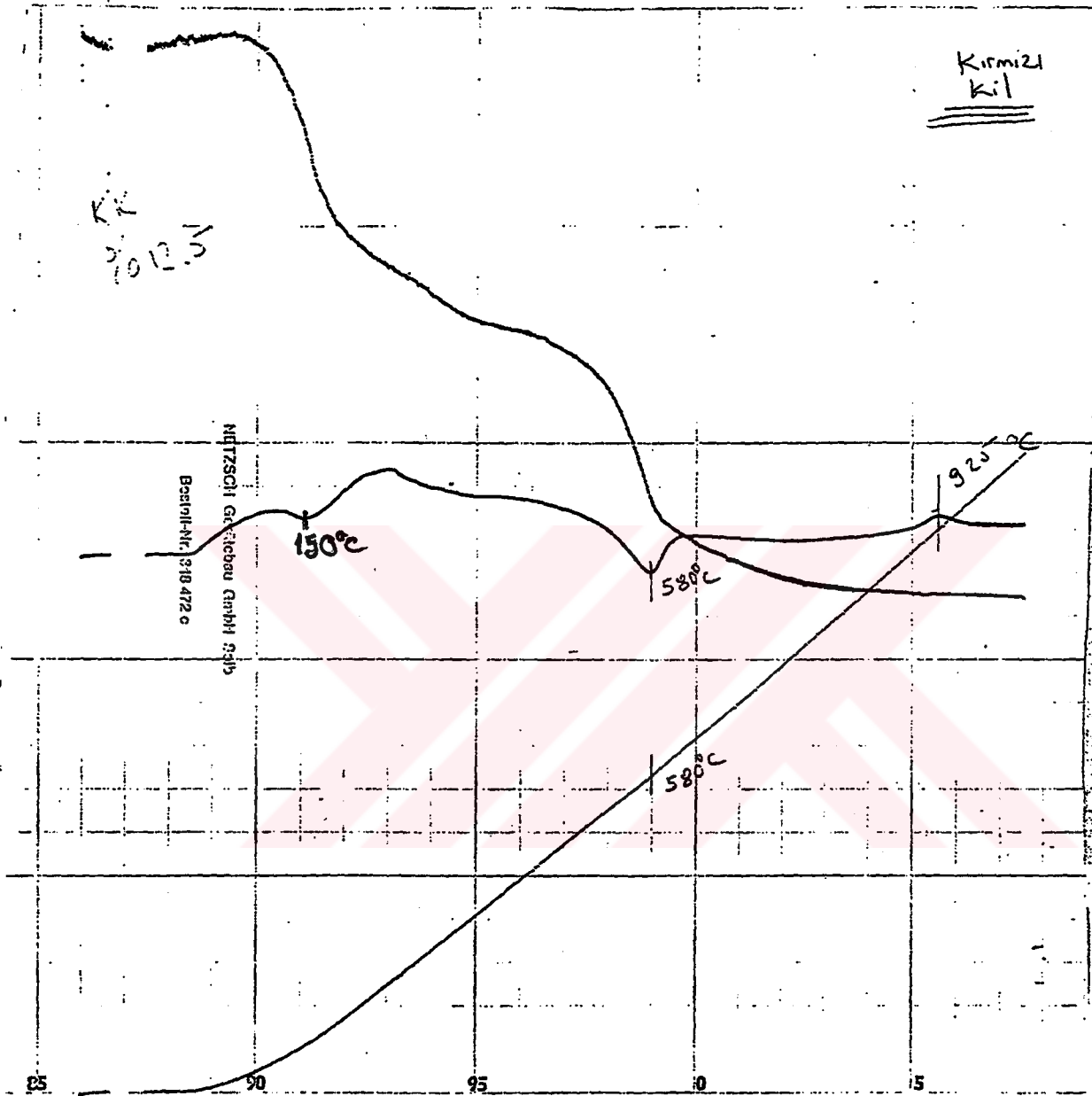
7.4 Denemelerde Kullanılan Killer Hakkında Bilgi

Denemelerde kullanılmak üzere kırmızı kil Beykoz (Şahinkaya), beyaz kil Şile (Karakiraz), sarı kil Çanakkale (Çan), yeşil kil K. Maraş (Elbistan) yöresinden temin edilen dört tür kil Gatwick Road Crawley-Sussex bilyalı değirmende öğütüldükten sonra kapaklı cam kaplara konuldu. Öncelikle bu killerin kimyasal analizleri yapıldı. Bu amaçla duyarlı şekilde tartılmış olan kil örneğine soda eritisi uygulandı. Eritişin arkasından HCl ilave edilerek kuruluğa kadar buharlaştırma işlemi yapıldı. Öğütülen kalıntı yeniden HCl ile asidlendirilip su banyosunda kurutuldu. Önce HNO_3 sonra HCl ilavesi ile bu işlem iki kez daha tekrarlandı. Son kalıntı HCl ile asidlendirilmiş suda çözüldü. Çözünmeyen kısım süzülerek ayrıldı ve kızdırıldıktan sonra SiO_2 olarak tartıldı. Süzüntü 250 cm^3 'e seyreltilerek diğer analizler için saklandı. Süzüntüde Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O ve K_2O tayinleri Varian-Spectra AA-200 Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ve Jenway PP7 Flame fotometre ve Rigaku RIX-2000 XRF (Şişecam A.Ş.) cihazı kullanılarak yapıldı. Ayrıca her bir kil örneğinde 105°C 'de kurutularak nem ve 900°C 'de kızdırılarak kızdırma kaybı tayin edildi. Çizelge 7.4'te denemelerde kullanılan killere ait kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

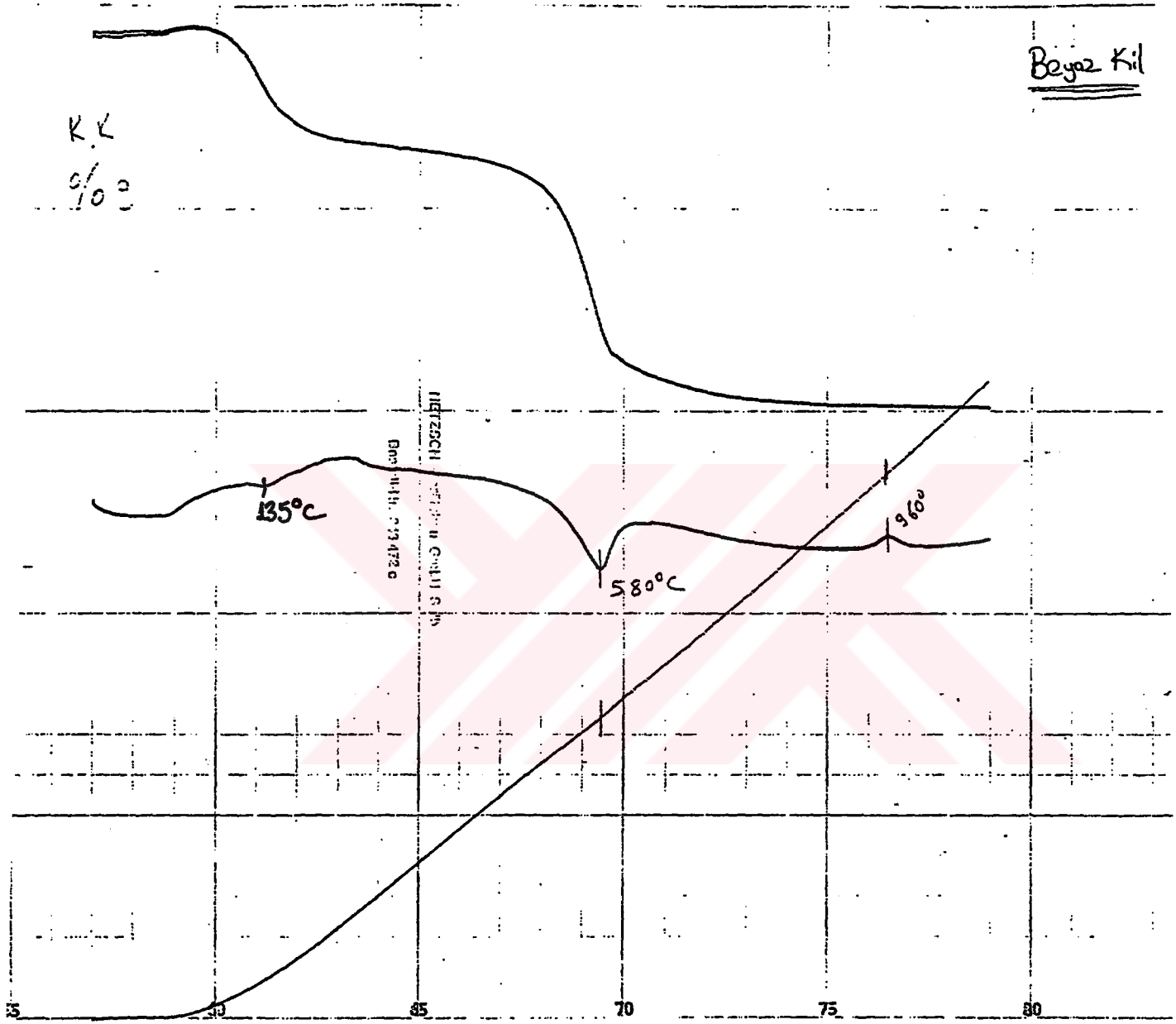
Denemelerde kullanılan killerin DTA spektrumları, Netzsch diferansiyel termik analiz cihazında alınmıştır (Şişecam A.Ş.). Şekil 7.6'da kırmızı kilin DTA spektrumu, Şekil 7.7'de beyaz kilin DTA spektrumu, Şekil 7.8'de sarı kilin DTA spektrumu, Şekil 7.9'da yeşil kilin DTA spektrumu verilmiştir. Bu killerin XRD spektrumları ve XRD spektrumlarının bilgisayar değerlendirmeleri; Rigaku RINT 2000 X-Işınları Difraktometres ile alınmıştır (Şişecam A.Ş.). Şekil 7.10'da ve Şekil 7.11'de değerlendirmeleri; Şekil 7.12 ve Şekil 7.13'te beyaz kilin XRD spektrumu ve XRD spektrumlarının bilgisayar değerlendirmeleri; Şekil 7.14'te ve Şekil 7.15'te sarı kilin XRD spektrumu ve XRD spektrumlarının bilgisayar değerlendirmeleri; Şekil 7.16'da ve Şekil 7.17'de yeşil kilin XRD spektrumları ve XRD spektrumlarının bilgisayar değerlendirmeleri verilmiştir.

Çizelge 7.4 Denemelerde kullanılan killerin kimyasal analiz sonuçları

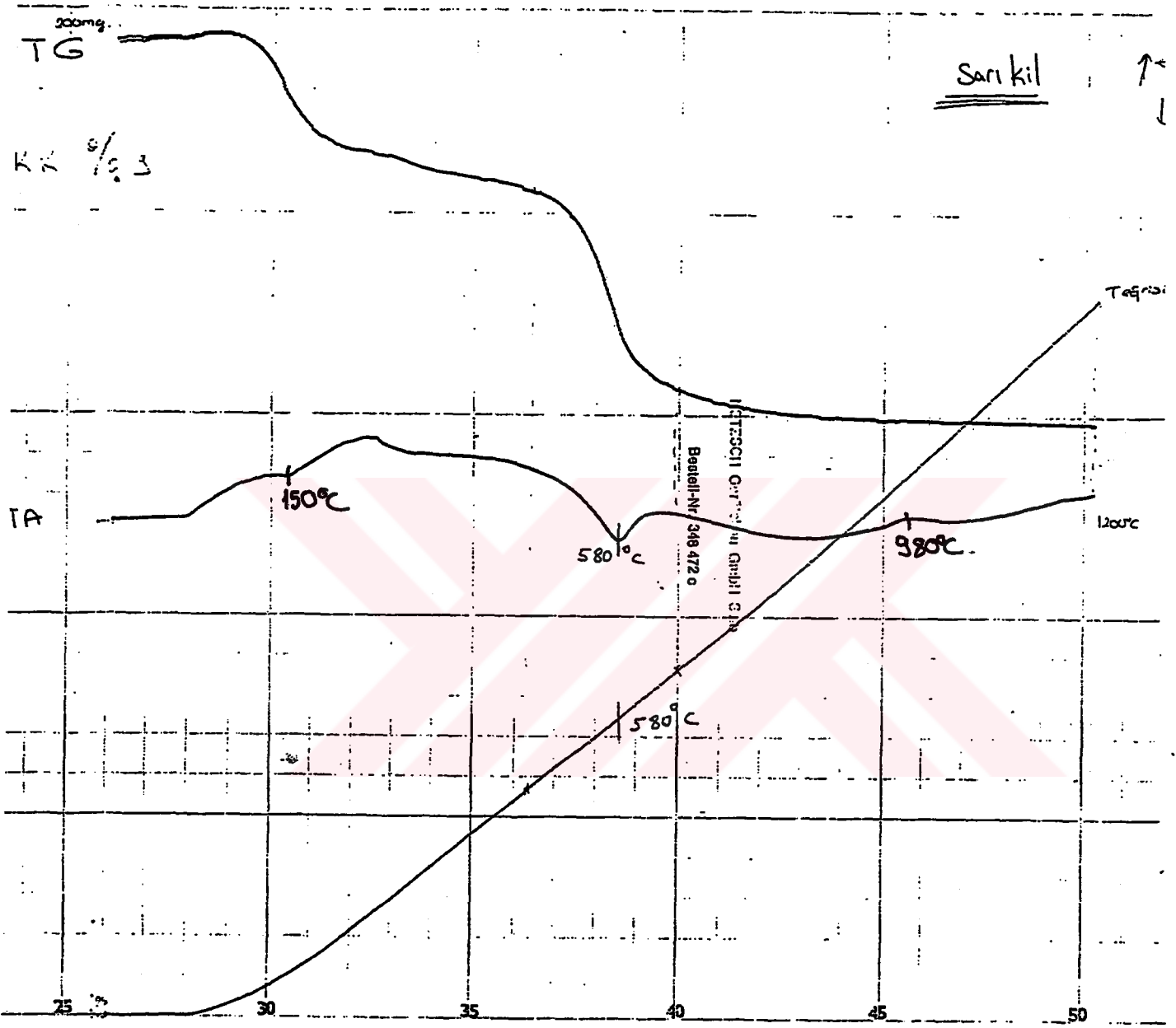
Örnek	% Nem	Kızdırma Kaybı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Toplam
Kırmızı kil	4,64	14,15	47,13	23,61	11,01	1,26	0,29	1,09	2,34	0,06	0,12	101,06
Beyaz kil	2,03	9,70	61,18	22,93	2,27	1,13	0,08	0,46	2,10	0,040	0,11	100,00
Sarı kil	2,29	10,07	57,13	23,61	4,02	1,04	0,14	0,60	2,74	0,04	0,10	100,09
Yeşil kil	11,30	23,62	49,12	16,84	6,95	0,69	2,44	2,02	1,55	0,02	0,05	103,30



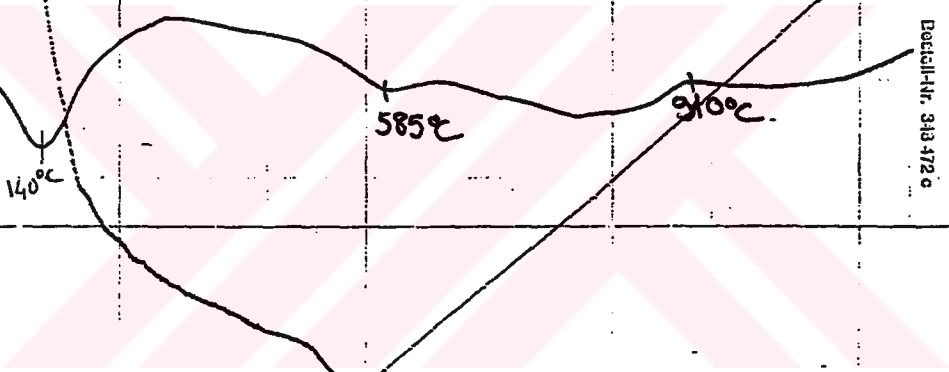
Şekil 7.6 Kırmızı kilin DTA spektrumu



Şekil 7.7 Beyaz kilin DTA spektrumu



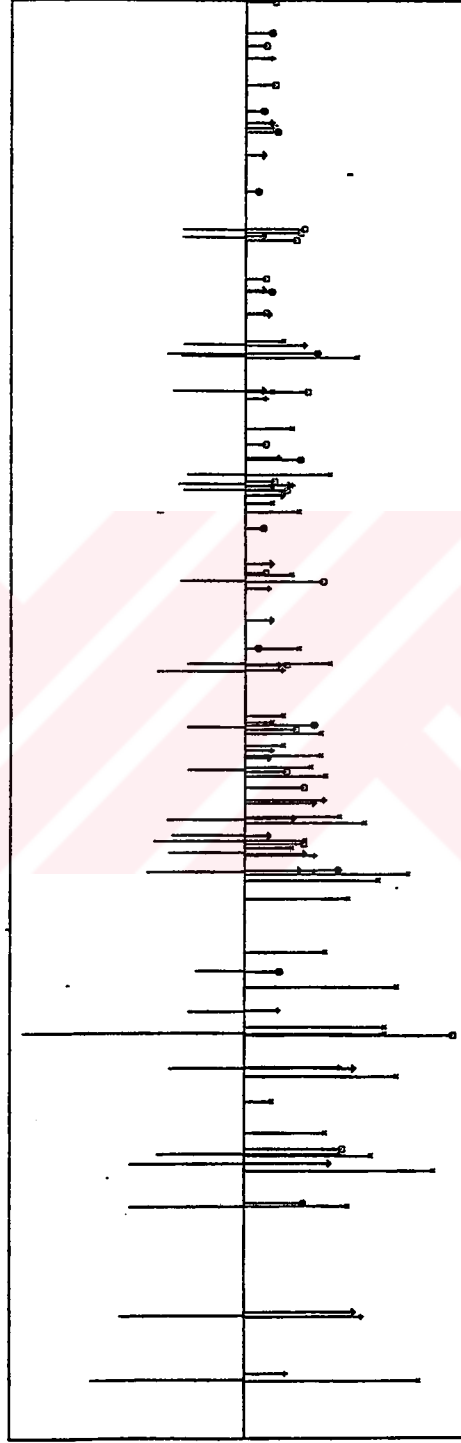
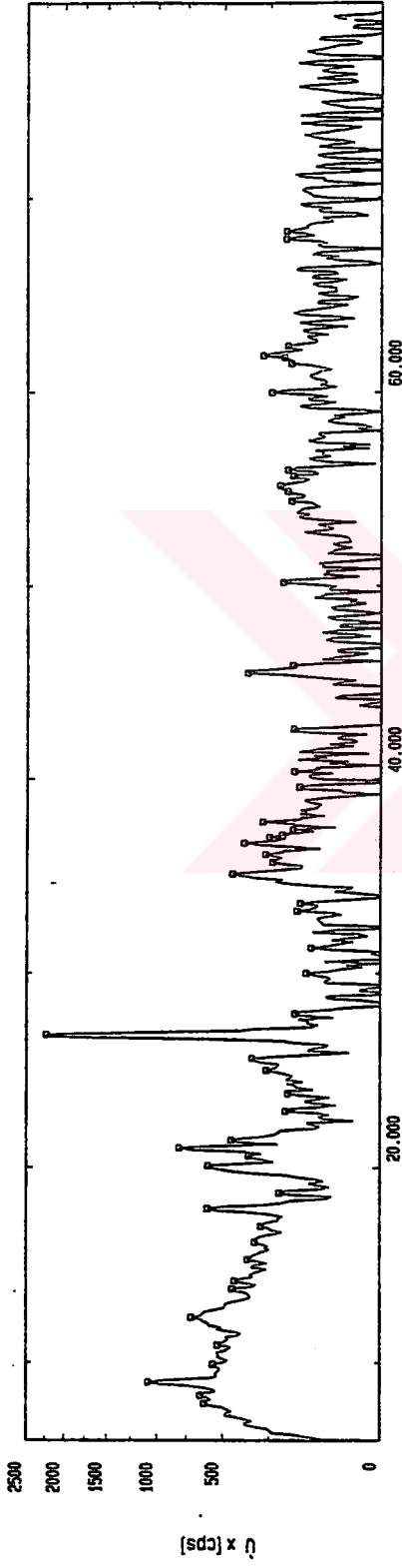
Şekil 7.8 Sarı kilin DTA spektrumu



Şekil 7.9 Yeşil kilin DTA spektrumu

p3

;L_YV : kırmızı kil
 ;RJD : right0000
 L'2VY : .0013
 - 0 0 : dmax
 0 0 : 18-Dec-00 12:22

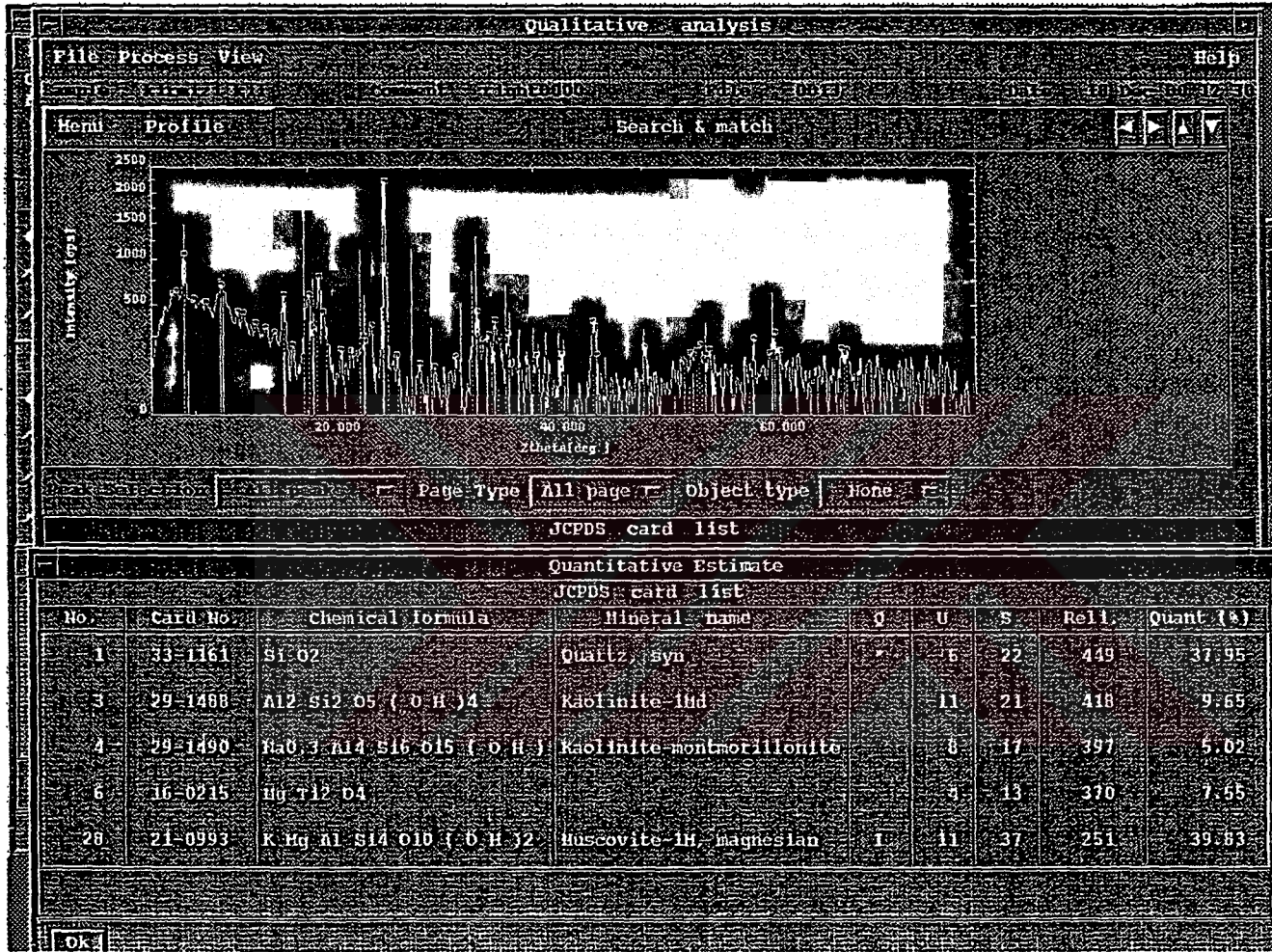


K_08C*08

600*K_08

- | | | |
|---|---------------------------------|------------------------|
| □ | 33-1161 Si O2 | Quartz, syn |
| ▽ | 29-1488 Al2 Si2 O5 (OH)4 | Kaolinite-1M |
| + | 29-1490 Na0.3 Al4 Si6 O15 (OH)6 | Kaolinite-montmorilli |
| ● | 16-0215 Mg Ti2 O4 | |
| X | 21-0993 K Mg Al Si4 O10 (OH)2 | Muscovite-1M, magnes I |

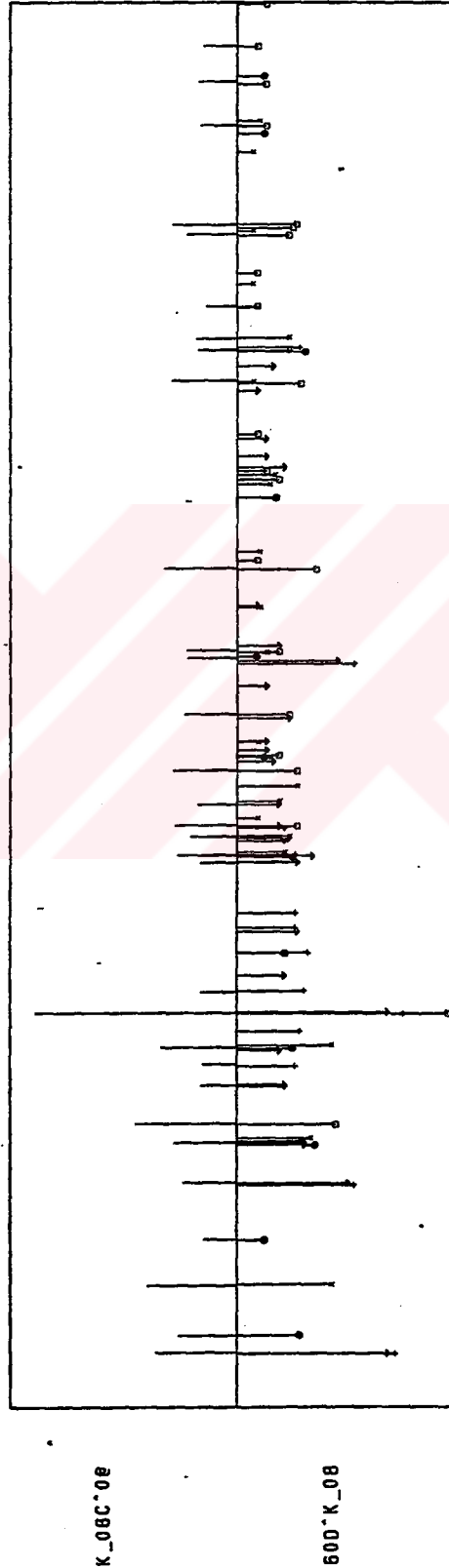
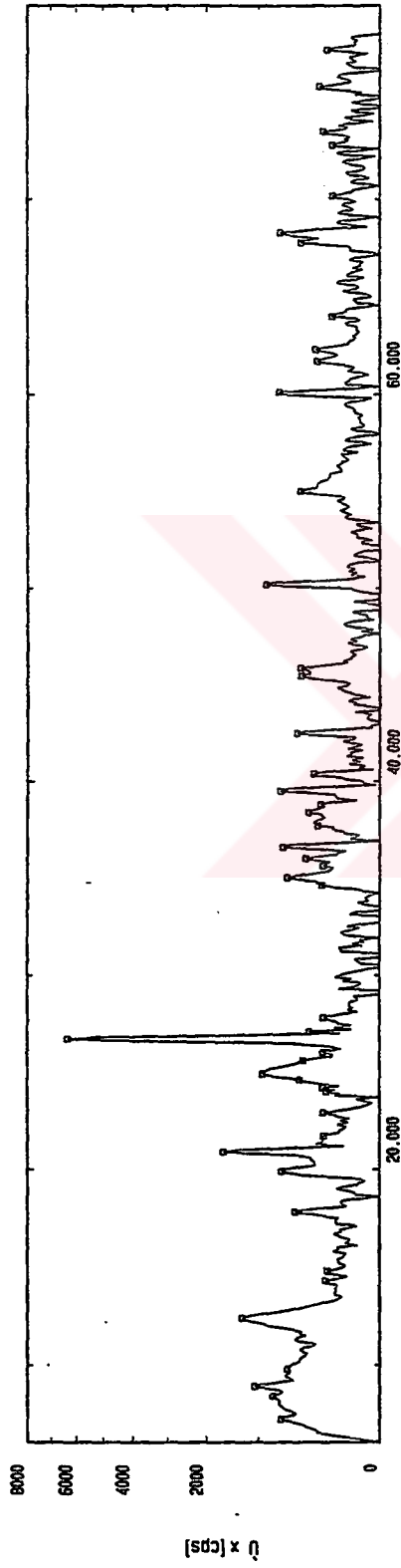
Şekil 7.10 Kırmızı kilin XRD spektrumu



Şekil 7.11 Kırmızı kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi

p4

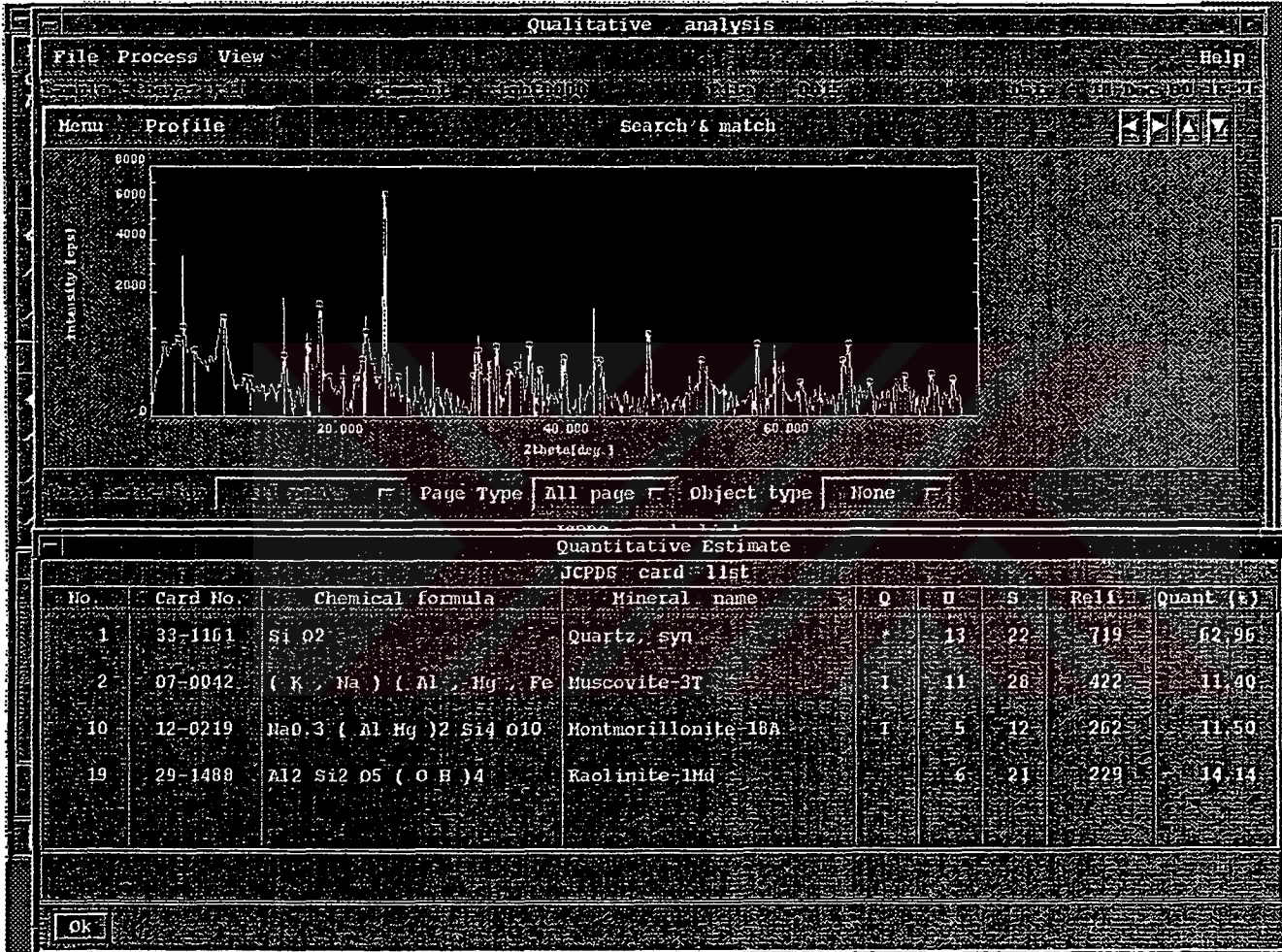
FILE_YV : beyaz kil L'2YV : .0015 - 0 0 : 18-Dec-00 14:42
 :RJD : right0000 - 0 0 : dmax



□ — 33-1161 Si O₂
 ▽ — 07-0042 (K , Na) (Al , Mg , Fe)
 + — 26-0911 (K , H₃O) Al₂ Si₃ Al O₁₀ Illite-2M#1
 ● — 12-0219 Na_{0.3} (Al Mg)₂ Si₄ O₁₀ O H Montmorillonite-18A
 X — 29-1488 Al₂ Si₂ O₅ (O H)₄ Kaolinite-1Mg

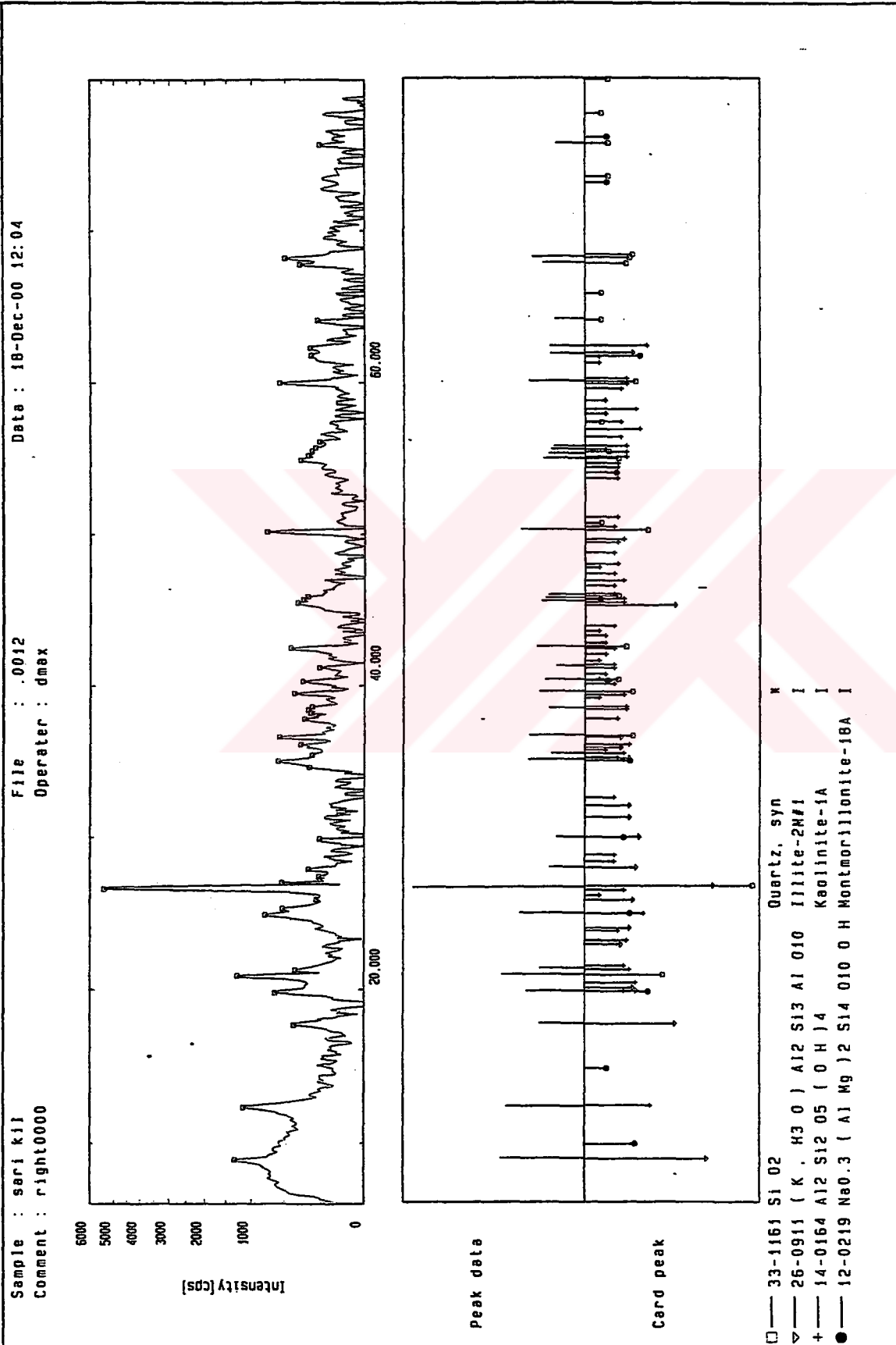
2000-Dec-18 16:30:44 Page-1

Şekil 7.12 Beyaz kilin XRD spektrumu



Şekil 7.13 Beyaz kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi

Qualitative analysis (2nd Search-match)



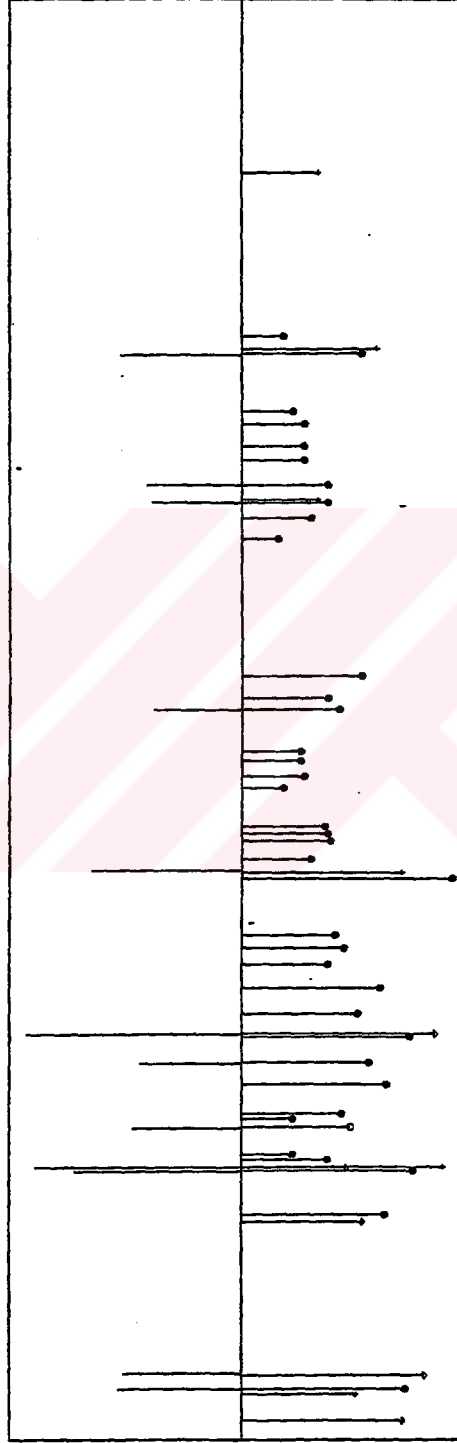
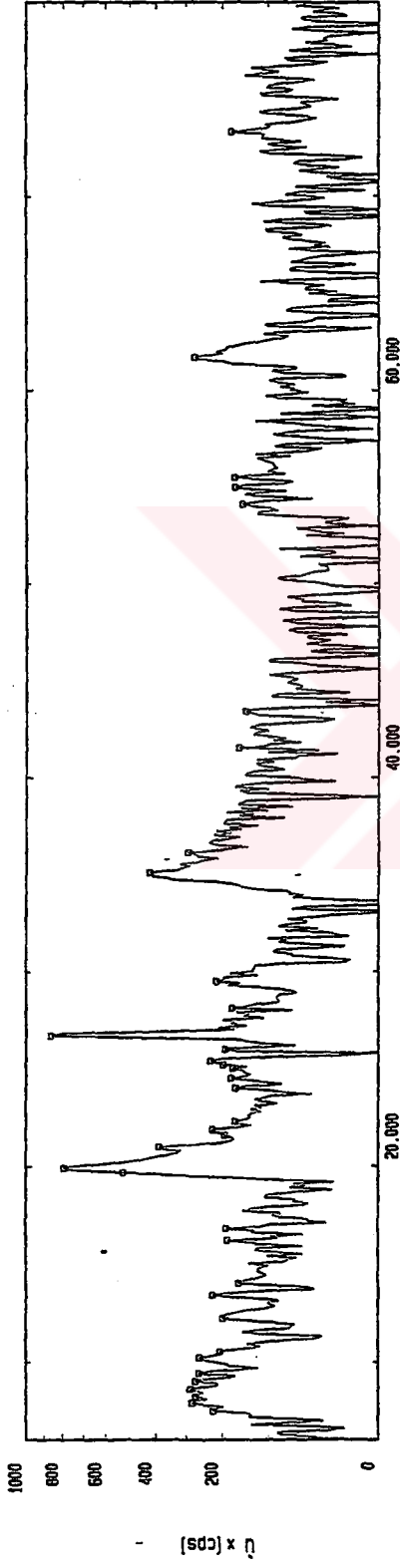
Şekil 7.14 Sarı kilin XRD spektrumu



Şekil 7.15 Sarı kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi

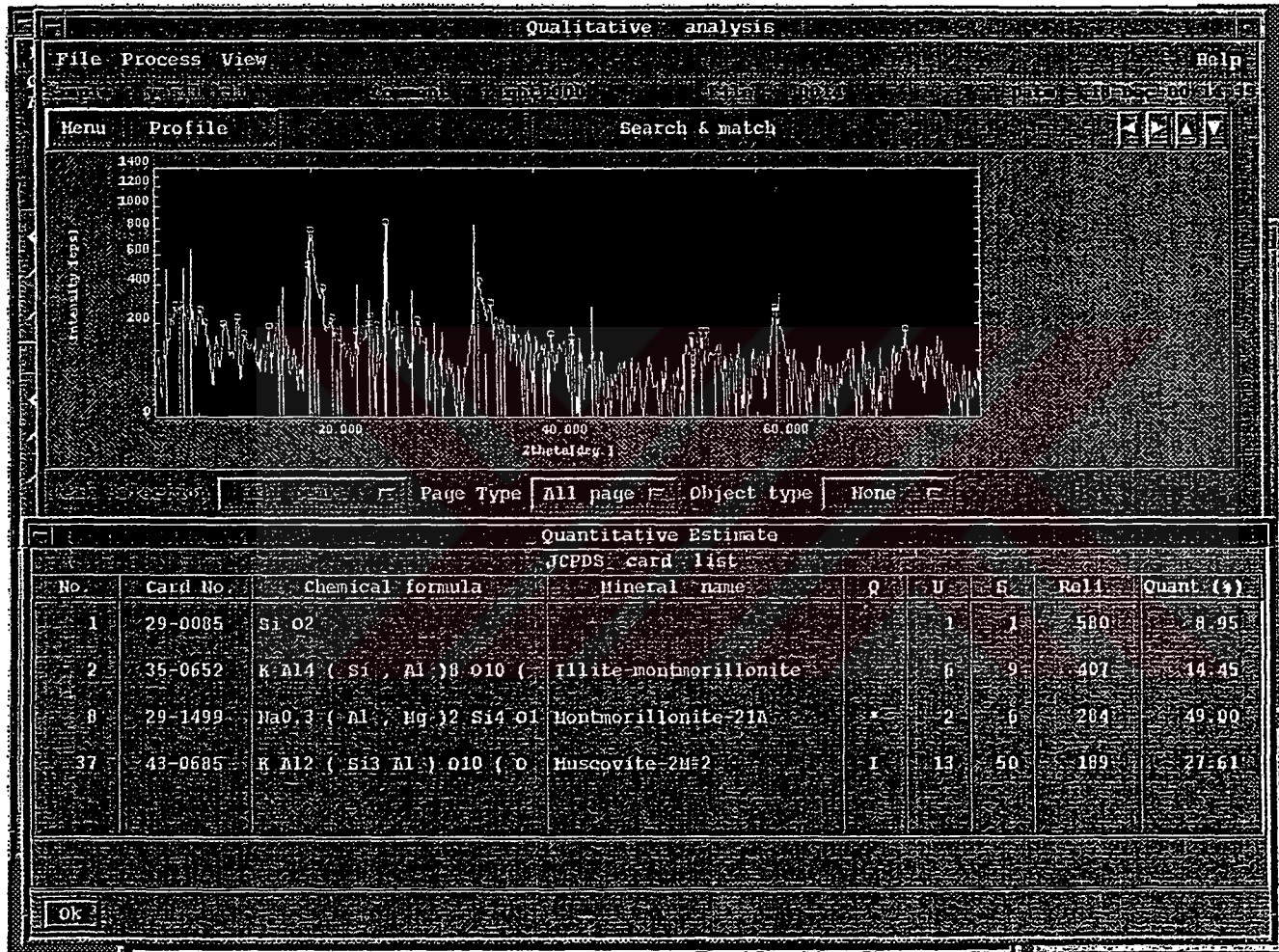
b3

:JL_YV : yesil kil
:RJD : right0000
L'2v : .0014
0 0 : 18-Dec-00 12:34
0 0 : dmax



□ — 29-0085 Si O2
▽ — 35-0652 K Al4 (Si . Al)8 O10 (0 H) illite-montmorillonite
+ — 29-1499 Na0.3 (Al . Mg)2 Si4 O10 (Montmorillonite-21A)
● — 43-0685 K Al2 (Si3 Al) O10 (0 H) Muscovite-2M2

Şekil 7.16 Yeşil kilin XRD spektrumu



Şekil 7.17 Yeşil kilin XRD spektrumunun bilgisayar değerlendirmesi

7.5 Yapay Atıksu Hazırlanması

Denemeler sırasında kullanılmak üzere yağ içeren yapay atıksu örnekleri hazırlandı. Bu amaçla 250 cm³ musluk suyuna 200-230 miligram arasında hassas olarak tartılmış mineral yağ (SAE 40) katıldı ve Baysan markalı karıştırıcıda 1400 devir/dakika'da 5 dakika karıştırıldı. Karıştırmanın bitiminde yapay atıksuda bulunan yağ miktarı spektrofotometrik olarak bulundu. Yağ içeren yapay atıksu örneği her deney için deneyden hemen önce yeniden hazırlandı. Yapay atıksudaki yağ miktarı spektrofotometrik olarak bulundu.

Aynı deneme bitkisel yağlar için de tekrarlandı. Ancak bitkisel yağların spesifik absorptivitesi küçük olduğundan 200 mg yerine 750 mg bitkisel yağ kullanıldı.

7.6 Adsorpsiyon İşlemine Aktivasyonun Etkisi

Adsorpsiyon ile yağ gideriminde kullanılacak killer termal ve hidrotermal olarak aktive edildi.

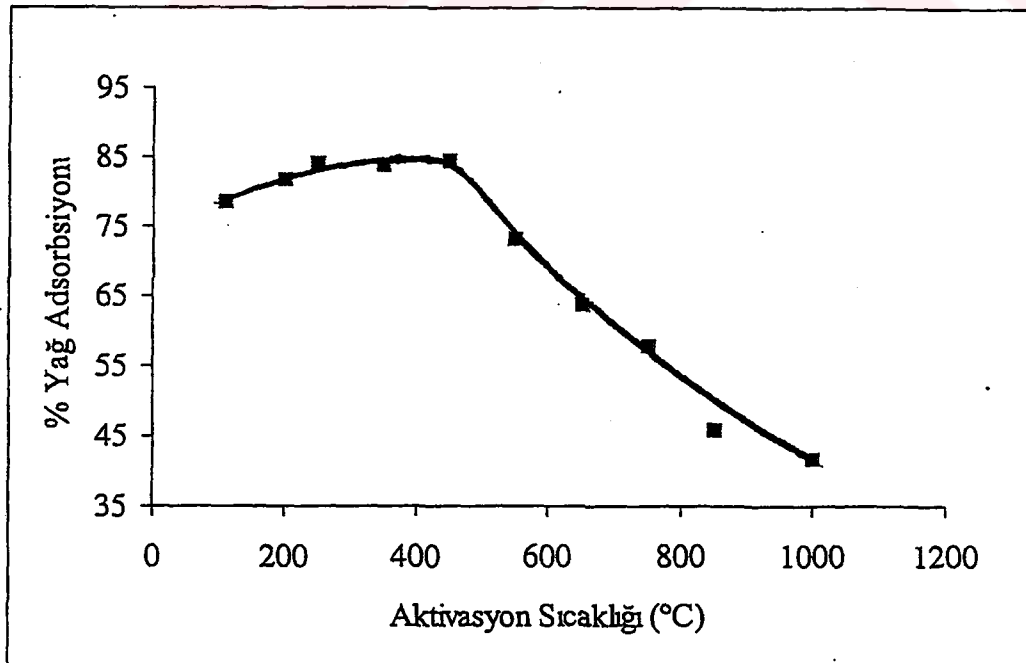
7.6.1 Termal Aktivasyonun Yağ Adsorpsiyonu Üzerine Etkisi

Değişik killerden alınan örneklerde 425 µm elekten geçirildikten sonra elek altı belirli sıcaklığa ayarlanmış etüv veya fırında (250°C'nin altındaki ısıtma etüvde 250°C ve üstündeki ısıtma fırında yapıldı) 1 saat süre ile bekletildi. Desikatörde soğutulan kil örneği ile adsorpsiyon denemeleri yapıldı. Denemelerde SAE 40 numara mineral yağ ile hazırlanmış yapay atıksu kullanıldı. Yaklaşık 200 mg yağ içeren 250 cm³ yapay atıksu 5 dakika karıştırılıp, 5,0 g termal olarak aktive edilmiş kil katıldıktan sonra 20 dakika süre ile 1400 devir/dakika'da karıştırıldı. Santrifüj ile katı faz ayrıldıktan sonra sulu faz 7.3'te anlatıldığı gibi trikloroetilen ile ekstrakte edildi. Ekstraktın 274 nm'deki absorbansı ölçüldü ve yağ derişimi grafikten bulundu. Buradan adsorpsiyon sonunda yapay atıksuda kalan yağ miktarı hesaplandı. Başlangıçtaki yağ miktarından bu değer çıkarılarak adsorplanan yağ miktarı bulundu ve başlangıçtaki miktara bölünüp 100 ile çarpılarak % yağ adsorpsiyonu hesaplandı.

Bu işlem değişik sıcaklıkta aktive edilmiş tüm örnekler için yapıldı. Aynı şekilde dört tür kil kullanılarak termal aktivasyon ve adsorpsiyon denemeleri yapıldı. Sonuçlar Çizelge 7.5, 7.6, 7.7 ve 7.8'de görülmektedir. Şekil 7.18, Şekil 7.19, Şekil 7.20, Şekil 7.21'de bu denemelere ait grafikler verilmiştir.

Çizelge 7.5 Termal olarak aktive edilmiş kırmızı kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

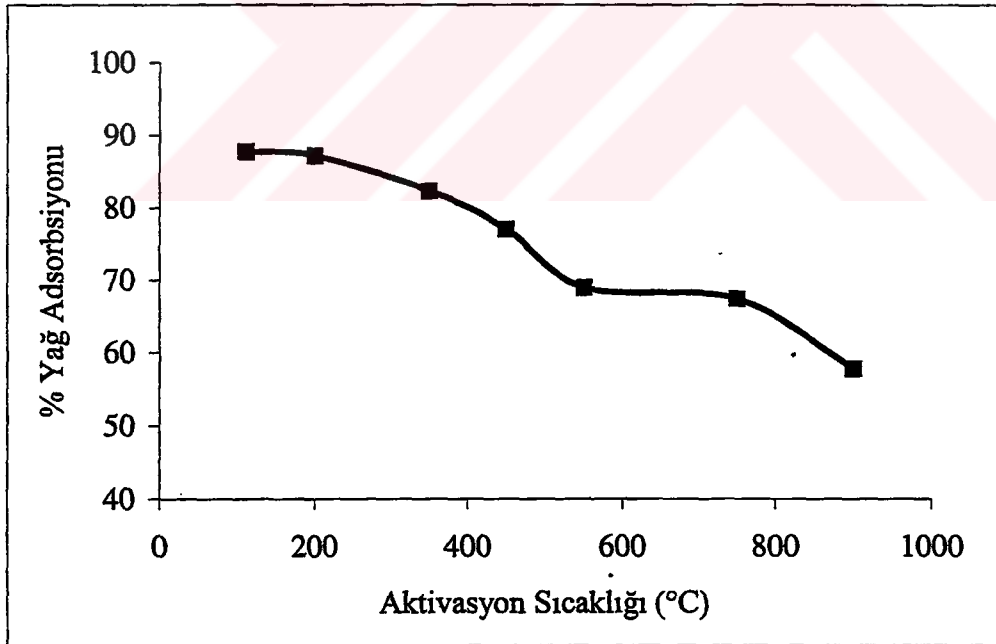
Aktivasyon Sıcaklığı (°C)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
Aktive edilmeyen kil	77,63	203,9	168,3
110	78,60	200,5	157,6
200	81,69	203,2	166,0
250	84,14	208,2	175,2
350	83,73	205,4	172,0
450	84,37	200,9	169,5
550	73,20	207,9	152,2
650	63,87	202,9	129,6
750	57,91	204,8	118,6
850	45,79	203,1	93,0
1000	41,62	204,2	85,0



Şekil 7.18 Termal olarak aktive edilmiş kırmızı kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

Çizelge 7.6 Termal olarak aktive edilmiş beyaz kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

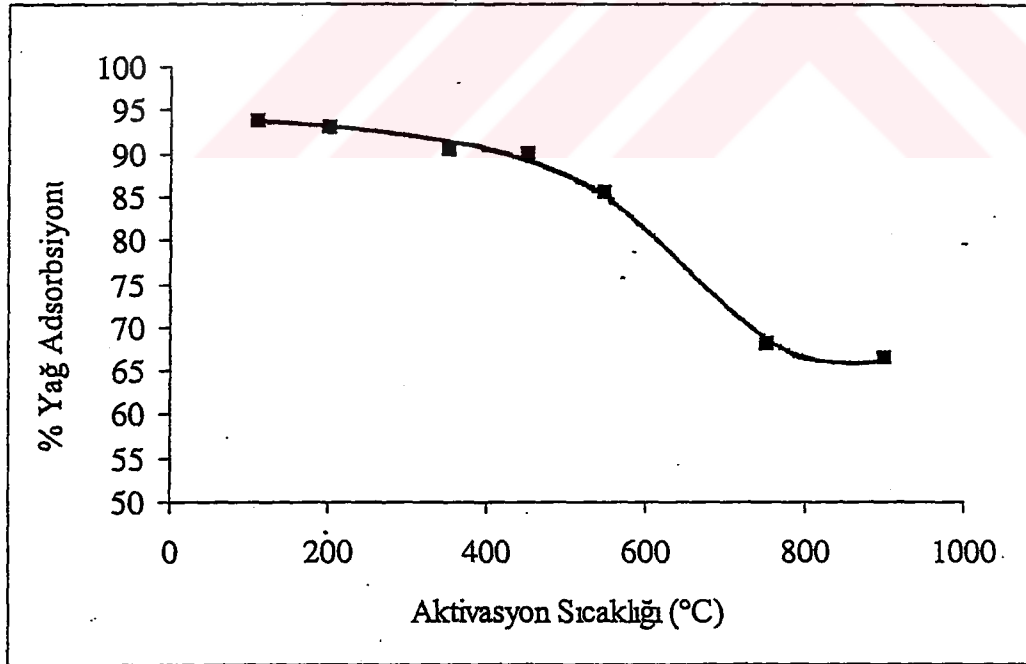
Aktivasyon Sıcaklığı (°C)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
Aktive edilmeyen kil	84,04	201,2	169,1
110	87,83	203,8	170,0
200	87,24	203,9	177,9
350	82,38	206,1	169,8
450	77,08	208,6	160,8
550	68,97	200,8	138,5
750	67,45	207,1	139,7
900	57,80	203,1	117,4



Şekil 7.19 Termal olarak aktive edilmiş beyaz kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

Çizelge 7.7 Termal olarak aktive edilmiş sarı kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

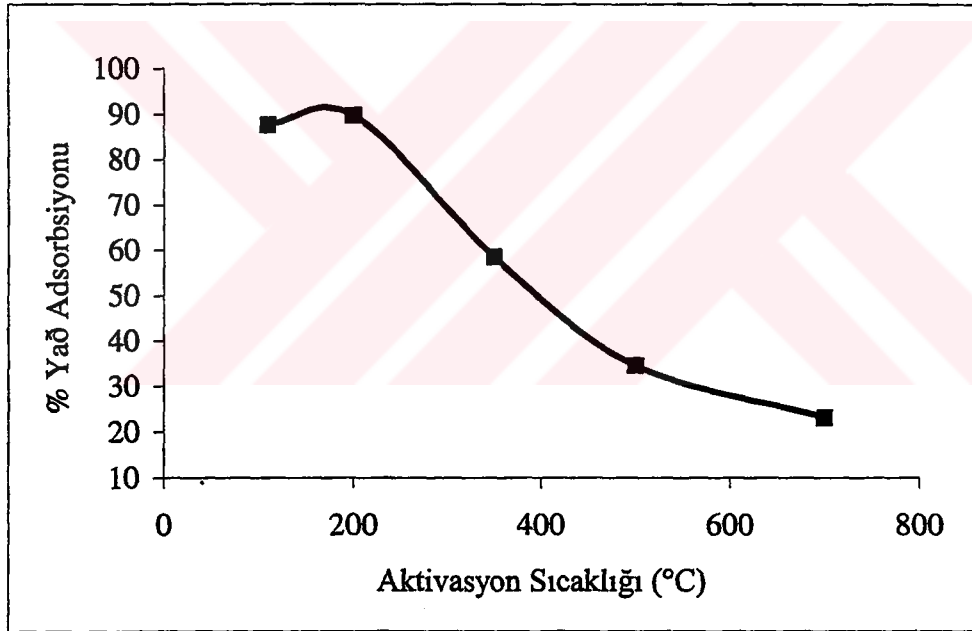
Aktivasyon Sıcaklığı (°C)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
Aktive edilmeyen kil	89,25	204,7	182,2
110	93,87	207,3	194,6
200	93,15	201,7	187,9
350	90,55	203,3	184,1
450	90,25	207,2	187,0
550	85,73	208,9	179,1
750	68,37	200,8	137,3
900	66,73	203,5	135,8



Şekil 7.20 Termal olarak aktive edilmiş sarı kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

Çizelge 7.8 Termal olarak aktive edilmiş yeşil kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

Aktivasyon Sıcaklığı (°C)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
Aktive edilmeyen kil	83,82	204,0	171,0
110	87,70	201,7	176,9
200	89,79	202,9	182,2
350	58,57	203,0	118,9
500	34,61	205,1	71,0
700	23,17	201,5	46,7



Şekil 7.21 Termal olarak aktive edilmiş yeşil kilin yağ adsorpsiyonunun aktivasyon sıcaklığı ile değişimi

7.6.2 Hidrotermal Aktivasyonun Yağ Adsorpsiyonuna Etkisi

425 μm elek açıklığına sahip elekten geçirilen sarı kilin elek altından alınan örnek 400 mL'lik behere konuldu. Üzerine saf su ilave edilerek karıştırılıp süspansiyon haline getirildi. İçten elektrikli serpantin ile ısıtılan otoklavın içerisine delikli paslanmaz çelikten yapılmış taşıyıcı tepsi yerleştirildi. Seviyesi delikli tepsinin yaklaşık 2 cm üzerine gelinceye kadar otoklava su dolduruldu. Kil süspansiyonu beherle birlikte delikli tepsinin üzerine yerleştirildi. Otoklavın kapağı kapatılarak ısıtmaya başlandı. Otoklavın monometresi 3 atmosferi gösterdiğinde elektrik akımı kesildi. Basınç düşmeye başladığında yeniden akım verildi. Bu yolla basınç 3 atmosferde sabit tutulmaya çalışılarak 1 saat süre ile işleme devam edildi. Otoklav soğumaya terk edildi. Basınç düştükten sonra beher otoklavdan alınarak kil, santrifüjle ayrıldı. Etüvde (100°C) kurutulduktan sonra porselen havanda öğütülen kil yeniden 425 μm açıklıktaki elekten geçirildi. Bukilin 5.0 gramı yaklaşık 200 miligram mineral yağ (SAE 40) içeren 250 cm^3 su içerisine katılarak 20 dakika süre ile 1400 devir/dakika'da karıştırıldı. Daha sonra 7.2 ve 7.3'te anlatılan işlemler uygulandı ve adsorplanan yağ miktarı hesaplandı. Aynı deneme 5 atmosfer basınçta tekrarlandı. Elde edilen değerler Çizelge 7.9'da görülmektedir.

Çizelge 7.9 Farklı aktivasyon basınçlarında hidrotermal aktivasyonu yapılan sarı kilin % yağ adsorpsiyonu

Aktivasyon Basıncı (atm)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
3	93,87	207,3	194,6
5	93,92	204,2	191,8

7.6.3 Termal ve Hidrotermal Aktivasyona Uğramış Killerin Aktif Yüzey Tayinleri

Aktive edilmemiş, termal olarak aktive edilmiş ve hidrotermal olarak aktive edilmiş killerin aktif yüzeyleri, Çekmece Nükleer Araştırma Enstitüsünde Micro Meditiks özgül yüzey alan cihazında ölçülmüştür. Sonuçlar Çizelge 7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.10 Killerin aktif yüzeyleri

Kil Rengi	Aktivasyon Türü	Aktivasyon Sıcaklığı (°C)	Aktif Yüzey (m ² /g)
Kırmızı	Aktive edilmemiş	–	65,0
	Termal aktivasyon	350	60,0
	Termal aktivasyon	850	45,0
Yeşil	Aktive edilmemiş	–	194,0
	Termal aktivasyon	200	201,0
	Termal aktivasyon	700	142,0
Sarı	Aktive edilmemiş	–	30,0
	Termal aktivasyon	110	24,5
	Termal aktivasyon	900	21,0
	Hidrotermal aktivasyon	–	25,0
Beyaz	Aktive edilmemiş	–	25,0
	Termal aktivasyon	110	19,6
	Termal aktivasyon	900	12,0

7.6.4 Adsorpsiyona Termal Aktivasyon Süresinin Etkisi

Termal olarak aktive edilip yağ adsorpsiyonunda kullanılacak olan killerin termal aktivasyon süresinin adsorpsiyona etkisinin araştırılması için sarı kilden alınan örnekler, 5 dakika, 15 dakika, 30 dakika, 45 dakika ve 120 dakika süre ile 110°C’de aktive edildi.

Hazırlanan yapay atıksu, farklı sürelerde termal olarak aktive edilen killer ile muamele edilerek % yağ adsorpsiyonu değerleri bulundu. Çizelge 7.11’de farklı termal aktivasyon sürelerinde aktive edilen killerin % yağ adsorpsiyonu verilmiştir.

Çizelge 7.11 Farklı termal aktivasyon sürelerinde aktive edilen sarı kilin
% yağ adsorpsiyonu

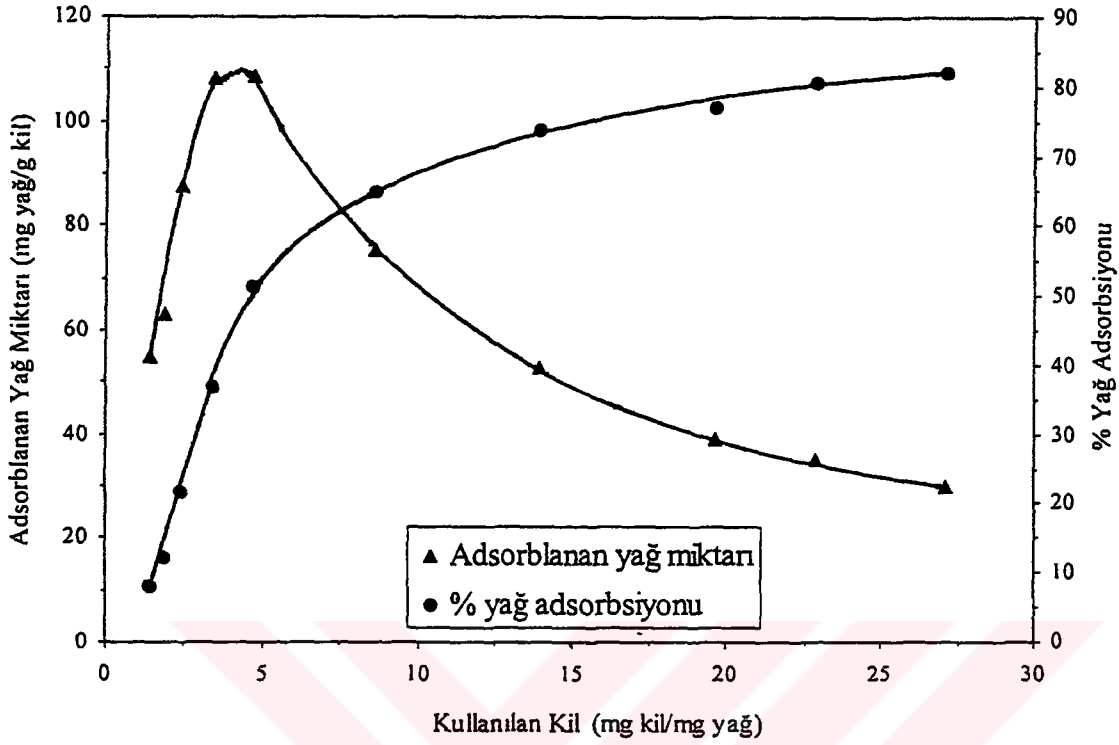
Termal Aktivasyon Süresi (dakika)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
5	89,57	204,3	183,0
15	87,88	207,7	179,9
30	91,39	201,1	183,8
45	89,49	202,7	181,4
60	90,21	203,3	183,4
120	89,03	202,5	180,3

7.7 Adsorpsiyon Üzerine Kil Miktarının Etkisi

Kil kullanarak adsorpsiyonla yağ gideriminde, yağ ve kil miktarı arasındaki ilişkiyi araştırmak için; 450°C’de termal olarak aktive edilen kırmızı kil kullanıldı. Hazırlanan yapay atıksudaki yağ oranı yaklaşık aynı olan 250 cm³ yapay atıksu örneklerine değişik miktardaki kil porsiyonları ilave edildi. 12 dakika süre ile karıştırıldıktan sonra 7.2 ve 7.3’te anlatılan işlemler uygulandı. Farklı kil miktarına göre % yağ adsorpsiyonu Çizelge 7.10 ve Şekil 7.12’de bu değerlere ait grafik verilmiştir.

Çizelge 7.12 Kil miktarının % yağ adsorpsiyonu üzerine etkisi

Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Kullanılan Kil (g)	Başlangıçtaki mg yağ/g kil	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)	Kullanılan Kil (mg kil/mg yağ)	% Yağ Adsorpsiyonu	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg yağ/g kil)
208,9	0,3	696,3	16,5	1,43	7,89	55,0
209,5	0,4	523,7	25,2	1,90	12,02	63,0
205,3	0,5	410,6	43,8	2,43	21,62	87,6
220,1	0,75	293,5	81,0	3,40	36,80	108,0
212,3	1,0	212,3	108,6	4,68	51,15	108,6
232,2	2,0	116,1	150,7	8,61	64,90	75,3
215,1	3,0	71,7	158,7	13,94	73,73	52,9
203,0	4,0	50,7	156,2	19,66	76,94	39,0
219,0	5,0	43,8	176,2	22,83	80,45	35,2
220,9	6,0	36,8	180,9	27,16	81,89	30,1



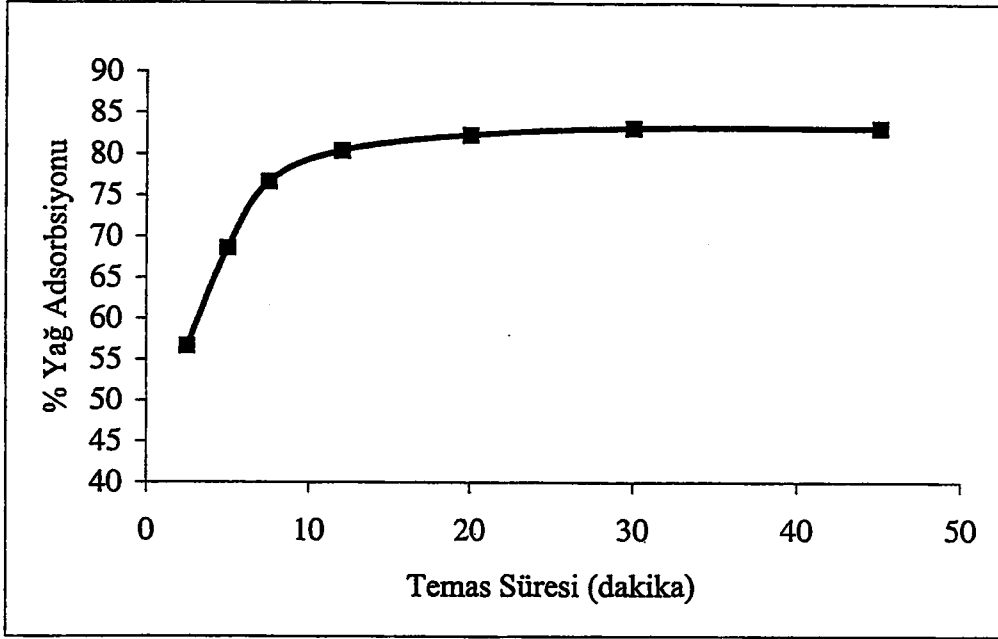
Şekil 7.22 Kırmızı kil miktarının % yağ adsorpsiyonu üzerine etkisi

7.8 Adsorpsiyon Üzerine Temas Süresinin Etkisi

Kil ile yağ adsorpsiyonunda, temas süresinin etkisini araştırmak üzere 450°C'de termal olarak aktive edilen kırmızı kilden alınan 5'er mg yaklaşık 200 mg yağ içeren 250'şer cm³'lük yapay atıksu örneklerine katıldı. 2,5; 5,0; 7,5; 12; 20; 30; 45 dakikalık sürelerle karıştırıldı. Daha sonra 7.2 ve 7.3'te anlatılan işlemler yapılarak temas süresinin yağ adsorpsiyonuna etkisi araştırıldı. Çizelge 7.13'te temas süresinin % yağ adsorpsiyonuna etkisi ve Şekil 7.23'te bu değerlere ait grafik verilmiştir.

Çizelge 7.13 Temas süresinin % yağ adsorpsiyonuna etkisi

Temas Süresi (dakika)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
2,5	56,69	217,0	122,9
5,0	68,59	210,5	144,4
7,5	76,67	204,7	157,2
12,0	80,45	209,0	176,2
20,0	82,36	204,7	168,6
30,0	83,23	205,2	170,8
45,0	83,26	203,2	169,2



Şekil 7.23 Temas süresinin % yağ adsorpsiyonuna etkisi

7.9 Adsorpsiyon Üzerine Tanecik Büyüklüğünün Etkisi

Kimyasal analizi yapılmış killeri 105°C'de kurutulduktan sonra elek analizi uygulandı. Bu amaçla 100 gram kurutulmuş örnek, gözenek açıklığı 710-75 μm arasında değişen ve gözenek büyüklüğüne göre sıralanmış 6 adet elek dizgesinden geçirildi (Octagon 200 Test Sieve Shaker). En üstte kalan ve elek altlarına geçen kil miktarları saptandı. Sonuçlar Çizelge 7.14'te verilmiştir.

Çizelge 7.14 710-75 μm arasında elek dizgesinden geçen kil miktarı

Elek Açıklığı (μm)	Kil (gram)
>710	31,25
710-425	14,32
425-355	16,10
355-150	4,00
150-75	18,5
<75	6,85
	8,55
Toplam kil miktarı (g)	99,57

Adsorpsiyonla yağ gideriminde kullanılacak olan killerin en uygun tane boyutunu saptamak amacı ile, Çizelge 7.12’de yer alan 710 μm ’den daha küçük tane boyutuna sahip killer 1 saat süre ile termal olarak aktive edildikten sonra 5’er g tartıldı. Bu kil porsiyonları Bölüm 7.5’te anlatıldığı gibi hazırlanmış olan 250 cm^3 ’lük yapay atıksu örneklerine konuldu. 20 dakika süre ile karıştırıldıktan sonra 7.2 ve 7.3’te anlatılan işlemler uygulandı. Tanecik büyüklüğüne göre killerin % yağ adsorpsiyonu Çizelge 7.15’te verilmiştir.

Çizelge 7.15 Tanecik büyüklüğünün % yağ adsorpsiyonuna etkisi

Tanecik Büyüklüğü (μm)	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
710-600	88,97	210,4	187,2
600-425	88,61	202,0	179,0
425-355	88,67	204,8	181,6
355-150	87,76	204,3	179,3
150-75	87,34	207,0	180,8
<75	88,46	205,4	181,7

7.10 Adsorpsiyona Birim Hacıma Uygulanan Kuvvetin Etkisi

Birim hacıma uygulanan kuvvetin % yağ adsorpsiyonuna etkisini incelemek üzere hızı 240-2000 devir/dakika arasında değişen Janke & Kunkel Ikawerk RW20 ve Baysan markalı (1400 devir/dakika) karıştırıcılar kullanılmıştır. Şekil 7.24 ve 7.1’de bu parametreyi incelemek için deneysel çalışmaların yapıldığı düzeneklerin fotoğrafları verilmiştir.



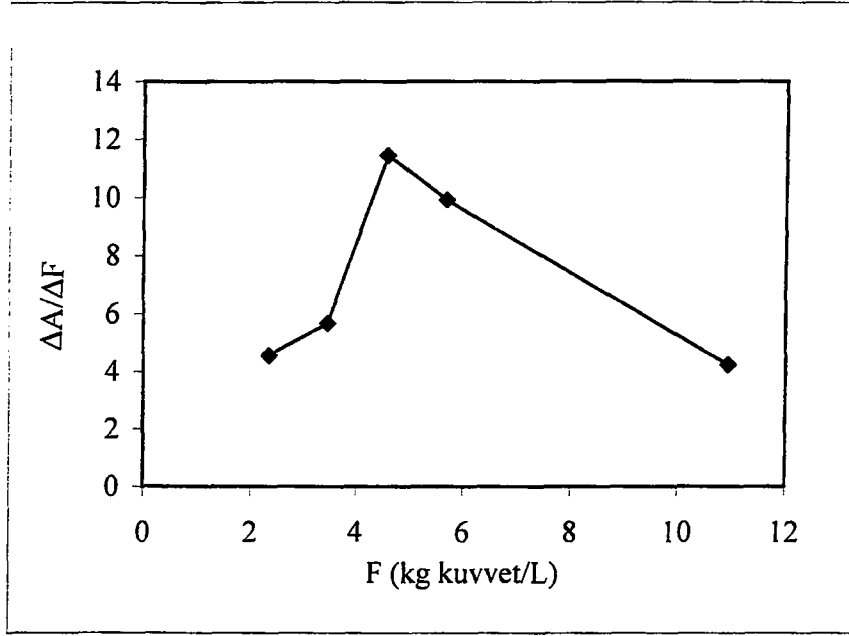
Şekil 7.24 Adsorpsiyona birim hacıma uygulanan kuvvetin etkisini incelemek için deneysel çalışmaların yapıldığı düzenek

Bölüm 7.5'te anlatıldığı gibi hazırlanan yapay atıksular, birim hacıma farklı kuvvetler uygulanarak ve sarı kil kullanılarak Bölüm 7.2 ve 7.3'te anlatılan işlemler uygulanır. Karıştırıcının çözeltinin birim hacıma aktarılan kuvvetle %yağ adsorpsiyonun deneysel değerleri Çizelge 7.16'da ve Şekil 7.2'de ise bu parametreye ait grafik verilmiştir.

Karıştırıcının çözeltinin birim hacıma aktarılan kuvvet, Newton'un sıvıların akış hızını belirleyen kuvvet esas alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7.16 Karıştırıcının çözeltinin birim hacıma aktarılan kuvvetle % yağ adsorpsiyonu arasındaki ilişki

% yağ adsorpsiyonu (A)	Çözeltinin birim hacıma aktarılan kuvvet F (kg kuvvet/L)	ΔA	ΔF	$\Delta A / \Delta F$
31,63	0,13	—	—	—
41,67	2,34	10,04	2,21	4,54
47,96	3,45	6,29	1,11	5,66
60,67	4,56	12,71	1,11	11,45
71,68	5,67	11,01	1,11	9,91
93,67	10,92	22,19	5,25	4,22



Şekil 7.25 Karıştırıcının çözeltinin birim hacmine aktarılan kuvvetle % yağ adsorpsiyonu arasındaki ilişki

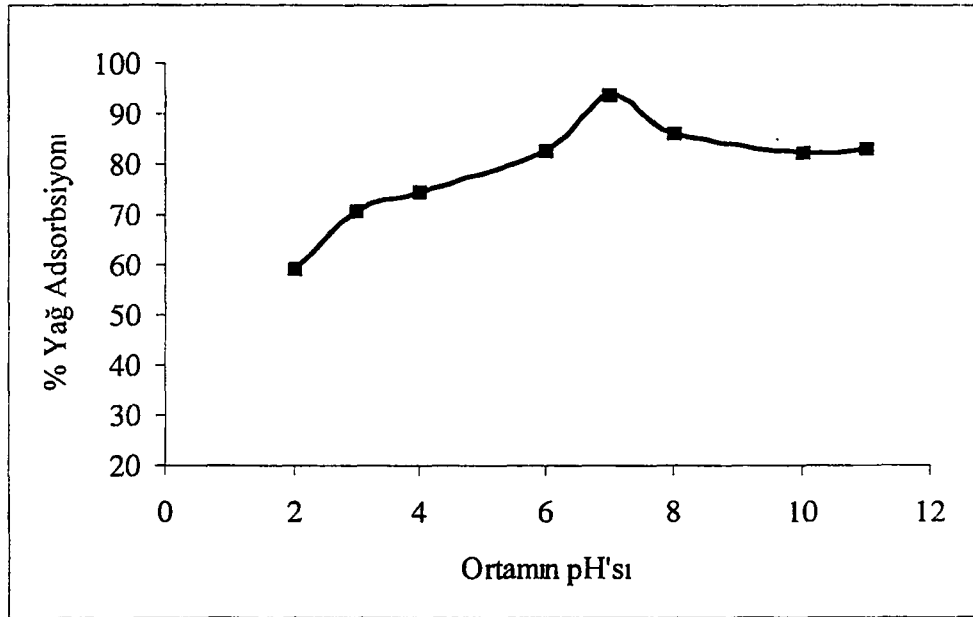
7.11 Adsorpsiyona pH'nın Etkisi

Adsorpsiyon olayına, ortamın pH'sının etkisi incelemek üzere farklı pH'ya sahip yapay atıksular hazırlandı. Bu amaçla, yaklaşık 125 mL musluk suyu alınarak suyun pH'sı; çalışılacak olan pH'ya tampon çözelti ve pH-metre kullanarak ayarlanıp 250 mL'ye tamamlandı. İstenen pH'ya ayarlanan sulara yaklaşık 200 mg yağ ilave edilerek farklı pH'larda yapay atıksu hazırlandı. 5 gram 110°C'de termal olarak aktive edilen sarı kil ilave edilerek 20 dakika karıştırıldı ve Bölüm 7.2 ve 7.3'te anlatılan işlemler uygulandı.

pH 2; 3; 4; 6 tampon çözeltileri $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$ ile; pH 8 tamponu $\text{H}_3\text{BO}_3-\text{NH}_3$ ile; pH 10; 11 $\text{NH}_4\text{Cl}-\text{NH}_3$ ile; pH 7 için sadece musluk suyu kullanılarak hazırlanmıştır. Çizelge 7.17 ve Şekil 7.26'de farklı pH'ların % yağ adsorpsiyonuna etkisi verilmiştir.

Çizelge 7.17 pH'nın % yağ adsorpsiyonuna etkisi

Ortamın pH'sı	% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsoplanan Yağ Miktarı (mg)
2	59,16	209,4	123,9
3	70,85	203,5	144,2
4	74,75	204,8	153,0
6	82,85	208,8	173,0
7	93,87	207,3	194,6
8	86,22	201,1	173,4
10	82,23	201,5	165,7
11	83,09	208,8	173,5



Şekil 7.26 pH'nın % yağ adsorpsiyonuna etkisi

7.12 Bitkisel Yağ ile Adsorpsiyon Denenmesi

Deneysel çalışmalarda kil ile yağ adsorpsiyonu için, optimum koşullar belirlenirken mineral yağ ile çalışılmıştır. Elde edilen bu optimum deneysel verilerin sonuçları ayçiçek yağına uygulandı.

Bu amaçla 250 cm³'ünde yaklaşık 750 mg ve 1500 mg ayçiçek yağı kullanılarak hazırlanan yapay atıksu ile dört ayrı deneme yapılmıştır. Yapay atıksu 20 dakika, 110°C'de aktive edilmiş 5 mg sarı kil ile karıştırıldıktan sonra Bölüm 7.2 ve 7.3'te anlatılan işlemler uygulanmıştır. Çizelge 7.18'da ayçiçek yağına ait % yağ adsorpsiyonu verilmiştir.

Çizelge 7.18 Farklı miktarlardaki ayçiçek yağının % yağ adsorpsiyonu

% Yağ Adsorpsiyonu	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
75.59	752,0	598,5
73.53	752,6	553,4
81.54	1494,7	1218,9
87.61	1577,4	1382,1

7.13 Ardışık Adsorpsiyon Uygulamasının Yağ Giderimine Etkisi

Ekstraksiyonda bilinen temel kural; aynı çözücü miktarı ile bir kerede yapılan ekstraksiyonun yerine çözücüyü porsiyonlara bölerek peşpeşe ekstraksiyon işleminin uygulanmasıdır. Fazlar arasında belirli bir denge söz konusu olduğunda bunun etkinliği çok açıktır. Yapılan adsorpsiyon denemesinde de sulu fazdaki ile katı fazda adsorplanmış yağ miktarı arasında da bir denge olacağından tek bir adsorpsiyon yerine ard arda tekrarlanan adsorpsiyonun etkisini görmek amacı ile 3004 mg mineral yağ ve 400 cm³ musluk suyu kullanarak yapay atıksu hazırlandı.

Yapay atıksu 8 gram 110°C'de termal olarak aktive edilmiş beyaz kil ile 20 dakika karıştırıldı. Sonra Bölüm 7.2'deki işlemle kilden ayrılan yapay atıksuyun 350 cm³'ü yeniden adsorpsiyon kabına alındı. Geriye kalan atıksuda ise yağ miktarı tayin edildi. 350 cm³'lük yapay atıksu numunesi ise 7 gram termal olarak aktive edilmiş yine beyaz kil ile 20 dakika karıştırıldı. Kilden ayrılan atıksuyun 300 cm³'üne yeniden 6 gram kil ile adsorpsiyon işlemi uygulandı. Kalan kısmında ise yağ tayini yapıldı. Benzer işlem bir kez daha uygulandıktan sonra sudaki yağ miktarı yeniden tayin edildi. Çizelge 7.19'de dört denemenin toplu sonuçları verilmiştir.

Çizelge 7.19 Ardışık adsorpsiyon uygulamasının yağ giderimine etkisi

Ads. No.	Su Miktarı (cm ³)	Başlangıçtaki Toplam Yağ (mg)	Başlangıçta Yağ Derişimi (mg/cm ³)	Son Yağ Derişimi (mg/cm ³)	Adsorplanan Yağ (mg)	Kalan Yağ (mg)	% Yağ Ads.
1	400	3004	7,51	1,44	2426	578	80,80
2	350	505	1,44	0,66	274	231	54,20
3	300	198	0,66	0,26	121	61.1	38,88
4	250	64	0,26	0,15	28	43.8	36,00

Analiz için alınan sudaki yağ toplamı = $50 \times 1,44 + 50 \times 0,66 + 50 \times 0,26 = 118$ mg

Toplam Adsorplanan Yağ = $2426 + 274 + 121 + 28 = 2849$ mg

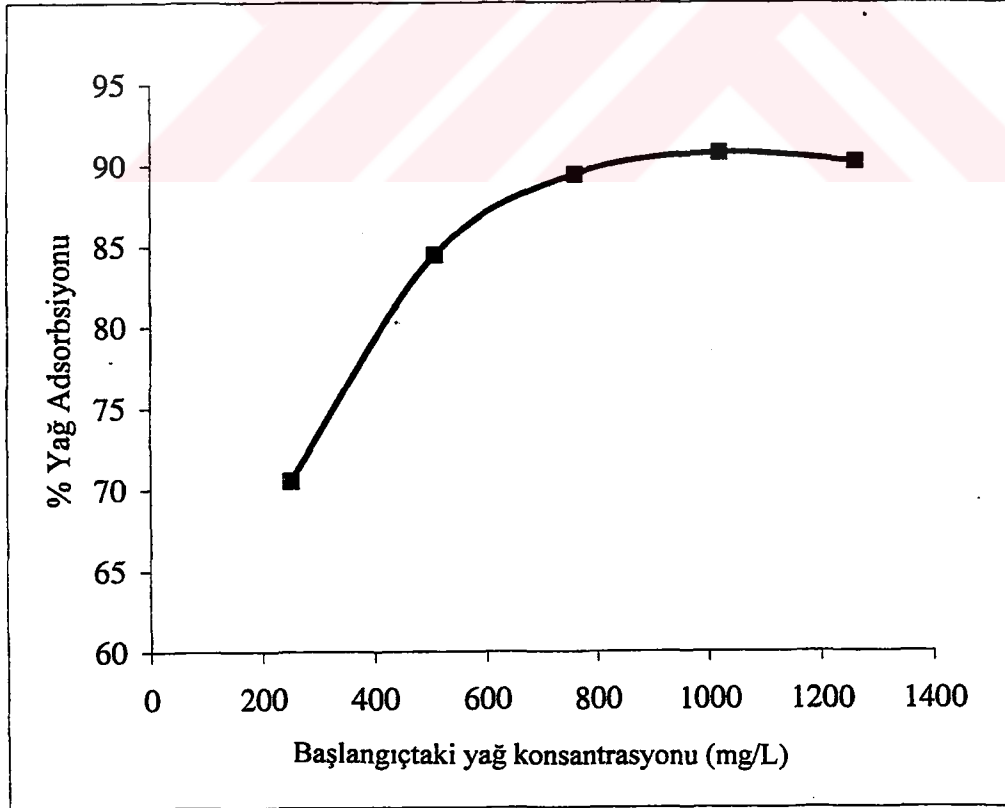
En son denemeden sonra suda kalan yağ = $250 \times 0,15 = 37,5$ mg

7.14 Sudaki Yağ Derişiminin Adsorpsiyona Etkisi

Toplam kil/yağ oranı yaklaşık 5 olacak şekilde yapay atıksular hazırlandı. 110°C'de aktive edilmiş sarı kil kullanılarak Bölüm 7.1, Bölüm 7.2 ve Bölüm 7.3'teki işlemler yapıldı. Denemeler sonunda elde edilen değerler Çizelge 7.20'de ve bu parametreye ait grafik ise Şekil 7.27'de verilmiştir.

Çizelge 7.20 Sudaki yağ derişiminin adsorpsiyona etkisi

Yağ Konsantrasyonu (mg/L)	Başlangıçtaki Yağ Miktarı (mg)	Kil Miktarı (g)	% Yağ Adsorpsiyonu	Adsorplanan Yağ Miktarı (mg)
1260,5	252,1	6,25	90,24	227,5
1019,5	203,9	5,00	90,82	185,2
760,0	152,0	3,75	89,47	136,0
508,5	101,7	2,50	84,52	86,0
251,5	50,3	1,25	70,57	35,5



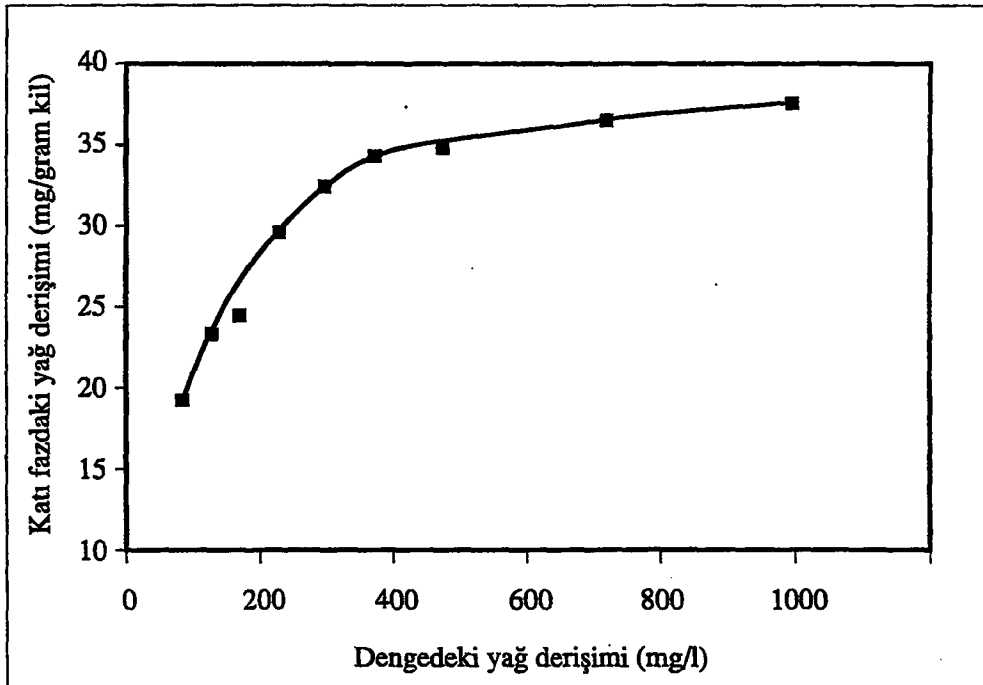
Şekil 7.27 Başlangıçtaki yağ derişiminin adsorpsiyona etkisi

7.15 Adsorpsiyon İzotermi

Adsorpsiyon izotermi çizebilmek için değişik derişimde yağ (SAE 40) içeren yapay sulara aynı miktardaki sarı kil ile adsorpsiyon işlemi uygulandı. İşlem sonunda adsorplanan yağ miktarı tayin edildi. Dengedeki ve katı fazdaki yağ derişimleri Çizelge 7.21’de ve Şekil 7.28 ’da ise adsorpsiyon izotermi verilmiştir.

Çizelge 7.21 Adsorpsiyon izotermi için deneysel veriler

Dengedeki Yağ Derişimi (mg/L)	Katı Fazdaki Yağ Derişimi (mg yağ/g kil)
78,8	19,30
123,4	23,20
165,0	24,40
227,7	29,50
295,0	32,30
370,2	34,20
474,1	34,40
724,7	36,26
999,3	37,20



Şekil 7.28 Adsorpsiyon izotermi

7.16 Endüstriyel Atıksularda Yağın Giderilmesi

Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. atıksuları laboratuvarında bu tezin konusu olan arıtma tekniği ile arıtıldı. Kil ile yağ giderme işlemi sırasında daha önce saptanan optimum adsorpsiyon koşulları uygulandı. İşlem öncesi atıksu analizi yapılarak kirlilik parametreleri saptandı. pH'ı 7 olan bu atıksu, çalkalanarak homojen hale getirildikten sonra, 300 mL'ik bir kısım alınıp üzerine 6 gram termal olarak aktive edilmiş sarı kil ilave edildi. 20 dakika karıştırılan kil-su süspansiyonuna, %0,1'lik, katyonik polielektrolitten 1 mL ve 1:1 H₂SO₄ ile pH 1'e ayarlanarak kil süspansiyonun çökmesi sağlandı. Üstteki su fazı dekantasyonla ayrıldıktan sonra geriye kalan sulu çamur cam yününden süzüldü. Arıtılmış suda yağ-gres ve KOI analizi yapıldı (Greenberg vd., 1971). Yapılan analiz sonucu yağ giderimin tek adsorpsiyonla tatminkar bir değere ulaşamadığı saptandığından ana sudan alınan 300 mL'lik başka bir örnekle peşpeşe 12'şer gramlık kil kullanılarak iki adsorpsiyon işlemi tekrarlandı. Çizelge 7.22 'te adsorpsiyon öncesi, I. ve II. adsorpsiyon sonrası atıksuyun yağ-gres ve KOI değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 7.22 Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. firmasının atıksuyunun, adsorpsiyon öncesi, I. ve II. adsorpsiyon sonrası deneysel verileri

Denemeler	Atıksuda Bulunan Yağ-Gres (mg/L)	% Yağ-Gres Adsorpsiyonu	KOI (mg/L)
Atıksuyun deneysel verileri	687,0	–	2272,4
I. adsorpsiyondan sonraki deneysel veriler	475,2	30.82	213,44
II. adsorpsiyondan sonraki deneysel veriler	77,6	88.70	136,16

Ayrıca aynı atıksuda bir önceki denemede kullanılan kil miktarının iki katı (12 gram) kullanılarak yağ giderme işlemi tekrarlandı. Başlangıçtaki ve işlem sonundaki KOI ve yağ-gres miktarları Çizelge 7.23'te verilmiştir.

Çizelge 7.23 Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. firmasının atıksuyunun, kil miktarı iki kat alınarak yapılan adsorpsiyon işlemi sonundaki deneysel veriler

Denemeler	Atık Suda Bulunan Yağ-Gres (mg/L)	% Yağ-Gres Adsorpsiyonu	KOI (mg/L)
Atıksuyun deneysel verileri	687,0	–	2272,4
Kil miktarı iki katı alınıp adsorpsiyon işlemi uygulandığında elde edilen deneysel veriler	93,2	86.43	132,48

Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. firmasının atıksuyunun arıtımı amacıyla yapılan tüm işlemler Kırilangıç Gıda Maddeler San. ve Tic. A.Ş. firmasının atıksuyuna uygulanmıştır. Bu firmanın atıksuyu aşırı miktarda askıda katı madde içerdiğinden yukarıdaki uygulanan yöntemlere ilave olarak, doğrudan adsorpsiyon işlemine geçme yerine bir ön işlem ile atıksudaki askıda katı madde miktarı düşürüldü. Bu amaçla atıksu 1:1 oranında seyreltilmiş H_2SO_4 ile asidlendirilerek koagülasyon sağlandı. Bu amaçla 1:1 H_2SO_4 porsiyonlar halinde ilave edilerek her ilaveden sonra karıştırılarak koagülasyonun gerçekleşip gerçekleşmedi gözlemlendi. Maksimum koagülasyon gerçekleştiğinde 1:1 H_2SO_4 katılmaya son verildi. Bu koagülasyon işleminden sonra üst faz ya dekante edilerek ya da cam yünüden süzülerek alt atıksu fazından ayrılması sağlandıktan sonra, atıksuyun yağ-gres ve KOI değerleri bulundu. Askıda katı maddesi giderilen atıksuya, termal olarak aktive edilmiş sarı kil ile adsorpsiyon işlemi uygulandı. Adsorpsiyon sonrası atıksuyun yağ-gres ve KOI değerleri bulundu.

Kırilangıç Gıda Maddeler San. ve Tic. A.Ş. firmasının atıksu arıtımına ait yapılan tüm denemelerin sonuçları Çizelge 7.24’te verilmiştir.

Çizelge 7.24 Kırilangıç Gıda Maddeleri San. ve Tic. A.Ş. firmasının atıksu arıtımına ait toplu sonuçlar

Denemeler	Atıksuda Bulunan Yağ-Gres (mg/L)	% Yağ-Gres Adsorpsiyonu	KOI (mg/L)
Arıtılmamış atıksuyun deneysel verileri	3488	–	36864
I. adsorpsiyondan sonraki deneysel veriler	841,2	75,88	2332,8
II. adsorpsiyondan sonraki deneysel veriler	80,4	97,69	453,12
Kil miktarı iki katı alınıp adsorpsiyon işlemi uygulandığında elde edilen deneysel veriler	98,2	97,18	721,92
1:1 H ₂ SO ₄ ile koagülasyon sonucu elde edilen veriler	499,0	85,69	894,72
1:1 H ₂ SO ₄ ile koagülasyon sonrasında yapılan adsorpsiyon işleminin deneysel verileri	32,8	93,42	372,48

8. TARTIŞMA ve SONUÇ

Adsorpsiyonda kullanılan killeri temel kil minerallerini birarada içermektedir. Şekil 7.6'da kırmızı kilin DTA grafiği incelendiğinde 150°C ve 580°C'de iki endotermik pik ve 925°C'de bir ekzotermik pik gözlenmektedir. Şekil 7.7'de ise beyaz kilin DTA grafiğinde 135°C ve 580°C iki endotermik pik ve 960°C'de ise bir ekzotermik pik görülmektedir. Şekil 7.8'de ise sarı kile ait DTA grafiğinde 150°C, 580°C'de iki endotermik pik ve 980°C'de ise bir ekzotermik pik görülmektedir. Şekil 7.9'da ise yeşil kile ait DTA grafiği incelendiğinde 140°C ve 580°C'de iki endotermik pik ve 980°C'de ise bir ekzotermik pik görülmektedir. Daha kesin sonuçlar elde edebilmek için killerin XRD spektrumları alındı. Şekil 7.10, 7.12, 7.14, 7.16'da XRD spektrumları, Şekil 7.11, 7.13, 7.15, 7.17'de spektrumla birlikte bilgisayar değerlendirmeleri görülmektedir. Şekil 7.11, 7.13, 7.14'teki tablolar dikkate alındığında kırmızı, beyaz ve sarı kilde dikkate değer oranda kaolin ve montmorillinit bulunduğu ancak Şekil 7.15'te bulunan tabloda sarı kilin muskovit içermediği diğer üç kilin muskovit de içerdiği görülmektedir. Tablolarda yer alan en yüksek orandaki kil bileşimi o kilin esas minerali olarak alınmış, daha düşük orandakiler ise yan mineraller olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşımla yeşil kil montmorillonit, sarı kil illit, kırmızı kil muskovit ve beyaz kil kaolin olarak tanımlanmıştır. Çalışmanın temel amacı doğrudan ucuz, doğal maddelerle yağ giderimi olduğu için daha yüksek saflıktaki kil mineralleri yerine bu killerin kullanımı tercih edilmiştir. Killerin kimyasal analizi klasik analiz yöntemleri yanında flame fotometre, atomik absorpsiyon spektrofotometresi ve XRF spektrofotometresi kullanılarak yapıldı. Sonuçlar Çizelge 7.4'te verilmiştir. Çalışma sırasında suda kalan yağ miktarı ile başlangıçta bulunan yağ miktarı arasındaki fark kil tarafından absorplanan yağ miktarı olarak alınmıştır. Bu yöntemin gerçeğe uyup uymadığını görmek amacıyla, adsorpsiyon işleminden sonra kil tarafından tutulan yağ trikloroetilen ile ekstrakte edildikten sonra miktarı tayin edildi. Adsorpsiyondan sonra suda kalan yağ miktarı saptanarak başlangıçta yapay atıksudaki yağ miktarı bulundu. Yağ analizi için klasik gravimetrik yöntem (Greenberg, vd., 1971) yanında, trikloroetilen ile ekstraksiyondan sonra organik fazın absorbanı ölçülerek spektrofotometrik yöntem uygulandı. Yapay atıksularda interferens yapacak yabancı maddeler olmadığından spektrofotometrik yöntemin doğru sonuç verdiği saptandı. Ancak yağın türüne göre spesifik absorptivite ve maksimum adsorpsiyon veren dalga boyu değişeceğinden her bir yağ türü için ayrı ölçü eğrisi hazırlandı. Şekil 7.2 mineral yağa ait ölçü eğrisi, Şekil 7.3'te ise mineral yağ içeren çözeltinin adsorpsiyon spektrumu görülmektedir. Çalışılan derişimlerde absorpsiyonun

derişimle lineer olarak değiştiği görülmektedir. Şekil 7.4 ay ı ek yağının ölçü eğrisi ve Şekil 7.5'te ise ay ı ek yağının absorpsiyon spektrumu görülmektedir. Mineral yağ için 274 nm olan λ_{max} , ay ı ek yağında 277 nm'ye kaymıştır. Deneyde kullanılan diğer yağlara ait spektrum ve ölçü eğrileri hazırlanmış olmakla birlikte teze konulmamış yalnızca λ_{max} 'lar ve spesifik absorptiviteler  izelge 7.3'te verilmiştir.

Optimum koşulların saptanması amacı ile, hassas olarak tartılmış yağ belirli hacimdeki su içerisine konuldu ve yüksek devirli karıştırıcı ile bir süre karıştırılarak yapay atıksu  rneği hazırlandı. Her deneye başlamadan önce bu işlem tekrarlanarak yağın su içerisinde homojen şekilde emülsiyon halinde dağılması sağlandı.

Killer 110 C ile 1000 C arasında değişen sıcaklıklarda ısıtılarak aktive edildi. Aktifleştirilmiş killerle yağ giderimi deneyleri yapıldı. Çizelge 7.5'te aktive edilmiş kırmızı kil ile yapılan deneyler sonunda elde edilen adsorpsiyon değerleri ve adsorplanan yağ miktarları görülmektedir. Şekil 7.18'de ise aktivasyon sıcaklığı ile % yağ adsorpsiyonu değişimine ait grafik görülmektedir. Grafik ve  izelge incelendiğinde 500 C'ye kadar aktivasyon sıcaklığıyla adsorpsiyon yüzdesinin arttığı daha sonraki sıcaklık artışı ile % adsorpsiyonun düştüğü görülmektedir. Bu durum Şekil 7.6'daki DTA spektrumunda 580 C civarındaki endotermik pikin varlığıyla da gözlenmektedir. Bu verilere göre 250 C civarındaki bir aktivasyon işleminin %7-8 kadar verim artırıcı bir etki gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 7.6'da beyaz kilin aktivasyon sıcaklığı ile adsorpsiyon yeteneği arasındaki değişim görülmekte olup bununla ilgili grafik Şekil 7.19'dadır. Beyaz kilin aktivasyonu ile %4.5'luk bir kazanım sağlanmış bu kilin aktivasyon yeteneğinin azalması kırmızı kilde olduğu gibi sıcaklıkla daha yavaş seyretmiştir. Ancak aktivasyon kaybı kırmızı kile göre daha düşük sıcaklıkta başlamıştır. Bunun nedeni kırmızı kilde çok daha az oranda (kırmızı kilde %5,02, beyaz kilde %11,5) montmorillonit bulunmasıdır. Çünkü montmorillonit 140 C'de su kaybetmekte ve daha önce söylendiği gibi bu su kaybı adsorpsiyon yeteneğini azaltmıştır. Beyaz kilde 450 C'den sonra % yağ adsorpsiyonunda bir düşüş olmuştur. Bu da Şekil 7.7'deki DTA spektrumundaki 580 C'deki endotermik pikin varlığından anlaşılabilir.

Çizelge 7.6'da sarı kilin aktivasyon sıcaklığı ile yağ adsorpsiyonu arasındaki değişim ve Şekil 7.20'de bununla ilgili grafik görülmektedir. Bu kilde aktivasyonun adsorpsiyon üzerinde yaklaşık %5,5 iyileştirme sağladığı 450 C'de dahi önemli bir adsorpsiyon yeteneği kaybı olmadığı

görülmektedir. Bunun nedeni bu kilde yalnızca %3,73 oranında montmorillonit bulunmasıdır. Bu nedenle montmorillonit oranı düşük olan killerin yağ giderimi amacıyla daha uygun olacağı ve bir aktivasyon işleminin de yapılmasının şart olmadığı söylenebilir. Sarı kilde 550°C'den sonraki aktivasyon işleminde % yağ adsorpsiyonunda bir düşüş vardır. Bu da Şekil 7.8'deki DTA spektrumundaki 580°C'deki endotermik pikin görülmesinden gözlenmektedir.

Çizelge 7.8'de yeşil kilin adsorpsiyon kapasitesine aktivasyon sıcaklığının etkisi Şekil 7.21'de ise buna ait grafik görülmektedir. Çizelge ve grafikten aktivasyonun %7 bir iyileştirme sağlamasına karşı artan sıcaklıkla adsorpsiyon yeteneğinin hızla azaldığı görülmektedir. Çizelge 7.8'de görüldüğü gibi yeşil kilde 200°C'den sonra % yağ adsorpsiyonunda önemli bir düşüş vardır. Şekil 7.9'da DTA grafiği dikkate alındığında 140°C'de görülen endotermik pik su kaybının göstergesidir. Bunun sonucu olarak kristal yapısında meydana gelen değişme adsorpsiyon yeteneğini düşürmüştür.

Montmorillonitik killer yüksek miktarda nem içerirler ve ısıyla kolaylıkla bozunurlar (Norton, 1957). Bu sebeple killerdeki montmorillonit oranı yükseldikçe, termal aktivasyona uğratılarak yağ adsorpsiyonunda kullanılacak kilin optimum termal aktivasyon sıcaklığı düşmektedir. Örneğin %5.02 montmorillonit içeren kırmızı kil 500°C'ye kadar olan termal aktivasyon sonucunda % yağ adsorpsiyonunda bir artış görülmektedir (Şekil 7.11 ve Çizelge 7.7). Beyaz kil ise %11.50 montmorillonit içermektedir. Şekil 7.13 ve Çizelge 7.6'da görüldüğü gibi 350°C'den sonraki termal aktivasyon yapılan sıcaklıklarda % yağ adsorpsiyonunda bir azalma gözlenmektedir. Yeşil kil ise %49 oranında montmorillonit içermektedir (Şekil 7.17). Yeşil kilde ise 200°C'den sonraki yapılan termal aktivasyon işlemlerinde % yağ adsorpsiyonunda çok büyük miktarda düşüş gözlenmektedir (Çizelge 7.8).

Hidrotermal olarak aktivasyon işlemi yapıldığında kilin adsorpsiyon yeteneğindeki artış termal aktivasyondaki artış düzeyinde kalmıştır. Çizelge 7.9'da sarı kilin termal aktivasyon sonunda adsorpsiyon yeteneğindeki artış ile Çizelge 7. 10'da gösterilen aynı kilin hidrotermal aktivasyonundan sonraki % yağ adsorpsiyonu kıyaslandığında bu durum açık olarak görülmektedir.

Aktive edilmiş killerin aktif yüzey alanları tayin edilmiş ve sonuçlar Çizelge 7.10'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde düşük sıcaklıklardaki aktivasyon sonunda aktif yüzeyin ya değişmediği ya da hafif artış veya azalış gösterdiği, yüksek sıcaklıklarda ise önemli yüzey azalması olduğu

görülmektedir. Bu durum adsorpsiyon yeteneğinin azalması ile de kanıtlanmıştır. Çok yüksek sıcaklıklarda (900°-1000°C civarında) kil minerallerin kristal yapısı çökmektedir (Grim, 1953). Daha düşük sıcaklıktaki aktivasyondaki artış ise gözeneklerde zayıf şekilde tutulmuş, yağ adsorpsiyonunu engelleyen, suyun uzaklaşması ile açıklanabilir (Berkem, 1994). Çizelge 7.5; 7.6; 7.7 ve 7.8'deki aktive edilmemiş killerdeki adsorpsiyon yeteneği dikkate alındığında en yüksek yağ adsorplama oranının sarı kil (illit ağırlıklı kil), orta derecede adsorpsiyonu yeşil kil (montmorillonit ağırlıklı kil) ve beyaz kil (kaolin ağırlıklı kil), en düşük adsorpsiyon ise kırmızı kilde (muskovit ağırlıklı kil) görülmektedir. Bu verilere göre adsorpsiyon yeteneği yalnızca aktif yüzeye bağlı olmayıp aynı zamanda adsorbanın kimyasal doğasına da bağlıdır (Berkem, 1994; Sarıkaya, 1993). Bu nedenle aktif yüzey ile adsorpsiyon ilişkisini aynı tür kilde değerlendirmek gerekmektedir. Bu bakış açısıyla Çizelge 7.10'da incelendiğinde her bir kil türünde aktif yüzey azalmasıyla yağ adsorpsiyonunun da azaldığı görülmektedir.

Termal aktivasyon süresinin adsorpsiyon yeteneğinin artmasında önemli bir etkisi olmadığı Çizelge 7.11'de gözlenmiştir.

Kil miktarı ile % yağ adsorpsiyon arasındaki ilişki incelendiğinde, mg yağ başına mg kil miktarı arttığından adsorplanan yağ miktarı da artmıştır. Ancak bir maksimuma eriştikten sonra gram kil başına adsorplanan yağ miktarı yeniden azalmaya başlamıştır. Şekil 7.22'deki grafik (adsorplanan yağ miktarı (mg yağ/g kil) - kullanılan kil (mg kil/mg yağ)) incelendiğinde, 1 mg yağ için 4 mg kil kullanıldığında en yüksek optimum verime ulaşmak mümkün olmaktadır. Benzer şekilde Şekil 7.22'deki grafik (% yağ adsorpsiyonu - kullanılan kil (mg kil/mg yağ)) optimum kil miktarı 5 mg kil/mg yağ şeklinde bulunmaktadır. Kil miktarının daha da artırılmasıyla gram kil başına adsorplanan yağ miktarının düşmesinin nedeni sistemin denge değerinin üzerine geçilmiş olması yani kilin ortamda adsorplanabilecek dengedeki miktarının üstüne yağ bulamamasından kaynaklanmaktadır. Gerçekten de grafik (% yağ adsorpsiyonu - kullanılan kil (mg kil/mg yağ)) % yağ adsorpsiyonun hafif bir eğimle arttığı görülmektedir. Bu durumda ekonomi söz konusu olduğunda sudaki 1 mg yağı tutmak için 4-5 mg kil yeterli olacaktır. Ancak suda kalan yağ miktarını minimuma indirmek söz konusu olduğunda ve atıksuda süspanse katıların varlığından dolayı bu miktarın 4-5 katı (20-25 mg) kil kullanılmalıdır.

Yağ ile kilin temas süresi incelenmiş bulunan değerler Çizelge 7.13'te ve bu değerlerle çizilen Şekil 7.23'te görülmektedir. Çizelge 7.13 'e bakıldığında yaklaşık 10-12 dakikada istenen adsorpsiyon değerine erişildiği görülmektedir. Optimum bir değer esas alınırca bu sürenin daha

da kısa tutulabileceği söylenebilir. Şekil 7.23 'teki grafikten bu optimum değer 7 dakika olarak bulunmuştur.

0,7 mm altındaki çeşitli tane büyüklüğüne sahip killerle yapılan deneyler sonunda bu boyut aralığında tanecik büyüklüğünün adsorpsiyon üzerinde etkisi olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu durum Çizelge 7.15'te görülmektedir. Çizelge 7. 14'teki elek analizi dikkate alındığında bir kez değirmenden geçirilmiş olan kilin yaklaşık %69'unun 0,7 mm'nin altında tane boyutuna sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle daha büyük taneli killerle deney yapmanın gereksiz olduğu sonucuna varılmıştır. Çalıştığımız tanecik büyüklüğü aralığında tanecik büyüklüğünün % yağ adsorpsiyonuna etkisinin önemli olmadığı görülmüştür. Nitekim killerin iyon değiştirme kapasitesi üzerine çalışmalarda da iyon değiştirme kapasitesinin bazı kil minerallerinde tanecik büyüklüğü ile ya hiç değişmediği ya da çok az değiştiği belirtilmiştir (Grim, 1953; Hauser ve Reed, 1937; Caldwell ve Marshall, 1942).

İyi karışmanın temel ölçüsü birim zamanda ortama aktarılan kuvvettir. Bu kuvvet karıştırıcının yüzeyi, şekli ve devri ile orantılıdır. % yağ adsorpsiyonu suyun birim hacmine karıştırıcıda aktarılan kuvvetle artmaktadır. Ancak bu kuvvet yaklaşık 4-5 kg kuvvet/L çözelti olduğunda birim kuvvet başına adsorplanan yağ miktarı maksimuma erişmekte, bundan sonra birim hacme aktarılan kuvvet başına adsorplanan yağ miktarı azalmaktadır. Bunun sonucu olarak eğer enerji tasarrufu ön plana çıkarılırsa optimum değer çözeltide 4-5 kg kuvvet/L'dir. Fakat adsorplanan yağ yüzdesi çok yüksek olması istenirse daha büyük değerde kuvvet aktarımı gerekecektir.

Ortamın pH'sının adsorpsiyon üzerine etkisi incelendiğinde asidik ortam dışında önemli bir farklılık görülmemektedir. Çizelge 7.17 'deki değerler dikkate alındığında en iyi adsorpsiyonun pH 7'de elde edildiği, daha yüksek pH'larda hafif bir düşme olmakla birlikte önemli bir kayıp olmadığı görülmektedir. Ancak pH düştükçe adsorpsiyon verimi dikkate değer şekilde azalmaktadır. Bunun nedeni killerdeki alkalilerin kısmen de olsa hidrojen iyonu ile yer değiştirmesi olarak yorumlanabilir (Stumm ve Morgan, 1996). Nitekim aynı hacimdeki saf suda ve HCl ile pH'sı 2'ye ayarlanmış suya aynı miktar kil konularak bir süre beklendikten sonra yapılan analiz sonucuna göre saf suda 0,13 ppm potasyum bulunmuşken HCl çözeltisinde (pH 2) 0,67 ppm potasyum bulunmuştur.

Bitkisel yağların adsorpsiyonla giderilmesi için yapılan deney sonuçları Çizelge 7.18 'da görülmektedir. Bu çizelgeye göre kil miktarı sabit tutularak yağ miktarı artırıldığında adsorpsiyon

veriminin de arttığı görülmektedir. Ancak ilk bakışta bitkisel yağdaki % yağ adsorpsiyonun mineral yağdakine göre biraz daha düşük olduğu izlenimi çıkarılabilir. Fakat Çizelge 7.12 göz önüne alınırsa 1 mg yağ için 4,68 mg kil kullanıldığında % adsorpsiyon 51,15 olmuştur. Oysaki Çizelge 7.18 'da görülen yağ miktarları ile deneyde kullanılan kil miktarı oranlanırsa 752 mg yağ için bu oran 6,64; 1577 mg yağ için 3,16 olarak bulunur. Bu oranlar dikkate alındığında bitkisel yağ için yağda çok daha yüksek adsorpsiyon verimi elde edilmiştir. Nitekim 752 mg bitkisel yağ varlığında adsorpsiyon %73-74 olarak gerçekleşmiştir. Buradaki kil/yağ oranının (6.64) karşılığı % adsorpsiyon Çizelge 7.12'de mineral yağ için %50-60 olacaktır. Benzer şekilde 1577 bitkisel yağ varlığında elde edilen %87'lik adsorpsiyonun karşılığı Çizelge 7.12'de %20 olarak görülecektir. Bu yaklaşımla bitkisel yağ gideriminde kullanılacak kil miktarının mineral yağa göre çok daha küçük olacağı rahatlıkla söylenebilir. Çizelge 7.19'da daha düşük yağ miktarı için daha küçük adsorbans değerinin görülmesi henüz sistemin dengeye gelmemiş olmasından yani ortamda yeterince yağ bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Nitekim aynı çizelgede adsorplanmamış yağ miktarlarına bakıldığında rakamların birbirine yakın olması bu yargıyı doğrulamaktadır.

Yağ adsorpsiyon denemelerinde sulu fazdaki ile katı fazdaki adsorplanmış yağ miktarı arasında denge olacağından tek bir adsorpsiyon yerine birkaç adsorpsiyon ile % yağ adsorpsiyonu artırılabilir. Çünkü her defasında suda dağılmış yağ hiç yağ içermeyen kil ile karşılaşmakta ve denge sağlanıncaya kadar adsorpsiyon gerçekleşmektedir. Yani yağın katı faz (adsorban) ile sulu faz derişileri arasındaki oran (bir tür dağılma oranı denebilir) sabit olup, bu orana erişinceye kadar adsorpsiyon devam eder. Çok miktardaki yağ için hesaplanan kilin tümünü bir defada kullanma yerine porsiyonlara bölme birbirini izleyen adsorpsiyon denemeleri yapıldı. Toplam 3004 mg yağ için 26 g kil kullanılarak dört kademede adsorpsiyon yapıldığında adsorplanan yağ miktarı 2849 mg'a erişti. Bu da başlangıçtaki yağın %93,7'sidir. 1 mg yağ için kullanılan kil ise 8,66 mg'dır. Çizelge 7. 12'deki 8,61 mg kil/mg yağ karşılığı olan % yağ adsorpsiyonun %64,9 olduğu dikkate alınırsa ardışık adsorpsiyonun çok daha etkin sonuç verdiği ortadadır.

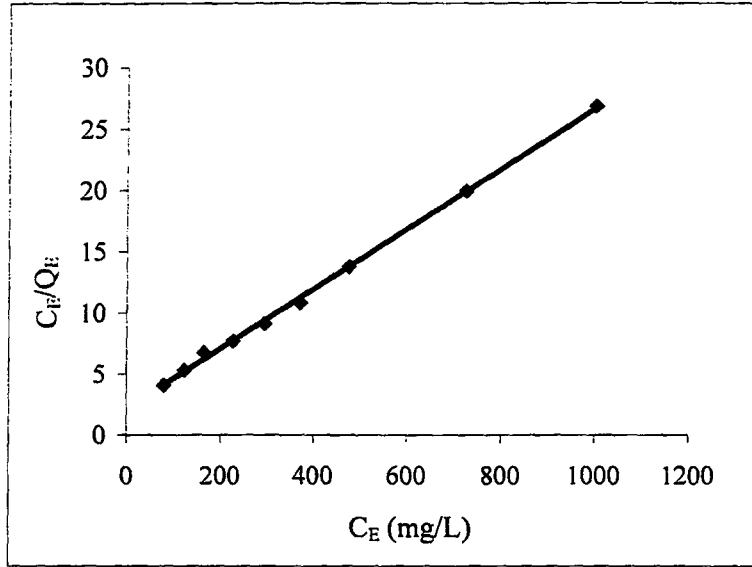
Yağ derişimin artmasıyla % yağ adsorpsiyonu da artmış ancak yağ derişimi 760 mg/L'ye eriştikten sonra adsorpsiyondaki artış durmuştur. Bu da genel kimya kanunlarına uygun bir davranış olup başlangıç derişiminin artmasıyla adsorpsiyon veriminin artması doğaldır. Belirli bir derişime erişildiğinde denge sağlandığı için artış daha ileriye gitmemiştir.

Adsorpsiyonun hangi ampirik adsorpsiyon denklemine uyduğunu saptamak üzere farklı yağ derişimindeki yapay atıksularla denemeler yapıldı. Bulunan sonuçlar Çizelge 7.21 'de görölmektedir. Çizelgedeki değerlerle çizilen grafik ise Şekil 7.28 'da görölmektedir. Bu adsorpsiyon izotermi Şekil 4.3'te verilen adsorpsiyon izotermilerinden Tip I'e benzemektedir (Perry, 1963). Şekil 4.3'teki Tip 1 adsorpsiyon izotermi, monomoleküler adsorpsiyon izotermi olduğunu göstermektedir (Sarıkaya, 1993). Yani gözeneklerin yüzeyleri monomoleküler (tek tabaka) olarak kaplandığında gözenekler tümüyle dolduğunda adsorpsiyon tamamlanmış olacaktır (Sarıkaya, 1993) ve bu tip adsorpsiyon izotermi, Langmuir adsorpsiyon izotermine karşılık gelmektedir (Cebe, 1987). Bununla ilgili ampirik katsayılar Çizelge 4.3'te verilmiştir (Perry, 1963). Buna uyan Langmuir denklemi ve lineerize edilmiş Langmuir denklemi (Sposito, 1986);

$$Q_E = \frac{Q_m \cdot K \cdot C_E}{1 + K \cdot C_E} \quad (8.1)$$

$$\frac{C_E}{Q_E} = \frac{1}{K Q_m} + \frac{C_E}{Q_m} \quad (8.2)$$

şeklinde yazılabilir. Çizelge 7.21'deki değerler kullanılarak yukarıdaki denklemde yer alan Q_m ve K değerleri hesaplandığında K için ortalama $1,12 \times 10^{-2}$, Q_m için ise ortalama 40,81 mg/g bulunmuştur. Bu denklemde Q_m , 1 gram kil kütlesi başına maksimum adsorpsiyonu, C_E ise; dengedeki yağ derişimini, Q_E , 1 gram kil başına yağ adsorpsiyonunu, K ise denge sabitini göstermektedir. Bu denemede SAE 40 mineral yağı ve sarı kil kullanılmıştır. Lineerize edilmiş Langmuir denklemi kullanılarak çizilen grafik Şekil 8.1'de verilmiştir.



Şekil 8.1 Kil ile yağ adsorpsiyonun lineerize edilmiş Langmuir doğrusu

Besler Gıda ve Kimya San. Tic. A.Ş. firmasının atıksuyunun 300 mL'si 6 gram kil ile adsorpsiyon işlemine tabi tutulduğunda sudaki yağ miktarı 687 mg/L'den 475,2 mg/L'ye düşmüş, dolayısıyla ancak %30,82'lik bir yağ giderimi sağlanabilmiştir. Atıksuyun KOI'si ise 2272,4 mg/L'den 213,44'e düşmüştür. Kilin yağ yanında önemli ölçüde KOI'yi yükseltgen maddeleri de adsorpladığı görülmüştür. Altışar gramlık kil kullanılarak peş peşe iki kez adsorpsiyon işlemi tekrarlandığında %88,7'lik bir yağ giderimi sağlanmış, KOI'si 2272,4 mg/L'den 136,16 mg/L'ye düşmüştür. Böylelikle KOI'de %94 oranında azaltılabilmektedir. Kil miktarının yetersiz kalması nedeniyle mi yoksa tek adsorpsiyon işleminin yetersizliği nedeniyle mi tek adsorpsiyonun verimsiz olmasını araştırmak amacıyla aynı suyun 300 mL'si 12 gram kil ile adsorpsiyon işlemine sokuldu. Bulunan sonuçlar Çizelge 7.23'te görülmektedir. Çizelgeden görüldüğü gibi %86,43 'lük bir yağ giderimi, %94'ün üstünde KOI azalması sağlanmıştır. Bu durumda tek adsorpsiyonun da yeterli kil kullanıldığında sonuç vereceği görülmektedir. Bunun yanı sıra çok önemli boyutta KOI giderimi de sağlanabileceği görülmektedir.

Kırlangıç Gıda Maddeler San. ve Tic. A.Ş. firmasının atıksuyuna ise aynı işlem uygulandığında 6 gram kil ile tek adsorpsiyon işleminde yağ miktarı 3488 mg/L'de 841,2 mg/L'ye düşmüş, yani %75,88'lik yağ giderimi sağlanmıştır. KOI ise 36864 mg/L'den 3223,8 mg/L'ye düşmüştür. İki kademeli adsorpsiyon yapıldığında ise yağ miktarı 80,4 mg/L'ye düşmüş ve toplam yağ giderimi %97,69 olmuştur. KOI ise 453,12 mg/L'ye inmiştir. 12 gramlık kil ile tek kademeli adsorpsiyon

yapıldığında % yağ miktarı 98,2 mg/L'ye düşmüştür. Yani %97,18'lik bir verim elde edilmiştir. KOI ise 721,92 mg/L'ye düşmüştür. Bu atıksudaki askıda katı madde miktarı çok yüksek olduğundan 1:1 oranında H_2SO_4 ile koagüle edilerek askıda katı maddeler ayrılmıştır. Çizelge 7.24'te görüleceği gibi bunun sonucunda hem ya miktarında hem de KOI'de önemli ölçüde azalma görülmüştür. Askıda katı maddesi azaltılmış olan suya 6 gram kil kullanılarak adsorpsiyon işlemi uygulandığında %93,42 oranında bir yağ giderim sağlanırken KOI 897,72 mg/L'den 372,48 mg/L'ye düşmüştür. Bu sonuçlara göre her ne kadar asid ile koagülasyon işlemi verimi artırmışsa da bu işlem yapılmaksızın adsorpsiyon uygulaması da kabul edilir değerlere ulaşmasını sağlayacaktır.

Çizelge 2.1'de gösterilen ve İSKİ tarafından verilen deşarj parametreleri listesinde yağ ve gres için izin verilen değer 100 mg/L'dir. Her iki endüstriyel atıksu için, kil ile adsorpsiyon işlemiyle İSKİ deşarj parametrelerine ulaşılmıştır.

Sonuç olarak kimyasal arıtma yapan atıksu arıtım sistemlerinde koagülant ilavesi sırasında yani hızlı karıştırma hesaplama sonucu bulunan uygun kil miktarının toz veya akışkan çamur halinde dozlanması sudaki yağ giderimini sağlayacaktır. Yağ adsorplamış olan kil durulma sırasında diğer çamurlarla birlikte çökecek ve ucuz bir malzeme olduğundan yeniden kullanımı düşünülmemiştir. Çünkü kili atıksuda bulunan diğer askıda katı maddeler ve adsorpladığı çözünmüş maddelerden ayırmak için yapılacak işlem hem ek bir sabit yatırım ve işletme masrafı getirecek hem de yeni bir atık problemi doğuracaktır. Özetle bu çalışma sonucu ortaya çıkarılan verilere göre hiç bir ek yatırım ve özel düzenek gerektirmeksizin atıksularda yağ giderimi yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

Abe, S., Saito, T. ve Ikeuchi, J., (1997), "Apparatus for Treatment of Orinoco-Oil-Containing Emulsion Wastewater by Coagulation and Floatation Separation", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09, 225, 474 [97, 225, 474] (Cl. C02F1/52), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 267729r.

Aksenko, A.A., Nazaryon, M.M., Kolyado, V.A. ve Nataev, A.R., (1984), "Installation for Elektrochemical Polluted Water Purification", Patentschrift (Switz.) CH 646, 404 (Cl. C02F1/46), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 154312q.

Ando, T., Koda, O., Koyama, Y., Numata, T. ve Umemori, N., (1986), "Oil Separation from Kitchen Wastewaters", Jpn. Kokai Tokkyo Koto JP 61 00, 412 [6 00, 412] (Cl. B01D17/02), Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 212676r.

Balazs, J. ve Szuros, J., (1983), "Apparatus and Methods for Continuous Treatment of Basic Wastewaters Containing Oil, Suspended and Dissolved Solid Matter, Detergents, and Emulsifiers, especially for Treatment of Automobile Manufacturing Plant Wastewaters", Hung. Teljes HU 25, 869 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.99, 218073s.

Benkwitz, K., Angenstein, D., Ewers, K. ve Koeings, R., (1985), "Filter Material for Separating Oil-Containing Wastewater", Ger. (East) DD 217, 428 (Cl. B01D23/14), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.103, 165609p.

Berkem, A.R., Baykut, S. ve Berkem, M.L., (1994), Fizikokimya II. cilt, İstanbul.

Bodzek, M. ve Konieczny, K., (1996), "Treatment of Oil-Emulsion Wastewater with Ceramic Micro- and Ultrafiltration Membranes", Vom Wasser, 87:207-221., Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 85336c.

Boglietti, M.A., (1980), "Adsorption-Filtration Treatment of Wastewater with Recovery of Oily Residues and/or Detergent removal", Span. ES 481, 608 (Cl. Ca2Cl/26), Ref. Chem. Abst.: 1988, Vol.108, 1006784.

Bokotko, R., Hupka, J., Lelinski, D. ve Miller, J.D., (1996), "Separation of Oil-Containing Particles from Water in a Cyclone Flotation Machine", Environ. Sci. Res., 51 (Chemistry for the Protection of the Environment 2): 155-164, Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.126, 132983c.

Bolhofner, K., (1984), "Treatment of Water Containing Fats, Oils and Greases", U.S. US 4, 472, 284 (Cl. 210-708; C02F1/56), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 31554n.

Brignon, F., (1981), "Apparatus and Plant for Separating Immiscible Liquids of Different Densities", Eur. Pat. Appl. EP 38, 752 (Cl. B01D17/02), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.96, 24430y.

Caldwell, O.G. ve Marshall, C.E., (1942), "A Study of Some Chemical and Physical Properties of the Clay Minerals Nantranite, Attapulgit, and Saponite", Missouri Agr. Expt. Sta. Research Bull., 354.

Cebe, M., (1987), Fizikokimya (Cilt I), Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.

Chen, Z. ve Liu, Z., (1995), "Bench-Scale Study on bio-Chemical Treatment of Alkaline Oily Wastewater", Hunan Daxue Xuebao, 22(5):44-50, Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.124, 65359x.

Corbitt, R.A., (1990), Standart Handbook Environmental Engineering, Mc. Graw Hill, Inc., New York.

Curi, K., (1989), "Biyolojik Arıtma", Su Arıtma Sistemleri Okulu, 18-22 Eylül 1989, İstanbul.

Czok, C., Klenz, G., Lieske, U., Schloericke, W. ve Voss, C.D., (1982), "Apparatus for Removing Fatty or Oily Substances or the like from wastewater", Ger. (East) DD 155, 056 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 187722e.

Dakovic, S., Turkulov, J., Bulajic, Z., Uljarevic, V. ve Tomasevic, C., (1985), "Wastewater Treatment in the Oil Industry", Fette, Seifen, Anstrichm., 87 (1): 11-15, Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 118943n.

Epshtejn, S.I., Karolinskij, A.M., Kachanov, E.G., Sheleketina, T.G. ve Men, S.K., (1992), "Ultrafiltration Treatment of Alkaline Oil-Emulsion Wastewaters", U.S.S.R. SU 1, 781, 178 (Cl. C02F1/44), Ref. Chem. Abst.: 1993, Vol.119, 278044z.

Facchini, S. ve Giacomo Sarra, P., (1986), "Wastewater Treatment in Mechanical Workshops", D.A., Dif. Ambientale, 10 (6): 77-81, Ref. Chem. Abst.:1986, Vol.105, 177807f.

Fukagai, H., (1998), "Oil-Water Separation Apparatus for Separation of Fats and oils from Wastewaters", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 277, 305 [98 277, 305] (Cl. B01D17/025), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.129, 346916y.

Fukuya, N. ve Kanazawa, M., (1984), "A Development in Biotechnology for Wastewater Treatment", Kogai to Taisaku, 20 (13): 1293-1296, Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 1719981c.

Gomi, T., Onda, Y., Inaoka, S. ve Tamura, T., (1994), "Oil Absorbents", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 06, 71, 172 [94, 71, 172] (Cl. B01J20/26), Ref. Chem. Abst.: 1994, Vol.121, 28589d.

Gölhan, M. ve Aksoğan, S., (1976), Suların Arıtılması, Cilt 3, Pimaş Yayınları, İstanbul.

Greenberg, A.E., Clesceri, L.S. ve Eaton, A.D., (1992), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington.

Greenberg, A.E., Trussell, R.R., Clesceri, L.S. ve Franson, M., (1971), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington.

Grim, E.R., (1953), Clay Minerology, Mc Graw Hill Book, New York.

Gulyas, H., Non Holt, H. ve Sekoulov, I., (1991), "Improvement of Volume Filtration of Oil-Water emulsions from Metal Degreasing Plants by Filter Backwashing With Metanol", GWF, Gas-Wasserfach: Wasser/Abwasser, 132(6):318-321, Ref. Chem. Abst.: 1991, Vol.117, 262565b.

Gusar, F.G., (1988), "Improvement of a Scheme for Removal of Petroleum Products from Wastewaters", Elektr. Stn, 8: 45-48,, Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 81898p.

Guts, V.S., V'yun, V.I. ve Fedotkin, I.M., (1991), "Solution of a Problem of the Filtration of Oil-and Grease- Containing Wastewaters Through Multilayer Filtres by Integral Transformations in Finite Limits", Pishct. Prom-st., 37:52-55, Ref. Chem. Abst.: 1993, Vol.118, 197342x.

Hatano, H., (1993), "Separation of Oils from Water", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 05, 345, 102 [93, 345, 102] (Cl. B01D17/025), Ref. Chem. Abst.: 1994, Vol.120, 221590r.

Harfus, N., (1989), "Su ve Atıksuların Arıtılmasında Havalandırma, Yüzdürme, Adsorpsiyon ve İyon Değiştirici Arıtma Ünitelerinin Pratik-Uygulamalı Kullanım Esaslar", Su Arıtma Sistemleri Okulu, 18-22 Eylül 1989, İstanbul.

Hauser, E. ve Reed, C.E., (1937), "Studies in Thixotropy, II, The Thioxotropic Behavior and Structure of Bentanite", J. Phys. Chem., 41:911-934.

Hegedus, L., Banxolgyi, I., Banvolgyi, Z. ve Tuka, S., (1983), "Process and Apparatus for Electroflotation Treatment of Effluent", Brit. UK. Pat. Appl. GB 2, 106, 490 (Cl. C02F/24), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.99, 27518f.

Heidenreich, H., (1995), "Clay-Carbon Products for Wastewater Treatment", Fr. Demande FR 2, 718, 126 (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.124, 14818p.

Heyen, J., (1984), "Removing Oil from Water Surface", Ger. Offen. DE 3, 302, 414 (Cl. E02B15/04), Ref. Chem. Abst.: 1984, Vol.101, 197874w.

Hirano, J., Yorita, H., Yoshikawa, T. ve Okado, S., (1995), "Separation of Water from Oils", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 07, 185, 206 [95, 185, 206] (Cl. B01D17/00), Ref. Chem. Abst.: 1995, Vol.123, 232574b.

Hisano, T., (1997), "Apparatus for Treatment of Oil-Containing Wastewater Using Bacteria", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09, 220, 589 [97, 220, 589] (Cl. C02F3/12), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 252620z.

Horvath, G., Kollor, G., Libor, O. ve Sereny, J., (1986), "Seperation of Fat, Oil, and Protein from Wastewater", Hung. Teljes HU 39, 403 (Cl. C01F1/56), Ref. Chem. Abst.: 1987, Vol.106, 182138p.

Ichikawa, A., Fukunaga, N., Ito, T., Takeyama, T., Nasuda, A. ve Yamada, M., (1998), "Method for Treating Oil-Containing Wastewater by Density-Difference Separation", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 34, 188 [98 34, 188] (Cl. C02F9/00), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 196215c.

Igawa, M., Matsushita, K., Fukumoto, Y., Takahara, K., Touguchi, E., Nagai, T. ve Kobayashi, S., (1998), "Oil Skimmer for Removing Oil from Industrial Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 34, 144 [98 34, 144] (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 208721e.

Iguchi, T. ve Oike, F., (1998), "Oil-Water Separation Apparatus Containing Filters", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 272, 302 [98 272, 302] (Cl. B01D17/022), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.129, 277798t.

Iguchi, T. ve Oike, F., (1998), "Oil-Water Separation Apparatus Containing Filters", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 272, 302 [98 272, 302] (Cl. B01D17/022), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.129, 277798t.

Ishikawa, Y., Sato, K. ve Suzuki, K., (1997), "Resin Fibers for Treatment of Oil-Bearing Wastewater", Eur. Pat. Appl. EP 812, 618 (Cl. B01J20/28), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 76286e.

İSKİ, (2000), Atıksuların Kanalizasyon Şebekesinin Deşarj Yönetmeliği, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi.

Jadry, J. ve Vecerka, J., (1983), "Two-Phase Neutralization of Waste Oil Emulsions with Treatment by Adsorption with Bentonite", Czech. CS 204, 653 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1984, Vol.100, 90803z.

Japon Latex Kako K.K., (1985), "Agent for Oil Removal fom Wastewater", Jpn. Tokkyo Koho JP 60 60 12, 114 [85 12, 114] (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.103, 58755m.

Japon Oxygen Co. Ltd., (1983), "Treatment of Emulsified Wastewater", Jpn. Tokkyo Koho JP 58 06, 523 [83 06, 523] (Cl. B01017/04), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.99, 27514b.

Jetmar, A., (1992), "Perlite-Based Mixture for Removal of Fatty Impurities from Water Surge", Czech. CS273, 559 (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1992, Vol.117, 137350t.

Kalnins, C.M., (1988), "Hydrocyclone Liquid Separator for Separating Oil-Water Mixtures", PCT Int. Appl. WO 88 09, 698 (Cl. B04C9/00), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 175657m.

Kawakomi, S., Ishiga, F. ve Goto, K., (1997), "Water-Thinned Industrial Degreasing Detergents", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09, 241, 686 [97, 241, 686] (Cl. C11D7/50), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 236029h.

Kerbe, F., Puhlfurss, P., Seifert, D., Voigt, I., Frantzki, J. ve Endter, A., (1996), "Oil Separation from Oil/Water Emulsions by α -alumina UF Membranes", Proc. -World Filtr. Congr., 7th. 1996, 2, 908-912, Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 169525x.

Kichigin, V.L., Stepanov, S.V., Nabok, T.Y., Martensen, V.N. ve Dmitriev, V.D., (1989), "Treatment of Wastewaters Containing Petroleum Products", U.S.S.R. SU 1, 490, 097 (Cl. C02F1/58), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.111, 139896a.

Klein, H.P. ve Schulz, H., (1989), "Method for Treatment of Oil-Water Emulsions Containing Surfactants", Ger. Offen. DE 3, 832, 209 (Cl. B01D17/02), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.111, 13 9889a.

Kniest, N., Karin, R., ve Hartmut, H., (1995), "Bast Fiber or Hard Fiber Fleece for Oil Adsorption from Waters", Ger. Offen. DE 4, 338, 582 (Cl. D04H1/42), Ref. Chem. Abst.: 1995, Vol.123, 40305t.

Kocasoy, G., (1989), "Çevre Kirliliğine Genel Bakış", Su Arıtma Sistemleri Okulu, 18-22 Eylül 1989, İstanbul.

Komatsubara, Y., (1997), "Apparatus for Removing and Recovering Float Oil from (Waste) water", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09, 220, 561 [97, 220, 561] (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1997, 127, 267744s.

Kond, T., (1996), "Apparatus for Treating Oils in Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 08, 117, 784 [96, 117, 784] (Cl. C02F3/12), Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.125, 94710f.

Kondo, K., (1987), "Treatment of Wastewater by Asphalt-Film Aggregates", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 62, 11, 592 [87, 11, 592] (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1987, Vol.106, 182140h.

Konikova, N.A., Rodionov, A.I., Klushing, V.N. ve Babayan, E.A., (1984), "Purification of Oil-Emulsion Wastewater Stabilized With Nonionic Surfactants by Natural Sorbents", Deposited Doc., VINITI 4420-4484, Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 225486n.

Kravets, A.A. ve Kravets, D.A., (1988), "Method of Treating Oil-Containing Wastewater", U.S.S.R SU 1, 421, 708 (Cl. B01D39/00), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 101211q.

Kubota Ltd., (1982a), "Oil Recovery from an Oil-Water Mixture", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 97, 150, 406 [82, 150, 406] (Cl. B01D17/00), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.96, 163196f.

Kubota Ltd., (1982b), "Separation of an Oil-Water Mixture for Recycling", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 57, 150, 405 [82, 150, 405] (Cl. B01D17/00), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.96, 163197g.

Ladislav, K., (1987), "Equipment for Continuous Removal of Oil Products from Wastewater", Czech. CS 243, 065 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1988, Vol.108, 155974t.

Langefeld, E., (1996), "Microfiltration by Mineral Membranes", OT, J. Oberflächentechn., 36(4): 92, 94-5., Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.125, 94561h.

Lazovskii, Ya. B., Mineralov, O.L., Novikov, M.G., Cherkinskii S.N. ve Korolev, A.A., (1983), "Degreasing of Drinking Water", U.S.S.R. SU 988, 778 (Cl. C02F1/76), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.98, 166736t.

Li, W., Zhou, F. ve Li, H., (1997), "Study on Hydrocyclone Separation of Oil/Water Two-Phase Mixture With Minor Density Difference", Xi'an Jiaotong Daxue Xuebao, 31(5):21-24, Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 129650c.

Liao, Y., Sun, H. ve Zhou, X., (1995), "Method for Removing Emulsified Oil and Colloidal Suspended Substances from Wastewater", Faming Zhuanli Shenging Gongkai Shuomingshu CN 1, 112, 522 (Cl. C2F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.124, 297920b.

Lien, L.A., (1988), "A Method for Liquid Dewatering Using a Polytetrafluoroethylene Membrane", U.S. US 4, 780, 211 (Cl. 210-644; B01D13/00), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 41292e.

Lin, S.H. ve Lan, W.J., (1998), "Waste Oil/Water Emulsion Treatment by Membrane Processes", J. Hazard. Mater 59 (2-3): 189-199., Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 298811m.

Lou, M. ve Yuan, H., (1989), "Adsorption of Oil in Soap Manufacture Wastewater", Riyong Huaxue Gongye, 3:121-123,, Ref. Chem. Abst.: 1990, Vol.112, 58780b.

Lund, J., (1922), Z. Untersuch. Nahr. u. Genussm, 44:113-187, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, (1963), Vol. 8, 790-791, H.F., Mark, J.J. McKetta ve D.F. Othmer (Der.), Wiley-Interscience, U.S.A.

Lynch, W.M., (1982), "Vertical Tube Liquid Pollutant Separators", V.S. US 4, 333, 835 (Cl. 210-305; B01D23/06), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 165011v.

Mark, H., Othmer, D.F., Overberger, C.G. ve Staborg, G.T., (1979), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 6, Wiley-Interscience, U.S.A.

Mark, H.F., McKetta, J.J. ve Othmer, D.F., (1963), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 8, Wiley-Interscience, U.S.A.

Mark, H.F., McKetta, J.J. ve Othmer, D.F., (1963), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 12, Wiley-Interscience, U.S.A.

Maruchi K.K., (1982), "Oil and Water Separation", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 82, 113, 811 (Cl. B01D17/02, Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 222416g.

Matsushashi, Y. ve Kamata, Y., (1997), "Apparatus with Oil-Water Separation Function for Cleaning Metal and Plastic Parts", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09 75, 606 [97 75, 606] (Cl. B01D17/00), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 20093b.

Matsutomo, K. ve Nakano, M., (1995), "Adsorbent-Sandwiched Mats for Removal of Oils by Adsorption", Jpn Kokai Tokkyo Koho JP 07, 100, 376 [95, 100, 376] (Cl. B01J20/28), Ref. Chem. Abst.: 1995, Vol.123, 60453t.

Mitsubishi Rayon Co. Ltd., (1984), "Oil Adsorbent in Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 59 76,540 [84, 76, 540] (Cl. B01J20/28), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 31558s.

Mitsubishi Rayon Co. Ltd., (1982), "Adsorption-Filtration of Wastewater", Jpn. Tokkyo Koho JP 57 60, 075 [82 60, 075] (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.99, 27522c.

Mizuta, T., (1995), "Removal of Oil from Wastewater by Contracting with Oil-Adsorbing Inorganic Substances or Oleophilic Resins", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 07 39, 864 [95 39, 864] (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst. 1995, Vol.123, 40302q.

Montgomery, S.M., (1991), "Method for Removal of Fat, Oil and Grease from Laundry Wash Water", U.S. US 5, 076, 937 (Cl. 210-705; C02F1/24, Ref. Chem. Abst.: 1992, Vol.116, 261849f.

Munoz, A. ve Antonio, B., (1984), "Aparatus for Flotation Separation of Liquid", Span. ES 520, 588 (Cl. B01D17/07), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.103, 39044n.

Nakamura, H., Ogawa, N., Zaitu, T., Kamyoshi, H., Hirata, T. ve Miura, A., (1996), "Treatment of Oil-Containing Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 08, 155, 489 [96, 155, 489] (Cl. C02F3/34), Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.125, 150188f.

Nanescu, V. ve Andreescu, O., (1984), "Water Cleaning and Treating by electrocoagulation", Ind. Usoara, 31 (8):348-351, Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 118939r.

Narita, H., (1998), "Coagulants for Oil-Containing Wastewater Treatment", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 118, 662 [98 118, 662] (Cl. C02F1/54), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.129, 19261q.

Navarre, F.P., Bossand, B., Girard, P. ve Dussaud, J., (1998), "Filtration Paper for Liquids Containing Oils and Fats", Eur. Pat. Appl. Ep 847, 784 (Cl. B01039/00), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.129, 83078n.

Necesany, F., Svobodo, K., Kocandrl, J. ve Kuapil, Z., (1984), "Continuous Purification of Contaminated Aqueous Solutions, Emulsions and Colloidal Suspensions", Czech. S 210, 970 (Cl. C02F1/24), Ref. Chem. Abst.: 1984, Vol.101, 136471r.

Norcross, K.I., Petrie, S., Bair, R. ve Beaushaw, G., (1988), "Start-up and Operation Results from SBR Treatment of a Meat Processing Wastewater", Proc. Ind. Waste Conf. 1987, 42nd, 475-481, Ref. Chem. Abst.: 1984, Vol.101, 136471r.

Norton, F.H., (1957), Elements of Ceramics, Addison Wesley Publishing Company, New York.

Nowakowski, E. ve Brydak-Jezowiecka, D., (1984), "Degreasing of Sewage from Restaurants", Gaz, Woda Tech. Sanit., 58(7):174-177, Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 23753c.

Ono, T., Ogasawara, S., Betsusho, K. ve Kato, T., (1995), "Coagulants for Wastewaters and Oily Wastewaters", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 07, 232, 005 [95, 232, 005] (Cl. B011D21/01), Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.124, 14817n.

Öğütveren, V.B. ve Koparal, S., (1997), "Electrocoagulation for Oil-Water Emulsion Treatment", J. Environ. Sci. Health, Part A: Environ. Sci. Eng. Toxic Hazard. Subst. Control, A32 (9&10): 2507-2520, Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 52578a.

Öztürk, İ., Öztaşkent, Y. ve Keçeci, A., (1994), "Yemeklik Yağ Sanayi Proses Atıksularının Kimyasal-Biyolojik Arıtımı", İTÜ 4. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu '94, 26-28 Eylül 1994, İstanbul.

Perry, H.J., (1963), Chemical Engineers' Handbook, Mc. Graw-Hill Book Company, Tokyo.

Pflaum, J., (1986), "Device for Separating Oil", Ger. Offen. DE 3, 423, 587 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 135820d.

Pomery, R. ve Wakeman, C.M., (1941), "Determination of Grease in Sewage, Sludge and Industrial Wastes", Ind. Eng. Chem., And. Ed., 13:795.

Rajdl, B., (1984), "Apparatus for Liquidation of Emulsified Oils", Galvanicka Kon. [Sb. Prednasok], 27th, 1984, 117-121, Czech., Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 23762e.

Reznik, N.F. ve Gusev, B.T., (1988), "Apparatus for Treatment of Oil-Containing Wastewater", U.S.S.R SU 1, 416, 443 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 101208u.

Roll, J. ve Stryja, H.P., (1985), "Backwashable Filter for Removing Impurities from Raw Water", Ger. Offen. DE 3, 405, 179 (Cl. B01D35/22), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.103, 183349h.

Rudis, M., Jezdinsky, V. ve Vocel, J., (1981), "Removing Oil from Wastewater Contaminated With Sodium Chloride", Czech. CS 190, 911 (Cl. C02B9/02), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 187723f.

Rudko A.P, Frolov M.L., Shumilin, A.F. ve Krivoshein, Yu. S., (1983), "Treatment of Wastewater from Primary Wool Processing Plants", U.S.S.R SU 1, 101, 020 (Cl. C02F1/52), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.99, 27516d.

Saito, M., Shimata, S. ve Kamino, M., (1998), "Aqueous Cleaning Agents for Removing Grease and Fat", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 36, 895 [98 36, 895] (Cl. C11010/02), Ref. Chem. Abst.: 1998, 128, 181869v.

Sato, K., (1987), "Oil Separating Composition for Oily Wastewater Treatment", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 62, 279, 810 [87, 279, 810] (Cl. B01017/05), Ref. Chem. Abst.: 1988, Vol.108, 155967t.

Sehr, G., (1984), "Apparatus for Separating Oil and other Light Liquids from Water", Ger. Offen. DE 3, 309, 640 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 31879x.

Shen, H., (1991), "Method and Apparatus for Separation of Oil from Water and Purification of Oil", Faming Zhuanli Shenqing Gongkai Shuomingshu CN 1, 055, 124 (Cl. B01D3/10), Ref. Chem. Abst.: 1992, Vol.116, 258407e.

Shiozawo, M., (1994), "Oil /Water Separating Materials", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 06, 142, 504 (94, 142, 504 (Cl. B01J20/24), Ref. Chem. Abst.: 1994, Vol.121, 163258w.

sHirose, M. ve Ito, T., (1998), "Apparatus for Separation of Oil from Washing Wastewater Containing Detergent by Ultrasound Wave Vibration", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10, 33, 903 [98 33, 903] (Cl. B01D17/04), Ref. Chem. Abst.: 1998, Vol.128, 196214b.

Shoji, Y., (1988), "Treatment of Oil-Containing Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 63, 221, 885 [88, 221, 885] (Cl. C02F1/44), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 140942y.

Shub, V.B., Pantelyot, G.S., Gryzlin, R.M., Sotnichenko, A.S., Beremblyum, G.B. ve Boiko, A.L., (1982), "Composition for Clarifying Scale- and Oil- Containing Effluents", U.S.S.R. SU 947, 076 (Cl. C02F1/56), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 222407e.

Siegfried, H.G., (1993), "Method and Apparatus for Treating Liquid Problem Wastes, Especially Wastes from Oil and Fat Separators and Washing Facilities for automobiles,

Machines, and Containers", Ger. Offen. DE 4, 205, 905 (Cl. B01D61/16), Ref. Chem. Abst.: 1993, Vol.119, 278051z.

Sokobv, V.P., Chikunona, L.A. ve Gustov, V.A., (1981), "Removal of Petroleum Products and Oil from Wastewater", U.S.S.R SU 887, 474 (Cl. C02F1/58), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.96, 168147j.

Sposito, G., (1986), "Distinguishing Adsorption from Surface Precipitation Geochemical Processes at Mineral Surfaces", Am. Chem. Soc. (ACS Symposium Series 323), 217-228.

Stacy, G.W., (1975), Organic Chemistry (A Background for the Life Sciences), Harper & Row Publishers, New York.

Stehlik, J., Leczki, G. ve Vazsonyi, T., (1987), "Method and Apparatus for Purifying Wastewater Containing Oils, Solvents and Sand", Hung. Teljes HU 42, 337 (Cl. B01D21/00), Ref. Chem. Abst.: 1988, Vol.108, 26619g.

Stumm, W. ve Morgan J.J., (1996), The Solid-Solution Interface, Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, Wiley-Interscience, New York.

Sudnikovich, V.G., Lebedeva, V.T., Skobeev, I.K. ve Klyuchanskii, N.G., (1984), "Wastewater Treatment Using Natural Zeolites", Tsvetn. Met., 9:90-1, Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.102, 225482h.

Sugino, M., Ishita, K., (1995), "Wastewater Purifying Hollow Ceramic Balls", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 07 60, 277 [95 60, 2773 (Cl. C02F3/10), Ref. Chem. Abst.: 1995, Vol.123, 65061y.

Surgyama, M., (1995), "Water Activating Materials", Jpn. Tokkyo Koho JP 07 96, 275 [95 96, 2753] (Cl C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1995, Vol.123, 122628q.

Suzuki, S., (1985), "Apparatus for Separating Grease and Oil from Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 60 84, 114 [85 84, 114] (Cl. B01D23/02), Ref. Chem. Abst.: 1985, Vol.103, 58754k.

Swern, D., (1979), Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Volume I, John Wiley & Sons, U.S.A.

Sysoev, V.A., Kozbu, A.N., Orlov, L.M., Drozdov, B.I., Kritsuli, P.M., Bocharova, N.S., Profatilova, Z.E. ve Voronin, A.V., (1988), "Sorbent for Removal of Oil From Wastewaters", Ref. Chem. Abst.: 1988, Vol.109, 215447r.

Szell, L., (1985), "Industrial Wastewater Treatment for Decreasing the Organic Solvent Extract Content to the Safe Limit in a Drary Processing Plant", Hung. Teljes HV 36, 069 (Cl. C02F1/72), Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 392382.

Şener, F. ve Büyükgüngör, H., (1992), "Yağ Fabrikası Atıksularının Arıtımında Model Sistem Geliştirilmesi", İTÜ 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu '92, 7-8 Eylül 1992, İstanbul.

Şengül, F., Filibeli, A. ve Karagündüz, A., (1992), "Pamuk Yağı Endüstrisi Atıksularının Karakteristikleri ve Arıtımı", İTV 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu '92, 7-8 Eylül 1992, İstanbul.

Tahg, J. ve Zhu, W., (1982), "Anaerobic Digestion Treatment of Tanning Wastewater", Pige Kewi, 6:19-23, Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 187587q.

Takeda, S., (1996), "Hydrophobic Silica Based Oil Absorbents", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 08 10, 611 [96 10, 611] (Cl. B01J20/10), Ref. Chem. Abst.: 1996, Vol.124, 241110v.

Tamayasu, M. ve Ishino, H., (1997), "Apparatus for Treatment of Oil-Containing Wastewater from Kitchen by Microorganism", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09, 137, 500 [97, 137, 500] (Cl. E03F5/16), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 99177p.

Taras, M.J. ve Blum, K.A., (1968), "Determination of Emulsifying Oil in Industrial Wastewater", JWPCF (Res. Suppl.), 40:R404.

Tarasevich, Y.I., Patyuk, L.K., Parasevich, A.A., Bezorud K., O.V., Skrylev, L.D. ve Pruch, A.A., (1985), "Waterproofed Swollen Perlite, A Flotation Collector for Emulsified Oils", Khim. Tekhnol. Vody, 7 (6): 67-70, Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 115429e.

Toms, A.W., (1987), "Design and Performance of Oleophilic Porous", Filtr. Sep., 24(3): 188-190, Ref. Chem. Abst.: 1987, Vol.107, 80014y.

Unno, H., Saka, H. ve Akehata, T., (1986), "Oil Separation from Oil-Water Mixture by a Porous Poly (tetrafluoroethylene) (PTFE) membrane", J. Chem. Eng. Jpn, 19(4): 281-286, Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.105, 136151u.

Vahlensieck, H.J., Fischer, P. ve Groh R., (1982), "Oil-Absorption Agent for Water Treatment", Ger. Offen. DE 3, 113, 227 (Cl. C09K3/32), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.97, 222409g.

Veda, I., (1983), "Removal of Oils and Suspended Solids from Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 58 81, 416 [83 81,416] (Cl. B01D33/18), Ref. Chem. Abst.: 1983, Vol.99, 63241m.

Vereshko, E.I., Grokhov, V.A., Artem'eva, N.P. ve Ershova, V.V., (1986), "Apparatus for Separating and Accumulating Oil Inclusions from Polluted Liquids", U.S.S.R. SU 1, 214, 596 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.104, 173961h.

Vidlar, J., Klika, Z., Hebda, P. ve Snajder, V., (1981), "Treatment of wastewaters from Degreasing Baths", Czech. CS 189, 837 (Cl. C02C5/02), Ref. Chem. Abst.: 1982, Vol.96, 168124z.

Viraraghavan, T. ve Mathavan, G.N., (1988), "Treatment of oil-in-Water Emulsions Using Peat", Oil Chem. Pollut., 4(4):261-280., Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 81898p.

Woodman, G.L., (1988), "Treatment of Oil Effluent", Eur. Pat. Appl. EP 290, 030 (Cl. C02F1/24), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 140948e.

Yamado, Y., Fujioka, Y., Isono, R., Takahashi, N., Itayashi, A., Ogawa, K., Watanabe, N. ve Sato, Y., (1997), "Apparatus and Method for Degreasing of Machine-Prodced Parts and Recycling of Waste Rinsing Water", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09 66, 266 [97 66, 266] (Cl. B08B3/08), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.126, 294912f.

Yamaguchi, K., Asano, T. ve Tarabe, A., (1986), "Parous Oil Adsorbent", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 61, 162, 57 [86, 162, 578] (Cl. C09K3/32), Ref. Chem. Abst.: 1986, Vol.105, 174914c.

Yamamoto, Y., Akyama, S., Higuchi, T. ve Ukai, Y., (1992), "Treatment of Oily Wastewaters", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 03, 270, 781 [91 270 781] (Cl. C02F1/28), Ref. Chem. Abst.: 1992, Vol.116, 180443s.

Yamamoto, Y., Yokoyama, Y., Mutsushiro, M., Matsushita, T., Shimizu, Y., Matsushita, K. ve Miura, I., (1993), "Treatment of Oil-Containing Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 05, 245, 489 [93, 245, 489] (Cl. C02F3/08), Ref. Chem. Abst.: 1994, Vol.120, 61602r.

Yano, N. ve Imoto, Y., (1995), "Treatment of Oil-Containing Wastewater", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 07, 185, 542 (95, 185, 542) (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1995, Vol.123, 265314v.

Yılmaz, T., Yüceer, A. ve Başbüyük, M., (1998), "Bitkisel Yağ Sanayi Atıksularının Fizikokimyasal Arıtımında ÇHF ve Koagülasyon-Sedimentasyon İşlemlerinin Karşılaştırılması", Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998, Kayseri.

Yokoyama, S. ve Enamoto, A., (1989), "Porous Ceramic Adsorbents for Removing Oil from industrial Wastewaters", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 01 61, 368 [89 61,368] (Cl. CO4B8/06), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.111, 139897b.

Yoshida, K., Hirano, T. ve Doku, T., (1997), "Reuse Method of Oil-Containing Wastewater by Oil Flotation and Ultrafiltration", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 09, 241, 660 [97, 241, 660] (Cl. C10631/09), Ref. Chem. Abst.: 1997, Vol.127, 265429y.

Yuzhaninov, A.G., Nikifarov, A.F., Aksenov, V.I., Krasilov, B.I., Yuzhaninova, V.A., Myasnikov, A.V. ve Bagdanova, G.S., (1988), "Apparatus for Separating Water from Oils", U.S.S.R. SU 1, 421, 709 (Cl. C02F1/40), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 101210p.

Zafiroğlu, D.P., (1988), "Article for Absorbing Oils", Eur. Pat. Appl. EP 295, 011 (Cl. C11B3/10), Ref. Chem. Abst.: 1989, Vol.110, 160177f.

Zheng, Y., (1992), "A New Oil-Water Separator with Corrugated Plate Packing and its Calculation", Hugong Xuebao, 53(2):236-241, Ref. Chem. Abst.: 1992, Vol.117, 239061s.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	15.07.1968	
Doğum Yeri	Elbistan/K. Maraş	
Lise	1983-1986	Örnek Lisesi
Lisans	1986-1990	Yıldız Üniversitesi Fen-Edebiyat Fak. Kimya Bölümü
Yüksek Lisans	1990-1993	Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Analitik Kimya Programı
Doktora Tezi	1993-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Analitik Kimya Programı

Çalıştığı Kurumlar

1992-Devam ediyor	YTÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Analitik Kimya Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi
-------------------	--