

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KULLANILMIŞ MOTOR YAĞLARINI İYİLEŞTİRME
YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Müh. Burak GÖKALP

Ana Bilim Dalı : Makine Mühendisliği

Danışman : Prof. Dr. Halil İbrahim SARAÇ

MAYIS 2005

168828

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KULLANILMIŞ MOTOR YAĞLARINI İYİLEŞTİRME
YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

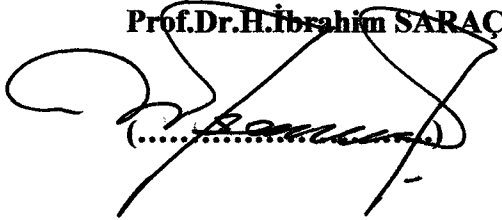
Makine Müh. Burak GÖKALP

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 NİSAN 2005

Tezin Savunulduğu Tarih :17 MAYIS 2005

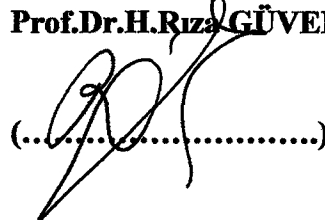
Tez Danışmanı

Prof.Dr.H.İbrahim SARAC


(.....)

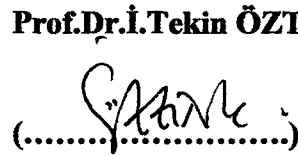
Üye

Prof.Dr.H.Rıza GÜVEN


(.....)

Üye

Prof.Dr.İ.Tekin ÖZTÜRK


(.....)

MAYIS 2005

KULLANILMIŞ MOTOR YAĞLARINI İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Burak GÖKALP

Anahtar Kelimeler: Kullanılmış motor yağı, geri dönüşüm prosesi, aşınma metalleri, yağ analizi

Özet: Bu çalışmada, kullanılmış motor yağlarının iyileştirme çalışmaları asit-kil yöntemi ile laboratuvar şartlarında, düzenli yapılan bir yağ analiz programının bakım maliyetleri üzerindeki etkisi ile motor aşınma değerlerinin incelenmesi ise örnek dizel motorlar üzerinde yapılmıştır. Her iki çalışmada da elde edilen sonuçların kinematik viskoziteleri, parlama noktaları, TBN değerleri, tortu, su ve aşınma metal değerleri incelenmiştir.

Bu sonuçların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili eğriler çıkartılarak karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar; sistemlerde yapılacak düzenli yağ analizleri ile yağ kullanım sürelerinin arttırılabileceğini ve kullanılan motor yağının birtakım iyileştirme yöntemleri ile işleme tabii tutulup daha sonra tekrar endüstrinin diğer dallarında kullanılabileceğini göstermiştir.

THE METHODS OF RECYCLING OF USED MOTOR OIL

Burak GÖKALP

Keywords: Used diesel engine oil, recycling process, wear metals, oil analysis

Abstract: In this study, reclaiming of used motor oil have been produced under laboratory conditions as acid-clay process, the effect on the maintance of the oil analysis program which has been done regulary and investigations of the wear metals value have been produced on example motors. The results of kinematic viscosities, flash points, total base numbers, sulfated ashes, water and wearing metals which has obtained had been examined on this study.

About these results of physical and chemical properties and related graphics were compared with each other. The results which has been obtained in this study, showed that the period of motor oil could be increased by the help of oil analysis program and used motor oil was regenerated by such reclaiming methods then could be used different kinds of industries.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Dünya motor teknolojisinin gelişmesine paralel olarak artan yağlama yağı ihtiyacı ve buna bağlı olarak petrol kökenli kaynakların azalması ile çevre kirliliğindeki artış, eldeki kaynakların etkin ve efektif bir şekilde kullanılmasına, sebep olmuştur.

Bu çalışmada, dünyanın birçok ülkesinde ve ülkemizde de uygulanan atık motor yağlarının bertaraf edilmesi ve motorlarda kullanılan yağlama yağlarının kullanım ömründen daha fazla kullanımı konuları, fiziksel, kimyasal parametrelerin birbirleri ile etkileşimleri deneysel olarak incelenmiştir.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren sayın Prof. Dr. H. İbrahim SARAÇ'a (KO.Ü.M.F.), ve beni bu akademik çalışmaya girmem için destekleyen eşim Endüstri Mühendisi Saniye Çoban GÖKALP'e ve biricik kızım Öykü GÖKALP'e, yardımlarını gördüğüm, Laboratuvar Müh. Sedat AKYÜREK'e (Petrol Ofisi Derince Tesisleri Kalite Kontrol Merkezi), Kimyager İbrahim ARIKAN'a, Kimyager Kubilay SARI'ya, Yrd. Doç. Dr. Mustafa (Sakarya Üniversitesi Kimya Bölümü), Yrd. Doç. Dr. Mustafa İSLAMOĞLU'na (Sakarya Üniversitesi Kimya Bölümü), TÜBİTAK ve KO.Ü.M.F. görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
BÖLÜM 1 . GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 . KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
BÖLÜM 3. PETROLÜN OLUŞUMU, DAMITILMASI, MADENİ YAĞLARIN ELDE EDİLMESİ VE YAĞ ANALİZ PROGRAMININ ÖNEMİ	8
3.1.Petrolün Oluşumu	8
3.2.Petrolün Damıtılması.....	11
3.3.Madeni Yağların Elde Edilmesi.....	16
3.4.Yağlama İşlemi ve Yağlamanın Amacı.....	17
3.5.Yağların Sınıflandırılması	19
3.5.1.Motor yağlarının tarihi geçmişi	20
3.6.Madeni Yağların Kimyasal Bileşimleri.....	26
3.6.1.Madeni yağlardan istenen özellikler	26
3.6.1.1.Viskozite.....	26
3.6.1.2.Viskozite indeksi (VI)	26
3.6.1.3.Akma noktası	27
3.6.1.4.Nötralizasyon sayısı	27
3.6.1.5.Oksitlenme direnci	28
3.6.1.6.Metallerin yağ içinde çözünmesi dolayısıyla bozulmaya dirençleri	28
3.6.1.7.Korozyon önleme	28
3.6.1.8.Dağıtma özeliği	28
3.6.1.9.Sıvanma özeliği.....	29
3.6.1.10.Çok yüksek basınçlara direnç	29
3.6.1.11.Köpürmeğe direnç.....	29
3.6.2.Madeni yağlara eklenen katkı maddeleri ve özellikleri.....	30

3.6.2.1.Oksidasyon inhibitörleri (anti-oksidadntlar, metal deaktiv).....	30
3.6.2.2.Viskozite indeksi iyileştiriciler	32
3.6.2.3.Kristal ve aglomerasyon önleyiciler.....	33
3.6.2.4.Deterjanlar ve disperantlar.....	33
3.6.2.5.Yüksek basınçlı katkı maddeleri	34
3.6.2.6.Köpük önleyiciler.....	34
3.6.2.7.Emisyon yapan katkı maddeleri.....	34
3.6.2.8.Korozyon inhibitörler	34
3.6.2.9.Donma noktasını düşürücü katkı maddeleri	35
3.6.2.10.Akma noktasını düşürücü katkı maddeleri.....	35
3.6.2.11.Yapışkanlık verici katkı maddeleri.....	35
3.6.3.Madeni yağların kimyasal bileşimi	37
3.7.Yağ Analiz Programı Ve Aşınma Teorisi	40
3.7.1.Aşınma teorisi ve yağ analiz programına etkisi	40
3.7.2.Yağ analiz programı	41
3.7.3.Yağ analizi teorisi ve faydaları	41
3.7.3.1.Spektrometrik yağ analizi	41
3.7.3.2.Fiziksel özellik testi.....	42
3.7.3.3.Yağ analizinin faydaları.....	42
3.7.3.4.Aşınma metalleri	43
3.7.3.5.Aşınma metallerinin kaynakları	44
3.7.3.6.Aşınma metallerinin ölçümü ve tanımlanması	48
3.7.3.7.Numune bütünlüğü	49
3.7.3.8.Kirlilik	49
3.7.3.9.Spektrometre tipi.....	50
3.7.3.10.Katkı maddeleri	50
3.7.3.11.Korozyon	50
3.7.3.12.Yakıt kirlenmesi	50
3.7.3.13.Yağ kaybı, eklenmesi, değiştirilmesinin etkileri.....	51
3.7.3.14.Çalıştırma şartları	51
3.7.4.Fiziksel özelliklerin tayini ve durum değerlendirilmesi.....	51
3.7.4.1.Viskozite.....	51
3.7.4.2.Su miktarı.....	52

3.7.4.3.Glikol.....	52
3.7.4.4.Oksidasyon.....	52
3.7.4.5.Toplam baz sayısı.....	52
3.7.4.6.Toplam asit sayısı.....	53
3.7.5. Müşteri-işveren sorumlulukları, ihtiyaçları ve program yöntemi	53
3.7.5.1.Müşteri ve işveren sorumlulukları.....	53
3.7.5.2.Program saptama yöntemi	54
3.7.5.3.Numune alma yöntemi.....	54
3.7.5.3.1.Rutin numuneler	55
3.7.5.3.2.Özel numuneler	55
3.7.5.3.3.Daldırma	55
3.7.5.3.3.Dreyn (boşaltma).....	57
3.7.6.Motor yağlarında eskimeye bağlı değişimler.....	59
3.7.6.1. Oksidasyon.....	59
3.7.6.2. Çamur	59
3.7.6.3. Lak.....	60
3.7.7.Oksidasyon hızına tesir eden faktörler	60
3.7.8.Spectral analiz yöntemi	61
3.8. Türkiye'deki Petrol Rafinerasyonu ve Problemler	66
3.8.1. Basit (hydroskimming) tip rafineriler.....	66
3.8.2. Normal dönüşüm rafinerileri	66
3.8.3.Makine yağları kompleksi	66
3.8.3.1.Vakum damıtma ünitesi.....	66
3.8.3.2.Propan deasphalting (pda) ünitesi	66
3.8.3.3.Furfural ekstrasyon.....	67
3.8.3.4.Methyl ethyl ketone-toluen vaks giderme ünitesi	67
3.8.3.5.Hydrofinishing ünitesi	67
3.9.Madeni Yağ Üretim Yöntemi ve Teknoloji.....	67
BÖLÜM 4. ATIK YAĞ TANIMI, KAYNAKLARI, BÜNYESİNDE BULUNAN KİRLETİCİLER, ATIK YAĞ KİMYASAL BİLEŞİMİ	68
4.1. Atık Yağ	68
4.2. Atık Yağ Kaynakları	69
4.3. Atık Yağın Bünyesinde Bulunan Kirleticiler	70

BÖLÜM 5. ATIK YAĞ BERTARAF YÖNTEMLERİ, ÜLKEMİZDE VE	
DÜNYADAKİ UYGULAMALARI	73
5.1. Kullanılmış Yağ Geri Kazanım Esasları	73
5.1.1.Kullanılmış yağların yakılması (insinerasyon).....	76
5.1.1.1.Ara depolama alanları.....	78
5.1.1.1.1. Karıştırma tankları.....	79
5.1.1.1.2.Sulu sıvı atık tankları	80
5.1.1.2.Yakma.....	80
5.1.1.3.Buhar ve enerji üretim tesisi	82
5.1.1.4.Atık gaz arıtım ve emisyon ölçüm sistemi	83
5.1.1.5.Atık su arıtım sistemi.....	85
5.1.1.6.Kül cüruf toplama sistemi.....	86
5.1.1.7.Evsel ve endüstriyel katı atık düzenli depolama alanı.....	87
5.1.2.Atık yağdan yakıt elde edilmesi.....	88
5.1.2.1.Toplama depolama	90
5.1.2.2.Süzme	90
5.1.2.3. Isıtma	90
5.1.2.4.Sedimentasyon (tortulaştırma).....	91
5.1.2.5.Demülsifikasyon	91
5.1.2.6.Santrifüjle ayırma.....	92
5.1.3.Atık yağdan baz yağ elde edilmesi.....	92
5.1.3.1. A firması atık yağ geri kazanım prosesi	92
5.1.3.1.1.Metot 1.....	93
5.1.3.1.2.Metot 2.....	94
5.1.3.2. Yüzey aktif madde ile ön muameleye tabi tutarak temizleme prosesi	94
5.1.3.3. B firması atık yağ geri kazanım prosesi	95
5.1.3.4. C firması atık yağ geri kazanım prosesi	98
5.2.Kullanılmış Yağ Geri Kazanım Prosesleri	102
5.2.1.Asit-kil prosesi	102
5.2.2.Solvent ekstrasyonu.....	103
5.2.3.Fiziksel ve/veya kimyasal işlem (mohawk cep prosesi, prop prosesi).....	104
5.2.3.1. Mohawk cep prosesi.....	104
5.2.3.2. PROP prosesi	105

5.3. Atık Yağlar İle İlgili Hukuksal Yapı Ve Çevresel Düzenlemeler	108
5.3.1. Atık yağların kontrolü ile ilgili hukuksal yapı	108
BÖLÜM 6. MATERYAL VE METOT	111
6.1. Materyal	111
6.1.1. Araştırmada kullanılan cihazlar	111
6.1.2. Araştırmada kullanılan aletler	112
6.2. Metot	113
6.2.1. Atık motor yağı iyileştirme çalışmaları	113
6.2.1.1. Reaksiyon başlamadan önce yapılan işlemler (asit-kil prosesi)	114
6.2.1.2. Reaksiyonun başlaması ve reaksiyon esnasında gelişen olaylar (asit-kil prosesi)	114
6.2.1.3. Reaksiyonun bitişi ve takiben yapılan işlemler (asit-kil prosesi)	115
6.2.1.4. Reaksiyon başlamadan önce ve sonra yapılan ölçümler (asit-kil prosesi) ..	116
6.2.1.5. Reaksiyona giren kimyasalların hesaplama yöntemleri (asit-kil prosesi) ...	117
6.2.1.6. Yapılan deneylerde göz önüne alınan parametreler	117
6.2.2. Yağ performans kriterleri	117
6.2.2.1. Viskozite değişiminin yağ performansına etkisi	117
6.2.2.2. Su/sodyum karışmasının yağ performansına etkisi	118
6.2.2.3. TBN değerinin düşmesinin yağ performansına etkisi	118
6.2.2.4. Parlama noktasının düşmesinin yağ performansına etkisi	119
6.2.3. Yağ performans kriterleri sonuçlarının değerlendirilmesi	119
6.2.4. Yağ aşınma metallerinin değerlendirilmesi	119
6.2.5. Yağ analiz programı çalışması maliyet analizi	120
6.2.6. Madeni yağlara ait kimyasal özelliklerin bulunması	123
6.2.6.1. Parlama noktası (°C)	123
6.2.6.2. Akma noktası (°C)	124
6.2.6.3. Yoğunluk (15°C, g/ml)	125
6.2.6.4. Kinematik viskozite (40°C, mm ² /s)	126
6.2.6.5. Kinematik viskozite (100°C, mm ² /s)	128
6.2.6.6. Viskozite indeksi	128
6.2.6.7. Shear stabilize	129
6.2.6.8. Toplam asit numarası/toplam baz numarası	130
6.2.6.9. Köpük testi	130

6.2.6.10. Emülsiyon özelliği testi toplam baz sayısı.....	131
6.2.6.11. ICP spektrofotometre metallerin tayini (kp-aes yöntemi ile)	131
6.2.6.12. FTIR spektrometre viskozite tayini	132
6.2.6.13. Bakır şerit korozyon	132
6.2.6.14. Pas testi	133
6.2.6.15. Su tayini (%)	133
6.2.6.16. Su tayini (ppm).....	134
6.2.6.17. Tortu tayini.....	134
6.2.6.18. Renk tayini	135
BÖLÜM 7.ÖNERİ VE ARAŞTIRMA	136
KAYNAKLAR.....	138
EKLER.....	142
ÖZGEÇMİŞ.....	163



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Petrol kuyusu.....	8
Şekil 3.2.	Petrol damıtma kulesi.....	12
Şekil 3.3.	Caterpillar D/333/C/T deniz tipi motor.....	47
Şekil 3.4.	Detroit dizel Allison 8V71T deniz tipi motor.....	48
Şekil 3.5.	Yağ kullanım süresine bağlı olarak TBN değişimi.....	51
Şekil 3.6.	Daldırma yöntemi ile numune alma yöntemi.....	56
Şekil 3.7.	Pipet Ölçüleri.....	57
Şekil 3.8.	Dreyn yöntemi ile numune alma yöntemi.....	58
Şekil 3.9.	Detroit dizel Allison 8V71T Deniz Tipi Motorun Metal Kompozisyonları.....	65
Şekil 3.10.	Caterpillar D/333/C/T Deniz Tipi Motorun Metal Kompozisyonları.....	65
Şekil 5.1	Örnek Atık Yakma Tesisi.....	77
Şekil 5.2	Döner Fırın.....	81
Şekil 5.3.	Son yakma Odası.....	81
Şekil 5.4.	Türbin Jeneratör Ünitesi.....	82
Şekil 5.5.	Elektrostatik Filtre.....	83
Şekil 5.6.	Fiziksel ve Kimyasal Temizleme Ünitesi.....	84
Şekil 5.7.	Baca Gazı Analiz Odası.....	85
Şekil 5.8.	Kül Silosu.....	86
Şekil 5.9.	Islak Cüruf Konteyneri.....	87
Şekil 5.10.	Atık Yakma Prosesi Akım Şeması.....	88
Şekil 5.11.	Demülsifikasyon Sisteminin Blok Diyagramı.....	91
Şekil 5.12.	Atık Yağ Toplama Tankı.....	98
Şekil 5.13.	Ön distilasyon ünitesi.....	99
Şekil 5.14.	Baz yağ toplama tankı.....	100
Şekil 5.15.	İkinci distilasyon ünitesi.....	100
Şekil 5.16.	Bekleme tankı.....	101
Şekil 5.17.	Filtre pres.....	101
Şekil 5.18.	Asit-Kil prosesi akış diagramı.....	103
Şekil 5.19.	Solvent ekstrasyonu ile geri kazanım prosesi akım şeması.....	104
Şekil 5.20.	Mohawk CEP prosesi ile kullanılmış yağın geri kazanımı.....	105

Şekil 6.1.	Vaküm distilasyon ünitesi.....	115
Şekil 6.2.	Vaküm distilasyonu sonrası oluşan destilat örneği.....	116
Şekil 6.3.	Pensky-Martens kapalı kap testi cihazı.....	123
Şekil 6.4.	Akma noktası cihazı.....	124
Şekil 6.5.	Dijital yoğunluk ölçer.....	125
Şekil 6.6.	Kinematik viskozite ölçüm cihazı.....	127
Şekil 6.7.	Viskozite indeksi ölçüm cihazı.....	129
Şekil 6.8.	Shear stabilize ölçüm cihazı.....	129
Şekil 6.9.	TAN/TBN cihazı.....	130
Şekil 6.10.	Köpük test cihazı.....	130
Şekil 6.11.	Emülsiyon test cihazı.....	131
Şekil 6.12.	ICP Spektrofotometre cihazı.....	131
Şekil 6.13.	FTIR Spektrometre cihazı.....	132
Şekil 6.14.	Bakır şerit korozyon test cihazı.....	132
Şekil 6.15.	Pas test cihazı.....	133
Şekil 6.16.	Su tayini (%) cihazı.....	133
Şekil 6.17.	Su tayini (ppm) cihazı.....	134
Şekil 6.18.	Tortu tayini cihazı.....	134
Şekil 6.19.	Renk tayin cihazı.....	135
Şekil 6.20.	A Motorundaki Al Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	142
Şekil 6.21.	A Motorundaki Si Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	143
Şekil 6.22.	A Motorundaki Cr Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	144
Şekil 6.23.	A Motorundaki Cu Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	145
Şekil 6.24.	A Motorundaki Fe Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	146
Şekil 6.25.	A Motorundaki Na Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	147
Şekil 6.26.	A Motorundaki Ni Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	148
Şekil 6.27.	A Motorundaki Pb Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	149
Şekil 6.28.	A Motorundaki Sn Yağ Aşınma Elementi Analiz Sonuçları.....	150
Şekil 6.29.	A Motoru Alevlenme Yağ Analiz Sonuçları.....	151
Şekil 6.30.	A Motoru TBN Yağ Analiz Sonuçları.....	152
Şekil 6.31.	A Motoru Tortu hacim Yağ Analiz Sonuçları.....	153
Şekil 6.32.	A Motoru Su Yağ Analiz Sonuçları.....	154

Şekil 6.33. A Motoru Viskozite 100 C Yağ Analiz Sonuçları.....	155
Şekil 6.34. A Motoru Viskozite 40 C Yağ Analiz Sonuçları.....	156
Şekil 6.35. A Motoru Viskozite İndeksi Yağ Analiz Sonuçları.....	157
Şekil 6.36. A Motorundaki Yağ Aşınma Elementleri Analiz Sonuçları.....	158
Şekil 6.37. A Motoru Yağ Analiz Sonuçları.....	159
Şekil 6.38. B Motoru Yağdaki Aşınma Elementleri Analiz Sonuçları.....	160
Şekil 6.39. Kullanılmış Yağ Ve İyileştirilmiş Yağ Karşılaştırılması.....	161
Şekil 6.40. Kullanılmış Madeni Yağ Geri Dönüşüm Prosesi Şeması.....	162



TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Ham Petrol Temini (www.tupras.com.tr , 2004).....	9
Tablo 3.2.	Rarafinerilerde işlenen ham petrol (metreküp) (Devlet İstatistik Enstitüsü sitesi,2003).....	9
Tablo 3.3.	Ham Petrolün Analizinde bulunan bileşiklerin yüzdesi (Petrol Mühendisleri Odası Yayınları,2004).....	10
Tablo 3.4.	Hidrokarbon gruplarının yağlarda gösterildiği özellikler (Madeni yağlar Petrol ofisi ürünleri Yayınları, 2004).....	10
Tablo 3.5.	Petrol ve Ürünlerinin Adlandırılması (Petrol Arıtım Teknolojisi,1980)....	12
Tablo 3.6.	Petrol fraksiyonları (Madeni Yağlar Petrol Ofisi Ürünleri, Ekim 1999)....	12
Tablo 3.7.	Petrol Ürünü Dışalımını (www.tupras.com.tr , 2004).....	14
Tablo 3.8.	Petrol Ürünleri Tüketimi (www.tupras.com.tr,2004).....	15
Tablo 3.9.	TÜPRAŞ' TA üretilen baz yağlar (www.tupras.com.tr,2004).....	19
Tablo 3.10.	Madeni yağlar ve petrol ürünleri,Ekim 1999).....	22
Tablo 3.11.	Madeni yağlar ve petrol ürünleri,Ekim 1999).....	23
Tablo 3.12.	Askeri amaçlı yağlayıcılar, hidrolik yağları sembolleri ve NATO kod numaraları (JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999).....	25
Tablo 3.13.	Yağlama Yağı Katkı maddeleri (JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999.)....	36
Tablo 3.14.	Kullanılmış yağ limitleri (Shell Derince Tesisleri, 2005).....	42
Tablo 3.15.	Aşınma metalleri Sembolleri.....	44
Tablo 3.16.	Caterpillar D/333/C/T tipi dizel motor aşınma limitleri (JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999).....	46
Tablo 3.17.	Detroit Dizel Allison 8V71T tipi dizel motor aşınma limitleri (JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999).....	47
Tablo 3.18.	Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Piston Ateş Segmanı Kimyasal Metal Analiz Raporu.....	62

Tablo 3.19. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Piston Kol Yatağının Dış Yüzeyinin Kimyasal Metal Analiz Raporu.....	62
Tablo 3.20. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Egzost Valfinin Kimyasal Metal Analiz Raporu.....	63
Tablo 3.21. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Piston Kol Yatağının İç Yüzeyinin Kimyasal Metal Analiz Raporu.....	63
Tablo 3.22. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Silindir Gömleğinin İç Yüzeyinin Kimyasal Metal Analiz Raporu.....	63
Tablo 3.23. Detroit Dizel Allison 8V71T Deniz Tipi Motorun Aşınma Limit Değerleri Metal Analiz Raporu.....	64
Tablo 3.24. Caterpillar D/333/C/T Deniz Tipi Motorun Aşınma Limit Değerleri Metal Analiz Raporu.....	64
Tablo 3.25. Caterpillar D/333/C/T ve Detroit dizel Allison 8V71T Deniz Tipi Motorun Karşılaştırmalı Metal Kompozisyon Analiz Raporları.....	64
Tablo 4.1. Atık yağda bulunan kirleticilerin konsantrasyon aralıkları (GÜRKAN, Berna, Atık Yağların Geri Kazanımı,İstanbul Teknik Üniversitesi 1998)..	70
Tablo 4.2. Atık Yağda Bulunan Kirletici Limitleri (Vermont Used Oil Analysis and Waste Oil Furnace Emission Study,Mart 1996).....	71
Tablo 4.3. Atık Yağın Kirletici Limitleri (ATIK YAĞLARIN Kontrolü YÖNETMELİĞİ Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete No:25353, 21 OCAK 2004).....	72
Tablo 5.1. Atık yağın yanma özellikleri (EPA US Enviromental Protection Agency, 2003).....	89
Tablo 5.2. Tesis çalışma parametreleri ve spesifikasyonları (Documents of LUBEC Firm About Waste Oil Recevery, 2004)	92
Tablo 5.3. Tesis Cihazlarının Kapasiteleri (Documents of LUBEC Firm About Waste Oil Recovery, 2004)	93
Tablo 5.4. Prosese Giren Mamullerin Isınma Aralıkları (Documents of LUBEC Firm About Waste Oil Recevery, 2004)	93
Tablo 5.5. Baz Yağ özellikleri (Documents of ATABERK Firm About Waste Oil Recovery, 2004).....	97
Tablo 5.6. Kirletici limitleri (ATIK YAĞLARIN Kontrolü YÖNETMELİĞİ Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete No:25353, 21 OCAK 2004).....	109

Tablo 6.1.	Shell Rimula X-30 Yağlama Yağı Özellikleri.....	113
Tablo 6.2.	Dizel Motorlar İçin Kullanılan Yağ Analitik Limit Değerleri (Technical Publication, Fluids and lubricants Specification, Detroit Diesel and MTU, A001061/29E).....	122



1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun giderek artması fosil kaynaklı enerjiye olan ihtiyacın da artmasına ve buna bağlı olarak petrol rezervlerin hızla tükenmesine yol açmaktadır. En son istatistiksel değerlendirmelere göre; petrolün 41, doğal gazın 62, kömürün ise 230 yıl rezerv kullanım süresi bulunmaktadır.

Fosil kaynaklı rezervlerin azalması, ham maddesi petrol olan tüm endüstri dallarını da olumsuz olarak etkilemektedir. Kullanılan petrol kökenli maddelerin etkin kullanılması ve kullanım sonrası meydana gelen atığın sebep olduğu çevre kirliliğinin azaltılması için gerekli tedbirler alınması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Özellikle büyük endüstri kuruluşlarının bulunduğu bölgelerde kullanılan petrol kökenli maddelerinin sarfiyatlarının çok fazla olması ve buna bağlı olarak kullanım sonrası meydana gelen kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaşması, bilim adamlarını bu sarfiyatlardan doğan atıkların bertaraf edilmesi yollarını aramaya itmiştir.

Bu amaçla birçok motor ve yağ üreticisi motorlarda kullanılan yağlardan maksimum seviyede yararlanmak ve bakım periyotlarını uzatabilmek için yağları, değiştirmeden önce belirli aralıklarla analiz edip, özelliklerini koruyup korumadıklarının belirlenmesi gerektiğini savunmaktadır. Buna bağlı olarak yapılan yağ analizi ile motorun aşınma değerleri hakkında da kullanıcıya genel bilgiler verilmektedir.

Bu analizlerden en önemlileri aşınma metalleri, viskozite, viskozite indeksi, TBN, TAN, % su ve parlama noktasıdır. Aşınma metalleri spektrometre cihazı ile motor içerisinde aşınmadan ileri gelen metallerin konsantrasyonu tayin ederek motorun hangi parçasında aşınma olduğunu, aşınmanın miktarını ve filtrenin iş görüp görmediğini tespit edebilmektedir [58].

Ham petrolden damıtılarak elde edilen ve ya sentetik olarak üretilmiş yağlar, normal kullanım süresince kir, metal tozları, su ve çeşitli kimyasallar yağ içine karışarak fiziksel ve ya kimyasal safsızlıklar ile bozulur ve yağı kullanılmaz hale gelir.

Kullanılmaz duruma gelen yağlar yenisi ile değiştirilirler ve bu değiştirilen yağların bakanlık yönetmeliklerine göre uygun bir şekilde bertaraf edilmesi ve ya geri kazanılması gerekmektedir. Kullanılmış endüstriyel/motor yağlarının geri kazanılması için genellikle karmaşık prosesler kullanılmaktadır [2].

Asit kil prosesinden gelen katı atık ürünleri, zehirli atık karakteristiği gösteren asit çamuru ve kullanılmış kildir. Bu yüzden bu atıkların yok edilmesinde önemli problemler çıkabilmektedir. Bu proses günümüzde terk edilmekte olan bir türdür. Ve ABD ve Avrupa Birliğinde bu prosesin kullanılması yasaklanmıştır.

Bu tezde iki adet çalışma incelenecek olup, birincisi; kullanılmış motor yağlarının iyileştirme yöntemlerinden asit-kil prosesi, ikincisi ise; düzenli yapılan bir yağ analiz programının bakım maliyetleri üzerindeki etkisi ve motor aşınma değerlerinin incelenmesidir. Örnek dizel motorlar üzerinde yapılacak her iki çalışmada da elde edilen sonuçların performans ve aşınma metal değerleri karşılaştırmalı olarak ayrı ayrı ele alınacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde atık yağların geri kazanılması konusunda epeyce bir çalışma yapıldığı ve farklı bir takım yöntemlerin geliştirildiği görülmektedir.

Literatür araştırmasında, atık yağların geri kazanılmasında kullanılan proseslerden birinin asit-kil prosesi olduğu görülmüştür. Bu proseste su yağdan flaş edilerek, atık yağ sülfürik asit ile reaksiyona sokularak metal ve yüksek molekülü asfaltik maddelerden uzaklaştırılmıştır. Suyu alınmış ve asitle reaksiyona sokulmuş yağda diğer istenmeyen maddeler kil ile temas ettirilerek uzaklaştırılarak ve rengi düzeltilmiştir. Son olarak, yağ nötralize edilmiş ve baz yağlar distilasyonla geri kazanılmıştır.[6]

Bir diğer proses PHİLİPS Petrol Şirketi tarafından geliştirilmiş olup, metallerin uzaklaştırılması ve hidrojen gazı ile arıtma basamaklarını kapsar. Atık yağ boru hattında metallerin uzaklaştırılması için diamonyum fosfatın sulu çözeltisi ile karıştırılmıştır. Metal giderme bir seri reaktörde olur. Kül yaratan maddeler ve metaller filtrasyon ile uzaklaştırılmış ve su ve hafif hidrokarbonlar metal giderme ile ayrılmıştır. Su ve metalden ayrılmış atık yağ hidrojen gazı ile birleştirilerek az miktarda bulunan inorganik maddelerin giderilmesi için kil ihtiva eden ekipmana alınmıştır. Nikel mobilden katalizöründe hidrojenle reaksiyona giren rengi açılırken azot, kükürt, oksijen ve klorlu maddeler uzaklaştırılır. Son basamakta buharla yağdaki hafif yakıt fraksiyonları uzaklaştırılır. Yan ürünler katı maddeler olarak ayrıldıklarından çevre kirlenmesi problemi yaratmazlar. Ürün verimi %75-%85 arasında değişir. Bu prosesin tesis ve operasyon maliyeti oldukça yüksektir [6].

Bir diğer proses; Hollanda'nın Kinetik Teknoloji Enternasyonal firmasının ABD Golf Serence & Technology firmasıyla iş birliği yaparak geliştirdikleri bir geri kazanma prosesi olup, her türlü atık yağa uygulanabilir. İlk basamak olan atmosferik distilasyonla su ve benzin uzaklaştırılır.

Vakum distilasyonda özel film buharlaştırıcısı (wiped film evaporator) kullanarak baz yağlar, metal ve asfaltik maddeler ihtiva eden bakiyeden atılır. Hidrojenle arıtma prosesi kullanılarak baz yağın renk ve kokusu istenilen seviyeye getirilir.

Hidrojenle zengin gaz yağı ile birleştirilirler ve reaktöre girmeden önce ısıtılır. Bundan sonra yağdaki hafif kısımları buharla uzaklaştırıldıktan sonra vakum altında istenilen spesifikasyonda fraksiyonlara ayrılırlar. KTI firmasının geliştirdiği atık yağ arıtım prosesi geniş bir kullanım yağ spektrumu için uygulanabilmektedir [6,9].

Fransız Petrol Enstitüsü (IFP) tarafından geliştirilmiş olup bu proste, propan çözücü olarak kullanılmıştır. Prosesin temeli sıvı propan kullanarak baz yağdan katık ve bozulma ürünlerinin ayrılmasını sağlamaktır. Su ve hafif hidrokarbonlar flaş edilerek ayrılırlar. Yağ, sıvı propan ile birleştirilerek ters akım prensibi ile çalışan çözücü ekstratörüne gönderilir. Propanda çözünen baz yağ ekstratörün üst kısmından ayrılırken koyu renkli oksitlenmiş hidrokarbonlar ve katıklar kolon dibinden alınır. Propan yağdan ayrıldıktan sonra soğutuculardan geçerek sıvılaştırılır ve tekrar kullanılır. Temizlenmiş yağ değişik fraksiyonlara ayrılır. Ağır fraksiyonlar hidrojenle renklerinin belli bir standarda getirilmesinden önce kil ile temas ettirilir. Hafif fraksiyonlarda kil teması yoktur, direkt olarak hidrojenle son durumlarına getirilirler. Bu proste yüksek kalitede baz yağ üretilir. Ancak yüksek oranda propan sirkülasyonu gerektirir. Propanı sıvı tutmak için ise yüksek işletme basıncına ihtiyaç vardır [6].

SNAMPROGETTİ (İtalya) firması, IFT'nin prosesini ilerleterek sülfürik asit rafinerasyonu içermeyen 4 aşamalı bir proses geliştirmiştir. Bu proste propan ile ekstrasyon, vakum damıtma kolunu ile "hidrofinishing" öncesi ve sonrasında kullanılmaktadır. Bu prosten elde edilen verim sülfürik asit kullanılan prosese göre daha yüksek olmaktadır. Atmosferik damıtma kolonunda yağ içindeki yakıt ve su uzaklaştırıldıktan sonra ilk propan ekstrasyonunda yağ içindeki kirler, oksidasyon ürünleri ve katıkların bir kısmı uzaklaştırılır. Vakum damıtma sonrasında yapılan propan ekstrasyonu ile de diğer kalan katıklar yağdan uzaklaştırılır. Elde edilen yağ fraksiyonları daha sonra hidrojenasyon işlemine tabi tutulur.

Özellikle motor yağları için eklenmiş olan katıkların tamamen uzaklaştırılması için hidrofinishing tavsiye edilmektedir [9].

Bartlesville Enerji Araştırma Merkezinin prosesinde, yağ içindeki kirleticiler %50 1-bütanol, %25 isopropanol, %25 metil etil keton içeren çözücü kullanılarak çöktürülmüştür. Su ve hafif hidrokarbonlardan damıtma ile arındırılmış yağ kendi hacminin 3 katı olacak şekilde bu çözücü ile karıştırılır ve santrifüjleme ile kirler uzaklaştırılır. Daha sonra damıtma ile çözücü uzaklaştırılarak yağ fraksiyonlanır. Fraksiyonlanmış yağ daha sonra hidrojenasyon ile ve ya ağartma toprağı ile rafine edilir [9].

RECYCLON prosesinde yağ içindeki oksidasyon ürünleri ve katkılar sodyum tozu kullanılarak sodyum tuzlarına polimerlerine dönüştürülerek giderilmiştir. Damıtma ile yağ içindeki su ve hafif hidrokarbonlar uzaklaştırıldıktan sonra yağ 5-15 mikron boyutundaki ağırlıkça %1 oranında kullanılan sodyum tozu ile reaksiyona sokulur. Bir miktar su ilavesinden sonra atmosferik damıtma kolonunda hafif yağ ayrılır. Alt ürün ise 100 Pa basınç ile ince film moleküller damıtma prosesine tabi tutulur. Alt ürün sonra yeniden damıtılarak fraksiyonlanır. Moleküler damıtma atık yağların geri kazanılması prosesinde damıtma ünitelerindeki karbon birikintilerinin azaltılması, verimin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Kademeler arasında bulunan döner bıçaklar ve buharlaştırıcılar en iyi sonuçların elde edilmesinde kullanılmaktadır [9].

Gabriel SADER, US 4,376,040 numaralı ABD patentinde (1983) kullanılmış yağların geri kazanılması için amonyum tuzlarının kullanıldığı bir proses geliştirmiştir. Bu proseste atık yağ üzerine bir dördüncül amonyum tuzu ve ya tuzlarının karışımı eklenmekte ve karıştırma işlemi yapılmaktadır. Bu çözelti daha sonra çöktürme işlemine tabi tutularak kirlilikler ve yağ fazı birbirinden ayrılmaktadır. Karıştırma işlemi herhangi bir mekanik karıştırıcıda 30°C-50°C sıcaklıklarda yapılmaktadır. Daha sonraki çöktürme işlemi birkaç dakika ile birkaç gün mertebesinde değişkenlik göstermektedir. Nötral pH değerlerinde çöktürme işleminin daha hızlı gerçekleştiği bulunmuştur [28].

Erich-Klaus MARTİN ve Adekunle ONABAJO, 1992'de aldıkları ABD patentinde (US 5,141,628) atık yağların geri kazanılması için farklı bir yöntem önermişlerdir. Bu patentte atık yağ kaba bir filtreleme işleminden sonra sulu cam suyu çözeltisi (%0,5-%2,5) ve polialken glikol (%0,25-%2,5) çözeltisi ile karıştırılmaktadır. Yüksek (70°C-90°C) sıcaklıklarda daha sonra bu karışım çöktürme işlemine bırakılmakta ve ayrılan yağ fazı damıtma (100°C-140°C, 3 kPa-130 kPa) ile fraksiyonlandırılmaktadır [27].

Moore'un aldığı ABD patentinde (US 6,068,759) organo metalik bileşenler içeren kirlenmiş yağların geri kazanılması için bir proses geliştirmiştir. Bu proseste kullanılmış yağ içerisinden sıcak buhar geçirilerek organo-metalik bileşenlerin parçalanması sağlanmaktadır. Bu bozulmanın ürünleri reaktörün alt kısmından uzaklaştırılmakta ve damıtılabilir nitelikteki hidrokarbonlar ve gazlar üst kısımdan yoğunlaştırılarak alınmaktadır [31].

Rene AVRİLLON ve Daniel DEFİVES tarafından 1977 yılında alınan ABD patentinde (US 4,045,330) kullanılmış yağlar katı adsorpsiyon reçinesi üzerinden geçirilmiştir. Bu şekilde yağ içinden reçine yüzeyine adsorblanmış olan kirlilikler daha sonra organik bir çözücü ile desorbe edilerek uzaklaştırılır. Bu reçine gramında 0,1 cm³ gözenek hacmine sahiptir ve içerdiği gözeneklerin çapı 6-300 Armstrong arasında değişmektedir. Reçine gözenekli bir polikondensattır ve ay çapraz bağlanmış bir kopolimerdir. Reçine partikülleri üzerinde piridil polikondensatı verilebilir. Bu reçine bir alkol, keton ve ay klorlanmış bir hidrokarbon ile yıkanarak rejenere edilebilir. [29]

PHİLLİPS Petroleum tarafından 1982 yılında alınan bir Avrupa patentinde (EP 55492) motor yağlarının geri kazanılması için çözücü ekstrasyonu ve hidrojenasyon yöntemlerinin kullanıldığı bir proses geliştirilmiştir. Bu proseste motor yağı bir ve ya daha fazla çözücüden oluşan uygun sıcaklık ve basınç ile süper kritik koşullar altındaki ekstrasyon akışkanı ile ekstrasyon işlemine tabi tutulur. Ekstrasyon işleminden sonra fazlar birbirinden ayrılır.

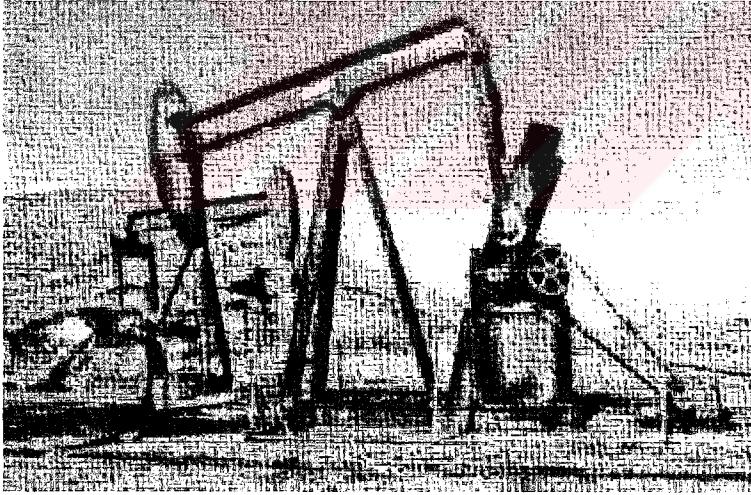
SHURTLEFF, E.C., 1993 yılında aldığı ABD patentinde (US 5,271,808) kullanılmış yağlardan faydalı yağ elde etmek için bir yöntem ve cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz bir besleyici, kaynatıcı, ısıtıcı ve ayırıcıdan oluşmaktadır. Bu cihazda kullanılmış yağlar kaynatıcı içinde ısıtıcı ile uygun bir sıcaklığa ısıtılarak daha sonra buharlaşan faz içinde kir ve safsızlıklar içeren ağır fazdan ayrılmaktadır [24].



3.PETROLÜN OLUŞUMU, DAMITILMASI VE MADENİ YAĞLARIN ELDE EDİLMESİ VE YAĞ ANALİZ PROGRAMININ ÖNEMİ

3.1.Petrolün Oluşumu

Rafine edilmemiş petrol viskoz, koyu renkli bir sıvı olup ham petrol olarak adlandırılır. Alkanlar, alkenler, siklo alkenler ve aromatik bileşiklerin kompleks bir karışımı olan petrol; jeolojik zamanlarda teşekkül eden bitkisel ve hayvansal maddelerin bakteriler tarafından havasız ortamda milyonlarca yıl boyunca bozulması sonucu oluşan ve yer altındaki kütleler arasından çıkarılan bir üründür [22,38].



Şekil 3.1. Petrol kuyusu

Petrol sözcüğü, Latince’de taş anlamına gelen “petra” ile yağ anlamına gelen “oleum” sözcüklerinden oluşmuştur. Petrol bir çok hidrokarbonun karışımından meydana gelmiş olup, belirli bir kimyevi bileşimi yoktur. Hidrokarbon dediğimiz ise, karbon ve hidrojenin uygun bileşimleriyle meydana gelen metan, etan, propan, bütan, v.s dir. Ayrıca az miktarda azot (N), kükürt (S) ile, eser halde de olsa metalik bileşimler mevcuttur.

Ancak bunlar da değişik kimyevi bileşimler de olup, değişik petrol tiplerini meydana getirirler (örneğin: parafin bazlı, asfalt bazlı, petroler gibi).

Petrol; suda erimez. Ancak; benzin, alkol, eter, aseton içerisinde erir. Petrol ile su az miktarda karışabilirler. Bilhassa petrol yataklarında petrol ile suyun kontak halinde bulunduğu yerlerde su ile petrol belirli oranda karışmış bir emülsiyon halinde bulunurlar. Petrolün viskozite değeri çok önemlidir. Çünkü bu değer petrolün özellikle boru hattı içerisinde akıcılık derecesini gösterir. Viskozite değeri yüksek olan bir petrol boru içerisinde zor akar, viskozite değeri düşük ise kolay akar [38].

Tablo 3.1. Ham Petrol Temini (www.tupras.com.tr , 2004)

1000 ton	2000	2001	2002	2003
İthal	19.560	20.210	22.244	21.530
Yerli	2.231	2.285	1.846	1.900
Toplam	21.791	22.495	24.090	23.430

Ülkemiz ham petrolü ithal eden bir ülke konumundadır. Az miktarda olsa ülkemizdeki rafinerilerde çeşitli fraksiyonlara göre ham petrol işlenmektedir.

Tablo 3.2.Rafinerilerde işlenen ham petrol (metreküp) (Devlet İstatistik Enstitüsü sitesi,2003).

Rafineriler Ham Petrolün Kaynağı	1998	1999	2000	2001	2002
Batman	862 635	687 525	756 341	663 881	853 271
İzmit	628 968	486 008	498 295	330 163	233 616
Ataş	507 987	521 998	536 845	325 599	511 507
İzmir	576 327	539 120	445 966	194 971	141 225
Kırıkkale	758 057	846 706	464 865	1 138 967	664 141
Toplam	3 333 974	3 081 357	2 702 312	2 653 581	2 403 759

Organik maddelerin milyonlarca yıl önce bakterilerin ve doğal katalizörlerin etkisi ile parçalanmaları sonucu oluşan petrol, yaklaşık 3000 çeşit hidrokarbondan oluşmaktadır. Petrolde bulunan hidrokarbonların çoğu doymuş hidrokarbonlardır. Bünyesinde birçok bileşik mevcuttur. Petroldeki önemli hidrokarbon grupları parafinler, naftenler, aromatlardan ve asfaltlardır. [55]

Tablo 3.3. Ham Petrolün Analizinde bulunan bileşiklerin yüzdesi (Petrol Mühendisleri Odası Yayınları, 2004)

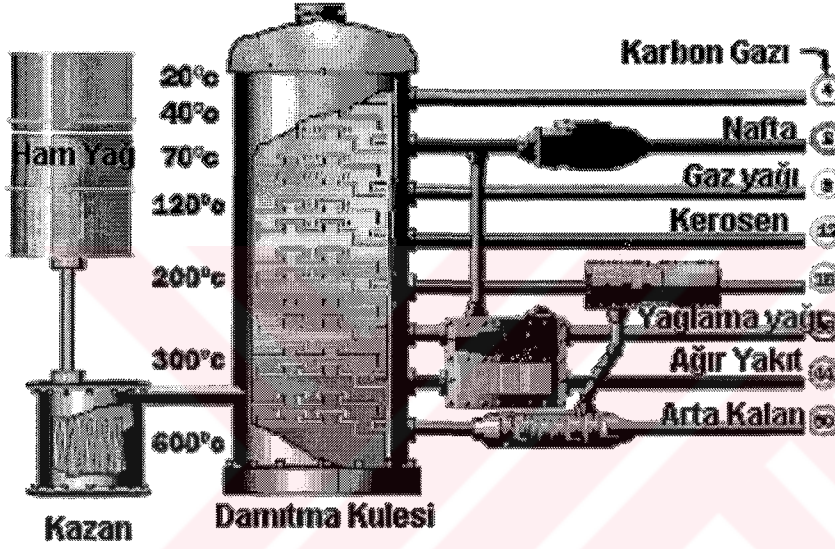
Bileşikler	Aralıklar
Karbon	82.2 ile % 87.7 arasında
Hidrojen	% 11.7 ile % 14.7 arasında
Kükürt	% 0.1 ile % 5.5 arasında
Azot	% 0.1 ile % 1.5 arasında
Oksijen	% 0.1 ile % 4.5 arasında
Organik Madde	0.1 ile % 1.2 arasında

Tablo 3.4. Hidrokarbon gruplarının yağlarda gösterildiği özellikler (Madeni yağlar Petrol ofisi ürünleri Yayınları, 2004)

Parafinik	Naftanik	Aromatik
Spesifik gravitesi düşüktür.	Spesifik gravitesi yüksektir.	Spesifik gravitesi yüksektir.
Akma noktası yüksektir.	Akma noktası yüksektir.	Akma noktası düşüktür
Uçuculuğu düşüktür.	Uçuculuğu yüksektir.	Uçuculuğu yüksektir.
Alevlenme noktası yüksektir.	Alevlenme noktası düşüktür.	Alevlenme noktası düşüktür.
Karbon bakiyesi yüksektir.	Karbon bakiyesi düşüktür.	Karbon bakiyesi yüksektir.
Oksitlenme yavaştır. Teşekkül eden oksidasyon ürünleri madeni yağda çözündüğünden viskoziteyi artırır.	Kolay okside olur. Oksidasyon ürünleri madeni yağda çözünmez. Çamur yapar.	Oksidasyona karşı hassastır. Oksidasyon ürünleri madeni yağda çözünmez
Yanma sonucu teşekkül eden organik bileşikleri çözme gücü azdır.	Yanma sonucu teşekkül eden organik bileşikleri çözebilir.	180°C den yüksek sıcaklıklarda teşekkül eden organik bileşikleri çözebilir.
Anilin noktası yüksektir.	Anilin noktası düşüktür.	Anilin noktası düşüktür.

3.2. Petrolün Damıtılması

Ham petrol, birbirleri ile muhtelif şekillerde birleşerek en hafifinden en ağırına kadar çeşitli hidrokarbonlar teşkil etmiş olan karbon ve hidrojen ile az miktarda oksijen, azot, kükürt, demir, magnezyum, kalsiyum, fosfor ve çok az miktarda kobalt ve çinko ihtiva eder. Petrol binlerce hidrokarbon bileşiği içermesine karşın, esas olarak bileşenlerin kaynama noktası aralıklarına göre sınıflandırılır. Bu hidrokarbonlar fraksiyonlu distilasyon ile mal ağırlıklarına göre ayrılırlar.



Şekil 3.2. Petrol Damıtma Kulesi

Petrol, kuyudan çıkarıldığı gibi kullanılacak olsa çok az bir değer ifade edeceğinden, içindeki hidrokarbon cinslerini ayırmak suretiyle ekonomik değeri çok fazla olan çeşitli ürünler etme yoluna gidilir. Bu işleme petrolün arıtılması denir ki; makine yağları da bu arıtma işleminden elde edilen bir üründür [1].

Petrol ürünlerinin sınıflandırılmasının her yerde aynı olmasına karşın adlandırılmasındaki farklılıklar çoğu kez yanlışlıklara yol açmaktadır. Buna göre Türkiye ve diğer ülkelerdeki adlandırılmalar şöyledir;

Tablo 3.5.Petrol ve Ürünlerinin Adlandırılması (Petrol Arıtım Teknolojisi,1980)

Türkiye	İngiltere	A.B.D.	Almanya	Fransa
Doğal gaz	Natural gas	Natural gas	Erdgas	Gaz naturel
Ham petrol (Petrol)	Petroleum (Crude Oil)	Crude Oil (Petroleum)	Erdöl (Rohöl)	Petrole Brut (Huile Brute)
Benzin	Motor Spirit (Petrol)	Gasoline	Benzin	Benzine (Essence)
Gazyacağı	Kerosine (Parafine)	Kerosine	Petroleum (Leuchtöl)	Petrole lampant
Motorin (Dizel, mazot)	Gas oil (Solaroil)	Gas oil	Diesel-kraftstoff	Gas oil (Huile solarie)
Madeni yağ (Yağlama yağı)	Lubricating oil	Lub oil	Schmieröl	Huile de graissage
Yağyakıt (Fuel oil)	Fuel oil	Fuel oil	Heizöl	Mazout (Fuel oil)
Parafin	Paraffin wax	Paraffin wax	Paraffin	Paraffine
Asfalt (Bitüm)	Asphalt (Bitumen)	Asphalt (Bitumen)	Asphalt (Bitumen)	Asphalte (Bitume)

Tablo 3.6.Petrol fraksiyonları (Madeni Yağlar Petrol Ofisi Ürünleri, Ekim 1999).

Fraksiyon	Karbon Atomları	Kaynama Noktası Aralığı (°c)	Kullanım Alanı
Doğal gaz	C1-C4	-161'den 20 kadar	Yakıt ve pişirme
Petrol eteri	C5-C6	30-60	Organik bileşikler için çözücü
Ligroin	C7	20-135	Organik bileşikler için çözücü
Benzin	C6-C12	30-180	Otomobil yakıtı
Kerosen	C11-C16	170-290	Roket, jet yakıtı
Isıtma amaçlı fuel oil	C14-C18	260-350	Dahili ısıtma, elektrik üretimi,yakıt
Yağlama yağları	C15-C24	300-370	Taşıtları yağlama

Rafinerilerin yapımında iki önemli ölçüt vardır. Bunlar;

- Üretimi istenen ürünlerin tür ve miktarları,
- İşlenecek petrolün türü.

Yapımda bu ölçütlerden hangisine ağırlık verileceği yapım yerinin ülkenin özel koşulları belirler [55].

Petrolün rafinasyonunda, genel anlamda istenilen ürün özellikleri ve kapasiteye göre çeşitli rafineri tipleri kullanılmaktadır. Bunlar;

- Skimming tipi rafineriler : En basit tip rafineri tipi olup, atmosferik distilasyon ile başlıca nafta, orta distilate (gaz yağı ve dizel yakıtı) ve fuel-oil elde edilir.
- Fuel-oil ve benzin rafinerileri : Fuel-oil ve benzin ürünlerinin özelliklerini geliştirebilmek için kullanılmaktadır. Elde edilen başlıca ürünler; LPG, benzin, gaz yağı ve dizel yakıtıdır.
- Petro kimya ürünleri ağırlıklı rafineriler : Olefin ünitesi ile hafif hidrokarbon ürünlerinden ethylene, propylene ve bütadiene; aromatik ünitesi ile benzen, toluene ve xylene ürünleri elde edilmektedir.
- Mineral baz yağ rafinerileri : Bu rafineriler vakum ünitesinden gelen gaz yağlardan mineral baz yağ elde etmek için propanla asfalt giderme, furfuolla arıtma, solvent ile wax giderme, hidrojenle arıtma ünitelerini ihtiva ederler.
- Kompleks rafineriler : Ürün çeşitleri çok fazla olan bu tip rafineriler, çeşitli atmosferik ve vakum ünitelerini, hydrotreating, reforming, cracking, hydrocracking, mineral baz yağ, asfalt, cooking, polimerizasyon, alkilasyon ünitelerini, petro kimyasal prosesleri ve birçok kimyevi tasfiye ve ekstrasyon proseslerini ihtiva eder [44].

Tablo 3.7. Petrol Ürünü Dışalımını (www.tupras.com.tr , 2004)

Ürünler (1000 ton)	2000	2001	2002	2003
Lpg	3.091,6	2.355,4	1.948,0	1.388,8
Solvent	0	0	0	0
Kurşunsuz Benzin	217,0	127,6	0	0
Motorin	1.053,9	446,6	26,3	27,2
Fuel Oil (% 1.0)	28,6	0	0	0
Fuel Oil (% 3.5)	466,7	119,4	440,1	177,3
Hvgo	0	0	0	0
Madeni Yağ	10,0	0	8,8	29,0
Toplam	4.867,8	3.071,0	2.423,2	1.622,3

Distilasyon kulesinde ham petrolün sıcaklığı buharlaşmanın ne kadar olacağını belirler. Bu sıcaklık, buharlaşan gaz miktarını düzenlemekte kullanılabilir. Kulenin üretebileceği distile ürünlerin hacmi de böylece ayarlanabilir. En yüksek çıkış hidrokarbon zincirlerinin parçalanmaya başladığı sıcaklığa yaklaşıldığında elde edilir. Bu sıcaklık 370°C' dir. Bununla beraber, sıcaklık ham petrol ön ısıtıcısında depozitlerin oluşmasını engellemek için daha düşük tutulur. Müsaade edilen en yüksek buharlaşma sıcaklığı aynı zamanda distile gazyağının sağlanması gerekli kalitesi ile de sınırlıdır. Hafif distile ürünlerin, benzin, jet-yakıtları, gaz yağı gibi, talebi en yüksektir. Bu ürünlerin talebindeki artışta en fazladır. Bu ürünlerin maksimum hacimde ekonomik olarak elde edilmesi ana hedeftir.

Teknik olarak atmosferik distilasyon yoluyla hafif ürünlerin istenilen hacimde üretilmesi işlenecek ham petrolün hacminin arttırılması ile mümkün olabilir. Ancak bu çok fazla miktarda artık yakıt elde edilmesine neden olur ve aynı zamanda ekonomik değildir ve enerji kaynaklarının boşa harcanması demektir. Diğer metotlar atmosferik artıklardan daha fazla ürünler elde etmek için geliştirilmiştir. Bu işlemin ilk adımı vakum distilasyonudur. Petrolün üzerindeki daha düşük basınç onun daha kolay buharlaşmasına yol açar. Böylece vakum distilasyonu parçalanma sıcaklığının altında daha fazla distile ürünler verebilir. Vakum distilasyon kulesinde distilasyon ile distile ürünlerin artık ürünlere oranı arttırılır.

Temel olarak vakum distilasyonu çok yüksek sıcaklıkta kaynayan ya da ısı ile bozulabilen maddeleri ayırmak için uygulanır [55].

Vakum distilasyon ile elde edilen artıkların viskoziteleri, özellikle ağır ham petrol kullanıldığında, çok yüksek olabilir. Atmosfer basıncında ve vakumda ham petrolün distilasyonu yüksek miktarda hidrojen ihtiva eden moleküllerin ayrılması ve düşük miktarda hidrojen ve fazla miktarda karbon ihtiva eden moleküllerin geride kalması sonucunu doğurur. Atmosferik distilasyon sonucu elde edilen artık yakıt da daha fazla hidrojen bulunduğunu ve vakum distilasyonuna göre daha kolay yanıcı materyalin geride kaldığı sonucu çıkarılabilir. Bu; vakum distilasyonu işlemiyle atmosferik distilasyon sonucu olan artık yakıtın içindeki hidrojenin çıkarılması nedeniyledir.

Tablo 3.8.Petrol Ürünleri Tüketimi (www.tupras.com.tr,2004)

Ürünler	1998 (Ton)	1999 (Ton)	2000 (Ton)	2001 (Ton)	2002 (Ton)
Rafineri yak. Gazı	662 614	578615	556982	620084	629803
LPG	3 174 090	3338535	4546884	3851176	3500383
Nafta	1 647 190	1583732	1562018	1522901	1678374
Normal benzin	2 142 998	1745813	1200003	890670	470832
Süper Benzin	1 469 257	1464362	1068236	739650	933200
Kurşunsuz Benzin	862 271	1096091	1387639	1540978	1699819
Solvent	216224	288675	267179	179889	208530
Jet Yakıtı	1038409	899443	970995	1055047	1199223
Gaz Yağı	56029	42917	36577	29350	30540
Motorin	6596661	7834198	8774281	8763828	9063456
Kalorifer Yakıtı	1516797	1511516	1464170	1280098	1318510
Fuel Oil-6	6233546	5452114	6202133	6528936	6824004
Asfalt	1768636	1273762	1247415	1149339	1238357
Madeni Yağ	368800	387484	489841	335350	412162
Diğerleri	120761	121115	115626	142808	127033
Toplam	27874283	27618372	29889979	28630104	29334226

Vakum distilasyonu kullanılması halinde dahi distile ürünler için olan talebin karşılanması mümkün değildir. Daha fazla miktarlarda distile ürünler elde edilmesi için birçok proses geliştirilmiştir. Bunların vakum distilasyonundan farkı petrol moleküllerinin değişikliğe uğratılmasıdır.

En çok kullanılan üç kraking prosesi şunlardır:

- Termo kraking Adından anlaşılacağı üzere, bu yüksek sıcaklıkta parçalanmadır. En eski tip kraking işlemidir ve kömür elde edilinceye kadar devam ettirilebilir. Bu işlem viskozite kırıcıda kullanılır.
- Termofor katalitik kraking Bu işlemde katalizörler kraking işleminin verimini yükseltirler. Yalnızca hafif distile ürünler besleme soğutularak kullanılabilir.
- Sıvı katalitik kraking Al_2O_3 / SiO_2 katalizör kullanılır.

Distilasyon işleminden sonra elde edilen ürünler; parçalanmış gaz, parçalanmış benzin v.s. olarak bilinirler. Bu ürünler atmosferik distilasyon ile elde edilen ürünlerden daha fazla karbon içerirler, fakat molekül yapıları atmosferik distilasyon ile elde edilen ürünlerin kaynama aralığı ile aynı olacak şekilde değiştirilmiştir. Bu parçalanmış ürünler, oksidasyon dengesinin artırılması için hidrojenleştirme işlemine tabi tutulmak zorunda olabilir ve hatta sülfür giderme işlemi uygulanabilir. Kraking işlemi ile ham petrolden yüksek hidrojen içeren daha fazla ürünler elde edilir. Bu, kraking işlemi neticesinde artıklarda daha fazla karbon bulunmasına yol açar. Bu karbon konsantrasyonu naftenik halkalardan ve parafinik zincirlerden aromatik halkaların oluşması şeklindedir. Kraking işlemi sürerken aromatik halkalar birleşirler ve parçalanmış artıktaki konsantrasyonları artar. Bu işlem uzatıldığında, büyük aromatik moleküller dengesiz hale gelirler. Bu halde hidrojen oksijen ile reaksiyona girer ve su buharı oluşur ve yalnızca karbon geride kalır.

3.3. Madeni Yağların Elde Edilmesi

Rafinelerde, ham petrol tanklarından alınan petrol önce ısıtma fırınına sevk edilerek $370^{\circ}C$ civarına kadar ısıtılır. Isıtılan petrol birinci damıtma kulesine dibe yakın bir yerden gönderilir. Bu kulenin içi tepsi ve kaynama şapkalarından ibarettir.

Petrolü teşkil eden hidrokarbonlardan hafif olanlar yani kaynama noktası $370^{\circ}C$ 'nin altında olanlar buharlaşarak distilasyon kolonunun üst tarafına doğru ilerler ve yukarı çıktıkça da soğuyup kısmen yoğunlaşır. Yoğunlaşan bu hidrokarbonlar tepsielerde birikerek seviye taşma borusu seviyesine gelince bir alttaki seviyeye akar.

Bir alttaki tepsi, üsttekine nazaran daha sıcak olduğundan üstten akanların bir kısmı tekrar buharlaşarak üste çıkar ve reaksiyon bu şekilde devam ederek neticede her tepside, belirli sıcaklıklar arasında kaynayan hidrokarbonlar birikmiş olur.

Sütunun üst kademelerinde biriken bu sıvılar ayrı ayrı yerlerden dışarı alınarak, soğutuculardan geçirilir ve böylece benzin, gaz yağı, motorin gibi hafif petrol ürünleri elde edilmiş olur. 370°C'ye kadar buharlaşamayan hidrokarbonlar ise damıtma sütununa sıvı olarak girdiklerinden, sütunun alt tabakalarına doğru yayılarak dipte toplanırlar. Bunlara birinci tortu denir ve dışarı alınır.

Birinci tortuda yine değişik hidrokarbonlar bulunur; fakat bu hidrokarbonlar 370°C'ye kadar buharlaşmadığı ve sıcaklığın üzerine de cracking'e de uğrayacakları için vakum distilasyonu metodu ile damıtılabileceklerdir. Bu nedenle birinci kuleden alınan tortu, vakum distilasyonu kulesine gönderilir. Bu kule üstten vakum pompaları ile birleştirilmiştir. Bu sayede kulede vakum meydana getirilerek basınç düşürülmek suretiyle, birinci tortunun da hafif ürünleri de buharlaştırılır. Böylece yağlama yağları ve hafif fuel oil elde edilmiş olur [1].

3.4. Yağlama İşlemi Ve Yağlamanın Amacı

Yağlama; birbirleri üzerinde hareket eden cisimler arasındaki sürtünme kuvvetini azaltarak, gerekli işin az enerji kaybı ile yapılabilmesini sağlamaktır. Yağlama işlemi farklı formasyonlarda yapılabilmektedir. Bu farklı formasyonlar; birbirine temas eden yüzeylerin geometrisi, yüzeylerin pürüzlülüğü, yüklenme, basınç, sıcaklıkları, yüzeylerin hızları, çevre şartları, yağlayıcının kimyasal özellikleri, malzemenin kompozisyonuna gibi çok çeşitlilik gösterebilmektedir. Yağlamanın performansı film kalınlığının tüm şartlara rağmen korunması ile ölçülür [1].

Yağlamanın birinci görevi; dişli mekanizmalarını ve birbirine sürtünen yüzeyleri içeren sistemlerin sürtünme vasıtasıyla verecekleri zararı ortadan kaldırmak ve kontrol etmektir. Genel olarak yağlamanın amacını maddeler halinde sıralarsak, bunlar;

- Eş çalışan parçalar arasındaki sürtünmeyi azaltmak
- Güç kaybını önlemek,
- Aşınmayı önlemek,
- Fazla ısınmayı önlemek,
- Ani darbeleri yutarak parçalar arasında bir amortisör görevi görmek,
- Yüzeyler üzerinde ince bir film tabakası meydana getirmek, yüzeyleri korozyona karşı korumak,
- Devir daim ile ısınan parçaları soğutmak,
- Motorlarda kompresyon segmanlarına yardımcı olmak,
- Çalışan parçaların temizlenmesini sağlamaktır [5].

Yağlama işleminde şunu bilmek gerekir ki; hareketli cisimler arasında iki çeşit sürtünme vardır ve bu iki sürtünmede de yağ filminin viskozitesinin çok önemli olduğu unutulmamalıdır.

- Kayma sürtünmesi,
- Yuvarlanma sürtünmesi [1].

Hareketli parçalar arasında en büyük aşınma, motorun ilk çalıştırılması ve ısınma periyodu süresince oluşmaktadır. Motorun stop edilmesi sonucu yağların büyük bir kısmı süzülerek karter içerisinde toplanır ve hareketli parçalar arasında kuru sürtünme meydana gelir. Sürtünme katsayısının en büyük olması nedeniyle parçalar arasında en büyük aşınma bu sırada meydana gelir. Bu şartlara sınır yağlama şartları adı verilir. Yağ filminin oluşmasıyla birlikte sürtünme katsayısı birdenbire azalarak kayan yüzeyler arasında hidrodinamik yağlama şartları oluşmaya başlar. Metal yüzeyleri birbirinden ayıran kritik film tabakasının oluştuğu şartlar altında sürtünme katsayısı en düşük değerindedir.

Yağ film kalınlığının artmasıyla birlikte yağ katmanları arasındaki viskoz sürtünme de artmaya başlar. Hidrodinamik yağlama şartları altında düşük viskoziteli yağlar daha az direnç göstererek viskoz sürtünmelerin azalmasına yol açarlar. Bu şekilde taşıttan yakıt ekonomisi sağlanmasına rağmen yağ tüketiminde artış olmakta, yüksek sıcaklık ve basınç altında yağ filmi incelerek yırtılabilmektedir [58].

3.5. Yağların Sınıflandırılması

Yağlama işleminde kullanılan tüm ürünler yağlama yağı olarak adlandırılır. Yağlayıcının özellikleri, baz yağın ve bu baz yağa eklenen katık maddelerinin özellikleri ile çeşitlenir. Ve bir yağın kalitesi baz yağın kalitesi ile doğru orantılıdır.

Yağlama yağlarını;

- Sıvı hidrokarbon yağlama yağları (Madeni yağlar)
- Sentetik yağlama yağları
- Gresler, olarak üç sınıfta toplayabiliriz [20].

Sıvı hidrokarbon yağlama yağları, ham petrolden modern rafinerasyon yöntemleri ile elde edilirler. Ham petrolden normal basınç distilasyon tortusunun bozulmadan vakum distilasyonu ile fraksiyonlanması yöntemine göre, sıvı hidrokarbon yani madeni yağlar üretilmektedir. TÜPRAŞ Aliğa Rafinerisinde 1973 yılından bu yana bu yönetime göre yağlama yağları üretilmektedir. [5].

Tablo 3.9.TÜPRAŞ'ta üretilen baz yağlar (www.tupras.com.tr,2004)

Özellikler	ASTM	Spindle Baz Yağ	Light Neut Baz Yağ	Heavy Neut Baz Yağ	Bright Stock Baz Yağ
Görünüm	-	Temiz ve açık	Temiz ve açık	Temiz ve açık	Temiz ve açık
Renk max.	D1500	1,5	2,0	2,5	5,0
Karbon Tortu % max.	D524	0,1	1,0	0,2	1,0
Alevlenme Nok. (°C) min	D92	180	230	246	292
Akma Nok. (°C) max.	D97	-15	-12	-9,4	-9,4
Kinematik Vis.100°C	D445	3,3-4,5	5,2-5,7	10,8-11,6	33,0-33,6
Viskozite indeks	D2270	95	100	95	90

3.5.1.Motor yağlarının tarihi geçmişi

Motor yağlarının seçimini kolaylaştırmak için API (American Petrol Enstitüsü)'nün 1947'de ortaya koyduğu yeni sistem, yağların özelliklerine ve kısmen de amaç edinildikleri çalışma şartlarına göre üç sınıfa ayrılmasını sağlamıştır. Buna göre motor yağlar;

- Normal Tip (Regular Type)
- Süper tip (Premium Type)
- Ağır Hizmet Yağı (Heavy Duty Type), olarak sınıflandırılır.

Genel olarak normal tipler saf madeni yağlar olup, süper tipler antioksidan, ağır hizmet tipleri ise hem anti oksidan ham de dağıtıcı katkı maddesi ihtiva eder. Oldukça eski olan bu sistemde, dizel ve benzin motorlarının farklı yağlanma ihtiyacının olabileceği ve her iki tip motorun, kullanılan yakıt özelliklerinden ve çalışma şartlarından büyük oranda etkileneceği düşünülmemiştir. Daha sonra API, motorun hizmet esnasında karşılaştığı şartlara göre yeni bir sistem geliştirilmiştir. Ve bu sistemi 1952'de uygulamaya konulmuştur. Daha sonraki yıllarda gelişen motor teknolojisi ile bu sistem geliştirilmiş ve bugün kullanılan sistem uygulamaya konulmuştur.

Buna göre bu konuda daha etkili olabilmek için, motor yağı iş verimliliği ve motor hizmet sınıflandırılması konusundaki bilgiler, yağ endüstrisi, motor endüstrisi ve kullanıcı arasında paylaşılmıştır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için API (Amerikan Petrol Enstitüsü), ASTM (Amerikan Malzeme Test ve Standartları Derneği) ve SAE (Otomobil mühendisleri Derneği) iş birliği yaparak, en son yeni bir sistem ortaya koymuştur. İş birliği yapan bu kurumların, sistemin kuruluş ve idaresindeki ilk sorumlulukları şunlardır;

- SAE: Teklif edilen sınıfların değerlendirilmesi ve tespit edilenlerin yayınlanması.
- ASTM: Test metotları ve iş verimliliği sınırlarının tespiti. Örneğin, motor ve yağ endüstrisi için, sınıfları açıklayan teknik bir lisanın geliştirilmesi.
- API: Sınıfların tanımlanması ve hizmet yerlerinin açıklanması. Örneğin, teknik lisan için kullanıcının aydınlatılması [54].

Yağlama yağı kullanım alanları büyük bir çeşitlilik göstermektedir. Bu nedenle, yağlama yağları kullanım alanlarına göre iki ana grupta sınıflandırılmaktadır.

- Taşıt Yağlama Yağları
- Endüstriyel Yağlama Yağları
- Taşıt Yağlama Yağları

Taşıtlarda motor ve dişli yüzeylerde yağlama yağları kullanılmaktadır. Motor yağlama yağları motoru yağlamak, kompresyon tutmak, motoru soğutmak ve motoru temizleme görevlerini yapmaktadır. ASTM açıklamasıyla birlikte ve API tarafından hazırlanan “Motor yağı iş verimliliği ve motor hizmet sınıflandırılması” iki grupta toplanır;

- Servis sınıfı “S” olan Otto motor yağları
- Servis sınıfı “C” olan Dizel motor yağları

Motor yağları; yağın kendi kendine bozulması ve dış etkilerin yağı kirletmesi ile bozulmaktadır. Sıcak ortamda, fazla miktarda hava ile karışan yağda istenmeyen yapısal değişiklikler oluşur ve motorun çalışmasında problemler olur.

- Endüstriyel Yağlama Yağları

Endüstride kullanılan yağlama yağları, taşıt yağlarına nazaran çok çeşitlidir. Çünkü endüstriyel birçok kullanım alanı için yağlar üretilmekte ve pazarlanmaktadır. Endüstriyel yağlama yağları genel olarak şunlardır;

- Buhar türbinleri
- Soğutma makineleri
- Transformatörler
- Kompresörler
- Hidrolik sistemler
- Isı transfer sistemleri

Taşıt ve endüstri yağlarında çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur. Bunlar yaygın bir sınıflandırma olan SAE ve ISO viskozite sınıflandırmalarıdır [1,5].

Tablo 3.10.Madeni yağlar ve petrol ürünleri,(Ekim 1999)

Viskozite Sınıflandırması	40°C Kinematik Viskozite (cSt)	
	Minimum	Maximum
ISO VG 2	1,98	2,42
ISO VG 3	2,68	3,52
ISO VG 5	4,14	5,06
ISO VG 7	6,12	7,48
ISO VG 10	9,00	11,0
ISO VG 15	13,5	16,5
ISO VG 22	19,8	24,2
ISO VG 32	28,8	35,2
ISO VG 46	41,4	50,6
ISO VG 68	61,2	74,8
ISO VG 100	90,0	110
ISO VG 150	135	165
ISO VG 220	198	242
ISO VG 320	288	352
ISO VG 460	414	506
ISO VG 680	612	748
ISO VG 1000	900	1100

Tablo 3.11 .Madeni yağlar ve petrol ürünleri,(Ekim 1999)

SAE Viskozite Numarası	(°C) Sıcaklıktaki Max. Viskozite (cst)		100°C Viskozite (cst)	
	İlk Çalıştırma	Pompanabilme	MİN.	MAX.
0W	-30°C 3250	-35°C 30000	3,8	-
5W	-25°C 3500	-30°C 30000	3,8	-
10W	-20°C 3500	-25°C 30000	4,1	-
15W	-15°C 3500	-20°C 30000	5,6	-
20W	-10°C 4500	-15°C 30000	5,6	-
25W	-5°C 6000	-10°C 30000	9,3	-
20	-	-	5,6	9,3
30	-	-	9,3	12,5
40	-	-	12,5	16,3
50	-	-	16,3	21,9
60	-	-	21,9	26,1

Sentetik yağlama yağları II. Dünya savaşı sırasında Almanya'nın yaşadığı petrol kıtlığı sonucu ortaya çıkmıştır. Günümüzdeki uygulama işlemlerinin nedeni ise; petrol dışı yağlama yağı yenilebilir kaynaklarının arayışı ve mevcut yağlama yağlarının özelliklerinin pek çok alanda isteklere cevap verememesidir. Sentetik yağlama yağı kaynakları; yağ asidi esterleri, silikat esterleri, silikon polimerleri, poliglükoller, polialkil ve aril esterleri, halojenli bazı bileşikler ve bor, azot, fosfor olarak bilinmektedirler [1,5].

Sentetik Yağlayıcılar aşağıdaki gibi çeşitlenmektedir;

- Sentetik Hidrokarbonlar
- Poliolefin yağları
- Klorlanmış hidrokarbonlar ya da olefinler
- Hidrokraking ile elde edilmiş yağlar
- Polieter Yağları
- Alifatik polieter yağları
- Polifenil asitlerin esterleri
- Karboksilik asitlerin esterleri
- Basit ve karmaşık ester yağları
- Neopantil poliollerin esterleri

- Fosforik asit esterleri
- Silikon içeren yağlar
- Halojenlendirilmiş hidrokarbonlar ve halokarbonlar (Kloronaftalen, Klorodifenil, Polikloroparafınler)
- Özel sentetik yağlar
- Ferrosen türevleri
- Aromatik aminler
- Heterosiklik azot, bor, fosfor bileşikleri
- Üre türevleri [9]



Tablo 3.12. Askeri amaçlı yağlayıcılar, hidrolik yağları sembolleri ve NATO kod numaraları (JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999.

Üretim	Özelliği	Sınıfı	Sembolleri	
			Askeri	NATO
Petrol kökenli uçak ve füze hidrolik yağı	MIL-H-5606	-----	OHA	H-515
Petrol kökenli koruma hidrolik yağı	MIL-H-6083	-----	OHT	C-635
Ateşe dayanıklı zehirsiz hidrolik yağı	MIL-H-19457	-----	-----	H-580
Ağır hidrolik yağ	MIL-H-22072	-----	-----	H-579
Ateşe dayanıklı, sentetik esaslı hidrolik yağı	MIL-46170	-----	FRH	H-544
İçten yanmalı motor yağı	MIL-L-2104	10	OE/HDO-10	0-237
		30	OE/HDO-30	0-238
		40	OE/HDO-40	-----
		15W/40	OE/HDO-15-40	0-1230
Çok amaçlı, dişli yağlama yağı	MIL-L-2105	75W	GO-75	0-186
		80W/90	GO-80/90	0-226
		80/140	GO-85-140	0-228
Sentetik esaslı türbin yağ.yağı	MIL-L-7808	-----	-----	0-148
yüksek çıkış güçlü içten yanmalı motorların yağlama yağı	MIL-L-9000	-----	9250	0-278
Stim türbinleri ve dişliler için yağlama yağı	MIL-L-17331	-----	2190 TEP	0-250
Petrol kökenli hidrolik yağı	MIL-H-17672	-----	2075 TH	-----
			2110 TH	H-573
			2135 TH	-----
Soğutma amaçlı Kullanılan yağlama yağı	FED SPEC	-----	RCOII	0-283
	VVL-825		RCOIV	-----

OHA : oil hydrolic aircraft PE : preservative, engine
OHT : oil hydrolic testing RCO : refrigerant, compresor oil
FRH : fire resistant hydrolic TEP : türbine extreme pressure
GO : Gear oil TH : türbine hydrolic
OE/HDO : oil, engine/heavy duty operation
OEA : oil, engine arctic

3.6.Madeni Yağların Kimyasal Bileşimleri

3.6.1. Madeni yağlardan istenen özellikler

3.6.1.1.Viskozite

Basit anlamda, sıvıların akmaya karşı göstermiş olduğu direnç olarak tarif edilebilen viskozite karakteristiği, viskozimetre denilen ve kinematik, Redwood Saybolt, Engler gibi değişik bulunan cihazlar ile ölçülür. Yüksek viskoziteli bir yağ (kalın), ısıtılınca ince hale gelir, yani viskozitesi düşer. Bu nedenle viskozite ölçümünde sıcaklık çok önemli bir unsurdur ve sıvının viskozitesi verilirken, bu viskozitenin hangi sıcaklıkta ölçüldüğünün belirtilmesi gerekir. Viskozite sıvılardaki moleküler kohezyon, dolayısıyla bir iç sürtünmedir. Laboratuarlarda en çok kullanılan yöntem; kinematik viskozite ölçümüdür.

Dinamik viskozite

----- = Kinematik viskozite

Yoğunluk

Viskozitenin sıcaklık ve basınç ile değişimi söz konusudur. Yağın sıcaklığı düştükçe, viskozite yükselir, yani kalınlaşır. Basıncın artışı da viskoziteyi düşürür [1,20].

3.6.1.2.Viskozite indeksi (VI)

Yağlar ısınınca incelir, soğuyunca kalınlaşır. Bazı yağlar sıcaklıklarının biraz artması ve ya azalması ile aniden inceldikleri ve ya kalınlaştıkları halde bazıları viskozitelerini pek çok değiştirmezler.

Bir yağın sıcaklık tesiri ile incelme ve ya kalınlaşma kabiliyetleri “Viskozite İndeksi (VI)” ile tarif edilir. Buna göre yağlar, alçak viskozite İndeksli (VI 40’dan küçük), orta viskozite İndeksli (VI 40-80 arasında), yüksek viskozite İndeksli (VI 80-100 arasında), ve multi gradeler (VI 100’dan büyük olanlar) diye sınıflara ayrılırlar.

Yağların sıcaklıktan çabuk etkilenmemeleri için dört mevsim boyunca değiştirilmeden kullanılabilen yüksek viskozite indeksli multi grade yağlar en uygun olanlarıdır.

3.6.1.3.Akma noktası

Bilhassa soğukta çalışan yağlar için önemlidir. Yağın düşük sıcaklık etkisi ile akıcılığının kaybolmaması istenir. Yağ soğudukça iki olay meydana gelebilir;

- Viskozitesi yükselir
- İçindeki vax (mum) kristalleşerek ayrılmaya başlar.

Sıcaklık düştükçe bu kristaller birbiriyle birleşerek yağ zerreciklerini aralarında hapseder ve yağ akıcılığını kaybeder. Akma noktası, bir tüp içerisinde soğumaya bırakılmış yağın hareketliğinin kalmadığı sıcaklık derecesidir. Mum oranı fazla olan parafin tipli yağların “Akma noktası”, mum oranı az olan naftenik tipli yağlara nazaran daha yüksek olduğu için soğutma makinelerinde daha çok naftenik tipli yağlar kullanılır. Parafinik yağların akma noktasını düşürmek için içlerindeki mumun ayrıca temizlenmesi gerekir ki, bu da maliyeti arttırır [20].

3.6.1.4.Nötralizasyon sayısı

Yağların imali sırasında “asitle muamele” diye bir safha vardır ki, bu işlemin sonunda yağın bünyesinde bir miktar asit kalmaktadır. Bu asit, yağın bünyesinde kalacak olursa metal yüzeylerin aşınmasına sebep olacağından yağlar ayrıca kostik soda ile nötralize edilirler. Bu nötrleştirmeden sonra yağda yine çok az bir miktar asit kalabilir. Bu da nötralizasyon deneyi ile tespit edilerek, 1 gr yağı nötralize etmek için kullanılan miligram potasyum hidroksit cinsinden (mgr.KOH/gr) “Nötralizasyon Sayısı” olarak ifade edilir.

3.6.1.5.Oksitlenme direnci

Oksijenle temas eden yağ, özellikle yüksek sıcaklıklarda oksitlenerek bozulur. Buna yanma olayı denebilir. Yanma olayı sonucunda bazı yağ asitleri meydana gelir ki, bunlar bilhassa kurşun bronz yatakları aşındırır, yağın kalınlığını arttırır, yağda çamurumsu bir tabaka oluşur ve yağa karışacak olursa emülsiyon olur. Bu durumda yağ görevini yapamayacak hale gelir. Yağın oksitlenmesine engel olabilmek için yağa “oksidasyon önleyici katkı maddeleri katılır. Bu katkı maddeleri oksijene karşı, hidrokarbonlara nazaran daha haris olduklarından yağa karışan oksijenle kendileri birleşerek yağın oksitlenmesine engel olurlar.

3.6.1.6.Metallerin yağ içinde çözünmesi dolayısıyla bozulmaya dirençleri

Bazı metaller örneğin bakır (Cu), yağda çözünmek suretiyle yağın ömrünü kısaltır. Şöyle ki; yağ içinde milyonda bir nispetinde çözünmüş olan bakır, yağın ömrünü yarıya indirir. Bu nedenle böyle bir duruma engel olucu katkı maddeleri de yağa önceden ilave edilmelidir.

3.6.1.7.Korozyon önleme

Oksitlenme sonucunda meydana gelen yağ asitlerinin metal yüzeylerine etki etmemesi için, ya bu yağ asitlerini nötralize eden, yahut metal yüzeylere yapışarak asitlerin etkisine engel olan katkı maddeleri kullanılır.

3.6.1.8.Dağıtma özeliği

İçten yanmalı motorlarda daima meydana gelme olasılığı bulunan yanmamış karbon zerreciklerinin etrafı, yağ içine konan özel bir katkı maddeleri sarılarak birbirleri ile birleşmeleri önlenir ve böylece bu karbonlar büyük parçalar meydana getirir ve yağ içinde ince zerrecikler halinde kalır. Dolayısıyla yağ kanallarının tıkanması, silindir gömleği ve yatakların çizilmesi gibi arzu edilmeyen olaylar önlenmiş olur.

3.6.1.9.Sıvanma özelliği

Parçalar üzerine sıvanan yağın yapıştığı yeri terk etmemesi yani polar özelliği haiz olması istendiğinde bu tip yağlara polar molekülleri fazla olan katkı maddeleri katılır.

3.6.1.10.Çok yüksek basınçlara direnç

Aşırı yükler halinde bazen etkili sıvanma özelliği olan yağlar bile film teşkil edemez ve parçalar arasındaki yüke dayanamayarak dışarı atılır. Böyle durumlar için daha etkili yağlar bulmak gerekir ki, bunlara E.P.(extreme pressure) tipi yağlar denir. Mineral yağlar içine ilave edilen klor(Cl), kükürt(P), fosfor(P), kurşun(Pb), gibi katkı maddeleri, hareket eden yüzeyler üzerinde gayet sert, elastik ve ince bir alaşım tabakası meydana getirerek yağa iyi bir sıvanma ve çok yüksek basınçlarda metale derhal etki ederek sürtünme katsayısı düşük bir alaşım filmi meydana getirme özelliklerini kazandırır [1,20].

3.6.1.11.Köpürmeğe direnç

Yağ şiddetli bir şekilde çalkalanacak veya çırpılacak olursa hava ile karışır ve büyük hacimleri kaplayan bir köpük tabakası meydana gelir, köpük halindeki yağ yük taşıyamaz. Bu hal bilhassa hidrolik sistem ve dişli kutularında engel teşkil edeceğinden böyle yerlerde kullanılacak yağlara özel bir katkı maddesi, köpük baloncuklarının birbiri ile birleşip büyüyerek patlamamasını temin eder [1,20].

3.6.2. Madeni yağlara eklenen katkı maddeleri ve özellikleri

Genel olarak modern makineler, yağlayıcılardan mineral yağın tek başına yapabileceği görevden fazlasını istemektedir [9].

Yağlayıcılar zor şartlar altında çalışma performansı ve kabul edilebilir motor ömrünün sağlanması açısından geniş sayıda katkı maddeleri içermektedir [54].

Motorun ilk hareketi esnasında ve ya yüksek sıcaklık ve basınç altında oluşan sınır yağlama şartlarında parçalar arasında kaymayı artırıcı değişik tür ve özelliklerde katıklar kullanılmaktadır. Katıkların bir kısmı üretim sırasında yağa katılırken bir kısmı da sonradan ilave edilmek üzere yağ katkı maddesi olarak piyasada satılmaktadır.

Katkı maddelerinin bir kısmı yağda çözünebilirken bir kısmı da süspanse edilerek çok küçük partiküller halinde yağ içerisinde bulunabilmektedir. Partiküllerin çok küçük olmaları nedeniyle yağ filtresinden kolaylıkla geçebilmektedirler.

Son yıllarda ülkemizde çok sayıda yağ katkı maddesi satılmaya başlamasıyla önemli bir pazar oluşmuştur. [57]

Bu katıkların bir kısmı baz yağların fiziksel özelliklerini (viskozite, sıcaklık, kristallenme) bir kısmı ise hizmet etki alanlarına göre kimyasal özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. Otomotiv endüstrisinde;

- Yüksek sıcaklıkta çalışma eğilimi gösterilmesi
- Motor çekim kontrolünde yapılan değişiklikler
- Optimum endüstriyel üretim isteği,

daha iyi yağlayıcıların geliştirilmesine ve katık üretiminde devamlı bir artış olmasına neden olan sebeplerdir [44].

Böyle hallerde kimyasal maddelerin ilavesiyle yağlar geliştirilmekte ve özel çalışma şartları için gereken özellikler yağa verilmektedir. Bir yağın görevini tam anlamıyla yapabilmesi için bir ve ya birkaç katkı maddesi birlikte kullanılabilir. Bu oran yaklaşık olarak %10 seviyesindedir. Yağın kendi özelliklerine ilaveten katıkların birbirine zarar vermemesi ve dayanıklı olması yağın kalitesine etki eder.

Katkı maddelerinin, yağlayıcının özelliklerini geliştirici nitelikleri yanında sahip olması gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir;

- Petrol esaslı üründe çözünürlüğü,
- Sulu çözeltilerde çözünmezlik,
- Uçuculuk,
- Bozulmadan kalma dayanıklılığı,
- Yağlayıcıya ilave edilen katıkların birbirine uyumu,
- Katığın değişik oranlarda kullanılabilmesi,
- Koku,
- Katığın yağlanan sistemin çalışma sıcaklığı limitlerinde etkin olmasıdır.

Modern yağlayıcı katkı maddelerinin görevleri üç ana grupta toplanır;

- Kullanılmakta olan yağlayıcının oksidasyon özelliklerini kimyasal olaylara ve bozulmaya karşı korumak,
 - Yanma ve yağlayıcının oksidasyon ürünlerinin zararlı etkilerinden, yağlayıcının zayıflayarak görevini tam olarak yapamaması halinden makineyi korumak, aşınma ve korozyonu önlemek, makineye daha uzun ömür vermek,
 - Yağlayıcının fiziksel özelliklerini geliştirmek
- Genel anlamda yağa eklenen katkı maddeleri üç grupta toplanırlar. Bunlar;
- Polimerler,
 - Polar bileşikler,
 - Aktif element içeren bileşikler [20]dir.

3.6.2.1.Oksidasyon inhibitörleri (Anti-oksidantlar, metal deaktif)

Yağlayıcının oksidasyonunu önlerler, makine ve yağın ömrünü uzatır ve metal kısımlar üzerinde tortu birikintilerini azaltır. Parafinik ve naftenik hidrokarbon ihtiva eden madeni yağların oksitlenmesiyle asidik yapılı ve madeni yağda çözünen tip oksidasyon ürünleri, aromatik hidrokarbonların oksitlenmesiyle de madeni yağda çözünmeyen çamur oluşur. Yağın oksitlenmesi sonucu, viskozitesi artar, asidik artıklar ve karbonlu maddeler oluşur [44].

- Kükürt bileşikleri
- Fosfor bileşikleri
- Kükürt-fosfor bileşikleri
- Fenol türevleri
- Aminler
- Metal deaktivatörleri (lesitin, trielendiamin)
- Diğer bileşikler [9].

3.6.2.2.Viskozite indeksi iyileştiriciler (VI)

Isı değişiminin yağ viskozitesi üzerindeki etkisini azaltan katıklardır. VI geliştiricileri yağlama yağlarına ideal özellikleri kazandırır. VI geliştiriciler yağda eriyebilen organik polimerlerdir. Polimerlerin VI geliştirme etkisi onun yağdaki özelliğine bağlıdır. VI geliştirici katkı maddeleri ısı değişiminin yağ viskozitesi üzerindeki etkisini azaltan katkı maddeleridir. Bu katkı maddeleri sayesinde ısı etkisinde viskozite değişimi azaldığı için soğuk ve sıcak çalışmalarda daha uygun yağlar kullanılmış olur [44].

- Poliisobütenler
- Polimetakrilatlar
- 1,3-dienlerin polimer veya stirenle kopolimerler
- Polialkilstirenler

3.6.2.3.Kristal ve aglomerasyon önleyiciler

- Bisiklik aromatikler
- Polimetakrilatlar
- Alkilfenoller
- Ftalk asit dialkilalil esterleri

3.6.2.4.Deterjanlar ve disperantlar

Deterjan katıkları bazik tuzlar olup, yüksek sıcaklıkta çalışan makinelerde oluşan birikintileri azaltır ve ya oluşumuna engel olur. Deterjan katkı maddelerinin başlıca fonksiyonları, asidik maddeleri nötrleştirmek, madeni yağda oluşan çözünmez tip partikülleri askıda tutmak, dolayısıyla bu partikülleri birbirleriyle birleşerek kitle oluşumunu önlemek ve dıştan gelen yabancı maddeleri madeni yağ yapısı içinde tutarak, motor aksamı üzerinde birikmelerini önlemektir [44].

Ancak düşük çalışma sıcaklıklarında benzinli motor yağlarında deterjan katkı maddeleri ile istenen sonuca ulaşamamıştır. Deterjan katkı maddeleri tortu oluşumunu tam olarak önleyemezler.

Kullanılan katkı maddesi oranının artırılması deterjan katkı maddelerinin tesir gücünü önemsiz ölçüde arttırdığı halde, yanma hücrelerinde metalik küllerden oluşan birikintiler oluşur. Bu nedenle metal içermeyen külsüz katkı maddeleri geliştirilmiştir. Bunlar; dispersan katıklardır.

Dispersan katkı maddeleri polimerik maddeler olup, ilave edildikleri madeni yağ içinde düşük sıcaklık çalışma şartlarında tortu teşekkülünü önlerler ve ya geciktirirler. Dispersan katkı maddelerinin başlıca fonksiyonları çözünürlüğü temin etmek, fazla maddeleri askıda tutmaktır [44].

- Metal tozu deterjanları
- Külsüz metal tozu deterjanları
- Alkil fenoller ve alkil fenol sülfidler
- Fosfatlar ve tiyofosfatlar

- Alkil metakrilatlar

3.6.2.5.Yüksek basınçlı katkı maddeleri

Bu katıklar, yağ film mukavemetini ve yük taşıma kapasitesini artırır. Yüksek basınç katkı maddeleri relatif hareket eden yüzeylerde metalin metale temasını önlemek amacıyla yağlara ilave edilen kimyasal maddelerdir. Metalin metale teması ile, kaynama, çizilme yapının tamamen tahrip olması gibi olaylar meydana gelir. Bu tip olaylara engel olmak yüksek basınç katkı maddelerinin görevidir. Yüksek basınç katkı maddeleri genellikle kükürt, klor, fosfor gibi ametaller içerirler.

3.6.2.6.Köpük önleyiciler

Bu katkı maddeleri yağın havadan kolayca ayrılması ve köpürmemesi için kullanılır. Köpürmeye, sisteme sızan hava neden olur. Hava, yağ içinde solüsyon halinde bulunuyorsa sakıncalı değildir. Fakat solüsyon basınç altında ise, ve basınç aniden düşürülürse hava bu solüsyondan ayrılarak köpük meydana getirir. Ayrılan hava sıkışabildiği halde yağ sıkıştırılamaz. Sıkışan havanın sıcaklığı artar. Bu da yağın oksidasyonuna neden olur. Köpük önleyici katkı maddeleri silikon bileşikleri olup, oluşan köpüğün söndürülmesini ve yağdan ayrılmasını sağlar.

3.6.2.7.Emisyon yapan katkı maddeleri

Makinelerde su sızması, oksitlenmeye, dolayısıyla paslanmaya sebep olur. Bu su zerreciklerini kendi bünyesi içinde tutup, paslanmaya engel olan maddelere emülsiyon katkı maddeleri denir. Bunlar suyun doğrudan doğruya maden ile temasına engel olur.

3.6.2.8.Korozyon inhibitörler

Korozyon inhibitörleri yatak alaşımlarını ve metal yüzeylerini, motorun demir ihtiva etmeyen parçalarını metal yüzeylerde film oluşturarak yağlardaki asidik artıkların kimyasal etkilerden korur. Bu asidik atıklar, yağın oksitlenmesinden ve yanma ürünlerinin piston segmanlarını geçip, karter yağına karışmasından meydana gelen ürünlerdir.

3.6.2.9.Donma noktasını düşürücü katkı maddeleri

Soğukta çalışan yağlar için önemlidir. Yağın, düşük sıcaklık etkisiyle akıcılığının kaybolmaması istenir. Donma noktası düşürücü katık, wax(mum) kristalleri üzerinde film oluşturur. Kristalleri soğuk madeni yağdan ayırarak, birbiriyle gözenekli sünger teşkil eder. Düşük sıcaklıklarda mum kristallerinin yağ ile kaplanarak, büyümeleri yağın emiciliğini azaltır. Donma noktası düşürücü olarak klorlanmış mum ile fenollerin bir araya getirilmesinden elde edilen yüksek molekül ağırlıklı metakrilat polimerleri kullanılır.

3.6.2.10.Akma noktasını düşürücü katkı maddeleri

Yağın esas maddesi olan hidrokarbonlar düşük sıcaklıklarda katılaşırlar. Belirli şartlarda yağda kalınlaşmanın görüldüğü sıcaklık akma noktası olarak tanımlanır. Akma noktası düşürücüler polimerik maddelerdir. Akma noktası düşürücü katıklar ilave edildikleri yağlayıcının diğer özelliklerine etki etmeksizin akma noktasını düşürürler.

3.6.2.11.Yapışkanlık verici katkı maddeleri

Endüstriyel ürünlerde yağların yataklardan damlamaması ve damlalar sıçratarak kirletmemesi beklenir. Yağın bu özellikleri sağlayabilmesi için fazla kohezyon göstermesi ve lifli yapıda olması gerekir. Lifli yapıya sahip olan yağ madde içine dağılamaz ve maddenin bozulmadan yağ lifleri arasından geçmesini sağlar. Yağa bu özellikler yapışkanlık verici maddelerle sağlanır. Yapışkanlık vericiler sabun bileşikleri olup, genellikle yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir [44].

Tablo 3.13. Yağlama Yağı Katkı maddeleri (JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999.)

Katkı maddesi tipleri	Kimyasal tipi	Spektrometrik analiz ile tespit edilebilen elementler
Oksidasyon önleyiciler	Organik	None
	Metal-organik	Zn, Cu
Deterjan	Metal-organik	B, Ba, Mg, Na
Dağıtıcı	Organik	None
Yüksek basınçlı yük taşıyanlar	Organik	None
	Metal-organik	Zn
Korozyon önleyiciler	Organik	None
	Metal-organik	Zn
Viskozite indeksi iyileştiriciler	Organik	None
Köpük önleyiciler	Organik-silikon	Si
Akma noktasını düşürücüler	Organik	None

3.6.3. Madeni yağların kimyasal bileşimi

Madeni yağlar birçok farklı hidrokarbon bileşiklerinin karmaşık yapıdaki bir karışımıdır. Düşük moleküllü sıvı ve katı ürünlerin tabiatındaki farklılıklar, molekül büyüklükleri ve karbon ve hidrojen atomlarının bağlanma şekilleri ile açıklanır. Çok sayıda kimyasal bileşikler, benzer özellikteki gruplar halinde toplanabilir. Molekül yapılarına göre ayırt edilen hidrokarbonlar ve baz yağdaki yüzdeleri şu mertebededir [38].

Parafinler	%75-85
Naftenler	%13-20
Aromatikler	%6-10'dur [54].

Parafinler; düz ve dallanmış şekilde karbon atom zincirinden meydana gelir. Dallanmış zincirler yağlama yağlarında önemli miktarda bulunur. İçinde çok az veya hiç asfalt bulunmayan parafin kökenli ham petroldür.

Naftenler ve ya siklo-parafinler; tek ve ya halka şeklindeki zincirden oluşur. Bunlar önemli miktarda asfalt kapsarlar. İçlerinde parafin mumu hiç yoktur veya az miktarda bulunur.

Aromatikler; tek benzen halkası, çift naftalen halkası ve üç antresen halkasından ibarettir. Yapıları parafinik ve naftenik hidrokarbonlara göre daha kolay saldırıya uğrayabildiklerinden, reçine ve korozif ürünlerin oluşmasına önderlik ederler [54,40].

Sıvı hidrokarbon yağlama yağları, 18 veya daha fazla karbon atomu içeren, parafinik, naftenik, aromatik bileşikler, parafinik yan zincirler ile kükürt ve azot içeren heterosiklik bileşikler ve naftenik asitlerden oluşmaktadır. Bu bileşikler dışında, yağlama yağları az oranda kondanse olmuş aromatik ve halka yapıda naftenik ve halka yapılı kükürt ve azot içeren parafinik yan zincirli kompleks yapıya da sahip olurlar.

Madeni yağların ana kısmı karbon, C ve hidrojen, H bileşikleri olan hidrokarbonlardır. Karbon atomu reaksiyonlar için 4 değerlidir ve diğer kimyasal elementlerden farklı olarak kendi atomları ile de reaksiyona girerek birçok organik bileşik oluşturabilir. Uzun zincir yapılı parafinik hidrokarbonlar 20°C sıcaklıkta sıvı durumdadırlar. (benzin, kerosen, diesel yakıtı, yağlama yağları gibi). Doymuş ve doymamış hidrokarbonlar birbirlerinden ayırt edilmelidirler. Doymuş hidrokarbonlarda karbon atomunun tüm değerlikleri hidrojen ile bağlanmıştır ve hidrojen veya diğer elementlerle bağlantı mümkün değildir. Çift bağlı karbon zincirli veya karbon halkalı doymamış hidrokarbonlar, çift bağ yerlerinden çok duyarlı oldukları için basınç altında hidrojen veya oksidasyon ile oksijen atomu ilave edilmesi olanağı verirler [40,43].

Madeni yağlarda tüm hidrokarbon grupları bulunmaz, ancak bunlar sayısız kimyasal bileşikler ve karışımlar oluştururlar. Ağırlıkça farklı bölümleri vardır. Madeni yağların bileşimini incelemek, fiziksel karakterleri çok farklı olmalarına rağmen, çok zordur. Aynı sayıda karbon atomu içeren hidrokarbonlar çok değişik özellikler gösterebilirler. 20 karbon atomlu moleküller diesel yakıtlarında, 70 veya daha fazla karbon atomlu moleküller yağlama yağlarında bulunabilir. Hidrokarbonların baskın çıkan tipi, yağlara karakteristiklerini verir, parafin bazlı (parafinik), naftenik veya aromatik (asfalt bazlı) gibi. Asfalt bazlı yağlarda aromatik hidrokarbonlar ağırlıktadır. Asfalt bazlı yağlar, parafin bazlı yağlardan daha yüksek karbon atomunu yapılarında bulundurulur.

Doymamış ve oksijen bulunduran hidrokarbonlar artan sıcaklıklara maruz kaldıklarında reçine ve asfaltik maddeler gibi daha büyük moleküllü yapılar oluşturacak şekilde birleşirler. Doymuş parafinik ve naftenik hidrokarbonlarda oksijen bulunduran kısımların polimerizasyonu mümkündür. Ancak, reaksiyon ürünleri yağ reçineleridir ve bunlar aromatik asfalttenlerden tamamen farklıdır.

Yağlar esas itibarıyla trigliseridler olmakla beraber bunların içinde karbon hidrat yapılı reçinemsi maddeler, boyar maddeler, serbest yağ asitleri, fosfatidler, kokulu maddeler, bazı yükseltgenme ürünleri ve erime noktası yüksek olan gliseridler gibi maddeler bulunmaktadır.

Yağ asidi adı verilen organik kimyasal birimlerin yağ içindeki sayıları ve dizilişleri arasında farklar vardır. Karbon, hidrojen ve oksijenin birbirine bağlı bir yapı oluşturarak meydana getirdiği yağ asitlerinde, karbon önemli bir yer tutar. Karbon sayısı ve karbonlar arasındaki bağların çift ya da tek oluşu doymuş ve ya doymamış adı verilen yağ türlerini meydana getirir. Trigilseridlerdeki doymamış yağ asitlerinin cinsi ve miktarı, madeni yağın özelliklerini oluşturur.

Yağ asitleri, içerdikleri karbon atomu sayısına bağlı olarak, uzunluğu farklı zincirler oluşturur. Doymamışlık miktarı hidrojen atomlarının yerleşmemiş olmasına bağlıdır. Bütün hidrojen atomları yerleşmiş ise yani her karbon atomu zinciri iki hidrojen atomu tutmuş ise bu oluşum doymuştur. Ve ya karbon atomları arasındaki çift bağ sayısı ne kadar fazla ise yağ asidi o kadar doymamıştır yani sıvıdır.

Karbona hidrojen eklenmesi ile bu bağlar bire indirilirse o zaman doymuş yağ yani katı yağ elde edilir. Doymamışlık miktarı yükselirken erime noktası düşer. Karbon yanma ısısı hidrojenin %20'si kadardır [43].

3.7.Yağ Analiz Programı Ve Aşınma Teorisi

3.7.1.Aşınma teorisi ve yağ analiz programına etkisi

Yağların temel özellikleri koruyucu ve kaydırıcı olmalarıdır. Fakat belirli bir süre kullanılan yağların bu özellikleri bozularak motor parçaları üzerinde aşınmalar meydana gelmekte, motorun bakım ve revizyona girme periyodu kısalmaktadır. Parça deformasyonuna bağlı olarak motor karakteristikleri de değişmektedir.

Dünya çapında yapılmış olan istatistiklere göre makine elemanlarının yaklaşık %70'inin işe yaramaz hale gelmesinin nedeni aşınmadır. Yağlama ile sistemin verimi önemsiz bir oranda artırılrsa bile tasarruf edilen paranın tutarı milyarları geçmektedir. Ayrıca meydana gelen malzeme kayıpları ve onarım için harcanan zaman göz önüne alındığında yağlamanın önemi daha iyi anlaşılmaktadır [58].

Son on yıl içerisinde motorlarda kullanılan yağlar geliştirilerek yağın çalışma süresi uzatılmakta, egzost emisyonları iyileştirilmekte, yakıt ekonomisinde iyileşme sağlanmakta, ve bu amaçla yağ viskoziteleri azalmakta ve sürtünme azaltıcı katıklar kullanılmaktadır. Hidrodinamik yağlama şartları altında düşük viskoziteli yağlar daha az direnç göstererek iç sürtünmelerin azalmasına sebep olmakta ve bu sayede yakıt ekonomisi sağlanmaktadır. Ancak düşük viskoziteli yağların kullanılması yağ tüketimini artırırken yağ film kalınlığının azalmasına hatta yağ filminin yırtılmasına sebep olmaktadır.

Motorlarda yağ ömrü, tüm araçlar için genel bir süre ile belirtilmektedir. Ancak motorlarda yağ ömrüne etki eden parametreler taşıta göre değişmektedir. Bunlar; aracın markası, modeli, motorun genel durumu, ateşleme sistemi, çalışma sıcaklığı, çalışma koşulları, iklim şartları vb. Dolayısıyla farklı çalışma şartlarına sahip olan araçların yağ değişim periyotları da değişim göstermektedir.

Yağlardan optimum düzeyde faydalanılması için yağın belirli periyotlarda analiz edilerek değiştirilmesinde fayda görülmekte ve motorun durumu hakkında genel bilgi edinilmektedir. Motorlarda kullanılan yağlardan maksimum seviyede yararlanabilmek için, yağları değiştirmeden önce analiz edip özelliklerini koruyup korumadıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Kullanılmış yağlarda viskozite ölçümü, toplam baz sayısı (TBN), ışık geçirgenliği ve tortu deneyi ve aşınma metalleri deneyleri yapılmaktadır. Karter yağ kapasitesi 50 litrenin altındaki motorlar için bu testlerin yapılması ekonomik olmamaktadır [58].

3.7.2.Yağ analiz programı

Ortak yağ analiz programı (JOAP) Kara, Hava ve Deniz Kuvvetlerinin ortak girişimi ile gerçekleştirilen ve ayrı olarak yürütülen yağ analiz programlarını birleştirip tek merkezden idare etmeyi amaçlayan bir programdır. Yağ analizleri ile aşınmış ürünleri tanıyıp arıza oluşmadan koruyucu önlem alınabilir ve ya kullanılan yağın motor üreticisi tarafından saptanan yağ değişim periyodundan daha uzun süre ile kullanılmasına imkan verir [42].

3.7.3.Yağ analizi teorisi ve faydaları

3.7.3.1.Spectrometrik yağ analizi

Yağ numuneleri içerisinde oluşan belirli büyüklüklerdeki aşınmış metalleri ve kirliliği tespit etmek için kullanılan bir periyodik bakım programıdır. Bu sayede motorların, dişlilerin ve hidrolik sistemler izlenebilmektedir. Yağ numunesinin bünyesindeki bir metalin anormal artışı sistemde anormal bir sürtünmenin göstergesi olmaktadır. Bu metal konsantrasyonundaki anormal artış doğrulandığında, sistem daha büyük bir problemin meydana gelmesinden önce kurtarılmış olmaktadır.

Tablo 3.14. Kullanılmış yağ limitleri (Shell Derince Tesisleri, 2005)

Kullanılmış Yağ Limit Değerleri (ppm)											
	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Sb	Mn	Si	Na
Dizel motor	50	10	20	30	15	20	5	5	5	15	50
Benzinli motor	300	25	4999	37	20	37	7	25	250	30	50
Transmission	400	8	40	240	16	40	16	8	8	32	60
Hidrolik	60	4	16	40	8	40	4	4	4	16	60
Şanzuman	600	8	80	320	24	40	8	20	8	60	40

3.7.3.2.Fiziksel özellik testi

Yağın fiziksel özelliklerinin test edilmesi, yağ kalitesinin ayarlanabilmesi için ölçümün standartlaşmasını öngörmektedir. Fiziksel özellikler yağlayıcının yanma odasında oluşan yakıt buharından dolayı kirlenmesini, fazla ısıdan dolayı oksidasyonu ve soğutma sisteminden dolayı oluşan kaçakların sebep olduğu kirlenmeyi tanımlamasına yardımcı olmaktadır. Fiziksel özelliklerin tespiti öncelikle deniz tipi makinelerde uygulanmaktadır.

3.7.3.3.Yağ analizinin faydaları

- Ekipman ömrünü uzatmak
- Yağ değişim aralıklarını uzatmak
- Yağın durumu hakkında bilgi sahibi olmak
- Bakım masraflarını düşürmek
- Aşınma eğilimini ölçmek
- Uygun bakım aralıklarını tespit etmek
- Yedek parça envanterini azaltmak
- Ekipman yenileme maliyetini düşürmek
- Onarım programlanmasını düzenlemek
- Ekipmanın güvenilirliğini arttırmak [42,56].

3.7.3.4.Aşınma metalleri

Aşınan metaller, genellikle hareketli iki metal yüzeyin birbiriyle olan fiziksel ilişkisinden meydana gelmektedir. Yağlamaya rağmen metal aşınması belirli oranlarda olmaktadır. Aşınma metalleri nemin sebep olduğu korozyondan ve yağlama sistemindeki electrolytic hareketten dolayı meydana gelmektedir. Aşınma konusunda şu iki konu unutulmamalıdır;

- Kopan metal parçaları ve ya metalin üzerindeki kaplamanın kimyasal kompozisyonu her zaman aynıdır.
- Her bir metal parçacığın yağ içerisinde bulunma seviyesi ve üretim oranı, her bir cihaz için belirli zamanlarda yapılan analizlerle tespit edilebilmektedir.

Yağın metal seviyesinde anormal bir artış gözlemlendiğinde, oluşan partiküllerin kimyasal yapısı problemin hangi kısım olduğunu göstermektedir. Bazı metalik elementlerin varlığı olması muhtemel arızanın habercisi olmaktadır. Ancak; sadece metal artışı yağın değişmesi için yeterli değildir. Bunun yanında yağın performans değerleri de kontrol edilmelidir. Şayet, bir yağın metal değerlerinde anormal bir artış gözlenmiş ancak, performans değerlerinde anormal bir durum yok ise, yağ değişimi yerine aşınan metalin ilgili olduğu makine parçası kontrol edilir ve gerekiyorsa değiştirilir. Bunun yanında bahse konu yağın metal değerlerinde anormal bir artış gözlenmemiş ancak, performans değerlerinde anormal bir durum var ise, yağ değiştirilmelidir.

Tablo 3.15. Aşınma metalleri sembolleri

Elementler	Sembolleri
Alüminyum	Al
Boron	B
Krom	Cr
Bakır	Cu
Demir	Fe
Kurşun	Pb
Magnezyum	Mg
Molibden	Mo
Nikel	Ni
Silikon	Si
Gümüş	Ag
Sodyum	Na
Kalay	Sn
Titanyum	Ti
Çinko	Zn

3.7.3.5. Aşınma metallerinin kaynakları

Yağ analizi ile motor bünyesindeki aşınma metallerinin kaynaklarını bulunabilmektedir.

Aşınan metaller; demir, alüminyum, bakır, kurşun, kalay, krom, bor, nikel, gümüş, silisyum, sodyum, pirinç, bronz ve katık elementler olarak çeşitli maddelerden oluşmaktadır.

- Demir; demir seviyesinin artması durumunda cidarlar, valflar, miller, segmanlar, pistonlar ve dişlilerden aşınmanın göstergesi olabilir. Soğutma sisteminde bir sızıntı olduğunda demir, soğutma ceketinin pullandığını ve ya pas parçalarının olduğunu gösterir.
- Alüminyum; alüminyum seviyesinin artışı alüminyum pistonlarının aşınması ve ya yanması, alüminyum yataklarda aşınma ya da alüminyum parçalarda aşındırıcı kirilik oluştuğunun göstergesi olabilir.

- Bakır; Bakır seviyesindeki artış, yataklardan özellikle aşırı kurşun varlığında ve ya soğutucu sızıntısı olduğunda olabilir. Yatak aşınması bazen kurşunla bağlantılı olarak ana yataklardan, bağlantı kollarından, piston pinlerinden, kam milinden ve ya dişli destek yatakları ve gömleklerden olabilir. Kalayla birlikte bakır, kompresör kol contasında aşırı aşınmanın habercisi olabilir.
- Kurşun; Büyük bakımlardan sonraki örtü aşınmasını gösterir. Yataklardaki örtü kurşununun aşınması, yakıt kurşunu karışması, takılma önleyici gres bileşikleri ve kurşun bazlı boyalardan kaynaklanabilir.
- Kalay; normal olarak Babbit yataklarıyla ilgili bir problemin varlığını gösterir. Bunun yanında yatak üzerindeki kalay örtü, pistonların kalay kaplaması ve bazı gömleklerden olabilir.
- Krom; motor aşınmasını ya da soğutma suyu inhibitörünün bir kısmını temsil eder. Soğutma suyu sızması sırasında krom gözükabilir. Krom kaplı segmanlardan, cidarlardan ya da valflardan gelebilir. Genellikle krom cidar, segmanların aşındığını gösterir.
- Bor; düşük seviyelerde iken, bazı yağlarda kullanılan bir katık bileşimini gösterir. Su olmadan da olabilir.
- Gümüş; normal olarak yatak aşınmasını gösterir.
- Nikel; normal olarak krank mili, bazı dişliler, bazı segmanlar ve bazı türbin parçalarından olan aşınmayı gösterir.

- Silisyum; motorda aşındırıcı kirin varlığını gösterir. Normal seviyede yağdaki köpük kesici katığı gösterir. Seviyesi yükseldiğinde hava filtrelerinden hava girişinin yetersiz olduğunu, filtrelerde, boru sisteminde kaçak olduğunu, karter hava filtrasyon sisteminde tıkanma ya da düşük yağ seviyesinin göstergesi olabilir. Ayrıca yüksek silisyum düzeyi motorun onarımı-bakımı sırasında açık kalmasından dolayı oluşan kirliliği ve ya numune kabının kirliliğini gösterebilir.
- Sodyum; bazı yağlarda katıklardan gelebilir. Soğutma suyu inhibitörü, yol tuzu vb. kaynaklanabilir.
- Pirinç; bakır ve çinkonun karışımıdır.
- Bronz; bakır ve kalayın karışımıdır.

Katık Elementler; çinko, fosfor, baryum, kalsiyum, magnezyum, molibden, silisyum ve çeşitli yağ üreticileri tarafından eklenen katıklardır. Yağda mevcut katıkların miktarı yağın tipini belirlemek için en iyi araçlardan biridir. Çinko-fosfor anti aşındırıcı elementlerdir ve sürtünmeyi azaltarak aşınmayı düşürmeye yardımcı olurlar. Kalsiyum, magnezyum ve baryum deterjan ve dispersanlardır.

Fonksiyonları; sistemde yağ ile birlikte akarken aşınma ile oluşmuş ve dışarıdan yağla karışmış yabancı maddeleri toplamak ve filtreye göndermektir [56].

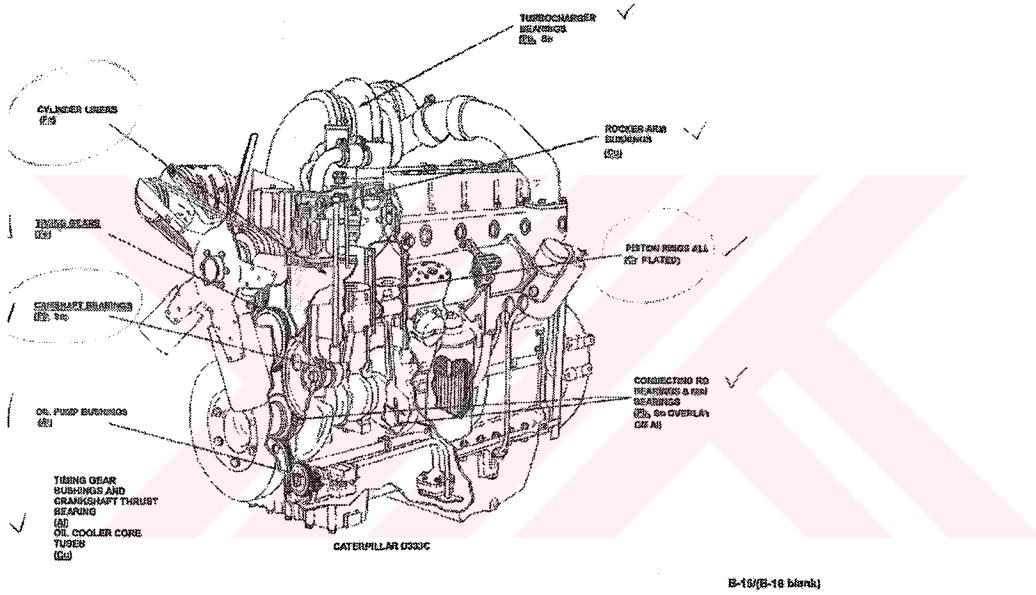
Tablo 3.16. Caterpillar D/333/C/T tipi dizel motor aşınma limitleri [56]

	Fe	Al	Cr	Cu	Si	Pb
Normal	0-60	0-8	0-3	0-13	0-15	0-25
Marjinal	61-90	9-15	9-15	14-21	16-23	26-40
Yüksek	91-120	16-18	16-18	22-28	24-30	41-75
Anormal	121+	19+	19+	29+	31+	76+
Anormal trend	24	4	3	5	6	15

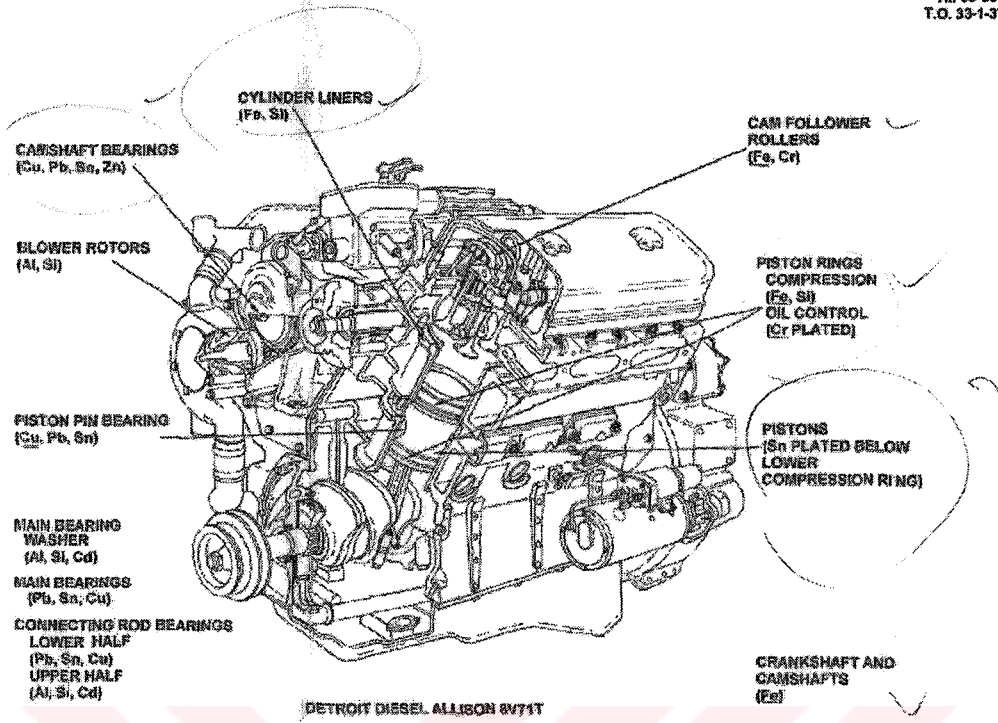
Tablo 3.17. Detroit Dizel Allison 8V71T tipi dizel motor aşınma limitleri [56]

	Fe	Al	Cr	Cu	Si	Pb
Normal	0-123	0-6	0-22	0-47	0-40	0-27
Marjinal	124-170	7	23-33	48-67	41-55	28-38
Yüksek	171-215	8-10	34-44	68-88	56-75	39-49
Anormal	216+	11+	45+	89+	76+	50+
Anormal trend	43	3	9	17	15	10

NAVAR 17-15-60,4
TM 38-301-4
T.O. 33-1-37-4



Şekil 3.3. Caterpillar D/333/C/T deniz tipi motor



B-63/(B-64 blank)

Şekil 3.4. Detroit dizel Allison 8V71T deniz tipi motor

Anormal istenmeyen bir yükseliş sabit oranda seyreden metal kompozisyonu yükseltir. Bir sistemin normal çalışma şartlarında aşınma metallerinin oluşumu sabit orandadır.

3.7.3.6. Aşınma metallerinin ölçümü ve tanımlanması

Aşınma metallerinin ölçümü için çok az bir numunenin ilgili cihazda tanımlanması mümkündür. Yirmi metallik element eş zamanlı olarak spektrofometrede tanınır, miktarları ölçülebilmektedir. Spektrometrik yağ analizi için iki analitik cihaz mevcuttur. Bunlardan birincisi atomik emisyon, diğeri ise atomik adsorbsiyondur. Aşınmış metallerin analizinde ilk önceleri atomik adsorpsiyon spektrofometresi kullanılmıştır. Günümüzde ise, daha verimli bir cihaz olan plazma spektrofometresi (ICP) ya da benzer bir cihaz olan doğru akım plazma spektrofometresi kullanılmaktadır. Bu cihazlar 5 mikrona kadar olan parçaları yakalar.

Metallerin birbirleri ile olan ilişkisi aşınmanın sebebini bulmada bir anahtar görevi yapar. Aşınan metaller ve önemleri motor modeli ve kullanılan yağ ile değişir.

- Atomik emisyon spektrometresi

Bu cihaz yağ numunesi içerisindeki aşınmış metalleri optik olarak belirlemektedir. Genel olarak iki çeşit emisyon spektrometresi mevcuttur. Bunlardan birincisi; atomik emisyon rotrode (AER), bir diğeri de inductively coupled plazma (ICP)'dir.

- Atomik adsorbsiyon spektrometresi

Bu cihaz yağ numunesi içerisindeki aşınmış metalleri optik olarak belirlemektedir. Değerlerin sadece düzeyleri ile sonuç çıkarılmamalıdır. Eğilimleri bakımından da değerlendirilmelidir [56].

3.7.3.7.Numune bütünlüğü

Spektrometrik analizin değeri ve sonuçları alınan numunenin alındığı sistemi ne kadar temsil ettiğinin ölçütüdür. Burada numune bütünlüğü kavramı çok önemlidir. Eğer numune, sistemi temsil etmiyorsa, analitik sonuçlar anlamsız olacaktır.

3.7.3.8.Kirlilik

Kirlilik, numune bütünlüğü için çok önemlidir. Aşınma metallerin ve suyun oranında ani bir yükselme, beklenmeyen bir renk, partikül oluşumunu fark etmek ve yorumlamak çok iyi bir aşınma metali alt yapısı gerektirmektedir. Yağlama sistemlerindeki en yaygın kirlenme silikonun artmasından oluşan kirin ve tuzun yarattığı kirlenmedir.

3.7.3.9.Spektrometre tipi

Yağ analizi sırasında kullanılan cihazın tipi analiz sonuçlarını etkileyen bir faktördür. Atomik adsorbsiyon ile yapılan analiz sonuçları genellikle atomik emisyon ile yapılan analiz sonuçlarından daha az hassastır.

3.7.3.10.Katkı maddeleri

Yeni yağlar bünyesinde normal olarak hiçbir metalik katkı bileşik bulundurmazlar. Bazen, yağ üreticileri yağlarına metalik özellikli katkı maddeleri ilave ederler. Yeni bir yağın analizi aşınma metallerinin gerçek çalışma şartlarında davranışını anlamak ta temel oluşturur.

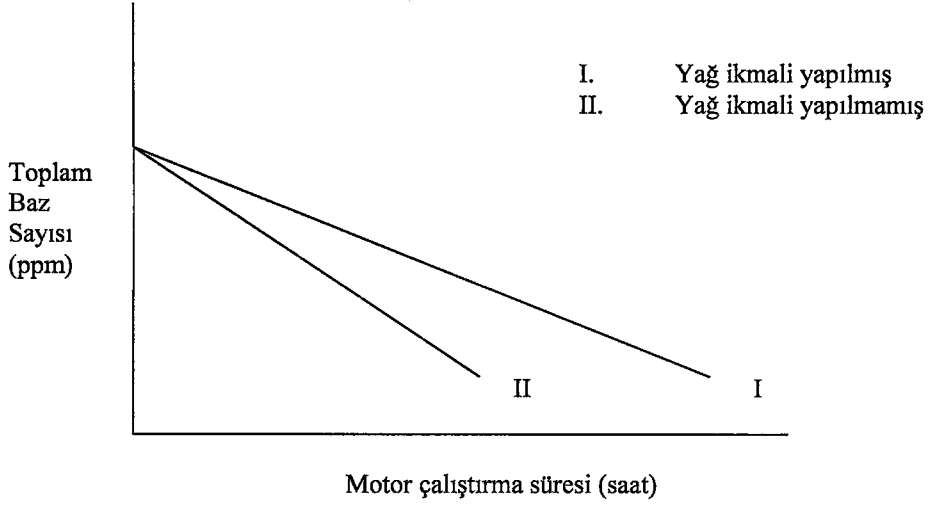
3.7.3.11.Korozyon

Sistem içerisindeki su oranı korozyon oluşumuna zemin hazırlamaktadır.

3.7.3.12.Yakıt kirlenmesi

Kurşunlu benzin/mazot kullanan motorlarda yakıtın bünyesindeki kurşunu yağlama yağına vererek yağı kirletmektedir.

3.7.3.13.Yağ kaybı, eklenmesi ve değiştirilmesinin etkileri



Şekil 3.5. Yağ kullanım süresine bağlı olarak TBN değişimi

3.7.3.14.Çalıştırma şartları

Genel olarak sistemin maksimum yükleme şartlarında uzun süre kullanılması, aşınma metallerin oranını arttırmaktadır. Aşırı yüklemeli çalıştırma şartları makine üzerinde çok ciddi problemlere sebep olmaktadır. Normal çalışma koşullarında ise; aşınma metallerinin sabit oranda olduğu görülmektedir. Çalıştırma şartları kullanıcı tarafından tespit edilen ve her makine ve kullanım yerine göre farklılık gösteren bir durumdur.

3.7.4.Fiziksel özelliklerin tayini ve durum değerlendirilmesi

3.7.4.1.Viskozite

En önemli özellik ve analizlerden biridir. Yağın fiziksel durumu için doğrudan referans oluşturur. Viskozitedeki değişiklik yağa yabancı madde karışığının göstergesi olabilir. Viskozite düşüşü, yağ filminin dayanıklılığını azaltır ve motorda aşınma hızlanır. Viskozite düşmesinin muhtemel nedeni yakıt karışmasıdır.

Viskozite yükselmesine yüksek çalışma sıcaklığı, nitrasyon, oksidasyon, glikol karışması, çamur neden olabilir. %25'lik bir viskozite artışı olduğunda anormal kabul edilir.

3.7.4.2.Su miktarı

Miktarı ne olursa olsun, suyun varlığı anormal olarak değerlendirilir. Aşınma, çamur ve emülsiyon birikintilerine neden olur. Su soğutma sisteminden, düşük çalışma sıcaklığından, krank yatağının iyi havalanmamasından, sistemin sık sık kapatılmasından kaynaklanabilir.

3.7.4.3.Glikol

Glikol ısı olarak kararsızdır. Yağ yetmezliğine erken aşamalarında yakalanmazsa motor arızalarına sebep olur. Glikol soğutma sistemine o-ringler ve contaların bozuk olmasından dolayı sızarak, silindir kafalarındaki çatlaklardan, cidarlardan girebilir. Bu sızıntılar motorun çalışması sırasında ve ya kapatıldıktan sonra soğuması sırasında gerçekleşebilir. Glikol en çok yataklarda bulunan bakıra etki eder.

3.7.4.4.Oksidasyon

Yağın rengi açık kahverenginden siyaha doğru gittikçe bu onun çözünebilir/çözünemeyen oksidasyon ürünleri ile doymuş halini gösterir. Oksidasyonun sebepleri, yetersiz yağ akışı, yağın kullanılmasıyla oluşan normal birikme, yüksek yağ ve su sıcaklığı ve motordaki bölgesel sıcak noktalaradır.

3.7.4.5.Toplam baz sayısı

Bu sayı yağın korozyona neden olan asitleri absorbe edebilme yeteneğinin ölçüsüdür. Yeni yağın TBN'ni olabilecek en yüksek değerdedir. Bu noktadan itibaren asitler yağın alkali öğelerini tükettikçe TBN değeri düşmeye başlayacaktır. Bu yağa yeni yağ eklenmesi TBN düşüşünü önlemeye yardımcı olur. Düzenli bakım yapılan motorlarda yağ boşaltım aralıklarını uzatır.

Tipik motor yağlarının TBN'ni 5-7 arası değişirken, yüksek bileşimli yağların TBN'ni 12-15 arası olabilir. Yüksek kükürtlü yakıt kullanılan gemi makinelerinin yağları 35-40 TBN'e sahip olabilir. Yüksek TBN yağın asitlere karşı koyma yeteneğinin daha iyi olduğunu gösterir, ancak; diğer özellikler bakımından yüksek TBN yağın daha iyi olduğunu göstermez.

3.7.4.6. Toplam asit sayısı

TAN ve pH sıcaklıkla birbirleri ile karıştırırlar. Kavramlar birbirlerine çok yakındır. PH göreceli asit kuvveti, TAN ise kuvvetle ilgisi olmaksızın toplam asit miktarıdır. Yağ oksidasyonu ürünü zayıf asitler pH'i önemli derecede etkilemezler. Motor yağlarının önemli bölümünün, yeni ve kullanılmış durumlarda TAN ve TBN değerleri vardır. Motor yağlarının incelenmesinde her iki niceliğin de analizi yapılabilir. Fakat TBN daha önemlidir. TAN özel olarak motorsuz sistemlerde kullanılır [56].

3.7.5. Müşteri-işveren sorumlulukları, ihtiyaçları ve program yöntemi

Düzenli bir yağ analizi kullanarak bir bakım programı başlatmaya karar verildiğinde bilinmesi gereken bazı hususlar vardır. Programda her aşamada departmanların bir takım kuralları uygulaması programın işleyişi bakımından çok önemlidir.

3.7.5.1. Müşteri ve işveren sorumlulukları

Alınması gerekli yağ numunelerinin ilgili teknik personel tarafından tam zamanında, uygun yöntemlerle ve doğru bir şekilde analizi yapılacak laboratuvara gönderilmesi gerekmektedir. Ayrıca kullanıcı tarafından yağ analiz programının önemini tam olarak kavranması gerekmektedir. Bu kapsamda yeterli ve gerekli eğitim yardımcısı her kademedeki kullanıcıya verilmelidir. Teknik malzeme yetersizliği programın işlevselliğini yitirmesine yol açacaktır.

3.7.5.2.Program saptama yöntemi

- Veri toplamak; temel veri toplamanı oluşturmak için bütün yeni yağlardan numune alınıp analiz edilmelidir. Bu veriler bizi potansiyel bir problemin varlığı konusunda uyaracak kullanma limitlerini belirlemede kullanılacaktır.
- Ünite Bilgisi; laboratuvarda numune alımı yapılan her üniteye ait bilgiler bulunmalıdır. Bu bilgiler yapım, model, seri numarası ve yağ tipini içerir.
- Düzenli Numune Alma Frekansının Saptanması; 3 ila 5 numuneden sonra bir geçmiş kaydı saptanmış olacaktır ve eğilimi tespit etmek kolay olacaktır.
- Temsilci Numuneler Alınması; numuneler her zaman aynı şekilde ve yağ kartere inmeden sıcakken alınmalıdır.
- Laboratuvar Raporu; her yağ analiz programının anahtarıdır. Rapor; ünitenin ve yağın durumunu anlatır [42,56].

3.7.5.3.Numune alma yöntemi

Efektif ve başarılı bir yağ analiz programına gerçek ve sistem bütünlüğüne sahip bir numune ile ulaşılabilir. Numune alırken bir takım basamaklara çok dikkat etmeliyiz. Numune motor/cihaz stop edilir edilmez hemen sonra ve sisteme herhangi bir sıvı eklenmeden önce alınmalıdır. Eğer makine 30 gün çalışmayacaksa, numune almak için makine, çalışma sıcaklığına ulaşana kadar çalıştırılır. Daha sonra numune motor/cihaz stop edilir edilmez hemen sonra ve sisteme herhangi bir sıvı eklenmeden önce alınmalıdır.

Bir numune bir üniteye yeni yağ eklenmesinden sonra alınmalıdır. Numune almak için, yağ seviyesi çok düşükse ve ya laboratuvarın özel bir numuneye ihtiyacı var ise, yeni ve eski yağ karıştırılır. Ve motor, çalışma sıcaklığına ulaşana kadar motor çalıştırılır.

Daha sonra motor/cihaz stop edilir edilmez hemen sonra ve sisteme herhangi bir sıvı eklenmeden önce alınır. Numuneler ikiye ayrılır. Bunlar; rutin numuneler ve özel numunelerdir.

3.7.5.3.1.Rutin numuneler

Bu numune alma şekli; seri, tip ve modele göre değişkenlik gösteren her bir motor için servis dokümanında, bakım kartında yazan zamanlarda alınmasını uygun görür.

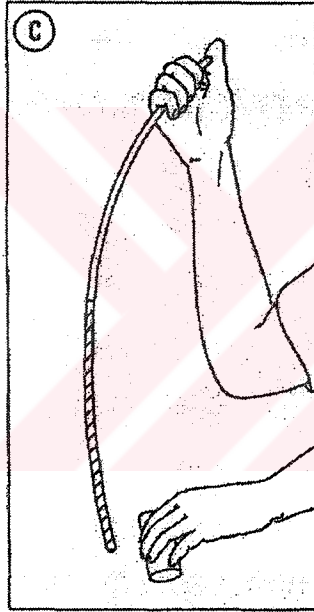
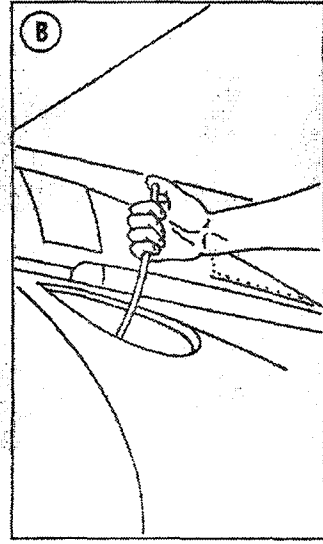
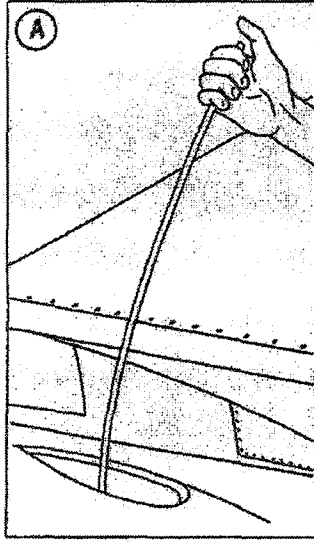
3.7.5.3.2.Özel numuneler

Laboratuvar istek yaptığıında, rutin bakım sonrası beklenmedik olumsuz bir durum meydana geldiğinde ve motorun çalışması esnasında meydana gelen arızalar oluştuğunda özel numune alma ihtiyacı oluşmaktadır.

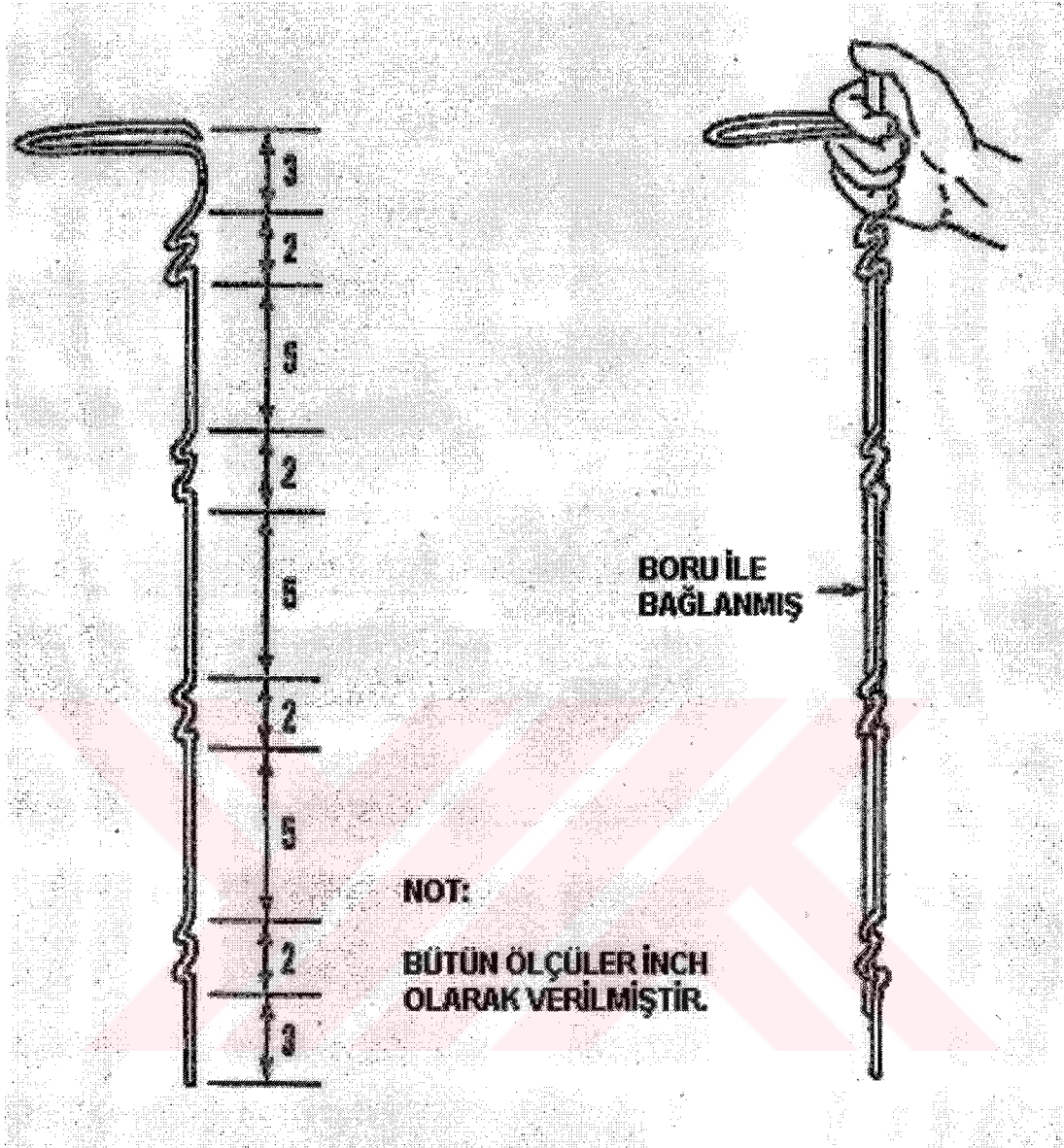
Numune alımı üç şekilde yapılmaktadır. Bunlar; daldırma, dreyn (boşaltma) ve pompalama yöntemleridir.

3.7.5.3.3.Daldırma

Yağ numunesi alınacak tankın üst kapağı açılır. Numunenin alınacağı numune kabının da kapağı açılır. Numune tank içerisinden plastik hortumun üstte kalan kısmının baş parmak ile kapatılıp (vakum yöntemi) çekilmesiyle hortuma doldurulur. Daha sonra ağız açık olan numune kabına boşaltılır.



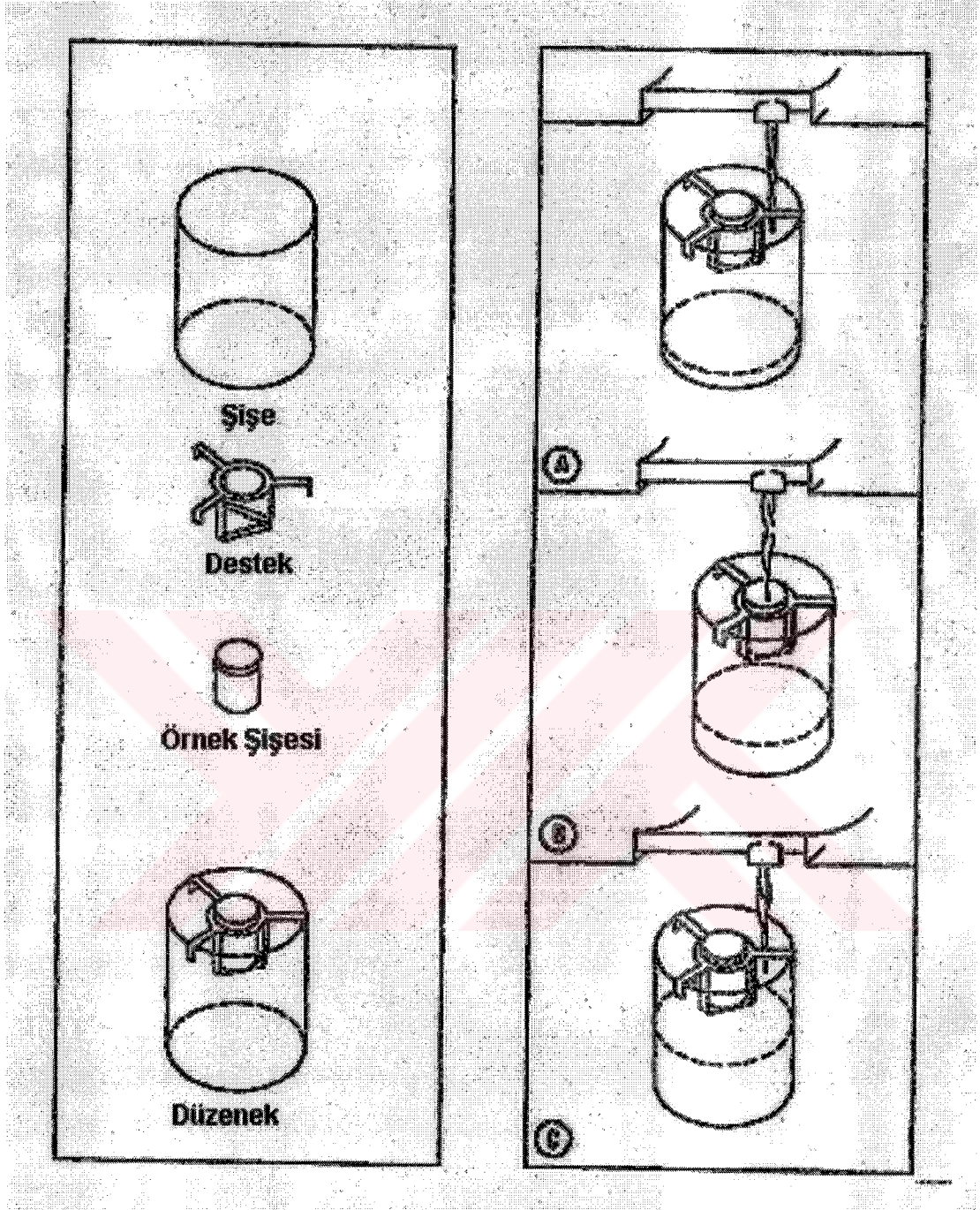
Şekil 3.6. Daldırma yöntemi ile numune alma yöntemi



Şekil 3.7. Pipet Ölçüleri

3.7.5.3.3.Dreyn (boşaltma)

Yağ numunesi alınacak tankın alt kapağı açılır. Numunenin alınacağı numune kabının da kapağı açılır. Daha sonra ilk numune akışını 2-3 saniye numune kabının dış bölümüne yönlendirdikten sonra numuneyi ortadaki kaba alınır. Ve daha sonra yine numunenin akışını dış bölüme yönlendirilir. Ve numune alma işlemi sona erer.



Şekil 3.8. Dreyer yöntemi ile numune alma yöntemi

- Pompalama

Uygun bir pompa ve numune alma tüpü seçilir. Numune alma kabının ağzı açılır. Ve pompa çıkış devresi numune kabına irtibatlandıktan sonra pompa çalıştırılır. Ve numune alma işlemi bittikten sonra pompa durdurulur.

3.7.6.Motor yağlarında eskimeye bağlı değişimler

İçten yanmalı motorlarda madeni yağların bozulmasına sebep olan 2 önemli faktör bulunmaktadır;

- Oksidasyon nedeni ile fiziksel ve kimyasal değişikliklerin ortaya çıkması,
- Yanma odasından karışan maddeler ile kirlenme.

Motorun çalışma şartları oksidasyona çok uygun şartlardadır. Karterde, yağ buharları hava ile yüksek sıcaklıklarda temas halindedir. Sıcaklık yanma bölümünde çok daha yüksektir. Karterde asitli maddeler ve kompleks karbonlu bileşikler meydana gelir. Yanma odasında ve piston segman etrafındaki karbon partikülleri karterde toplanır. Bütün bu kirlenmeler neticesinde asit konsantrasyonu fazla olan yağ, yatakların korozyonuna ve motorda aşınmalara sebep olur.

3.7.6.1.Oksidasyon

Oksidasyon bir yağın hizmet ömrünü azaltan en önemli faktördür. Ana reaksiyon ürünleri peroksitler olmak üzere ilerleyen reaksiyonlarda bunlar alkol, keton, aldehit ve karboksilik asit oluşmasına sebep olurlar. Bu malzemeler, baz yağa benzer molekül ağırlıklarına sahip olup, karışım içerisinde kalmaktadırlar. Oksidasyon prosesi ilerledikçe bu ürünler takip eden reaksiyonlar sonucu daha da büyük ağırlıklı moleküllere dönüşüp yağda erimez hale gelirler. Yüksek viskozite indeksli, çok iyi rafine edilmiş parafinik esaslı yağlar asit ve korozyon oluşumuna elverişlidirler. Düşük viskozite indeksli aromatik yağlar ise çamur ve lak teşekkülüne uygundur.

3.7.6.2.Çamur

Çamur, okside olan moleküllerin polimerizasyonu neticesinde meydana gelen yağdaki çözünmez maddedir. Aromatik bileşenler polimerizasyona daha yatkındır. Aromatik halka, parafinik zincirini parçalayıp ayırması ile kendine benzer gruplarla birleşir. Ve yağın viskozitesi yükselir. Oksidasyon sonucu yağın rengi de kararır.

Polimerizasyonun yeteri kadar gelişmesi, yüksek moleküler ağırlıktaki oksidasyon ürünlerini yağdan ayırır. Bunların yağda dağılmış olarak kalmaya devam etmeleri, çözünmeyen maddeler halinde oksidasyon çamuru meydana getirir.

3.7.6.3.Lak

Lak polimerize olmuş maddelerden meydana gelmiş olup, ince film halinde sıcak yüzeylerde bulunan yağın oksitlenme şartlarında teşekkül eder. Oksidasyon lakı, parçaları birbirine yapıştırır ve onların birbirine göre hareketini önler.

3.7.7.Oksidasyon hızına tesir eden faktörler

Oksidasyon hızına tesir eden bir çok faktör vardır. Bunlar; sıcaklık, oksijen durumu, katalizörler, yağın bileşimi, katkı maddeleri ve yağla değişim aralığıdır. Sıcaklığın etkisi önemlidir, zira sıcaklıktaki her 8-10°C'lık yükselme reaksiyon hızını iki misli arttırır. Yağlama yağının motordaki çalışma sıcaklığı 50-300°C aralığında değişmektedir. Yağların oksidasyonu 100°C'nin altında yavaş seyretmekte, 200°C'nin üzerinde ise oldukça hızlanmaktadır.

Yanma olayından dolayı oluşan ana maddeleri yakıt, is ve su teşkil etmektedir. Yakıt buharlaşmasının yeterli olmayışı ya da daha fazla zengin karışım kullanılması nedenlerine bağlı olarak ortaya çıkan, henüz yanmamış yakıt, yağı seyreltmek suretiyle yanma odasından kartere sızar. Yağlayıcının fazla miktarda seyrelmesi, yağ viskozitesini düşürür. Su ile kirlenme aynı zamanda soğutma sisteminin su sızdırması ile de ortaya çıkabilir. Bilindiği gibi dizel motorlarda is oluşumu; yanma odası içerisinde, sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde yeterli oksijenin bulunmaması sonucu gaz fazındaki yakıt moleküllerinin katı partiküllere dönüşmesi ile meydana gelir. İsin büyük bir bölümü eksozttan dışarı atılır ancak, bir kısmı da piston ve silindirdeki yağla karışarak kartere iner [32,54].

3.7.8.Spectral analiz yöntemi

Motor ve makine parçalarının uzun süre arıza yapmadan ve aşınmadan çalışabilmeleri için planlı bakımlarının zamanında ve sistemli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Motor üreticileri ürettikleri motorlarda kullanılmasını tavsiye ettikleri yağları ve bunların kullanım periyotlarını vermektedirler. Ancak bu verilen kullanım periyodunun dışında da yağların değiştirilmesi gerekebilmektedir.[57]

Yenilebilir enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması üreticileri yeni kaynak arayışlarına, tüketicileri de elindeki imkanların tasarruflu kullanımına sevk etmektedir. Yakıt tasarrufu kullanılan motorun dizaynında yapılan düzenlemeler ve motor kullanım süresinin azaltılmasıyla sağlanırken; yağların tasarrufu ancak geri dönüşüm ve bakım sürelerinin düzenlenmesiyle mümkün olmaktadır.

Bu amaçla motorlarda kullanılan yağlardan maksimum seviyede yararlanmak ve bakım periyotlarını uzatabilmek için yağları değiştirmeden önce belirli aralıklarla analiz edip, özelliklerini koruyup korumadıklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Bu analizlerden en önemlileri aşınma metalleri, viskozite, viskozite indeksi, TBN, TAN, % su ve parlama noktasıdır. Aşınma metalleri Spektrometre cihazı ile motor içerisinde aşınmadan ileri gelen metallerin konsantrasyonu tayin edilerek motorun hangi parçasında aşınma olduğu, aşınmanın miktarı ve filtrenin iş görüp görmediği tespit edilebilmektedir.[58]

Aşınma metallerinin tespiti için, yağın kullanıldığı motorun metal kompozisyonunun bilinmesi önemlidir. Çünkü; aşınma metalleri tespit edildiğinde, motor parçalarının hangi metal kompozisyonuna sahip olduğu bilinmediği takdirde, yapılan aşınma metal analizinin hiçbir anlamı olmayacaktır.

Bu nedenledir ki; periyodik yağ analizi yapılacak olan bir motorun ve ya sistemin tüm teknik bilgilerinin yanı sıra metal kompozisyonunun da bilinmesi gerekmektedir. Tablolarda örnek bir deniz tipi dizel motorun, 2001 model Alman yapımı optik emisyonlu spektrometre vasıtasıyla planlı bakımlarında ve arıza onarımlarında değiştirilen parçalarından talaş alınarak yapılmış spektral metal analizlerinin sonuçları görülmektedir. Bu şekilde parçaların bileşimine yüzde olarak hangi metalden ne kadar katıldığı bulunabilmektedir. Tablolardaki rakamlar yüzde oranlarını vermektedirler.

Tablo 3.18.Örnek bir içten yanmalı deniz tipi motor piston ateş segmanı kimyasal metal analiz raporu

C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Cu	Fe
2,58	3,33	0,133	0,036	0,008	0,026	0,007	0,383	93,2429

As	Sb	Bi	Ce	Zn	Te	Ca	Zr	La
0,004	0,004	0,003	0,018	0,010	0,001	0,0038	0,001	0,050

Al	Ti	B	Nb	V	W	Co	Ta	Mg	Sn	Pb
0,02	0,005	0,0013	0,005	0,008	0,006	0,004	0,005	0,022	0,002	0,004

Tablo 3.19.Örnek bir içten yanmalı deniz tipi motor piston kol yatağının dış yüzeyinin kimyasal metal analiz raporu

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
0,195	0,008	0,539	0,006	0,008	0,025	0,014	0,005	0,019	99,099

As	Sb	Bi	Ce	Zn	Te	Ca	Zr	La
0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,0001	0,001	0,001

Al	Ti	B	Nb	V	W	Co	Ta	Mg	Sn	Pb
0,052	0,001	0,0001	0,001	0,002	0,004	0,003	0,005	0,001	0,001	0,001

Tablo 3.20.Örnek bir içten yanmalı deniz tipi motor egzost valfinin kimyasal metal analiz raporu

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
0,037	0,263	0,063	0,004	0,001	17,046	76,41	0,212	0,032

Zr	Al	Ti	B	Nb	V	W	Co	Mg	Pb	Fe
0,028	1,361	2,827	0,0033	0,034	0,021	0,01	0,382	0,005	0,001	1,271

Tablo 3.21.Örnek bir içten yanmalı deniz tipi motor piston kol yatağının iç yüzeyinin kimyasal metal analiz raporu

Na	Mn	S	Cr	Ni	Cu	Co	Mg	Sn	Pb
0,0037	0,0113	1,1253	0,0236	0,0278	0,0417	0,009	0,015	7,886	83,44

As	Sb	Bi	Zn	In	Ca	Tl	Fe	Te
0,0001	0,546	0,001	0,0524	0,0128	0,0009	0,0024	0,0248	0,005

Al	Ti	Cd
6,766	0,001	0,001

Yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar, yapılacak yağ analizlerindeki aşınma metallerinin tayini konusunda kullanıcıya bilgi verecektir. Motor üreticisi firmaların çeşitliliği, ürettikleri aynı tip motorların bile farklı metal kompozisyonunda olabileceğini ve aşınma limit değerlerinin de farklı olabileceğini göstermektedir.

Tablo 3.22. Örnek bir içten yanmalı deniz tipi motor silindir gömleğinin iç yüzeyinin kimyasal metal analiz raporu

Al	Mn	S	Cr	Ni	Cu	Co	V	Sn
0,005	0,674	0,091	0,267	0,034	0,123	0,007	0,045	0,079

Sb	Si	C	P	Fe	Mo
0,009	1,86	3,14	0,297	93,045	0,324

Tablo 3.23.Detroit dizel Allison 8V71T deniz tipi motorun aşınma limit değerleri metal analiz raporu [56]

	Fe	Cr	Si	Pb
Normal değer	0-123	0-22	0-40	0-27
Marjinal değer	124-170	23-33	41-55	28-38
Yüksek değer	171-215	34-44	56-75	39-49
Anormal değer	216+	45+	76+	50+
Anormal artış	43	9	15	10

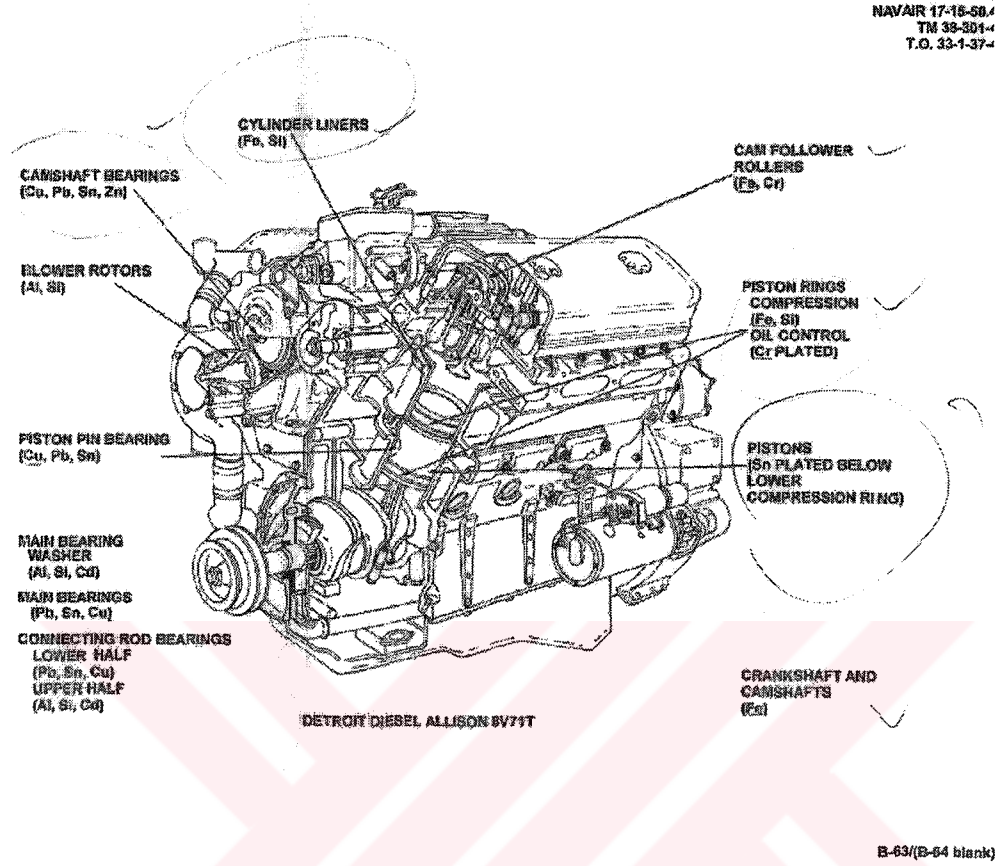
Tablo 3.24.Caterpillar D/333/C/T deniz tipi motorun aşınma limit değerleri metal analiz raporu [56]

	Fe	Cr	Si	Pb
Normal değer	0-60	0-3	0-15	0-25
Marjinal değer	61-90	4-7	16-23	26-40
Yüksek değer	91-120	8-12	24-30	41-75
Anormal değer	121+	13+	31+	76+
Anormal artış	24	3	6	15

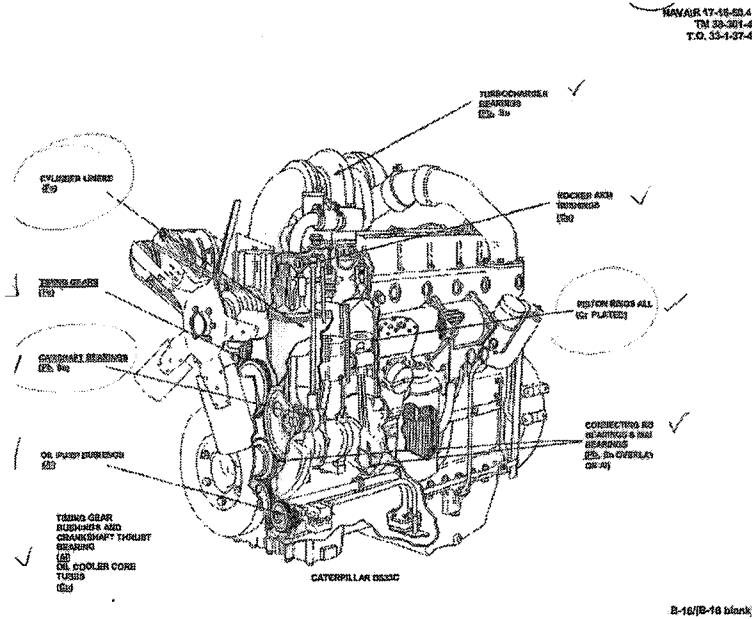
Tablo 3.25.Caterpillar D/333/C/T ve Detroit dizel Allison 8V71T deniz tipi motorun karşılaştırmalı metal kompozisyon analiz raporları [56]

Motor	Silindir gömleği	Camshaft yatakları	Piston segmanları	Piston kol yatağı
Caterpillar D/333/C/T	Fe	Pb-Sn	Sn kaplama	Üst yatak Pb-Sn üzeri Al kaplama
				Alt yatak Pb-Sn üzeri Al kaplama
Detroit dizel Allison 8V71T	Fe-Si	Pb-Sn-Cu-Zn	Cr kaplama	Üst yatak Al-Si-Cd
				Alt yatak Pb-Sn-Cu

Şekil 3.9. DETROİT dizel ALLİSON 8V71T Deniz Tipi Motorun Metal Kompozisyonları [56]



Şekil 3.10. CATERPİLLAR D/333/C/T Deniz Tipi Motorun Metal Kompozisyonları [56]



3.8. Türkiye'deki Petrol Rafinerasyonu ve Problemler

Petrol ürünleri taleplerini karşılamak amacıyla yerli olarak üretilen veya ithal edilen ham petrol, rafinerilerde çeşitli ürünlere ayrılma işlemine tabi tutulmaktadır. 20. yüzyılın başından bu yana sürekli gelişen petrol arıtım teknolojisi bugün en üst seviyelere çıkmıştır. Rafinelerin yapımında iki önemli ölçüt vardır, bunlar;

- Üretimi istenen ürünlerin tür, miktar ve özellikleri,
- İşlenecek petrolün türüdür.

Rafineriler, bünyesinde bulunan ünite tiplerine göre iki ana sınıfa ayrılırlar.

3.8.1. Basit (Hydroskimming) tip rafineriler

Bu tip rafinerilerde atmosferik , vakum distilasyon, desülfürizasyon ve katalitik reforming üniteleri mevcuttur.

3.8.2. Normal dönüşüm rafinerileri

LPG, nafta, benzin ve motorin verimini arttıran dönüşüm ünitelerine sahip rafineriler bu sınıfa girerler.

3.8.3.Makine yağları kompleksi

3.8.3.1.Vakum damıtma ünitesi

Ham petrol ünitesinin dip ürünü olan atmosferik rezidyum, vakum altında tekrar destilasyona tabi tutulur. Bu sayede değişik viskozitede spindle oil, light neutral oil, heavy neutral gibi baz yağlar elde edilir.

3.8.3.2.Propan deasphalting (PDA) ünitesi

Bu proses ile vakum distilasyon ünitesi dip ürünü olan vakum rezidyum içindeki parafanik yapıdaki hidrokarbonlar, ekstrasyon metodu ile asfaltik kısımlarından ayrılır ve Bright Stock baz yağ elde edilir.

3.8.3.3.Furfural ekstrasyon

Ana distilasyon ünitesinde üretilen baz yağların içerisinde mevcut düşük viskozite indeksli aromatik hidrokarbonlar, ayrıştırıcı bir solvent olan furfural yardımıyla yüksek viskozite indeksli düz zincirli hidrokarbonlardan ekstrasyon metodu ile ayrılır.

3.8.3.4.Methyl ethyl ketone-toluen vaks giderme ünitesi

Furfural ekstrasyon ünitesinden gönderilen baz yağlar, metil etil keton ve toluen solvent karışımı yardımı ile içerdikleri vakstan ayrılır.

3.8.3.5. Hydrofinishing ünitesi

Makine yağları proseslerinin son kademesi olan Hydrofinishing Ünitesinde vaksı giderilmiş yağların katalitik etki ile renkleri açılır, oksidasyon stabiliteyi artırılır.

3.9.Madeni yağ üretim yöntemi ve teknoloji

Ham petrolün rafinasyonu sonucu elde edilen mineral esaslı madeni yağlar kullanım alanlarına göre çeşitli katkı maddeleri ile belirli sıcaklıklarda 2,4,10,20 tonluk ketillerde veya daha yüksek tanklarda fiziksel olarak karıştırılarak madeni yağ üretimi gerçekleştirilir. Madeni yağ üretiminde baz yağ oranı %90 katık oranı ise %10 civarındadır. Madeni yağ ve gres üretiminde kullanılan baz yağların hemen hemen hepsi 1998 yılına kadar Tüpraş'tan karşılanmaktaydı ve yıllık ortalama tüketimi 300.000-325.000 ton civarındaydı.1998 yılında Tüpraş'tan karşılanan baz yağ miktarı 306.000 ton, ithal baz yağ miktarı 90.000 ton civarındadır.1999 yılında 325.000 ton baz yağ Tüpraş'tan, 110.000 ton baz yağ ise ithalden karşılanmıştır. Bu arada madeni yağ ve gres üretiminde kullanılan katıkların hemen hemen tamamı ithalden karşılanmaktadır.

4.ATIK YAĞ TANIMI, KAYNAKLARI, BÜNYESİNDE BULUNAN KİRLİTİCİLER,ATIK YAĞ KİMYASAL BİLEŞİMİ

4.1. Atık Yağ

Yağlama yağı olarak bilinen kullanım aşamalarından geçen ve yok edilmesi, iyileştirilmesi ya da yeniden kullanılması gereken yağları ifade eder. Ve ayrıca atık yağ; kullanılmış taşıt yağları (benzinli motor, dizel motor, şanzıman ve diferansiyel, transmisyon, iki zamanlı motor, hidrolik fren, antifriz, gres ve diğer özel taşıt yağları); endüstriyel yağları, (hidrolik sistem, türbin ve kompresör, kızak, açık-kapalı dişli, sirkülasyon, metal kesme ve işleme, metal çekme, tekstil, ısıl işlem, ısı transfer, izolasyon ve koruyucu,pas ve korozyon, izolasyon, trafo, kalıp, buhar silindir, pnömatik sistem koruyucu, gıda ve ilaç endüstrisi, genel amaçlı, kağıt makinesi, yatak ve diğer özel endüstriyel yağları ve endüstriyel gresleri) özel malzemeleri (kalınlaştırıcı, koruyucu, temizleyici ve benzeri) ve kirlenmiş yağ ürünlerini kapsar [37].

Kullanılmış yağlar üç kritere göre değerlendirilmektedir;

- Yağın kaynağı
- Mineral yağlar (petrolün damıtılması ile elde edilen yağlar)
- Sentetik yağlar (kimyasal sentezler ile üretilmektedirler)

Kullanım alanına göre ise de dörde ayrılırlar;

- Yağlayıcı yağları
- Hidrolik yağları
- Isı transfer yağları
- Yüzdürücü yağlar

Kirleticiler ise genel olarak ikiye ayrılırlar;

- Fiziksel kirleticiler (metal tozları)
- Kimyasal kirleticiler (çözücüler, halojenler, tuzlu su)

Kirlenmiş ve oksitlenmiş yağlar özel tesislerde geri kazanılırlar. Bu tesislerde yağın içinde dağılmış ve ay çözülmüş halde bulunan yabancı maddeler ve katık maddeleri temizlenir. Rejenerasyon prosesinde kullanılacak olan rafinerasyon klasik rafinerasyondan farklıdır ve damıtma işlemi öncesinde uygulanmalıdır. Bunun nedeni damıtma sırasındaki yüksek sıcaklıklarda katkı maddelerinin bozulmasıdır. Geri kazanılmış yağlar, gerekli şartları yerine getirdiği test edildikten sonra baz yağ olarak kullanılabilir [9].

4.2. Atık Yağ Kaynakları

Kullanılmış yağ miktarını arttıran endüstriler, birincil metaller, işlenmiş metal ürünleri, makine sanayi, elektrik malzemeleri, ulaşım malzemeleri, kimyasal ürünler, kauçuk ve plastik ürünlerdir. Otomobiller, kamyonlar ve ağır iş makine motorlarında, dişlilerinde, iletim ve hidrolik sistemlerinde yağ kullanılır.

Bu yüzden kullanılmış yağlama yağları, aynı zamanda satış noktalarında, servis noktalarında, servis istasyonlarında, tersanelerde ve garajlarda ortaya çıkmaktadır. Bu yağın tipi ve miktarı araçların çeşidi, yaşı ve büyüklüğüne göre değişir. Kullanılmış yağlama yağlarının bir diğer kaynağı hem demiryolları, hem de uçaklara ait yağlama yağlarının toplandığı terminaller ve havaalanlarıdır. Soğutma üniteleri ve şok emicilerde yağlama yağı kullanılır ve kullanılmış yağ açığa çıkartırlar. Bu yağlar genellikle naftenik baz yapısındadırlar.

Atık yağların bir kısmı da, tank temizleme işlemlerinden elde edilen fuel oil ve gemilerde sintinelerde biriken atıklardır ki; bu tip atıklar da işlendikten ve birtakım proseslere tabi olduktan sonra yakıt olarak geri kazanılmaktadır [3].

4.3. Atık Yağda Bulunan Kirleticiler

Son yıllarda atık yağlarda bazı klorlanmış solventlerin bulunabileceği belgelenmiştir. Atık yağlardaki bu klorlu solvent konsantrasyonunun üretildiği yerden işleme tesislerine doğru arttığı görülmüştür. Kansorejen (dioksin ve furan) ve mutojen bu bileşiklerin varlığı atık yağlarla ilgili endişenin temelini oluşturmaktadır.

Potansiyel endişe yaratan bu bileşikler ile bu kirleticilerin konsantrasyon aralıkları listelenmektedir.

Tablo 4.1. Madeni Atık yağda bulunan kirleticilerin konsantrasyon aralıkları [34]

Organik Kirleticiler	Kaynaklar	Konsantrasyon (Mikrogram/l)
Aromatik Hidrokarbonlar Polinükleer (PNA) Benzopiren Piren	Baz Petrol	360-620000 1670-330000
Monoaromatikler Alkil benzenler Metalon	Baz Petrol	900000 440000
Klorlanmış Hidrokarbonlar Trikloroeten Trikloroefilin Perkloroetilen	Kirlenmiş Yağın Kullanımı Sırasında	18-1800 18-2600 3-1300
Metaller Baryum Çinko Alüminyum Krom Kurşun	Katkılarla Metal Motor Aşınmaları Kurşunlu Benzinde	60-690 630-2500 4-40 5-24 3700-14000

Bunlara ek olarak yağa yağlama paketinin bir parçası olması ya da metal parçalarının aşınması gibi dış kaynaklarla metal zerrecikleri de girmektedir. Çinko, krom, alüminyum, baryum gibi metaller yağa bu yolla giren kirleticilere örnektir.

Atık yağlardaki diğer bir çok önemli kirletici de; kurşundur. Kurşun atık yağda çok önemli konsantrasyonlarda bulunmakta ve birincil olarak otomobil motorlarında kullanılan kurşunlu benzinden geçmektedir. Saf yağlardaki kurşun konsantrasyonu genellikle 10 mg/kg'dan azdır. Pazarların kurşunsuz benzin ile tanışmasıyla atık yağlardaki kurşun konsantrasyonu önemli ölçüde göstermiştir [21,34].

Atık yağlar su için tehlikelidir ve yanıcıdır. Küçük fırınlarda yakılması yasaktır. Çünkü atık yağın içindeki ağır metal ve klor bileşimleri atık hava ile birlikte atmosfere salınarak havayı kirletir ve insan sağlığına zarar verir.

Atık yağlar toprağa ve suya atılmamalıdır. Bulunduğu ortamı kirletir, ortamda yaşayan canlılara zarar verir. Ekotoksik özelliğe sahiptir. Bu özelliklerinden ve içerdiği zararlı maddelerden dolayı, atık yağlar Çevre Kanunu'na göre tehlikeli atık olarak tanımlanmaktadır ve yetkili firmalar tarafından sınıflandırılır, işleme sokulur. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre atık yağların toplanması, taşınması ve yok edilmesine yönelik esaslar Çevre Bakanlığı'nca belirlenmektedir. Bu atıklar özel işleme tabi atıklardır [39].

Tablo 4.2.Madeni Atık Yağda Bulunan Kirletici Limitleri [45].

Sıra No	Kirletici	Limit Değeri
1	Arsenik (ppm)	-
2	Baryum (ppm)	3,39
3	Berilyum (ppm)	<0,02
4	Kadmiyum (ppm)	2,34
5	Crominyum (ppm)	3,91
6	Kurşun (ppm)	57,00
7	Nikel (ppm)	1,85
8	Çinko (ppm)	11,14
9	Tortu (% kütle)	0,46
10	PCB (ppm)	<5
11	Toplam Halojen (ppm)	<234
12	Toplam Organik Halojen (ppm)	<217
13	Parlama Noktası (°F)	>200
14	Stülfür (% kütle)	0,25
15	Nitrojen (% kütle)	0,02

Tablo 4.3. Madeni Atık Yağın Kirletici Limitleri [37].

Kirleticiler	Müsaade Edilen Sınır Değerleri I. Kategori Atık Yağ	Müsaade Edilen Sınır Değerleri II. Kategori Atık Yağ	Müsaade Edilen Sınır Değerleri III. Kategori Atık Yağ
Arsenik	<5 ppm	Max 5 ppm	>5 ppm
Kadmiyum	<2 ppm	Max 2 ppm	>2 ppm
Krom	<10 ppm	Max 10 ppm	>10 ppm
Klorür	Max 200 ppm	Max 2000 ppm	>2000 ppm
Kurşun	<100 ppm	Max 100 ppm	>100 ppm
Toplam Halojenler	Max 200 ppm	Max 2000 ppm	>2000 ppm
Poliklorlubifeniller (PCB)	Max 10 ppm	Max 50 ppm	>50 ppm
Parlama Noktası	Min. 38 C	Min. 38 C	-----

5.ATIK YAĞ BERTARAF YÖNTEMLERİ, ÜLKEMİZDE VE DÜNYADAKİ UYGULAMALARI

5.1. Kullanılmış Yağ Geri Kazanım Esasları

Genellikle motorlarda ve diğer proseslerde yağlayıcı olarak kullanılan yağların yaklaşık %60'ı atık yağ olur. Ham petrolden damıtılarak elde edilen ve ya sentetik olarak üretilmiş yağlar, kullanım sonucunda fiziksel ve ya kimyasal safsızlıklar ile bozular. Normal kullanım süresince kir, metal tozları, su ve çeşitli kimyasallar yağ içine karışarak yağı kullanılmaz hale getirirler. Kullanılmaz duruma gelen yağlar yenisi ile değiştirilirler ve bu yağların Bakanlık yönetmeliklerine göre uygun bir şekilde bertaraf edilmesi ve ya geri kazanılması gerekmektedir.

Kullanılmış endüstriyel/motor yağlarının geri kazanılması için genellikle karmaşık prosesler kullanılmaktadır. Farklı kullanımlar için üretilmiş yağlar değişik baz yağlardan üretilmekte ve farklı katkı maddeleri içermektedir. Bu nedenle kullanılmış yağların geri kazanılmasında benzer içeriklere sahip olacak şekilde sınıflandırılması geri kazanma prosesi öncesinde önem kazanmaktadır [2].

Atık yağın geri kazanılmasında farklı prosesler kullanılmasına rağmen genellikle çeşitli işlemlerin birkaçının kullanıldığı entegre tesisler kurulmuştur. Bu işlemler;

- Çöktürme (Yabancı katı maddelerin ve suyun uzaklaştırılması.)
- 250°C'de atmosferik damıtma (Düşük kaynama noktasına sahip bileşenlerin ve varsa kalan suyun uzaklaştırılması)
- Sülfirik asit ile işleme
- Nötralizasyon (oksidasyon ürünleri ve katıkların uzaklaştırılması)
- Çöktürme ve filtrasyon
- Vakum damıtma

- Çözücü ekstrasyonu
- Adsorbsiyon (elde edilen fraksiyonların ağartma toprağı ile işlenmesi.)
- Hidrojenasyon ile rafinerasyon olarak sıralanabilir.

Geri kazanma proseslerinde farklı özelliklere sahip baz yağların elde edilmesi mümkün olmaktadır [9].

1920-1960 yılları arasında viskozitesi yüksek yağlar henüz üretilmemişken, kullanılmış yağlara ihtiyaç duyan kişiler her 1500 km'de bir yağ değiştirmek zorunda kalan otomobil kullanıcılarıydı ve yağlama yağına ihtiyaç duymaktaydı. O zaman içinde çok fazla katkı maddesi bulunmayan bu yağlar basit kazanlarda damıtılarak geri kazanılmaktaydı.

1970'li yıllar öncesinde yağ geri kazanım endüstrisi kirlenmiş yağ içindeki okside olmuş bileşiklerin uzaklaştırılması konusu üzerine yoğunlaştırmıştır. Modern tekrar rafinerasyon teknikleri ile kullanılmış yağ içinde oluşan bu bileşenler uzaklaştırılabilmektedir. Bu teknolojinin en önemli bileşeni ise damıtma ve fraksiyonlamadır [33].

Yağların içine eklenen katkı maddelerinin çeşitliliğı ve miktarı arttıkça daha gelişmiş damıtma teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmiştir. Fakat bununla beraber çeşitli problemler ortaya çıkmıştır. Bu problemlerin en önemlisi damıtmada ayrılan ağır fazdır.

Çamur niteliğindeki ağır faz ısı değıştiriciler, pompa, boru ve kolonlarda birikme ve tıkanma problemleri yaratmakta ve bu nedenlerle prosesin durmasına neden olmaktadır. Son 30 yılda damıtma prosesinde yaşanan bu problemler iki şekilde giderilmeye çalışılmıştır.

İlk çözüm; çok yüksek vakum altında buharlaşmanın hızlı bir şekilde gerçekleştirilebildiği damıtma kolonlarının tasarımı olmuştur. Bu yöntemle kolon ve diğer ekipmanlarda birikinti ve kabuklaşmaların giderilmese bile azaltılması hedeflenmiştir. Bu düşünce sonrasında yağın bir kolon içerisine bir meme ile püskürtüldüğü ince film damıtma ve ince film buharlaştırıcı sistemleri geliştirilmiştir.

İkinci çözüm ise; ilk olarak rafinerilerde kullanılan bir teknik olan sülfürik asit ile ön işlem yönteminin yağ geri kazanma sistemlerine uyarlanmasıyla elde edilmiştir. Bu yöntemde tam ve ya kısmi olarak oksitlenmiş moleküller hedef alınmıştır. Yöntem beraberinde daha büyük problemlerin çıkmasına neden olmuştur. En önemlisi ise; proseste asidi nötralize etmek için gerekli bazı kimyasalların ve diğer katkı maddelerinin büyük miktarda kullanılmasının gerekmesidir.

Son zamanlarda yağ arıtılmasında iki yeni teknik kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan ilki çözücü ekstrasyondur. Bu yöntemde kullanılmış yağ ikinci bir çözücü içinde çözülerek, bu çözücüde çözünmeyen bileşimlerin çöktürülmesi sağlanır. Bu iki kısım birbirinden ayrıldıktan sonra damıtma ile kullanılan çözücünün geri kazanılması sağlanır. Bu şekilde kullanılmış yağdan istenmeyen pek çok molekül, polimer, oksitler ve metal partiküller uzaklaştırılmış olur. Yöntemde ekstrasyon sonrası çöktürme işleminde gravite ile çöktürme, santrifüj ve ya filtreleme gibi teknikler kullanılmaktadır.

Bu işlemde ekstrasyon çözücü olarak genellikle sıvılaştırılmış propan kullanılmaktadır. Alternatif bir yaklaşımda ise yağ içindeki istenmeyen kirlilikler yağ fazından suda çözünebilir bir hale getirilerek suda çözünebilir hale aktarılır. Yağ içindeki kirleticiler, organik moleküllerin metaller ile etkileşmesi sonucu oluşan organo metaller ve diğer katkı maddeleri inorganik kimyasal işlemler ile su fazında çözünebilir hale getirilir. Bu işlem sonrasında su fazına alınan kirleticiler çöktürülerek sistemden uzaklaştırılır.

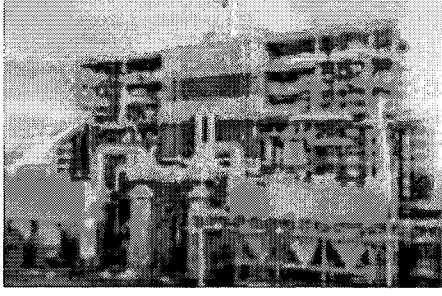
Yağların temizlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem de yağ ağartma toprağı ile işleme tabi tutulur. Yağın içine hacimce %0,5-%5 oranında katılan bu toprak 30-60 dakika karıştırıldıktan sonra karışım filtre edilerek ayrılır.

Bu işlem sırasında yağın içinde bulunan katkı maddeleri de toprağı adsorblanacağından yeniden eklenmelidir [1,4,7].

Bu işlem yağ moleküllerindeki oksijen, klor, kükürt, fosfor, azot gibi grupların hidrojen atomu ile yer değıştirmesi reaksiyonu olarak açıklanabilir. Bu reaksiyonun gerçekleşmesi için sıcaklık, basınç ve katalizör kullanımı gerekmektedir. Bu işlem uygulanmadan önce yağ içindeki katalizör zehirlenme potansiyeli bulunan kimyasallar uzaklaştırılmalıdır. Uzun katalizör ömrü ekonomik geri kazanma prosesi için son derece kritiktir [33].

5.1.1. Kullanılmış yağların yakılması (İnsinerasyon)

İnsinerasyon (yakma) endüstriden kaynaklanan plastik ve lastik atıklar, kullanılmış yağ, ilaç, ve kozmetik atıklar, petro-kimya atıkları, PVC, solvent, boya atıkları, yapıştırıcı ve yapışkanlar, bunların ambalajları, standart dışı ve süresi geçmiş ürünler, arıtma çamurları vb. tehlikeli atıklar ile klinik atıkların yakılarak bertaraf edilmesi için yüksek sıcaklıkta onları gaza ya da yakılamayan katı atıklara dönüştüren ve dönüştürürken de enerjisinden çeşitli endüstri alanlarında yararlanılan bir prosestir. Yakma boyunca meydana gelen baca gazları atmosfere bırakılır. Sıcaklık ayarlaması ve temizleme yapılarak meydana gelebilecek herhangi bir cüruf ve ya kül depolama sahasında depolanır [35].



Şekil 5.1 Örnek Atık Yakma Tesisi

Kullanılmış yağ ve ya bütün zehirli atıkların depolama boşaltılmadan yakılması, çevre arazisinin korunması açısından çok büyük önem taşımaktadır. Atığın organik fraksiyonu tamamen yok olacak ve sadece inorganik kısmı kalacaktır. Organik yapı yok edildiğinde ağır metaller gibi toksik maddeler bulunmadığı sürece zehirli etki de beraberinde yok olacaktır. Böylece insinerasyon prosesinden gelen kül sadece inorganik fraksiyonu içerecektir ve hacim çok küçük olacağından ya izinli bir depolama alanında ya da zehirli atıklar için uygun bir depolama alanına depolanacaktır. Kullanılmış yağlama yağlarının yok edilmesi bu atıkları yok edebilecek özelliklere sahip atık yakma fırınlarında yapılmaktadır.

Değişik atıkları termal olarak ayrıştırmak için birkaç tipte insineratör kullanılmaktadır. Bunlar;

- Çarpraz Kalpli fırınlar
- Döner kireç ocakları
- Sıvı atık insineratörleri
- Atık gaz alevli yakıcılar
- Direkt-alev insineratörleri
- Katalitik yakıcılar
- Akışkan yataklı yakıcılar
- Nem hava oksidasyon üniteleri
- Erimiş tuz insineratörleri
- Çarpmaz bölmeli insineratörler
- Gemi montajlı insineratörler

Bu kapsamda, bu özelliklere sahip atıkların yakıldığı İZAYDAŞ firması incelenmiş ve proses akım şeması ile tesisin işletmesi açıklanmıştır. İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından 13 EYLÜL 1990 tarihinde kurulan “İzmit Çevre Koruma ve Yapılanma Sanayi ve Ticaret A.Ş.”, 13 HAZİRAN 1996 tarihinde adını “İzmit Atık ve Atıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş.” olarak değiştirmiştir. Tesis dizayn parametreleri aşağıda olduğu gibidir;

- Yakma Kapasitesi; 35000 ton/yıl (4100kg/saat)
- Katı Atıklar; 2500kg/saat
- Sıvı Atıklar; 1600kg/saat
- Isıl Değer; 85 GJ/saat
- Elektrik Üretim; 5,2 MW

Tesisin ana bölümleri;

- Ara Depolama Alanları
- Yakma
- Buhar ve Enerji Üretim Tesisi
- Atık Gaz Arıtım ve Emisyon Ölçüm Sistemi
- Atık Su Arıtım Sistemi
- Kül Cüruf Toplama Sistemi

5.1.1.1.Ara depolama alanları

Atıklar tesise sıvı ve katı olarak iki türde gelmektedir. Ve baca gazı emisyonlarının ayarlanabilmesi ve iyi bir parçalanma sağlanarak yakılabilmesi için kalorifik değerlerine göre ayrılırlar. Katı atıklar, 2500 m³ toplam kapasiteli ve üç bölümden oluşan bunkerde geçici olarak depolanmaktadır. Kepenkli olan kapılar, sadece atık getirildiğinde açılmaktadır. Atıkların homojen hale getirilmesi ve bunkere yüklenmesi kreyn aracılığıyla sağlanmaktadır.

Özel olarak tasarlanmış, 5 m³ kapasiteli iki adet konteynerden meydana gelmiştir. Toksik, potansiyel tehlike arz edebilen, diğer sıvı atıklarla birlikte depolanamayan, vb. özel sıvı atıklar; laboratuvarın yönlendirmesine göre bu konteynerlere alınmaktadır.

Fıçılarla getirilen atıklar için geçici bir depo olarak görev yapan fıçı deposu; Numune Alma Alanı, Ara Depolama Alanı (kapasite : 86 palet), Tutuşabilir ve Yanabilir Atık Deposu (kapasite : 658 palet - iki kat halinde), Toksik Atık Deposu (kapasite : 336 palet - iki kat halinde), Fıçı boşaltma alanı gibi bölgelerden meydana gelmiştir.

Yan duvarları olmayan bir çatı ile kaplanarak doğal havalandırması sağlanan fıçı deposunun tabanı, çelik plaka ile sızdırmaz hale getirilmiştir. Dökülme ve yıkama suları pit depoda toplanmakta ve laboratuvar analizleri yapılarak "Tank Çiftliği"ndeki ilgili depolama tanklarına alınmaktadır.

Karıştırıcı, ısıtıcı, taşma emniyet cihazı, alt-üst seviye sensörleri, termometre, boşaltma vanası gibi cihazlarla donatılmış olan 50 m³ kapasiteli 4 adet tanktan meydana gelmiştir. Sıvı atıklar, içlerinde bulunabilecek partiküllerin tutulması için, titreşimli ızgaradan geçirilerek bu tanklara alınmaktadır. Patlama tehlikesini önlemek için tanklara azot verilmektedir.

Ayrıca sprinkler yangın söndürme sistemi de bulunmaktadır. Yanabilir sıvılar doğrudan brülörlere beslenmemekte, karıştırma tanklarına gönderilmektedir.

5.1.1.1.1.Karıştırma tankları

Karıştırıcı, ısıtıcı, taşma emniyet cihazı, alt-üst seviye sensörleri, termometre, boşaltma vanası gibi cihazlarla donatılmış olan 50 m³ kapasiteli 2 adet tanktan meydana gelmiştir. Yanabilir sıvı atıklar, Laboratuvar tarafından verilen analiz sonuçlarına göre, bileşimleri ve kalorifik değerleri açısından en uygun yakma karışımını oluşturacak şekilde bu tanklarda karıştırılmaktadır.

Patlama tehlikesini önlemek için tanklara azot verilmektedir. Ayrıca sprinkler yangın söndürme sistemi de bulunmaktadır.

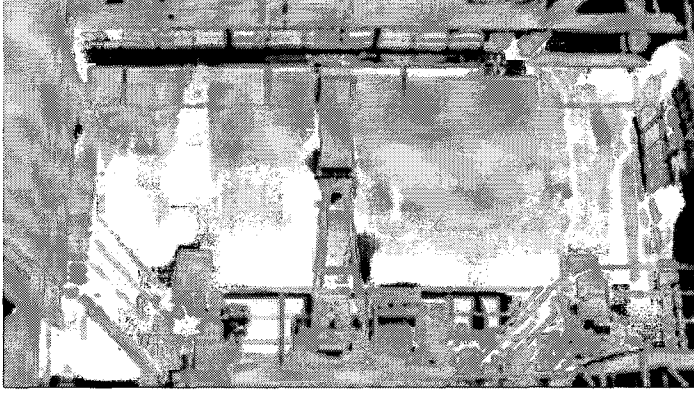
5.1.1.1.2.Sulu sıvı atık tankları

Karıştırıcı, ısıtıcı, taşma emniyet cihazı, alt-üst seviye sensörleri, termometre, boşaltma vanası gibi cihazlarla donatılmış olan 2 adet 50 m³ kapasiteli tanktan meydana gelmiştir. Sulu sıvı atıklar, içlerinde bulunabilecek partiküllerin tutulması için, titreşimli ızgaradan geçirilerek bu tanklara alınmaktadır. Patlama tehlikesini önlemek için tanklara azot verilmektedir. Ayrıca sprinkler yangın söndürme sistemi de bulunmaktadır.

Ayrıca bu tanklara ilave olarak 2 adet 50 m³ kapasiteli fuel oil tank mevcuttur. Fuel oil, Döner Fırın sisteminin devreye alınmasından sıcaklık 900°C'ye ulaşınca kadar, yardımcı yakıt olarak kullanılmaktadır.

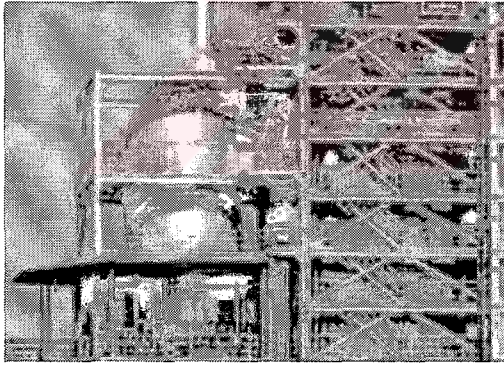
5.1.1.2.Yakma

Atık kabulü ve yönetimi çerçevesinde tesise kabul edilen atıklar; tartılarak kaydedilmekte, numuneleri alınmakta ve analizleri yapılarak ilgili ara depolama alanlarına gönderilmektedir. Laboratuvar tarafından hazırlanan Günlük Yakma Menüleri'nde belirtilen atıklar, Döner Fırın'da 921°- 1150°C sıcaklık aralığında ve ortalama 95 - 120 dakika kalış süresinde; Son Yakma Odası'nda ise 923° - 1250°C sıcaklık aralığında ve min. 2,5 saniye kalış süresinde yakılmaktadır. Yakma işlemi, döner fırında propanla başlatılmakta ve fuel-oil beslemesi ile devam etmektedir. Şekil 2'deki Döner Fırın sıcaklığı 921°C'ye ulaştığında, atık beslemesi başlatılmaktadır.



Şekil 5.2. Döner Fırın

Yakma havası fanlar aracılığı ile bunker kasetlerinin üstünden veya atmosferden alınmaktadır. Yakmanın optimum sıcaklıkta gerçekleşebilmesi için gerektiğinde günlük yakma menüsü fuel-oil ile zenginleştirilmektedir. Birinci döner fırında yakma sonucu alınan cüru, cüruf toplama tankında depolanmaktadır. Genellikle kalorifik değeri yüksek yanabilen atıklar (sıvı atıklar) Şekil 3'teki ikinci fırın olan son yakma odasında yakılmaktadır. Atıkların yakılması sonucu üretilen ısı enerjisi; döner fırında max. 55 GJ/saat, ikinci yakma odasında ise max. 31 GJ/saat'tir.



Şekil 5.3. Son yakma Odası

Tesisteki proseslerin kontrolü ve yönlendirilmesi kontrol odasında bulunan COROS(Control Room System) bilgisayar istasyonları vasıtasıyla operatör ve vardiya amiri tarafından yürütülmektedir. Tesisteki tüm enstrümanlar Siemens PLC sistemiyle otomatik olarak çalışmaktadır.

Tesisin herhangi bir noktasında meydana gelebilecek bir hata, anında COROS bilgisayarlarından görülmekte ve müdahalesi yapılmaktadır. Ayrıca tesisin çeşitli bölgelerine yerleştirilmiş kameralar ile kritik bölgelerin denetimi kontrol odasından yapılabilmektedir.

5.1.1.3.Buhar ve enerji üretim tesisi

Son Yakma Odası'ndan gelen 1050° - 1250°C'deki atık gaz, soğutma amacıyla 2500 m² ısıtma yüzeyli Atık Isı Kazanı'na girmekte ve 180° - 200°C'de çıkmaktadır. Çünkü; Kansorejen maddelerin (dioksin) oluştuğu sıcaklık 250 C, bozulduğu sıcaklık 450 C'dir. Ve bu sıcaklıklarda Dioksin içeren kimyasallar oluşmaması için 180-200 C'de çıkış yapması gerekmektedir. Atık Isı Kazanında atık gaz 2500 m² lik soğutma alanında 5-8 saniye dolaşmakta ve bu kazanda 350°C sıcaklık ve 40 bar basınçta, max. 27.1 ton/saat buhar üretilmektedir.

Üretilen buhar Türbin-Jeneratör ünitesine gönderilerek 5.2 MW elektrik enerjisi üretilmektedir. Üretilen enerjinin 1.3 MW'ı tesis ihtiyacını karşılamak için kullanılmakta; kalan kısmı ise ulusal sisteme satılmaktadır.

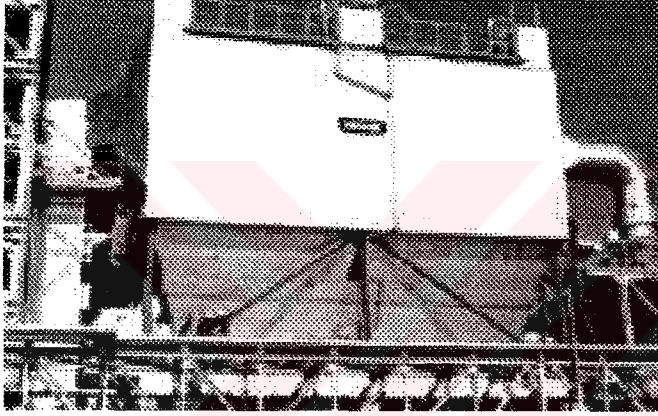


Şekil 5.4. Türbin Jeneratör Ünitesi

Atık ısı kazanındaki boruların üzerinde oluşan kurumlar, kazan içerisindeki bilyeli sistem ile temizlenmekte ve böylece ısı transferinin etkili olması sağlanmaktadır. Türbin jeneratör bölümüne giden buhar haricindeki buhar kondanse olup, su olarak tekrar atık ısı kazanına gelmektedir.

5.1.1.4. Atık gaz arıtım ve emisyon ölçüm sistemi

Atık Isı Kazanı çıkışında sıcaklığı 180° - 200°C 'ye düşen ve içindeki büyük toz partiküllerini bırakan atık gaz, Şekil 5'teki Elektrostatik Filtre'den geçirilerek etkin bir toz ayırım işlemine tabi tutulmaktadır (filtrenin ortalama verimi % 99,63'tür).

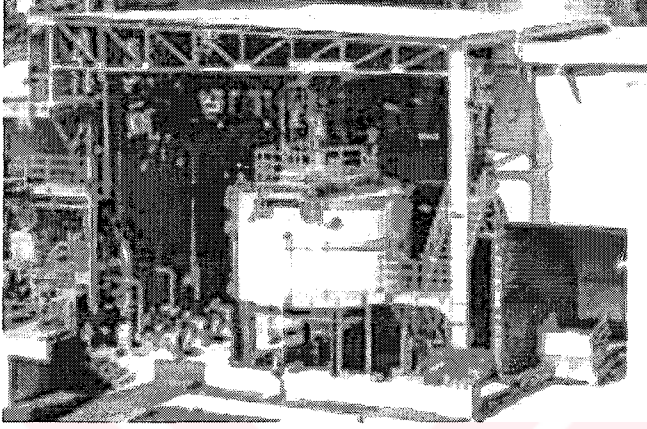


Şekil 5.5 Elektrostatik Filtre

Ve atık gaz içerisindeki ar metaller mıknatıs prensibiyle çalışan bu üniteye uzaklaştırılmaktadır. Elektrostatik filtreden çıkan gaz, Venturi Yıkayıcısı 'nda su ile yıkanarak bünyesindeki halojen bileşikleri ve ağır metaller tutulur - gerekli görülmesi durumunda yıkama suyuna kireç çözültisi eklenir (Venturi Yıkayıcısı'nda PH 1-2 arasında çalışılır).

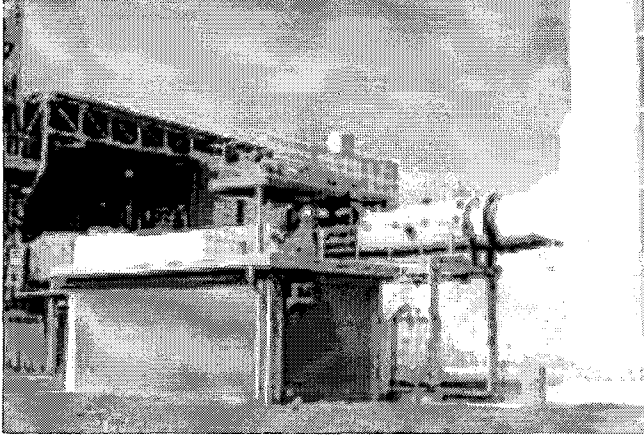
Daha sonra damlacık tutuculardan geçirilen atık gaz; nötralizasyon, oksidasyon ve absorpsiyon bölümlerinden oluşan Kireç Püskürtmeli Yıkayıcı 'da % 10 konsantrasyonlu kireç sütü çözültisi ile yıkanarak, SO₂ ile artı kalan halojen bileşikleri ve ağır metallerden arındırılmaktadır (Kireç Püskürtmeli Yıkayıcıda PH 5-6 arasında çalışılır).

Buradan çıkan gaz, Dioksin - Dibenzo Furan Kontrol Ünitesi 'nden geçirilmektedir. Fiziksel ve Kimyasal olarak temizlenen 50° - 58°C sıcaklığındaki gaz, Emme Fanı aracılığıyla Tesis Bacası 'ndan atmosfere verilmektedir. Bu işlem toplam 28 saniye sürmektedir.



Şekil 5.6. Fiziksel ve Kimyasal Temizleme Ünitesi

Dioksin-Dibenzo Furan Kontrol Ünitesi ile baca arasında yer alan şekil 7'de gösterilen Baca Gazı Analiz Odası , atık baca gazından numune alınması ve gerekli analizlerin yapılabilmesi için; FITR , FID ve Toz Ölçüm Cihazı ile donatılmıştır. Bu cihazlar ile atık gaz içinde bulunan Toz, CO, CO₂ , Nem, HCl, HF, NO_x, O₂ , TOC (Toplam Organik Karbon) ve SO₂ emisyonlarının ölçümleri yapılmaktadır.



Şekil 5.7. Baca Gazı Analiz Odası

30 sn zaman aralıklarıyla ölçülen ve 2 dakikadan başlayarak ortalamaları alınan değerler, otomatik olarak kayıt edilmektedir . Bu değerler ile Çevre Bakanlığı tarafından istenen yarım saatlik ve günlük ortalamalar, Kontrol Odasının yanısıra, bilgisayar ağı aracılığı ile; Kocaeli İl Çevre Müdürlüğü, İzmit Büyükşehir Belediye Başkanlığı Çevre Koruma Daire Başkanlığı ve İZAYDAŞ Genel Müdürlüğü'nde, sürekli olarak izlenebilmektedir.

Dioksin-Dibenzo Furan emisyonlarında doğru değerlere ulaşabilmek için ise, Kocaeli Üniversitesi tarafından yürütülen çalışma ile alınan atık baca gazı numuneleri, yurtdışındaki bağımsız ve akredite laboratuvarlara gönderilmektedir. Yapılan analiz sonuçları Kocaeli Üniversitesi tarafından periyodik olarak raporlanmaktadır .

5.1.1.5 Atık su arıtım sistemi

Kirlilik yükü içeren yıkama çözeltileri Fiziksel - Kimyasal Arıtım Ünitesi'ne gönderilmekte ve çözeltilere TMT-15, FeCl₃ , polielektrolit ve % 10'luk kireç çözeltilisi katılarak arıtım sağlanmaktadır.

Temizlenen atık su, laboratuvarında analizleri yapıldıktan sonra, önce tesis bünyesindeki DAF ön arıtım sisteminden geçirilmekte; daha sonra da, kolektör hattı aracılığıyla, Endüstriyel ve Evsel Atık Su Arıtım Tesisi'ne gönderilmektedir. Fiziksel - Kimyasal arıtım ünitesindeki çöktürücülerden alınan çamur, Filtre Pres'te susuzlaştırılarak kek haline getirilmektedir. Laboratuvarında analizleri yapılan çamur keki, Evsel ve Endüstriyel Katı Atık Düzenli Depolama Alanı'ndaki ilgili atık lotunda depolanmaktadır.

5.1.1.6.Kül cüruf toplama sistemi

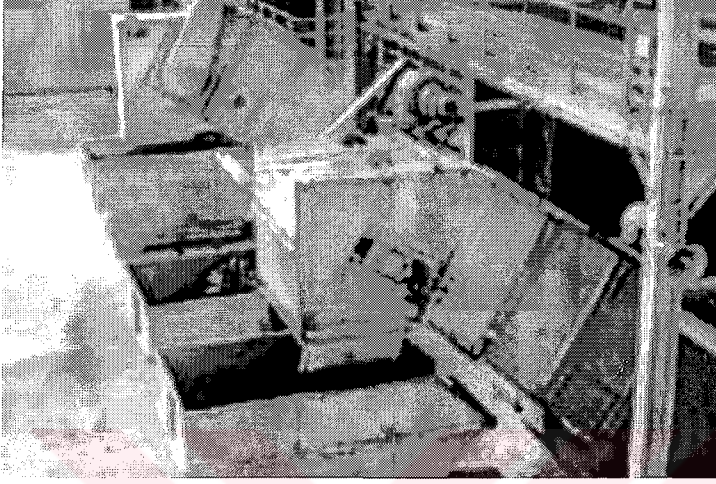
Döner Fırın'da yakma sonucu oluşan cüruf, Döner Fırın ile İkinci Yakma Odası'nın birleşim yeri altından Islak Cüruf Konveyörleri 'ne alınır ve yapılan analiz sonucuna göre, Evsel ve Endüstriyel Katı Atık Düzenli Depolama Alanı'nın (EEKADDA) ilgili atık lotunda depolanır. Atık Isı Kazanı'nın buharlaştırıcı bölümünden alınan küller, ıslak kül konveyöründe toplanır; analizleri yapıldıktan sonra, analiz sonuçlarına göre EEKADDA ilgili atık lotunda depolanır.



Şekil 5.8. Kül Silosu

Atık Isı Kazanı'nın Kızdırıcı ve Ekonomizer bölümlerinden alınan uçucu küller, Şekil 8'deki Kül Silosu 'da depolanır.

Uçucu küller, içerdikleri ağır metallerin çözünmeyen bileşiklere dönüştürülmesi için, ön işlemlerden geçirilmek üzere Fiziksel - Kimyasal Arıtım Ünitesi'ne gönderilir. Uygulanan ön işlem sonucunda depolama kriterlerini sağlayan uçucu küller, filtre pres keki formuna getirilerek EEKADDA ilgili atık lotunda depolanır.

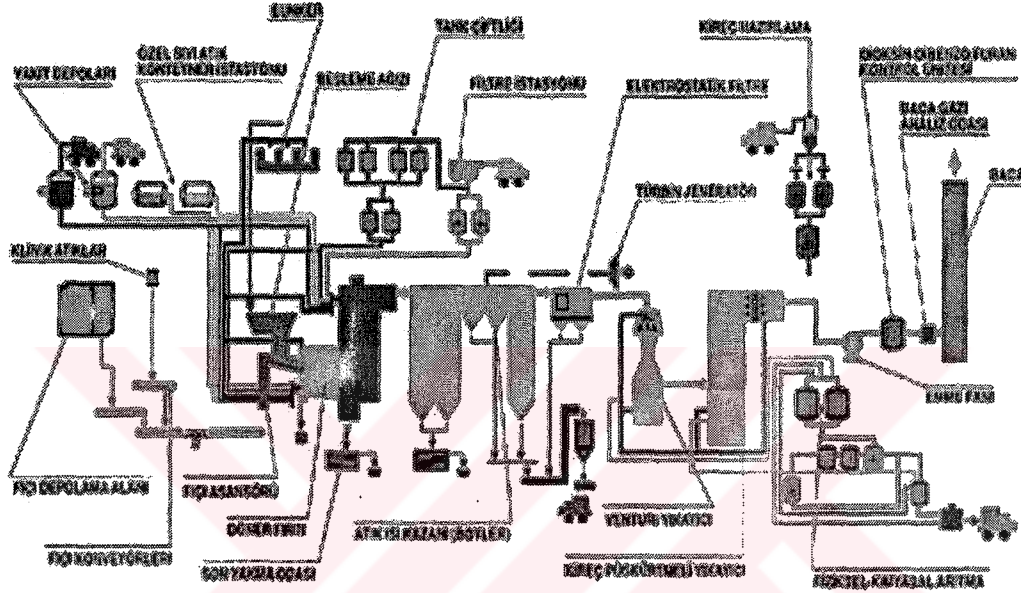


Şekil 5.9. Islak Cüruf Konteyneri

5.1.1.7.Evsel ve endüstriyel katı atık düzenli depolama alanı

Sağlık, Truzim ve Çevre Bakanlıklarının uygun görüşü ile Orman Bakanlığı tarafından İzmit Büyükşehir Belediye Başkanlığına tahsis edilen ve üzerinde “Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi” ile idari binalar ve sosyal tesislerin de yer aldığı 800000 m² alanın 363007 m² lik bölümünde inşa edilmiştir. Proje içinde; “evsel atıklar “için 264842 m² toplam alana sahip 6 adet lot, “endüstriyel katı atıklar” için ise 98165 m² alana sahip 1 adet lot yapılmıştır.

Evsel Katı Atık Depolama Alanında, evsel katı atıklar ve bunlarla birlikte depolanabilen endüstriyel katı atıklar bertaraf edilmektedir. 3163000 m3 toplam hacimli depolama alanlarının tabanı, “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği(1991)”nde belirtilen değerleri sağlayacak geçirimsizlik tabakası ile kaplanmıştır.[36]



Şekil 5.10. Atık yakma proses akım şeması

5.1.2. Atık yağdan yakıt elde edilmesi

Kullanılmış yağlama yağlarından yakıt üretmek amacıyla yeniden işlenmesi, tekrar kullanımın ikinci öncelikli seçeneğidir. Zehirli kirleticileri gidermeye yönelik herhangi bir önlem almadan (rafine etmeden) kullanılmış yağı yakıt olarak yakmak, hava kirliliği problemlerine neden olmaktadır.

Yeniden prosesleme kullanılmış yağın daha iyi yakıt olabilmesi için yapılan arıtma işlemidir. ABD’lerinde ve birçok Avrupa devletlerinde basit prosesleme metotları, çoğunlukla ısı elde etmek için yakılan yağlardan suyu uzaklaştırma metotlarıdır. Sedimentler ve küller gibi diğer kirleticiler de genellikle prosesleme sırasında uzaklaştırılırlar.

Tablo 5.1. Atık yağın yanma özellikleri [89]

Özellikler	Uygun Yanma Özelliği
Arsenik	5 ppm maksimum.
Cadmium	2 ppm maksimum.
Chromium.	10 ppm maksimum.
Kurşun	100 ppm maksimum.
Parlama Noktası	100°F minimum.
Toplam Halogen	4,000 ppm maksimum.

Çöktürme, filtrasyon ve santrifüj gibi fiziksel arıtma metotları kullanılmış yağdan katı partikülleri ve suyu gidermek için uygulanır. Çöktürme; kullanılmış yağların büyük tanklarda uzun süre tutulduğu ve yoğunluk farklarından dolayı ağır ve hafif kirleticilerin ayrıldığı ayırma metodudur.

Filtrasyon; dibe çökmeyen hafif partiküllerin ve gazdan kopan katıların ayrılmasını sağlar. Santrifüj, su ve katı parçalar gibi farklı yoğunluklardaki bileşenlerin santrifüj kuvvetler yardımıyla yağdan ayrılması işlemidir.

Prosesleme, kullanılmış yağdaki kimyasal kirleticileri gidermek ve yağın yanma karakteristiğini geliştirmek için uygulanan kimyasal arıtma işlemlerini de içerir [34].

Atık yağdan katı ve sıvı kirliliği gidermek için kullanılan proses, kirliliğin miktarına ve yapısına bağlı olarak tasarlanır. En basit durumda ısıtma sonrasında yerçekimli çöktürme bir noktaya kadar istenilen sonucu sağlar. Buna rağmen sadece yerçekimli çöktürme yetersiz kalmaktadır. Atık yağlar için yeterli bir yanmaya elverişli temiz yağ elde edilmesini çeşitli aşamalardan oluşmaktadır;

- Toplama ve depolama
- Süzme
- Isıtma
- Sedimentasyon
- Demülsifikasyon

- Santrifüjle ayırma

5.1.2.1.Toplama depolama

Tesisler, kompozisyonları ve kaynakları oldukça farklı atık yağ ürünleri alabildiklerinden dolayı toplama departmanı esnek bir tasarımdan oluşmalıdır. Fıçılara teslim edilen çamurlaşmış yağların ve tankerlerle gelecek direkt tankları içine pompalanacak sıvı yağ atıklarının kabulü için toplama ve depolama tankları tedarik edilmelidir. Atık yağın taşınmasında kullanılan pompalar sulu çamur çözelti taşıdığı için güçlü ve aşınmaya karşı dirençli olmalıdır.

Geri dönüştürmeye başlamadan önce atık yağdan metaller ve büyük çaplı yabancı maddelerin ayrılmasını sağlamak amacıyla toplama tankının üstüne süzgeç yerleştirilmelidir.

5.1.2.2.Süzme

İlk işleme basamağı milimetre ebat aralığındaki katı parçaların süzülüp ayrılmasıdır. Bu işlem daha sonraki ekipmanlarda olabilecek sorunları ve aşınmayı ortadan kaldırır. Bunun için kendi kendini temizleyen süzgeçler uygundur. Bu süzgeç sürekli operasyonda otomatik temizlemeyle birlikte yüksek kapasiteli kullanıma uygun bir süzgeçtir. Beslenen kompozisyona bağlı olarak farklı mesh ebatlarında süzgeçler mevcuttur.

5.1.2.3.Isıtma

Depolama tanklarından birisi normalde “günlük tank” olarak kullanılır. Bu tank santrifüjle beslenir. Bazı tesislerde bu tank 90°C civarına kadar ısıtılır. Bu işlemde atık yağın viskozitesi düşürülür. Ve pompalama, sedimentasyon ve süzme işlemlerinin verimi arttırılır. Isıtma aynı zamanda emülsiyon bölünmesine yardımcı olur. Elde edilen temiz yağın soğutulma ve gelen atık yağın ilk ısıtılması işlemlerinde kullanılması, ısı değiştiricilerinin yardımıyla önemli ölçüde tasarruf sağlanır.

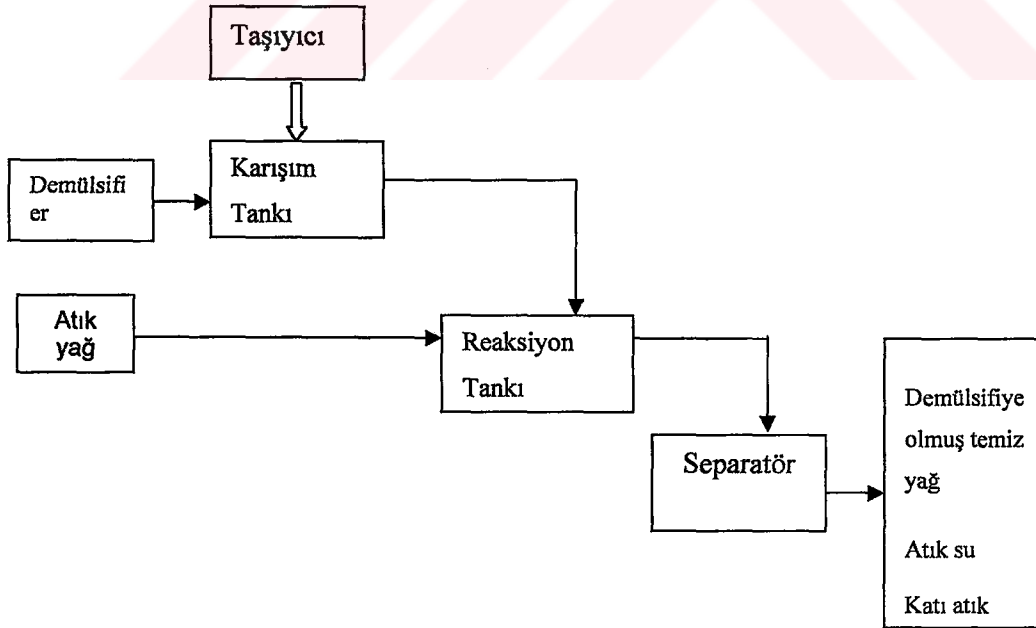
5.1.2.4.Sedimentasyon (Tortulaştırma)

Atık yağın çözünmesi için gerekli süre yağın kompozisyonuna bağlıdır. Ancak; genellikle atık yağın çöktürme tankı ve ya ayırma bölümünde iki yada üç saat bekletilmesi şarttır. Böylece sulu çamur halindeki çözeltinin çoğunluğunun çökmesi sağlanmış olur.

En üst tabakada yağ, sonra da sırasıyla hafif çamurlu emülsiyonlar, su ve dip sedimentten oluşan birkaç farklı tabaka meydana gelir. Konik tank dibi, sulu çamurun uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Atık yağ, yüzdürücü sistem kullanılarak üst tabakadan çekilir ve boşaltma boruları vasıtasıyla tanktan alınır.

5.1.2.5.Demülsifikasyon

Bu işlem santrifüjle ayırma işleminden önce uygulanır. Demülsifikasyon, santrifüjlü separatörün kapasitesini yaklaşık % 20 - % 30 oranında arttırarak en yüksek yağ kalitesi ve daha temiz atık su sonucu sağlar.



Şekil 5.11.Demülsifikasyon sisteminin blok diyagramı

5.1.2.6.Santrifüjle ayırma

Santrifüjle ayırma, atık yağ temizlemede son adımdır [34].

5.1.3. Atık yağdan baz yağ elde edilmesi

5.1.3.1. A firması atık yağ geri kazanım prosesi

Bu tesiste kullanılan yağ temizleme prosesi aşağıdaki aşamalardan oluşmuştur;

- Yüzey aktif malzemeyle muamele işlemi
- Temizleyici kil ve su ile karıştırma
- Evaporasyon ile rutubet ve fuel oil'in giderilmesi işlemi
- Temizleyici kil ile muamele
- Katı impüliter ile kilin giderilmesi için filtre pres işlemi

Tablo 5.2.Tesis çalışma parametreleri ve spesifikasyonları [7].

Sıra No	Malzeme/Spesifikasyonlar	Değerler
1	Yardımcı tanklarda yüzey aktif maddelerle ön muameleye tabi tutulan yağlar için yağ temizleme kapasitesi	1000 kg/saat
2	Temiz yağ çıkışı	800 kg/saat
3	Endüstri yağları için temiz yağ çıkışı	900 kg/saat
4	Komp. ve hidrolik yağları için temiz yağ çıkışı	800 kg/saat
5	Proses tipi	Kesikli
6	Yağ ısıtma metodu	Kızgın yağ ile
7	Yağ transferi	Seyyar pompa ile
8	Filtre pres	90x90 40 Ad.Hid musluk
9	Filtre bezi	End. dokuma filtre bezi

Her 1000 kg'lık işlem için gerekli malzemeler ve kimyasal girdiler; 50 kg temizleme kili (B-80), 4m2 filtre bezi, 50 lt su, 5 kg yüzey aktifleme malzemesi soda külü'dür.

Tablo 5.3.Tesis cihazlarının kapasiteleri [7].

Sıra no	Cihaz	Kapasite/Adet
1	Reaktör (Kondenserli, redüktörlü, ısıtıcılı, vakum)	10-15 m3 / 2 Adet
2	Soğutma kulesi	1 Adet
3	Vakum Pompası	1 Adet
4	Kızgın Yağ Kazanı	1 Adet
5	Kirli Yağ Kazanı	90 m3 / 3 Adet
6	Temiz Yağ/Ham madde tankı	5 Adet
7	Filtre pres ünitesi	40 musluk

İşletmede yağ temizleme ve geri kazanım işlemleri aşağıdaki metotlara göre yapılmaktadır.

5.1.3.1.1.Metot 1

Stok tankında toplanmış olan madeni yağ miksere çekilir. Mikser bu durumda bir çökeltici olarak kullanılır. Çökeltme neticesinde çökelek kısmı drenaj valfindan varillere alınır. Çökelti kısmı ısıtıcılı, karıştırıcılı miksera çekilir. Miksera çekilen yağ türüne göre ısıtılır.

Tablo 5.4.Prosese giren mamullerin ısınma aralıkları [7].

Sıra No	Yağ Cinsi	Isıtma Değeri
1	İçten yanmalı motor yağı	300-310°C
2	Uçak yağları	180-200°C
3	Endüstriyel yağlar	120-160°C
4	Kompresör yağları	120°C

Bu sıcaklıklarda suyundan, rutubetinden arıtılan yağ, 80°C'a kadar soğutulur. Daha sonra 80°C'de aktif kil (B-80) karıştırılarak ilave edilir. Yağ ve kil karışımı daha sonra filtre prese verilir. Filtreden geçen yağ temizlenmiş yağ tanklarda toplanır.

5.1.3.1.1. Metot 2

Bu metotta yağ temizleme işlemi aktif kil ile muamele ve su ilavesinden ibarettir. Varil ve ya tankerle getirilen kirli yağlar, dinlendirme mikserlerine alınır. Yağ burada 80°C'a kadar ısıtılır ve dinlendirilir. Mikserin altından; serbest su ve çökeltiler alınır. Daha sonra yağ reaktöre çekilir ve burada 80°C-90°C'a kadar ısıtılır.

Bundan sonra karıştırarak temizleme kili ilave edilir. İlave edilen kil miktarı (yağın kirliliğine göre) yağ miktarının %5'ine (ağırlık olarak) kadar olabilir. Karıştırma devam ederken; karışıma su tankından su ilave edilir. İlave edilen su miktarı kullanılmış yağ içindeki su miktarı nazarı itibarı alınsa dahi ağırlığının %5'ine ulaşabilir.

Kullanılmış yağa ilave edilen su yüzdesi, yağ içinde bulunan fuel oil'in (ağırlık olarak) %50'si gibi hesaplanacaktır. Homojen bir karışım elde etmek için kil ve su ilave edilmiş yağı karıştırılmasına 30 dakika devam edilir.

Karışım daha sonra ikinci reaktöre alınır ve burada 300°C'a kadar ısıtılır. Karışım soğumaya bırakılır. 180°C'a kadar soğutulur. Bu sıcaklıkta karışım filtre pres'e verilir. Filtreden çıkan yağ tanklarda depolanır.

5.1.3.2. Yüzey aktif madde ile ön muameleye tabi tutarak temizleme prosesi

Bazı hallerde kullanılmış yağlar istenildiği şekilde çökeltilemez ve filtre edilemezse, soda külü ve ya 3-metalik fosfat gibi yüzey aktif maddeler ile ön muameleye tabi tutulurlar. Bu işlem, ısıtmalı ve hava karıştırıcılı mikserlerde yapılır.

Tanklarda su ve çökeltilerinin giderilmesi için çökelmeye tabi tutulmuş kullanılmış yağ, ısıtıcıli mikserle alınır. Burada yağ 80°C'a kadar ısıtılır. Karıştırıcı ve hava vasıtasıyla karıştırılırken, %10'luk sulu yüzey aktif solüsyonu yağ içine ilave edilir.

İlave edilen solüsyonun toplam miktarı, muameleye tabi tutulan yağ ağırlığının %3-%5'ine eşit olacaktır. Yüzey aktif malzemeli karışımın karıştırma işlemine yağ içindeki en küçük partiküllerin dağılmasını temin için 30 dakika devam edilir. Karıştırma durdurulur. Yağ; çökme derecesine bağlı olarak 8-24 saat çökelmeye terk edilir. Bu müddet sonunda dipte çökelen çökelek kısmı tankın dibinden alınır.

Yüzey aktif madde ile muameleye tabi tutulmuş yağ daha sonra sıcak buhar ile yıkanır. Bundan sonra havalı karıştırma ve 10-20 dakika'lık çökmeden sonra drenaj valfi ile çökeltiden su alınır.

Yıkama ve drenaj işlemlerinin tamamlanmasından sonra yağ 3-4 saat çökelmeye bırakılır. Bundan sonra kalan çökeltilmiş su dışarı alınır. Yağ ısıtmalı mikser içine alınır [7].

5.1.3.2. B firması atık yağ geri kazanım prosesi

Tesis MEINKEN teknolojisinden esinlenerek yapılandırılmış, halihazırda üretim yapan bir tesistir. Prosesin işlemesi aşağıda olduğu gibidir;

Kullanılmış yağ; tesise bunları taşıyan tanker ve deniz araçları ile getirilmektedir. Atık yağ, kabul tankına alınmadan önce bünyesindeki katı partiküllerden arınması için filtreden geçirilir. Bundan sonra yağ, depolama tanklarına alınır. Ve kalite kontrolü yapılmak üzere analizi yapılır.

Prosesin ilk aşaması; yağın kombine bir şekilde ısıtıldığı, suyunu kurutma ve ön damıtma aşamasıdır. Depolanan atık yağ ara filtre ve ön ısıtıcıdan geçtikten sonra 90°C sıcaklıkta kombine ısıtıcının tepesinden içeri girer. Kombine ısıtıcıdan 240°C'ye çıkacak şekilde ısıtılır.

Suyundan ve rutubetinden ayrılan 240°C'deki yağ buharı bir ısı değiştiriciden geçerek yaklaşık 160°C'de bir sonraki üniteye girmek üzere bir tankta toplanır.

Bu arada kombine ısıtıcının tepesinden alınan proses suyu ve fuel oil ayrı bir devre ile ayrı bir tankta toplanır. Bir diğer basamak atık yağın evaporasyonu yani yüksek sıcaklıkta bir ısı transfer yağı ile karşılaşmasıdır. Bu da atık yağın içerisinde kalan ağır metallerin ayrışmasına ve diğer toksik madde içerikli maddelerden arınmasına yardımcı olmaktadır. Suyu alınmış ve içinde yakıt bulunmayan yağ, evaporatörün içine bir yağ tulumbası ile pompalanır. Vakum altında 316°C'de sıcaklığa maruz kalan atık yağ buharı daha sonra kondanse olarak 2 adet tankta toplanır. Toplanan haricindeki %10'luk işlenemeyen kısmı (Bitümen) diğer endüstri dallarında kullanılmak üzere ilgili tanklarda toplanır. Isı transfer yağı olarak DOW TERM kullanılır.

Isı transfer yağı ayrı bir kazanda ısıtıldıktan sonra siteme verilmektedir. Ve atık yağa ısısını verdikten sonra tekrar kazana geri dönmektedir. Bir diğer bölüm renksizleştirme ve sıcak temas ile parçalanmasıdır. Bu ünite 280°C'de 80-100 mm Hg basınç altında çalışmaktadır.

Aktifleşmiş katalizatör kili evaporatörden çıkan yağa karışım tankında eklenir. Karışım sağlandıktan sonra ısı değiştiriciden geçer ve daha sonra ikinci evaporatöre girer. Ana ürün olan baz yağ ağartma toprağı ile (katalizatör kil) vakum düşürücüden geçerek evaporatörü terk eder. Direkt olarak filtreleme bölümüne gider ve filtreden sonra baz yağ olarak bir tankta depolanır. Kalan hafif gazlar (dişli ve gaz yağı) birlikte dişli yağı kolonuna gider ve burada dişli yağı ve gaz yağı birbirinden ayrılır. Gaz yağı ve su buharı kondanserde yoğuşur.

Dişli yağı ve gaz yağı filtreleme öncesi tekrar ağartma toprağı ve kireçle muameleye sokulur. Eğer istenilen değerler elde edilemezse dişli yağı tekrar damıtılan edilebilir. Filtreleme bölümü; tüm damıtılan 3 ürün; baz yağ, dişli yağı ve gaz yağı ismini alır [48].

Tablo 5.5. Baz Yağ özellikleri [48].

Özellikler	Baz Yağ	Dişli Yağ	Birimler
Yoğunluk	0,899	0,873	kg/lt, 16°C
Parlama Noktası	249	180-190	°C
Akma Noktası	-20	-15	°C
Viskozite	8-12,5	5	cSt,98,8°C
Viskozite İndeksi	94-96	92	-----
Nötürleşme	0,02	0,02	mg KOH
Karbon Kalıntısı	0,13	0,1	%Kütle
Sülfat Kalıntısı	0,001	0,01	%Kütle
Renk	2-2,5	1,5	Berrak
Bozulma Karakteristiği	40-40-0	Sabit	MItr(25 min)
Dialysis Kalıntısı	-----	-----	%Kütle

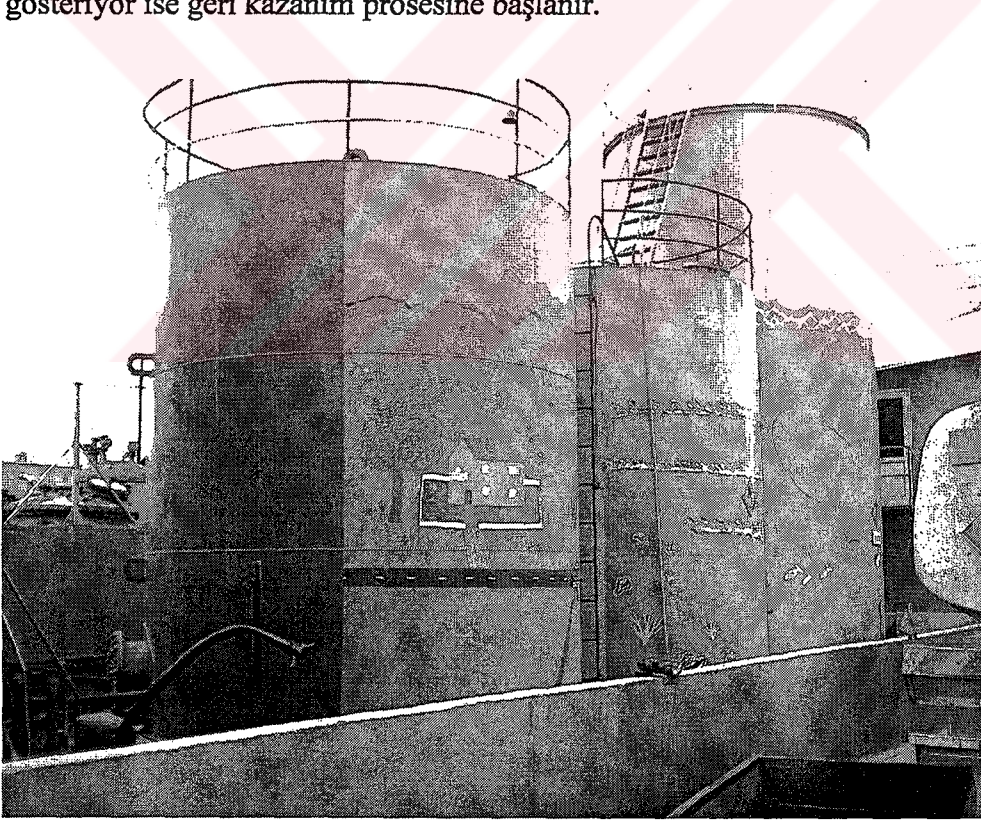
Tablo 5.5. (Devam) Baz Yağ özellikleri [48].

Özellikler	Gaz Yağı	Birimler
Yoğunluk	0,845	kg/lt, 16°C
Parlama Noktası	55	°C
Viskozite	-20	°C
Nötürleşme	6	cSt,20°C
Karbon Kalıntısı	0,10	mg KOH
Renk	1,5	Berrak
Kaynama Noktası	120	°C
Buharlaşma 250°C	32	%Kütle
Buharlaşma 320°C	90	%Kütle

5.1.3.4. C firması atık yağ geri kazanım prosesi

Atığın kaynağından alınan numuneler laboratuvarında fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutularak muhteviyatının ATIK YAĞLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ'NDE izin verilen kirletici parametre sınır değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Ve daha sonra atık yağ kategorilere ayrılarak sahip olduğu kategoriye göre işlem görür.

Fiziksel analizlerde atığın yoğunluk, kaynama noktası gibi parametreleri belirlenirken kimyasal analizlerde atığın kaynağına göre bileşimi, su ve tortu miktarı daha sonra remi kuruluşa yaptırılan analizlerle bileşiminde ağır metaller ve PCB olup olmadığı belirlenir. Yapılan analizler neticesinde söz konusu atık, TEHLİKELİ ATIKLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ kriterleri kapsamında uygunluk gösteriyor ise geri kazanım prosesine başlanır.



Şekil 5.12. Atık yağ toplama tankı

Atıklar lisanlı araçlar ile ATIK YAĞLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ' ne uygun şartlarda tesise alınarak ön depolama işlemine tabi tutulur. Depolama sırasında atık stabil hale getirilerek bünyesinde mevcut fazla su ve tortu dibe çöktürülerek uzaklaştırılır.

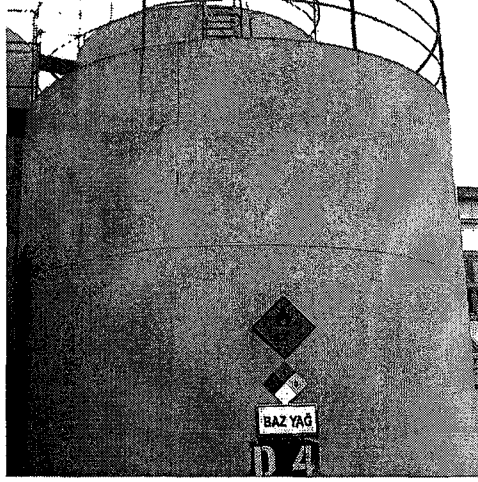
Daha sonra atık yağ 15 m³'lük ön distilasyon ünitesine alınır ki; burada amaç, atık yağın içerisindeki hafif hidrokarbonları ve serbest suyu ayırmaktır.



Şekil 5.13. Ön distilasyon ünitesi

Distilasyon ünitesi 120°C'ye geldiğinde reaktör üzerindeki vana aracılığı ile atık yağ içerisinde bu sıcaklık içerisinde buharlaşıp daha sonra yoğunlaşan yakıt özelliği taşıyan mamul ayrı bir tankta toplanır.

Reaktör içerisindeki mamul yeteri derecede distile edildiyse ana reaktöre girmeden renk ve kokunun giderildiği tanka gider. Buraya gelen yağ ağartma toprağı ile muamele edildikten sonra son olarak filtre presten geçirilerek baz yağ toplama tankına gönderilir.

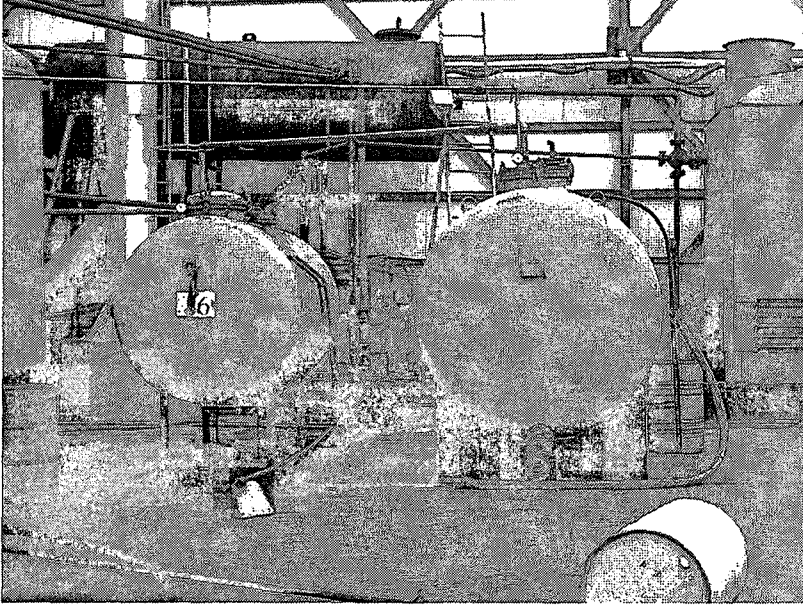


Şekil 5.14. Baz yağ toplama tankı

Şayet mamulün distile edilmeye ihtiyacı var ise; ilk distilasyon ünitesinden çıkan yağ, ikinci distilasyon ünitesinde işlem görür. Burada serpantin içerisinde 380°C'ye varan sıcaklığı üzerinde taşıyan kızgın yağ geçirilerek mamul içerisindeki ağır metaller ile diğer zararlı atıkların uzaklaştırılması sağlanıyor.

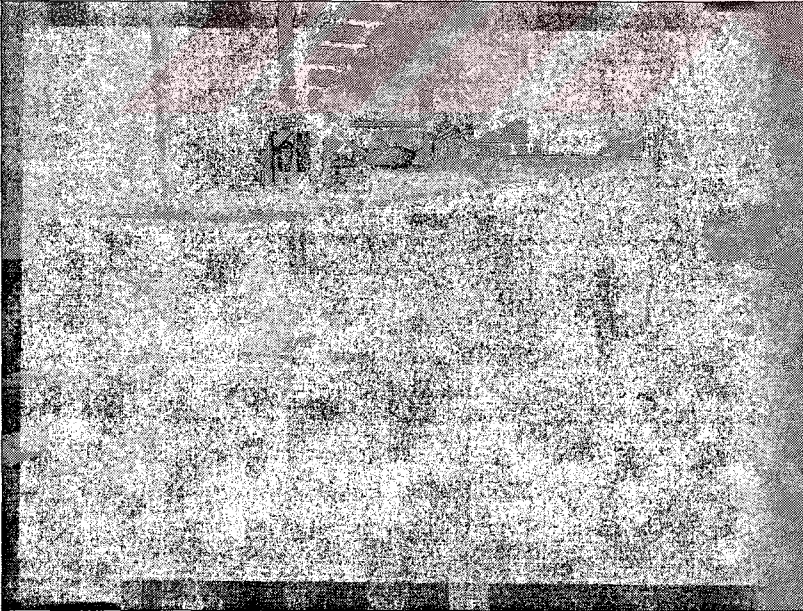


Şekil 5.15. İkinci distilasyon ünitesi



Şekil 5.16. Bekleme tankı

Reaktörden çıkan yağ tanklarda soğumaya alınır. Ve daha sonra %0 ile %4 oranda ağartma toprağı ile muameleye sokulur. Ve mamulün üzerindeki renk ve koku alınır. Daha sonra yağ filtre presten geçirilir. Hidrolik musluklardan geçirilen yağ baz yağdır ve depolanır [49].



Şekil 5.17. Filtre press

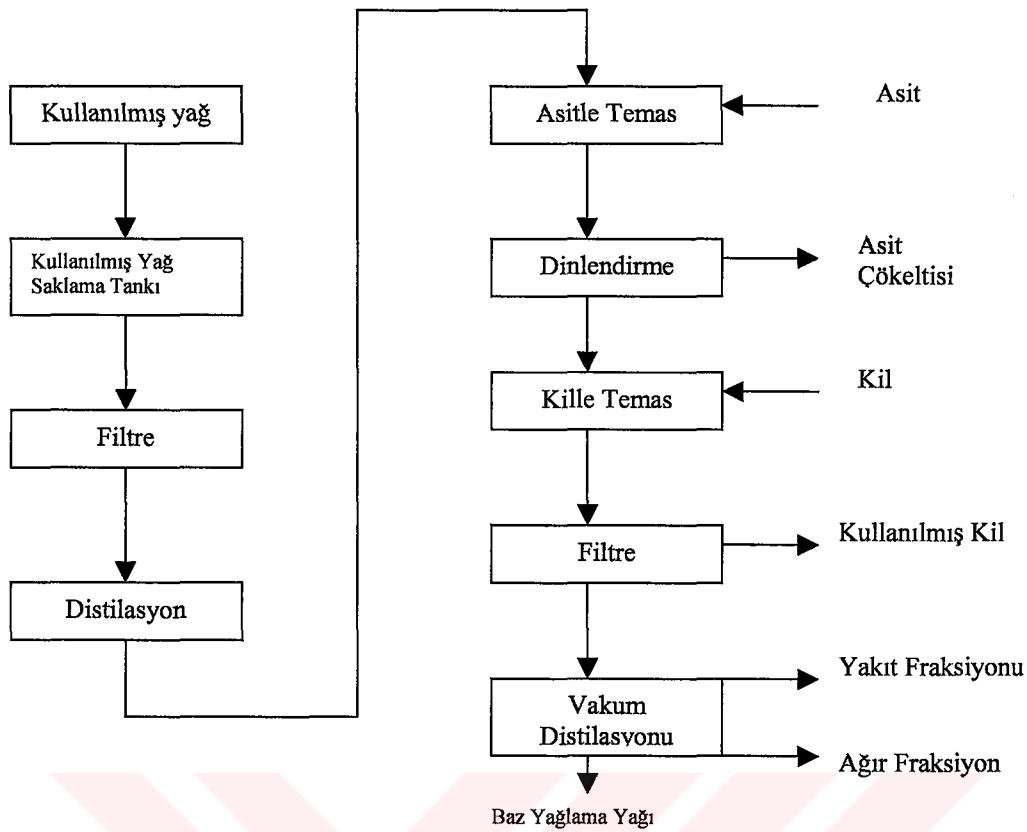
5.2.Kullanılmış Yağ Geri Kazanım Prosesleri

5.2.1.Asit-kil prosesi

Bu proses kimyasal ön işlem safhasına dayanmaktadır ve çoğu kirleticiyi uzaklaştırmak için beslemeyi sülfürik asit ile karıştırmayı kapsamaktadır. Saklama tanklarında depolanan kullanılmış yağ, içindeki büyük katı atıklardan arındırılma için filtreden geçirilir. Filtre edilmiş kullanılmış yağ sülfürik asit ile işleme tabi tutulmadan önce sülfürik asidin seyrelmesini engellemek için sudan ve hafif hidrokarbonlardan arındırılmaktadır. Bu işlem bir distilasyon kolonunda gerçekleşmektedir [54].

Su ve hafif hidrokarbonlarından arındırılmış yağ asit ile karıştırılır. Asit ile karıştırılmış yağ dinlendirilmek üzere dinlendirme tankına alınır. Dinlenme sırasında yağın içindeki metaller, kirleticiler ve katkı maddeleri asit ile tepkimeye girerek yağ içinde çözünmeyen sülfatları oluşturur. Bu sülfatlar tankın dibine çöker ve asidik bir çökelti oluşur. Yağa karıştırılan asit miktarı yağın özelliklerine göre değişmekle birlikte genellikle ağırlıkça %5 oranındadır [54].

Dinlendirme tankından alınan yağ; renk, koku, nötralize etmek ve oksidasyon stabilizesini kazandırmak için kil (aktive edilmiş kil) ile temas ettirilir. Bu işlemden sonra yağ vakum distilasyon ile çeşitli kısımlara (hafif baz yağ, dingil baz yağ, ağır baz yağ) ayrıştırılır. İşlemin vakum altında gerçekleşmesinin sebebi; kaynak sıcaklığını düşürerek, hem enerji tasarrufu, hem de yüksek sıcaklıktan dolayı yağda meydana gelebilecek bozulmayı (koklaşmayı) önlemektir. Bu prosesten gelen katı atık ürünleri, zehirli atık karakteristiği gösteren asit çamuru ve kullanılmış kildir.[54]

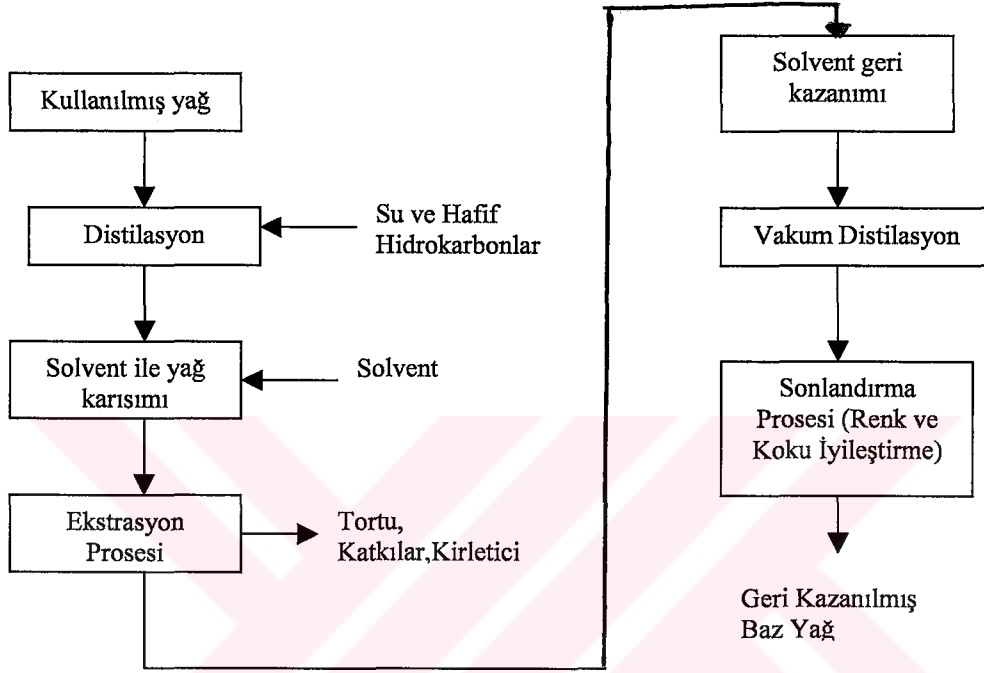


Şekil 5.18.Asit Kil Prosesi Akış Diyagramı [54].

5.2.2. Solvent ekstrasyonu

Bu teknolojinin yeniliği distilasyon sırasında bozulma ve koklaşma değerini düşüren ön işlem safhasıdır. İlk işlem suyun uzaklaştırılmasıdır. Suyun uzaklaştırılmasının sebebi; çözücü ile atık yağ çökmesi safhasında yağın güvenli bir şekilde korunabilmesi için suyun ve hafif hidrokarbonların kullanılmış yağdan uzaklaştırılması gerekir. Su miktarı yaklaşık olarak %5 civarındadır. Kullanılmış motor karter yağlarında genel olarak yakıt karışımı söz konusu olduğu için, % oranında hafif hidrokarbon bulunmaktadır. Bu hidrokarbonlar motor yağının kaynama noktasının altında buharlaşır (370°C). Dolayısı ile ilk olarak su ve hafif hidrokarbonlar uzaklaştırılır. Hidrojen arındırma aşamasında, hammaddenin koklaşma sıcaklığına ulaşmadan arındırma yapmak çok önemlidir. Bunun anlamı da sıcaklığın 200°C'nin altında tutulması gereğidir. Bu sebepten vakum ya da buhar distilasyonu gerekir. Prosedürde 150°C ve 10 mmHg basınç kullanılır [54].

Su ve hafif hidrokarbonlar uzaklaştırıldıktan sonra kullanılmış yağ karıştırma tanklarına gönderilir ve burada solvent ile karıştırılır. Elde edilen karışım dinlendirme tanklarında bekletilerek kullanılmış yağ içindeki kirleticilerin solvent ile tepkimeye girerek bir çökelti oluşturulması sağlanır. Tankların alt kısmından alınan çökelti asfalt ve türevleri olarak kullanılabilir. Bundan sonraki basamak vakum distilasyon safhasıdır.



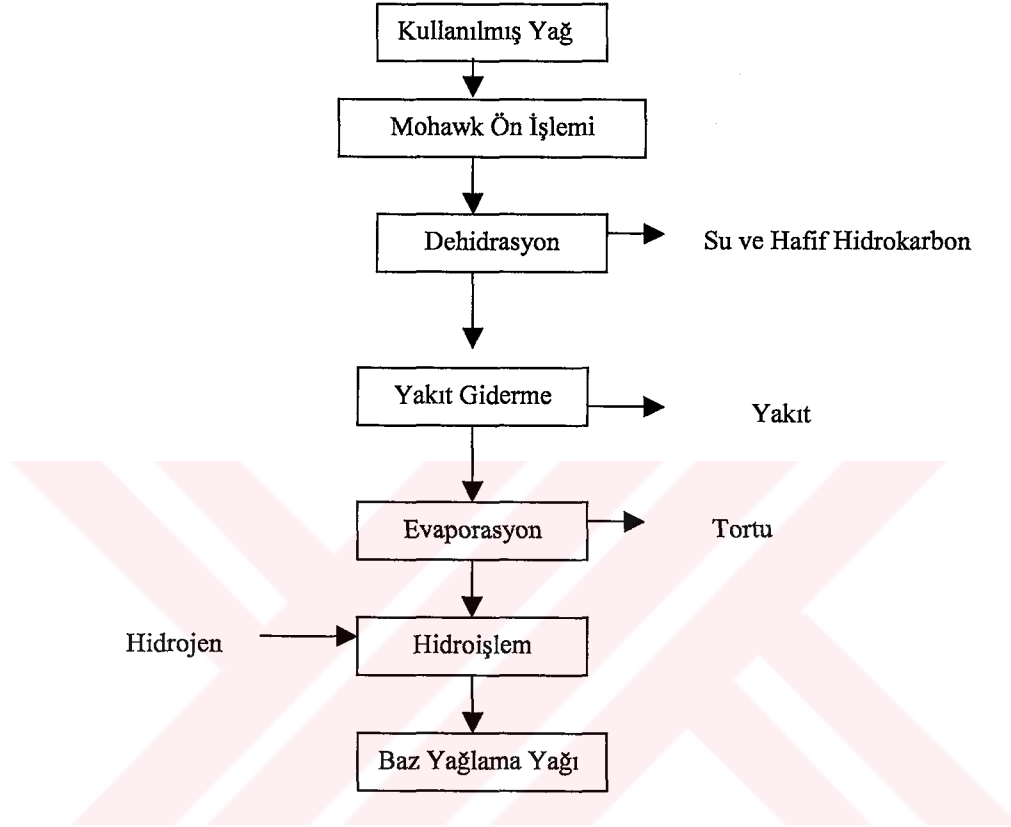
Şekil 5.19.Solvent Ekstrasyonu İle Geri Kazanım Prosesi Akım Şeması [54].

5.2.3.Fiziksel ve/ve ya kimyasal işlem (Mohawk CEP prosesi, PROP Prosesi)

5.2.3.1. Mohawk CEP prosesi

Mohawk prosesi ABD Kaliforniya'daki özel bir kimyasal mühendislik şirketi olan Chemical Engineering Partners'e aittir. Bu prosenin ilk adımında su ve yakıt bileşenleri kullanılmış yağdan uzaklaştırılır. Kullanılmış yağ stokunun %19'u ve %3'ü de yakıtlar (hafif hidrokarbonlar)dır. Suyun giderilmesi işlemi dehidrasyon olarak geçer ve bir distilasyon kolonu ile ayrıştırılır. Kullanılmış yağ içindeki yakıt oranının %7 civarında olduğu gözlemlenmiştir. Üçüncü adım ise evaporasyondur. Bu adımda ince film evaporatörü ile tozlar, metaller, katkı maddeleri ve diğer kirleticiler tortu şeklinde yağdan ayrıştırılır. İşlem vakum altında gerçekleşir [54].

Prosesin son adımında ise yağ; hidrojen gazı ve katalizatör ile birlikte karıştırılır. Bu işlem yağın içindeki kükürt ve diğer oksidasyon ürünlerini giderir. Proses sonunda işleme sokulan yağın %65'i baz yağ olarak çekilir. Bu oran atık yağdaki su, hafif hidrokarbon ve yakıt miktarına göre değişmektedir.

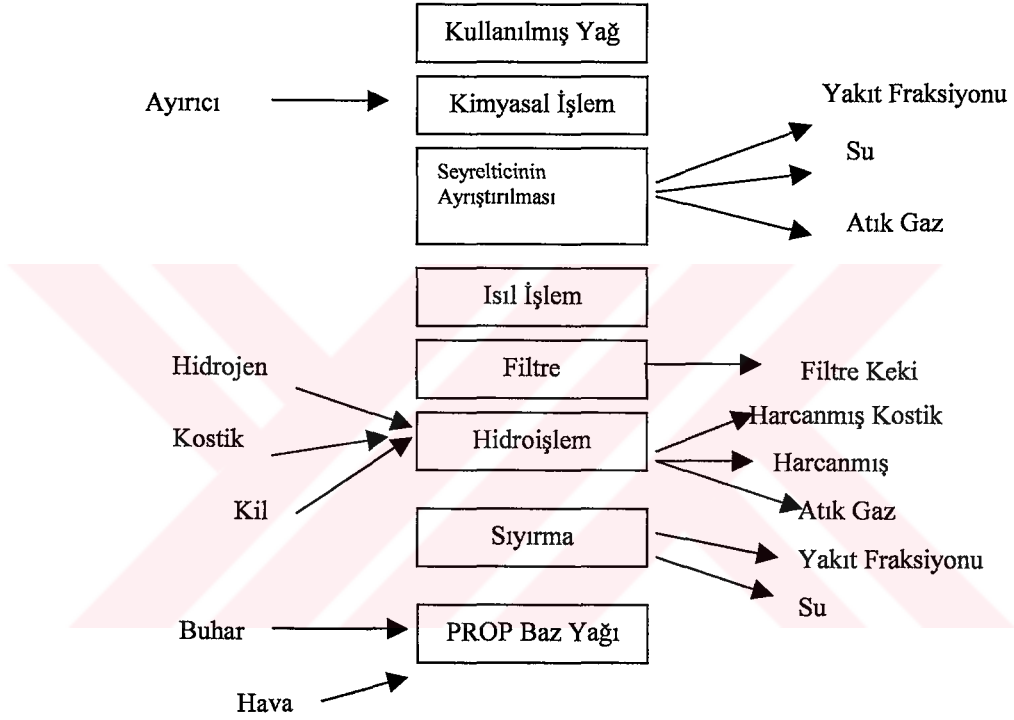


Şekil 5.20.Mohawk CEP Prosesi İle Kullanılmış Yağın Geri Kazanımı [54].

5.2.3.2. PROP prosesi

PROP (Phillips Yağ Geri Kazanım Rafinerasyon Prosesi) atık yağlama yağlarını orijinal hale çeviren Phillips Petroleum Firması tarafından geliştirilmiş, yağların geri kazanım teknolojisidir. PROP bunu çevre açısından sorgulamakta, asit ve/ve ya çözücü kullanmadan ve vakumlu damıtma olmadan yapmaktadır. Atık yağın bir ön işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Atık yağ ilk etapta sulu di amonyum fosfat eriyiği ile temas ettirilir. Bunu izleyen reaksiyonlar sonucunda karakteristik olarak suda ve ya yağda çözünürlülüğü çok düşük olan metalik fosfatlar ortaya çıkar. Dematalizasyon işlemi (di amonyum fosfat ile reaksiyona sokma işlemi) reaktörlerde gerçekleştirilir. Reaktörlerde sıcaklık 150°C ve 20 Psig'i geçmez [54].

Atık yağın içindeki su ve yakıt kısmının önemli bir bölümü işlemin ikinci (seyrelticilerin ayrılması) ve üçüncü ise (ısıl işlem) safhalarında ayrılır. Reaktörün üst kısımlarından alınan buharlaşmış kısım yoğunlaştırılır ve sonrasında su ve yakıt olarak ayrışır (2. safha). Reaktörlerin alt kısımlarından alınan atık yağ ısıl işleme tabi tutulur ve yağın ısıtılması sülfür ve hidrojenin SO₂, H₂S ve NH₃ halinde kısmen giderilmesi ile son bulur. Bu ilk üç safha sonunda kullanılmış yağdaki metallerin giderilmesi, orijinal yağın içindeki çinko, fosfor dışında, esas olarak kullanılmıştır.



Şekil 5.21. PROP Prosesi Akış Şeması [54].

Sıcaklık çevrimi bu fosforlu bileşimin önemli bir bölümünün istenilen oranda termal olarak bozulmasını sağlar ve ince, dağılmış haldeki katı yağlayıcıların harmanlanmasında kullanılmaya uygun, yeniden artırılmış ham yağdır. Ve natürel ham yağ şeklinde maddelerin büyük bölümünün toplanarak bir sonraki safhada filtre edilmesine hazırlanmış olur. Süzme vasıtasının eklenmesi bu filtrasyonu sağlar.

Ortaya çıkan metalden arındırılmış ve dehidrasyon işlemi uygulanmış yağın içinde bulunan kül oluşturuıcı maddelerin %99'u ve ya fazlası şimdi giderilmiş durumdadır ve hidroişlem için hazır haldedir. Bu yağ ısıtılır, yeniden sirküle eden hidrojenle karıştırılır. Bir koruyucu kil yataktan geçirilerek konvansiyonel nikel-molideyt katalizatör üzerinde hiddro işlemden geçirilir. Koruyucu yatak inorganik madde kalıntılarını ayırır, sülfonik asitlerin ayrışmasını kolaylaştırır. Hidro işlem istenmeyen kükürt, nitrojen, oksijen ve klor bileşiklerini giderir ve renkte istenilen gelişmenin elde edilmesini sağlar. Son bir temizleme safhasıyla geri kalan yakıt kalıntıları ayrılarak, yeniden arıtılmış yağın yanma noktasının kontrolü sağlanır ve kalabilecek nem giderilir. Aynı zamanda geri kazanılan H₂S, NH₂, ve HCl'nin ayrılması için su ile yıkanır ve kostikle ovulur [54].



5.3. Atık Yağlar İle İlgili Hukuksal Yapı Ve Çevresel Düzenlemeler

5.3.1. Atık yağların kontrolü ile ilgili hukuksal yapı

Çevrenin korunmasına ilişkin düzenlemeler öncelikle Anayasada yer almaktadır. Bunların bir kısmı, kıyıları, ormanlar, topraklar, tarım, hayvancılık, tarih, kültür, tabiat varlıkları ve doğal kaynaklar gibi çevrenin çeşitli öğelerine ilişkindir [35].

“ATIK YAĞLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ” birinci bölüm Madde 1’de Yönetmeliğin amacı belirtilmiş ve atık yağların üretiminden ber tarafına kadar,

- Çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesini,
- Çevre ve insan sağlığına zarar vermeden geçici depolanmasını, taşınmasını, bertaraf edilmesini,
- Atık yağların yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların oluşturulmasını,
- Geçici depolama ve geri kazanım tesislerinin kurulması ve bu tesislerin çevreyle uyumlu yönetimi için buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi için hukuki ve teknik esasların düzenlenmesini, sağlamaktır, şeklinde yönetmelik şekillenmiştir.

Yine aynı yönetmeliğin 2.maddesinde verilen I., II. ve III. kategori atık yağların üretimi, geçici depolanması, toplanması, taşınması, geri kazanılması, bertarafı, ticareti, ithalat ve ihracatı ile transit geçişine ilişkin yasak, sınırlama ve yükümlülükleri, alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri, tabi olunacak hukuki ve cezai sorumlulukları düzenlemesi açıklanmıştır.

Tablo 5.6.Kirletici Limitleri [37].

Kirleticiler	Müsaade Edilen Sınır Değerleri I. Kategori Atık Yağ	Müsaade Edilen Sınır Değerleri II. Kategori Atık Yağ	Müsaade Edilen Sınır Değerleri III. Kategori Atık Yağ
Arsenik	<5 ppm	Max 5 ppm	>5 ppm
Kadmiyum	<2 ppm	Max 2 ppm	>2 ppm
Krom	<10 ppm	Max 10 ppm	>10 ppm
Klorür	Max 200 ppm	Max 2000 ppm	>2000 ppm
Kurşun	<100 ppm	Max 100 ppm	>100 ppm
Toplam Halojenler	Max 200 ppm	Max 2000 ppm	>2000 ppm
Poliklorlubifeniller (PCB)	Max 10 ppm	Max 50 ppm	>50 ppm
Parlama Noktası	Min. 38 C	Min. 38 C	-----

Atık yağların yönetimine ait ilkeler şunlardır; Atık motor yağları dahil atık yağlar ile bu yağların işlenmesi sonucu çıkan atıkların çevreye zarar verecek şekilde sahada boşaltılması veya yenisi ile değiştirilmesi, depolanması, doğrudan veya dolaylı bir biçimde yüzeysel sular ile yeraltı suyuna, denizlere, drenaj sistemleri ile toprağa verilmesi ve mevcut düzenlemeler ile belirlenen limitleri aşarak hava kirliliğine neden olacak şekilde işlenmesi yasaktır.

Atık yağlara su, çözücüler, PCB/PCT, toksik ve tehlikeli maddeler ile diğer maddelerin ilavesi ve farklı kategorilerdeki atık yağların birbiriyle karıştırılmaması esastır. Atık yağlar, Tablo 1'de belirtilen kategorilere göre ayrı tank/konteynerlerde geçici depolanır, taşınır ve bertaraf edilir. I.kategori atık yağ, II. kategori atık yağla karıştırılırsa II. kategori; I. veya II. kategori atık yağlar, III. kategori atık yağla karıştırılırsa III. kategori atık yağ olarak kabul edilir.

Atık yağ oluşumunun kaynağında en aza indirilmesi, üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda öncelikle atık yağların geri kazanımı amacıyla rejenerasyonu ve rafinasyonu esastır. I. ve II. kategori atık yağlar ile I. kategori yağların geri kazanımı işlemleri sonucunda baz yağ ve petrol ürünü kalitesi tutturulamayan atık yağlar Bakanlıktan lisans almış tesislerde ilave yakıt olarak kullanılabilirler. Geri kazanım imkanı bulunmayan atık yağlar Bakanlıktan lisans almış tehlikeli atık bertaraf tesislerinde bertaraf edilirler.

imkanı bulunmayan atık yağlar Bakanlıktan lisans almış tehlikeli atık bertaraf tesislerinde bertaraf edilirler.

Atık yağların, Bakanlıktan lisans almış bertaraf tesisleri dışındaki gerçek ve tüzel kişiler tarafından ticari amaçlar ile toplanması, alınıp satılması ve bertaraf edilmesi, fuel-oil veya diğer sıvı yakıtlara karıştırılarak yakılması yasaktır.

Atık yağların kontrolü Görev, Yetki ve Yükümlülükleri; Bakanlığın, Mülki Amirlerin Görev ve Yetkileri, Belediyelerin Görev ve Yetkileri, Atık Yağ Üreticisinin Yükümlülükleri, Motor Yağı Üreticilerinin ve İthalatçılarının Yükümlülükleri, Atık Yağ Geri Kazanım Tesisi İşletmecilerinin Yükümlülükleri ile sınırlamıştır.

Atık Yağ Kategorileri Ve İzin VERİLEN Kirletici Parametre Sınır Değerleri

I. KATEGORİ ATIK YAĞ: Atık yağlardaki PCB, toplam halojen ve ağır metal gibi kirleticiler aşağıdaki tabloda verilen sınır değerlerin altındadır. Bu kategorideki atık yağlar rafinasyon ve rejenerasyon yolu ile geri kazanıma veya Bakanlıktan lisans almış tesislerde ilave yakıt olarak kullanıma uygun atık yağlardır.

II. KATEGORİ ATIK YAĞ: Atık yağlardaki ağır metaller aşağıdaki tabloda verilen sınır değerlerin altındadır. Klorür ile toplam halojenler 200-2000 ppm, PCB ise 10-50 ppm arasındadır. Bu kategorideki atık yağlar Bakanlıktan lisans almış tesislerde ilave yakıt olarak kullanıma uygun atık yağlardır.

III. KATEGORİ ATIK YAĞ: Atık yağlardaki ağır metaller aşağıdaki tabloda verilen sınır değerlerin üzerindedir. Klorür ile toplam halojenler 2000 ppm'in, PCB ise 50 ppm'in üzerindedir. Rafinasyona uygun olmayan, yakıt olarak kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından risk yaratan ve lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gereken atık yağlardır [37].

6. MATERYAL VE METOT

6.1. Materyal

6.1.1. Araştırmada kullanılan cihazlar

- Kontak termometreli manyetik karıştırıcılı ısıtıcı

Marka	Velp
Model	Arex
Termokupi Modeli	Pt 100
Cihazın Hassasiyeti	1°C
Sıcaklık Ayarı	-20 / 300°C
Cihazın Ağırlığı	0,290 kg.
Devir Sayısı	1300 d/d

Şekil 1. Kontak termometreli manyetik karıştırıcılı ısıtıcı

- Kronometre

Reaksiyon süresinin ölçmesinde kronometre kullanılmıştır. Cihaz %1 hassasiyettedir.

- Pompa

Marka	Velp
Tipi	N 022 AN.18
Nr.	6532260
Volt	220
Hz./Amper	50/0,75
Cihazın Ağırlığı	1,5 kg.
Gücü	0,08 kW

Şekil 2. Çalışmada kullanılan pompa teknik özellikleri.

10.1.2. Araştırmada kullanılan aletler

- Manyetik karıştırıcılı ısıtıcı yuvası (1000 ml.'lik balona uygun)
- 3 boyunlu 29/32 şilifli cam balon (1000 ml)
- Magnet (balık)
- Ayırma hunisi (500 ml)
- Beher (2000 ml., 1000 ml., 600 ml., 200 ml., 100 ml.)
- Cam geri soğutucu
- Pipet (25 ml., 50 ml., 100 ml.)
- Puar (3 yollu)
- Cam huni
- Plastik Saklama kabı (100 ml., 250 ml.)
- Cam Saklama kabı (100 ml., 250 ml.)
- Spor (kare tabanlı)
- Ayırma hunisi halkası
- Nüve
- Kıskaç
- Koruyucu gözlük
- Koruyucu maske
- Eldiven

6.2. Metot

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında A motorundan her 50 saatte bir 250 saatlik çalışma süresi dolana kadar alınan numune yağlama yağlarının; fiziksel özellikleri, ICP element analizleri yapılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise; B motorundan 500 saatlik çalışma süresinden sonra alınan örnekler, müteakiben anlatılacak metoda göre iyileştirme çalışmalarına tabi tutulmuş, ve daha sonra bu iyileştirilmiş yağ örneklerinin fiziksel özellikleri, ICP element analizleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu elde edilen iyileştirme sonuçları ve kullanım sürelerinin bakım saatlerine yansması ASTM standardı metotlarıyla bulunan bütün fiziksel ve kimyasal özellikler ayrı ayrı ele alınarak yorumlanmıştır. İncelenen verilerin değişimleri şekil 6.21-6.39'de grafiklerle verilmiştir.

Yağlama yağı olarak Shell firmasının Rimula X-30 dizel motor yağlama yağı kullanılmıştır. Bu yağlama yağı %21 Light Neutral (parlama noktası 205°C), %68,5 Heavy Neutral (parlama noktası 228°C) baz yağlama yağı ve %10,5 katkı maddelerinden oluşmuştur.

Tablo 6.1. SHELL Rimula X-30 yağlama yağı özellikleri.

Sınıfı	40°C viskozite (cST)	100°C viskozite (cST)	Karşılıdığı servis standartları
SAE 30	88,7	11,0	API CF, MB 228, MAN 270, MTU Type 1, MIL-L-2104 F, CAT TO-2, MACK EO-K2

6.2.1. Kullanılmış motor yağı iyileştirme çalışmaları

Atık motor yağı iyileştirme çalışmaları kapsamında asit-kil prosesi ve vakum distilasyon-kil prosesi kullanılmıştır. Deneyler esnasında yapılan işlemler aşağıda anlatılmaktadır.

6.2.1.1. Reaksiyon başlamadan önce yapılan işlemler (Asit-kil prosesi)

Reaksiyona girecek olan yağ, sülfürik asit (H₂SO₄) ve kil (B-80)'in ölçümleri, kalibre edilmiş hassas terazide yapılmıştır. Ölçümleri yapılan yağ cam behere konulduktan sonra oda sıcaklığında, içerisine % 98 derişiklikte % 5 oranında 50 ml. sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi karıştırıldı. Ve 30 dakika süresince bu karışım manyetik karıştırıcılı ısıtıcı ile oda sıcaklığında ve 400 d/d'lık dönme hızında getirilerek karıştırıldı.

6.2.1.2. Reaksiyonun başlaması ve reaksiyon esnasında gelişen olaylar (Asit-kil prosesi)

25°C oda sıcaklığında, 30 dakika süresince ısıtılan karışım, ayırma hunisine alınarak 48 saat bekletildi. 48 saat sonra ayırma hunisindeki karışımın üst fazında oluşan asitli yağ dekante edildi.

Dekante edilen karışım, % 5 oranında 48 gram ağartma toprağı (B-80) ilave edildi. Ve 15 dakika süresince bu karışım manyetik karıştırıcılı ısıtıcı ile 120°C ve 400 d/d'lık dönme hızına getirilerek karıştırıldı.

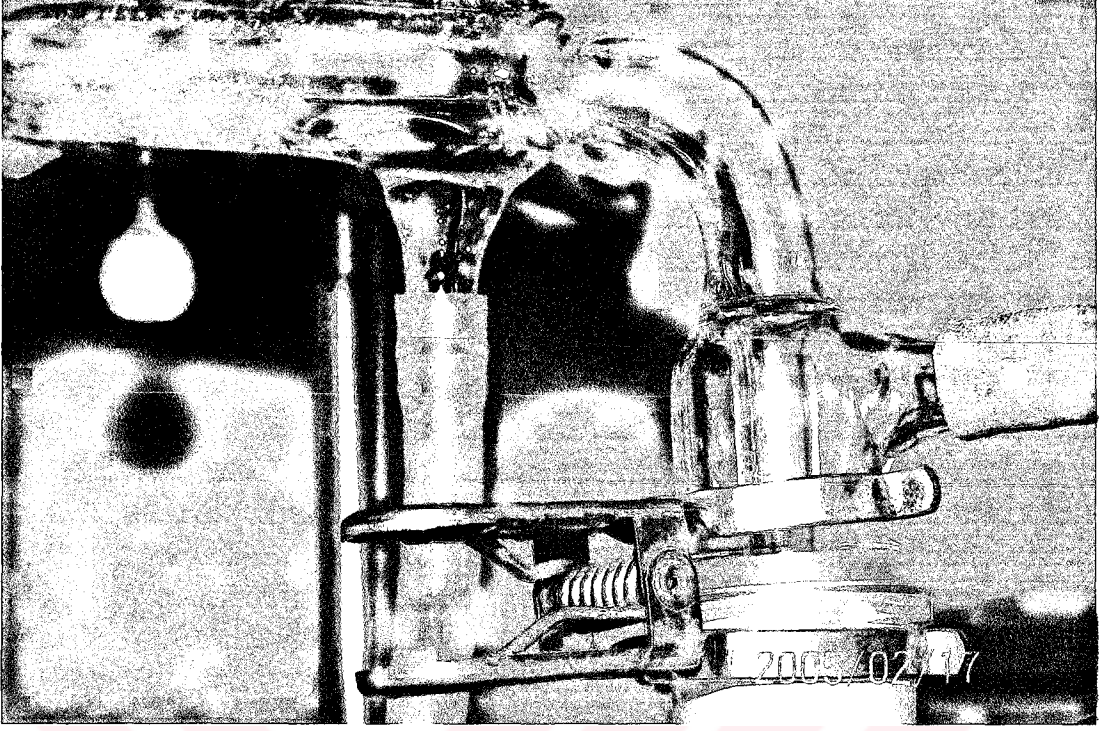
Ve daha sonra bu karışım, içerisinde çözelti olarak bulunan kilden ayrılana kadar soğumaya bırakıldı. Faz belirginleşince üsteki kısım dekante edilerek bir başka behere alındı. Beherde kalan karışım fitre edilerek kilden arındırılır. Ve dekante olmuş sıvıya ilave edildi. Ve son olarak asit ve kil ile muamele edilmiş yağ; 8 mbar (6 mmHg) vakum altında ortalama 130 C'de vakum distilasyon ünitesinde işleme tabi tutuldu. 4-5 saat süren distilasyon işlemi sonunda 300 ml kullanılmış yağdan 220 ml destilat elde edildi.



Şekil 6.1. Vakum distilasyon ünitesi.

6.2.1.3. Reaksiyonun bitişi ve takiben yapılan işlemler (Asit-kil prosesi)

Yapılan distilasyon işleminden sonra elde edilen üründe oluşan kokunun giderilmesi için ürün su ile muamele edildi. Ve bünyesindeki su uzaklaştırıldıktan sonra ürün analize tabii tutuldu.



Şekil 6.2. Vakum distilasyon sonrası oluşan destilat örneği.

6.2.1.4. Reaksiyon başlamadan önce ve sonra yapılan ölçümler (Asit-kil prosesi)

- Yağ (gr)
- Ağartma toprağı (B-80 asidik kil) (gr.)
- Uygulanan zaman (dakika)
- Reaksiyon sıcaklığı (C)
- Dip tortu miktarı (gr.)
- Reaksiyon bekleme süresi (saat)
- Karıştırma hızı (rpm)
- Kullanılan asit miktarı (ml.)
- Kullanılan kil miktarı (gr.)
- Vakum basıncı (mm Hg)

6.2.1.5. Reaksiyondan çıkan ürünlerin analiz yöntemleri (Asit-kil prosesi)

Yapılan deneylerde kullanılan atık yağın kimyasal/fiziksel özellikleri Petrol Ofisi Derince Tesisleri Kalite Kontrol Laboratuvarında test edilmiştir. Reaksiyona giren yağların reaksiyon öncesi ve sonrası yapılan kimyasal/fiziksel özellikleri, ICP element analizleri kullanılan yöntemlerin etkinliğini anlamamıza yardımcı olmaktadır.

6.2.1.6. Yapılan deneyde göz önüne alınan parametreler

- Vakum basıncı (mm Hg)
- Kil (ağartma toprağı) (gr.)
- Sıcaklık (°C)
- Asit miktarı (ml.)
- IBP (°C)
- Destilat miktarı (ml.)

6.2.2. Yağ performans kriterleri

6.2.2.1. Viskozite değişiminin yağ performansına etkisi

En önemli özellik ve analizlerden biri viskozitedir. Yağın fiziksel durumu için doğrudan referans oluşturur. Viskozitedeki değişiklik yağa yabancı madde karıştığının göstergesi olabilir. Viskozite düşüşü, yağ filminin dayanıklılığını azaltır ve motorda aşınma hızlanır. Viskozite yükselmesine yüksek çalışma sıcaklığı, nitrasyon, oksidasyon, glikol karışması, çamur neden olabilir. %25'lik bir viskozite artışı olduğunda anormal kabul edilir. Viskozite düşmesinin bir diğer nedeni de yakıt karışmasıdır. Ancak; şekil 6.33, 6.34, 6.35 ve 6.37'de görülen analiz sonuçlarında; değişim periyodu gelen yağlama yağının viskozite değerlerine bakıldığında limitler dahilinde olduğu ve kullanıcının belirli periyotlarla yapacağı analizlere göre belirli bir süre daha kullanılabileceğini göstermektedir.

6.2.2.2. Su/sodyum karışmasının yağ performansına etkisi

Miktarı ne olursa olsun, suyun varlığı anormal olarak değerlendirilir. Aşınma, çamur ve emülsiyon birikintilerine neden olur. Su soğutma sisteminden, düşük çalışma sıcaklığından, krank yatağının iyi havalanmamasından, sistemin sık sık kapatılmasından kaynaklanabilir. Ancak; şekil 6.25, 6.28 ve 6.36'de görülen analiz sonuçlarında; değişim periyodu gelen yağlama yağının su ve Na (sodyum) değerlerine bakıldığında limitler dahilinde olduğu ve kullanıcının belirli periyotlarla yapacağı analizlere göre belirli bir süre daha kullanılabileceğini göstermektedir.

6.2.2.3.TBN değerinin düşmesinin yağ performansına etkisi

TBN yağın korozyona neden olan asitleri absorbe edebilme yeteneğinin ölçüsüdür. Ve kullanılmış yağlarda bu özellik yağ katkı maddeleri ile birlikte hazırlanır. Kullanılmamış yağın TBN'ni olabilecek en yüksek değerde olmalıdır. Bu noktadan itibaren asitler yağın alkali öğelerini tükettikçe TBN değeri düşmeye başlayacaktır. Bu yağa yeni yağ eklenmesi TBN düşüşünü önlemeye yardımcı olur.

Yaklaşık olarak yağ üreticileri ve motor üreticilerinin belirlediği TBN değerinin %50'den fazla düşmesi kullanılan yağın, motordaki nötralizasyona yardımcı olamayacağından değişmesi gerektiğini göstermektedir. Ancak; şekil 6.30 ve 6.37'de görülen analiz sonuçlarında; değişim periyodu gelen yağlama yağının TBN değerlerine bakıldığında düşüşün limitler dahilinde olduğu ve kullanıcının belirli periyotlarla yapacağı analizlere göre belirli bir süre daha kullanılabileceğini göstermektedir.

Tipik motor yağlarının TBN'ni 5-7 arası değişirken, yüksek bileşimli yağların TBN'ni 12-15 arası olabilir. Yüksek kükürtlü yakıt kullanılan gemi makinelerinin yağları 35-40 TBN'e sahip olabilir. Yüksek TBN yağın asitlere karşı koyma yeteneğinin daha iyi olduğunu gösterir, ancak; diğer özellikler bakımından yüksek TBN yağın daha iyi olduğunu göstermez.

6.2.2.4. Parlama noktasının düşmesinin yağ performansına etkisi

Bu test metodu uçmayan ve yanmayan malzemelerin, yanan ve uçan malzemelerle karışıp karışmadığını tespit etmek için kullanılır. Ve yağdaki bu değerin düşmesi, yağın motor içerisinde çıkacağı yüksek sıcaklıklarda emniyetsiz bir çalışma şartı sağlayacağı için, limit değere ulaşmadan değiştirilmelidir.

Ancak; şekil 6.29 ve 6.37’de görülen analiz sonuçlarında; değişim periyodu gelen yağlama yağının parlama noktası değerlerine bakıldığında düşüşün limitler dahilinde olduğu ve kullanıcının belirli periyotlarla yapacağı analizlere göre belirli bir süre daha kullanılabileceğini göstermektedir.

6.2.3. Yağ performans kriterleri sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu ölçüm ve analizler neticesinde incelenen örnek A motorunun üreticisi olan MTU firmasının belirlemiş olduğu 250 saatlik yağ değişim zamanı geldiğinde, aynı firmanın belirlemiş olduğu dizel motorlar için kullanılan yağ analitik limit değerlerinin, yağlama yağının halen kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Bahse konu dizel motorun kullanım ömrü süresince, firmanın belirlediği bakım periyotlarının maliyetleri de incelendiğinde çıkan sonuçların periyodik yapılması gereken yağ analizinin önemini göstermektedir.

6.2.4. Yağ aşınma metallerinin değerlendirilmesi

Spektrometrik analizin değeri ve sonuçları alınan numunenin alındığı sistemi ne kadar temsil ettiğinin ölçütüdür. Burada numune bütünlüğü kavramı çok önemlidir. Eğer numune, sistemi temsil etmiyorsa, analitik sonuçlar anlamsız olacaktır.

Üzerinde inceleme yapılan bir diğer C motorunda da, şekil 6.38 görülen grafikte görülen metal değerlerinin artış ve azalışlarının normal metal analiz trendine uymadığı ve yapılan analizin tekrarlanması gerektiğini göstermektedir.

Bunun nedenini; numune alma yönteminin hatası ve analizi yapılan cihazın kalibrasyon ihtiyacına bağlayabiliriz.

Üzerinde inceleme yapılan A motorunda, şekil 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27, 6.28 ve 6.36'da görülen grafiklerde görülen metal değerlerinin artış ve azalışlarının normal metal analiz trendine uyduğu görülmektedir. Tüm değerlerdeki görülen artım ve azalmalara bakıldığında değerlerin tümünün aynı değerler etrafında toplandığı görülmektedir. Bu da yapılan numune alma işleminin etkinliği konusunda fikir vermektedir.

Yapılan tüm ölçümlere bakıldığında şekil 6.23'teki bakır (Cu) elementinin artış miktarı ve bulunduğu değer itibarıyla motor için tehlikeli sınırlar içerisine girdiğini göstermektedir. Ve bu hususta kullanıcıya motorun bakır elementinden oluşan bölgesi için aşınmanın tehlikeli bir düzeye geldiğini göstermektedir.

6.2.5.Yağ analiz programı çalışması maliyet analizi

Yapılan çalışmada deniz tipi dizel motorlarda kullanılan yağlama yağı örnekleri kullanım sürelerinin düzenlenmesi ve buna bağlı olarak bakım masraflarının azaltılması konuları deneysel olarak inlenmiştir. Örnek deniz tipi dizel motordan belirli aralıklarla düzenli bir şekilde numune alınmış ve bu numunelerin kinematik viskoziteleri, yoğunlukları, tortu, partikül sayısı, su, alevlenme noktası, akma noktası, köpüklenme, renk, ICP element analizleri ASTM standartlarına göre Petrol Ofisi Tesisleri Madeni Yağ ve Gres Fabrikası Laboratuvar Müdürlüğü tarafından tespit edilmiştir.

Bu ölçüm ve analizler, örnek A motorunun üreticisi olan MTU firmasının belirlemiş olduğu 250 saatlik yağ değişim zamanı geldiğinde, yine aynı firmanın belirlemiş olduğu dizel motorlar için kullanılan yağ analitik limit değerlerine göre, yağlama yağının halen kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

İncelenen dizel motorun kullanım ömrü süresince, firmanın belirlediği bakım periyotlarının maliyetleri de incelendiğinde, çıkan sonuçların periyodik olarak yapılması gereken yağ analizinin önemini göstermektedir.

İncelenen dizel motorun kullanım ömrü süresince (12000 saat) makinenin bakımları, periyotları ve yağ değiştirme zamanları firma tarafından belirlenmiştir. İncelenen dizel motor tiplerinde yağ değişimi her 250 saatte bir yapılmakta ve bakım setleri her 250, 500, 1000 ve 3000 saatte kullanılmak suretiyle sarf edilmektedir. Yağ değişim periyodunun, bir başka deyişle bakım saatinin uzatılması ile hem yağ değişimi geç yapılacak, hem de bakım setlerini daha az miktarda kullanarak tasarruf edilebilecektir.

İncelenen dizel motorda firma tarafından belirlenen her 250 saatte bir yağlama yağı değiştirildiğinde, her yağ değişimi geldiğinde, 75 kg yağlama yağı kapasitesi olan motorun kullanım ömrü süresince 47 defa yağı değiştirilmiş, toplam 3525 kg yağlama yağı sarf edilmiş ve bu yağ değişiminin de toplam maliyeti *4469,7 \$' olacaktır.

Örnek dizel motorun yağ değişim zamanı 250 saat iken, periyodik olarak yapılan yağ analizi ile motorun 350 saat sonra yağı değiştirilmiş olsa idi, bu motorun kullanım ömrü boyunca her 250 saatte bir değiştirilmesi gereken yağlama yağının 100 saat daha arttırılarak 350 saatte değiştirilmesine ve buna bağlı olarak bakım seti kullanım miktarlarının da azalmasına sebep olacaktı. Bir başka deyişle; 12000 saat kullanım ömrü olan motorda 47 kez yağlama yağı değiştirilmesi gerekirken, yapılan araştırma ile 75 kg yağlama yağı kapasitesi olan motorun, kullanım ömrü süresince 33 defa yağlama yağı değiştirilmiş, toplam yağlama yağı sarfiyatı 2475 kg ve bu yağ değişiminin de toplam maliyeti de 3138,3 \$ olacaktı.

Aradaki 1331,4 \$, sadece bir adet dizel motorun kullanım ömrü süresince yapılacak periyodik yağ analizi ile uzatılacak bakım periyodunun sonucunda tasarruf edilecek maliyeti göstermektedir. Bu maliyete bakım setlerinden edilecek tasarrufu da eklediğimizde göz ardı edilemeyecek kadar bir miktarın ülke ekonomisine katkı sağlamış olduğunu görmekteyiz.

Bakım seti maliyetleri ve yağlama yağı masrafları haricinde göz önünde bulundurulması gereken diğer bir nokta ise işçilik maliyetleridir. Ancak makinelerin planlı bakımlarını dizel motoru kullanan teknik personel yaptığı için işçilik ücretleri göz ardı edilmiştir.

* 1 ton yağlama yağı TÜPRAŞ satış fiyatlarına göre yaklaşık olarak 1,268 \$'dır.

Tablo 6.2. Dizel motorlar için kullanılan yağ analitik limit değerleri (Technical Publication, Fluids and lubricants Specification, Detroit Diesel and MTU, A001061/29E)

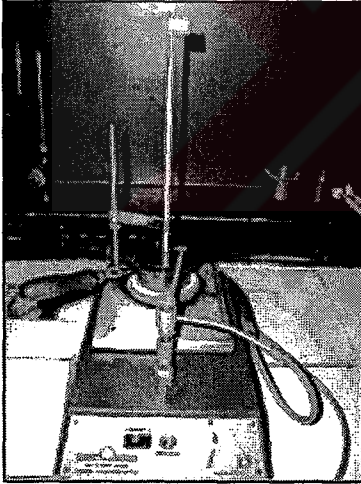
Analiz	Test metodu	Limit değerler
Max Viskozite, 100°C, cst	ASTM D 445 DIN 51562	SAE 30 SAE 5W-30 15.0 SAE 10W-30 SAE 40 SAE 10W-40 19.0 SAE 15W-40
Min Viskozite, 100°C, cst		SAE 30 SAE 5W-30 9.0 SAE 10W-30 SAE 40 SAE 10W-40 10.5 SAE 15W-40
Parlama noktası °C	ASTM D 92 ISO 2592	Minimum 190
Kül	DIN 51452 CEC-L-82-A-97	Maximum 2,5-3,0 ağırlık
TBN (mg KOH/g)	ASTM D 2896 SIO 3771	Yeni yağın %50 si
Su	DIN 51777	Maksimum % 0,2 hacim
Etilen glikol	ASTM D 2982 DIN 51375	Maksimum 50 mg/kg

6.2.6. Madeni yağlara ait kimyasal özelliklerin bulunması

Deneyler sonucu elde edilen iyileştirilmiş yağ örneklerinin kinematik viskoziteleri, Yoğunlukları, tortu, partikül sayısı, su, alevlenme noktası, akma noktası, köpüklenme, emülsiyon özelliği, renk, pentanda çözünemeyenler, emülsiyon Ph, emülsiyon stabilitesi, pas testi, dielektrik kopma voltajı, ICP element analizi ve FTIR analizleri ASTM standartlarına göre Petrol Ofisi Tesisleri Madeni Yağ ve Gres Fabrikası Laboratuvar Müdürlüğü tarafından tespit edilmiştir. Bu testler ile ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

6.2.6.1. Parlama noktası (°C)

Pensky-Martens kapalı kap testi ile parlama noktası için standart test metodu kullanılmış olup, ASTM D93-94 Standartlarında geçen amaç, test metodu ve aparatlar aşağıda belirtilmiştir [50].



Şekil 6.3. Pensky-Martens kapalı kap testi cihazı

- Amaç

Bu test metodunda petrol ürünlerinin parlama noktasının Pensky-Martens kapalı kap aparatıyla el ile ve ya otomatik olarak belirlenmesi anlatılmaktadır. Bu test metodu dizel yakıtlara, yağlama yağlarına katıların süspansiyon halinde olduğu sıvılara uygulanabilir.

Deney koşullarında yüzey filmi oluşturma eğilimi olan sıvılarda uygulanır. Ve ya viskoziteleri 40°C’de 5.5mm²/s ve daha fazla olanlara uygulanır.

Bu test metodu uçmayan ve yanmayan malzemelerin, yanan ve uçan malzemelerle karışıp karışmadığını tespit etmek için kullanılır [50].

- Test metodunun özeti

75 ml’lik test numunesi belirli ölçülerdeki pirinç kapta yavaşça sabit bir oranda ısıtılır ve sürekli karıştırılır. Ateşleme kaynağı, düzenli aralıklarla karıştırılmanın eş zamanlı kesilmesiyle doğrudan test kabının içine yönlendirilir. Parlama noktası, ateşleme kaynağının test numunesinin buharının tutuşmasına sebep olduğu en düşük sıcaklıktır.

- Aparatlar

Pensky-Martens kapalı kap aparatları (el ile)

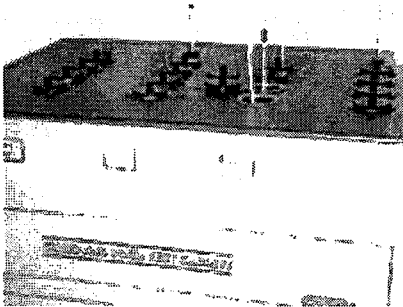
Pensky-Martens kapalı kap aparatları (otomatik)

Sıcaklık ölçüm cihazı

Ateşleme kaynağı [50].

6.2.6.2. Akma noktası (°C)

Petrol ürünlerinin akma noktası için standart test metodu kullanılmış olup, ASTM D97-93 standartlarında geçen amaç, aparatlar aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 6.4. Akma noktası cihazı

- Amaç

Bu metot herhangi bir petrol ürününün kullanılması için tasarlanmıştır.

- Test metodunun özeti

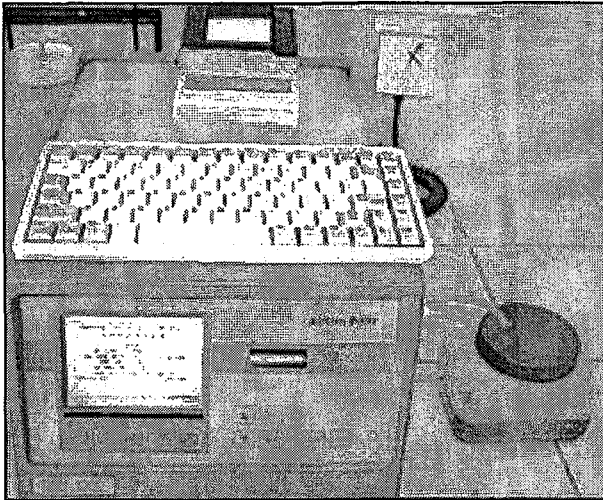
Ön ısıtmadan sonra örnek belirli bir soğutma oranında soğutulur ve 3°C'lik aralıklarla akış karakteristikleri incelenir. Numunenin hareketinin gözlemlendiği en düşük sıcaklıklar akma noktası olarak belirlenir.

- Aparatlar

Test kabı, termometre, mantar, gömlek, plaka, conta, banyo[51].

6.2.6.3. Yoğunluk (15°C, g/ml)

Dijital yoğunluk ölçer ile sıvıların yoğunluk ve bağıl yoğunluğu için standart test metodu kullanılmış olup, ASTM D4052-95 standartlarında geçen amaç, test metodu ve aparatlar aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 6.5. Dijital yoğunluk ölçer

- Amaç

Bu test metodu 15°C ve 35°C sıcaklıklarda sıvı olan petrol damıtma ürünleri ve viskoz yağların yoğunluk ve ya bağıl yoğunluklarının tespitini kapsar. Bu uygulama test sıcaklığında buhar basıncı 600 mm Hg'nin altında ve viskozitesi 15000 cSt (mm²/s) altındaki sıvılara uygulanır. Bu test metodu koyu renkli numunelere uygulanamaz. Çünkü; numune hücresinde hava kabarcığının olmayışı kesinlikle tespit edilemez. Ham petrol ürünlerinde yoğunluğun tespiti için D5002 metodu kullanılır. Yoğunluk için ölçüm ünitesinin kabulü milimetredeki gram ve ya metreküpteki kilogramdır.

- Test metodunun özeti

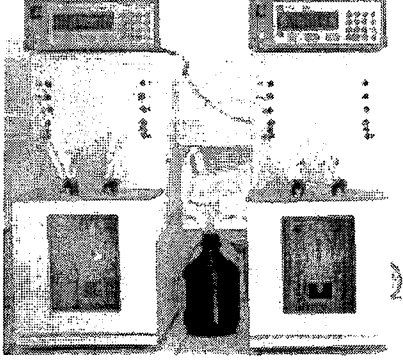
Küçük hacimdeki sıvı numunelerin (yaklaşık 0.7 ml) bir numune tüpünde sallanarak ve sallama periyodunu değiştirerek tüpteki kümeleşmeyi değiştirip kalibrasyon verilerinin birleştirilmesi kullanılarak numunenin yoğunluğunun belirlenmesidir.

- Aparatlar

Dijital yoğunluk çözümleyici, devir daimli sabit sıcaklık banyosu, şiringalar, basınç adaptörü, termometre.[52]

6.2.6.4. Kinematik viskozite (40°C, mm²/s)

Saydam ve saydam olmayan sıvı petrol ürünlerinin Kinematik Viskozitesi için standart test metodu (dinamik viskozitenin hesaplanması) kullanılmış olup,ASTM D445-94 standartlarında geçen amaç, test metodu ve aparatlar aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 6.6. Kinematik viskozite ölçüm cihazı

- Amaç;

Bu test metodu saydam ve saydam olmayan sıvı petrol ürünlerinin Kinematik Viskozitesini prosedüre göre belirler. Zaman, sıvı bir hacmin yer çekimi etkisiyle kalibre edilmiş cam kapiler viskozimetrenin içinden geçmesiyle ölçülür. Dinamik viskozite sıvının yoğunluğu ve kinematik viskozitenin çarpımı ile elde edilir.

- Test metodunun özeti

Belirli bir sıvı hacminin yer çekimi etkisi altında, tekrarlanabilir basınç yüksekliği altında, kontrol edilebilir sabit sıcaklıkta kalibre edilmiş viskozimetrenin kapilerinde akması için geçen zaman ölçülür. Kinematik viskozite ölçülen akış zamanı ve viskozimetrenin kalibrasyon sabiti çarpımı ile elde edilir.

- Amaç

Cam kapiler tipli kalibrasyonlu viskozimetre, viskozimetre tutucuları, ısı kontrollü banyo, 0'dan 100°C'ye kadar sıcaklık ölçüm aleti, zaman ölçme cihazı.[53]

6.2.6.5. Kinematik viskozite (100°C, mm²/s)

Saydam ve saydam olmayan sıvı petrol ürünlerinin Kinematik Viskozitesi için standart test metodu (dinamik viskozitenin hesaplanması) kullanılmış olup, ASTM D445-94 standartlarında geçen amaç, test metodu ve aparatlar aşağıda belirtilmiştir.

- **Amaç;**

Bu test metodu saydam ve saydam olmayan sıvı petrol ürünlerinin Kinematik Viskozitesini prosedüre göre belirler. Zaman, sıvı bir hacmin yer çekimi etkisiyle kalibre edilmiş cam kapiler viskozimetrenin içinden geçmesiyle ölçülür. Dinamik viskozite sıvının yoğunluğu ve kinematik viskozitenin çarpımı ile elde edilir.

- **Test metodunun özeti**

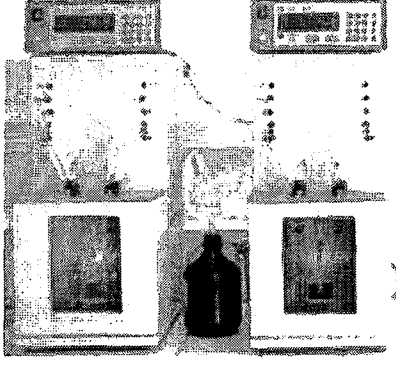
Belirli bir sıvı hacminin yer çekimi etkisi altında, tekrarlanabilir basınç yüksekliği altında, kontrol edilebilir sabit sıcaklıkta kalibre edilmiş viskozimetrenin kapilerinde akması için geçen zaman ölçülür. Kinematik viskozite ölçülen akış zamanı ve viskozimetrenin kalibrasyon sabiti çarpımı ile elde edilir.

- **Amaç**

Cam kapiler tipli kalibrasyonlu viskozimetre, viskozimetre tutucuları, ısı kontrollü banyo, 0'dan 100°C'ye kadar sıcaklık ölçüm aleti, zaman ölçme cihazı.[53]

6.2.2.6. Viskozite indeksi

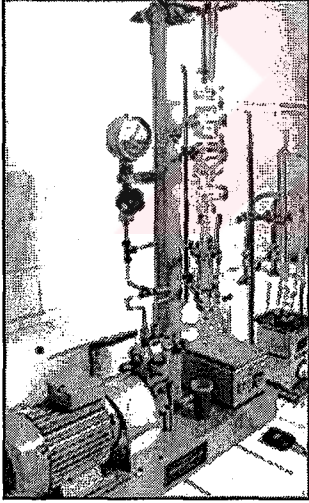
Bir yağın viskozite indeksi (VI), o yağın viskozitesinin sıcaklık ile değişme (incelme veya kalınlaşma) özelliğinin ölçüsüdür. ASTM -D-2270 metodu kullanılır.



Şekil 6.7. Viskozite indeksi ölçüm cihazı

6.2.6.7. Shear Stabilite

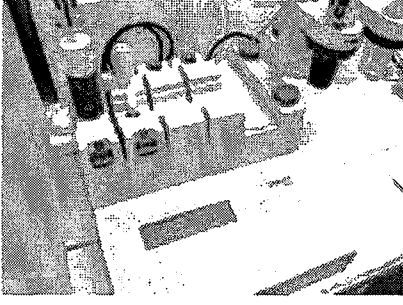
Multi grade motor yağları VI değerlerini geliştirmek için viskozite indeksi geliştirici (VII) katığı içerirler. VII katığı performansının veya bu katık ile üretilmiş yağın viskometrik özelliğinin tayini için bu test yapılmaktadır. Bosch Enjektör test metoduyla ölçülür.



Şekil 6.8. Shear stabilize ölçüm cihazı

6.2.6.8. Toplam asit numarası / toplam baz numarası

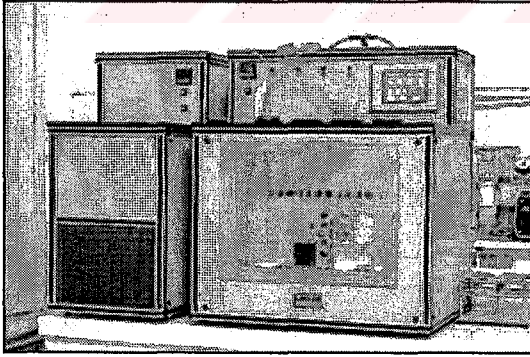
Bir gram yağ içindeki asidik maddelerin mgrKOH/gr yağ, cinsinden miktarı TAN, bir gram yağın içerisindeki bazik maddelerin mgr KOH/gryağ, cinsinden miktarı TBN olarak tanımlanır. ASTM D-974/2896 test metotları kullanılır.



Şekil 6.9. TAN/TBN cihazı

6.2.6.9. Köpük testi

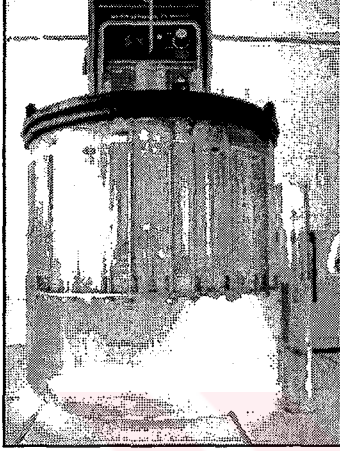
Testte yağların köpük oluşturmaya eğilimleri ve oluşan köpüğün stabilitesi ölçülür. ASTM-D-892 test metodu kullanılır.



Şekil 6.10. Köpük test cihazı

6.2.6.10.Emülsiyon özelliği testi

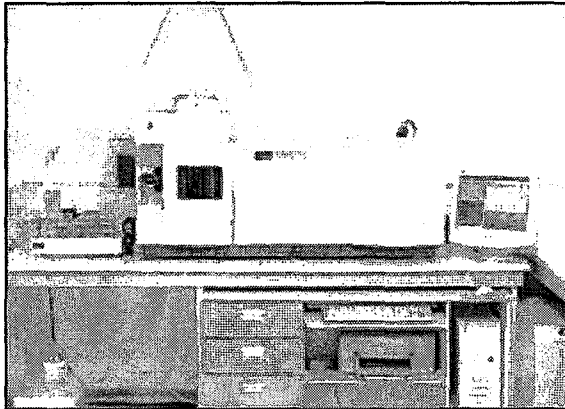
Emülsiyon testinde su ve yağ karıştırıldıktan sonra meydana gelen emülsiyonun aniden su ve yağ olarak ayrışması için şartnamede verilen süreye ve ayrışma miktarına uygun olup olmadığı ölçülür. Test ASTM-D-1401 metoduna göre yapılır.



Şekil 6.11.Emülsiyon test cihazı

6.2.6.11.ICP spektrofotometre

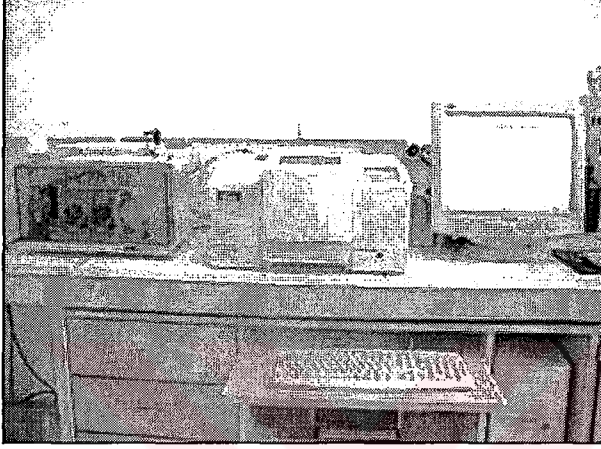
Kullanılmamış yağlarda ve katkı maddelerindeki metallerin (Ca, Mg, Zn, P, S), olması gereken miktarlarda olup olmadıklarını, kullanılmış yağlarda sistemdeki aşınmalardan karışan aşınma metallerini (wear metal, Fe, Al, Pb, Cu, Cr, gb), ppm (milyonda bir kısım) miktarında ölçer.



Şekil 6.12. Icp Spektrofotometre cihazı

6.2.6.12.FTIR Spektrometre

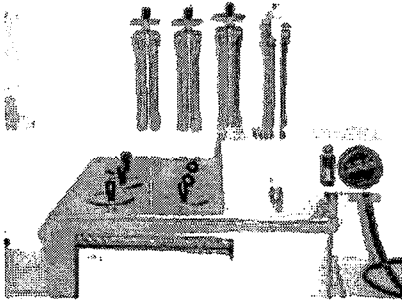
Kullanılmamış yağlarda ve katıklarda organik yapı araştırmasında, kullanılmış yağlarda ise mevcut durum hakkında bilgi verir. Yağa su, yakıt, antifriz karışım karışmadığı, karıştı ise miktarı, yağdaki kurum miktarı, oksidasyon, nitrasyon dereceleri hakkında bilgi verir.



Şekil 6.13.Ftır Spektrometre cihazı

6.2.6.13.Bakır şerit korozyon

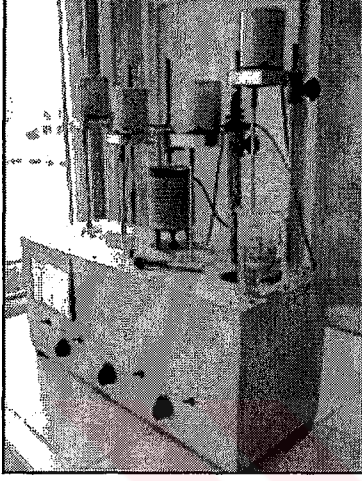
Yağların 100 C 'de 3 saat süresince bakır şeritte yaptıkları aşınma ölçülür. Ölçüm ASTM-D-130'a göre yapılır.



Şekil 6.14. Bakır Şerit Korozyon test cihazı

6.2.6.14.Pas testi

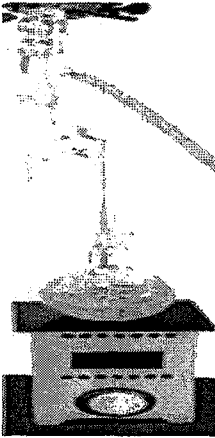
Madeni yağlarda su mevcudiyeti ile paslanmanın oluşup oluşmayacağı ölçülür. Test ASTM -D-665 'e göre yapılır. Bu metoda Prosedür A destile su ile, Prosedür B sert su (Sentetik deniz suyu) ile yapılır.



Şekil 6.15. Pas test cihazı

6.2.6.15.Su tayini (%)

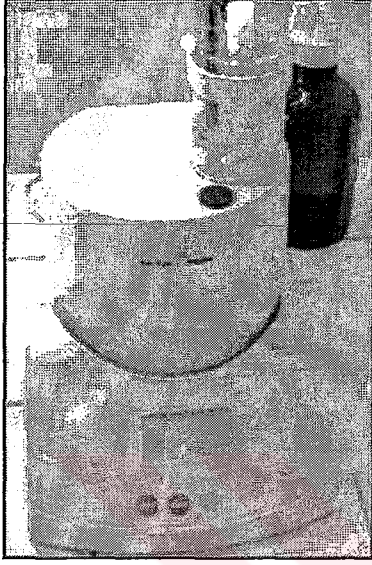
Madeni yağlara karışan su miktarı yüksek ise ASTM-D-95 metoduna göre tayin edilir.



Şekil 6.16. Su tayini (%) cihazı

6.2.6.16.Su tayini (Ppm)

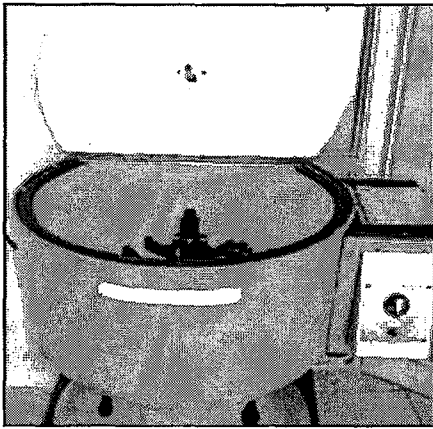
Milyonda bir kısım (ppm) derecesinde suyun varlığı ölçülür.Karl Fischer metoduyla ölçüm yapılmaktadır.



Şekil 6.17. Su tayini (ppm) cihazı

6.2.6.17.Tortu tayini

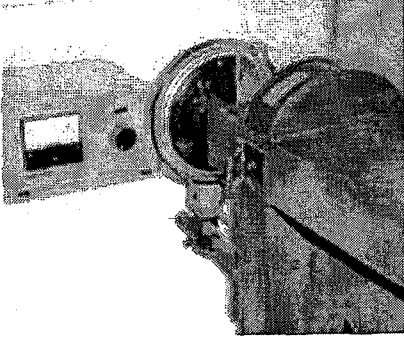
Kullanılmış yağlarda yağın çözücü bir solvent ile (suda çözünmeyen) karıştırılarak santirfüjlenmesi prensibine dayanır. ASTM -D-1796, eser tortu için ise ASTM -D-2273 metodu kullanılır.



Şekil 6.18. Tortu tayin cihazı

6.2.6.18.Renk tayini

Madeni yağların renkleri ASTM-D-1500 metodu ile tayin edilir. Renk skalası 0.5'den düşük olanlar için ASTM D-156 kullanılır.



Şekil 6.19.Renk tayin cihazı

BÖLÜM 7. ÖNERİ VE ARAŞTIRMA

Fosil kaynaklı rezervlerin azalması, ham maddesi petrol olan tüm endüstri dallarını da olumsuz olarak etkilemektedir. Kullanılan petrol kökenli maddelerin etkin kullanılması ve kullanım sonrası meydana gelen atığın sebep olduğu çevre kirliliğinin azaltılması için gerekli tedbirler alınması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu amaçla birçok motor ve yağ üreticisi motorlarda kullanılan yağlardan maksimum seviyede yararlanmak ve bakım periyotlarını uzatabilmek için yağları, değiştirmeden önce belirli aralıklarla analiz edip, özelliklerini koruyup korumadıklarının belirlenmesi gerektiğini savunmaktadır. Ve buna bağlı olarak, kullanıldıktan sonra motordan dışarıya alınan motor yağlarının da, bakanlığın uygun gördüğü yöntemlere göre bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında A motorundan her 50 saatte bir 250 saatlik çalışma süresi dolana kadar alınan numune yağlama yağlarının; fiziksel özellikleri, ICP element analizleri yapılmış ve elde edilen grafiklerde metal değerlerinin normal artış trendine uygun olarak davrandığı ve beklenen aşınma limitlerinin tespit edilebildiği görülmüştür. Ve bu sayede artış değerlerine göre motorun aşınan bölgelerinin önceden tespiti ve yağın performans değerlerine göre, yağın kullanılabilirliği hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında ise; B motorundan 500 saatlik çalışma süresinden sonra alınan yağ örneği, asit-kil metoduna göre iyileştirme çalışmasına tabi tutulmuştur.

Bu iyileştirme çalışmasının en önemli basamağı olarak “VAKUMDA DİSTİLASYON” işleminin olduğunu görmekteyiz. Çünkü; deneyde kullanılan yağın kaynama sıcaklığının 400-500 C’de olduğu ve yağın bu sıcaklık mertebelerinde kraking’e uğradığı düşünülürse, kullanılan pompanın da gücüne bağlı olarak “VAKUMDA DİSTİLASYON” işleminin bu tip proseslerde kullanılması gereken önemli basamaklardan birisi olduğunu görmekteyiz.

İyileştirme işlemine başlamadan önceki kullanılmış motor yağının atık miktarının, iyileştirmeden sonraki atık miktarına göre %70 daha fazla olduğunu görmekteyiz.

İyileştirme çalışması neticesinde; atılmak üzere motordan dışarıya alınan motor yağının, birtakım iyileştirme çalışmalarından sonra, atık miktarının azaltılarak çevre kirliliğine olumlu bir katkı sağladığı görülmüştür. Daha sonra bu iyileştirilmiş yağ örneklerinin; fiziksel özellikleri, ICP element analizleri yapıldığında, ihtiyaca göre birtakım katkı maddeleri eklendikten sonra diğer endüstri kollarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Asit kil prosesi ile çalışacak ve yılda 50000 ton atık yağ işleyecek bir tesisin toplam yatırım maliyeti 28.750 milyon \$'dır. Tesisin geri ödeme süresi 8.2 yıldır. Bir ton baz yağ üretmenin maliyeti ise 349 \$'dır. Tesisin yatırım maliyetini çıkarabilmesi için 349 \$'lık maliyetin üstünde bir fiyata satış yapması gerekmektedir.

Solvent ekstrasyon prosesi ile çalışacak ve yılda 50000 ton atık yağ işleyecek bir tesisin toplam yatırım maliyeti 6.2 milyon \$'dır. Tesisin geri ödeme süresi 1 yıldır. Bir ton baz yağ üretmenin maliyeti ise 125.4 \$'dır.

Ülkemizdeki yağlama yağı tüketiminin, yapılacak analiz yöntemleriyle düzenlenmesi/azaltılması gerekmektedir. Buna bağlı olarak hem milli servetimizin korunması, hem de atık olarak değer bulan bu yağlama yağının ilgili yönetmeliklere göre işlenebilmesi çevrenin korunmasına da olumlu katkılar sağlayacağı gibi, AB uyum çalışmalarının devam ettiği şu günlerde, ülkemizin birliğe entegrasyonunu da kolaylaştırmış olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Anonim 2000, Yakıtlar Yağlar ve Yağlama SHELL Madeni Yağlar Yayını
2. Kullanılmış Endüstriyel / Motor Yağlarının Geri Kazanılması, TÜBİTAK-MAM,24 Nisan 2002, Gebze, KOCAELİ
3. DON Kress, End Uses For Used Oil, President For Excellence Developments Inc., Sudbury,CANADA.
4. KARAOSMANOĞLU Filiz, Adsorsiyon Yöntemi İle Yağlardan Renk Giderilmesi.
5. KARAOSMANOĞLU Filiz, Yağlama Yağları, Mühendis ve Makine Cilt 35, Sayı: 429
6. KOŞAL Nejat, Atık Yağların Geri Kazanılması İle İlgili Teknik Özellikler, Madeni Yağlar Sempozyumu 14-22 KASIM 1991, BURSA.
7. Documents of LUBEC Firm About Waste Oil Recevery, 2004
8. SHELL, Taşıt ve Sanayi Yağlarının Özellikleri ve Başlıca Kullanım Yerleri.
9. KLAMAN D., Lubricants and Related Products, Inc., Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Volume 20 VCH, Verlagsgessellschaft.
10. MTU Lubricants, Section 1, Page 1, 1061/15-01.93
11. CALVIN R.Brunner, Hazardous Waste İncineration
12. MORRIS, A.Levin, AGEINT, Micheal, Biotreatment of Industrial of Hazardous Waste.
13. KISTER, Z.Henry, Dıstillation Design.
14. SARIKAYA, Yüksel, ERDİK, Taner, Temel Üniversite Kimyası.
15. GDS Geri Dönüşüm Petrol Ürünleri San.Tic.Ltd.Şti.
16. ANONİM, ASTM Designation: D 893-97 Standart Test Method For Insolubles In Used Lubricating Oils.
17. ANONİM, ASTM Designation: D 2414-02 A Standart Test Method For Carbon Black-Oil Adsorbsion Number.

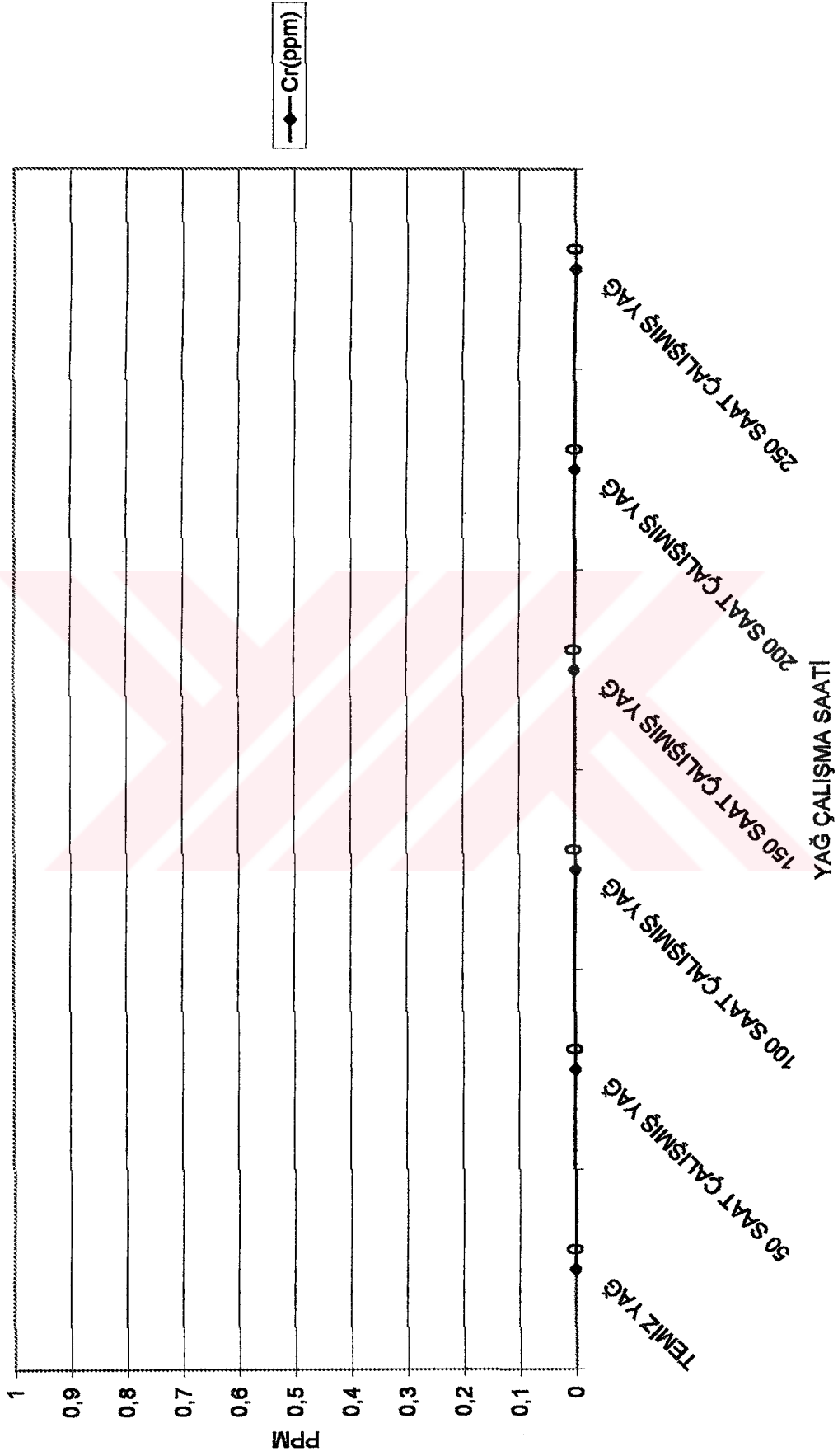
18. ANONİM, ASTM Designation: D 1091-00 Standart Test Method For Phosphorus İn Lubricating Oils and Additives
19. ANONİM, Türk Standartı, Yağlama Yağları ve Gresler.
20. ASM Handbook Volume 18 Friction Lubrication and Wear Tech.
21. Mc-Cabe, M.M. 1989' Waste Oil', Standart Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal
22. RAYMOND Chang, SOYDAN Bahattin, Fen ve Mühendislik Bölümleri için Kimya.
23. BARTZ Wilfred, Lubricants And the enviroments.
24. Betts, H.S. Diesel Engine Waste Oil Recycling Sysytem, US Patent, No: 5,271,808 (1995)
25. Fueteres,C.G., Subirants, M.B., Used mineral Motor Oil Ecological Recycling Procedure, US Patent, No: 5,636,383 (1997)
26. ÇAKICI Ali İhsan, Hidrokarbon Atıkların Geri Kazanımı,Ege Üniversitesi Kimya Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İZMİR,Ocak 2002.
27. Martin E.K.,Onabajo, A., Method of Cleaning and Regenerating Used oil, US Patent, No: 5,141,628 (1992)
28. Sader, G.Process for treating and Regenerating used Oil products., US Patent, No: 4,376,040 (1983)
29. Avrillion,R., Process for Regenerating Lubricating Oils., US Patent, No: 4,045,330 (1977)
30. Shurtleff, Aparatus From Waste Oil For Reclaiming a Useful Oil Product, US Patent, No: 5,271,808 (1973)
31. Moore,F.H.,Malone,P.D., Process for recovering lube oil base stocks from used motor oil formulations, asphalt blend compositions containing used motor oil bottoms from said process, and asphalt pavement compositions containing said asphalt blend compositions., US Patent, No: 6,068,759, (2000)
32. Klamann D. Lubricants And Related Products Inc.,ULLMANSS' Enc.Of Industrial Chemical Volume 17-24. (1989)
33. Gressel,A. Techonologies and methods available for recycling used oils.Research Oil Company, www.liquidrecyclers.org

34. GÜRKAN Berna, Atık Yağların Geri Kazanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Lisans Tezi, İstanbul, Haziran 1998.
35. http://www.iso.org.tr/html/atik_yaglar.doc
36. <http://www.izaydas.com.tr/html/>
37. ATIK YAĞLARIN Kontrolü YÖNETMELİĞİ Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete No:25353, 21 OCAK 2004.
38. Petrol Mühendisleri Odası Yayınları, 2003,2004,2005.
39. <http://www.bcm.org.tr>
40. <http://www.gidbitu.edu.tr>
41. <http://www.gazi.edu.tr>
42. JOINT OİL ANALYSIS PROGRAM MANUAL, US NAVY, 15 MART 1999
43. ÇİLDİR Ozan, Bitkisel Yağ Metil Esterlerinden Dizel Motorlar için Yakıt Üretimi, Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, Haziran 2003.
44. Madeni Yağlar Ve Petrol Ofisi Ürünleri, EKİM 1999
45. Vermont Used Oil Analysis and Waste Oil Furnace Emission Study, Mart 1996
46. <http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/105385/oil.pdf>
47. EPA US Environmental Protection Agency, Managing Used Oil
48. Documents of ATABERK Firm About Waste Oil Recovery, 2004
49. Documents of İSPET Firm About Waste Oil Recovery, 2004
50. ANONİM, ASTM Designation: D 93-94 Standart Test Method For Flash-point by Pensky-Martens Closed cup Tester.
51. ANONİM, ASTM Designation: D 97-93 Standart Test Method For Pour-point of Petroleum Products.
52. ANONİM, ASTM Designation: D 4052-95 Standart Test Method For Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter.
53. ANONİM, ASTM Designation: D 445-94 Standart Test Method For Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids.

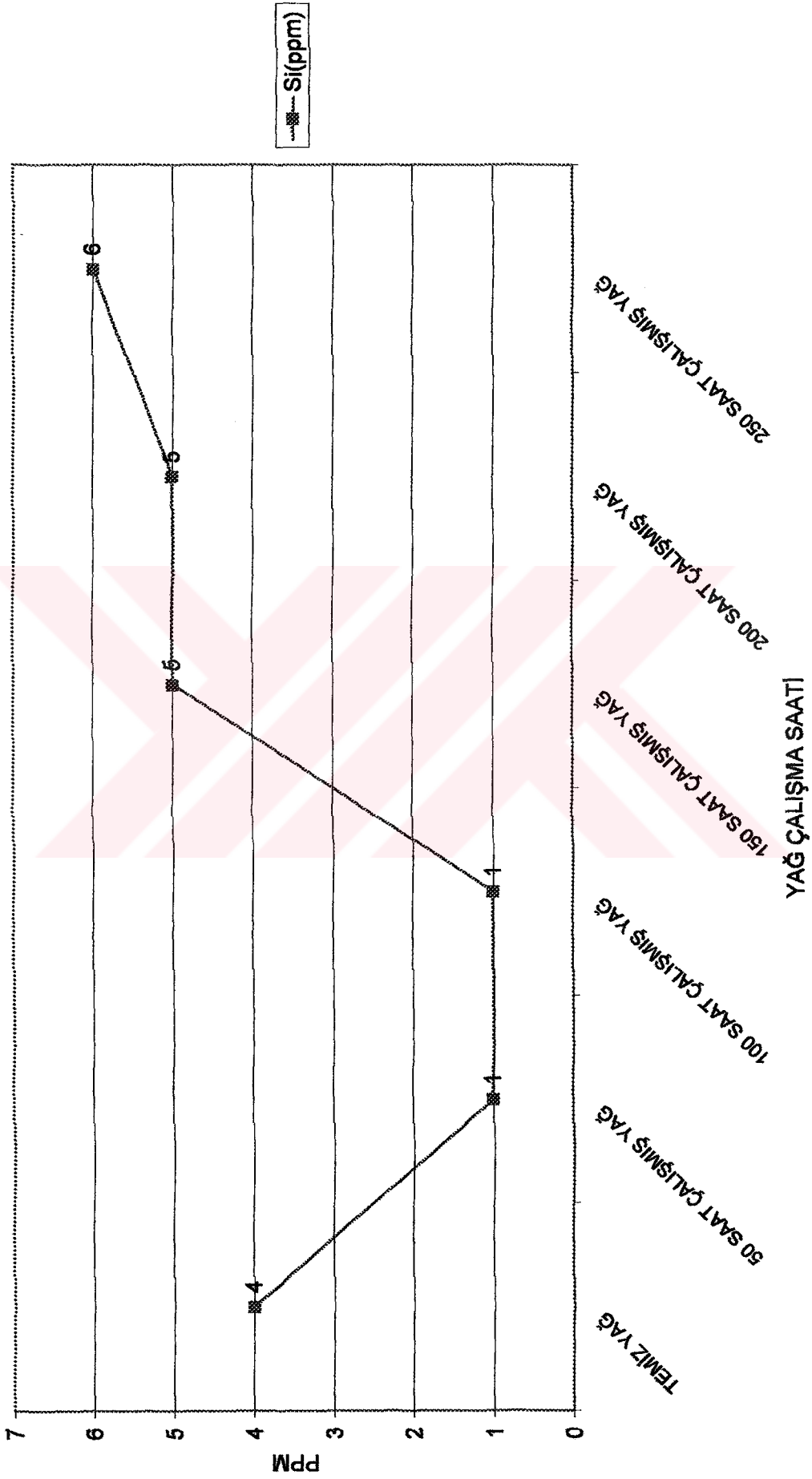
54. ERGÜN Barış, Kullanılmış Motor yağlarının geri kazanım Yöntemleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi, 17-18 Ekim 2003, Bursa.
55. KULELİ,Ömer,Petrol Arıtım Teknolojisi,Çağlayan Kitabevi,1980.
56. JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, NAVAIR 15 MARCH 1999.
57. BALCI Mustafa, Çeşitli yağ katıklarının yağ viskozitesi ve motor sürtünme momentine etkisi, Yanma Sempozyumu 21-23 Temmuz 1997, BURSA.
58. BALCI Mustafa, Motor yağı kullanım süresinin, yağ viskozitesi değişimine ve motor performansına etkileri, Yanma Sempozyumu 21-23 Temmuz 1997, BURSA.

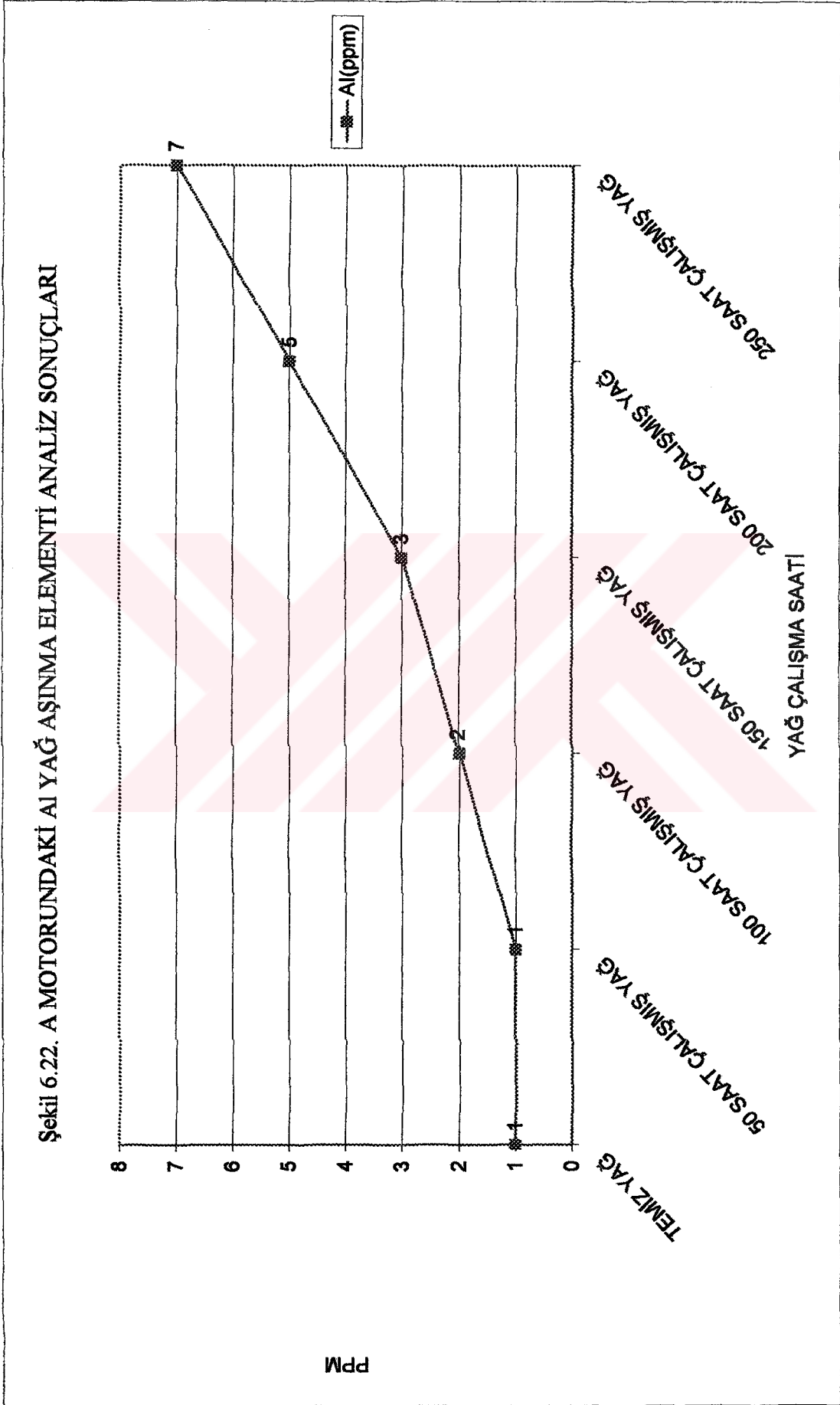


Şekil 6.20. A MOTORUNDAKİ Cr YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI

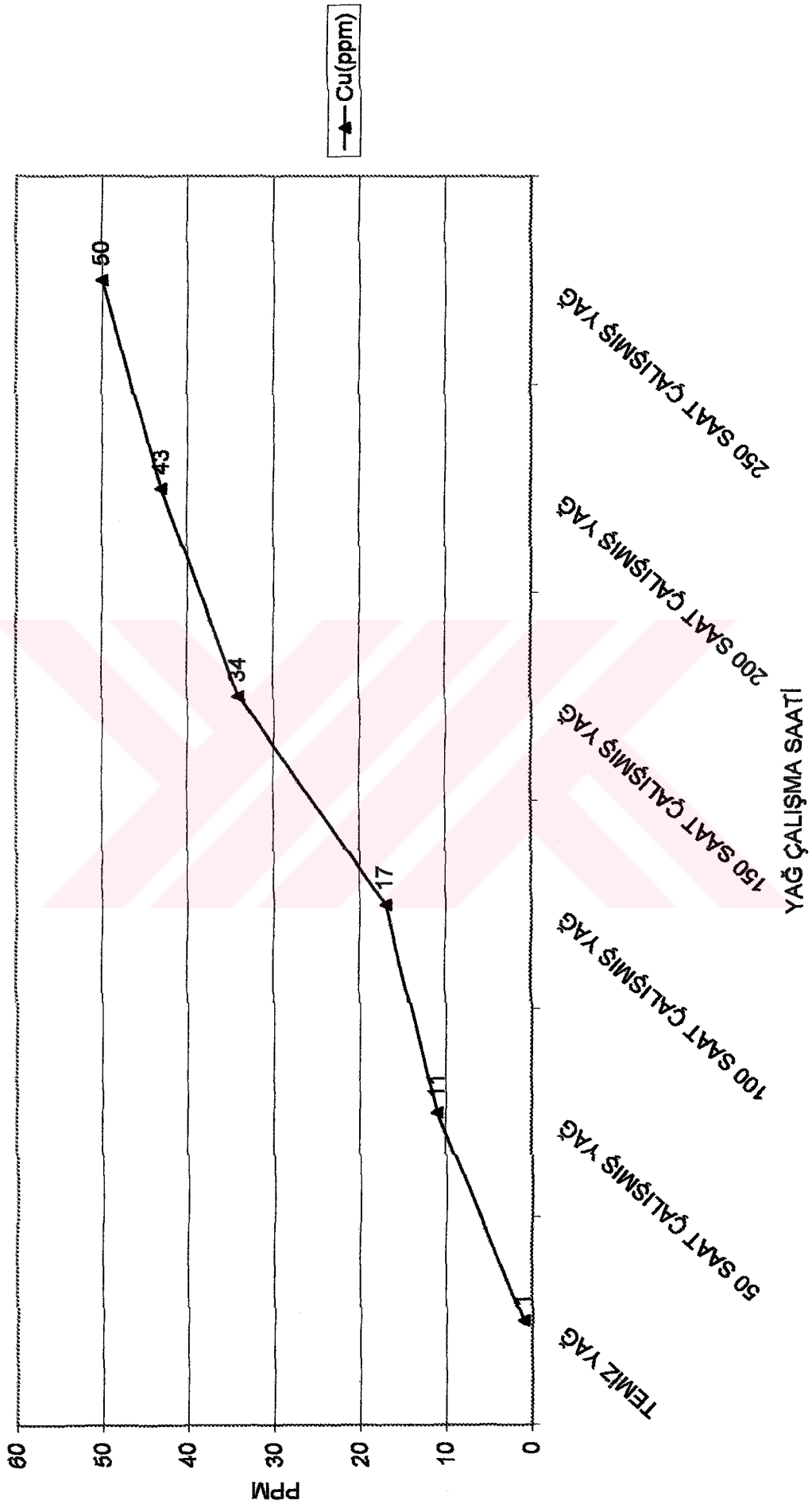


Şekil 6.21. A MOTORUNDAKİ Sİ YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI

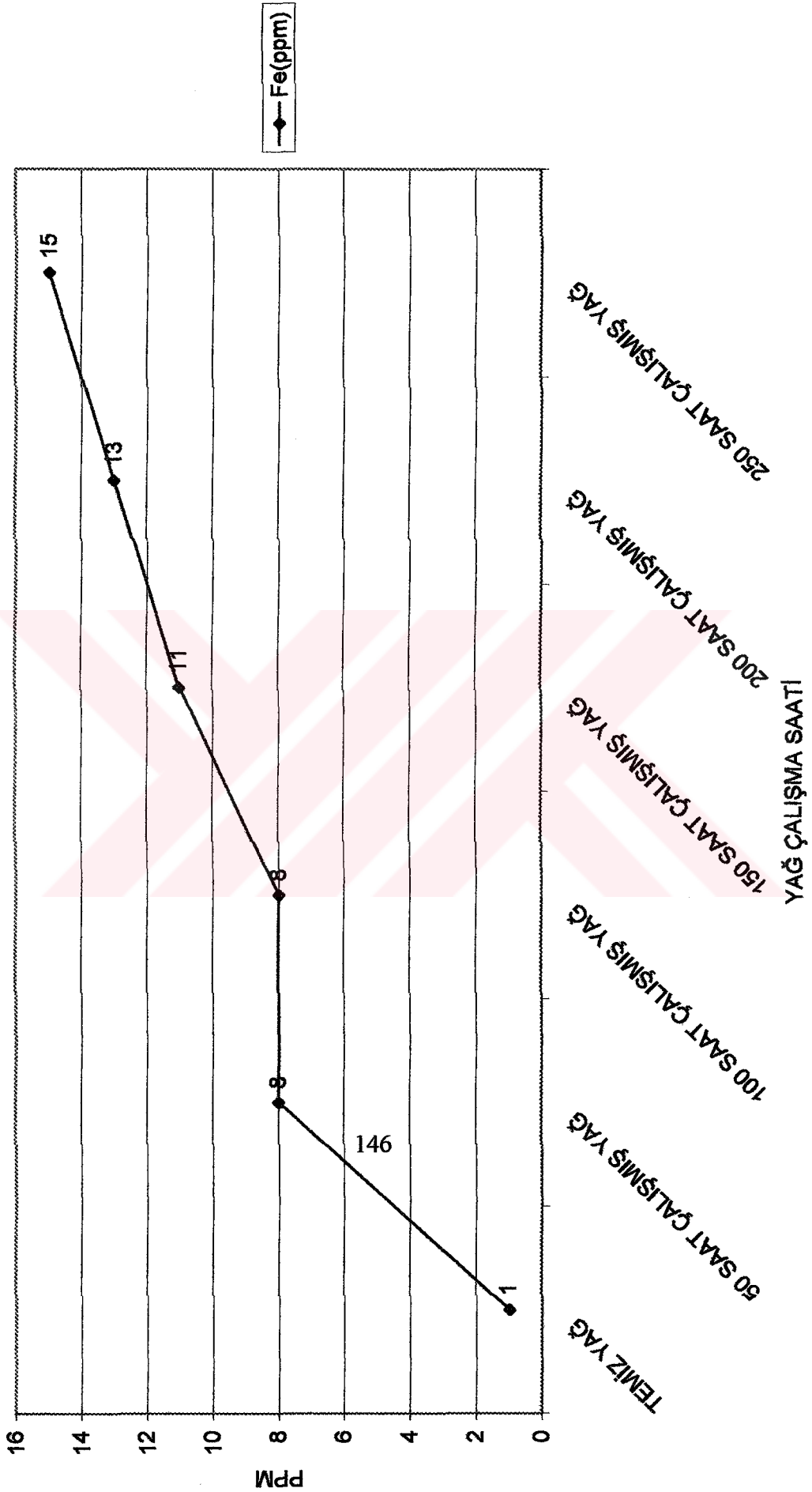




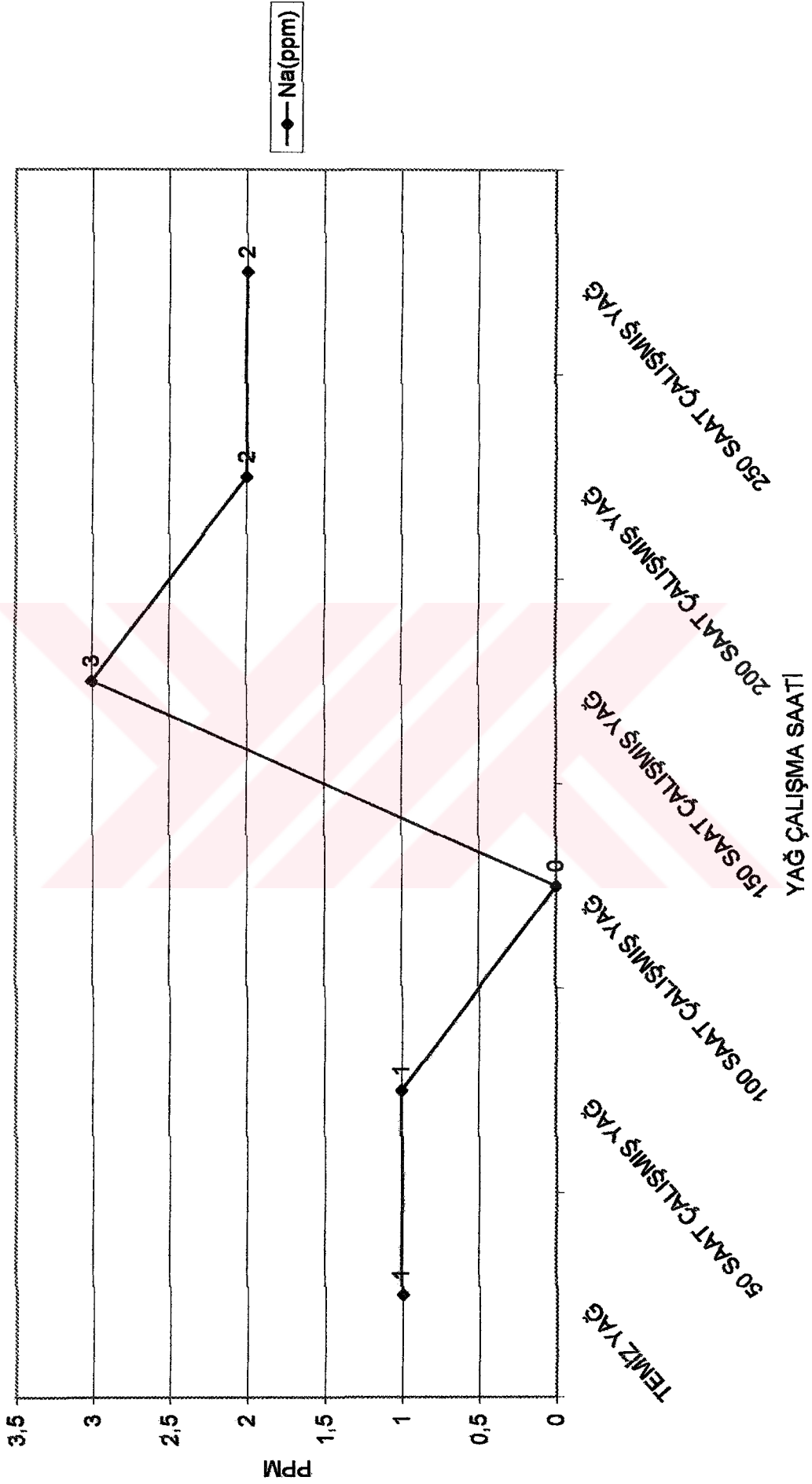
Şekil 6.23. A MOTORUNDAKİ Cu YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI



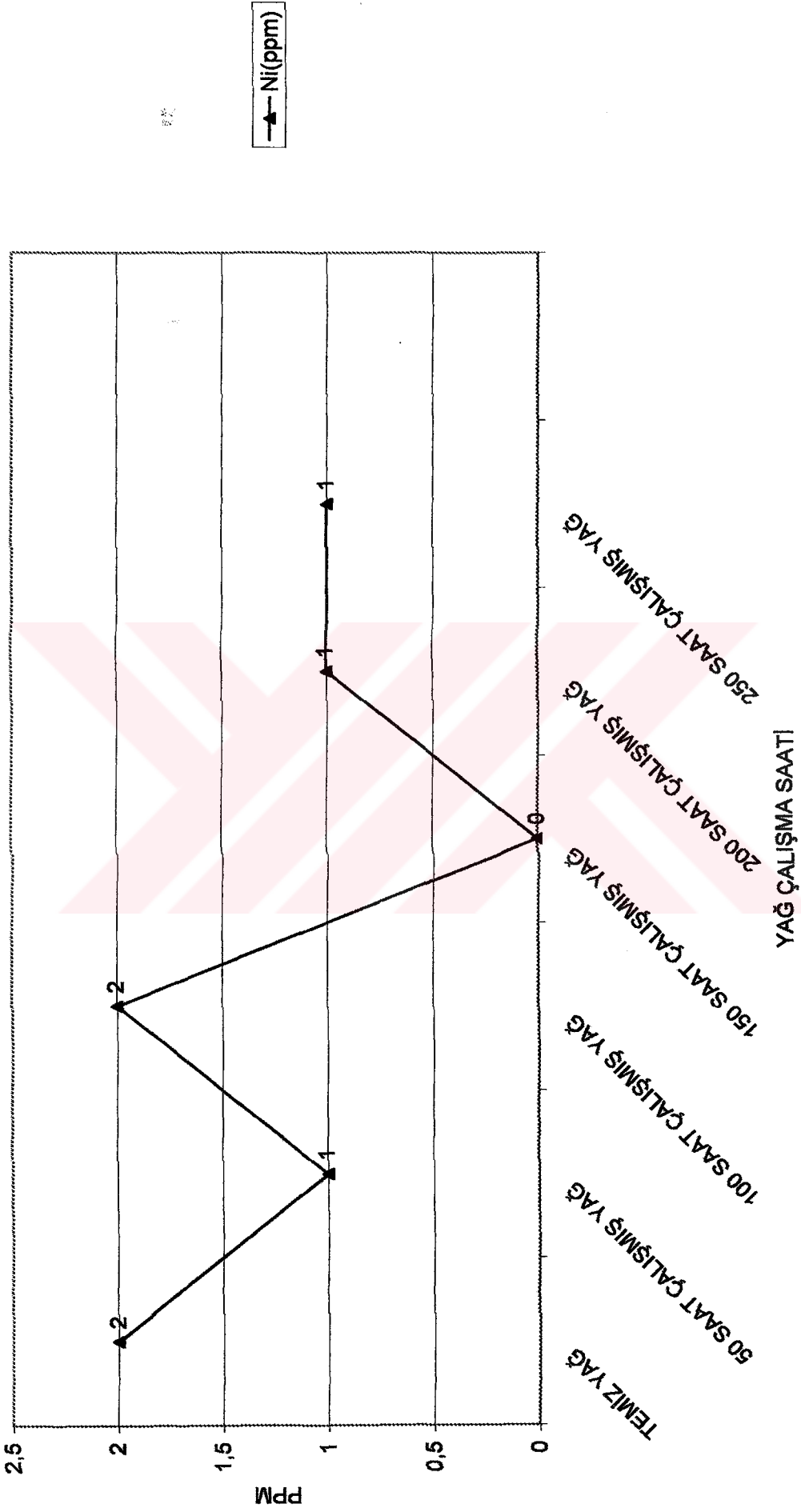
Şekil 6.24. A MOTORUNDAKİ Fe YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI



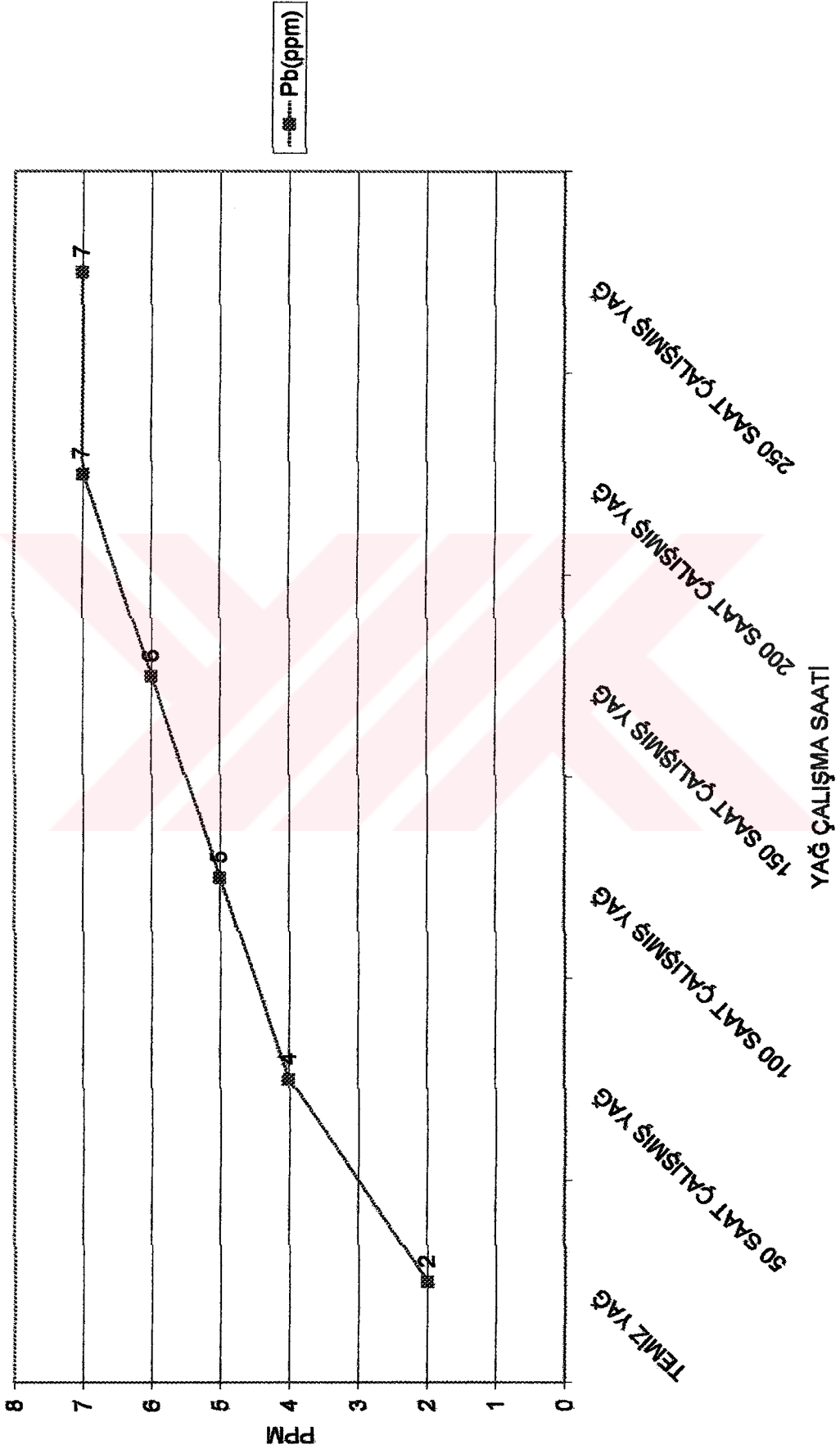
Şekil 6.25. A MOTORUNDAKİ Na YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI



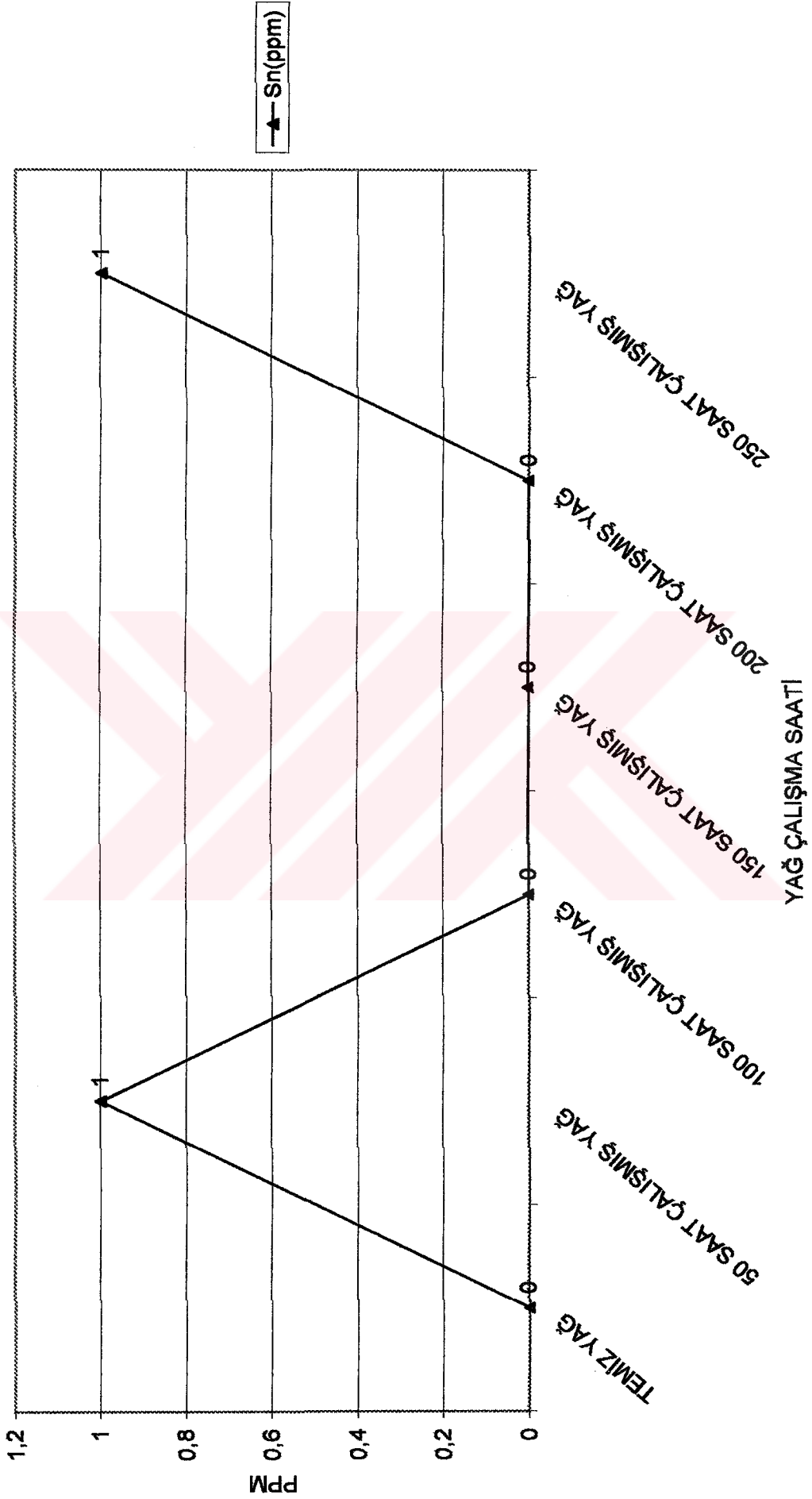
Şekil 6.26. A MOTORUNDAKİ Nİ YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI



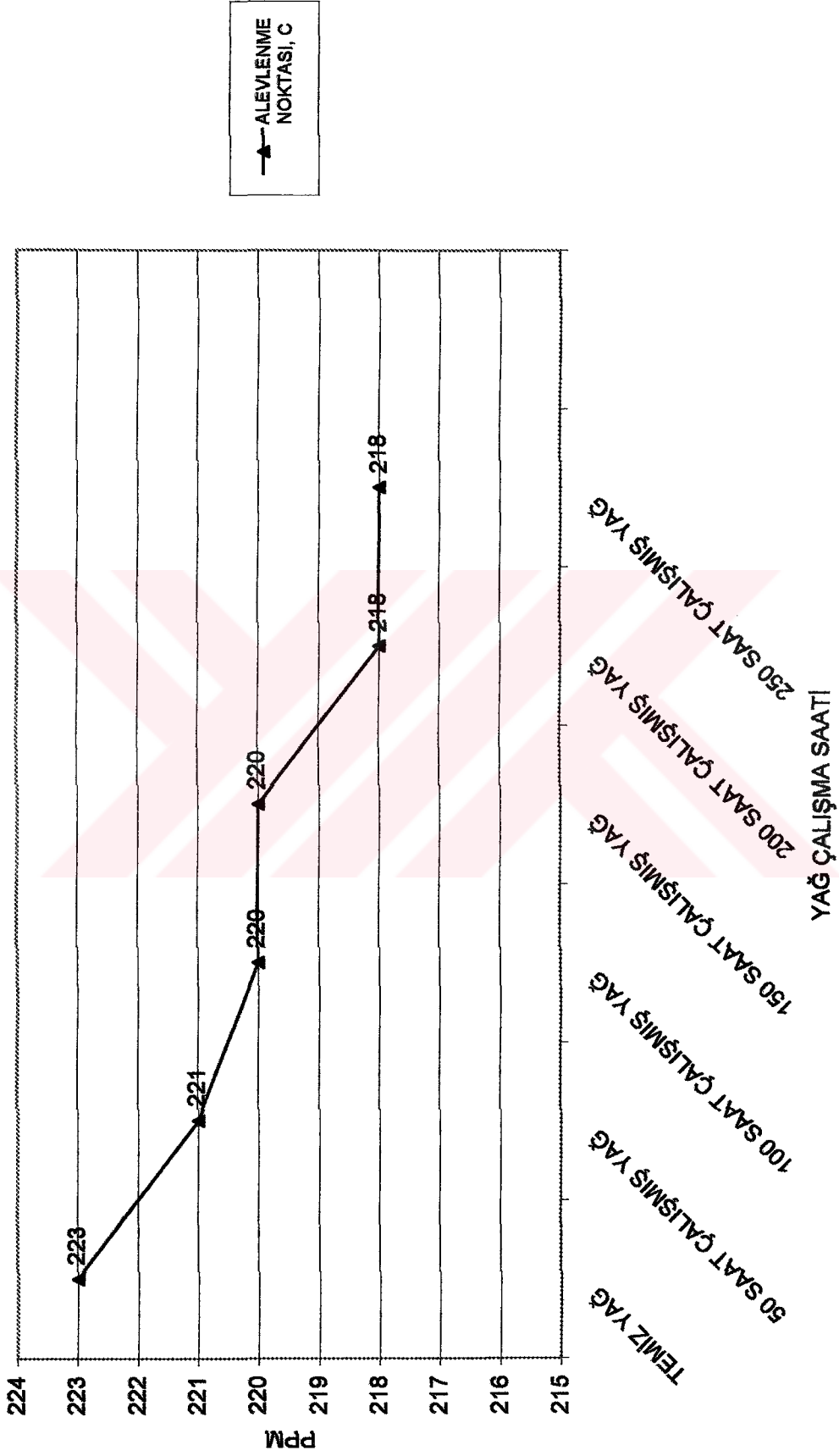
Şekil 6.27. A MOTORUNDAKİ Pb YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI



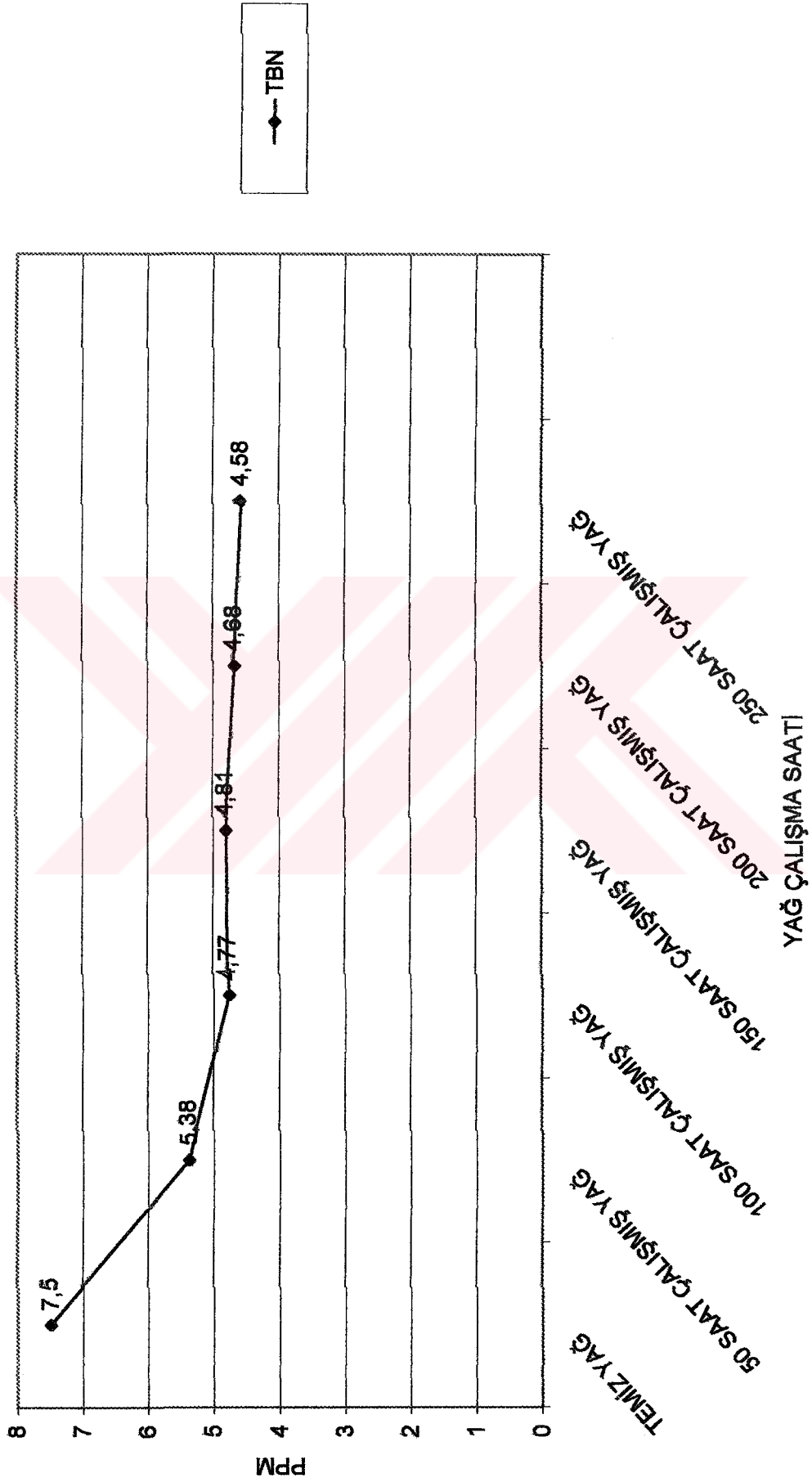
Şekil 6.28. A MOTORUNDAKİ Sn YAĞ AŞINMA ELEMENTİ ANALİZ SONUÇLARI



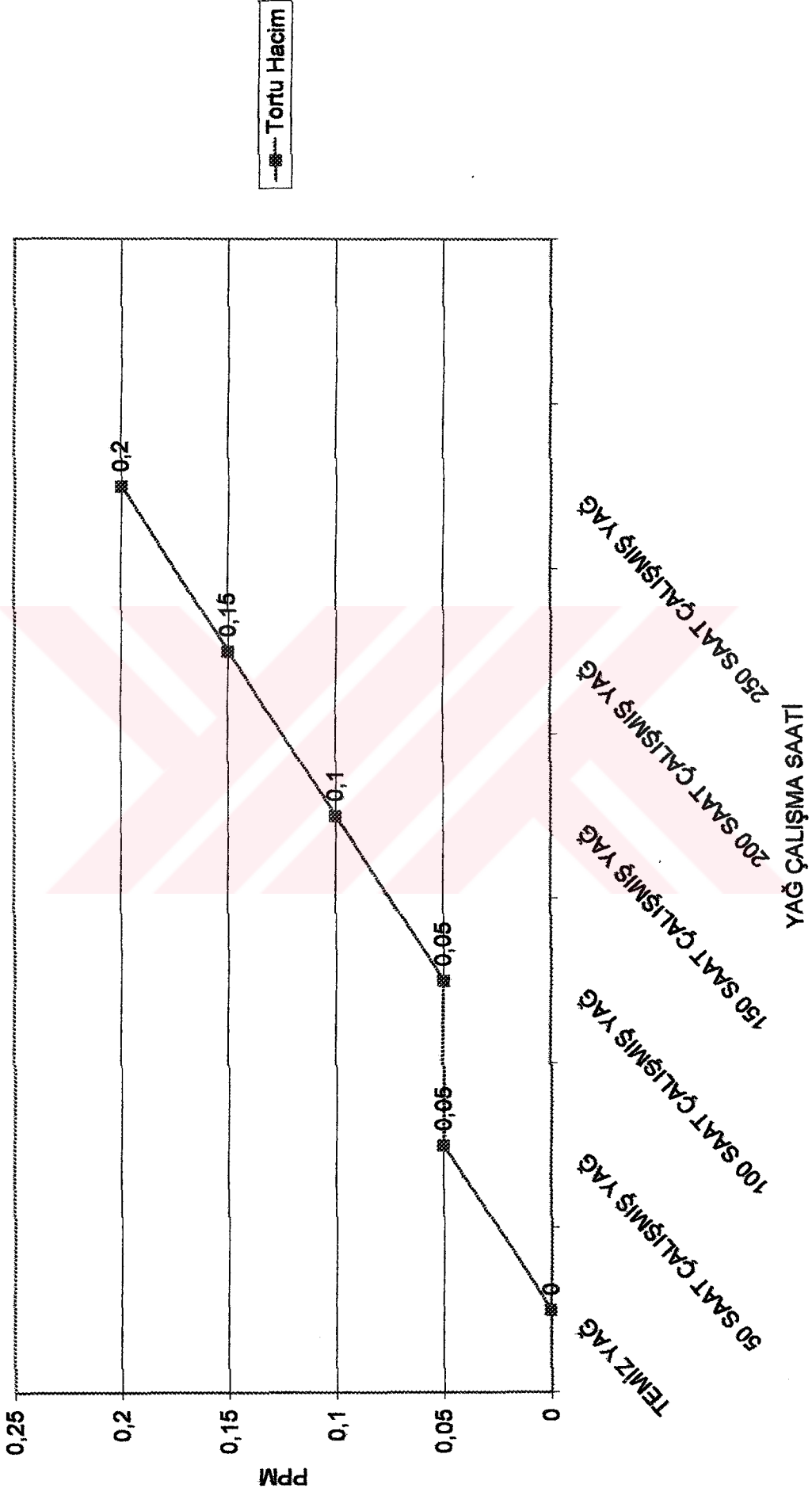
Şekil 6.29. A MOTORU ALEVLENME NOKTASI YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



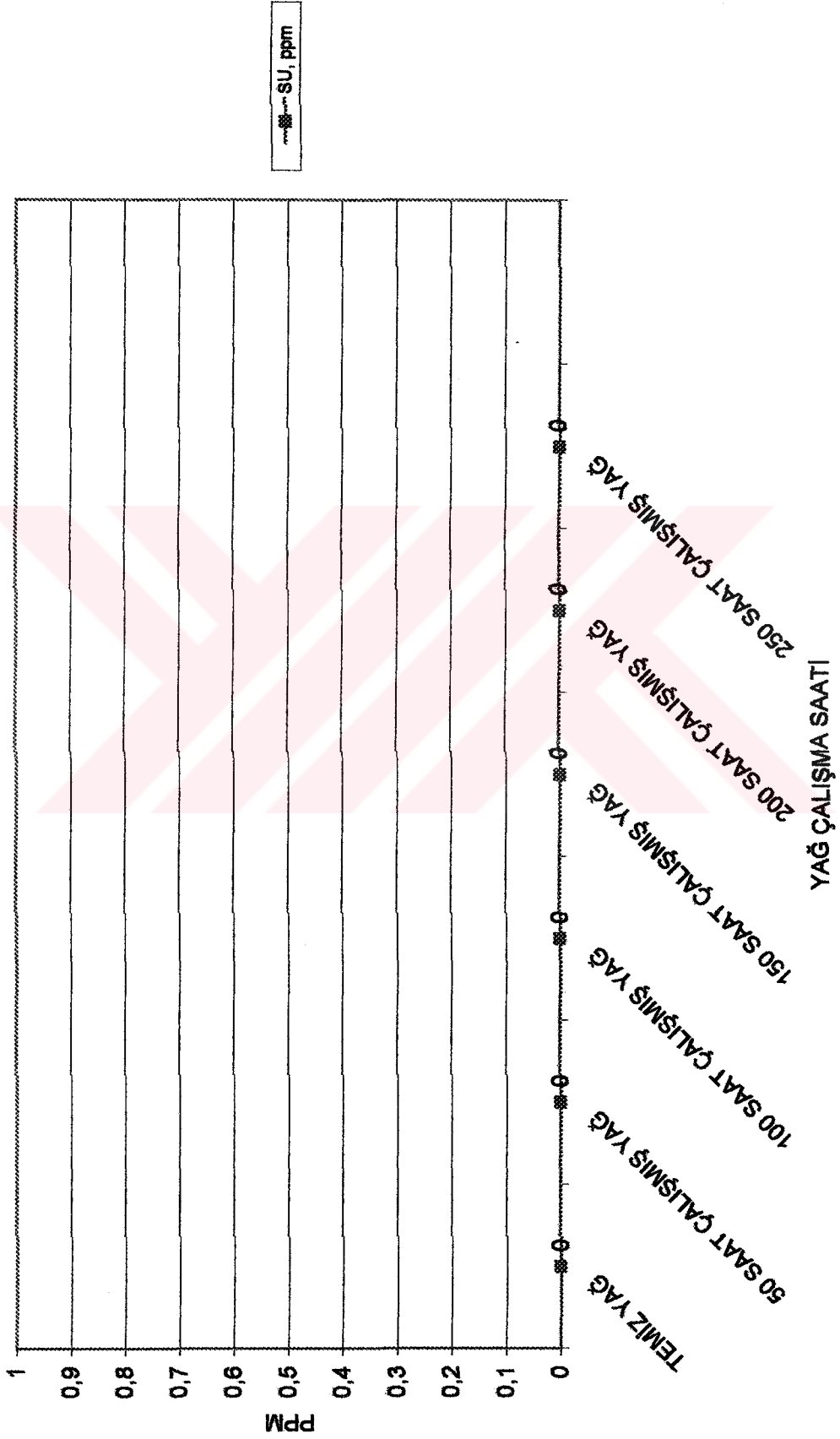
Şekil 6.30. A MOTORU TBN YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



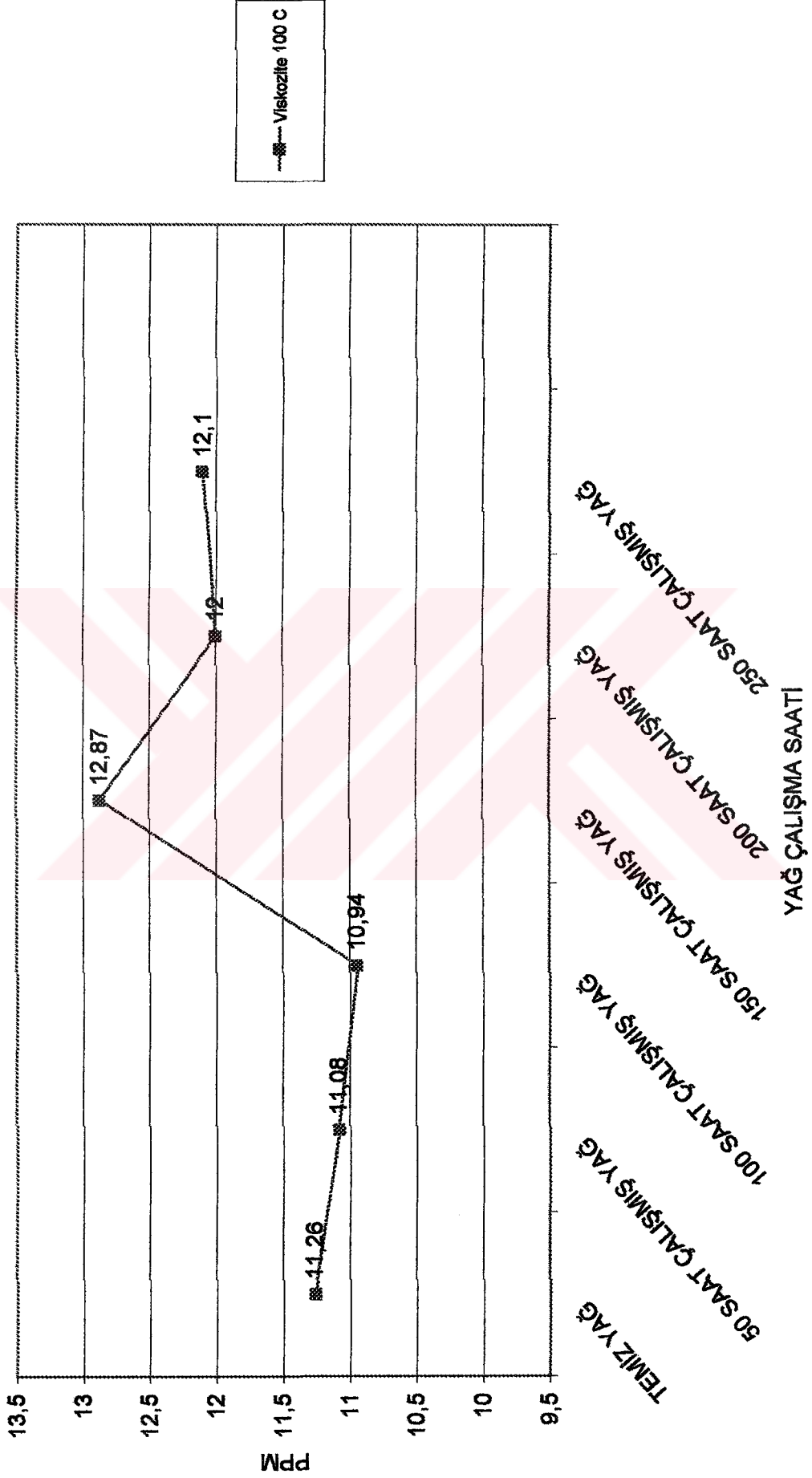
Şekil 6.31. A MOTORU Tortu Hacim YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



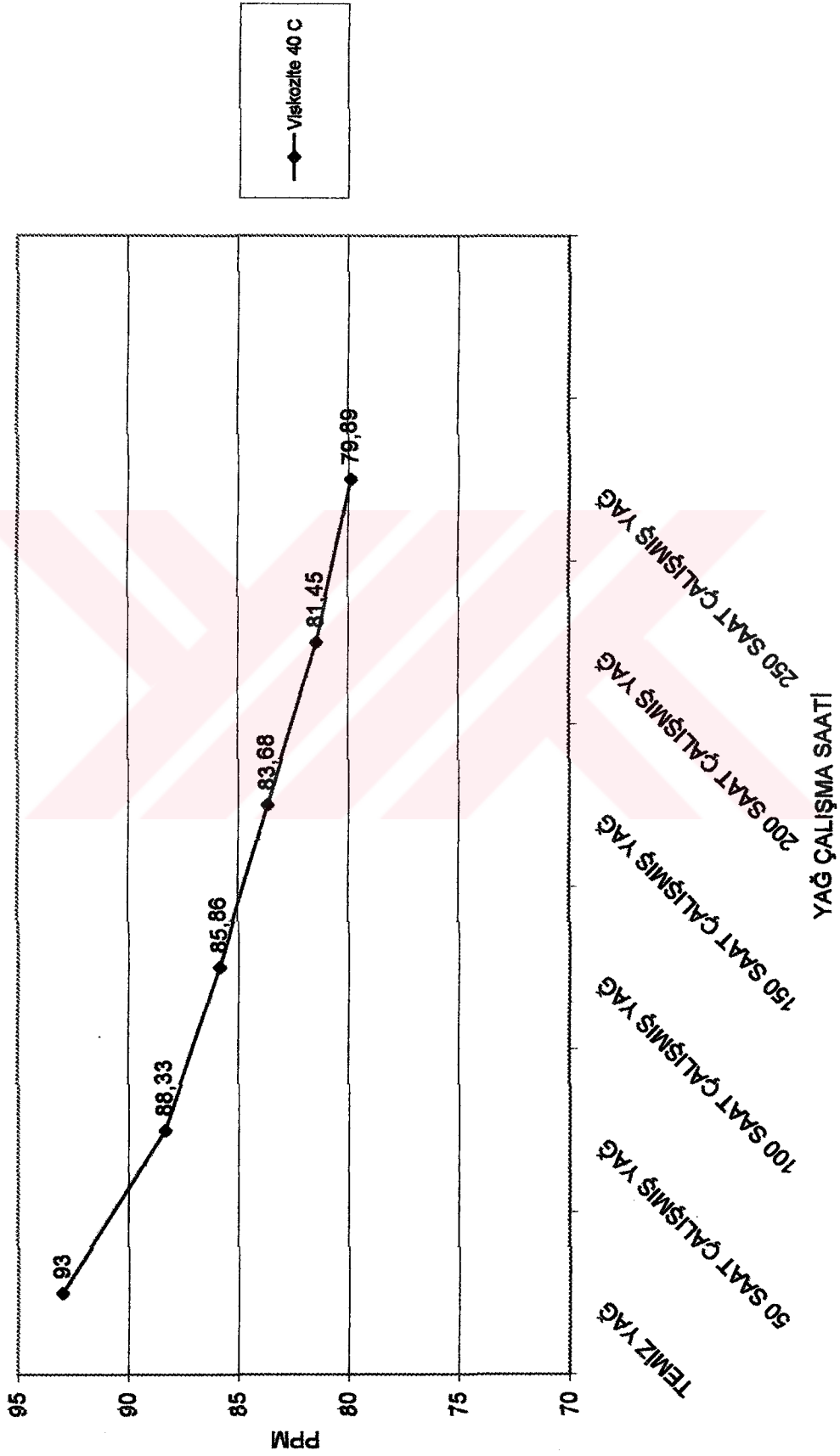
Şekil 6.32. A MOTORU Su YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



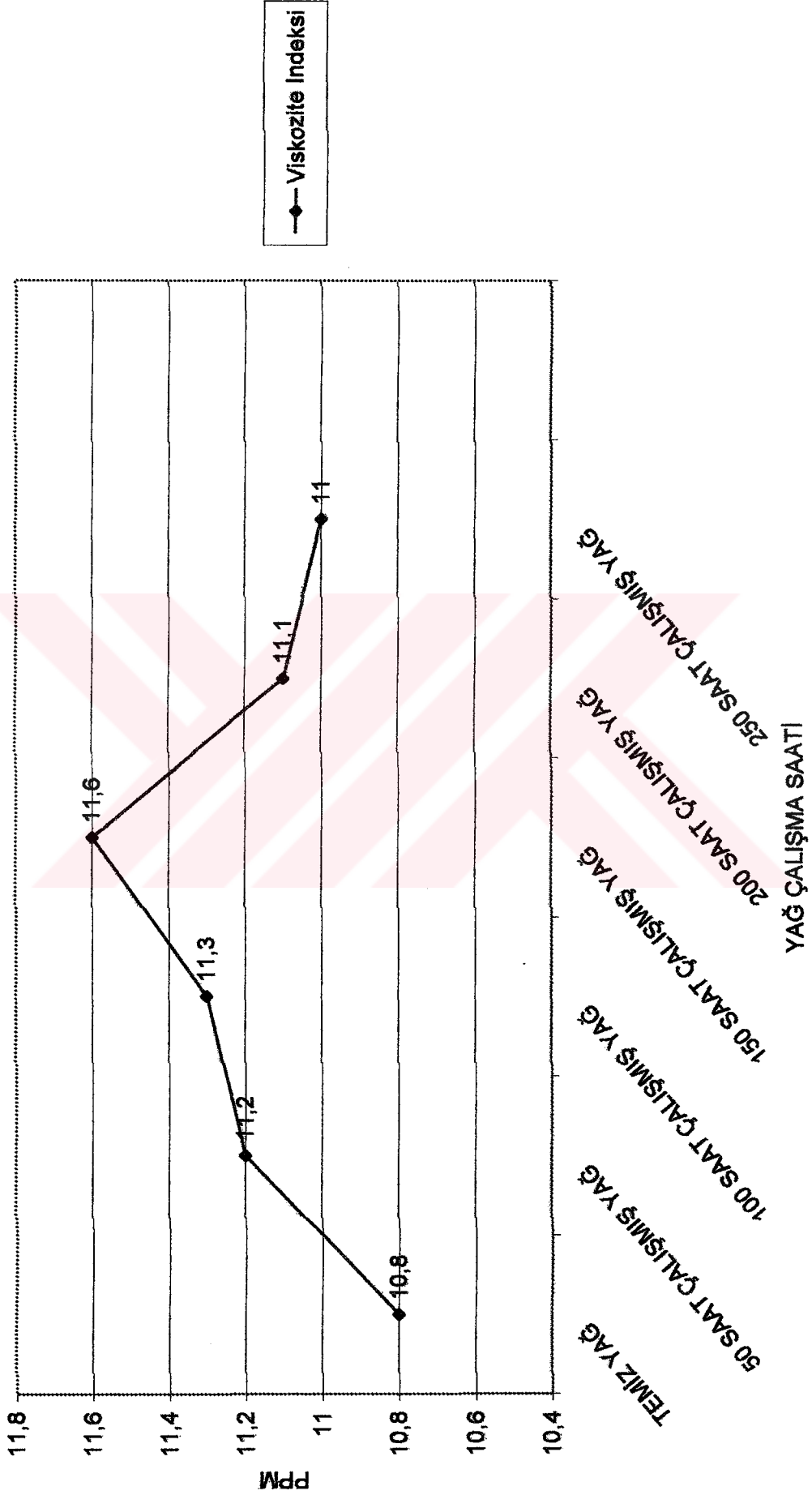
Şekil 6.33. A MOTORU Viskozite 100 C YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



Şekil 6.34. A MOTORU Viskozite 40 C YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



Şekil 6.35. A MOTORU Viskozite İndeksi YAĞ ANALİZ SONUÇLARI



6.36. A MOTORUNDAKİ YAĞ AŞINMA ELEMENTLERİ ANALİZ SONUÇLARI

Yağ Çalışma Saati(Makine Saati)	Cr(ppm)	Pb(ppm)	Ni(ppm)	Na(ppm)	Al(ppm)	Cu(ppm)	Fe(ppm)	Si(ppm)	Sn(ppm)
TEMİZ YAĞ	0	2	2	1	1	1	1	4	0
50 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	0	4	1	1	1	11	8	1	1
100 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	0	5	2	0	2	17	8	1	0
150 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	0	6	0	3	3	34	11	5	0
200 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	0	7	1	2	5	43	13	9	0
250 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	0	7	1	2	7	50	15	6	1
Limit Değer	10	20	5	50	20	30	50	15	15

Yukarıdaki limit değerler shell firmasının dizel motorlar için oluşturduğu uyarı kriterleridir.

6.37. A MOTORU YAĞ ANALİZ SONUÇLARI

Yağ Çalışma Saati(Makine Saati)	TBN	SU, ppm	Viskozite 40 C	Viskozite 100 C	ALEVLENME NOKTASI, C	Viskozite İndeksi	Tortu Hacim
TEMİZ YAĞ	7,5	0	93	11,26	223	10,8	0
50 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	5,38	0	88,33	11,08	221	11,2	0,05
100 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	4,77	0	85,86	10,94	220	11,3	0,05
150 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	4,81	0	83,68	12,87	220	11,6	0,1
200 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	4,68	0	81,45	12	218	11,1	0,15
250 SAAT ÇALIŞMIŞ YAĞ	4,58	0	79,89	12,1	218	11	0,2

min : 150

Yeni yağın % 50 max : %0; Yağ değişimi min : 9

si kritik değer olarak kabul edilir.

için 100 C max : 15

viskozite kriter kabul edilir.

Indexin 100 ün

üstünde olması

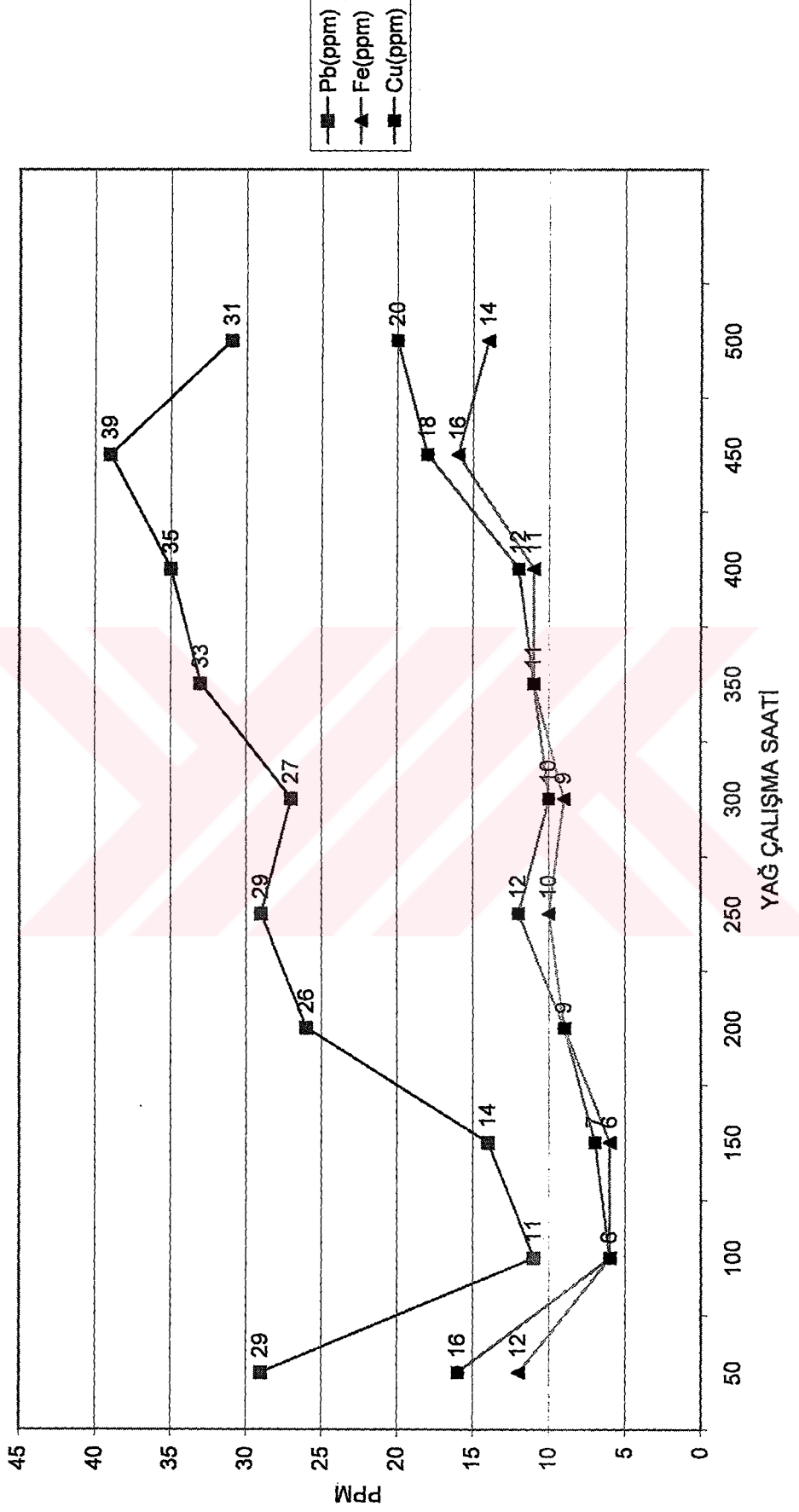
viskozitenin

sıcaklıkla daha az

değiştiğini

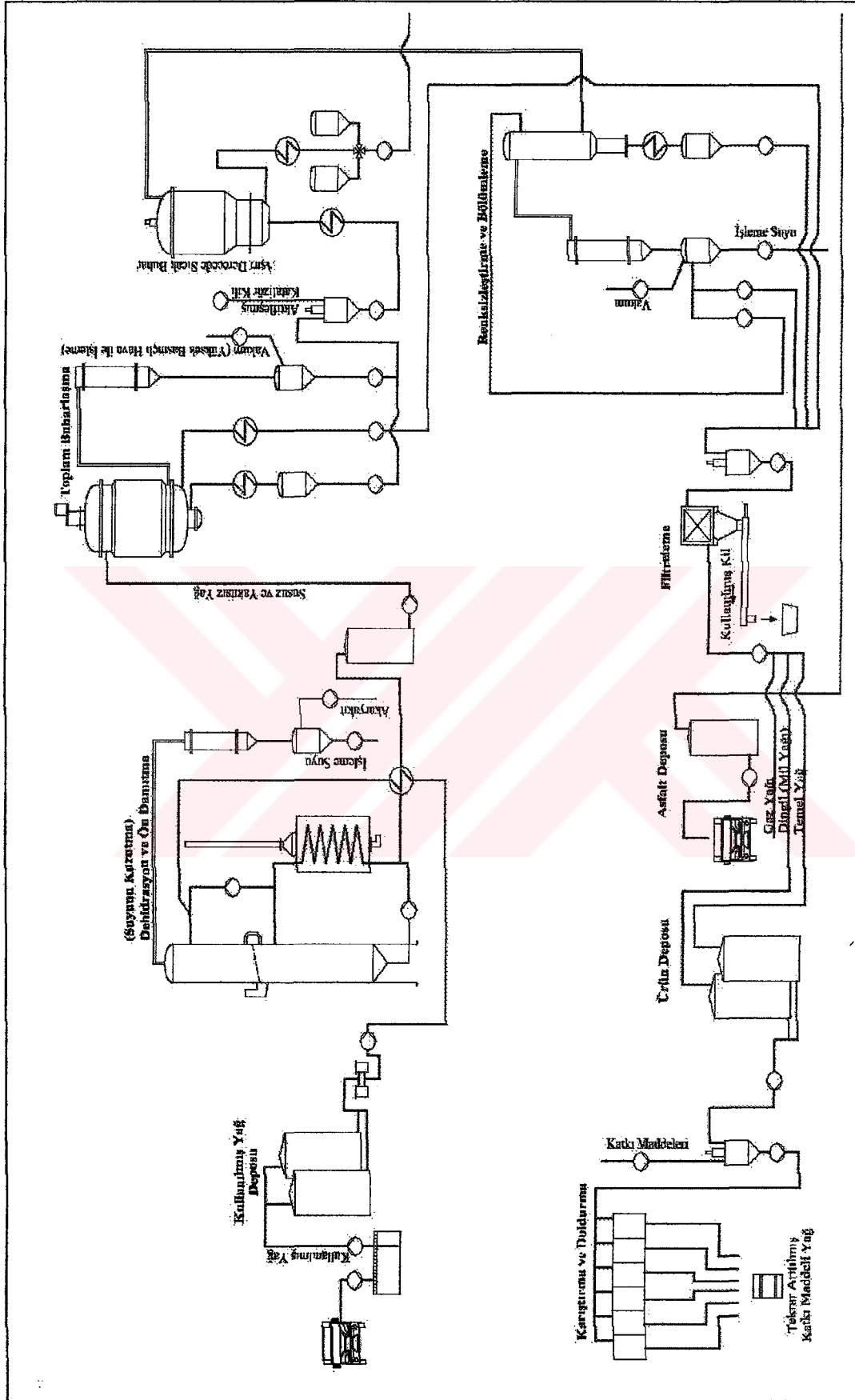
gösterir.

Şekil 6.38. B MOTORU YAĞDAKİ AŞINMA ELEMENTLERİ ANALİZ SONUÇLARI



Şekil 6.39. Kullanılmış Yağ Ve İyileştirilmiş Yağ Karşılaştırılması

ÖZELLİKLER	ASTM	KULLANILMAMIS YAĞ LİMİTLERİ *	KULLANILMAMIS YAĞ****	KULLANILMIŞ YAĞ LİMİTLERİ **	KULLANILMIŞ YAĞ	İYİLEŞTİRİLMEMİŞ YAĞ LİMİTLERİ ***	İYİLEŞTİRİLMİŞ YAĞ
RENK MAX	D1500	-----	0,5	SİYAH	SİYAH	1,0	1,0
KARBON TORTU	D524	0	0	-----	0,05	0,001	0
Alevlenme Nok. (°C) min	D92	220	225	190	218	185	180
Akma Nok. (°C) max	D97	-----	-21	-----	-18	-12	-10
Kinematik Vis.100°C	D445	9,5-12,5	11,0	9,0-15,0	12,61	3,9-4,3	6,39
MİKTAR ml.		400	400	-----	400	%70	300
Viskozite indeksi MIN	D2270	80	108	-----	110	90	100
<p>* MIL-PRF-2104G LUBRICATING OIL, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, COMBAT/TACTICAL SERVICE ** DİZEL MOTORLAR İÇİN KULLANILAN YAĞ ANALİTİK LİMİT DEĞERLERİ (TECHNICAL PUBLICATION, FLUIDS AND LUBRICANTS SPECIFICATION, DETROIT DIESEL AND MTU, A001061/29E) *** EVERGREEN OIL COMPANY BASE OIL PRODUCT SPECIFICATION, 2355 MAIN STREET, SUITE 230 IRVINE, CA, USA 92614 **** SHELL RİMULA X-30 YAĞLAMA YAĞI</p>							



Şekil 6.40. Kullanılmış Madeni Yağ Geri Dönüşüm Prosesi Şeması.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Edremit'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini Edremit'te, lise öğrenimini Deniz Lisesi Komutanlığı'nda tamamladı. 1993 yılında girdiği Deniz Harp Okulu Komutanlığı Makine Mühendisliği Bölümü'nden 1997 yılında mezun oldu.

15 EYLÜL-01 ARALIK 1997 tarihleri arasında Derince Eğitim Merkezi Komutanlığı'nda Motorlu Gemiler Y/S Görev Öncesi Eğitimi aldıktan sonra 01 ARALIK 1997-17 AĞUSTOS 1998 tarihleri arasında TCG ORUÇREİS Komutanlığı Y/S NBC Subayı Yrdc'lığı., 31 AĞUSTOS 1998-27 NİSAN 1999 tarihleri arasında TCG ATMACA II.ÇARKÇI'lığı görevlerinde bulundu. Daha sonra 28 Nisan-23 ARALIK 1999 tarihleri arasında Kurtarma Ve Sualtı Komutanlığı'nda SAT Eğitimi almasını müteakip 03 OCAK 2000-12 TEMMUZ 2001 tarihleri arasında TCG ORUÇRERİS Elektrik Subaylığı, 12 TEMMUZ 2001-06 EYLÜL 2004 tarihleri arasında TCG ORÇREİS Yara Savunma NBC subaylığı görevlerinde bulundu ve son olarak 09 EYLÜL 2004-04 ŞUBAT 2005 tarihleri arasında Derince Eğitim Merkezi Komutanlığı'nda Makine Subay Eğitiminden sonra halihazırda Gölcük Tersanesi Komutanlığı emrinde TCG HAVUZ-2 Komutanı olarak görev yapmaktadır.