

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRESEL ETKİ POTANSİYELİ AÇISINDAN 10 NUMARA YAĞLARIN
BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yasin UZUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

2014

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRESEL ETKİ POTANSİYELİ AÇISINDAN 10 NUMARA YAĞLARIN
BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yasin UZUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Bu tez "2013.02.0121.032" proje numarasıyla Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

2014

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRESEL ETKİ POTANSİYELİ AÇISINDAN 10 NUMARA YAĞLARIN
BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yasin UZUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 19/09/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oyların Çoğunluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Kadir GEDİK (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Ayça ERDEM
Yrd. Doç. Dr. Yunus ÖNAL



ÖZET

ÇEVRESEL ETKİ POTANSİYELİ AÇISINDAN 10 NUMARA YAĞLARIN BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yasin UZUN

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kadir GEDİK
Eylül 2014, 98 sayfa

Ham petrolde dışa bağımlılık ve buna paralel gelişen fiyat politikası, ülkemizde, özellikle taşımacılık ve ulaşım sektöründe dizele alternatif bir yakıt olarak görülen "10 Numara Yağ" isimli ürünün kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bu çalışma kapsamında, ilgili jenerik ürünün kullanım amacına yönelik teknik özellikleri ve buna bağlı oluşabilecek çevresel riskler değerlendirilmiştir. Türkiye'nin farklı illerinden toplanan 30 adet numune, 12 fizikokimyasal parametre özelinde incelenerek verilerin dağılımı ve numune içerikleri irdelenmiştir. Analiz sonuçları, numunelere ait verilerin ilgili standart veya literatürde yer alan dizel veya ham petrol destilasyon ürünleriyle uyum göstermediğini, belirli bir üretim standardının olmadığını ve içerisinde baz yağa ek olarak kızartma yağı, solvent, kaçak mazot gibi katkıların karıştırıldığı ihtimalini göstermiştir. Dolayısıyla, dizele eşdeğer özelliklere sahip olmayan bu ürünün kullanılmasıyla başta atmosfere salınacak kirletici tipi ve çeşitliliği olmak üzere halk sağlığını olumsuz yönde etkileyecek sorunların yaşanması kaçınılmaz bir gerçektir.

ANAHTAR KELİMELER: Dizel, Baz Yağ, Atık yağ, Yanma, Hava kalitesi

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. Kadir GEDİK (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Ayça ERDEM
Yrd. Doç. Dr. Yunus ÖNAL

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF NUMBER 10 LUBES IN RELATION TO THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT POTENTIAL

Yasin UZUN

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Kadir GEDİK

September 2014, 98 pages

External dependence for supply of crude oil and related pricing policies have given rise to the use of Number 10 lubes, which has been used as an alternative fuel to diesel in transportation and freight industries. In this study, technical characteristics and associated environmental risks of this generic product have been evaluated. A total of 30 samples from various provinces of Turkey were analyzed in terms of 12 physicochemical parameters in an effort to reveal the distribution of data and sample content. The results of the analyses have shown that samples do not comply with the related standards or the diesel/crude oil distillation products as stated in the related literature and do not have any production standards. The results also indicated the possibility of additives such as cooking oil, solvents, and illegal fuel together with base oils in the samples. Therefore, the use of such fuel having the non-equivalent diesel properties creates problems with the release of variety of pollutants to the atmosphere and hence threatens public health.

KEYWORDS: Diesel, Base oil, Waste oil, Combustion, Air quality

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Kadir GEDİK (Supervisor)

Asst. Prof. Dr. Ayça ERDEM

Asst. Prof. Dr. Yunus ÖNAL

ÖNSÖZ

Son yıllarda önemli bir gelişme ve kalkınma hamlesi yapan ülkemizde, endüstriyel gelişime paralel olarak çevresel sorunların da kapsamlı olarak ele alınması gerektiği önem arz etmektedir. İthal edilen önemli enerji hammaddelerinden olan petrol ve petrol ürünleri ulusal kalkınma performansımızı doğrudan etkilemektedir. Son on yılda sıkça ismi duyulur hale gelen "10 Numara Yağ" sorununun kökeninde, artan enerji maliyetlerini düşürmeye yönelik yurt dışında yaygın olarak motorine ek veya yerine kullanılan bu jenerik yakıtın oluşturduğu çevresel ve ekonomik nedenler yatmaktadır.

Bu araştırmada; ekonomik olarak yüksek bir cazibeye sahip standart dışı bir ürün olan 10 numara yağ isimli yakıtın, ilgili tüketiciler (şoförler) tarafından bilinçli bir şekilde, kamyon ve otobüs gibi dizel araçlarda kullanılmasından kaynaklanan çevresel boyut irdelenmiştir. Yaygın etkiye sahip bu sorunun araştırılmasında, öncelikle, daha dar çerçeveden başlanması gerektiği olgusundan hareketle, "10 Numara Yağ" adlı ürünün yakıt özellikleri ve sektörde yaşanan "tağşiş" ele alınmıştır. Bu durumu açığa kavuşturabilmek için ülkemizin farklı illerden numuneler toplanarak fizikokimyasal özellikleri incelenmiş, elde edilen veriler yakıt karakteristikleri ile karşılaştırılarak ilgili ürünün kullanılması sonucu oluşabilecek çevresel sorunlar irdelenmiştir. Araştırma gerek materyal gerekse de yöntem yönünden bu alanda yapılan ilk çalışma olup bundan sonra yapılacak benzer çalışmalara kaynak oluşturabilecek niteliktedir.

Bu çalışmada yer alan bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallar dâhilinde ele alındığı, ayrıca, "iThenticate" isimli intihal analiz programında taranarak (tırnak işareti ile ifade edilen kısım ve çalışmada atıfta bulunulan kaynakça bölümü dışlandığında) %17 benzerlik oranı bulunmuştur. Yaklaşık 14 milyon web sayfası ve 50000 üzerindeki akademik dergi ve kitaptan oluşan veritabanıyla karşılaştırılan çalışmadan elde edilen oranın, ilgili literatür dikkate alındığında (%15-20), kabul edilebilir nitelikte olduğu görülmüştür. Projeyi (2013.02.0121.032) maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim. Bu çalışma süresince tüm desteğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Kadir GEDİK'e, analizlerin yapılması ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Yunus ÖNAL'a, teze değerli katkıları ile Arş. Gör. Mehmet YURDAKUL'a, 10 numara yağ numunelerin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Göre. Emine Can GÜVEN'e ve yüksek lisans öğrencileri Dilek BOLAT, Halil ÇELİK ve Ahmet BORAN'a ve son olarak bu tez çalışması boyunca gece ve gündüz desteklerini her daim yanımda hissettiren başta eşim olmak üzere tüm kıymetli ailemin fertlerine ayrı ayrı çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....	3
2.1. 10 Numara Yağ.....	3
2.2. 10 Numara Yağ Sorunu ve Bileşenleri.....	3
2.2.1. Ham Petrol.....	4
2.2.2. Yağ, Yağlayıcı ve Yağlama.....	6
2.2.3. Baz Yağlar	6
2.2.4. Madeni Yağlar	8
2.2.5. Atık Motor Yağları.....	9
2.2.6. Bitkisel Atık Yağlar	12
2.2.7. Diğer Ürünler.....	13
2.3. 10 Numara Yağ Sorununa Genel Bakış.....	13
2.3.1. Ekonomik Boyutu	13
2.3.2. Kullanıcı Değerlendirmeleri.....	17
2.3.3. Meclis Soru Önergeleri ve Medya Haberleri.....	17
2.3. Çevre ve Sağlık Boyutu.....	18
2.4. 10 Numara Yağ veya Baz Yağ Konulu Çalışmalar.....	32
3. MATERYAL ve METOT	34
3.1. Materyal.....	34
3.2. Fizikokimyasal Analizler.....	34
3.2.1. Yoğunluk	36
3.2.2. Viskozite.....	36
3.2.3. Parlama Noktası.....	37
3.2.4. Akma Noktası	38
3.2.5. Su İçeriği.....	38
3.2.6. Kükürt İçeriği.....	39
3.2.7. Uçucu Olmayan Madde İçeriği.....	40
3.2.8. Toplam Asit Sayısı.....	40
3.2.9. Toplam Baz Sayısı	41
3.2.10. Bakır Şerit Korozyon Testi.....	42
3.2.11. Renk.....	42
3.2.12. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Tayini	43
3.3. Analizlerde Kalite Güvencesi ve Kontrolü.....	46
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	48
4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları.....	48
4.1.1. Yoğunluk	48
4.1.2. Viskozite.....	49
4.1.3. Parlama Noktası.....	50
4.1.4. Akma Noktası	52

4.1.5. Su İçeriği	53
4.1.6. Kükürt İçeriği.....	54
4.1.7. Uçucu Olmayan Madde İçeriği.....	55
4.1.8. Asit ve Baz Sayısı	56
4.1.9. Renk	58
4.1.10. Bakır Şerit Korozyonu.....	59
4.1.11. FTIR Analizleri.....	59
4.2. 10NY rnlerinin İçerik Farklılığı.....	60
4.3. Veriler Arasındaki Bağımtının İstatistiksel Değerlendirmesi.....	67
5. SONUÇ	70
6. KAYNAKÇA	72
7. EKLER	83
EK-1 Farklı İllerden Alınan 10 Numara Yağ Numunelerine Ait FTIR Analizi Verileri	83
EK-2 Farklı İllerden Alınan 10 Numara Yağ Numunelerine Ait Fizikokimyasal Parametre Analizi Verileri	98
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Celsius sıcaklık derecesi
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Ba	Baryum
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klorür
CO	Karbonmonoksit
Cr	Krom
cSt	Centipoise
Cu	Bakır
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
cm	Santimetre
E	Eşdeğer
F	Faktör
Fe	Demir
g	Gram
H	Hidrojen
HC	Hidrokarbon
H ₂ S	Hidrojen sülfür
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
K	Potasyum
kg	Kilogram
kPa	Kilopaskal
KOH	Potasyum hidroksit
lt	Litre
m	Metre
mm ²	Milimetrekare
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
mm ³	Milimetreküp
cm ³	Santimetreküp
N	Normalite
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum hidroksit
NO _x	Nitritoksit
nm	Nanometre
O	Oksijen

PIBS	Poliizobütülen süksinimidler
Pb	Kurşun
pH	Hidrojen iyonlarının negatif logaritması
ppm	Milyonda bir birim (parts per million)
RSSR	Disülfür
R,S	Tiofen
R _N S _V	Polisülfür
sa	Saat
S	Kükürt
Si	Silisyum
Sn	Kalay
sn	Saniye
SO ₂	Kükürt dioksit
SO ₃	Kükürt tiroksit
t	Süre/zaman
ZDDP	Çinko dialkilditiofosfat (Zinc dialkyldithiophosphates)
Zn	Çinko

Kısaltmalar

10NY	On numara yağ
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AAMA	Amerikan Otomobil Üreticileri Birliği (American Automobile Manufacturer's Association)
ACEA	Avrupa Otomotiv Üreticileri Birliği (European Automobile Manufacturer's Association)
ADR	Tehlikeli Maddelerin Uluslararası Karayolu Nakliyesi Hakkında Avrupa Sözleşmesi (Accord European Relatif au Transport International del Archandises Dangereuses par Route)
AGMA	Amerikan Dişli Üreticileri Birliği (American Gear Manufacturers' Association)
API	Amerikan Petrol Enstitüsü (American Petroleum Institute)
ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği (American Society for Testing Materials)
ATSDR	Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
AYKY	Atık Yağların Kontrol Yönetmeliği
BAYKY	Bitkisel Atık Yağlar Kontrol Yönetmeliği
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DNAPL	Yoğunluğu Sudan Fazla Sıvılar (Dense Nonaqueous Phase Liquids)
DOE	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı (US Department of Energy)
DOT	Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı (US Department of Transport)
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPA	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)
GTIP	Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu
ISO	Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (International Organisation for Standardization)
KOK	Kalıcı Organik Kirleticiler
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquid Petroleum Gas)
LNAPL	Yoğunluğu sudan az sıvılar (Light Non-Aqueous Phase Liquids)
MAPESAD	Madeni Yağ ve Petrol Ürünleri Sanayicileri Derneği
MSDS	Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (Material Safety Data Sheets)
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organization of Petroleum Exporting Countries)
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PAL	Petrol Analiz Laboratuvarı
PETDER	Petrol Sanayi Derneği İktisadi İşletmesi
PDA	Asfalt Giderme Ünitesi (Propane de-Asphalter)

SAE	Otomotiv Mühendisleri Birliği (Society of Automotive Engineers)
SUS	Saybolt Evrensel Birimi (Saybolt Universal Second)
TAN	Toplam Asit Sayısı (Total Acid Number)
TBN	Toplam Baz Sayısı (Total Base Number)
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı
UEIL	Avrupa Madeni Yağ Endüstrisi Birliği (Independent Union of the European Lubricants Industry)
UPEI	Avrupa Petrol Birliği (Union of European Petroleum Independents)
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TPIA	Türk Petrol Sanayi Birliği (Turkish Petroleum Industry Association)
TOBB	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TURKAK	Türk Akreditasyon Kurumu
YAME	Yağ Asidi Metil Esteri
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye'deki baz yağ, madeni yağ ve katkı ve müstahzar maddeleri arz -talep durumu, dizel yakıt tüketimi (PETDER 2012) ve ham petrol fiyatı değişimi (OPEC 2013)	4
Şekil 2.2. Ham petrol distilasyon ürünleri (TOD 2006).....	5
Şekil 2.3. Yağların sınıflandırılması	6
Şekil 2.4. Baz yağ sınıfları (PETDER 2011-b)	8
Şekil 2.5. Madeni yağ çeşitleri ve kullanım alanları.....	9
Şekil 2.6. PETDER tarafından 2005-2013 yılları arasında atık yağ toplama projesi kapsamında toplanan atık motor yağı miktarları (PETDER 2014).....	12
Şekil 2.7. Trafığe çıkan araç sayısı ve yakıt türlerine göre tüketimleri (TÜİK, PETDER 2014)	15
Şekil 2.8. ÖTV zammı öncesi akaryakıt ve akaryakıt harici ürünlerde fiyat farklılıkları (PETDER 2012-a).....	16
Şekil 2.9. ÖTV zammı sonrası akaryakıt ve akaryakıt harici ürünlerde fiyat farklılıkları (PETDER 2012-a).....	17
Şekil 2.10. Türkiye'de 10 numara yağların yoğun olarak satışlarının yapıldığı iller (PETDER 2008-b).....	18
Şekil 2.11. Partikül madde boyutu kıyaslaması (Tecer 2011).....	30
Şekil 3.1. Türkiye genelinde 10NY numunelerinin toplandığı iller (Aynı ilden farklı dönemlerde alınan numuneler "+" işareti ile belirtilmiştir.).....	35
Şekil 3.2. Motor yağının rengine göre kirlenme göstergeleri.....	42
Şekil 3.3. ASTM D 1500 renk ölçeği (UCC 2014)	43
Şekil 3.4. IR spektroskopisi aralığı (Zhang 2012)	44
Şekil 3.5. Orta-IR bölgesindeki işlevsel grupların emilim aralıkları (Zhang 2012).....	44
Şekil 4.1. 10NY numunelerine ait yoğunluk analizi verileri.....	48
Şekil 4.2. 10NY numunelerine ait viskozite analizi verileri	49
Şekil 4.3. 10NY numunelerine ait parlama noktası analizi verileri.....	51
Şekil 4.4. 10NY numunelerine ait akma noktası analizi verileri.....	52
Şekil 4.5. 10NY numunelerine ait su içeriği analizi verileri	53
Şekil 4.6. 10NY numunelerine ait kükürt içeriği verileri.....	55
Şekil 4.7. 10NY numunelerinde uçucu olmayan madde içeriği verileri.....	56

Şekil 4.8. Asit ve baz sayısı değerleri.....	57
Şekil 4.9. 10NY numunelerinde ölçülen renk değerleri	58
Şekil 4.10. Maden yağ FTIR analiz örneği (Higgins 2014).....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Atık yağların kontrol yönetmeliğinde müsaade edilen kirletici değerleri ..	11
Çizelge 2.2. Yağlama yağları / katkı / müstahzar ithalat ve tüketim miktarları (PETDER 2013).....	14
Çizelge 2.3. 10NY ile ilgili meclis soru önermeleri ve cevapları.....	19
Çizelge 2.4. 10NY ile ilgili gündeme gelen bazı medya haberleri.....	26
Çizelge 2.5. PETDER tarafından yapılan on numara yağ (10NY) analiz verileri (PETDER 2012-a)	32
Çizelge 2.6. Fizikokimyasal analiz metotları ve deneylerde kullanılan cihazlar (özet) .	34
Çizelge 3.1. ExEn Ecomono 10 marka madeni yağa ait bazı fizikokimyasal özellikler	47
Çizelge 4.1. Bazı akaryakıt/yağ türlerine ait yoğunluk ($\text{kg/m}^3@15^0\text{C}$) verileri.....	49
Çizelge 4.2. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin viskozite ($\text{mm}^2/\text{sn}@40^0\text{C}$) değerleri.....	50
Çizelge 4.3. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin parlama noktası (^0C) değerleri	51
Çizelge 4.4. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin akma noktası (^0C) değerleri	53
Çizelge 4.5. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin su içeriği (ppm) değerleri.....	54
Çizelge 4.6. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin kükürt içeriği (ppm).....	55
Çizelge 4.7. Bazı akaryakıt/yağ türlerine ait toplam baz sayısı (mg KOH/gr) değerleri	57
Çizelge 4.8. Bazı akaryakıt/yağ türlerine ait toplam asit sayısı (mg KOH/gr) değerleri	58
Çizelge 4.9. 10NY numunelerine ait FTIR analizi sonuçları (^a : Analizi yapılan 30 adet numunenin ölçülen IR aralığındaki değeri, ^b : Analizi yapılan 30 adet numunenin ölçülen IR değerlerinde bulunma sayısı).....	61
Çizelge 4.10. Aynı ilden farklı dönemlerde alınan 10NY numunelerinin fizikokimyasal özelliklerine göre bağıl sapma değerleri (%).....	67
Çizelge 4.11. Korelasyon katsayı (r) ilişki dereceleri.....	68
Çizelge 4.12. 10NY numunelerine ait fizikokimyasal parametrelerin Pearson korelasyon matrisi	69

1. GİRİŞ

Petrol, pek çok sektörel alanda kullanılan önemli bir enerji kaynağıdır. Alternatif kaynaklardan enerji eldesi potansiyelinin yeterince ekonomik hale gelmemiş olması küresel rezervi hızla tükenen petrolün, stratejik bir ürün olduğu gerçeğini değiştirmemektedir. 2013 yılı itibariyle dünyadaki birincil enerji tüketim kaynağı olarak %38 petrol, %27 doğal gaz, %18 kömür, %8 nükleer ve %8 oranında ise diğer yenilenebilir kaynakların öne çıktığı görülmektedir (EPDK 2013). OECD ülkeleri kara ulaşımı verilerine göre sürekli düşüş gösteren petrol tüketimi, (Hindistan, Çin, Latin Amerika, Türkiye vd.) gelişmekte olan ülkelerde ciddi miktarda artış göstermektedir (OPEC 2012). Bu artışın özellikle deniz ve hava ulaşımı gibi taşımacılık, nakliye ve toplu ulaşım araçlarındaki kullanılan petrol ürünlerinde daha fazla gözlenmektedir. Dolayısıyla, enerji kaynağı olarak kullanılan petrolün birinci derecede ulaşım ve taşımacılık sektöründeki güçlü önemini korumaya devam ettiğini göstermektedir (OPEC 2012). Öte yandan, Uluslararası Enerji Ajansının (UEA) 2011 yılındaki yeni politika senaryoları¹ çerçevesinde 2035 yılındaki birincil enerji talebini yine petrol oluşturacaktır.

TÜİK verileri dikkate alındığında 2013 yılında ülkemizin toplam enerji ithalatı yaklaşık 55,9 milyar dolar ve toplam ithalatın % 22,2'sini oluşturmaktadır. 55,9 milyar dolarlık enerji ithalatının yaklaşık 34 milyar doları petrol ve petrol ürünleri ithalatı tutarı oluşturmaktadır. Bu tutar, enerji ithalatının % 60'ını oluşturmaktadır. Ulaştırma sektörünü düşündüğümüzde enerji ithalatı yaklaşık 20,5 milyar dolardır ve toplam ithalatın % 8,5'ini oluşturmaktadır. Rodrigue ve Notteboom (2013) tarafından belirtilen özellikle dışa bağımlı ülkelerde, petrol fiyatlarına bağlı olarak gelişen ekonomik durgunluk, başta ulaşım ve taşımacılık sektörü olmak üzere reçetesi maruz kalanlar tarafından yazılan ve ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile orantılı çözüm yollarının arandığı sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Bu yaklaşımın bir sonucu olarak ortaya çıktığı düşünülen "10 numara yağ sorunu", son 10 yıllık dönemde ülke gündemini meşgul ederek çevre ve halk sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. 10 numara yağ sorunu gerek TBMM gündemi ve gerekse de ulusal medyada çok sık dile gelmektedir. Bu sorun, aslında, ekonomik cazibeye sahip standart dışı bir ürün (baz yağ) veya karışımın (atık motor yağı, yanık yağ, işlenmemiş ham yağ, kaçak mazot, bitkisel yağ, solvent, trafo yağı ve arıtılmış atık yağların) ilgili tüketiciler (şoförler) tarafından hafif veya ağır tip kamyon ve otobüslerde bilinçli bir şekilde tüketilmesiyle başlamıştır. İlgili mevzuatlardaki boşluklardan yararlanılarak ülke sathına yayılan sorunun, çevresel ve ekonomik olmak üzere iki temel bileşeni vardır. Çevresel boyutu, araçlarda standart dışı akaryakıt kullanımından kaynaklanan egzoz emisyonları nedeniyle doğrudan çevre ve halk sağlığı ile ilişkilidir. Ekonomik boyutu ise akaryakıt olarak vergilendirilmemiş başta baz yağ olmak üzere madeni yağ ve atık yağ gibi ürünlerin dolaylı satışıyla gerçekleşen vergi kaybını içermektedir.

Bu çalışmada, 10 numara yağ olarak isimlendirilen ürünün motorine eşdeğer bazı teknik özelliklerinden yola çıkılarak sorununun çevresel boyutu ele alınmıştır. Ticari üretim aşamasında 10 numara yağ kompozisyonunda yer alabilecek madde tipi ve miktarının, yakıt olarak kullanımı sonrası oluşturabileceği çevresel kirlilik potansiyeline

¹ Mevcut politikalar senaryosu, yeni politikalar senaryosu ve 450 ppm senaryosu (Atmosferde bir milyon partikül içerisinde 450 partikül sera gazı hedefi)

etkisi gerçeğinden hareketle, bu jenerik yakıtın bazı fiziksel (yoğunluk, parlama noktası, akma noktası, viskozite, renk, su miktarı) ve kimyasal (kükürt, asit sayısı, baz sayısı, korozyon testi, uçucu olmayan madde içeriği, FTIR) özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Ülkemiz genelini temsil edebilecek nitelikte farklı illerden alınan numunelerin analizi sonrası elde edilen verilerin korelasyonu incelenmiştir. Bu sayede, üretim aşamasındaki taşışın ve dolayısıyla, içeriğe bağılı olarak yaşanabilecek çevresel etkilerin yorumlanması, izlenmesi ve kontrolünü kolaylaştıracak yöntemin sunulması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. 10 Numara Yağ

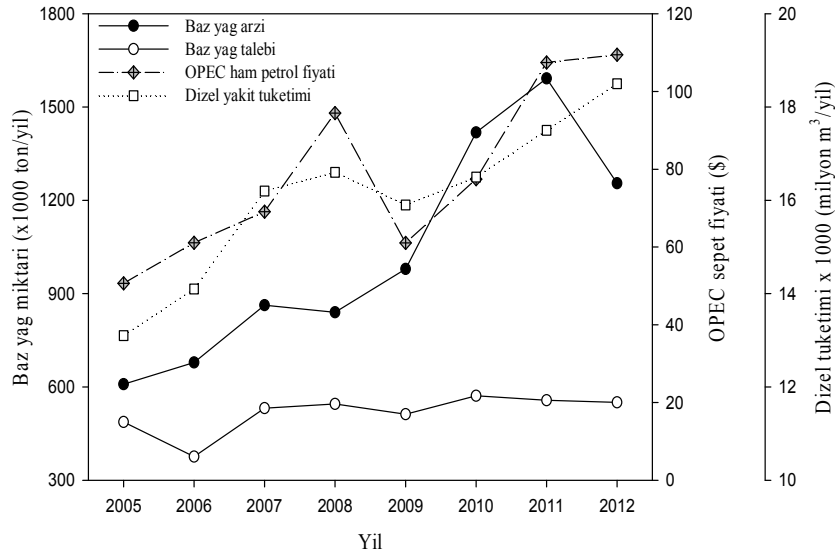
10 numara yağ (10NY) esasen bir tür baz yağ çeşidi veya karışımıdır (PETDER 2008-a). Yüksek akışkan özelliğe sahip ince bir yağ çeşidi olan 10NY, grup I tipi SN100 (%90-100 oranında) veya SN150 ve SN500 kodlu baz yağların değişik oranlarda (%2-10) karıştırılmasıyla elde edilmektedir (Akkapili 2012). Ham petrolün rafinasyonundan elde edilen baz yağın doğrudan veya içerisine çeşitli tip ve özellikte maddelerin eklenmesiyle piyasaya sürüldüğü yağlar, kentsel veya kırsal kesimlerde özellikle kamyon/otobüs garajlarında, oto sanayi sitelerinde, yol kenarlarındaki dükkân ve açık alanlarda teneke ambalaj içinde veya dökme olarak satılmaktadır (PETDER 2012). 2004 yılı itibariyle dikkat çeken durum, özellikle 2008 yılı ve sonrasında, düşük viskoziteli baz yağların motorine ilave veya doğrudan motorin yerine kullanılmak üzere 10NY etiketi altında atık motor yağı, yanık yağ, işlenmemiş ham yağ, kaçak mazot, bitkisel yağ, solvent, trafo yağı ve arıtılmış atık yağların baz yağ içerisine eklenerek ticarileştirilmesiyle yaygınlaşmıştır (MAPESAD 2008, PETDER 2008-b). Bu yaygın ticari arza talep ise şehirlerarası ve şehir içi toplu taşımacılık yapan otobüs ve yük taşımacılığı yapan kamyon veya ağır vasıtalarından gelmektedir (Uzun ve Gedik 2012).

2.2. 10 Numara Yağ Sorunu ve Bileşenleri

Evsel veya endüstriyel uygulamalardan açığa çıkan atıkların, yönetmeliklerdeki eksiklik, denetim eksikliği veya ekonomik cazibesi nedeniyle illegal faaliyetlere konu olması, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde oldukça yaygındır (Ssempebwa ve Carpenter 2009). Bilinçsiz ve kontrolsüz bir şekilde bertaraf edilerek çevre ve insan sağlığı açısından önemli bir tehdit unsuru haline dönüşen atık türlerinin başında yağ sektörü atıkları gelmektedir (Vazquez-Duhalt 1989). Endüstriyel üretim ve gelişimin temeli niteliğindeki makineleşme sürecinin en önemli destekçilerinden biri olarak küresel piyasalarda önemli bir yer edinen yağ sektörü, 2009 yılı rakamlarıyla 32,3 milyon ton kullanım hacmine ulaşmıştır (Ozbey ve Metin 2011). Küresel çapta, kullanımı sonrası atığa dönüşen yağların %45-74 arasında toplanabildiği, geriye kalan atık yağların ise ya amacı dışında kullanıldığı veya son kullanıcı tarafından doğaya atıldığı tahmin edilmektedir (El-Fadel ve Khoury 2001, Ozbey ve Metin 2011). Kyoto'da (Japonya) yapılan Dünya Çevre Konferansı'nda (1997), kontrolsüz bir biçimde çevreye salınan petrol atıklarının azaltılması gerekliliği konusunda köklü bir değişikliğe ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Yağ sektörü (petrol türevi, sentetik veya bitkisel/hayvansal), çevresel açıdan tehlikeli atık niteliği taşıyan fakat tekrar kullanım potansiyelinden ötürü geri dönüşüme uygun olan en büyük sektördür (Nixon ve Saphores 2002). Günümüz çevre teknolojileri ve uygulamaları, endüstriyel nitelikte pek çok kullanılmış/atık ürünün atık olmadığını, aksine, atığın maddi değerinin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yağ sektörü atıkları, yapılacak doğru yönlendirme ile çevresel sorun olmaktan çıkarak önemli bir ekonomik değere dönüşecektir.

Türkiye genelinde otomotiv, metal, imalat ve kimya gibi pek çok endüstri tarafından üretilen atık madeni (doğal veya sentetik) yağın, öte yandan, lokanta, restoran, otel ve hazır yemek sektöründe oluşan bitkisel/hayvansal atık yağların çok az bir miktarı kayıt altına alınabilmektedir. Kayıt altına alınamayan kısım ise ya ısınma

veya enerji eldesi amacıyla yakılmakta veya merdiven altı diye tabir edilen işletmelerde basit işlemlerden geçirilerek doğrudan akaryakıtta karıştırılabilmektedir (EURACTIVE 2014). Kullanım ömrünü tamamlayarak atık niteliği kazanan (kullanım yeri, kayıplar ve koşullara bağlı olarak) motor yağlarının %65'i, endüstriyel yağların ise ortalama %70'i atık olmaktadır (CONCAWE 1996, Ozbey ve Metin 2011). Sanayileşme ve konfor yapısının artması ile birlikte taşıt sayısı hızla artmaktadır. Taşıt sayısının artması ile motor yağı tüketimi de artmaktadır. Piyasadaki madeni yağlarının yaklaşık olarak %70'i motorlu taşıtlarda kullanılmaktadır (Öztürk 2005). Ülkemizdeki yönetmelik hükümleri ve yetkilendirme çerçevesinde atık motor yağlarını toplama ile yetkili tek kuruluş olan Petrol Sanayi Derneği (PETDER) verilerine göre 2013 yılında 18,715 ton atık motor yağı toplanabilmiştir (PETDER 2014). Sadece piyasada işlem gören madeni yağ miktarı ve Köroğlu (2011) tarafından hesaplanan ulusal atık yağ toplama oranı (%17) dikkate alındığında, PETDER tarafından toplanan atık yağ miktarının oldukça düşük olduğu ortadadır. Baz yağdaki arz fazlası miktarın her geçen yıl fazlalık vererek büyüyor olması, yağ sektöründeki en büyük ikilemi yani atık yağ oluşma oranındaki düşüklüğü ortaya çıkarmaktadır. Şekil 2.1'de görülen arz ve talep arasındaki dengesizliği dolduracak atık yağ miktarına ulaşamaması, atık yağ alanında yapılan faaliyetlerden kaynaklanan 10NY sorununu desteklemektedir. Dolayısıyla, 10NY sektöründen kaynaklanan veya kaynaklanabilecek ekonomik ve çevresel sorunlar petrol ürünleri ve yağ sektörü ile doğrudan alakalıdır.



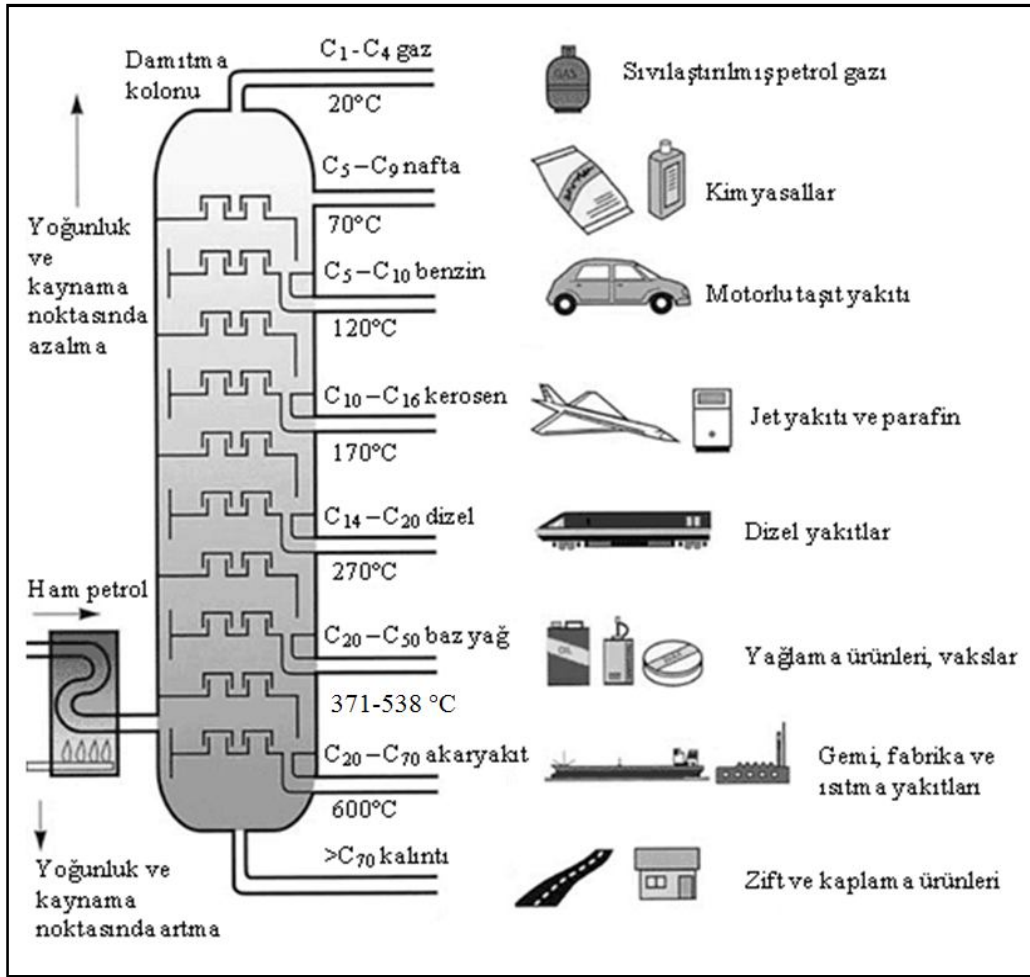
Şekil 2.1. Türkiye'deki baz yağ, madeni yağ ve katkı ve müstahzar maddeleri arz -talep durumu, dizel yakıt tüketimi (PETDER 2012) ve ham petrol fiyatı değişimi (OPEC 2013)

2.2.1. Ham Petrol

Ham petrol en geniş tanımı ile yeryüzünde doğal olarak mevcut olan tüm sıvı hidrokarbonları kapsamaktadır. Latince taş anlamına gelen "petra" ile yağ anlamına gelen "oleum" sözcüklerinin birleşmesinden (Petra + oleum = Petrol) oluşmaktadır (Gable 2013). Petrol, denizlerdeki bitki ve hayvanların çürüdükten sonraki

kalıntılarından oluşmaktadır. Bu kalıntılar, deniz yatağında milyonlarca yıl boyunca çürüdüktan sonra, geriye yalnızca yağlı maddeler kalır. Çamur ve büyük kaya katmanları altında kalan yağlı maddeler de petrol ve gaza dönüşür. Petrolün kimyasal yapısı farklı uzunluklardaki hidrokarbon zincirlerinden oluşur. Bu zincirler, petrolün arıtım sürecinde, damıtma sayesinde ayrıştırılıp Şekil 2.2'deki gibi benzin, jet yakıtı, kerosen, baz yağ gibi ürünler elde edilir (Braun 1993).

Petrol çeşitli hidrokarbonların (alkan, sikloalkan, aromatik hidrokarbon ve hibrit formlarında) ve hetero atomlu (oksijen, kükürt ve azot) karbon ve hidrojen gibi çeşitli bileşiklerden oluşur. Petrol, çeşitli renklerde (açık kahverengi, koyu kahverengi, neredeyse siyaha yakın) ve yoğunluğu hafiften ($0.65-0.70 \text{ g/cm}^3$), daha ağıra doğru ($0.98-1.05 \text{ g/cm}^3$) aralıklarda değişir. Yeryüzünün derinliklerde yüksek sıcaklıklarda gaz hidrokarbonları ile doymuş yağlar petrolü meydana getirirler. Ham petrolün bileşimi ve görünüşü bulunduğu bölgeye ve yere göre farklılık gösterebilir. Akışkanlığı su benzerlikten katranımsı katırlara kadar, rengi açıktan siyaha kadar değişir. 'Ortalama' bir ham petrol % 84 karbon, % 14 hidrojen, % 1-3 kükürt ve % 1'den az azot, oksijen, metaller ve tuzlardan oluşmaktadır.

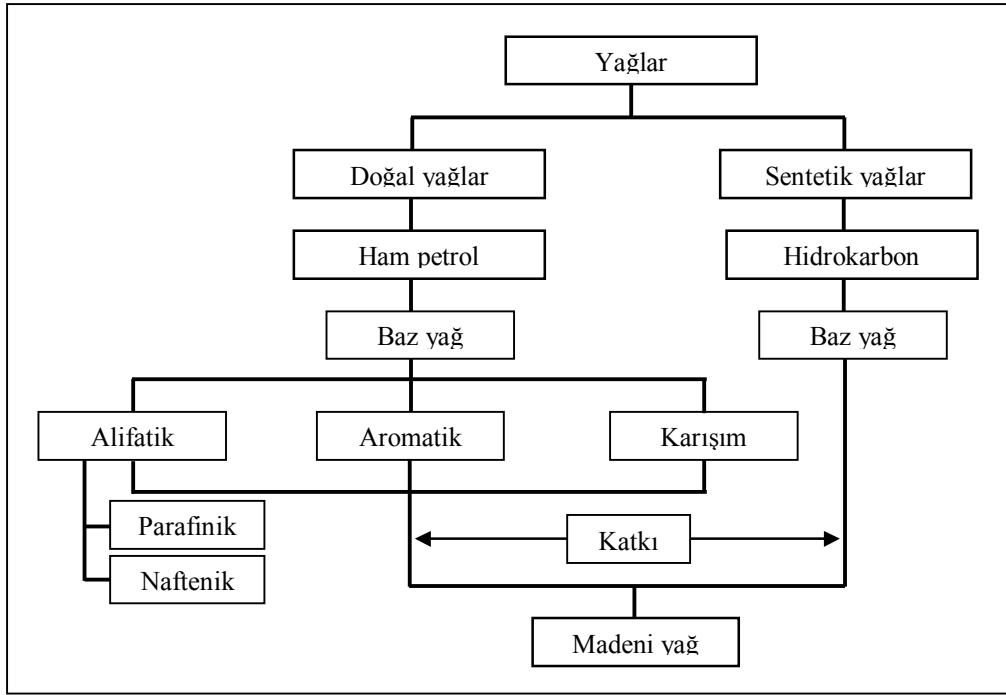


Şekil 2.2. Ham petrol distilasyon ürünleri (TOD 2006)

2.2.2. Yağ, Yağlayıcı ve Yağlama

Birlikte hareket eden aksamlar arasındaki sürtünme kuvvetini azaltarak, işin az enerji kaybı ile yapılması, çalışan aksamların aşınma, fazla ısınma ve korozyonunun önlenmesi, çalışan parçaların temizlenmesi, sızdırmazlığın sağlanması ve kuvvet aktarımı amacı ile kullanılan maddelere “yağ” denilmektedir. Yüzeyleri iyi parlatılmış iki metal elemanın birbirlerinin üzerinde hareket etmelerini kolaylaştırmak amacıyla aralarına konan ham maddelere “yağlayıcı”, yaptıkları işe de “yağlama” denilmektedir.

Yağlar, elde ediliş şekillerine göre doğal ve sentetik olmak üzere Şekil 2.3’deki gibi iki ana gruba ayrılmaktadır (LUBRIMAX 2013). Yağlayıcılar sıvı şeklinde olabildikleri gibi, yarı sıvı ve hatta katı halde olabilmektedirler. Gresler yarı sıvı kategorisinde yer alırken katı yağlayıcılar genellikle plastiklerden, özellikle de PVC ve teflondan yapılmaktadır. Ancak yağlayıcı kelimesi çoğu zaman sıvı yağlayıcıları ifade edilirler (Gulf 2012). Doğal yağ sınıflandırmasında yer alan bitkisel ve hayvansal yağlar günümüz yağlama teknolojisine ve yağlama ihtiyaçlarına cevap veremeyecek nitelikte olmasından dolayı petrol esaslı yağlar veya sentetik yağlar kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Yağların sınıflandırılması

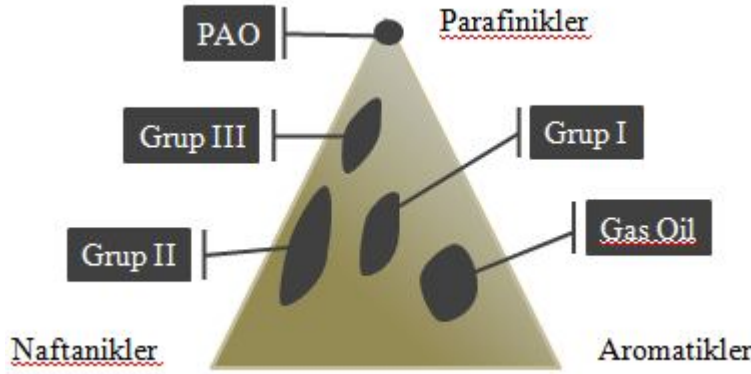
2.2.3. Baz Yağlar

Baz yağlar; spindle oil, light neutral, heavy neutral, bright stock gibi alifatik yağları, spindle extract gibi aromatik yağları ve baz yağlara farklı muadil olarak üretilen başka isimli karışımları içermektedir. Baz yağ, bir yağlayıcının temel yapı taşına verilen isim şeklinde, bazen de "baz karışım" diye adlandırılmaktadır. Çok özel uygulamalar için bitkisel karışımlar da kullanılmakta olup beraberinde baz karışımlar ile genelde mineral (veya petrol) veya sentetik esaslı olabilmektedir (Özbey ve Metin 2011-a). Bir

yağlayıcı maddenin yağlama özelliklerini onu oluşturan baz yağ belirlemektedir. Ancak, işletme şartları dikkate alındığında niteliklerini çabuk kaybetmemesi için baz yağa katkı maddeleri ilave edilmesi gerekebilmektedir (Gulf 2012).

Baz yağlar temel kimyasal özelliklerine göre parafinik, naftenik ve aromatik veya viskozitelerine göre çeşitli nötr ürünler (örneğin; 150 SN, 500 SN gibi) olarak sınıflandırılabilir (Özbey ve Metin 2011-b). Bu kodlamadaki "SN" simgesi "Nötr Solvent" anlamına gelmekte olup, sayılar da sözü edilen yağın SUS (Saybolt Universal Seconds) birimiyle 40°C' deki viskozitesidir. Baz yağlar, rafinasyon sırasında gördükleri işlemlere göre de sınıflandırılabilir. Eğer değişik solventlerin seçilmiş özel işlemlerden geçirilmesiyle üretilmişlerse "nötr solventler", hydro-finish yöntemiyle üretilmişlerse "hydro-finished" ağır moleküllerin damıtılması yoluyla üretilmişlerse "hydro-cracked" baz yağlar olarak adlandırılmaktadır (Gulf 2012). Viskozite, belirli bir sıcaklıkta yağın ne kadar akıcı olduğunu göstermektedir. Basit ifade ile yağın kalınlığının ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Genellikle bir yağ kalınsa viskozitesi yüksek, ince ise viskozitesi düşük olmaktadır (Motor Yağı Hakkında Her Şey 2014). Yağlama yağı sanayinde en çok işlem gören baz yağlar, Türk Gümrük Tarife Cetvelinde yer alan Gümrük Tarife İstatistik Pozisyon (GTİP) numaraları dikkate alındığında ve içerik tespitinde (içerik bilgilerinin analizi sayesinde hangi ürünün hangi pozisyonda bulunduğu hususu bakımından) tek yetkili kurum Gümrük Müsteşarlığı'dır. (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı) 12 haneden oluşan GTİP numarası, uluslar arası ticarete ürünlerin tanımını ve ayırımını yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Bunlar; Spindle Oil (Base Oil SN 100, GTİP No:2710.19.99.00.21), Light Neutral (Base Oil SN 150, GTİP No:2710.19.99.00.22), Heavy Neutral (Base Oil SN 500, GTİP No:2710.19.99.00.23) ve Bright Stoch (Base Oil BS 150, GTİP No:2710.19.99.00.24)'tür. Bu yağlar gerek renkleri, gerekse de viskoziteleri ile birbirlerinden farklı olup SN 100'den BS 150'ye doğru ilerledikçe renk koyulaşmakta ve viskozite artmaktadır (Cerit 2012). Yağlama yağı sanayinde en çok işlem gören baz yağlar 70N, 150N, 500N ve 150 Bright Stock (açık renk) olarak sıralanabilir (Gulf 2012).

Baz yağlar doğal ve sentetik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Motor ve otomotiv dişlileri olmak üzere, endüstriyel uygulamalar (hidrolik yağlar, türbin yağları, işleme yağları, ısıtma yağları, kalıp ayırıcılar) ve yağlama müstahzarları (kesici aletlerin yağlanması, cıvata veya somun gevşetme, pas veya korozyonu önleyici müstahzarlar) olarak yaygın bir alanda kullanılmaktadırlar. İçerisinde pek çok ürün grubunu barındıran ham petrolün rafine edilmesiyle (Bkz Şekil 2.3) mineral (doğal) baz yağ veya kimyasal yöntemlerle sentetik baz yağ elde edilmektedir. Ham petrolün, dolayısıyla, yağlayıcıların temel bileşeni olan baz yağın yapısında alkan, alken ve aromatikler olmak üzere üç ana hidrokarbon grubu ve eser miktarda kükürt ve ağır metal bulunmaktadır (Kamal vd 2009, Özbey ve Metin 2011-b). Bu maddelerin baz yağ içerisindeki oranı, baz yağın performansını ve kullanım alanını doğrudan etkilemektedir. Alifatik yapıda olan baz yağlar parafinik (alkan ve doymuş alifatik) veya naftenik (siklo-alkan veya siklo-parafin) bileşenler içeren Şekil 2.4'deki gibi farklı alt gruplara sahiptir (PETDER 2011-b). Öte yandan, dünyadaki ham petrol üretim miktarının azalması ve ham petrolün doğal yapısından gelen sınırlamalar, petrol esaslı olmayan ve kimyasal yöntemlerle sentezlenebilen, üstün fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip sentetik yağ sektörünü oluşturmuştur.



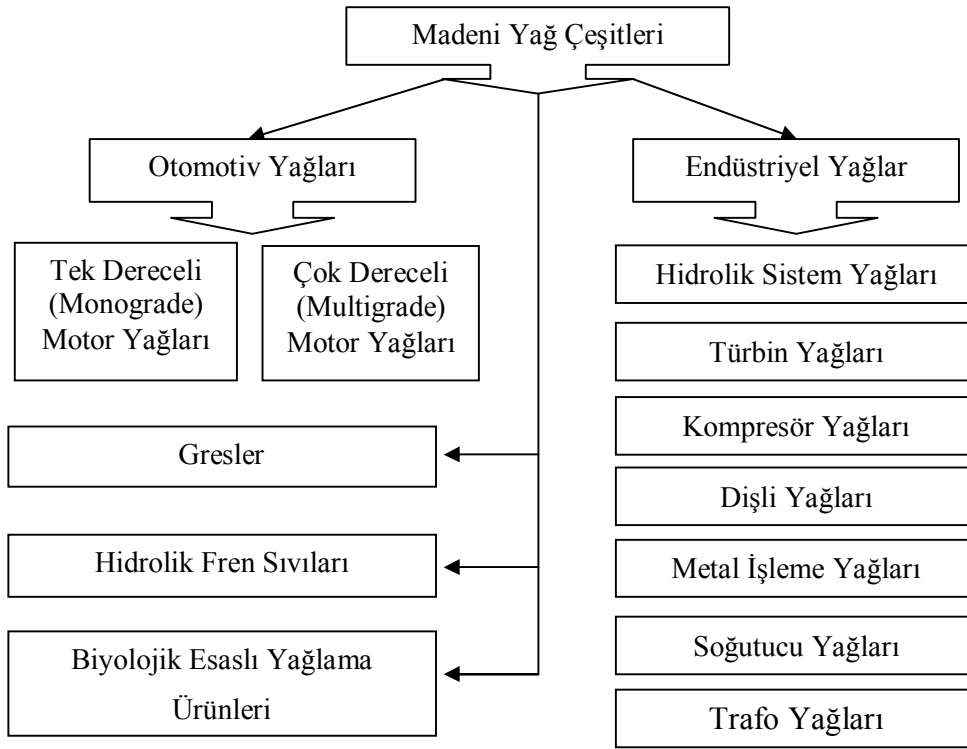
Şekil 2.4. Baz yağ sınıfları (PETDER 2011-b)

Nihai ürünlerin nispeten düşük sıcaklıklarda çalışmasının öngörüldüğü durumlarda naftenik baz yağlar kullanılmaktadır. Parafinik baz yağlar ise yüksek viskozite indeksi gerektiren ve sıcaklıkların o kadar düşük olmadığı çalışma şartlarında kullanılmaktadır. Naftenik ve parafinik baz yağlar en çok kullanılan baz yağlardan olmasına rağmen aromatik baz yağlar ise seyrek kullanmakta ve genellikle proses yağları olarak işlev görmektedirler.

Yağlama yağı motora çeşitli şekilde hizmet vermektedir. Yağlayıcı, hareketli yüzeyler arasında aşınmaya dayanıklı bir film oluşturarak otomotiv parçalarını korumakta, çeşitli koruyucu kimyasal katkı maddeleri taşımakta ve korozyonu engellemektedir. Katkı maddeleri yağlayıcıya yüzey koruyucu, oksitlemeyi engelleyici ve köpük engelleyici yeteneği gibi istenen özelliklerin yanı sıra korozyon önleyici etkisi de olmaktadır (Totten vd 2003). Motor yağları, motor içindeki yüksek ısı ve basınç altındaki sürtünme, yanma ve kimyasal kalıntı faaliyetleri ile sert koşulları altında çalışmaktadır. Bu sert çalışma ortamında motor içindeki katkı maddeleri ve diğer kimyasallara etkileşen motor yağı zamanla kirlendiği için motor yağlarını düzenli aralıklarla değiştirilmesi gerekmektedir (Totten vd. 2003).

2.2.4. Madeni Yağlar

Hareketli veya temas halinde olan makine elemanları arasında oluşan sürtünme, aşınma ve korozyon kayıplarının, dolayısıyla harcanan enerjinin azaltılması için yağlama ürünleri kullanılmaktadır (Özbeç ve Metin 2011b). Mineral veya sentetik esaslı baz yağın içerisine viskozite geliştirici, aşınma, paslanma ve oksitlenmeyi önleyici veya basınç dayanımı gibi fiziksel veya kimyasal özellikler kazandıracak çeşitli katkı maddelerinin ilave edilmesiyle Şekil 2.5'deki gibi farklı alanlarda kullanılabilir nitelikte madeni yağlar üretilmektedir. Endüstriyel yağların üretiminde yaklaşık %85-90 oranında baz yağ, %10-15 civarında ise katkı maddeleri kullanılmaktadır (Basu vd. 1998, Haus vd 2001).



Şekil 2.5. Madeni yağ çeşitleri ve kullanım alanları

Türkiye madeni yağ tüketimi ALPET, BP, CASTROL, LUKOIL, OPET, POAŞ, SHELL, TOTAL ve MOIL firmalarının gönüllü katılımı ile sağlanan madeni yağ sektör verileri, TÜİK tarafından yayımlanan Dış Ticaret İstatistikleri, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na sunulan beyanlar üzerinden tahmini olarak hesaplanmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu verilerine göre Lisanslı Madeni Yağ Üretici sayısı 2011 yılı sonu itibariyle 310 adet olduğu bilinmektedir (PETDER 2011). 2010 yılında 416 bin ton, 2011 yılında 411 bin ton, 2012 yılında 408 bin ton gerçekleşirken 2013 yılında olarak gerçekleşen Türkiye madeni yağ tüketimi 416 bin ton olarak gerçekleşmiştir (PETDER 2013). Çizelge 2.1'de verilen resmi rakamlar, madeni yağ sektöründe kullanılmak üzere baz yağ olarak ithal edilen ve motorin piyasasında yaygın olarak kullanılan ve satılan 10NY vb. isimler altından yapılan piyasa faaliyetleri sebebi ile Türkiye'de gerçek madeni yağ olarak tüketilen miktarın çok üzerinde bir miktar madeni yağın piyasaya arz edildiği göstermektedir (PETDER 2013).

2.2.5. Atık Motor Yağları

Yaygın uygulama alanına sahip doğal veya sentetik madeni yağlar, içerisindeki hidrokarbon veya katkı maddelerinin kullanım süresine bağlı olarak bozunması ve toz, nem, kurum ve korozyon ürünleri gibi yağın yapısını bozucu nitelikteki kirleticilerin aktivitesi sonucunda işlevini kaybederek atık yağ niteliği kazanmaktadır (Pelitli vd 2011). Kullanım ömrünü tamamlayarak atık niteliği kazanan (kullanım yeri, kayıplar ve koşullara bağlı olarak değişmekle birlikte) motor yağlarının %65'i, endüstriyel yağların ise ortalama %70'i atık olmaktadır (CONCAWE 1996, Özbey ve Metin 2011-a).

Ülkemizde oluşan atık yağ (veya atık motor yağı) miktarı Köroğlu (2012)'nin çalışmasına göre yılda 221 bin ton civarındadır. 2013 yılı toplam madeni yağ tüketiminin 416 bin ton olduğu hesaplanmıştır. PETDER'in 2013 yılı toplanan atık yağ miktarına bakıldığında ise toplam 18 bin ton rakamı görülmektedir. Buradan, atık yağın yaklaşık % 8,1 oranında toplanabildiği hesaplanmaktadır. Atık motor yağlarının genel kullanım alanları dikkate alındığında, Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğinin etkin uygulanması için atık motor yağlarının fizikokimyasal özellikleri ve kategori genellemesi yapılarak, kaynak ve zaman kaybının engellenmesi yapılmıştır. Bu verilere göre, arz edilen madeni yağların birçok sektörde kullanımları sonucu oluşan atık yağlara oranı % 48,7 civarında olup kalan %51,3 oranındaki atık yağın piyasada bir şekilde farklı amaçlarda kullanıldığına işaret etmektedir.

Atık yağlar, yapısındaki As, Cd, Pb ve Cr metalleri, toplam halojen ve poliklorlu bifenil (PCB) miktarına bağlı olarak kategorilerine ayrılmakta ve bertaraf edilmektedir (Bkz. 30.07.2008 tarihli 26952 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete 2008). Kirletici parametre sınır değerleri dikkate alındığında, I. ve II. kategori atık yağların geri kazanım amacıyla rejenerasyonu ve rafinasyonu şarttır. Bu şartları sağlamayan atık yağlar, lisanslı tesislerde enerji eldesi amacıyla kullanılabilir. III. kategori atık yağlar, yüksek oranda halojen ve PCB içermesi nedeniyle insan ve çevre sağlığı açısından risk oluşturmayacak şekilde çevre lisanslı tehlikeli atık bertaraf tesislerinde yakılarak bertaraf edilmektedir. III. kategoride olan atık yağın, I. veya II. kategori yağlar ile karıştırılması sonucunda oluşan karışım, tehlikeli atık olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, atık yağ niteliği kazanan maddelerin bertarafı öncesi karakterizasyonu büyük önem arz etmektedir. Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği dikkate alındığında yasal sınırların üzerinde kirletici parametre içeren atık yağlar, hammadde veya enerji geri kazanım amaçlı kullanılmak yerine yakılarak bertaraf edilmektedir. III kategoride olan atık yağlardaki ağır metaller aşağıdaki Çizelge 2.1'de verilen sınır değerlerin üzerinde kalmaktadır. Klorür ile toplam halojenler 2000 ppm'in, PCB ise 50 ppm'in üzerinde kalmaktadır. Rejenerasyon ve rafinasyona uygun olmayan, yakıt olarak kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından risk yaratan ve çevre lisansı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gereken atık yağ olarak belirtilmektedir (Bkz. 30.07.2008 tarihli 26952 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ve (30/3/2010 tarih 27537 sayılı değişiklik yapılan) Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete 2008).

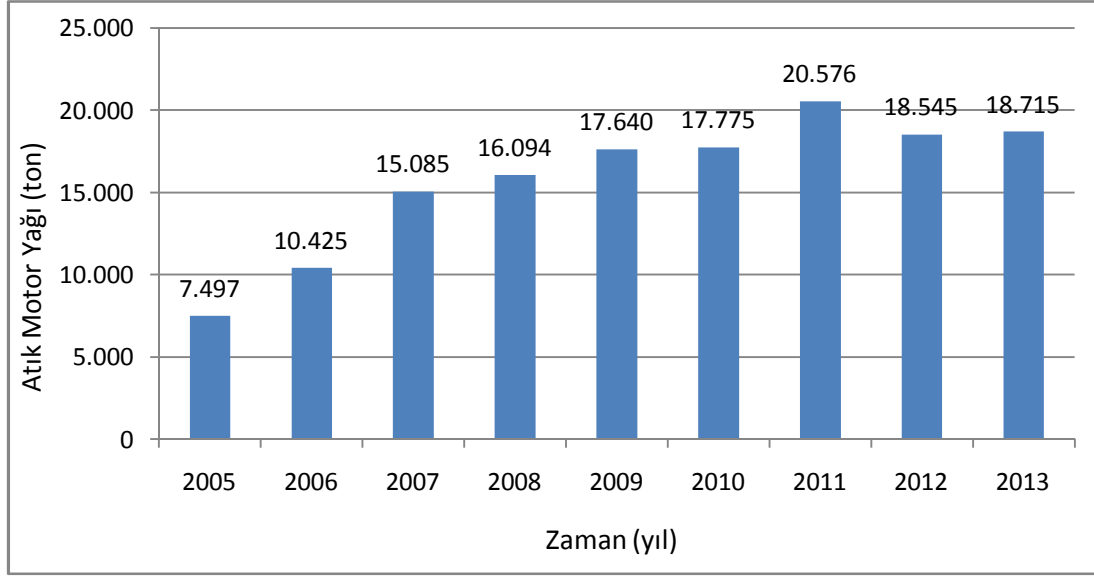
Ancak, uygulanan teknik ve teknoloji nedeniyle tam yanmanın sağlanamayacağı yakma işlemi sonucunda atık yağlar, kendisinden çok daha zararlı biçimlere dönüşerek insan ve çevre sağlığı açısından ciddi zararlara neden olan kirleticilerin oluşmasına sebep olmaktadır. Ülkemizde, atık yağların doğrudan yakıt olarak kullanılması genellikle küçük ölçekli sanayi bölgelerinde ortam ısıtma şeklinde görülmektedir. Atık yağların bilinçsiz bir şekilde yakılmasıyla birlikte partikül veya gaz fazındaki poliaromatik hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller, klorlu hidrokarbonlar gibi organik kirleticiler ile uçucu metaller atmosfere salınmaktadır. Dolayısıyla, çeşitli türde kirletici emisyonlarının olduğu bu tip yakma uygulamalarından kesinlikle uzak durulmalıdır.

Çizelge 2.1. Atık yağların kontrol yönetmeliğinde müsaade edilen kirletici değerleri

Kirleticiler	Müsaade Edilen Sınır Değerleri		
	(I.Kategori Atık Yağ)	(II.Kategori Atık Yağ)	(III.Kategori Atık Yağ)
Arsenik (As)	< 5 ppm	Max. 5 ppm	> 5 ppm
Kadmiyum (Cd)	< 2 ppm	Max. 2 ppm	> 2 ppm
Krom (Cr)	< 10 ppm	Max. 10 ppm	> 10 ppm
Klorür (Cl)	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
Poliklorlu bifeniller (PCB)	Max. 10 ppm	Max. 50 ppm	> 50 ppm
Parlama Noktası	Min. 38°C	Min. 38°C	-

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 21 Ocak 2004 tarihinde yayınlanan “Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” ile madeni yağ üreticilerine, ithalatçılara piyasaya sürülen motor yağlarını atık hale geldikten sonra toplama yükümlüğü getirilmiştir. Petrol Sanayi Derneği (PETDER) bünyesinde 19 Nisan 2004 tarihinde başlatılan Atık Yağların Yönetimi Projesi ile bu Yönetmelik hükümleri yerine getirmek üzere bir çalışma başlatılmıştır. 30 Temmuz 2004 tarihinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile imzalanan işbirliği protokolü çerçevesinde, Atık Yağların Yönetimi Projesi kapsamında motorlu taşıtlarda kullanılan ve atık hale gelen motor yağları araç servislerinde, akaryakıt istasyonlarında ve kamuya ait araç bakım istasyonlarından doğru koşullarda lisanslı ve yetkili ekiplerce toplanmaktadır (Özbey ve Metin 2011-b). PETDER, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 4 Eylül 2008 tarihinde Yetkilendirilmiş Kuruluş olarak atanmıştır. Yönetmelikle birlikte atık hale gelen motor yağlarının Yetkilendirilmiş Kuruluşlar veya motor yağı üreticileri dışında kişi ve kuruluşlarca toplanması yasaklanmıştır. Mayıs 2004 tarihinden itibaren, toplanan atık motor yağı ve toplama yapılan nokta sayısı Şekil 2.6’da görüldüğü üzere her yıl artarak devam etmiş ve ülke genelinde yaygınlaştırılmıştır (PETDER 2014).

2013 yılında PETDER (Petrol Sanayi Derneği) tarafından toplanarak T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan lisanslı işletmelere teslim edilen atık motor yağı miktarı 18.715 ton olarak gerçekleşmiştir. PETDER kıymetli bir enerji kaynağı olan 142.352 ton atık motor yağını, çevre ve insan sağlığına zarar vermeksizin lisanslı işletmelerde enerji veya ham madde olarak geri kazandırarak Türkiye’nin enerji verimliliğine 564 milyon kWh katkıda bulunmuştur. Bu rakam yaklaşık 242 bin kişilik bir nüfusun bir yıllık elektrik enerjisine eşdeğer bir enerji tasarrufu anlamına gelmektedir (PETDER 2014).



Şekil 2.6. PETDER tarafından 2005-2013 yılları arasında atık yağ toplama projesi kapsamında toplanan atık motor yağı miktarları (PETDER 2014)

2.2.6. Bitkisel Atık Yağlar

19.04.2005 tarihli 25791 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan BAYKY (Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği) kapsamında, bitkisel ham yağ rafine sanayinden çıkan soap-stock, tank dibi tortu ve yağlı topraklar, kullanılmış kızartmalık yağlar, çeşitli tesislerin yağ tutucularından çıkan yağlar ve kullanım süresi geçmiş olan bitkisel yağlar, "bitkisel atık yağ" olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde her yıl yaklaşık 1,7 milyon ton bitkisel yağ tüketilmektedir. Yağ rafinasyon süreci ve elde edilen yağın tüketimi sonucu yaklaşık 350 bin ton bitkisel atık yağ oluştuğu tahmin edilmektedir (ÇOB 2010). Ancak, Türkiye genelinde lokanta, restoran, otel ve hazır yemek sektöründe oluşan bitkisel/hayvansal atık yağların çok az bir miktarının kayıt altına alınabildiği dikkate değer bir gerçek olduğu bilinmektedir.

Yüksek sıcaklık altında okside olmuş, tekrar kullanımı sağlık açısından uygun olmayan kızartma yağları kullanılmış kızartmalık yağ olarak adlandırılmaktadır. Kızartma işlemi, en basit olarak gıda maddesinin sıcak yağ içinde pişmesi olarak tarif edilmektedir. 170-190°C sıcaklıkta gerçekleşen bu işlemde ısı ve kütle iletimi birlikte yürümektedir. Isı yağdan gıdaya transfer olurken, su gıdadan uzaklaşır ve yağ gıda maddesi tarafından emilmektedir (ÇOB 2010). Kızartma sırasında yağda oluşan fiziksel değişimler sonucu viskozite artmakta, renk koyulaşmakta, köpürme olmakta ve dumanlanma noktası azalmaktadır. Serbest yağ asitleri, karbonil bileşikleri ve yüksek molekül ağırlıklı maddeler artmaktadır. Bazı fiziksel değişimlerin göz ile görülebilmesine rağmen, sağlık açısından yağlarda polar madde tayini yapılması gerekmektedir (ÇOB 2010). Toplam polar madde ve toplam oligomer madde değerleri sınır değerlere ulaştığında kullanılan kızartma yağı artık atık kızartmalık yağ kategorisine geçmektedir. Toplam polar madde oranı % 25'i geçtiği andan itibaren kanserojen etki başlamaktadır. Bu nedenle, insan sağlığı için kızartma işleminde bitkisel yağ kullanımının kontrolünün son derece önemli olmakta ve gıdadan çekildiği andan

itibaren ekotoksik özellikleri nedeniyle çevre açısından da zararlı bir atık olmaktadır (Türkey 2008).

Bitkisel yağlar, enerji içeriği yüksek, petrol kökenli yakıtların (motorin ve fuel-oil) özelliklerine benzer özellik gösteren en önemli yenilenebilir enerji kaynakları arasında olmasına rağmen bitkisel yağların yüksek viskoziteleri ve düşük sıcaklıklarda katılaşma eğilimleri (yüksek bulutlanma ve akma noktaları) önemli iki sorun olmaktadır (Kaplan 2001). Bu özellikleri doğrudan kullanımlarını engellemekte, püskürtmede ve depolamada sorunlara neden olmaktadır. Katılaşma eğilimi ısıtma veya katkı maddesi eklenmesiyle çözümlenebilmektedir. Viskozite sorununun çözümü için ise modifikasyon teknikleri önerilmektedir (Kaplan 2001).

2.2.7. Diğer Ürünler

Temel bileşeni baz yağ olan 10NY ürünlerinin içerisinde madeni yağ, bitkisel yağ ve atık yağ tiplerine ek olarak trafo yağı, solvent gibi yağ sektörü ve yan sanayi ürünü maddeler de yer alabilmektedir.

2.3. 10 Numara Yağ Sorununa Genel Bakış

Özellikle sanayide kullanılan yağlama yağları, akışkanlığı düzenleyici maddeler, müstahzar katkıları vb. olarak kullanılan yağlama ürünlerinin temel maddesi baz yağdır. Ana maddesi baz yağ olan yağlama ürünlerinin mamul üretimleri çok ileri bir teknolojik tesis ve üretim sistemi gerektirmemektedir. Ülkemizde pek çok örneği olan bu tesislerde; hammadde tankları, harmanlama tankları, ürün dinlendirme tankları ve dolun cihazları bulunmaktadır. Harmanlama tesisi olarak adlandırılan bu platformlarda, ürünlerin hacim olarak yaklaşık %80'ini oluşturan baz yağlar ile %20'sini oluşturan özel olarak seçilmiş katkı maddeleri karıştırılmaktadır (Cerit 2012). 10NY olarak satılan ürün tenekelerinde ağırlıklı olarak bıçkı yağı, kalıp yağı, kesme yağı, döküm kalıplarına mahsus yağlama müstahzarı, vb. tanımlar kullanılmaktadır. Üretici/satıcı firmaların bilgileri açık ve okunaklı olarak tenekelerin üzerinde yazılmakta ve ilgili TSE standart numarası, marka tescil adı, numarası, gümrük tarife istatistik pozisyon numarası bilgileri de tam olarak yer almaktadır. Zaman zaman ambalajların üzerinde ayrıca "akaryakıt olarak kullanılamaz", "satılmaz" şeklinde uyarı yazıları da yazılmaktadır (PETDER 2012-a).

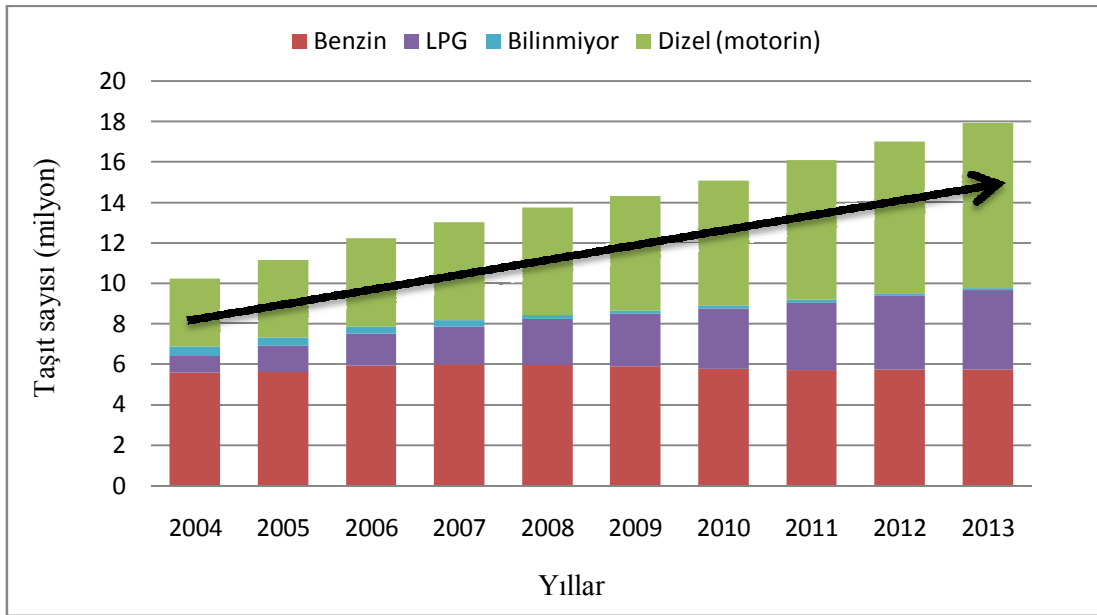
2.3.1. Ekonomik Boyutu

Gelinen aşamada alınmaya çalışılan tüm tedbirlere rağmen, 10NY sorununun devam ettiği görülmektedir. Çizelge 2.2 yurt içi piyasaya 2013 yılı itibarı ile talep fazlası olarak ağırlıklı olarak ithalat yolu ile giren yağlama yağlarının miktarını göstermektedir. 2013 yılında yurt içi piyasaya "tüketim/talep fazlası" olarak giren baz yağ / yağlama müstahzarı miktarının 1 milyon ton düzeyinde olduğu bilinmektedir (PETDER 2013). Bu miktara, yılda en az 150 bin ton yıl seviyesinde bir atık madeni yağ ve atık bitkisel yağlardan yapılan karışım ve üretimler ile söz konu maddeleri inceltmek üzere ilave edilmek durumunda olan solvent, white spirit, vb. karışımlar eklendiğinde motorin yerine kullanılan (10 numara, vb. ad altında satılan madeni yağ karışımların) miktarın yıllık 1,5 milyon tonu üzerinde olduğu hesaplanmaktadır.

Çizelge 2.2. Yağlama yağları / katkı / müstahzar ithalat ve tüketim miktarları (PETDER 2013)

Baz Yağ (ton/yıl)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gerçekleşen Baz Yağ İthalatı	466.211	438.263	605.766	955.659	1.033.622	832.627	743.795
Gerçekleşen Madeni Yağ İthalatı	42.596	70.091	61.942	75.368	107.434	94.824	114.495
Gerçekleşen Katkı ve Müstahzar İthalatı	46.220	79.849	67.471	70.688	70.909	61.363	72.350
Rafine Baz Yağ Satışı	308.000	252.000	244.000	316.426	380.104	266.000	154.291
<i>Piyasaya ARZ (A)</i>	<i>863.027</i>	<i>840.203</i>	<i>979.179</i>	<i>1.418.141</i>	<i>1.592.069</i>	<i>1.254.814</i>	<i>1.084.931</i>
Gerçekleşen Baz Yağ İhracatı	242	30.504	13.571	1.366	1.052	706	3.858
Gerçekleşen Madeniz Yağ İhracatı	133.928	113.571	116.633	143.338	139.580	135.000	174.070
Gerçekleşen Katkı ve Müstahzar İhracatı	9.733	15.257	20.251	10.958	5.514	6.551	13.695
Madeni Yağ Yurtiçi Satışı	388.000	386.000	362.000	416.000	411.000	408.000	416.000
<i>Toplam TALEP (B)</i>	<i>531.903</i>	<i>545.332</i>	<i>512.455</i>	<i>571.662</i>	<i>555.146</i>	<i>550.257</i>	<i>607.623</i>
Fark (A-B)	331.124	294.871	466.724	846.479	1.034.923	704.557	477.308

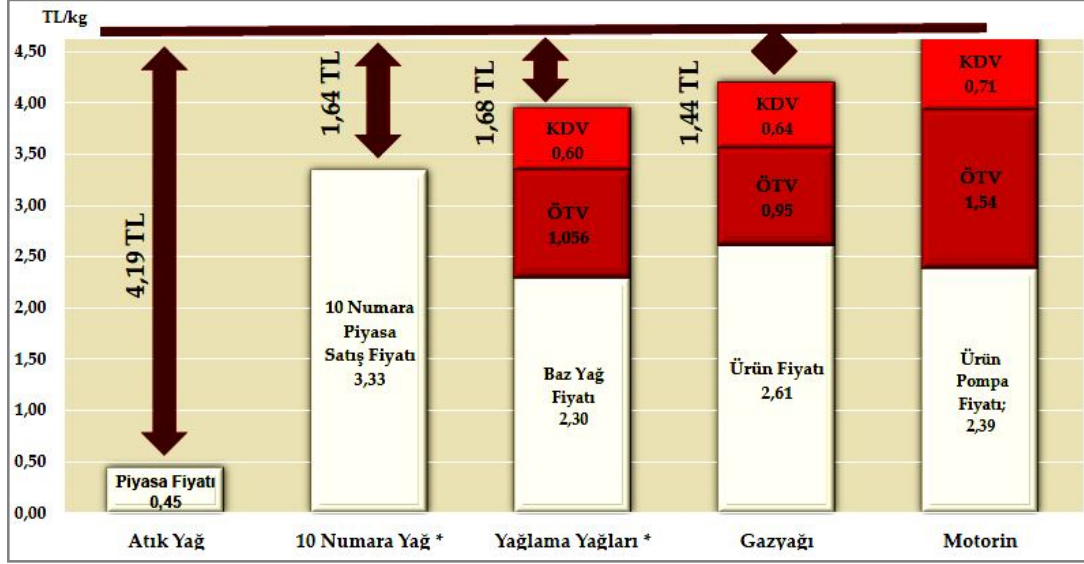
TÜİK verilerine göre 2013 yılı Aralık ayı sonu itibari ile trafiğe kayıtlı toplam 18.215.460 adet taşıtın %52'sini otomobil, %16,3'ünü kamyonet, %15,1'ini motosiklet, %8,7'sini traktör, %4,2'sini kamyon, %2,2'sini minibüs, %1,42'sini otobüs, %0,2'sini ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır. Kullanılan yakıt cinsine göre motorin ve oto LPG kullanan araç sayısında belirgin bir artış, benzin kullanan araç sayısında ise azalış görülmektedir. 2013 yılı sonu itibari ile 2012 yılına göre toplam LPG kullanan araç sayısının 285.014 adet, motorin tüketenlerin 619.604 adet, benzinli araç sayısının ise 10.785 adet arttığı görülmektedir. Türkiye'de trafikteki toplam araç sayısının ve otomotiv yakıtları tüketiminin yıllara göre değişimi Şekil 2.7'da görülmektedir. 2004–2013 yılları arasında trafikteki araç sayısının düzenli olarak artış göstermekte olup son yıllarda dizel yakıtı tercih benzine göre artma eğilimi göstermektedir. Gerçek tüketimi tam olarak yansıtmadığı düşünülen bu durumun 10NY başta olmak üzere yasa dışı faaliyetlerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



Şekil 2.7. Trafiğe çıkan araç sayısı ve yakıt türlerine göre tüketimleri (TÜİK, PETDER 2014)

Genellikle tenekelerde veya dökme olarak satılan 10NY teneke fiyatı 40-50 TL civarındadır. Akaryakıt ürünlerine yapılan son ÖTV artışı sonrası 10NY satan yerlerde satış fiyatlarının artırıldığı da görülmektedir. Teneke satışın 3-3.5 TL/lt, dökme satışın ise 2,9 TL/lt seviyesinde olduğu bilinmekte olup güncel motorin fiyatına bakıldığında ortalama 4,5 TL/lt ile bir litredeki fiyat farkı 1-1.5 TL seviyelerinde görülmektedir. Satış miktarları satış noktasına göre değişmekle birlikte bazı merkezi yerlerde (örneğin Pamukova) orta ölçekli bir akaryakıt istasyonunun satış miktarının üzerinde satış yapan yerler göze çarpmaktadır (PETDER 2012-a). 10NY vb. isimler altında yapılan bu tür faaliyetlerin yıllık 1.5 milyon ton düzeyini aştığı tahmin edilmektedir. 2008 yılı sonundan beri artarak gündemde olan bu sorun, vergisel alanda yapılan değişiklikleri takip eden son beş yıl içinde tahmin edildiğine göre ülke ekonomisine asgari 5.5 milyar TL'nin üzerinde bir vergi kaybı nedeni olmaktadır (PETDER 2012-a). Bu tahminler farklı piyasa bilgileri ile de desteklenmektedir (PETDER 2012-a). Şekil 2.8'de sunulan

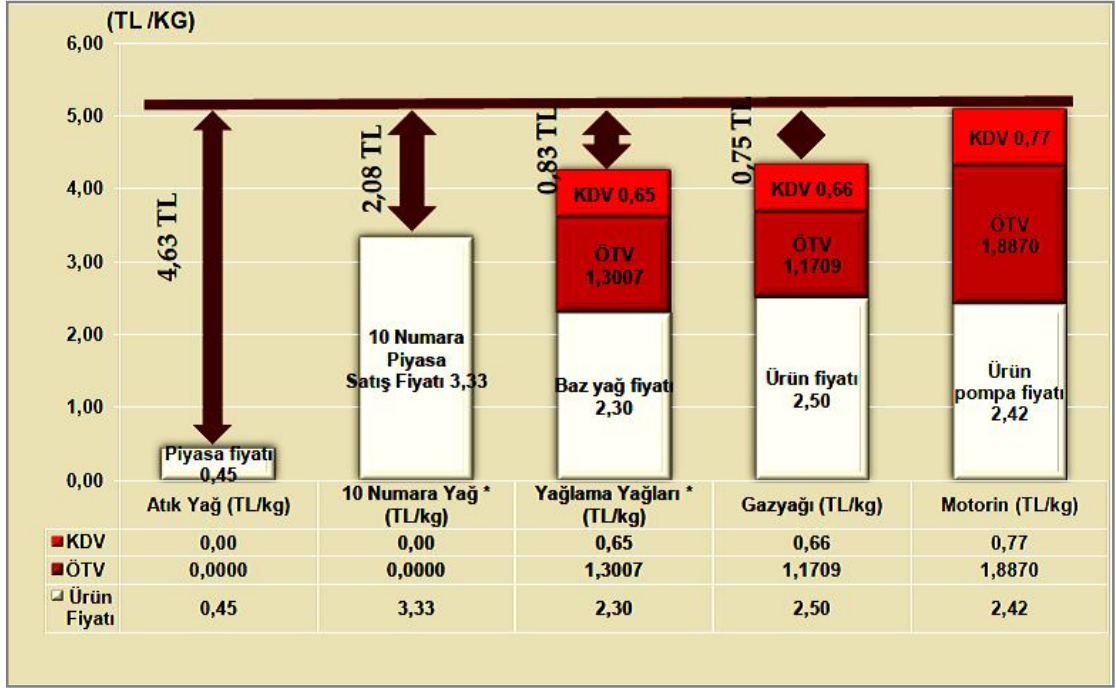
akaryakıt ve akaryakıt harici ürünlerin fiyat yapısı ve fiyatlar arasındaki farklılıklar, illegal faaliyetlerdeki litre başına kazancı ortaya koymaktadır. Şekil 2.8'ye göre motorinin kilogram başına pompa satış fiyatı ile atık yağ fiyatı arasında ortalama 4.19 TL, 10 numara yağ ile 1.31 TL, yağlama yağları ile 0.68 TL, gazyağı ile 0.44 TL fark görülmektedir (PETDER 2012-a).



Şekil 2.8. ÖTV zammı öncesi akaryakıt ve akaryakıt harici ürünlerde fiyat farklılıkları (PETDER 2012-a)

Şekil 2.9'de sunulan akaryakıt ve akaryakıt harici ürünlerin fiyat yapısı ve fiyatlar arasındaki farklılıkların ÖTV zammı olmasından sonra bile litre başına kazancı ortaya koymaktadır. Bu tabloya göre motorinin kilogram başına pompa satış fiyatı ile atık yağ fiyatı arasında ortalama 4.63 TL, 10 numara yağ ile ortalama 1.74 TL, yağlama yağları ile ortalama 0.82 TL, gazyağı ile ortalama 0.74 TL fiyat farkı oluşturmaktadır (PETDER 2012-a). Yağlama yağları ile motorinin ÖTV'si arasındaki fiyat farkı ve aynı zamanda sınıî üretimi teşvik amaçlı olarak geliştirilen tecil-terkin uygulamasının kötüye kullanılmasının sonucunda 10NY adı altında yapılan faaliyetlerin yıllar itibariyle sürekli olarak arttığı görülmektedir. Bu büyüklükte bir sahte akaryakıt faaliyetinin 2008 yılındaki hesaplamalara göre vergi düzenlemesini takip eden dönemde ülke ekonomisinin vergi kaybı 5 yılda 5,0 milyar TL düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir.

Yağların önemli bir bölümü talep fazlası olarak yakıt alternatifi şeklinde değerlendirilmekte, diğer kalan bölümü de; GTIP farklılaştırılması yoluna gidilerek daha az ÖTV ödenmesine sebebiyet verilmesinde kullanılmaktadır. Ancak; talep fazlası olan yağların neredeyse tamamının baz yağ olduğu ve piyasaya tecil-terkin sisteminin manipüle edilerek arz edildiği bilinmektedir. Sonuç olarak; '10 numara yağın' kaynağı olarak; akaryakıt harici petrol ürünlerinin hammaddesi olan baz yağlardan kaynaklanmaktadır. Baz yağların; tecil-terkin mekanizması sayesinde yurt içinde 'yarı mamul' adı altında ve mahiyeti itibariyle 'başıboş' gibi dolaşması, ister istemez amacı dışında kullanılmasını teşvik etmektedir (Cerit 2012).



Şekil 2.9. ÖTV zammı sonrası akaryakıt ve akaryakıt harici ürünlerde fiyat farklılıkları (PETDER 2012-a)

2.3.2. Kullanıcı Değerlendirmeleri

Ağır vasıta şoförleri ile yapılan görüşmelerden alınan bilgiler ışığında 10NY sorununun sayısal verilerle ifade edilenden daha da fazla olabileceği yönündedir (PETDER 2012-a). Ağır vasıta şoförleri ile yapılan görüşmelerde; bireysel nakliyecilerin neredeyse %90'ı araçlarında 10NY kullandıklarını, sadece az bir bölümü istasyonlarda satılan yasal motorini kullandıklarını ifade etmektedir. 10NY kullanan ve kullanmayanlar arasındaki rekabet ciddi tartışmalara neden olmakla birlikte yasal yakıt kullananlar, kullanmayanlarla piyasa şartlarında rekabet edemediklerini ve zorunlu olarak bu gibi yakıtlara yönelmek durumunda kaldıklarını ifade etmektedir (PETDER 2012-a).

Ağır vasıta şoförleri; araçlarında 10NY kullanmaya başladıklarında standart dışı bu ürünün aynı zamanda akışkanlığının da zayıf olması sebebi ile yakıt enjektörlerinin genişlemesine neden olduğunu ve daha sonraki kullanımlarda esasen motorinden daha fazla miktarda bir kullanım söz konusu olmasına rağmen 10NY ve yasal motorinin fiyatını karşılaştırdıklarında yine de daha cazip bulduklarını ifade etmektedirler. Bu tür yakıtların kullanılması yolu ile oluşan fiyat farkının yakıt depolarındaki kapasitesine göre ortalama 600 TL tutarında olduğunu ifade etmektedirler (PETDER 2012-a).

2.3.3. Meclis Soru Önergeleri ve Medya Haberleri

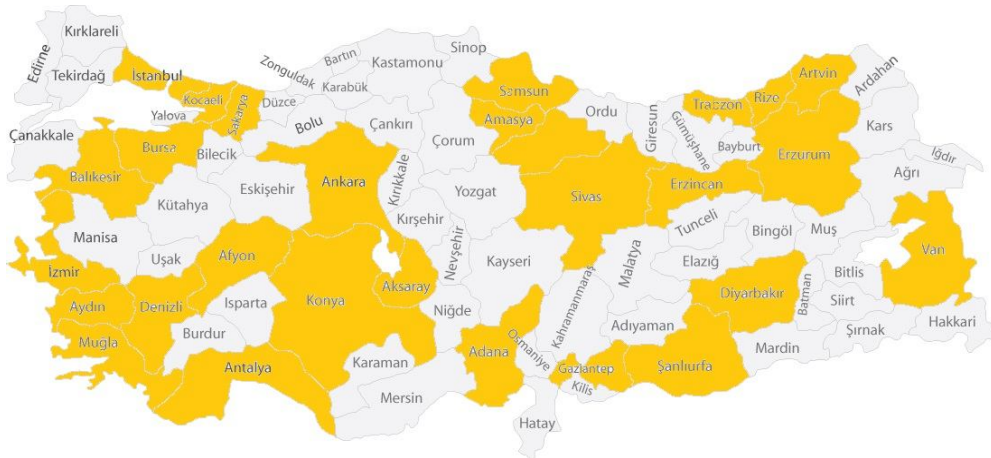
10NY sorununun gerek insan ve çevre sağlığını giderek artan bir şekilde tehdit etmesi gerekse de ekonomik açıdan vergisel boyut büyüklüğünün yüksek seviyelere ulaşması ile basın, medya (Bkz. Çizelge 2.4) ve TBMM gündemine (Bkz. Çizelge 2.3)

gelmiştir. Özellikle sorunun can ve mal kayıplarına da yol açmış olması önemini bir kat daha arttırmıştır.

TBMM’nde son beş yılda verilen soru önergelerindeki soruların genelinde muhatap olarak Başbakanlık, Maliye Bakanlığı, Enerji Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından cevaplanması istenmiştir. Soruların bilimsel ve akademik uzmanlık gerektiren konuları içermesinden dolayı sorun yeterince irdelenememiştir. Tüm değerlendirmeler sonucunda, 10NY’ın kullanımının meydana getirdiği çevre kirliliğinin önlenmesi, ekonomik kaybın giderilmesi, sağlık tedbirlerinin alınması ve sosyal-toplumsal sorunların çözümü noktasında Meclis Araştırması talep edilmiştir. Dolayısıyla, bu tez çalışması ile, 10NY sorununun irdelenmesine katkı sağlamak, bilimsel ve akademik anlamda uzmanlık gerektiren bir konu olmasından dolayı sorunun cevaplandırılmasında katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2.3. Çevre ve Sağlık Boyutu

10NY kullanımından kaynaklanan çevresel sorunlar, ilgili ürünün kullanım amacı doğrultusunda ele alınmaktadır. Bu yaklaşım ise standart dışı bir yakıt olarak kullanılan 10NY'ların neden olduğu egzoz emisyonları, dolayısıyla, hava kirliliği ve halk sağlığı ile doğrudan ilişkilendirilmektedir. Hal böyle iken, sorunun boyutu hakkında fikir sahibi olabilmek için öncelikle etki alanını ifade etmek gerekmektedir. Ülkemizin hemen her yerine yayılmış olan 10NY satış noktaları ağırlıklı olarak kamyon/otobüs garajları, oto sanayi siteleri, yol boylarındaki dükkan ve açık alanlarda gerçekleşmekte, satış işlemleri faturalı veya faturasız olarak yapılmakta olup marka ve üretici bilgileri açıkça tenekelerin üzerinde görülmektedir (MAPESAD 2008). İlgili satış faaliyetlerinin (Şekil 2.10) ise Samsun, Merzifon, Çarşamba, Terme, Trabzon, Rize, Artvin, Merzifon, Amasya, Erbaa, Tokat, Gebze, Pamukova, İzmit, Orhangazi, Hendek, Karacabey, Susurluk, Balıkesir, Bandırma, İzmir, Torbalı, Aydın, Muğla, Denizli, Adana, Urfa, Gaziantep, Diyarbakır, Van, Erzurum, Erzincan, Sivas, İstanbul yol boylarında, Ankara, Konya, Afyon, Aksaray, Pozantı, Adana, Antalya ana yollarında ve Ankara, Adana, Antalya, Denizli, İstanbul şehir merkezlerinde ve şehirlerarası otobüs garajlarında yoğunlaştığı görülmektedir (PETDER 2008-b).



Şekil 2.10. Türkiye’de 10 numara yağların yoğun olarak satışlarının yapıldığı iller (PETDER 2008-b)

Çizelge 2.3. 10NY ile ilgili meclis soru önergeleri ve cevapları

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
7-21422s	02.04.13	Sözlü cevaplandı 7/21422	Yük ve yolcu taşımacılığında kullanılan 10 numara yağ satışını engellemek için Maliye Bakanlığı ÖTV artışına ek olarak EPDK ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mevzuatı'nın uygulanması için, 2872 sayılı Çevre Kanunu ile 5491 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun kapsamında karayollarındaki araçlara emisyon denetimleri yaptırılmıştır. Bu denetimler kapsamında kaç araç denetlendiği, 10 numara yağ kullanılan kaç araca cezai işlem uygulandığı, kaç TL ceza kesildiği, 10 numara yağ satışı kaç işyeri denetlendiği ve ceza kesildiği soruları sorulmuştur. Maliye Bakanlığından süresi geçtikten sonra sözlü olarak cevaplandırılmıştır.
7-13404s	28.11.12	Yazılı cevaplandı 7/13404	Türkiye'de toplanan evlerde kullanılan atık yağların önemli bir bölümü kaçak akaryakıtı dönüştürülmektedir. Bu da çok sayıda trafik kazasına yol açmakta can ve mal kaybına yol açmaktadır. ÖTV muafiyeti olmadığından atık yağların biyodizel üretimi fizibil olmamaktadır. Atık yağlar belgesiz toplanıp 10 numara yağa dönüştürülmektedir. Mazot yarı yarıya karıştırılıp araçlarda yakıt olarak kullanılıyor. Eski teknolojiadaki araçlarda bu yağlar biyodizel haline getirilmeden kullanılıyor. 350 bin ton yağ resmi olarak toplanılıyor. 300 bin ton yağ boşa gitmektedir. Sorular: 1-ÖTV alınmazsa ülke ekonomisine yapılacak katkı göz önüne alınırsa Türkiye'de bir petrol kuyusu açılmış olacak mıdır? 2- Yeni iş sahası açılması için, atık yağların daha doğru toplanması ve ülke ekonomisine katkı sağlaması için bir çalışmanız var mıdır? Cevaplar: Atık Yağların kontrol Yönetmeliğine göre atık yağlar; kullanılmış benzinli motor, dizel motor, şanzıman ve diferansiyel, transmisyon, gres ve diğer özel taşıt yağları ile hidrolik sistem, türbin ve kompresör, kızak, açık-kapalı dişli, sirkülasyon, metal kesme ve işleme, metal çekme, tekstil, ısı işlem, ısı transfer, izolasyon ve koruyucu, izolasyon, trafo, kalıp, buhar silindir, pnömatik sistem koruyucu, gıda ve ilaç endüstrisi, kağıt, makinesi, yatak ve diğer özel endüstriyel yağlar ve endüstriyel gresler, kullanılmış kalınlaştırıcı, koruyucu, temizleyici ve benzer özel müstahzarlar ve kullanıma uygun olmayan yağ ürünlerini içermekte olup, söz konusu yağların kullanım yerleri, toplanması, taşınması ve kazanımı detaylı teknik bilgi ve uzmanlık gerektiren bir alandır.Bu bağlamda, atık yağlardan biyodizel üretiminin desteklenmesine yönelik talepler, gerek bu durumun ülke ekonomisine ve çevreye sağlayacağı yararlar gerekse de yasadışı kullanım riskleri açısından değerlendirilmektedir.
7-6767s	25.04.12	Yazılı cevaplandı 7/6767	Bazı yağlardan ve atık yağlardan elde edilen ve akaryakıt olarak kullanabilen 10 numara yağ olarak tabir edilen yağın tüketiminde önemli bir artış olduğu bu artışında ekonomiyi ve çevreyi olumsuz olarak etkilediği görülmektedir. Sorular: 1- Bakanlık tarafından 10 numaralı yağların tespit edilen zararları nelerdir? 2- 10 numaralı yağların üretimi ve satışı konusunda bakanlık denetim yapıyor mu? 3- 10 numaralı yağların içeriğinde hangi maddeler bulunmaktadır? Bu maddelerden hangilerinin insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmaktadır? 10 numaralı yağlarda kullanılan atık yağların toplanması konusunda 2002-2012 yılları arasındaki istatistik bilgileri nelerdir? Atık yağları hangi kurum veya kuruluşlar toplamaktadır? Atık yağları alarak tekrar kullanıma sunulmasını sağlayan rafineri tesisleri bulunmakta mıdır? Bu tesislerin sayısı nedir? Bu tesislerin kaç tanesinde lisans bulunmaktadır? 4-Bakanlık 10 numaralı yağların çevreye vermiş oldukları zararların denetlenebilmesi için Valiliklerce alımı gerçekleştirilen seyyar egzoz gazı emisyon ölçüm cihazlarının sayısı nedir?

Çizelge 2.3. (Devam)

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
7-6767s	25.04.12	Yazılı cevaplandı 7/6767	<p>Cevaplar:</p> <p>1- 10 numara yağın çevreye verdiği zararları da içerecek şekilde Türkiye Akaryakıt Bayileri Petrol ve Gaz Şirketleri İşveren Sendikası (TABGİS) tarafından hazırlanan raporda, bu yağların akaryakıt olarak kullanılması sonucunda kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak egzoz gazında Arsenik, Kurşun, Kadmiyum ve Krom gibi ağır metallerin miktarının artabileceği tespiti bulunmaktadır.</p> <p>2- Madeni yağlar ve bu kapsamdaki 10 Numara yağların üretimi ve satışına ilişkin hususlar Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu ile Maliye Bakanlığı tarafından belirlenmekte ve denetimi de bu kurumlarca gerçekleştirilmekte olup, bu konuda Bakanlığımızca bir denetim yapılmamaktadır.</p> <p>3- TOBB Petrol Meclisinde 10/05/2012 tarihinde yapılan toplantıda piyasada 10 Numara yağ adı altında kullanılan yağların; Motorin + Baz Yağ, Sovent + Atık Yağ, White sprit + Gaz karışımları ile kaçak fuel-oil oldukları ifade edilmiştir. Kirletici parametreler olarak yüksek miktarda kükürt ve partikül madde ile karşılaştığı ifade edilmiştir. Ayrıca bu yağların düşük parlama noktasından dolayı kullanılan araçlarda seyir esnasında motor ve araçların alev aldıkları ve bu kazalar sonucunda can kayıplarının olduğu bilinmektedir.</p> <p>4- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği ilk kez 21.01.2004 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiş, 30.07.2008 tarihinde revize edilmiştir. 2008 yılına kadar geri kazanım firmaları tarafından da atık motor yağı toplama faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. 2008 yılındaki Yönetmelik revizyonundan sonra ise atık motor yağı toplama faaliyetleri yalnızca yetkilendirilmiş kuruluşlar aracılığıyla yürütülmüştür. Atık yağ toplama miktarlarında yıllara bağlı olarak gözlemlenen değişim ilgili Tabloda özetlenmiştir.</p> <p>5- Bakanlıkça henüz Valiliklere seyyar egzoz gazı emisyon ölçüm cihazı alınmamış olup, söz konusu plan 2013 yılı içerisinde değerlendirilmeye alınacaktır.</p>

Çizelge 2.3. (Devam)

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
10-101879gen	12.04.12	Gündemde	<p>Son yıllarda maliyet avantajı getirmesinden dolayı baz yağlardan ve atık yağlardan elde edilen ve akaryakıt olarak kullanılmakta olan 10 numara yağın tüketiminin meydana getirdiği çevre kirliliği bilinmektedir. Ayrıca araç motorlarına verdiği zararın yanı sıra patlayıcı ve yanıcı olması nedeniyle birçok kazada ölümlere neden olmaktadır. Birçok sektörü ilgilendiren ve denetiminin zor olduğu 10 numara yağın satışı nedeniyle devletin zarar uğratıldığı da bilinmektedir. 10 numara yağın tek bir standarda sahip olmadığı “10 numara” adının karışımının adı olmasından ziyade daha çok akaryakıt yerine kullanılan madeni yağ olarak bilindiği bu yağın içerisinde solvent türü maddelerin katıldığı kaçak motorin , atık yağlar, inceltilmiş baz yağlar ve düşük viskoziteli baz yağlar içermesinden dolayı son derece yanıcı ve patlayıcı özellik kazanmaktadır. Bu nedenle de trafik kazalarında en ufak bir çarpışma durumunda patlayarak yanması ve can güvenliği tehlikeye attığı görülmektedir. Son dönemdeki kazalarda otobüs yanmalarının akaryakıt olarak 10 numara yağ kullanıldığı ve insanların yaşamını bu yüzden kaybettiği biliniyor. (Giresun ve Ankara’da meydana gelen kazalar buna örnektir.) Bu yağı kullanan araçların egzoz emisyonları incelendiğinde çevre kirliliği açısından yüksek seviyede kükürt, azot dioksit, arsenik, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metal içermesi ve kalıcı organik kirleticiler (KOK) içermesi nedeniyle solunum yoluyla alınan bu maddeler insan sağlığına çok ciddi zararlar vermektedir. (Prematüre ölümler ve astım, bronşit gibi solunum hastalıkları) Diğer önemli bir konuda Türkiye’de kontrolsüzlükten doğan vergi kaybıdır. 10 numara yağ adı altında kullanılan ve üretilen yağların farklı amaçlar ile kullanılması nedeniyle ve kayıt dışılığı göz önünde bulundurulduğunda piyasanın yıllık büyüklüğü 2-2,5 milyar TL’sidir. Dolayısıyla, toplamda dolaylı vergi kaybı (ÖTV+KDV) yıllık 1 milyar YTL’si boyutundadır. 10 numara yağı motorinle kıyaslandığında yaklaşık maliyetinin litre başına 1-1,5 TL ucuz olması, kontrolsüz-kaçak kullanımı ve navlun ücretlerinin düşük olması nedeniyle kamyon sürücüleri ve otobüs firmalarınca tercih edilmektedir. EPDK’nın “Madeni Yağların Ambalajlanmasına Dair Tebliğ” yayın almasına rağmen sorunu çözmeye yetmediği tespit edilmiştir ve hala 10 numara yağların yol kenarlarında, merdiven altlarında, otobüs terminallerinin alt katlarında denetimsiz olarak satıldığı bilinmektedir. Sadece yolcu taşımaya açısından düşünüldüğünde her gün 1000 otobüs, 40 bin yolcu ile nerede patlayacağı belli olmayan birer tekerlekli bomba gibi yollara çıkmaktadır. Sorunun çözümü için birçok kamu birimlerinin geniş katılımını, koordinasyonunu ve aynı anda paralel girişimlerde bulunulması gerekmektedir. Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda, 10 numara yağ’ın kullanımının meydana getirdiği çevre kirliliğinin önlenmesi, ekonomik kaybın giderilmesi, sağlık tedbirlerinin alınması ve sosyal-toplumsal sorunların çözümü noktasında Anayasa’nın 98, içtüzüğün 104 ve 105’inci Maddeleri gereğince Meclis Araştırılması açılması talep edilmiştir.</p>

Çizelge 2.3. (Devam)

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
7-0580s	12.10.11	Yazılı cevaplandı 7/580	<p>Ülkemizde çok yüksek olan akaryakıt fiyatlarının sebep olduğu sorunlardan bir tanesinin de yasal mevzuatlardaki boşluklardan yararlanılarak baz yağlardan ve atık yağlardan elde edilen ve akaryakıt olarak kullanılabilen 10 numara yağın tüketiminin meydana getirdiği çevre kirliliği olduğu bilinmektedir. Motorine ikame olarak kullanılan bu yağın kullanımı, olumsuz çevresel etkilerinin yanı sıra ciddi vergi kaybı sonucu da doğurmaktadır. 2010 yılında yurt içinde ihtiyaç fazlası olarak yaklaşık 800 bin ton yağın iç piyasaya sürüldüğü, sanayide büyüme ve motorlu taşıt sayısındaki artışa rağmen motorin tüketiminin yüzde 5-6 arası azaldığı, Türkiye’de atık yağ işleme rafinerilerinin sayısının, dünyada var olan rafineri sayısı kadar olduğu fakat buna rağmen TÜBİTAK’ın var olan rafinerilerin hepsine “Tesis değildir” raporu verdiği kamuoyundan gizlenen verileridir. 10 numara yağın tek bir standarda sahip olmadığı, “10 numara” adının, karışımın adı olmasından ziyade daha çok akaryakıt yerine kullanılan madeni yağ olarak bilindiği, tek bir standarda sahip olmayan bu yağın içerisinde solvent türü maddelerin katıldığı, bu maddenin ise son derece yanıcı ve patlayıcı olduğundan olası kazalarda can güvenliğini de tehlikeye attığı dikkate alınması gereken başka bir husustur. Geçmiş dönemde EPDK’nın 10 numara yağ kullanımına yönelik belirli cezai müeyyideler uygulanması konusunda girişimler yaptığı fakat buna rağmen denetim konusunda kurumların uzlaşmaması sonucu istenen sonucun alınmadığı görülmüştür. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi konusunda da hiçbir girişimin gerçekleşmediği gözlenmektedir. Bu bilgiler ışığında;</p> <p>Sorular:</p> <p>1- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde EPDK ve Maliye Bakanlığı ile eşgüdümlü olarak 10 numara yağın kullanımına ilişkin herhangi bir çalışma yapılmış mıdır? Denetim mekanizmasına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın katkısı nedir?</p> <p>2-Bu yağın kullanımına ilişkin kimyasal analizler ve çevreye verdiği zarar hakkında herhangi bir inceleme yapılmış mıdır?</p> <p>3-10 numara adı altında tenekelerin içindeki çeşitli maddelerin çevreye verdiği zarar ve bu yağların kontrolsüz ortamlarda yakılmasının insan sağlığı açısından ciddi sonuçlar ortaya çıkardığı bilinen bir gerçekken, buna istinaden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın atık yağ rafine tesislerini gerçek anlamda tesis haline getirmek adına bir çabası söz konusu mudur?</p> <p>4-Motorine ikame olarak kullanılan bu yağı kullanan araçların emisyon ölçümlerine yönelik bir sınırlama var mıdır? Emisyon denetimleri ve bununla beraber uygulanacak cezai yaptırımlar var mıdır? Varsa nelerdir? Denetimler ne sıklıkla yapılmaktadır?</p> <p>5- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 10 numara yağ adı verilen karışımların içerikleri ile ilgili belirli bir inceleme, araştırması veya raporu var mıdır? Bu yağların belirli bir standart altına alınmasına yönelik bir çalışma planlanmakta mıdır?</p>

Çizelge 2.3. (Devam)

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
7-0580s	12.10.11	Yazılı cevaplandı 7/580	<p>Cevaplar:</p> <p>1-Ekonomi Bakanlığı koordinasyonunda başlatılan Maliye Bakanlığı ve EPDK gibi kuruluşların da katılım sağladığı 10 numara yağ ile mücadele çalışmalarına Bakanlığımızca katkı sağlanmaktadır. Bakanlıkça yürütülmekte olan egzoz emisyon ölçüm pulu kontrolü ve egzoz emisyon ölçümü yapılarak gerçekleştirilen denetimlerin sıklaştırılması, 10 numaralı yağın akaryakıt olarak kullanılmaması yönünde fayda sağlayacaktır. Bu amaçla 2012 yılında Valiliklere alınması planlanan seygar egzoz gazı emisyon ölçüm cihazlarıyla daha hızlı ve etkin denetimlerin yapılması planlanmaktadır.</p> <p>2-Türkiye Akaryakıt Bayileri Petrol ve Gaz Şirketleri İşveren Sendikası (TABGİS) tarafından 10 numara yağın çevreye verdiği zararları da içerecek bir rapor hazırlanmıştır. Raporda da belirtildiği üzere bu yağların akaryakıt olarak kullanılması sonucunda kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak egzoz gazında Arsenik, Kurşun, Kadmiyum ve Krom gibi ağır metallerin miktarı artabilmektedir.</p> <p>3-Atık yağların geri kazanımının ve/veya bertarafının yapıldığı tesisler, Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik uyarınca “Atık ara depolama, geri kazanım ve bertaraf tesisleri” başlığı altında değerlendirilmekte ve çevre lisansına tabi tutulmaktadır. Atık yağ geri kazanım tesislerinin çevre lisansı alabilmeleri için öncelikle Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğinde tanımlanan teknik kriterleri sağlamaları sorunlu olup, bu kriterleri sağlayabilen işletmelere Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik hükümleri çerçevesinde çevre lisansı verilmektedir. 01.04.2010-27.10.2011 tarihlerini kapsayan dönemde gerekli şartları taşıdığı tespit edilen 25 adet işletmeye Geçici Faaliyet Belgesi, 10 adet işletmeye ise Çevre İzin ve Lisans belgesi verilmiştir. Ayrıca, atık yağ geri dönüşüm tesislerinin modernizasyonu süreçlerinin tamamlanması için Bakanlıkça teknik hazırlıklar tamamlanmıştır. Bu amaçla TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (1007) kapsamında desteklenen “Atık Madeni Yağların Kontrol ve İzleme Sisteminin Oluşturulması” konulu proje tamamlanmıştır. Proje ile mevcut geri dönüşüm tesisleri teknik açıdan değerlendirilmiş ve revizyon ihtiyaçları TS 13369 Standardı baz alınarak belirlenmiştir. Bu teknik çalışmaların uygulanmasını sağlamak amacıyla Atık Yağların Kontrol Yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair çalışmalar başlamıştır.</p> <p>4-04.04.2009 tarihli ve 27190 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Egzoz Gazı Emisyon Kontrolü Yönetmeliği ile belirlenen standartlara aykırı emisyonu sebep olan motorlu taşıt sahiplerine verilecek cezalar, yönetmeliğin 15 inci maddesi ile Çevre Kanununun 10 inci maddesinde düzenlenmiştir. Denetim sıklıkları egzoz emisyon ölçüm pulu uygulamalarına göre gerçekleştirilmektedir.</p> <p>5-Piyasada “10 numaralı yağ” olarak bilinen ve baz yağ, madeni yağ, yağlama müstahzarı, tiner gibi ürünlerin akaryakıtı harmanlanmasıyla 10 numara yağların üretildiği teknik olarak bilinmektedir. Ancak Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca hazırlanmış 10 numara yağ adı verilen karışımların içerikleri ile ilgili bir araştırma veya rapor mevcut değildir. Atık yağlardan elde edilecek madeni yağların, atık yağların baz yağlara indirgenerek üretilmesinin sağlanması için Bakanlık, madeni yağ sektörü, geri dönüşüm sanayi ve Türk Standartları Enstitüsü işbirliği ile TS 13369 Standardı hazırlanmış olup, TSE tarafından standardın geliştirilmesi çalışmalarına devam edilmektedir.</p>

Çizelge 2.3. (Devam)

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
7-3831s	26.05.08	Yazılı cevaplandı 7-3831sgc	<p>Akaryakıt kaçakçılığını önlemek için yapılan çalışmalar, ne yazık ki fırsatçıları engelleyememekte, tersine onlara yeni olanaklar sağlamaktadırlar. Bunun en somut örneği; kullanılmış motor yağlarının, motorine alternatif yakıt olarak sunulan “10 numara yağ”ın denetimsiz ve kayıt dışı biçimde piyasaya sürülmesi oluşturmaktadır. Enerji Bakanlığı’na daha önce verilen soru önergemize istinaden; Ulusal Marker’e ilişkin olarak, ilk kez 91 personelle 08.06.2007 tarihinde başlatılan denetimler kapsamında, 18 ilde, 72 tesiste denetim yapılmıştır. Buna göre;” Denetimlerin sağladığı kamusal yararlarla karşın, bu uygulamanın vergi kaçakçılığı, gümrük kaçakçılığı, ölçü-ayar düzensizlikleri ve benzeri denetimlerle de desteklenmesi halinde, elde edilen başarı düzeyi daha da artacağını, Madeni yağların piyasa değerinin, akaryakıtların vergisiz değerinden yüksek olduğu bilindiğinden, akaryakıtların madeni yağlarla taşışının veya madeni yağın doğrudan yakıt olarak kullanmasını cazip kılan unsurun, büyük ölçüde (ÖTV) uygulamalarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir” denilmiştir. Maliye Bakanlığına göre ÖTV ile ilgili olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı görüşlerini kaynak göstererek hazırladığımız sorulara bir açıklık getirememişlerdir. Sektör temsilcileri ile denetimlerden, özellikle “vergi”yle ilgili uygulamalarındaki yetersizlik ve eksikliklerden ötürü mağdur olduklarını sık sık dile getirmektedirler.</p> <p>Sorular:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1-Ulusal marker uygulamasının yürürlüğe girdiği 01.01.2007 tarihinden sonra Enerji Piyasası Denetleme Kurulu’nun (EPDK), “10 numara yağ”la ilgili olarak bugüne kadar yaptığı denetimlerin etkin ve yeterli buluyor musunuz? 2-Denetimler,”10 numara yağ”ın yıllık Pazar hacminin her geçen gün artmasını neden önleyememektedir? 3-Bu konuda ÖTV ayarlamasını nasıl yapmayı planlamaktadır? Enerji Bakanlığı “vergi miktarının akaryakıtta eşdeğer olarak belirlenmesi” önerisini; akaryakıtta uygulanan ÖTV’yi aşağı çekerek mi, yoksa “10 numara yağ”a hammadde olabilecek kullanılmış yada kullanılmamış madeni yağlara yüksek orada ÖTV uygulayarak mı değerlendirmeyi düşünmektedir? 4-“10 numara yağ” sorunu nedeni ile Türkiye’nin toplam vergi kaybı ne kadardır? 5-Kayıtlı ve denetime tabi olanlar ile kayıt dışı faaliyet gösterenler arasında haksız rekabetin yanı sıra sektörde rahatsızlığa yol açan bu yakıtın üretimi ve satışı ile ilgili olarak önleyici düzenlemeler yapılacak mıdır? 6-Otobüs, kamyon, minibüs ve midibüs gibi ticari araç kullanan esnafın mağduriyetlerini giderici bir çalışmanız var mıdır? 7-Sektör temsilcilerinin;“Denetimlerin yeteri kadar yapılmıyor” şikayetlerini nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çizelge 2.3. (Devam)

Önerge No	Tarih	Durumu/ Esas No	İçerik ve Cevap
7-3831s	26.05.08	Yazılı cevaplandı 7-3831sgc	<p>Cevaplar:</p> <p>Baz yağlar ve madeni yağların yasal olmayan kullanımlarının önüne geçebilmek amacıyla 02.07.2008 tarihinden itibaren yürürlüğe konulan 2008/13825 sayılı Bakanlar Kururu Karar ile baz yağ ve madeni yağlardaki vergi yükü motorinin vergisine eşitlenmiş bulunmaktadır. Ayrıca ÖTV Kanununun 8/1. Maddesinde düzenlenen tecil-terkin sistemi kapsamında tecil edilecek ve ödenecek ÖTV tutarları da söz konusu kararname ile artırılmıştır. 10 numaralı yağ olarak bilinen yağlarda kayıt dışılıktan kaynaklanan vergi kaybının, ÖTV, KDV, gelir veya kurumlar vergisi bağlamında 2006-2007 yıllarında yaklaşık olarak 600 milyon TL olduğu tahmin edilmektedir. Diğer yandan ülkemizde akaryakıt ve madeni yağ satışı alanında faaliyet gösteren firmalardan risk analizi ile belirlenen mükellefler vergi incelemesine sevk edilmişlerdir. İncelemelerde söz konusu malları satın alan firmalar tespit edilip, bu ürünleri amacı dışında ve kayıt dışı kullananlar hakkında gerekli işlemler yapılmaktadır. Bu amaçla Maliye Bakanlığı Gelir İdaresi Başkanlığı akaryakıt ve akaryakıt ürünlerinde denetim boyutuyla da vergi incelemelerine devam etmektedir. Bilindiği üzere, 20.12.2013 tarihli ve 25322 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu ile yurt içi ve yurt dışı kaynaklardan temin olunan petrolün doğrudan veya işlenerek güvenli ve ekonomik olarak rekabet ortamı içerisinde kullanıcılara sunumuna ilişkin piyasa faaliyetlerinin şeffaf, eşitlikçi ve istikrarlı biçimde sürdürülmesi için yönlendirme, gözetim ve denetim faaliyetlerinin düzenlenmesi Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun yetki ve sorumluluğuna verilmiştir. Söz konusu Kanun uyarınca, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu ile Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı ve Gümrük Müsteşarlığı arasında imzalanan petrol piyasası ve sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) piyasasında yapılacak denetimlere ilişkin protokolleri kapsamında ilgili kuruluşlar (İl Emniyet Müdürlükleri, İl Jandarma Komutanlıkları ve İl Sanayi ve Ticaret Müdürlükleri, Gümrük Müsteşarlığı) tarafından Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu adına yürütülen denetim çalışmaları neticesinde, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından, 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu ve ilgili mevzuata aykırı faaliyette bulunduğu tespit edilen toplam 3618 adet gerçek ve tüzel kişi hakkında idari para cezası uygulanmıştır. Petrol piyasasında denetimlerin daha etkin bir şekilde yapılması konusunda çabalar devam etmektedir.</p>

Çizelge 2.4. 10NY ile ilgili gündeme gelen bazı medya haberleri

Tarih	Kaynak	Başlık / İçerik	Özet
23.10.13	Hürriyet	Kocaeli'de "kaçak akaryakıt" operasyonu	Kocaeli'de Gümrük Muhafaza Kaçakçılık ve İstihbarat Müdürlüğü'nce düzenlenen operasyonda 8 bin 214 TL değerinde, bin 412 kilogram kaçak 10 numara yağ ele geçirildiğine dair haber çıkmıştır
20.10.13	Hürriyet	Maliye vergi kaçırıcılara ceza yağdırdı	Maliye Bakanı Mehmet Şimşek, "Denetim personelinin yılın 9 ayında 5,3 milyar liralık vergi kaybı tespit ettiğini ve bu kayba neden olan mükellefler adına 10,6 milyar lira ceza kesildiğini söyledi. İnceleme yapılan alan ve sektörler Vergi Denetim Kurulu Organize Vergi Kaçakçılığı ile Mücadele Grup Başkanlıklarında "kayıt dışılıkla mücadele" çerçevesinde 15 ana başlık altında yoğun denetimin yapıldığı sektörlerden bir tanesi de kaçak akaryakıt ve 10 numara yağ sektörlerinde olması gerektiği" haberi yapılmıştır.
18.10.13	Hürriyet	Bakanlıktan büyük gözaltı	Maliye Bakanlığı, "Aralarında Ankara'nın da bulunduğu 11 ildeki bin 700 akaryakıt istasyonunu vergi incelemesine aldığı bildirilmiştir. Maliye Bakanı Mehmet Şimşek, "Vergi Denetim Kurulunun (VDK) incelemelerine etkin bir şekilde devam ettiğini" bildirmiştir. "Bu kapsamda 10 numara yağ kullanımı, olan İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Bursa, Denizli, Erzurum, Eskişehir, Kayseri, Malatya ve Samsun illerimizde yakından izlediklerini" ifade edilmiştir.
07.09.13	Hürriyet	Kaçak akaryakıt kullanımı artıyor	Türkiye Esnaf ve Sanatkarları Konfederasyonu (TESK) Genel Başkanı Bendevi Palandöken, "Akaryakıt fiyatlarına yapılan zamların kaçak akaryakıt kullanımını tekrar artırmaya başladığını" söylemiştir. "Halk arasında 10 numara yağ olarak adlandırılan baz yağın solvent katılarak inceltilmesiyle elde edilen yakıtın önlemler alınarak üretimi azaltılmıştı. Fakat son zamanlarda motorin fiyatlarına yapılan zamlardan sonra tekrar 10 numara kaçak yakıt kullanımı artmaya başladığını, bu da vergi kaybına yol açmasının yanında insan sağlığı açısından da tehlike yaratmaktadır" denilmiştir.
29.05.13	Hürriyet	4 ilde eş zamanlı kaçak akaryakıt operasyonu	Isparta, Afyon, Denizli ve Antalya illerinde birbirleriyle bağlantılı olarak akaryakıt kaçakçılığı yapıldığı ihbarı üzerine çalışma başlatıldığı bilgisi verilmiştir. Bir süre devam eden araştırmanın ardından söz konusu illerde belirlenen iş yeri ve eve eş zamanlı operasyon düzenleyen ekipler, 9 kişiyi gözaltına aldı. Yapılan aramalarda 45 ton madeni yağ, 4 bin 579 litre kaçak motorin, yağ dolum makinesi, ruhsatsız av tüfeği, 2 dalgıç motoru ve 42 metre tahliye borusu ele geçirilmiştir. Zanlıların, 10 numara madeni yağ içerisine inceltici solvent, gaz yağı gibi maddeler karıştırarak kaçak motorin elde ettikleri öğrenilmiştir.
12.04.13	Hürriyet	Antalya'da hileli akaryakıt operasyonu	Antalya'da polis, benzin ve mazota 10 numara yağ karıştırarak satan çeteyi çökertti. Şüphelilerin, anlaştığı kamyon ve otobüs sürücülerine 10 numara yağ ile karıştırılmış mazotu, kaçak olarak Arap ülkelerinden getirilen mazot diye ucuz sattıkları öne sürüldüğü haberi yapılmıştır.
06.01.13	Hürriyet Ekonomi	Vergi artınca istasyona dönüş başladı	Kamyon ve otobüslerin depoları, mazot fiyatlarındaki yükseliş nedeniyle "10 numara yağ" ile doldurulduğu ve akaryakıt kaçacağını önlemek için madeni yağlara getirilen vergi artışı, olumlu sonuçlar göstermeye başladığı bilgisi verilmiştir.

Çizelge 2.4. (Devam)

Tarih	Kaynak	Başlık / İçerik	Özet
17.10.12	Hürriyet Ekonomi	Yargıtay'dan '10 numara' kararı	Yargıtay 7. Ceza Dairesi, “Çevre kirliliğine neden olduğu bilinen ve ağırlıklı olarak 10 numara yağı en çok kullanan kamyoncuların mazot yerine kullanılan 10 numara yağı "kaçak petrol" kapsamında değerlendirmiş, satan gibi "ticari amaçla kullanmak üzere satın alanların" da 2-5 yıl hapis ve 20 bin TL'ye kadar adli para cezası ile cezalandırılmasını istemiştir.”
10.10.12	Hürriyet	10 numara yağla mücadelede bir adım daha	Bakanlar Kurulu, “kamuoyunda “10 numara yağ sorunu” olarak adlandırılan bazı akaryakıt harici petrol ürünlerinin yasa dışı olarak motorine karıştırılması veya doğrudan motorin yerine kullanılmasını önlemek kendisini sanayici olarak gösteren bir kesimin, tecil-terkin ve indirimli oran uygulamalarından yararlanmak suretiyle solvent, baz yağ, yağlama müstahzarı ve tiner gibi akaryakıt harici petrol ürünlerini piyasaya 10 numara yağ adıyla sürdürdüğünün tespit edilmesi üzerine tecil-terkin ve indirimli oran sisteminden vazgeçilerek iade sistemine geçilmesine karar verdiği” haberi verilmiştir.
17.08.12	Hürriyet	Maliye'den '10 numara' darbe	Maliye Bakanlığı, “Akaryakıt kaçakçılığı ve kayıt dışı ekonomi ile mücadele eylem planları kapsamında baz yağı ve solvent gibi, aynı zamanda 10 numara yağ yapımında kullanılan bazı mallarda gümrük idaresine ve yurt içi teslimlerde vergi dairesine verilecek olan indirimli teminat oranlarını yüzde 5'den yüzde 25'e çıkartmıştır” bilgisi verilmiştir.
27.07.12	Hürriyet	10 numara yağ sorunu bitmeli	Yılda 2 milyara yakın vergi kaybı önlenecek.“10 numara yağ satışının önlenmesi ile yılda 2 milyar liraya yakın verginin devletin kasasına gireceği, akaryakıt fiyatlarının yüksekliği evini zar zor geçindirmeye çalışan şoför esnafımızın belini bükmekte olduğu, taşımacılığın en büyük maliyeti akaryakıt olduğundan fiyatlarının sürekli artması ile 10 numara yağın kullanımı da artmakta olduğu, haksız rekabetin önlenmesi için 10 numara yağ üzerindeki verginin üç kat artırılması olumlu bir tedbir olmasının yanında satış denetiminin de sürekli olarak yapılmalı.” haberi yapılmıştır.
12.07.12	Hürriyet	Asfalt maddesi dediler, solvent çıktı	10 numara yağ yapımında kullanılan 1 milyon 275 bin 894 kilogram solvent içeren yağ ele geçirilmiştir. “Kimyasal madde ithalat beyanında bulunan ithalatçılar, içine kimyasal maddeler katılan solvent getiriyorlar. Solventin hammadde olarak getirilmesi ÖTV'den dolayı çok yüksek maliyete neden olduğundan bu yöneme başvuruyorlar. İnceltici olarak kullanılan solvent, piyasada serbest dolaşımdaki madeni yağlarla birleştirildiğinde kamyoncuların ve nakliyecilerin kullandığı 'on numara' denilen yakıt meydana geliyor.” haberi yapılmıştır.
11.05.12	Otohaber	10 Numara yağ nedir, ne değildir?	“Başta atık motor yağları olmak üzere solvent ve kullanılmış yağların karışımıyla oluşan bu bileşime bazen atık bitkisel yağlar da karıştırılırken içeriği imalatçıya göre değişen, 10 numara yağ isimli maddenin fazla akıcı olmayan bir yapısı bulunurken özellikle solventin düşük ateşleme noktası patlamayı kolaylaştırıp insan hayatını tehdit ediyor” haberi yapılmıştır.

Çizelge 2.4. (Devam)

Tarih	Kaynak	Başlık / İçerik	Özet
27.03.12	Aktif Haber	İstanbul'da 10 Numara Skandalı	"Türkiye'nin en büyük yolcu terminali, akaryakıt kaçakçılığının merkezi olmaya devam ediyor. Otobüsler mazot yerine '10 numara' ile sefere çıkıyor. Mazot fiyatlarına peş peşe yapılan zamlardan sonra, 'katil yakıt' olarak anılan 10 numara yağ satışında patlama oldu. Yolcu ve yük taşımacılığı yapan otobüs ve kamyonların tamamına yakını mazot yerine '10 numara' kullanıyor." haberi yapılmıştır.
07.03.12	Hürriyet Ekonomi	10 numara yağda acil tedbirler alınmalı	"TOBB Türkiye Petrol ve Petrol Ürünleri Sanayi Meclisi, TOBB Türkiye Karayolu Yolcu Taşımacılığı Meclisi ve TOBB Türkiye Ulaştırma ve Lojistik Meclisi, başta can kayıpları, çevre kirliliği, haksız rekabet ve son 3 yılda 5 milyar TL'yi aşan vergi kaybına yol açmasından dolayı, 10 numara yağ adı altında yapılan sahte ve kaçak akaryakıt faaliyetlerine son verilmesi için acil ve güçlü tedbirler alınmasını istedi." haberi yapılmıştır.
10.06.11	Aktif Haber	Nedir bu 10 Numara Yağ?	Giresun'un Görele ilçesi yakınlarında, trafik uyarı işaretlerine çarparak devrilen yolcu otobüsünün alev alması sonucu 9 kişinin yanarak hayatını kaybettiği, 34 kişinin yaralandığı bilgi verildi. Görgü tanıklarınca aracın daha hareket halindeyken yanmaya başlaması 10 numara yağ kullanıldığını birden parlaması aracın bir alev topuna dönüşmesi bunun bir göstergesi olduğu bilgisi verilmiştir.
14.05.11	Hürriyet Ekonomi	10 numara yağ kullanımı ahlak dışı	Yasal mevzuatlardaki boşluklardan yararlanılarak baz yağlardan ve atık yağlardan elde edilen ve akaryakıt olarak kullanılabilen 10 numara yağın tüketiminde meydana gelen artış gerek sektörü gerek ekonomiyi ve çevreyi olumsuz yönde etkilediği yönünde tartışmaları gündeme gelmiştir.
16.04.10	Dünya	PO, Vergi artırımını istiyor	"Petrol Ofisi Üst Yöneticisi (CEO) Melih Türker, Maliye Bakanı Mehmet Şimşek'e madeni yağda vergileri artırmalarını önerdiklerini belirterek, sektördeki 10 numara yağ sorununa işaret eden Türker, bunun tahminlerine göre 1,5 milyar lira vergi kaybına yol açtığını belirtti." haberi yapılmıştır.

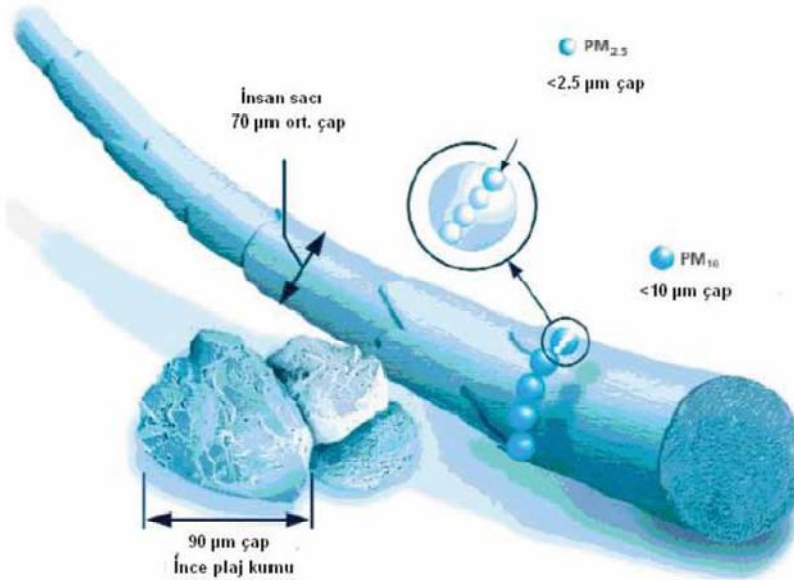
Yaygın ticari aa sahip 10NY'ların jenerik bir yakıt olarak maruz kaldığı yanma prosesi, başta hava olmak üzere tüm çevresel ortamlara etkiyen emisyonlara neden olmaktadır. Ancak, ilgili ürünün yanma prosesi dışında oluşturabileceği çevresel etkilere, yağ sektörü atıkları özelinde kısaca değinilmesinde fayda vardır. Atık yağ içerisindeki kirletici maddeler çevresel ortamlara ulaştığında, karışım halinde hareket etmek yerine fizikokimyasal özelliklerine bağlı toprak, su ve hava arasında dağılım gösterebilmektedir. Yoğunluğu sudan az (LNAPL) veya yoğunlu sudan fazla (DNAPL) ve suyla karışmayan özellikte kirletici içeren atık yağlar toprağa döküldüğünde, çevresel faktörlere bağlı olarak, yeraltı sularını kirletmekte veya mahsule zarar verebilmektedir. Öte yandan, sucul ortamlara dökülen atık yağların, su yüzeyinde oluşturacağı film tabakası oksijen transferini sınırlayarak balık ölümlerine neden olabilmektedir. Çevresel ortamlarda karşılaşılabilecek en önemli sorun, atık yağlardaki toksik maddelerin toprak veya su ortamındaki besin zincirine girerek toplum sağlığını tehdit eder hale dönüşmesidir (El-Fadel ve Khoury 2001). Ancak, atık yağların toprak veya su ortamına doğrudan atılmak suretiyle uzaklaştırılması yaygın bir bertaraf şekli değildir. Bu durumun tek istisnası, diğer atık yağlara kıyasla oldukça sınırlı kontrolün sağlanabildiği hanelerde oluşan bitkisel/hayvansal esaslı atık yağlardır. Söz konusu atık yağlar, kişisel sorumluluğun ön plana çıktığı, dolayısıyla, toprak veya su ortamında öznel bazda kirliliğe neden olabilecek yegane yağ çeşididir. Hava, atık yağların neden olabileceği kirlilikten etkilenebilecek en önemli çevresel ortamdır. Bu kirlilik ise ancak atık yağların bilinçsiz ve kontrolsüz bir biçimde yakılarak bertarafı ile mümkündür.

Atık yağların gerek yağ yakıcı sistemlerde ve gerekse de 10NY adı altında karışımlar halinde araçlarda kullanılması sonucu havaya salınan zararlı maddeler, oluşan atık yağın kullanım alanına ve atık yağın içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Karayolu taşımacılık sektörü en önemli kirletici emisyon kaynaklarından birisi olarak kentsel hava kalitesi için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Colville vd. 2001). Dolayısıyla, 10NY ve atık yağlar arasındaki yakın ilişki dikkate alındığında, yağ sektörü atıklarının neden olabileceği çevresel etkilerin 10NY sektörü için de geçerli olacağı aşıkardır. Özellikle kentlerimizde yaşadığımız hava kirliliği, farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bunlardan en genel tanımıyla hava kirliliği “katı, sıvı ve gaz şeklindeki kirletici maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek şekilde, yoğunluk ve sürede zarfında havada bulunması”dır (Tecer 2011). Trafik, ulaşım, endüstri ve kentsel ısınmada kullanılan yakıtlar hava kirliliğinin başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Rüzgâr, sıcaklık, basınç ve nem gibi meteorolojik faktörler de bu kirleticilerin taşınmasına, seyrelmesine ve/veya artmasına neden olmaktadır. Hava kirleticilerinin çevreye ve insan sağlığına etkileri kirleticinin tipine, atmosferdeki miktarına, atmosferde kalış süresine bağlı olarak değişmektedir. Bu konularda gerçekleştirilen pek çok çalışmada, hava kirliliğinin başta akciğer ve kalp hastalıkları olmak üzere pek çok olumsuz sağlık etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır.

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesiyle birlikte, motorlu taşıtların sayısı hızla artmaktadır. Bu araçların egzozlarından çıkan gazlar ise kentlerimizdeki önemli bir çevre sorunu olan hava kirliliğini oluşturmaktadır. Günlük hayat içerisinde her gün bir şekilde kullandığımız motorlu taşıtlardan salınan kirleticiler ile çevremiz ve soluduğumuz hava kirlenmektedir. Sağlıklı bir insan günlük yaklaşık 15 m³ temiz havaya ihtiyaç duymakta ve bu kadar temiz havayı bir tek taşıt sadece 10 dakikalık bir süre içerisinde kirletebilmektedir (Tecer 2011). Bu basit hesaplama bize kentlerdeki yüz

binlerce taşıtın neden olduğu hava kirliliğinin boyutu hakkında yeterli bir fikir vermektedir. Her gün milyonlarca araç, yaşadığımız kentin cadde ve sokaklarında dolaşmaktadır. Havaya kirletici gaz ve tanecik yayabilen bu araçlar, kötü bakım, bilinçsiz kullanma ve bir kısmının çok eski oluşları nedeniyle kirletici özellikleri bir kat daha artarak, önemli kirletici kaynak durumundadır. Doğal ve antropojenik kaynaklardan atılan toz, gaz ve sıvı şeklindeki hava kirleticileri insan sağlığına etkileri dikkate alınarak sınıflandırılabilir. Atmosferde en yaygın olarak bulunan ve belirli konsantrasyonlarda bulunduğu insan sağlığını olumsuz etkileyen kirleticiler şunlardır:

Partikül Madde ve Metal Emisyonu: Partikül madde havada asılı bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Partikül boyutları çok geniş bir aralığa sahiptir. Toz, duman, is gibi bazı partiküller gözle görülebilecek kadar büyüktür. Fakat, ancak mikroskopla görülebilen boyutlarda partiküller de bulunmaktadır. Çapları 10 μm 'den küçük, 2.5 μm 'den büyük partikül maddeler "kaba partiküller" olarak adlandırılır. Daha çok kırma, öğütme işlemleri, yol tozlarından kaynaklanır. Çapları 2.5 μm 'den daha küçük partiküller ise "ince partiküller" olarak adlandırılır. Genel olarak yanmada kullanılan katı ve sıvı yakıtlar, motorin ve kurşunlu benzin kullanan taşıtlar, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve bazı endüstriyel aktivitelerden kaynaklanır. Bu çapları küçük partikülleri kıyaslamak gerekirse, insan saçının kalınlığı ortalama 70 μm çapındadır ve ince partiküller bundan yaklaşık 30 kat daha küçüktür. Partikül maddeler çok değişik boyutlarda ve şekilde bulunurlar ve yüzlerce farklı kimyasallardan oluşurlar.



Şekil 2.11. Partikül madde boyutu kıyaslaması (Tecer 2011)

Atık yağlardaki kül ve iz element miktarı ham petrol veya madeni yağlara kıyasla oldukça yüksektir. Atık yağlar yakıldığında, gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, yüksek oranda partikül madde ve iz element salınımı olacaktır (Güzelyurtlu 1996). Kullanılmamış yağların içerisinde bulunan metaller, performans sağlayıcı

antioksidan veya deterjan katkılarından kaynaklanacağı gibi kullanım yerine (aşınma gibi) bağlı olarak da oluşabilmektedir. Ba, As, Ca, Cd, Mg, Pb, Zn, Na, Al, Cr, Cu, Fe, K, Si, Sn gibi metalleri (CONCAWE 1996) içerebilen atık yağların sınıflandırılmasında As, Cd, Pb ve Cr elementleri kullanılmaktadır. Atık yağların yakılması sırasında oluşan kirletici salınımlarının, yağ yakıcı sistem ve yakıt olarak kullanılan atığın tipine bağlı olsa da partikül formundaki metal emisyonları bütün yağ yakma sistemleri için karakteristik bir özelliktir (Vazquez-Duhalt 1989). Partikül maddeler, organik veya inorganik kirleticileri bünyesinde barındırması veya taşınması açısından büyük önem taşımaktadır. Örneğin, Nerin vd. (1999) tarafından atık yağların yakılması sonucu oluşan emisyonlarda partikül boyutu-metal ilişkisinin araştırıldığı çalışmada Pb, Fe, Cu, Ni Cr gibi metallerin 10 µm'den daha küçük partiküllerde, Cd ve V metallerinin ise 40 µm çaplı partiküllerde konsantre olduğu gözlenmiştir. Atmosfere salınan metallerin çapı 1µm'den daha küçük olan partiküller üzerinde de birikebilmesi, solunum yoluyla akciğerlere ulaşmasını kolaylaştırmaktadır (Nerin vd. 1996). Dolayısıyla, ağır metal içeriği yüksek olan endüstriyel atıkların kontrolsüz bir şekilde yakılması sonucunda maruz kalınan kirlilik düzeyi son yıllarda önemli ölçüde artmaktadır.

Tehlikeli Gaz Emisyonu: Atık motor veya endüstriyel yağlar S, N, O, Br, P ve Cl gibi elementler ve katı parçacıklar bakımından oldukça zengindir (CONCAWE 1996, PETDER 2011, Vazquez-Duhalt 1989). Bu elementlerin oluşturduğu organik veya inorganik maddeleri içeren atık yağların yakılması sonucunda NO_x, N₂O, SO₂, P₂O₅ ve bazı halojenli asitler (HF, HCl, HBr) oluşmaktadır (Güzelyurtlu vd 1996). Öte yandan, klor, azot ve fosfor gibi deniz, yeraltı suyu, içme suyu veya besin maddelerinin önemli unsurlarından birisi olarak doğada yaygın bir şekilde bulunan pek çok madde atık yağlarda konsantre halde bulunmaktadır. Örneğin, madeni yağ katkıları içerisinde %0.002-35 arasında değişen klor oranı (Hewstone 1994-a). Atık motor yağlarında 273-1084 µg/g aralığında ve endüstriyel/makine yağlarında ise ortalama olarak 5000 µg/g seviyesindedir (Domeno ve Nerin 2003). Bu elemente dair sorun, klor içeren atık yağların mekan/oda ısıtıcısı gibi yağ yakma (300-400°C) sistemlerinde yakıt olarak kullanılması sonucu poliklorlu bifenil veya dioksin gibi sağlık yönünden oldukça zararlı bileşiklerin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır (ATSDR 1997, Delistraty ve Stone 2007).

Organik Kirletici Emisyonları: Atık yağların yakılmasıyla oluşan baca gazları klorlu solventler dışında çeşitli organik bileşikleri içermektedir. Benzen, toluen, PCB ve dioksin gibi tehlikeli organik bileşikler ağırlık bazlı "ppm" düzeyinde atık yağlarda bulunabildiği gibi eksik yanma ürünü olarak da oluşabilmektedir (EPA 1993)

Dizel motorlu taşıtların egzoz borularından çıkan dumanın rengi, o aracın kirletici potansiyelini göstererek bu anlamda kendini ele verir. Yakıtın tam yanmadığı, araç bakımının iyi olmadığı durumlarda aşağıdaki üç tür duman çıkar ve bu dumanların çıkış sebepleri şunlardır:

1. Gri-beyaz duman; Tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu dumandır. Genellikle motor silindire su karıştığına işaret etmektedir.

2. Siyah duman; Motorun gereğinden fazla yakıt tükettiğine (tam yanmamış yakıt taneciklerinin fazla oluştuğuna) işaret etmektedir. Uygun yanma koşullarının olmadığını göstermektedir.

3. Mavi duman; Motorun yanmamış yakıt veya yağ karışımı yaktığına işaret olup genellikle motorun bakıma veya yağ değişimi ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Karbonmonoksit (CO), partikül madde (is, toz,tanecik vs.) ve hidrokarbonlar egzoz gazlarından kent atmosferine bırakılan genel hava kirleticileridir. Benzinli taşıtlarda kurşun (Pb) bileşikleri de diğer bir önemli kirleticilerdendir.

2.4. 10 Numara Yağ veya Baz Yağ Konulu Çalışmalar

"10 numara yağ" terimi ülkemize has ve uluslararası ölçekte karşılığının olmadığını düşündüğümüz bir olgudur. Ulusal literatürümüzde 10NY kullanımı veya içerisindeki katkılardan kaynaklanabilecek sorunlara yönelik sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır. Uyaroğlu vd. (2010) tarafından dizel motorlarda standart dışı yakıt kullanımından kaynaklanabilecek piston arızalarının araştırıldığı çalışmada, piyasada yakıt olarak satılan 10NY'ların içerik ve fiziksel özelliklerine (viskozite, karbon kalıntısı vb.) bağlı gelişebilecek sorunlara değinilmiştir. Standart motorine kıyasla birim hacimde daha fazla enerjiye sahip olan 10NY'ların, silindir içerisinde daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmasına sebep olacağı ve bunun da malzeme dayanımını olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmiştir. PETDER tarafından 2012 yılında yapılan bir çalışmada ise 10NY kullanan araçların deposundan ve piyasada işlem gören 10NY'lardan alınan numuneler bazı özellikleri açısından incelenmiştir (PETDER 2012). Toplamda on adet numunede yapılan parlama noktası, yoğunluk, kükürt, viskozite ve kaynama noktası analizleri (Çizelge 2.5), söz konusu parametrelerin standart motorine kıyasla değişkenlik gösterdiği sonucunu ortaya çıkarmıştır (PETDER 2012-a). Analiz edilen parametrelerdeki göreceli farklılıklar, 10NY adı altında satılan ürünün içerisinde madeni yağ, solvent veya atık yağ gibi maddelerin olma ihtimalini güçlendirmiştir (PETDER 2012-a). Arpa vd. (2010) tarafından atık motor yağından elde edilen dizel benzeri yakıtın, dizel motor performansına olumsuz etkisi gözlenmezken egzoz emisyonlarında dizele kıyasla yüksek oranda HC, CO, NO_x, ve SO₂ tespit edilmiştir.

Çizelge 2.5. PETDER tarafından yapılan on numara yağ (10NY) analiz verileri (PETDER 2012-a)

Testler	10NY Kullanan Kamyon	10NY Tenekesi	TS EN 590 Spesifikasyonu
Parlama Noktası, °C	24-82	42	<55
Yoğunluk @ 15°C, kg/l	844,7-888,4	861,1	820-845
Kükürt, ppm	2,060-4,000	4,1	<10
Viskozite, mm ² /sn	4,32-9,41	30,9	2-4,5
İlk Kaynama Noktası, °C	25-27	28	-
250 °C'de, % hacim	12-13	100	<%65
350 °C'de, % hacim	40-41	100	>%85
%95'inin elde ettiği sıcaklık, °C	45-46	100	<360 °C

Ticari faaliyetlere konu olan 10NY'lar ve içerisinde eklenebilecek katkı maddelerine yönelik ulusal literatürümüz oldukça sınırlıdır. Atık yağların karakterizasyonunu konu alan az sayıda araştırmada ise ağır metal, halojenler, fenoller, poliklorlu bifeniller (PCB) ve poliaromatik hidrokarbonlar gibi çevre ve insan sağlığı için önem arz eden bileşikler yeterince irdelenmemiştir. 2009 yılında ODTU PAL'de halojen, PCB ve parlama noktası özelliklerine göre analiz edilen atık madeni yağların %6'sı III. kategori, %14'ü II. kategori ve geriye kalan %80'i I. kategori olarak bulunmuştur (Okandan 2009). Öte yandan, Köroğlu (2011) tarafından yapılan çalışmada ulusal çapta toplanan taşıt kaynaklı atık madeni yağlarda As, Cd ve PCB parametrelerine rastlanmazken klorür, toplam halojenler, Cr ve Pb konsantrasyonları geri kazanıma uygun atık yağlar için gereken sınırın üzerinde çıkmıştır. Madeni, sentetik veya bitkisel/hayvansal atık yağların kalorifik değeri (9500-10000 Kcal/kg) ve hammadde geri kazanım potansiyeli sektör hacmi ve ticari rant dikkate alındığında korsan faaliyetlere neden olmaktadır (Uzun ve Gedik 2012). Kayıt dışı kalan miktarın önemli bir kısmı yasadışı yollardan ısınma veya enerji amacıyla yakılmakta (Çanakcı ve Akıncı 2007) veya merdiven altı diye tabir edilen işletmelerde basit işlemlerden geçirilerek doğrudan akaryakıtta karıştırılmaktadır.

Öte yandan, 10NY'ların kullanım amacına benzer nitelikte bazı uluslararası çalışmalar mevcuttur. Dong vd. (2012) tarafından, dizel motorlarda doğrudan motorin veya belirli oranlarda baz yağ ve yağ katkılarının motorin ile karıştırılarak kullanımı sonrası egzoz emisyonlarındaki parçacık boyutu dağılımının incelendiği çalışmada, motorine %0.5-1.5 arasında değişen oranlarda yapılan baz yağ katkısının, egzoz gazındaki parçacık oluşumunu, dağılımını ve nanopartikül emisyonlarını önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Öte yandan, basit bir filtreleme işleminden geçirilen atık motor yağlarının, belirli standartlar dahilinde, iş makinelerinde kullanılması tavsiye edilmektedir (Caterpillar 1996). Hatta, Avustralya'daki ağır vasıtalarda yer alan bilgisayarlı motor durumu izleme sistemi, eskiyen karter yağını belirli oranlarda (%7) dizele ekledikten sonra yenisiyle değiştirmektedir (Beer vd. 2000). Bu tip uygulamalar, atık yağın tekrar kullanımına fırsat verdiğinden avantajlı olarak görülse de SO_x emisyonlarına ve motor ömrüne dikkat çekilmektedir. Bu tür yakıtlar, kısa vadede ekonomik fayda sağlamış gibi gözükürken uzun vadede motor performansını düşürerek egzozdan çıkan duman, is, koku ve kirletici emisyonlarını artırmaktadır (Uyaroglu vd. 2010, PETDER 2012-a)

Endüstriyel ürünlerin üretiminde ağır metallerin yaygın olarak kullanılması nedeniyle canlıların ağır metallere maruz kalma oranı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Yağlardaki metal kirleticileri, performans sağlayıcı antioksidan veya deterjan katkılarından kaynaklanacağı gibi kullanım yerine bağlı olarak (aşınma gibi) da karışabilmektedir. Atık yağlar, kullanım amacı ve alanına bağlı olarak Ba, As, Ca, Cd, Mg, Pb, Zn, Na, Al, Cr, Cu, Fe, K, Si, Sn gibi metaller içermektedir (CONCAWE 1996). Bunlardan As, Cd, Pb ve Cr elementleri atık yağların sınıflandırılmasında kullanılan önemli kirleticilerdir. Atık yağ yakıldığında önemli ölçüde partikül madde ve ağır metal (Pb ve Cu) salınımı olmaktadır (Gulyurtlu vd 1996). Ayrıca, bileşiminden veya katkı maddelerinden gelen S, N, O, Br, Cl ve P gibi elementler (CONCAWE 1996) veya bu elementlerin oluşturduğu organik veya inorganik maddeleri içeren atık yağların yakılmasıyla NO_x, N₂O, SO₂, P₂O₅ ve bazı halojenli asitler (HF, HCl, HBr) oluşmaktadır (Gulyurtlu vd. 1996).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

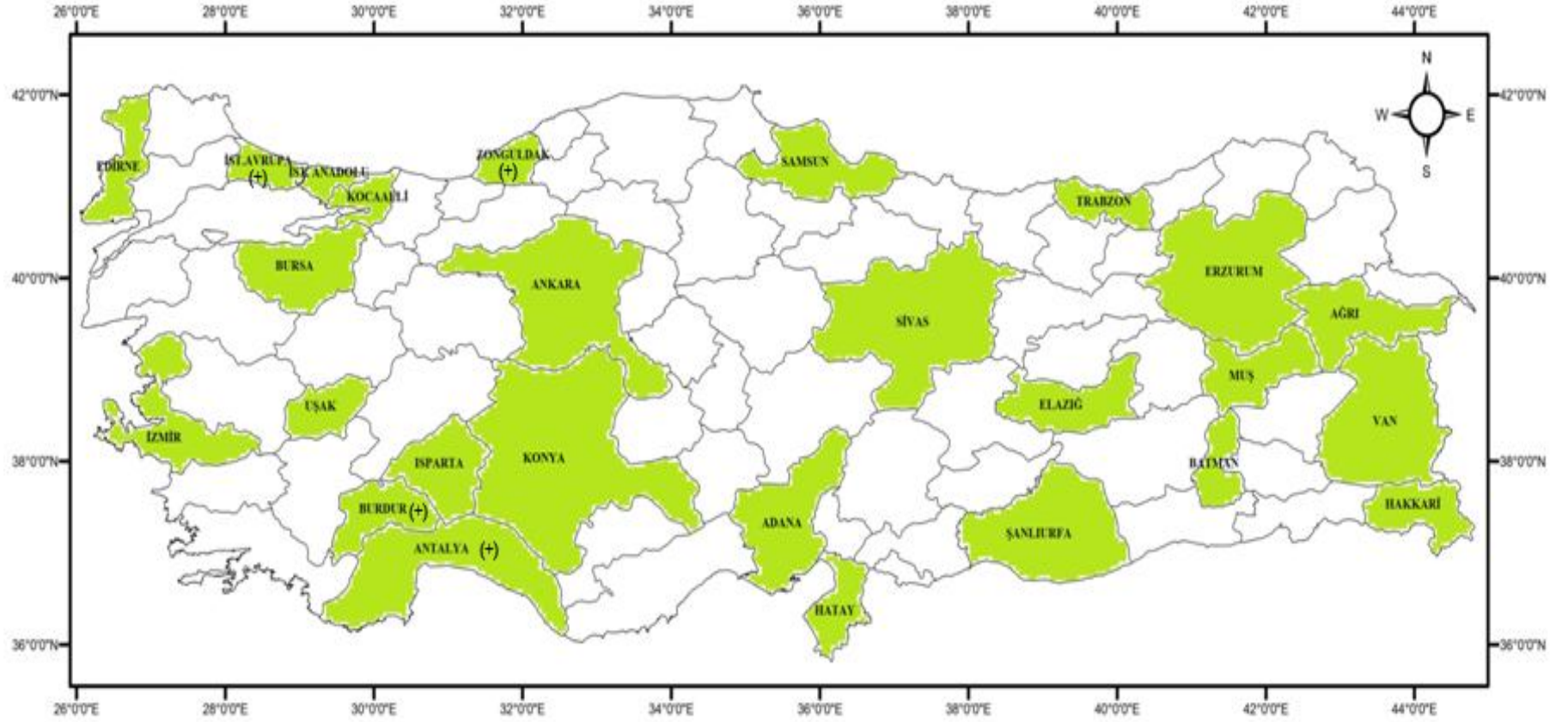
Ülkemizde yaygın bir ticari ağa sahip 10NY sektörünü temsil edebilecek nitelikteki numuneler, Ekim 2012 - Mart 2013 tarih aralığını kapsayan dönem içerisinde kamyon/otobüs garajları, oto sanayi siteleri veya yol kenarlarında bulunan işletmelerden temin edilmiştir. Şekil 3.1'de görülen 25 farklı ilden alınan toplam 30 adet numune, bazı illerden (Antalya, Zonguldak, Burdur/Bucak, İstanbul) farklı dönemlerde alınan 10NY numunelerini de içermektedir. Ticari isimleri saklı tutulan numuneler görsel olarak açık sarı ile koyu kırmızı arasında değişen renk tonuna sahiptir. Dökme olarak veya tenekeler içerisinde satılan ürünler, 1-2 L hacmindeki plastik şişelere konularak, analiz edilinceye kadar, laboratuvarda oda sıcaklığında saklanmıştır.

3.2. Fizikokimyasal Analizler

10NY numunelerinin yakıt özellikleri ve yapısında bulunan temel bileşenlerin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerin tamamı "TS EN ISO/IEC 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği için Genel Şartlar Standardı" çerçevesinde Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite bir laboratuvar olarak hizmet veren İnönü Üniversitesi Akaryakıt/Petrol Analiz Laboratuvarında hizmet alımı yolu ile yapılmıştır. Söz konusu fizikokimyasal parametreler ve önemleri, petrol destilasyon ürünleri kapsamında irdelenerek 10NY'ların karakterizasyonunda kullanılmıştır.

Çizelge 2.6. Fizikokimyasal analiz metotları ve deneylerde kullanılan cihazlar (özet)

Fiziksel/Kimyasal Özellik	Birim	Metot	Kullanılan Cihaz
Yoğunluk (15°C)	kg/m ³	TS EN ISO 12185	KEM DA-505
Viskozite (40°C)	mm ² /sn	TS 1451 EN ISO 3104	TANAKA AKV-202
Parlama Noktası (Açık kap)	°C	TS EN ISO 2592	TANAKA ACO-7
Akma Noktası	°C	ASTM D 6749	TANAKA MPC-102
Su Miktarı	ppm	TS 6147 EN ISO 12937	METTLER TOLEDO / DL 39
Kükürt Miktarı	mg/kg	TS EN ISO 8754	SPECTRO XEPOS 03 STD Gas
Uçucu Olmayan Madde Miktarı	%	ASTM 1259-06	-
Asit Sayısı	mg KOH/g	ASTM D 664	METTLER TOLEDO/T50
Baz Sayısı	mg KOH/g	TS 5655 ISO 3771	METTLER TOLEDO DL28
Bakır Şerit Korozyonu	Sınıf 1-2-3-4	TS 2741 EN ISO 2160	PETROTEST/DP
Renk	ASTM	ASTM D 6045	LOVIBOND/PFX195
FTIR	cm ⁻¹	-	BRUKER/TENSOR 37



Şekil 3.1. Türkiye genelinde 10NY numunelerinin toplandığı iller (Aynı ilden farklı dönemlerde alınan numuneler "+" işareti ile belirtilmiştir.)

3.2.1. Yoğunluk

Yoğunluk, akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu ürünlerin 15°C ve 101,325 kPa basınç altındaki birim hacminin kütlesi olarak tanımlanmaktadır. Ham petrolden elde edilen yakıtların ve yağların birbirinden kolay ayırt edilmesi ve tanımlanmasında önemli bir parametre olan yoğunluk, kg/m³ veya gr/ml birimi ile ifade edilmektedir. Yoğunluk, sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir. Genel bir yaklaşım olarak, belirli bir sıcaklıkta elde edilen yoğunluk değeri, 0,00065/°C katsayısı kullanılarak farklı sıcaklıktaki değerlere dönüştürülebilmektedir (Base Oil Handbook 2001). Akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyon ürünlerinin kimyasal bileşimler yoğunluğu etkilemektedir. Ürün içerisindeki aromatik bileşiklerin miktarının artması yoğunluğun artmasına sebep olurken doymuş bileşiklerin artması yoğunluğun azalmasına neden olmaktadır (Base Oil Handbook 2001). Özgül ağırlık, kükürt, karbon kalıntısı, viskozite ve azot içeriği arasında da aynı korelasyon vardır. Kullanılmış motor yağının baz yağ içindeki varlığının artması ile yoğunlukta doğru orantılı olarak artmaktadır. Kullanılmış motor yağında yüksek oranda bulunan oksidasyon ürünleri, metaller ve kirleticiler, bu artışın temel nedeni olarak gösterilmektedir (Forsthoffer 2011).

10NY numunelerinin yoğunluk tayininde, ham petrol ve petrol ürünleri için kullanılan TS EN ISO 12185 standardı esas alınmıştır. Bu standart, yoğunluğu 600 kg/m³ ile 1100 kg/m³ olan ve deney sıcaklığı ve basıncında tek bir sıvı faz olarak harmanlanan ham petrol ve petrol ürünlerinin yoğunluğunun salınım yapan U-tüpü yöntemiyle tayinini kapsamaktadır. Yoğunluk analizlerinde KEM marka DA-505 model "Density/Specific Gravity Meter" cihazı kullanılmıştır.

3.2.2. Viskozite

Viskozite, akışkanın akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu ürünlerin birbirinden kolay ayırt edilmesinde kullanılan en önemli ve belirgin bir özelliktir. 40°C ve 100°C için ayrı ayrı hesaplanabilen viskozite, aynı sıcaklıklar baz alınarak viskozite indeksi olarak da ifade edilerek cSt veya mm²/sn birimi ile gösterilir. Viskozite sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Base Oil Handbook 2001). Sıcaklık yükseldikçe viskozite değeri azalırken sıcaklık düştükçe viskozite değeri artmaktadır. Bunun yanında, basınç değeri arttıkça viskozite değeri artma eğilimde olup kıvamlılığın artması da akışkanların viskozite değerini yükseltmektedir (Özcan 2011). Yağın içindeki moleküler yapı türleri arttığında kaynama noktası da artırmakta ve viskoziteyi artırmaktadır. Parafinik yağlar, yüksek moleküler hareketlilik nedeni ile düşük viskoziteye sahipken naftenik yağlar için tam tersi bir durum oluşmaktadır (Base Oil Handbook 2001). Petrol ve diğer sıvı destilasyon ürünlerine ait viskozite değerleri yakıt pompalanmasında ve enjeksiyon sistemlerinde önemli bir parametredir. Viskozite, özellikle dizel yakıtlarda soğuk havalarda daha aktif rol oynamaktadır. Viskozitenin yüksek olması yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektör memelerinin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır (Karaosmanoğlu 1996). Viskozite, yağlama yağlarının kirlenme potansiyelini de gösteren bir parametredir. Okside olmuş veya polimerize olmuş ürünlerin çözülmesi ve yağ içindeki askıda ürünler, yağın

viskozitesini artırır (Diaz 1996). Viskozite, yağlama yağ ürünlerinin en belirleyici özelliğinden olmasından dolayı motordaki temas yüzeyleri arasında film kaplayarak mevcut yük altında ve hızın etkisiyle oluşan yatak sürtünmesini, ısıyı ve yataktan akacak olan yağın miktarını belirlemeye yardımcıdır. Hareket sırasında gözlenen bir viskozite artışı, yağın kısmen bozulduğunun belirtisi olup, viskozite düşüşü de genellikle yağların seyreltiğinin işaretidir. Viskozite düşüşü yağ filminin dayanaklığını azaltır ve motorda aşınmayı hızlandırır (Diaz 1996). Yağlara yakıt karışması, yağa ilave edilen katkı maddeleri yanması ile viskozitenin de azalmasına neden olur (COT 2012). Genelde uzun süre kullanılmış motor yatakları içinde eskiden var olan büyük oranda kurum ve diğer atıklar motorun yüksek çalışma ısısından veya uzun süreli çalışmasından dolayı oluşmuş oksitli atıklar veya yağa suyun karışımından dolayı emülsiyonlaşması sonucu viskozitenin yükselmesini nedenlerinden biridir (Alptekin 2007).

10NY numunelerinin viskozite tayininde TS 1451 EN ISO 3104 standardı esas alınmıştır. Bu standart, saydam ve opak petrol ürünlerinin kinematik ve dinamik viskozite tayininin hesaplanmasını kapsamaktadır. Analizlerde, TANAKA marka AKV-202 model "Kinematic Viscosity Measuring System" cihazı kullanılmıştır.

3.2.3. Parlama Noktası

Yanıcı bir ürünün (yağın) hava ile karıştığı anda parlayabilen bir karışım meydana getirdiği en düşük sıcaklık olarak tanımlanır. Madeni yağlarda alevlenme noktası Cleveland açık kap (Cleveland open cup-COC) ve Pensky Martens kapalı kap (Pensky Martens closed cup-PMCC) metodu olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenebilir. Cleveland açık kap metodunda atmosfere açık şartlarda parlama noktası belirlenir. 80°C altında olan kimyasallar için açık kap metodu uygulanmaz. Düşük parlama noktaları Pensky Martens kapalı kap metodu ile belirlenir. Parlama noktası, akaryakıtın güvenlik açısından gerek açıkta, gerekse kapalı kaplarda saklanan, taşınan ve kullanılan bir sıvı yakıt/yağ ürünlerinin tâbi olacakları azami sıcaklıklarının belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir . Örneğin, dizel yakıtlarda parlama noktası 55°C iken biyodizelde parlama noktası 160-250°C arasında değişmektedir (Safgönül 1995) Bu özelliği ile biyodizel daha güvenilir bir yakıt olarak Safgönül (1995) tarafından tanımlanmaktadır. Yangın ve patlama riskleri nedeniyle parlama noktası belirleyici bir özelliktir. Parlama noktası 38°C'nin altındaki ürünler için yangın ve tutuşma riskinden dolayı özel önlemler alınması gerekmektedir. Parlama noktaları, yağın kirlilik potansiyelini belirlemek için de kullanılmaktadır. Yağların %3,5 yakıt muhteviyatı ile karışmış olması, kullanılmış motor yağlarının bulunması veya parlama noktasının 55°C'nin altında olması solvent, vb. maddelerinin katıldığıının önemli bir göstergesi olup motorda düzensiz ve kontrolsüz bir yanma nedeni olmaktadır (PETDER 2012). Bu durum, güvenlik açısından büyük riskler taşımaktadır. Teknik özellikleri standart olmayan dizel türü bir yakıtın alev alması ve aracın yanma ihtimali yükseltmektedir.

Parlama noktası, özellikle petrol ürünlerinin kimliğinin oluşturulmasında yardımcı parametredir. Parlama noktasının artması akaryakıtlarda veya diğer sıvı petrol destilasyonu ürünlerinin molekül ağırlığını arttırmaktadır. Dolayısıyla, oksidasyon ürünlerinin varlığı parlama noktasının azalması uçucu bileşenlerin varlığı ile

oluşmaktadır (Lenoir 1975). Yüksek tutuşma sıcaklığı, tutuşma gecikmesi süresini uzatarak dizel vuruntusunu artırmakta, bu ise piston üzerinde deformasyon oluşturmaktadır (Uyaroğlu vd. 2010).

10NY numunelerinin parlama noktası tayininde TS EN ISO 2592 standardı esas alınmıştır. Bu standart, petrol ürünlerinin parlama noktası tayini için Cleveland açık kap metodunu baz almaktadır. Parlama noktası analizinde TANAKA marka ACO-7 model "Automated Open Cup Flash Point Tester" cihazı kullanılmıştır.

3.2.4. Akma Noktası

Akma noktası, bir viskozite-sıcaklık olgusudur. Yağlayıcı bir maddenin belirli koşullar altında akacağı veya pompalanmadığı sıcaklık (°C) olarak tanımlanmaktadır. Akma noktası, bir yağın düşük sıcaklıklarda akışkan olabilme özelliğinin göstergesidir. Bir yakıtın akma noktası, yakıtın soğuk iklim şartlarında kullanılabilirliğini doğrudan etkilemektedir (Kinast 2001). Biyodizel gibi yakıt ürünleri soğuk iklim şartlarına daha uygun özelliktedir (Gabozki 1998). Ortamdaki sıcaklık düştüğünde, yakıt kristalleşmeye başlayarak belirli bir süre sonra yakıt filtrelerini tıkamaktadır. Akma noktası, yakıt veya yağı kullanan makine veya teçhizatın çalıştırılabileceği en düşük ortam sıcaklığı olarak düşünülmemesi gereklidir. Bir petrol ürününün akma noktasının 5-10°C üstünde olması bu konudaki esas sınırı olan sislenme noktasını (cloud point) olarak belirlenebilmektedir (Gulf 2012). Sislenme noktasına ulaşıldığında, yağın içinde vaks kristalleri oluşmaya başlar ve bu kristaller filtreleri tıkararak ekipmanın çalışma düzenini bozmaktadır (Gulf 2012). Bu durum kullanılan ürünün akma noktasının, belirli katkılarla (pour point depressant) yapay olarak düşürülmesiyle ortaya çıkmaktadır. Motor yağları yüksek wax ve parafin içerirse daha yüksek bir akma noktasına ulaşmaktadır. Akma noktası bir yağın viskozitesinden yüksek oranda etkilenir, dolayısıyla, yüksek viskoziteli motor yağı yüksek akma noktasına sahip olabilmektedir. Motor yağının akma noktası özellikle motorun soğuk havada çalışmaya başlatan önemli bir değişken olabilmektedir (Riazi 1987).

10NY numuneleri akma noktası tayininde ASTM D6749 metodu esas alınmıştır. Bu metot, petrol ürünleri akma noktası tayini petrol ürünleri ve madeni yağları ile petrol ürünleri akma noktası (otomatik hava basıncı metodu) tayinin hesaplanmasını kapsamaktadır. Akma noktası analizinde, TANAKA marka MPC-102 serisi otomatik tanımlamalı 1°C test çözünürlüğünde ölçüm yapabilen "Pour/Cloud Point Tester" cihazı kullanılmıştır.

3.2.5. Su İçeriği

Su içeriği, akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu ürünlerde bulunan su oranını belirtmektedir. Yağlama açısından büyük önem arz eden su içeriği % (hacimsel veya kütleli), ppm veya mg/kg olarak ifade edilmektedir. Petrol ve diğer sıvı destilasyon ürünlerindeki su içeriği oksitlenmeyi ve asit oluşumunu artırmakta ve katkı maddeleri ile tepkime vermekte veya çöktürmektedir (BEARINGTRENDS 2010). Yakıt içinde su bulunması, patlama veya yanmanın düzenli olmaması ve ısıl değerinin düşük olmasına neden olmaktadır. Yakıtın su içeriğinin yüksek olması soğuğa dayanıklılığını azaltmaktadır (Gerpen 2004). Biyodizelin hammaddesi olan bitkisel yağlara su

karışması üretimi esnasında su ile yıkanması sonucunda içerisine su karışabilmektedir. Yakıt içindeki su içeriği motorda çalışırken motorun aşınmasına neden olmaktadır. Aşınma sonucu kopan parçacıklar yakıtta karışır, enjektör ve filtrelerin tıkanmasına neden olmaktadır (Gerpen 2004). Su/yakıt emülsiyon oranının yeterli seviyede olması yanma sıcaklığını ve NO_x emisyonlarını azaltmaktadır. Ancak, yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerinde su yakıttan ayrılarak enjektör sisteminde bölgesel oksidasyondan dolayı çürümelere sebep olmaktadır (Kishore 2007). Su miktarı, genellikle motor yağları içindeki bir kimyasal kirlenme olarak adlandırılmaktadır. Motor yağı içindeki su kontaminasyonu yağ kalitesini, çalışma koşullarını ve motorun aşınmasını etkilemektedir. Su içeriği, biz dizi kimyasal reaksiyonları; hidroliz bileşikleri ve atomik tür içerikli baz yağ katkıları ve askıdaki kirleticileri tetikleyebilmektedir. Oksijen, ısı ve metal katalizör ile birlikte, suyun oksitleme ve serbest radikalleri ve peroksit bileşikleri oluşturduğu bilinmektedir. Su, oksidasyon inhibitörleri, pas önleyici, viskozite geliştiricileri ve yağın kıvam artırıcı katılarına saldırır. Motor yağının içeriğindeki kalıntı ve su ekipmanlara korozyona ve proseste kalıcı problemlere neden olmaktadır (Kishore 2007).

10NY numuneleri su miktarı tayininde, ham petrol ve petrol ürünleri için kullanılan TS 6147 EN ISO 12937 standardı esas alınmıştır. Bu standart, petrol ürünlerindeki suyun kalorimetrik Karl-Fischer titrasyon metodu ile tayinini kapsamaktadır. Su miktarı analizinde METTLER TOLEDO marka DL/39 model mikroprosesör kontrollü Karl-Fischer titrasyon cihazı kullanılmıştır.

3.2.6. Kükürt İçeriği

Kükürt, akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu ürünler içerisinde doğal olarak veya katkı maddeleri nedeniyle serbest kükürt (S), kükürt hidrojen (H₂S), disülfür (RSSR), polisülfür (R_NS_V) veya tiofen (R,S) şeklinde bulunabilmektedir (Acaroğlu 2010).

Yakıt içerisindeki kükürt miktarı belirlenirken doğal olarak var olan katkılardan, ZDDP ve organik kükürt bileşiklerinden kaynaklanan miktarları dikkate alınmalıdır (BEARINGTRENDS 2010). Örneğin, bir mineral yağ numunesi içerisinde kükürt varsa ve bu durum aynı numunede Zn ve P verilerine ek olarak FTIR analizinden elde edilen ZDDP piki ile destekleniyorsa bu mineral yağın ZDDP katkısı içerdiğini göstermektedir (BEARINGTRENDS 2010). Bir yakıtın kükürt içeriği mg/kg veya % (kütleli) olarak gösterilebilmektedir. Yakıt ve yağlarda, karbon ve hidrojenden sonra en önemli madde kükürttür (Acaroğlu 2010). Yanma sırasında asit haline (sülfürik asit) dönüşerek piston silindir cidarlarında ve segmanların mekanik aşınmasını hızlandırdığından yakıtın içerisinde istenmeyen bir maddedir (Acaroğlu 2010). Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan emisyonların en önemli zararlılarından biri SO₂ veya daha fazla birleşerek kükürt trioksit (SO₃) meydana gelmektedir. Egzoz gazındaki su buharı ile SO₃'nın birleşmesinden çok şiddetli bir aşındırıcı olan sülfürik asit (H₂SO₄) meydana gelmekte ve asidik etkisi nedeni ile egzoz gazlarının geçtiği yerlerde korozyon olmaktadır (Acaroğlu 2010). Benzin içerisindeki kükürt konsantrasyonu, dizel yakıtlara göre daha azdır. Motorinin ihtiva ettiği kükürt miktarı onun en önemli karakteristiklerinden biridir. Özellikle Amerikan Petrol Enstitüsü (API) tarafından belirtilen benzin içerisinde kükürt

miktarı ortalaması kütlece %0.03-0.15 arasındadır. SAE'nin dizel yakıtı için izin verdiği en fazla kükürt değeri kütlece %0.5'tir.

10NY numunelerindeki kükürt içeriği TS EN ISO 8754 standardı esas alınarak belirlenmiştir. Bu standart, petrol ürünlerindeki kükürt içeriğinin nafta, kurşunsuz benzin, orta damıtma ürünleri, artık fuel oil, baz yağlar ve bileşenleri gibi petrol ürünlerinin kükürt muhtevası tayininin enerji ayırmalı X-ışını floresan spektrometri yöntemini kapsamaktadır. Kükürt miktarı analizinde SPECTRO XEPOS 03 STD Gas cihazı kullanılmıştır.

3.2.7. Uçucu Olmayan Madde İçeriği

Akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu ürünlerindeki uçucu olmayan madde içeriği, ilgili ürün içerisindeki uçucu maddelerin belirli koşullar altında uçurulması sonucu kalan miktarı temsil etmektedir. % (kütle/kütle) olarak ifade edilen analiz sonuçları, parlama noktası verileri ile beraber değerlendirildiğinde, ürün içerisindeki uçucu ve yanıcı bileşenlere yönelik fikir verebilmektedir.

10NY numunelerindeki uçucu olmayan madde miktarı, ASTM 1259-06 standardı esas alınarak belirlenmiştir. Bu standart, ürün içerisine üretim sürecinde ve/veya sonradan katılmış olan uçucuların (çözücülerin) miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

3.2.8. Toplam Asit Sayısı

Toplam asit sayısı (TAN), akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu yağın bir mililitresindeki asidi nötrale edecek potasyum hidroksit (KOH) miktarının gram olarak ifadesidir. Asit sayısı birimi mg KOH/g olarak ifade edilmektedir. Madeni yağlar, depolanmaları ve kullanılmaları süreci boyunca dış etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkilerin yağdaki en önemli sonucu, karbon (C) ve hidrojen (H) atomlarından oluşan moleküllere oksijen girişini sağlayarak, yağın asite (COOH) dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Oluşan değişik asitler, madenî yağın çalıştığı yüzeylerde aşındırıcı ve korozif etki yaratmaktadır. Bu nedenle, yağ imalatçıları yağda asitleşmeyi dengelemek için, yağın içine alkalin katkı maddeleri katmaktadır. Bunlar genellikle kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), çinko (Zn) ve P (fosfor) bileşikleridir. Yağın oksitleşmesi, dolayısıyla asit oluşumu, yağın içindeki alkalin maddelerin düzeyini ölçerek değerlendirilmektedir (MAYLAB 2012). Motor yağları yüksek sıcaklıklara maruz kalmasıyla oksidasyon işlemi gerçekleşmektedir. Oksidasyon motor yağı organik asitlerin oluşumuna yol açmaktadır. TAN verisi motor yağı kalitesini ve oksidasyon durumunu tanımlama açısından özellikle önemli bir gösterge olarak kabul edilmiştir (COT 2012). Çok çeşitli asit bileşikleri TAN değerini artırmak için katkıda bulunabilmektedir. Normal kullanımdaki oksidasyon ürünleri kullanılmış yağı içindeki en büyük katkıyı yapmaktadır. Organik ve inorganik asitler, fenoller, esterler, deterjanlar ve inhibitörleri ortak katkı bileşenlerinin tamamı yağ örneğindeki TAN değerini değiştirebilir. Çoğu motor yağları ortamdaki oksijen ve hidrokarbonların varlığında baz yağda bazı reaksiyonlar oluşturmaktadır. Bu reaksiyon karbonil asit içeren ürünlerin oluşumuna yol açabilir (birincil oksidasyon ürünleri), daha sonra bunlar oksidasyon ile karboksilik asit ürünlerine (ikincil ürünleri) ve sonra TAN değerinin

artışına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, zaman ve yüksek sıcaklık ile, oksidasyon ürünlerinin polimerize olarak çamurun çökmesiyle motor yağı verimini azaltır ve aşırı aşınmalara neden olur (Fox 1991). TAN değerinin yüksek olması durumunda yakıt pompası ve filtrelerin ömrü azalmaktadır (Tyson 2001).

10NY numunelerindeki toplam asit sayısı tayininde, ham petrol ve petrol ürünleri için kullanılan ASTM D664-11 metodu esas alınmıştır. Bu metot, petrol ürünleri, yağlar, biyodizel ve biyodizel karışımları asidik bileşenlerin asit sayısı tayinini kapsamaktadır. Toplam asit sayısı analizinde METTLER TOLEDO/T50 cihazı kullanılmıştır.

3.2.9. Toplam Baz Sayısı

Toplam baz sayısı (TBN), akaryakıtlarda veya diğer sıvı petrol destilasyon ürünlerinde korozyona neden olan asitleri nötralize edebilme yeteneğinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Ham petrolden elde edilen yakıtların ve yağların katkı maddelerinin ömürlerini tüketip tüketmediğini belirlemede birbirinden kolay ayırt edilmesi ve tanımlamasında önemli bir parametre olan toplam baz sayısı, mg KOH/g birimi ile ifade edilmektedir. Yağların alkali öğelerini tükendikçe toplam baz sayısı değeri düşmektedir (COT 2012)

Yüksek TBN, yakıtın asitlere karşı koyma yeteneğinin daha iyi olduğunu gösterir, ancak diğer özellikler bakımından yüksek TBN yağın daha iyi olduğunu göstermez. Yağlama yağına toz, toprak, su, yakıt kurumu veya kurşun karışımından ve aşırı sıcaklıkta çalışmadan dolayı viskozitede artış görülebilmektedir. Kullanım süresine bağlı olarak yağ içerisinde bulunan çeşitli katkı maddelerinin ve yağın temizleyici özelliğinin göstergesi olan TBN değeri azalmaktadır. Ancak TBN değeri sadece yağın kullanım süresi ile orantılı olarak azalmamaktadır (COT 2012). Yağın saklandığı tankın kirliliği bile TBN değerini azaltıcı bir etkendir (COT 2012).

Yakıt ve yağdaki oksidasyon ürünleri, polimerizasyon sonucu ergimeyen reçine ve lak (vernik) ürünlerini oluşturur. Bu tip oksidasyon ürünlerinin bazıları asidik nitelikte olup, alkalın katkı maddeleri ile birlikte reaksiyona girer. Yağlama yağı formülasyonunda, alkalın özelliklerini iki kaynaktan alır. Birincisi; metalik yapıdaki kuvvetli baz yapıcı malzemeler, örneğin Ca, Mg, Na ve Ba sülfonatları/fosfonatları/salisilatları olmak üzere deterjan katkı maddeleri ve ikincisi ise; kül önleyici dağıtıcı katık olarak kullanılan poliizobütilen süksinimidler (PIBS)'dir (Chawla 1988). Motor işletim şartlarında alkalın katkı maddeleri, yanma sonucunda oluşan asidik ürünleri nötralize etmek için tükenir. Bu da motor yağlama yağının kullanımını esnasında TBN değerinin azalmasına yol açar. TBN değerinin %50'nin üzerinde azalması yağın değişimi için önemli bir uyarıdır (Kaleli 2014).

10NY numunelerindeki toplam baz sayısı tayininde TS 5655 ISO 3771 standardı esas alınmıştır. Bu standart, petrol ürünlerindeki bazik maddelerin perklorik asit kullanılarak potansiyometrik titrasyon yöntemi ile tayinini kapsamaktadır. Toplam baz sayısı analizinde METTLER TOLEDO DL28 cihazı kullanılmıştır.

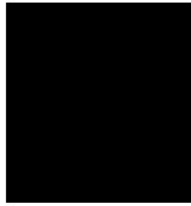
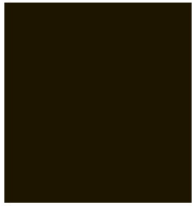
3.2.10. Bakır Şerit Korozyon Testi

Bakır şerit korozyon testi, akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu yağların (madeni, hidrolik yağları, dişli yağları vb.) metaller üzerine olan koroziflik etkisini tespit etmek için uygulanmaktadır (IP 154 / ASTM D 130). Birimi Sınıf No.1, No.2, No.3, No.4 şeklinde yani (hafif karartı, orta karartı, karanlık karartı, korozif) şeklinde olabilmektedir. Yağın içine su karıştığında ya da yağın kirlenmesi ile korozyona yol açıp açmadığının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle yüksek performanslı hidrolik yağlar korozyon inhibitörleri içererek korozyona engel olurlar.

10NY numunelerinin korozif etkisi, ham petrol ve petrol ürünleri için kullanılan TS 2741 EN ISO 2160 standardı esas alınarak belirlenmiştir. Bu standart, petrol ürünleri, yağlar, biyodizel ve biyodizel karışımları asidik bileşenlerin bakır şerit korozyon tayinini kapsamaktadır. Bakır şerit korozyon testi analizinde PETROTEST/DP cihazı kullanılmıştır. Bu testte parlatılmış bakır bir şerit belirli bir miktardaki numunenin içine daldırılır ve numune içinde, 50°C'deki sıcaklığa kadar ve 3 saat süre ile bekletilir. Bekletme süresinin sonunda bakır şerit numunenin içinden çıkartılır, yıkanır ve referans korozyon şeritler ile karşılaştırılır. Deneylerde kullanılacak bakır şeritler, soğuk çekilmiş, iyi tavllanmış, %99,9'dan daha yüksek saflıktaki elektrolitik bakırdan olmalıdır. Işığın deney sonuçları üzerinde dikkate değer menfi etkisi tespit edildiğinden, banyo şeffaf olmayan bir malzemedan yapılmış olmalıdır (Akyarlı 2004).

3.2.11. Renk

Akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyon ürünleri, temizlik görevlerini ifa ederken içeriğindeki katıklar sayesinde metal yüzeylerdeki oluşan kurum parçalarını dağıtarak bünyelerine almaktadır. Motor yağlarının kirlenmesinden dolayı rengi kararmaktadır. Yağın rengini koyulaştıran yabancı maddeler ,yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de olumsuz etkilemektedir. Renk ve berraklık pek çok anlam ifade edebilmektedir. Tek başına renk parametresi ilk bakışta bir anlam ifade etmeyebilir. Yağın rengi çok siyah olsa bile hala işlevini devam ettirdiği anlamını taşıyabilmektedir (COT 2012).



Motor yağı koyu kahve veya siyah ise ve eğer kalınlaşmış ise yağda kirlenme vardır. Motor yağına giren katkı maddelerinde de motor yağı kirlenmesi hızlanır.



Krem renkli motor yağı nemin olduğunu gösterir. Sütlü veya köpüklü yapı genellikle krem renkli kombinasyonları koagülant (veya su) kirlenmesinin göstergesidir.

Şekil 3.2. Motor yağının rengine göre kirlenme göstergeleri

Yağın rengi zaman, ısı, kirlenme ve katkı maddelerinin ilaveleri ile renginde değişkenlik göstermektedir. Örneğin; motor yağı, yağ çubuğu ile kontrol edildiğinde 3000 km sonra kahverengi olduğu, 5000 km sonrasında ise çok koyu kahverengi olmaya başladığı gözlenmiştir (Esterdhal 2014). Motor yağı rengini değiştiren bazı durumlar şu şekilde sıralanabilir:

- Motorun çalışması esnasında, egzoz çıkışından beyaz duman çıkması yağın ısı kaybetmesini belirtirken, sütlü, köpüklü ve/veya krem renginde çıkması ise tam yanma olmamasını ve piston contalardan kaçak olduğunu göstermektedir.
- Kalın ve koyu renkli yağ, genellikle kirlenme maddelerin yüksek yoğunlukta olduğunu göstermektedir. Off-road, zorlu arazi ve zorlayıcı nedenler gibi ağır şartlarda motorun çalışmasından dolayı da aşırı toza maruz kalması ile yağın rengi koyulaşmaktadır.
- Yağda kremli veya köpüklü bir durumda ise düşük koagülant maddeden kaynaklı (veya koagülant maddeden dolayı kirlenme) olasılığı yüksektir.
- Yağın rengine bakılırken bazen renk parametresi değişirken motor yağının içine karışmış inceltici ve solventlerin de anlaşılması için yağın kokusu da bakılması gereklidir (Esterdhal 2014).

10NY numuneleri renk tayininde, ham petrol ve petrol ürünleri için kullanılan ASTM D 6045 metodu esas alınmıştır. Bu metod; petrol ürünleri, motorin ve havacılıkta kullanılan uçak yakıtı, hava türbini yakıtları, nafta, kerosen, ilaç, beyaz yağlar, dizel yakıt yağları, ısıtma yağları ve yağlama yağlarının renginin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemle elde edilen veriler (0 ile +30 aralığı) ASTM D156 veya Şekil 3.3'de (0 ile +8 aralığı) ASTM D1500 test yöntemi ile benzer sonuçlar vermektedir. Renk tayini analizinde LOVIBOND/PFX195 cihazı kullanılmıştır.

0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Şekil 3.3. ASTM D 1500 renk ölçeği (UCC 2014)

3.2.12. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) Tayini

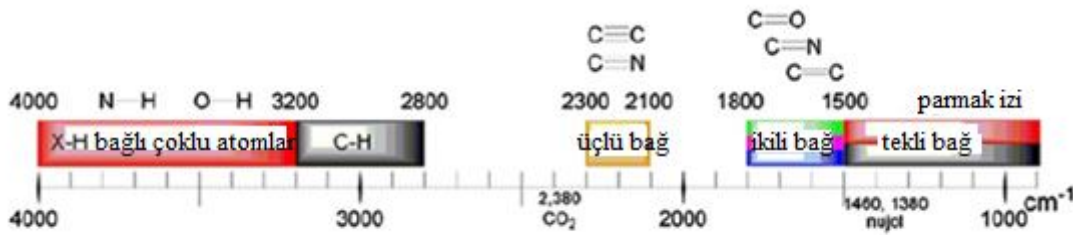
Kızılötesi spektroskopisi (IR) tekniği görünür ışık dalgalarının enerjisinden daha kısa ancak radyo dalgalarının dalga uzunluklarının enerjisinden daha uzun elektromanyetik radyasyon spektrumu bölgesindeki enerji anlamına gelmektedir. IR bölgesi elektromanyetik spektrumu geniş bir alanı kapsamaktadır. Farklı uygulamalardaki enstrümanların ihtiyaçlarını karşılamak için üç bölüme ayrılmıştır (Skoog 1992). Bu alanlarda yakın kızılötesi (yakın-IR), orta kızılötesi (orta-IR) ve uzak kızılötesi (uzak-IR) olarak tanımlanır. Şekil 3.4'de IR bölgelerinin dalga boyu ve dalga sayısı aralıkları görülmektedir. Orta-IR, O-H, N-H, C=O, C-H ve yakındaki benzer tüm kimyasal bağların emme spektrumunu göstermektedir. Spektrum, 4000 ve 400 cm^{-1} arasındaki bir örnekte, tek tek bileşenlerin fiziksel ve kimyasal durumları için duyarlı

olmaktadır. Fonksiyonlu grup bölgesi $4000-1500\text{ cm}^{-1}$ aralığında iken, parmak izi bölgesi $1500-400\text{ cm}^{-1}$ aralığındadır. En yaygın kullanılan orta-IR, farklı fonksiyonel grupları, kızıl ötesi radyasyon karakteristik frekansları soğurdukları numune içindeki kimyasal fonksiyonel gruplarını belirlemekte kullanılmaktadır. Bu yöntem ile, moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenebilmektedir.

dalgaboyu	0.78 - 2.5 μm	2.5 - 25 μm	25 - 300 μm
dalga numarası	12500 - 4000 cm^{-1}	4000 - 400 cm^{-1}	400 - 33 cm^{-1}
	yakın-IR	orta-IR	uzak-IR
	görünür	kızılötesi	mikrodalga

Şekil 3.4. IR spektroskopisi aralığı (Zhang 2012)

Şekil 3.5’de orta-IR bölgesindeki işlevsel grupların absorpsiyonu göstermektedir. Şu anda, orta IR spektroskopisi nedeniyle yaygın olarak bu bölgede yüksek oranda spektral bant hem de sinyalin daha yüksek yoğunluğu ve özgüllüğü biyodizel analizi için kullanılmaktadır. Orta-IR spektroskopisi, halen biyodizel analizlerinde yüksek oranda insidans-spektral bant bölgesi içinde olması nedeniyle hem de sinyalin daha yüksek yoğun ve özgün olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhang 2012). 1500 ve 800 cm^{-1} orta-IR bölgesi arasındaki (Lin 2004) absorpsiyonların titreşim dağılım içeriklerinden kompleks etkileşimleri de dahil neredeyse her bileşik için benzersiz bilgiler veren bölgenin ismi parmak izi şeklinde belirtilmektedir. Orta-IR kalitatif ve kantitatif analizlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok düşük konsantrasyonlardaki maddelerin, bu bölgede, gürültü seviyesi sorunları nedeniyle belirlenmesi zordur.



Şekil 3.5. Orta-IR bölgesindeki işlevsel grupların emilim aralıkları (Zhang 2012)

O-H , N-H, C-H Gerilme Bölgesi: $4000-2500\text{ cm}^{-1}$

Bu bölgede kuvvetli absorpsiyon piklerinin görülmesi, çoğunlukla hidrojen ve diğer bir atom arasındaki gerilme titreşiminden kaynaklanmaktadır. Hidrojen atomu bağlı bulunduğu diğer atoma göre çok hafif olduğundan hareket büyüktür; bunun sonucu olarak da absorpsiyon, molekülün hareketsizliğinden etkilenmemektedir.

Hidrojen gerilme frekansının diğer kimyasal bağlara göre daha yüksek olması, bu titreşimin diğer titreşimlerle etkileşimini azaltmaktadır (Skoog 1981).

O-H ve N-H gerilme titreşimleri, 3700-3100 cm^{-1} bölgesindeki absorpsiyon pikleriyle tanımlanır. O-H'a ait olan pikler daha yüksek dalga sayısında bulunma eğilimindedir. O-H bantları daha geniştir ve sadece seyreltik, polar olmayan çözeltilerde gözlemlenebilir. Hidrojen bağı oluşumu piklerin genişlemesine neden olur ve daha düşük dalga sayısına kaydırmaktadır (Skoog 1981).

Alifatik C-H titreşimleri 3000-2850 cm^{-1} aralığındaki bölgede bulunmaktadır. Bu bileşiklerin çoğunda kuvvetli bir pik verebilecek kadar çok sayıda C-H bağları vardır. C-H bağının kuvvetini etkileyebilecek herhangi bir yapısal durum, pikin maksimumunu kaydırmaktadır. Örneğin, Cl-C-H grubundaki C-H bandı 3000 cm^{-1} de çıkar. Oysa asetilenik C-H bağı daha kuvvetlidir ve 3300 cm^{-1} 'in üstünde bulunmaktadır.

O-H gerilme (alkoller, asitler, H-bağı) 3600-3300 cm^{-1}
N-H gerilme 3300 - 3400 cm^{-1}
C-H gerilme (doymamış) ~ 3300- 3000 cm^{-1}
C-H gerilme (doymuş) < 3000 cm^{-1}
C-H gerilme (aldehit) 2745-2710 cm^{-1}

C \equiv N ve C \equiv C Üçlü-Bağ Gerilme Bölgesi, 2500-2000 cm^{-1}

Bu spektral bölgede sınırlı sayıda grubun absorpsiyonu vardır ve bu nedenle de tanınması oldukça kolaydır. Üçlü-bağ gerilmesiyle:

-C \equiv N gerilme 2250-2225 cm^{-1}
-N $^+$ \equiv C $^-$ gerilme 2180-2120 cm^{-1}
-C \equiv C- gerilme 2260-2190 cm^{-1}

titreşimini gösteren bantlar bulunur. Bu bölgede bulunan diğer pikler:

S-H 2600-2550 cm^{-1}
P-H 2440-2350 cm^{-1}
Si-H 2260-2090 cm^{-1}

Karbonil Grubu, C=O; 1800-1650 cm^{-1} Bölgesi

Karbonil gerilme titreşimi bu bölgedeki absorpsiyonu ile tanımlanır. Ketonlar, aldehitler, asitler, amidler, ve karbonatlar, esterler, asit klorürler ve asit anhidridleri için C=O spektrumdaki en kuvvetli piktir; bu durum C=O dipol momentinin büyük olmasından ileri gelmektedir. Örneğin;

Asit klorür 1800 cm^{-1}
Ester 1735 cm^{-1}
Aldehit 1725 cm^{-1}
Keton 1715 cm^{-1}
Karboksilik asit 1710 cm^{-1}
Amid 1690 cm^{-1}

C=C Çift-Bağ Gerilme Bölgesi, 1650-1550 cm⁻¹

Substitüsyon derecesi düşük olan aromatik bileşikler 1600, 1580 ve 1460 cm⁻¹ (6.25, 6.33, 6.67 ve 6.85 µm) civarında dört pik verirler. Spektra bu bölgede, substitüent grupların sayısına ve halkadaki konumlarına göre değişiklik gösterebilir, fakat substitüentin tipinden etkilenmez; böylece IR bölgede aromatik absorpsiyonun dikkatle incelenmesiyle önemli yapısal bilgiler edinilebilir.

"Parmak-İzi" Bölgesi, 1550-650 cm⁻¹ (6.7-14 µm)

Bir molekülün yapısı ve konstitüsyonundaki küçük farklılıklar spektrumun bu bölgedeki absorpsiyon piklerinin dağılımında önemli değişikliklere neden olur. Böylece, bilinmeyen bir örneğin spektrası, standart spektralarla karşılaştırılarak parmak-izi bölgesi (diğer bölgeler gibi) birbiri ile aynı olanı saptanır ve bilinmeyen madde bu yöntemle tanımlanabilmektedir.

Pek çok tek bağ bu bölgede absorpsiyon bandı verir; bunların enerjileri birbirlerine yakın olduğundan komşu bağlar arasında kuvvetli etkileşimler oluşur. Böylece, çizilen absorpsiyon bandları bu çeşitli etkileşimlerin sonucunu gösterir ve molekülün tüm iskelet yapısına bağlıdır.

Bu bölgedeki spektranın açıklaması, karmaşıklığı nedeniyle çoğu kez tam olarak yapılamaz; diğer taraftan karmaşık yapı her madde için tek ve karakteristik olduğundan bölgenin tanımlama amacıyla kullanılmaktadır. Bir organik bileşiğin infrared teknikle tanımlanmasında spektrumun belirli bölgeleri, bilinen grup frekanslarının varlığı ve yokluğunun saptanabilmesi için sistematik olarak incelenmesi gerekmektedir (Skoog 1981).

10NY numunelerinin FTIR ölçümlerinde Bruker Tensor 37 cihazı kullanılmıştır. Bruker Tensor 37 cihazı, özellikle kullanılmış yağlardaki bozulmayı ve kirlenmeyi moleküler olarak analiz edebilen, özel tasarım standart malzemeli otomatik filtreleri barındıran özel yazılım ile performans testlerini yapan, doğrulama dokümanları ile ISO standartlarına ve ASTM yeterliliklerine karşılaman FT-IR spektrometre cihazıdır.

3.3. Analizlerde Kalite Güvencesi ve Kontrolü

Standart dışı bir yakıt olarak motorine alternatif piyasaya sürülen 10NY'ların herhangi bir üretim ölçüsü veya standardı bulunmamaktadır. Dolayısıyla, piyasada işlem gören ürünlere muadil olabilecek ve bu kapsamda, şahit olarak değerlendirilebilecek bir ürün denenememiştir. Bunun yerine, her türlü otomotiv ve endüstriyel uygulamalarda kullanılabilen genel amaçlı kullanıma uygun yağlama yağı tercih edilmiştir. 10NY numunelerine ait fizikokimyasal karakteristikler, ticari bir ürün olan iyi rafine olmuş yüksek kaliteli mineral baz yağlardan formüle edilmiş "ExEn Ecomono 10" marka madeni yağ numunesi ile kıyaslanmıştır. İlgili ürüne ait fiziksel/kimyasal özellik verileri Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. ExEn Ecomono 10 marka madeni yağa ait bazı fizikokimyasal özellikler

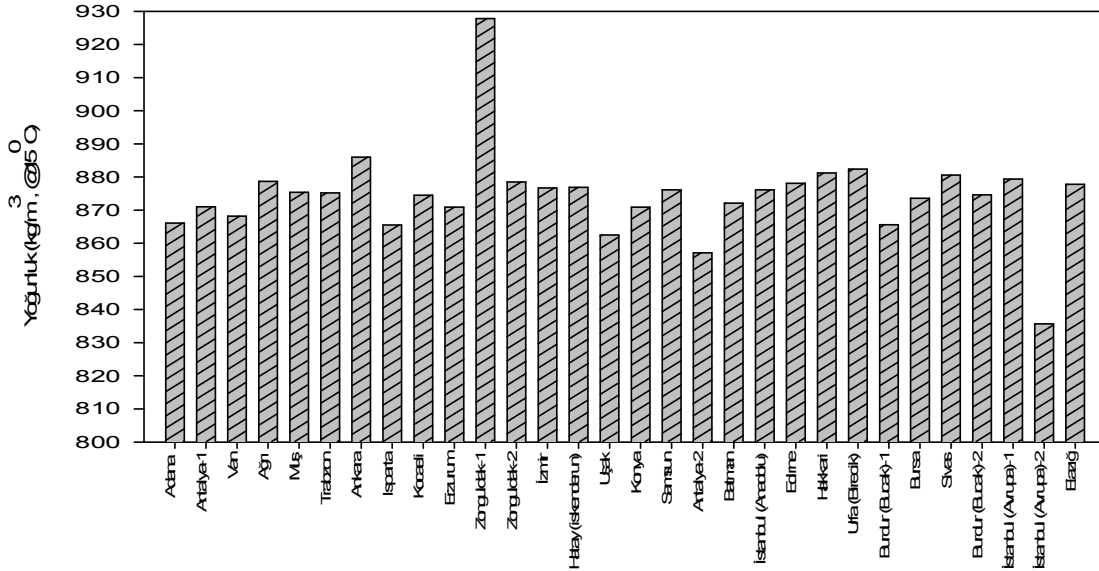
Fiziksel/Kimyasal Özellik	Birim	Metot	Tipik Değer
Yoğunluk (15°C)	kg/m ³	ASTM D 4052	872,8
Viskozite (40°C)	mm ² /sn	ASTM D 445	32,14
Parlama Noktası (Açık kap)	°C	ASTM D 92	220
Akma Noktası	°C	ASTM D 97	-12

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

4.1.1. Yoğunluk

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait yoğunluk verileri Şekil 4.1'de sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait yoğunluk değerleri 836-928 kg/m³ aralığında değişmekte, ortalama değeri 875±13,8 kg/m³ ve medyan değeri ise 875 kg/m³ düzeyindedir. En yüksek yoğunluk değeri (928 kg/m³), ülkemizin kuzeybatısında yer alan ve kömür taşımacılığında ana güzergah olarak kullanılan Zonguldak'ta, en düşüğü (836 kg/m³) ise İstanbul ili Avrupa yakasından alınan numunede ölçülmüştür. Değişkenlik arz eden yoğunluk analizi sonuçlarının, genel olarak, ülkemizin batısındaki illerden alınan örneklerde doğu illerine göre kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.1. 10NY numunelerine ait yoğunluk analizi verileri

10NY adı altında işlem gören jenerik yakıtın vasfının daha net bir biçimde anlaşılabilmesi için numunelere ait yoğunluk değerleri Çizelge 4.1'de yer alan çeşitli yakıt türleri, baz yağ ve atık yağa ait değerler ile karşılaştırılmıştır. 10NY bir dizel veya biyodizel eşdeğeri yakıt olarak kabul edildiğinde analizlerden edilen değerlerin özellikle üst limit açısından uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Öte yandan; bir baz yağ, madeni yağ veya karışımları olarak kabul edildiğinde ise literatürdeki bulguların üst limiti açısından aykırı değerler gözlenirken atık yağ veya kullanılmış motor yağına ait verilerle benzerlik göstermektedir. Kullanılmış motor yağının yüksek yoğunluğa sahip olması içerisindeki oksidasyon ürünleri, metaller ve kirleticilerden kaynaklanmaktadır (Forsthoffer 2011). Dolayısıyla, ülkemizin çeşitli illerinden alınan bazı numunelerdeki yüksek yoğunluk düzeyleri, atık yağ gibi ürünlerin baz yağ ile karıştırıldığı ihtimalini desteklemektedir. Bu durum ise hacim bazlı ölçüm sistemi üzerinden çalışan dizel motorlarda yakıtın yüksek yoğunlukta olması nedeniyle normalden daha fazla miktarda beslenmesini (Rao 2008), yakıt enjeksiyon zamanlamasında değişkenliğe (Yang vd.

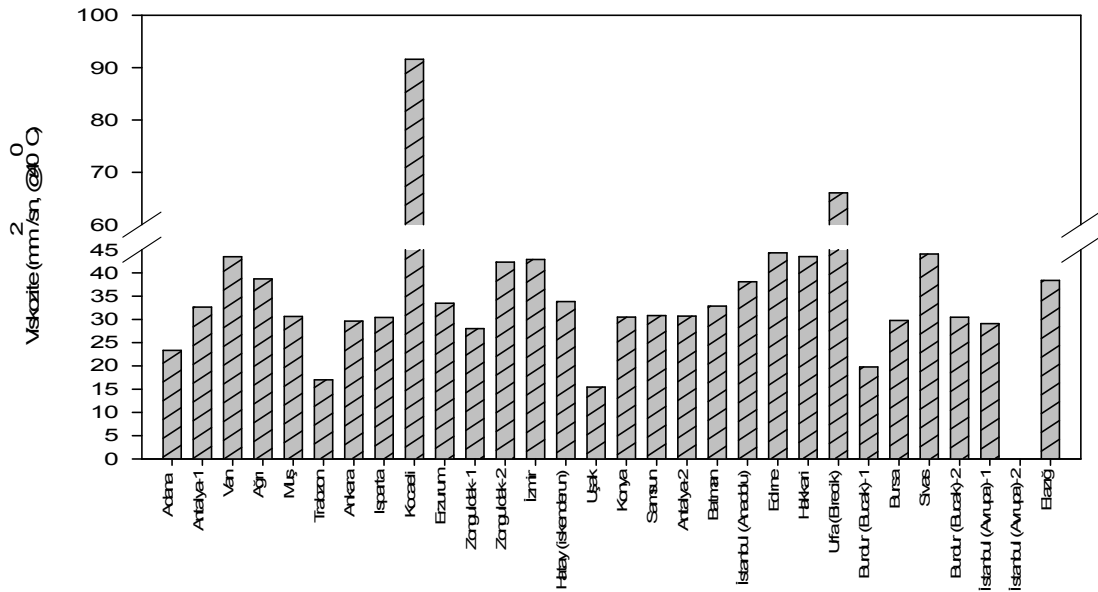
2013) ve bunlar da stabil olmayan motor çalışması ve yakıtın eksik yanmasına bağlı olarak NO_x (Torrez-Jimenez vd. 2011) ve diğer kirletici emisyonlarında artışa sebep olacaktır.

Çizelge 4.1. Bazı akaryakıt/yağ türlerine ait yoğunluk (kg/m³@15⁰C) verileri

Yakıt/Yağ tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	835-927	Bu çalışma
Baz yağ	857-865	(API 1987b, CONCAWE 1993)
Baz yağ	831-906	(Haus vd. 2003)
Baz motor yağı (SAE 5W-40)	881,8	(Hamawand 2013)
Mineral/sentetik yağ	842-879	(Ljubas vd. 2010)
Dizel	820-845	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 590+A1)
Dizel	820-860	Avrupa Yakıt Standardı (EN 590)
Dizel	820-860	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D 975)
Dizel	820-845	Avrupa Yakıt Standardı (EN 14214)
Biyodizel	820-900	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 590+A1)
Atık motor yağı	891-910	(Adebayo vd. 2004, Udonne 2011, Rahimi vd. 2012)

4.1.2. Viskozite

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait viskozite analiz sonuçları Şekil 4.2'de sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait viskozite değerleri 15,4-91,6 mm²/sn aralığında değişmekte, ortalama değeri 35,9±14,6 mm²/sn ve medyan değeri ise 32,6 mm²/sn düzeyindedir. En düşük ve en yüksek viskozite değerlerinin önemli farklılıklar gösterdiği, hatta, içeriğinden dolayı analizinin yapılamadığı (İstanbul-Avrupa yakası) numunelerin viskozite değerleri, alındığı il bazında değişkenlik göstermektedir. En yüksek viskoziteli numune, ülkemizin kuzeybatısında yer alan ve ağır sanayi bölgesi olarak bilinen Kocaeli'nde, en düşük viskoziteli ise ülkemizin batısında yer alan Uşak ilinden alınan numunede ölçülmüştür.



Şekil 4.2. 10NY numunelerine ait viskozite analizi verileri

10NY adı altında işlem gören jenerik yakıt bir dizel veya biyodizel muadili varsayıldığında analizlerden elde edilen değerlerin literatürün oldukça üzerinde yer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Bir baz yağ türü veya karışımı olarak kabul edildiğinde ise geniş yelpazedeki baz yağ türlerinin fizikokimyasal özelliklerinin de incelendiği çalışmadan (Haus vd. 2003) elde edilen değerler aralığında bulunmaktadır. Öte yandan, bazı numunelere ait yüksek viskozite değerlerinin atık veya kullanılmış motor yağı verileri ile benzerlik taşıdığı söylenebilir. Yakıt veya yağlayıcı olarak kullanılacak ürünün düşük veya yüksek viskoziteye sahip olması motor veya yakıt sisteminde hasara neden olabileceğinden tercih edilmemektedir. Dizel motorlardaki yakıt enjektörlerinin temel tasarım parametresi (Rao vd. 2010) kabul edilen viskozitenin yüksek olması ateşleme odasına giden yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektör memelerinin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır (Rao 2008, Torrez-Jimenez vd. 2011, Karaosmanoğlu 1996). Bu sebeple, dizele kıyasla yüksek viskoziteye sahip olan 10NY'ların alternatif bir yakıt olarak kullanılması neticesinde daha yüksek pompalama gücü gereksiniminden (Rao 2008) dolayı motor performansı olumsuz yönde etkilenecektir.

Çizelge 4.2. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin viskozite ($\text{mm}^2/\text{sn}@40^\circ\text{C}$) değerleri

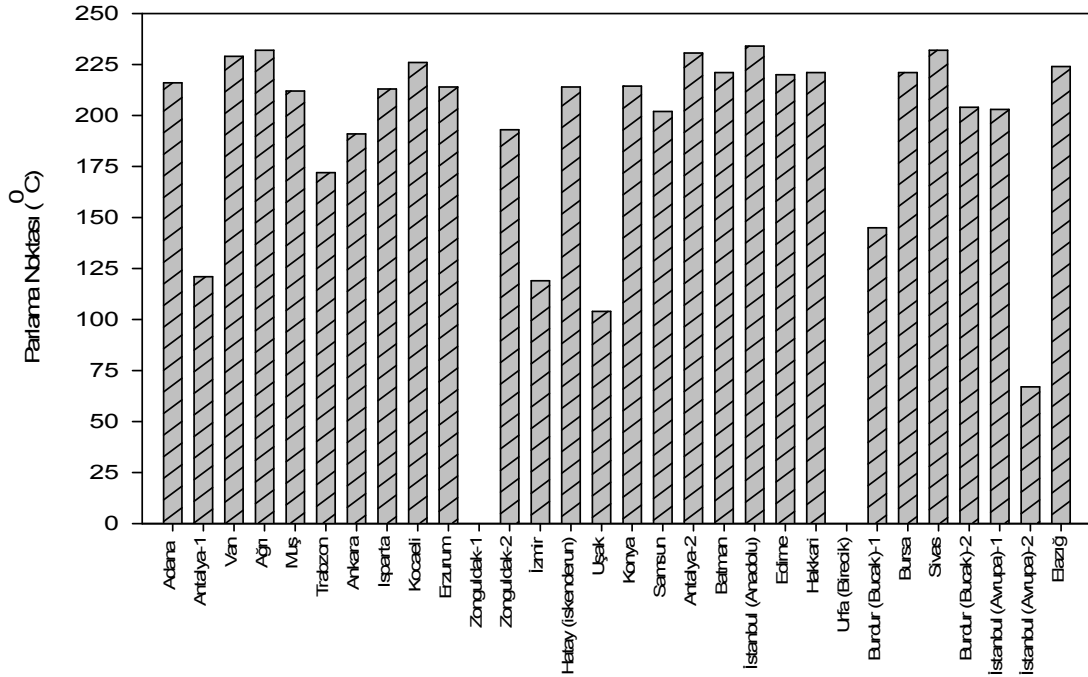
Yakıt/Yağ tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	15,4-91,6	Bu çalışma
Baz yağ	13,3-14,1	(API 1987b , CONCAWE 1993)
Baz yağ	9-567	(Haus vd. 2003)
Baz yağ	$\geq 80-119$	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Baz motor yağı (SAE 5W-40)	195,6	(Hamawand 2013)
Dizel	2-4,5	Avrupa Yakıt Standardı (EN 590)
Dizel	1,30-4,1	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D 975)
Dizel	2,00-4,5	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 590+A1)
Biyodizel	3,5-5	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 14214)
Biyodizel	3,5-5	Avrupa Yakıt Standardı (EN 14214)
Biyodizel	1,9-6	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D6751)
Kullanılmış motor yağı (0-11500 km)	141-143	(Rahimi vd. 2012)
Atık yağ	101	(Adebayo vd. 2004)

4.1.3. Parlama Noktası

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait parlama noktası verileri Şekil 15'te sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait parlama noktası analiz sonuçları $67-234^\circ\text{C}$ aralığında değişmekte, ortalama değeri $196\pm 44,1^\circ\text{C}$ ve medyan değeri ise 214°C düzeyindedir. Bazı numunelerde (Zonguldak, Urfa) içeriğinden dolayı analiz yapılamamış ve genel bir değerlendirme olarak yüksek standart sapmanın gözlemlendiği sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek (234°C) ve en düşük (67°C) parlama noktası ölçümleri İstanbul-Avrupa yakasından farklı zaman periyotlarında alınan numunelerde gözlenmiştir. Bu farklılık, 10NY'lara ait bir üretim standardı olmadığının ve farklı karışımlar halinde üretilmiş olduğunun bir göstergesidir.

10NY numunelerine ait parlama noktası analiz sonuçları, alternatif bir enerji kaynağı olarak işlem gören jenerik yakıtın vasfını daha net bir biçimde anlayabilmek için Çizelge 4.3'de verilen çeşitli yakıt türleri, baz yağ ve atık yağa ait değerler ile karşılaştırılmıştır. Bir dizel muadili olarak ilgili standartlar kapsamında uygun

görülebilecek 10NY numuneleri, biyodizel açısından standartlar dışında değere sahiptir. Baz yağ ürünü ve ilgili standardı, mineral/sentetik motor yağı ve atık/kullanılmış motor yağı olarak oldukça düşük alt limitlere sahiptir. Bu durum, piyasada yaygın olarak kullanılan organik solventlere ait parlama noktası verileri (min/maks: -49/160°C) ile beraber ele alındığında (URL01 2014) 10NY üretim aşamasında solventlerin kullanıldığı ihtimali artmaktadır.



Şekil 4.3. 10NY numunelerine ait parlama noktası analizi verileri

Çizelge 4.3. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin parlama noktası (°C) değerleri

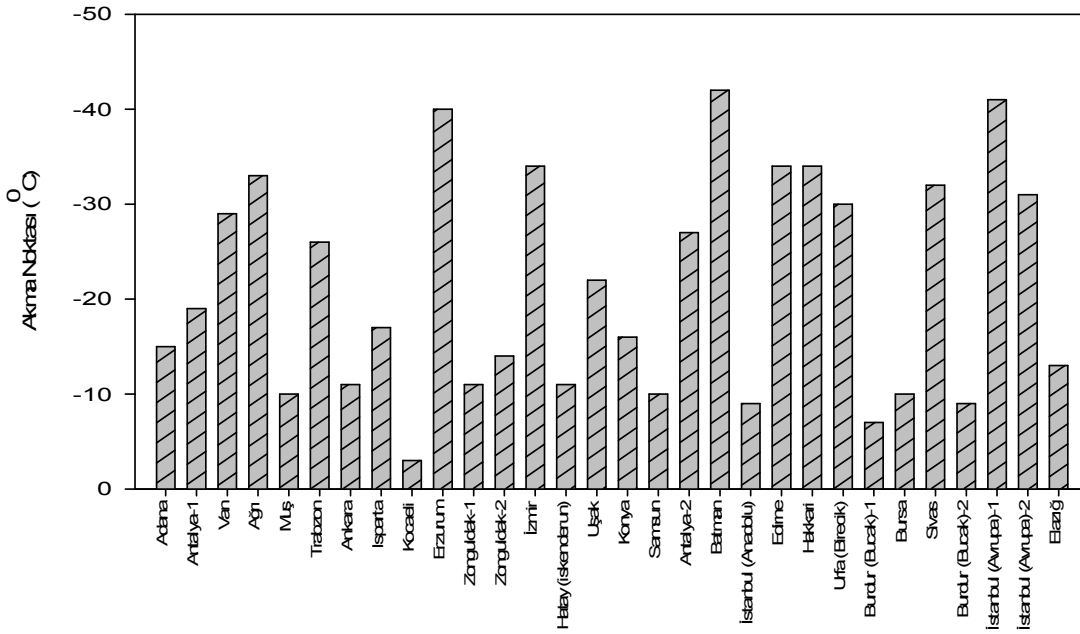
Yakıt/Yağ tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	67-234	Bu çalışma
Baz yağ	184-314	(Haus vd. 2003)
Mineral/sentetik yağ	219-227	(Ljubas vd. 2010)
Motor yağı	220-270	(Alghouti 2009)
Baz yağ	>180	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Baz motor yağı (SAE 5W-40)	232	(Hamawand 2013)
Dizel	>55	Avrupa Yakıt Standardı (EN 590)
Dizel	>52	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D 975)
Dizel	>55	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 590+A1)
Biyodizel	>101	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 14214)
Biyodizel	>120	Avrupa Yakıt Standardı (EN 14214)
Biyodizel	>130	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D6751)
Kullanılmış motor yağı (0-11500 km)	222-223	(Rahimi vd. 2012)
Atık yağ	146	(Adebayo vd. 2004)
Atık yağ (I.ve II. Kategori)	>38	Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği

Analizlerden elde edilen ortalama parlama noktası değeri (196±44,1°C) her ne kadar Çizelge 4.3'te yer alan yağ veya yakıt türlerinin sahip olduğu değerlere uygunluk

gösterse de; bazı numunelerde ölçülen düşük değerler, 10NY'nın yakıt olarak kullanılması durumunda bir tehdit unsuru olacağına dikkat çekmektedir. Bir yağ veya yakıtta dair parlama noktası verileri, ilgili ürünün depolanması veya taşınması sürecinde oluşturabileceği güvenlik zafiyetiyle alakalıdır. Teknik özellikleri standart olmayan 10NY türü bir yakıtın alev alması ve aracın yanma ihtimali dikkate alındığında, bu durum, ulusal medyada sıkça yer alan “10NY yağ kullanan araçlar patladı“ haberlerini destekleyici niteliktedir.

4.1.4. Akma Noktası

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait akma noktası ölçüm sonuçları Şekil 4.4'te sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait akma noktası değerleri -42°C ile -3°C aralığında değişmekte, ortalama değeri $-21,3\pm 11,7^{\circ}\text{C}$ ve medyan değeri ise -18°C düzeyindedir. En yüksek akma noktası ölçüm sonucu (-3°C) ağır sanayi kenti olarak bilinen Kocaeli'nden, en düşük sonuç (-42°C) da ülkemizin güneydoğusunda yer alan ve ham petrol üretimi açısından en zengin bölge olarak bilinen Batman ilinden alınan numunede ölçülmüştür. Akma noktası ile viskozite arasında doğru orantılı bir etkileşim söz konusudur. Buradan hareketle, Kocaeli'nden alınan numunede yüksek viskozite ve akma noktası ölçüm sonuçlarının görülmesi verileri daha anlamlı kılmakta, ancak, aynı durum düşük değerler için gözlenmemiştir.



Şekil 4.4. 10NY numunelerine ait akma noktası analizi verileri

Literatürde dizel veya biyodizel gibi yakıt türlerine ait akma noktası verileri bulunmadığından kıyaslama yapmak mümkün olmamıştır (Çizelge 4.4). Öte yandan, baz yağ standardı (TS 13369), baz yağ ürünleri ve kullanılmış motor yağı için verilen akma noktası değerleri incelediğinde ise 10NY numunelerine ait ölçüm sonuçları benzerlik göstermektedir. Bir yakıtın soğuk iklim şartlarında kullanılabilirliğini doğrudan etkileyen parametre olarak ülkemizin doğusundan alınan numunelerin yüksek

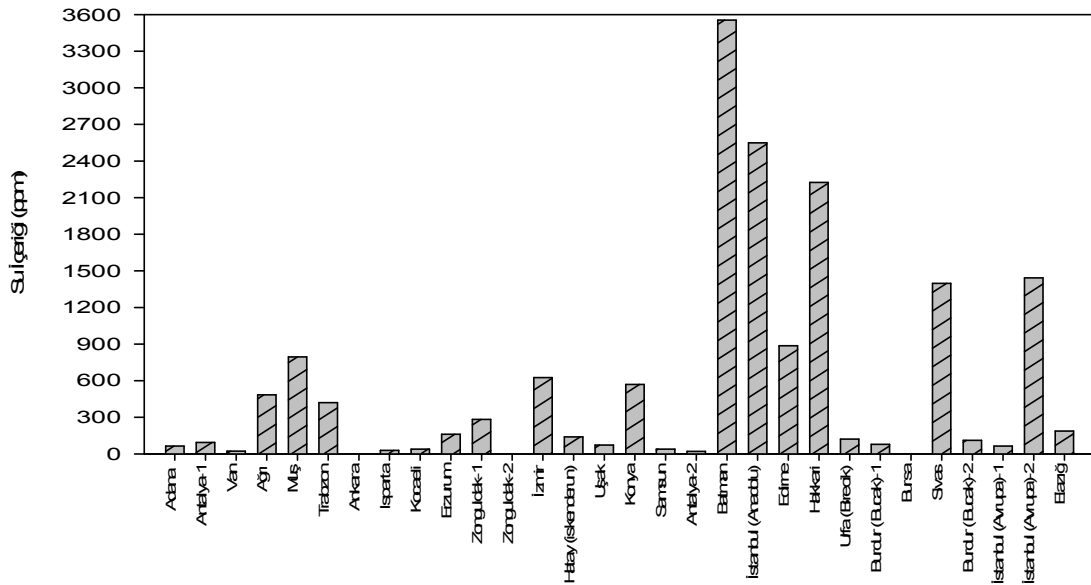
akma noktasına sahip olması, ilgili jenerik yakıtı yüklenen vasfın etkisini de göstermektedir.

Çizelge 4.4. Bazı akaryakıt/yag türlerinin akma noktası ($^{\circ}\text{C}$) değerleri

Yakıt/Yağ tipi	Değer	Kaynak
10NY Numuneleri	-42(-3)	Bu alışma
Baz yağ	-36-15,5	(API 1987b, CONCAWE 1993)
Baz yağ	-25(-6)	(Haus vd. 2003)
Baz yağ	-30(-3)	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Baz motor yağı (SAE 5W-40)	-13	(Hamawand 2013)
Motor yağı	-42(-9)	(Alghouti 2009)
Kullanılmış motor yağı (0-11500 km)	-26	(Rahimi vd. 2012)

4.1.5. Su İçeriği

Türkiye'nin çeşitli illerinden alınan 10NY numunelerine ait su içeriği analizi sonuçları şekil 4.5'de sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait ölçüm sonuçları 1-3555 ppm aralığında değişmekte, ortalama olarak 568 ± 877 ppm ve medyan olarak ise 139 ppm düzeyindedir. Bazı numunelerde (Ankara) içeriğinden dolayı analiz yapılamamış ve genel bir değerlendirme olarak yüksek standart sapmanın gözleendiği sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek su içeriği (3555 ppm), ülkemizin güneydoğusunda yer alan ve ham petrol üretimi açısından en zengin bölge olarak bilinen Batman'dan, en düşük su içeriği ise (1 ppm) ülkemizin kuzeybatısında yer alan ve gelişmiş bir sanayiye sahip olan Bursa ilinden alınan numunede ölçülmüştür. Ülkemizin batısındaki illerden alınan örneklerde doğu illerine göre düşük seviyeli su içeriği gözlenmiştir.



şekil 4.5. 10NY numunelerine ait su içeriği analizi verileri

Gerpeen (2004) yağ içerisinde % 0,2 (2000 ppm)'den fazla suya müsaade edilmemesi gerektiğini vurgulamış, yağ veya yakıt içerisinde fazla miktarda bulunacak

olan suyun olumsuz sonuçlara (motorda aşınma, enjektör ve filtrelerin tıkanması, soğuk havalarda yakıtın donması) neden olacağını belirtmiştir. Bu bağlamda 10NY numunelerinde; dizel, biyodizel ve baz yağ standartlarında belirlenmiş veya kullanılmış motor yağında gözlenen değerlerden (Çizelge 4.5) oldukça yüksek su miktarı tespit edilmiştir. Numunelerin yaklaşık 1/3'ünün 500 ppm'den fazla su içeriğine sahip olması, ilgili ürünün üretim, depolama veya nakliye aşamalarında maruz kaldığı özensiz duruma dikkat çekmektedir. Bitkisel atık yağlar özellikle de kızartma yağları ve atık motor yağlarının baz yağ ile karıştırılmasıyla oluşabilecek yüksek su içeriği; araçların yakıt deposu veya depolama tanklarında, uzun dönemde enjektör memesi ve motorunda korozyona, bakteri ve mantar üremesine ve bunlara bağlı olarak yakıt filtrelerinin tıkanmasına neden olacaktır (UFA 2014).

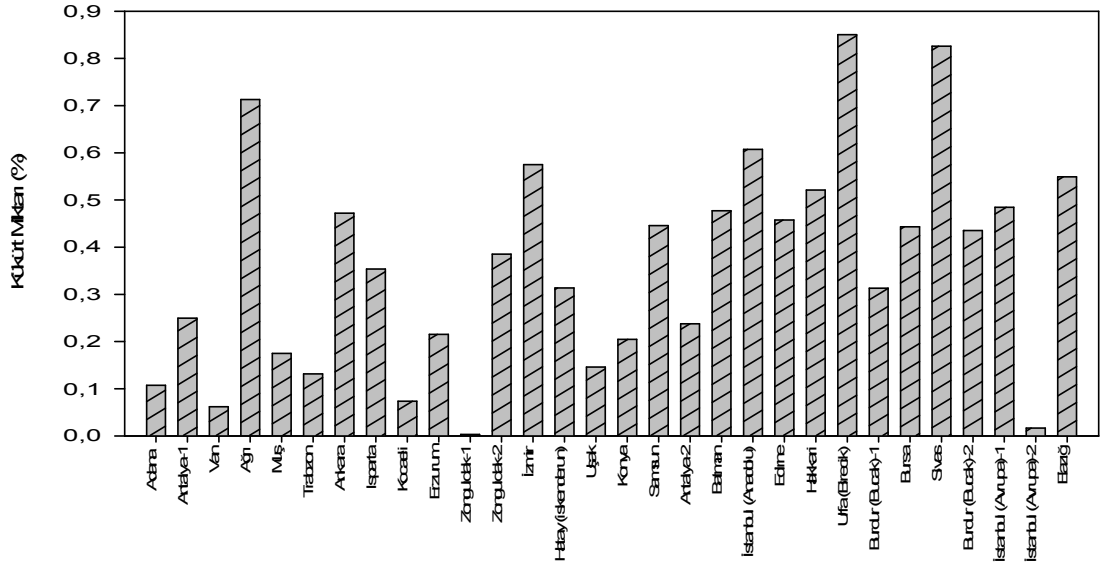
Çizelge 4.5. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin su içeriği (ppm) değerleri

Yakıt/Yağ tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	1-3554	Bu çalışma
Baz yağ	<150	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Dizel	<200	Avrupa Yakıt Standardı (EN 590)
Dizel	<500	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D 975)
Dizel	<200	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 590+A1)
Biyodizel	<500	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 14214)
Biyodizel	<500	Avrupa Yakıt Standardı (EN 14214)
Biyodizel	<500	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D6751)
Kullanılmış motor yağı (0-11500 km)	22,1-63,0	(Rahimi vd. 2012)

4.1.6. Kükürt İçeriği

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait kükürt analizi verileri Şekil 4.6'da sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait kükürt içeriği değerleri %0,003-0,850 aralığında değişmekte, ortalama değeri %0,361±0,228 ve medyan değeri ise %0,369 düzeyindedir. Numunelerdeki minimum ve maksimum kükürt içerikleri arasında oldukça büyük bir fark gözlenmiştir. En yüksek kükürt miktarı (%0,850) ülkemizin güneydoğusunda yer alan Urfa (Birecik) ilinden, en düşük kükürt içeriği ise (%0,003) ülkemizin kuzeybatısında yer alan ve kömür taşımacılığında ana güzergah olarak kullanılan Zonguldak'tan alınan numunede ölçülmüştür.

Çizelge 4.6 incelendiğinde, bir yakıt olarak kabul edilen 10NY numunelerine ait kükürt analizi sonuçları Avrupa ve Amerika'da uygulanan dizel ve biyodizel standartları ile uyumsuz iken ülkemizde kabul edilen dizel ve biyodizel standartları ile uyum halindedir. 10NY bir baz yağ türü olarak kabul edilerek numunelere ait kükürt değerleri literatürde yer alan baz yağ değerleri ile kıyaslandığında ise ticari ürünler ve ilgili standartta geçen aralık ile benzerlik göstermektedir. Ham petrol içerisinde doğal olarak bulunabilen, dolayısıyla, destilasyon ürünlerinde fraksiyonel olarak yer alan kükürt bileşikleri, nihai ürünler içerisinde katkı maddelerinden veya kullanım amacından dolayı ekstradan yer alabilir. Örneğin, kullanılmış motor yağı hareketli parçaların neden olduğu aşınmaya bağlı olarak kullanılmamış motor yağına oranla daha yüksek miktarda kükürt içerebilir (Udonne 2011). Acaroğlu (2010) ise kükürtün yanma sırasında sülfirik asite dönüşerek silindir cidarı ve segmanları aşındırdığı için yakıt içerisinde istenmeyen bir madde olduğunu ve sülfirik asitin egsoz gazlarının geçtiği yerlerde de korozyona neden olacağını belirtmiştir.



Şekil 4.6. 10NY numunelerine ait kükürt içeriği verileri

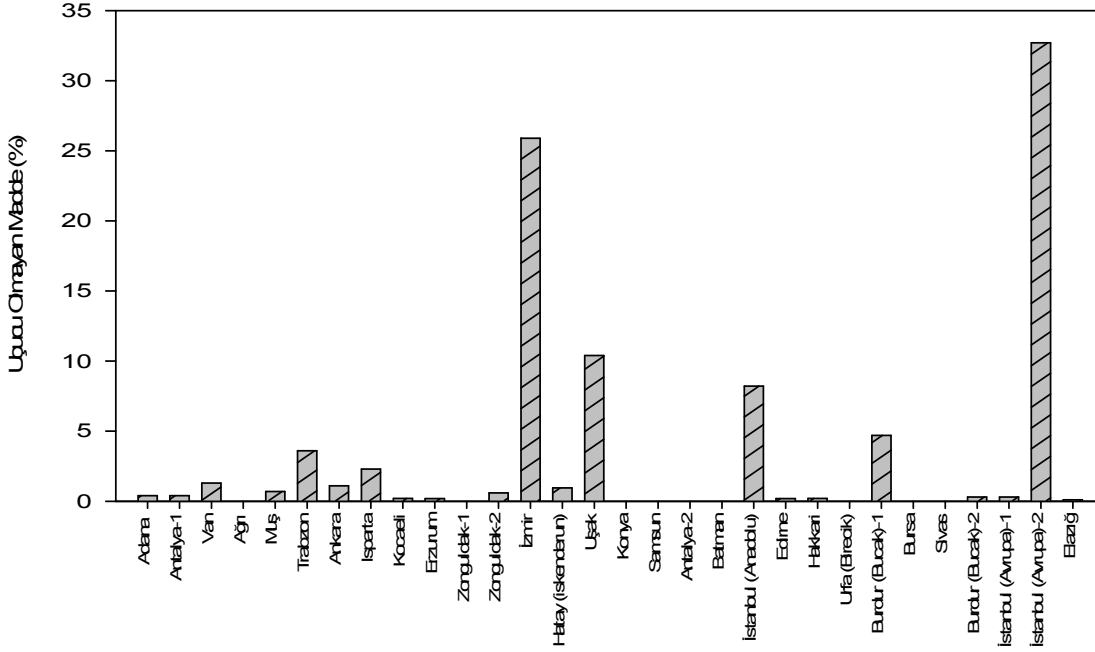
Çizelge 4.6. Bazı akaryakıt/yağ türlerinin kükürt içeriği (ppm)

Yakıt/Yağ tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	0,003-0,85	Bu çalışma
Baz yağ	<0,0001-0,38	(API 1987b , CONCAWE 1993)
Baz yağ	<0,0001-0,89	(Haus vd. 2003)
Baz yağ	≤0,03-5	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Dizel	<0,2	Avrupa Yakıt Standardı (EN 590)
Dizel	<0,05	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D 975)
Dizel	<10	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 590+A1)
Biyodizel	<10	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 14214)
Biyodizel	<10	Avrupa Yakıt Standardı (EN 14214)
Biyodizel	<0,05	Amerika Yakıt Standardı (ASTM D6751)

4.1.7. Uçucu Olmayan Madde İçeriği

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerindeki uçucu olmayan madde miktarı verileri Şekil 4.7'de sunulmuştur. Toplam 30 numuneye ait veriler kütle bazda %0,00-32,7 aralığında değişmekte, ortalama değeri %3,16±7,57 ve medyan değeri ise %0,30 düzeyindedir. Analiz sonuçları istatistik olarak büyük farklılıklar göstermiş; minimum, maksimum, medyan ve ortalama arasında oldukça büyük bir fark çıkmıştır. Uçucu olmayan madde içeriği en yüksek olan numune (%32,7) ülkemizin kuzey batısında yer alan ve en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip megapol kentin İstanbul-Avrupa yakasından, yapısında uçucu olmayan madde buldurmeyen numuneler ise Ağrı, Zonguldak, Konya, Samsun, Antalya, Batman, Urfa (Birecik), Bursa ve Sivas'tan alınmıştır. 10NY içerisine üretim sürecinde ve/veya sonradan katılmış olan uçucuların (çözücülerin) miktarı hakkında fikir verebilen bu analiz sonucunda, ülkemizin özellikle batısından alınan numunelerde yüksek içeriğe rastlanmıştır. Uçucu olmayan madde içeriğinin %1'den büyük olması, 10 NY numunelerin içerisine solvent karışmış olabileceğini, bu şekilde, ilgili ürünün dizel

normlarına uygun hale getirildiğini göstermektedir. Özellikle İstanbul gibi bir metropolden alınan numunelerde karşılaşılan değerlerin ise solvent ithalinin büyük oranda bu bölgede olması ile paralellik göstermektedir.



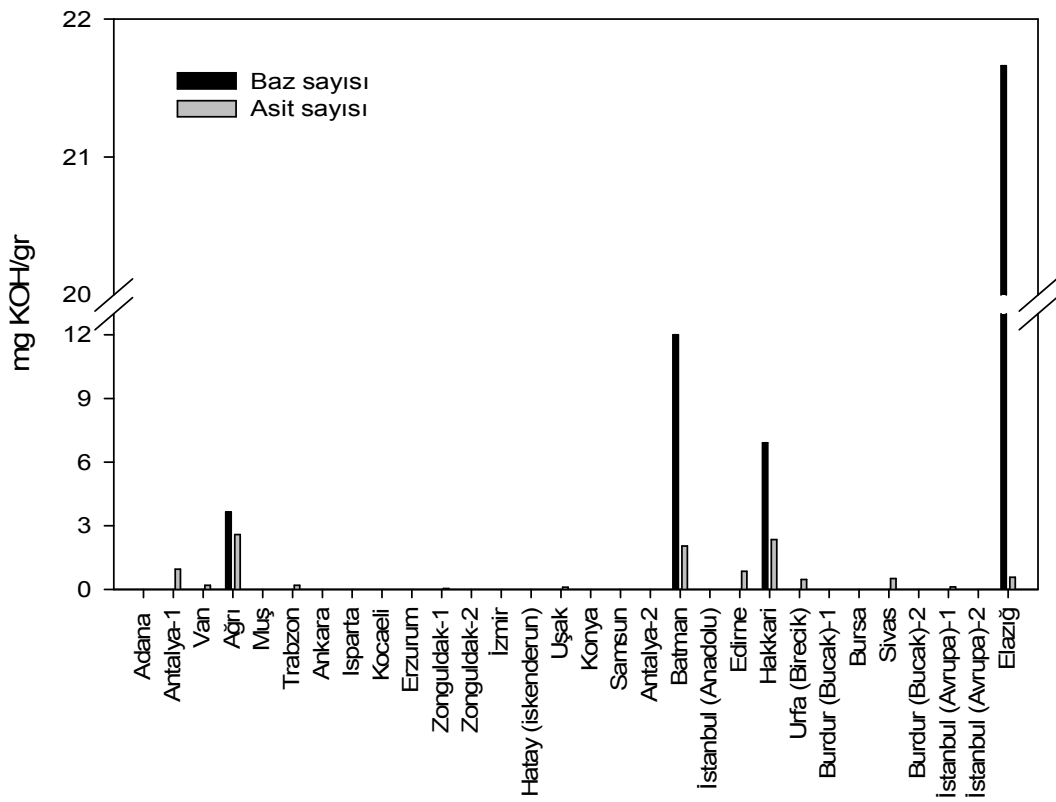
Şekil 4.7. 10NY numunelerinde uçucu olmayan madde içeriği verileri

4.1.8. Asit ve Baz Sayısı

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait asit ve baz sayısı analiz sonuçları Şekil 4.8'de sunulmuştur. Toplam numunelerin %50'sinde ölçülebilen asit sayısı değerleri 0,007-2,59 mg KOH/gr aralığında değişmekte, ortalama olarak 0,734±0,88 mg KOH/gr ve medyan olarak ise 0,463 mg KOH/gr düzeyindedir. Numunelerin yaklaşık %13'ünde ölçülebilen ait baz sayısı değerleri ise 3,66-21,7 mg KOH/gr aralığında değişmekte, ortalama değeri 11,1±7,86 mg KOH/gr ve medyan değeri ise 9,46 mg KOH/gr düzeyindedir. Numunelerin, özellikle, baz sayısı içeriğinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Toplam baz sayısı içeriği en yüksek (21,7 mg KOH/gr) ve en düşük (3,66 mg KOH/gr) çıkan numuneler ülkemizin doğusunda yer alan Elazığ ve ağrı illerinden alınmıştır. Öte yandan, asit sayısı en yüksek (2,59 mg KOH/gr) ölçülen numune ülkemizin doğusunda yer alan Ağrı ve en düşük (0,007 mg KOH/gr) ölçülen numune ise İstanbul-Avrupa yakasından alınmıştır.

Toplam asit sayısı (TAN), ham petrol destilasyon ürünlerinden motor yağının kullanımı süresince maruz kaldığı yüksek sıcaklıktan dolayı kalite ve oksidasyon durumu hakkında önemli bir göstergedir. Öte yandan, toplam baz sayısı (TBN), motor yağında oksidasyona bağlı olarak oluşan asidik ürünleri nötrale edebilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Kullanıma bağlı olarak motor yağında oluşan asidik ürünler TAN artışına neden olurken, bu artış, motor yağı formülasyonunda yer alan alkali baz katkılarıyla azaltılmaktadır. Dolayısıyla, aynı numunedeki asit ve baz sayıları arasında

doğal olarak ters orantı beklenmektedir. Ancak, bu durum, 10NY numunelerinin önemli bir kısmında ilgili analizlerin yapılamadığından gözlenemediği gibi özellikle ilgili standart kapsamında yüksek asit ve baz sayısı içeren bir baz yağ türü ortaya çıkmıştır. Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'den açıkça görülebilecek bu ilişki, 10NY numunelerine ait analiz sonuçlarının, kullanılmış motor yağı verileri ile yakın benzerlik gösterdiği yönündedir. Petrol ürünlerinin asit sayısı her zaman test koşullarında asidik madde miktarı ölçüsüdür ve asit sayısının yüksek olması bir kirlilik göstergesidir (Fox 1991). Çizelge 4.8'da yer alan değerler dikkate alındığında 10NY'ların içerisine kullanılmış motor yağı katıldığı muhtemel görünmektedir. Öte yandan, literatürde dizel ve biyodizel ile ilgili herhangi bir değer olmadığından çalışmadan elde edilen sonuçlar için bir kıyaslama yapılamamıştır.



Şekil 4.8. Asit ve baz sayısı değerleri

Çizelge 4.7. Bazı akaryakıt/yağ türlerine ait toplam baz sayısı (mg KOH/gr) değerleri

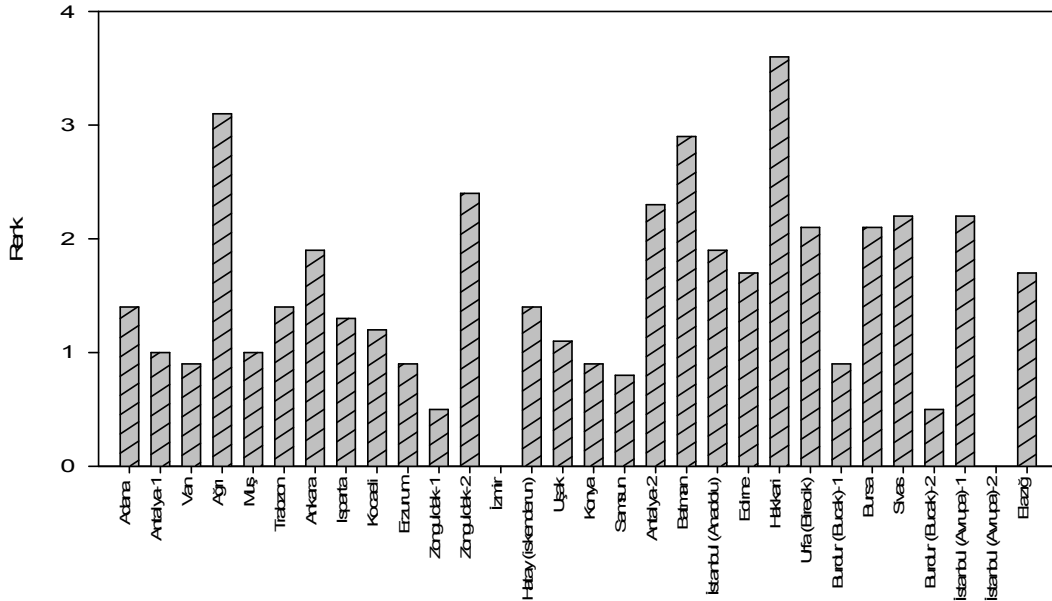
Yakıt / Yağ Tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	3,66-21,7	Bu çalışma
Baz motor yağı (SAE 5W-40)	3,55	(Hamawand 2013)
Baz yağ	<0,30	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Motor yağı	0,58-11,27	(Alghouti 2009)
Kullanılmış motor yağı (0-11500 km)	12,37-10,33	(Rahimi vd. 2012)

Çizelge 4.8. Bazı akaryakıt/yağ türlerine ait toplam asit sayısı (mg KOH/gr) değerleri

Yakıt/Yağ Tipi	Değer/Aralık	Kaynak
10NY Numuneleri	0,007-2,58	Bu çalışma
Baz motor yağı (SAE 5W-40)	0,02	(Hamawand 2013)
Baz yağ	<0,10	Türkiye Yakıt Standardı (TS 13369)
Biyodizel	<0,50	Türkiye Yakıt Standardı (TS EN 14214)
Biyodizel	<0,50	Avrupa Yakıt Standardı (EN 14214)
Biyodizel	<0,80	Amerika Yakıt Standard (ASTM D975)
Kullanılmış motor yağı (0-11500 km)	1,52-3	(Rahimi vd. 2012)

4.1.9. Renk

Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerine ait renk analizi verileri Şekil 4.9'da sunulmuştur. İki numune (İzmir ve İstanbul-Avrupa) dışında diğer tüm numunelerde ölçülebilen renk değerleri 0,50-3,60 aralığında değişmekte, ortalama değeri $1,62 \pm 0,79$ ve medyan değeri ise 1,40 düzeyindedir. Ülkemizin, özellikle, doğusundaki illerden alınan numunelerde yüksek renk değerleri gözlenmiştir. Baz yağ, dizel, biyodizel, atık yağ gibi yakıt veya yağ türlerine ait ürünlerde, literatürde sadece görsel yorumlara ulaşılabildiğinden yeterli derecede kıyas yapılamamıştır. Ancak, Rahimi vd. (2012) tarafından motor yağının kullanıma bağlı renk değişiminin izlendiği çalışma kapsamında kilometre artışına (0-11500 km) bağlı olarak motor yağı renginin arttığı (2,0-7.5) gözlenmiştir. Akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyon ürünleri, temizlik görevlerini ifa ederken içeriğindeki katıklar sayesinde metal yüzeylerdeki oluşan kurum parçalarını dağıtarak bünyelerine almaktadır. Buradan hareketle, her ne kadar 10NY bileşiminde yer alan hammadde (kaçak mazot gibi) ve diğer katkı ürünlerinin etkisi göz ardı edilemeyecek olsa da, 10NY isimli jenerik yakıtın bileşiminde, kullanılmış motor yağının olma ihtimali yüksek görülmektedir.



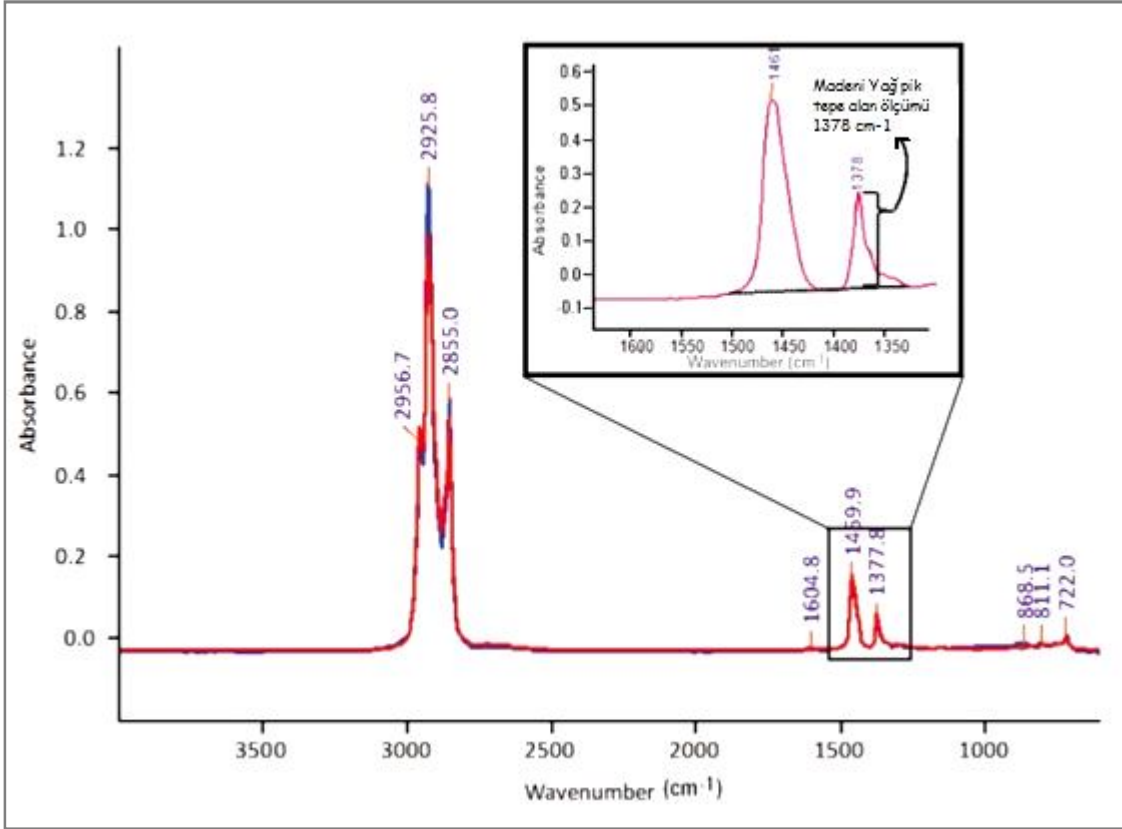
Şekil 4.9. 10NY numunelerinde ölçülen renk değerleri

4.1.10. Bakır Şerit Korozyonu

Bakır şerit korozyon testi, akaryakıt veya diğer sıvı petrol destilasyonu yağların (madeni, hidrolik yağları, dişli yağları vb.) metaller üzerine olan kon etkisini tespit etmek için uygulanmaktadır. Türkiye'nin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerinde ilgili testin yapılması neticesinde tüm numunelerin 1 nolu sınıf içerisinde yer aldığı görülmüştür. Bu durum; ulusal baz yağ (TS 13369) ve dizel (TS EN 590+A1) standartları ile uyum içerisinde dir.

4.1.11. FTIR Analizleri

Basit ve güvenilir bir ölçüm yöntemi olarak 10NY numunelerinin yapısı ve içeriğini oluşturan muhtemel bileşenler hakkında bilgi sahibi olmak için yapılan FTIR analizi sonuçları Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Analiz edilen numunenin doğası ve yöntemin sınırlı hassasiyeti olmasına karşın 10NY içerisindeki temel bileşenleri aydınlatacak detaya ulaşılabilmektedir. 4000-400 cm^{-1} aralığının tarandığı analizler sonucunda simetrik veya asimetrik C-H gerilmeleri (2955-2952 cm^{-1} , 2924-2921 cm^{-1} , 2854-2853 cm^{-1}) ve makaslama veya sallanma biçiminde simetrik/asimetrik C-H eğilmeleri (1462-1459 cm^{-1} , 1377 cm^{-1} , 723-722 cm^{-1}) gözlenmiştir. Analiz edilen hemen her numunede, ilgili değer veya aralıkta görülen bu titreşimlere ait IR verilerine ek olarak numuneye göre farklılık arz eden ve parmak izi olarak nitelendirilebilecek bazı bulgulara da rastlanmıştır. Literatürden elde edilen madeni yağa ait FTIR analiz verisi incelendiğinde (Bkz Şekil 4.10), 1377-78 cm^{-1} aralığında görülen düzlem dışı C-H eğilmesinin bir numune haricinde (Zonguldak) tüm numunelerde ortak olarak gözlenmiştir. Ancak Zonguldak numunesinin yoğunluk/parlama noktasının ters orta şiddette pozitif ilişkisi olması ve parlama noktası/uçucu olmayan madde ilişkisinin kuvvetli derece negatif ilişkisi FTIR analizinden de görüldüğü üzere madeni yağ özelliklerinden uzaklaştığına işaret etmektedir. 1749-1744 cm^{-1} aralığında sınırlı sayıda numunede (Adana, Zonguldak, Uşak ve Burdur) görülen IR değerlerinin, özellikle, bitkisel/hayvansal kaynaklı yağlar kaynaklı metil ester gerilme titreşimlerine indikatör olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan; 1607-1605 cm^{-1} , 972 cm^{-1} ve 815-810 cm^{-1} değerlerinin atık/kullanılmış motor yağlarındaki içerik (PAH gibi) veya katkı maddelerinden (ZDDP gibi) kaynaklanabilir. FTIR analizi sonuçları, numuneye özel olarak değerlendirildiğinde, pek çok farklı içeriğe veya katkıya yönelik yorum yapmak mümkün olabilmektedir. Bu durum, 10NY ile aynı ham maddeden üretilen ham petrol veya temel yapıtaşı benzerlik gösteren bitkisel/hayvansal kökenli yağlardan kaynaklanmaktadır. İlave enstrümental desteklerle daha net ortaya konabilecek taşış veya katıştırma durumuna dair elde edilen bilgiler, çalışmanın amacı bağlamında tatminkar düzeyde çıkmıştır.



Şekil 4.10. Madeni yağ FTIR analiz örneği (Higgins 2014)

4.2. 10NY Ürünlerinin İçerik Farklılığı

Örnekleme süreci içerisinde farklı zamanlarda aynı ilden alınan numunelere ait fizikokimyasal analiz sonuçları ve bu sonuçlardan yola çıkılarak hesaplanan bağıl sapma değerleri Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Analizler neticesinde, tüm fizikokimyasal parametreler için elde edilen bağıl sapma değerlerinin %1,03-100 arasında değiştiği görülmektedir. Parametreye bağlı olarak %100'lere varan farklılığın gözlenmesi, 10NY'ların ürün olarak hazırlanması sürecinde bir standardının olmadığını ve farklı nitelikte katkılar (solvent, atık motor yağı, bitkisel atık yağ gibi) veya baz yağ tipleri içeren karışımlar halinde piyasaya sürüldüğü izlenimi oluşturmaktadır.

Çizelge 4.9. 10NY numunelerine ait FTIR analizi sonuçları (^a: Analizi yapılan 30 adet numunenin ölçülen IR aralığındaki değeri, ^b: Analizi yapılan 30 adet numunenin ölçülen IR değerlerinde bulunma sayısı)

IR Aralığı ^a (cm ⁻¹)	IR Sayısı ^b	Titreşme Türü	Fonksiyonel Grup / Bağlar	Spesifik Frekans (cm ⁻¹)	Test Edilen Ürün / Yakıt	Kaynak
3010	1	C-H gerilmesi (stretching)	<i>cis</i> -çift bağ (=CH)	3009-3006	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
		C-H gerilmesi (stretching)	C=C	3009-3005, 3010	Bitkisel sıvı yağ (vegetable oil), iç yağı (lamb suet)	(Shearer 1989)
2955-2952	27	Metilen asimetric gerilmesine bağlı zayıf omuz Gerilme titreşimi	Alkil (C-H)	2954	Kızartma yağı	(Innawong vd. 2004)
				2953	Amorf poli alfa olefin ile geliştirilmiş asfalt bağlayıcı	(Wei vd. 2014)
2924-2921	29	Alifatik CH ₂ grubunun simetrik gerilmesi	C-H	2925	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
		Gerilme	C-H (alkan)	2923	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
		Asimetrik C-H gerilmesi	CH ₂	2929	Kızartma yağı	(Innawong vd. 2004)
		CH gerilmesi		2924	Benzinli araç motor yağı (baz yağ ve <i>kullanılmış</i>)	(Rahimi vd. 2012)
		Kullanılmış yağdaki -CH- gruplarının C-H dallanma titreşimi ve kısa zincirli hidrokarbon bileşiklerinin karışımının bulunması		2925	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
2854-2853	30	Simetrik C-H gerilmesi	CH ₂	2856	Kızartma yağı	(Innawong vd. 2004)
		Alifatik CH ₂ grubunun asimetric gerilmesi	C-H	2854	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
2363-2359	11	Gerilme	C≡C (alkinler)	2359	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40)	(Hamawand vd. 2013)
		Gerilme	O-H (karboksilik asit)	2360	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)

Çizelge 4.9. (Devam)

IR Aralığı ^a (cm ⁻¹)	IR Sayısı ^b	Titreşme Türü	Fonksiyonel Grup / Bağlar	Spesifik Frekans (cm ⁻¹)	Test Edilen Ürün / Yakıt	Kaynak
1749-1744	4	Trigliseritlerin ester karbonil grubunun gerilmesi	C=O	1746	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
		Karbonil grup titreşimi (ME indikatörü)	C=O, Metil esterler (bitkisel/hayvansal)	1760-1720 (1745)	Yakıt karışımlarındaki ME (Dizel+biyodizel)	(Birova vd. 2002)
		Ester gerilmesi	C=O	1749	Kızartma yağı	(Innawong vd. 2004)
		Karbonil bandlarının gerilme titreşimi	Ham yağ esterleri ile örtüşüyor	1750	Dizel yakıt ile karıştırılan biyodizel içeriği	(Pimentel vd. 2006)
1739-1738	4	Keton, aldehit ve/veya asitlerdeki karbonil grubu		1740	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
1727	1	C=O bağlarının oluşumu ve oksidasyon prosesleri		1730	Trafo yağı (yeni ve kullanılmış)	(Zakharich vd. 2001)
		Polymethacrylate gerilmesi titreşimi (viskozite değiştirici ve akma noktası düşürücü katkısına indikatör)		1732, 1731	Motor yağı / Ham ve geri kazanılmış madeni motor yağı	(Palus 1999, Al-Ghouti vd. 2009)

Çizelge 4.9. (Devam)

IR Aralığı ^a (cm ⁻¹)	IR Sayısı ^b	Titreşme Türü	Fonksiyonel Grup / Bağlar	Spesifik Frekans (cm ⁻¹)	Test Edilen Ürün / Yakıt	Kaynak
1699	1	Serbest yağ asitleri (shoulder) gerilmesi	C=C	1700	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
1653	1	cis-olefinlerin gerilme titreşimi	C=C	1654	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
		O-H gerilme bandı ve suyun H-O-H eğilme titreşimi		1645	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
1607-1605	4	C=C aromatik halka gerilmesi		1606	Benzin (motor gasoline)	(Al-Ghouti vd. 2008)
		C=C aromatik halka gerilmesi		1605	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40)	(Hamawand vd. 2013)
		Gerilme	C=C (aromatik)	1605	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
		Ester, keton veya asitlerin karbonil gruplu kısa zincirli bileşikleri (kullanılmış motor yağı)	(Kadam & Zingde, 1985)	1603, 1704	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
		Doymamış katkıları	(Zieba-Paulus & Koscielniak, 1999)	1603, 704	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
		Kullanılmış yağdan kaynaklanabilecek PAH ve/veya aromatikler	(Geach, 1996)	1603	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)

Çizelge 4.9. (Devam)

IR Aralığı ^a (cm ⁻¹)	IR Sayısı ^b	Titreşme Türü	Fonksiyonel Grup / Bağlar	Spesifik Frekans (cm ⁻¹)	Test Edilen Ürün / Yakıt	Kaynak
1462-1459	30	C=C aromatik halka gerilmesi, Fenil bileşikleri, asimetrik C-H gerilmesi		1460	Benzin (motor gasoline)	(Al-Ghouti vd. 2008)
		Düzlem içi eğilme (makaslama, scissoring)	C-H (alkan)	1458	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
		Simetrik C-H eğilmesi (makaslama)	CH ₂	1463	Dizel (katkısız)	(Pasadakis vd. 2006)
		C-H eğilmesi (makaslama)		1464	Kızartma yağı	(Innawong vd. 2004)
		CH ₂ makaslama		1460	Benzinli araç motor yağı (baz yağ ve kullanılmış)	(Rahimi vd. 2012)
		Kullanılmış yağdaki -CH- gruplarının C-H dallanma titreşimi ve kısa zincirli hidrokarbon bileşiklerinin karışımının bulunması		1460	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
1377	29	CH ₂ grubunun eğilme (bending) titreşimi		1377	Yemeklik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
		Düzlem dışı eğilme	C-H (alkanlar)	1377	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40)	(Hamawand vd. 2013)
		Düzlem dışı eğilme	C-H (CH ₃)	1379	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
		Asimetrik C-H eğilmesi (makaslama)	CH ₃	1377	Dizel (katkısız)	(Pasadakis vd. 2006)
		CH ₃ simetrik eğilme		1376	Benzinli araç motor yağı (baz yağ ve kullanılmış)	(Rahimi vd. 2012)
		Kullanılmış yağdaki -CH- gruplarının C-H dallanma titreşimi ve kısa zincirli hidrokarbon bileşiklerinin karışımının bulunması		1376	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
1306	1	Dalgalanma (wagging) titreşimi	CH ₂ -X (alkil halojenür)	1306	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40)	(Hamawand vd. 2013)
1242	1					

Çizelge 4.9. (Devam)

IR Aralığı ^a (cm ⁻¹)	IR Sayısı ^b	Titreşme Türü	Fonksiyonel Grup / Bağlar	Spesifik Frekans (cm ⁻¹)	Test Edilen Ürün / Yakıt	Kaynak
1229	1	C-H düzlem içi eğilme Suksinimit (succinimide) gerilme bandları Azot oksitli bileşiklerin oksidasyonu sonucu oluşan nitratlar	(Rashid vd., 1990; Kadam ve Zingde, 1985)	1231 1231, 1708, 1773 1229, 724	Benzin (motor gasoline) Motor yağı / Ham ve geri kazanılmış madeni motor yağı Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Al-Ghouti vd. 2008) (Palus 1999, Al-Ghouti vd. 2009) (Rosado 2003)
1217	4	C-H düzlem içi eğilme		1217	Benzin (motor gasoline)	(Al-Ghouti vd. 2008)
1168	3	Polymethacrylate gerilmesi titreşimi (viskozite değiştirici ve akma noktası düşürücü katkısına indikatör) C-O, CH ₂ gerilmesi, eğilmesi		1169 1165	Motor yağı / Ham ve geri kazanılmış madeni motor yağı Kızartma yağı	(Palus 1999, Al-Ghouti vd. 2009) (Innawong vd. 2004)
1161-1160	3	C-O ester grubunun gerilme titreşimi		1238, 1163	Yemelik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
1157-1154	8	Dalgalanma (wagging) titreşimi Gerilme Polymethacrylate gerilmesi titreşimi (viskozite değiştirici ve akma noktası düşürücü katkısına indikatör) Peroksit bileşikleri	CH ₂ -X (alkil halojenür) C-O (karboksilik asit) (Kadam & Zingde, 1985)	1155 1156 1154 1158	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40) Atık motor yağı (used car lubricating oil) Motor yağı / Ham ve geri kazanılmış madeni motor yağı Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Hamawand vd. 2013) (Hamawand vd. 2013) (Palus 1999, Al-Ghouti vd. 2009) (Rosado 2003)
1099	1	C-H eğilme titreşimi		1099, 721	Yağlama yağı katkıları (soya yağı, ayçiçek yağı)	(Karmakar 2013)
1065	1	Kalsiyum (magnezyum) sülfonat gerilme titreşimi		1076, 1061	Motor yağı / Ham ve geri kazanılmış madeni motor yağı	(Palus 1999, Al-Ghouti vd. 2009)

Çizelge 4.9. (Devam)

IR Aralığı ^a (cm ⁻¹)	IR Sayısı ^b	Titreşme Türü	Fonksiyonel Grup / Bağlar	Spesifik Frekans (cm ⁻¹)	Test Edilen Ürün / Yakıt	Kaynak
1031	1	Piridin		1030	Benzin (motor gasoline)	(Al-Ghouti vd. 2008)
		Gerilme	C-O (karboksilik asit)	1032	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
972	1	Düzlem dışı eğilme	C-H (aromatik)	973	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40)	(Hamawand vd. 2013)
		Çinko ditiofosfat (Zinc dithiophosphate, ZDDP) gerilme titreşimi		975, 655	Motor yağı / Ham ve geri kazanılmış madeni motor yağı	(Palus 1999, Al-Ghouti vd. 2009)
968	1	Aromatik bileşikler		970	Benzinli araç motor yağı (baz yağ ve kullanılmış)	(Rahimi vd. 2012)
815-810	14	Düzlem dışı eğilme	C-H (aromatik)	815	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
		Kullanılmış yağdan kaynaklanabilecek PAH ve/veya aromatikler	(Geach, 1996)	813	Yeni, kullanılmış ve hava etkisine uğramış (weathered) motor yağı	(Rosado 2003)
806	2					
741	1					
723-722	28	CH ₂ sallanma (rocking) titreşimi ve cis-disubstituted olefinlerin düzlem dışı titreşimi		723	Yemeklik sıvı yağ (edible oil)	(Vlachos vd. 2006)
		Düzlem içi eğilme (sallanma)	C-H (alkenler)	722	Baz yağ (Ravenol, VSi SAE 5W-40)	(Hamawand vd. 2013)
		Düzlem içi eğilme (sallanma)	C-H (alkanlar)	722	Atık motor yağı (used car lubricating oil)	(Hamawand vd. 2013)
669	1	Benzen		673	Benzin (motor gasoline)	(Al-Ghouti vd. 2008)

Çizelge 4.10. Aynı ilden farklı dönemlerde alınan 10NY numunelerinin fizikokimyasal özelliklerine göre bağıl sapma değerleri (%)

Parametre	İller			
	Zonguldak	Antalya	İstanbul (Avrupa)	Burdur (Bucak)
Yoğunluk	5,31	1,60	4,97	1,03
Viskozite	33,8	5,9	100	35,1
Parlama noktası	100	47,5	67	29
Akma noktası	27,2	42,1	32,2	28,5
Su içeriği	98,6	78	95,5	29,2
Kükürt içeriği	99,1	4,77	96,5	28
Uçucu olmayan madde	100	100	99	93,6
Asit sayısı	-	-	40,1	-
Baz sayısı	-	-	-	-
Renk	79,1	56,5	100	44,4
Bakır korozyon testi	-	-	-	-

4.3. Veriler Arasındaki Bağıntının İstatistiksel Değerlendirmesi

Araştırmada kullanılan örneklemin açıklanması ve elde edilen sonuçlar hakkında basit tanımlayıcı istatistikler (aritmetik ortalama, mod, medyan, standart sapma gibi) verilerden yararlanılmaktadır. Tanımlayıcı istatistik ölçümlerin dışında parametrik olmayan testlerden en sık kullanılan çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden birisi de korelasyon matrisleridir. Değişkenler arasında + veya – yönde bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak için en sık kullanılan Pearson Korelasyon Katsayısı testi kullanılmıştır. Pearson korelasyon matris testinin diğer parametrik olmayan test metotlarına (Mann-Whitney, Wilcoxon, Kruskal Wallis, Kendall ve Spearman gibi) göre etkili sonuç alabilmesi için örnekleme sayısının 30 ve üzeri olması, örneklemlerde aşırı değerler bulunmaması ve iki değişken arasındaki doğrusal ilişki olup olmadığını serpilme diyagramına (scatter plot) bakılarak tespit edilmesi gerektiğinden dolayı tercih edilmiştir.

Korelasyon çözümlenmesi aracını, birlikte hareket etme eğilimi olan iki ölçüm değişkenini belirlemek için her bir ölçüm değişkeni çiftini incelemek amacıyla (yani, bir değişkenin büyük değerlerinin, diğer değişkenin büyük değerleriyle ilişkili olma eğiliminin olup olmadığını [pozitif korelasyon], bir değişkenin küçük değerlerinin, diğer değişkenin büyük değerleriyle ilişkili olma eğiliminin olup olmadığını [negatif korelasyon] veya her iki değişken değerlerin ilişkisiz olma eğiliminde olup olmadığını [sıfıra yakın korelasyon] belirlemek için) kullanabilmektedir. Pearson ilişki (Korelasyon) katsayısı (r), belirtilen iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin kuvveti (derecesi) ve yönü hakkında bilgi vermektedir. Korelasyon katsayısı (r) değerleri $-1 < r < 1$ arasında değişmektedir.

Çizelge 4.11. Korelasyon katsayısı (r) ilişki dereceleri

r	İlişkinin derecesi
0.90 - 1.00	Çok kuvvetli
0.70 - 0.89	Kuvvetli
0.50 - 0.69	Orta
0.30 - 0.49	Düşük
0.00 - 0.29	Zayıf

Ülkemizin çeşitli illerinden toplanan 10NY numunelerinin analizi ile elde edilen sonuçların arasındaki bağıntıyı görebilmek adına hazırlanan Pearson korelasyon matrisi Çizelge 4.12'de sunulmuştur. Burada amaç, 10NY isimli ürünün hazırlanması aşamasında atık motor yağı, bitkisel atık yağ, kızartma yağı, solvent gibi geri dönüşüme uygun veya tehlikeli atık niteliği taşıyabilecek katkı maddelerinin fizikokimyasal özellikleri arasında bir ilişki olup olmadığı fikir vereceği düşüncesidir. Bu sayede, baz yağ ile karışım oluşturacak şekilde üretim safhasına katılan bir ürünün niteleyici özelliklerinin öne çıkarılması hedeflenmektedir. Ayrıca, ilgili analizlerden elde edilen veriler arasında basit fakat 10NY içerisindeki varlığını tespit noktasında gösterge olabilecek bir analiz parametresinin öne çıkarılması hedeflenmektedir. Çizelge 4.12'den görülebileceği üzere, analiz parametreleri arasındaki korelasyon katsayısı (r) -0,979 ile 0,815 aralığında değişmektedir. Bu parametreler içerisinde parlama noktası/yoğunluk ve renk/su içeriği-kükürt içeriği-asit sayısı çiftleri arasında $p=0,01$ önem seviyesinde doğru orantı bulunurken parlama noktası/uçucu olmayan madde içeriği ve renk/akma noktası çiftleri arasında ters orantı gözlenmiştir. Bu durum, numunelerde, uçucu olmayan içeriğini artırırken parlama noktasını düşürebilecek bir katkı maddesi olarak solventlerin varlığı ihtimalini güçlendirmektedir. Öte yandan, $p=0,05$ önem seviyesinde asit sayısı/baz sayısı ve yoğunluk/uçucu olmayan madde içeriği çiftleri arasında ters orantı gözlenirken asit sayısı/su içeriği arasında doğru orantı bulunmuştur. Çizelge 4.11'de yer alan verilerin içerisinde belki de en dikkat çekici olanı renk ile diğer parametreler arasındaki kuvvetli ilişkinin ortaya konulmasıdır. Renk parametresi ile su içeriği, kükürt içeriği ve asit sayısı arasındaki pozitif korelasyon atık motor yağına ait fizikokimyasal özellikler ve değişimi ile paralellik göstermektedir (Rahimi vd. 2012). Buradan hareketle, renk parametresinin baz yağ ve diğer atık yağ grubu ürünlerin karışımı durumunda diğer parametrelere kıyasla daha ucuz ve etkin bir indikatör olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Çizelge 4.12. 10NY numunelerine ait fizikokimyasal parametrelerin Pearson korelasyon matrisi

	Yoğunluk	Viskozite	Parlama noktası	Akma noktası	Su içeriği	Kükürt içeriği	UOM içeriği	Baz sayısı	Asit sayısı	Renk
Yoğunluk	1									
Viskozite	0.107	1								
Parlama noktası	0.540**	0.357	1							
Akma noktası	0.161	-0.007	0.066	1						
Su içeriği	-0.034	0.044	0.096	-0.359	1					
Kükürt içeriği	0.191	0.237	0.341	-0.260	0.278	1				
UOM içeriği	-0.456*	-0.078	-0.766**	-0.183	0.187	-0.151	1			
Baz sayısı	-0.289	-0.281	-0.405	0.714	-0.201	-0.480	0.102	1		
Asit sayısı	0.069	0.273	0.402	-0.441	0.582*	0.503	-0.313	-0.979*	1	
Renk	-0.044	0.195	0.362	-0.511**	0.523**	0.611**	-0.167	-0.901	0.815**	1

* 0.01 (%99), ** 0.05 (%95)

5. SONUÇ

Bu çalışmada, ekonomik olarak yüksek bir cazibeye sahip sıra dışı bir yakıt türü olarak, ilgili tüketiciler (şoförler) tarafından bilinçli bir şekilde, kamyon ve otobüs gibi dizel araçlarda, motorine ikame veya doğrudan motorin yerine kullanılan "10 Numara Yağ" isimli ürünün, yakıt eşdeğeri fizikokimyasal özellikleri incelenmiş ve bu özelliklerin neden olabileceği çevresel etki potansiyellerinin gündemde sıklıkla değinilen sorunlarına açıklık getirmek ve çözüm yollarına ışık tutacak veriler irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Ülkemizin 25 farklı ilindeki kamyon/otobüs garajları, oto sanayi siteleri veya yol kenarlarında bulunan işletmelerden tedarik edilen numunelerin Türkiye'nin önemli illerinden alınan 10NY numunelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri kapsamlı olarak tespit edilmiştir.
2. Elde edilen sonuçlar, ilgili yakıt standartları (EPDK, TSE gibi) ve literatürde yer alan baz yağ, dizel, biyodizel, atık yağ ve kullanılmış motor yağı özellikleriyle kıyaslanarak değerlendirilmiştir.
3. Türkiye'deki yakıt standartlarının uluslar arası kabul görmüş yakıt standartlara uyumu konusunda benzerlikler görülmüştür ancak Türkiye'nin Yakıt Standardı Kalitesi konusunda ivedilikle yasal mevzuat düzenlemesi yapması gereği ortaya çıkmıştır.
4. Fizikokimyasal özellikleri için ölçülen 10 numara yağ değerlerin önemli bir kısmının baz yağ ve yakıt standartlarına uyum göstermediği ortaya çıkmıştır.
5. İncelenen parametrelerin genelinde bir eğilim/standart gözlenmezken, yüksek standart sapmaya sahip değişken nitelikte değerler bulunmuştur.
6. Yaygın talebe sahip ürünün, temel bileşeni olarak baz yağ ve karışımları öne çıksa da özellikle atık motor yağı ve bitkisel atık yağlara işaret eden bulgulara rastlanılmıştır. Bu tür yakıtların kullanılması havaya emisyon olarak salınabilecek çeşitli kirleticilere maruz kalma ihtimalini güçlendirmektedir.
7. 2013 yılı itibariyle "10 numara yağ" sektörüne yönelik yeni düzenleme ve kontrol önlemleri alınmasına rağmen, bu jenerik yakıt, halen çok sayıda otobüs ve kamyon şoförü tarafından dizele alternatif bir yakıt olarak kullanıldığı ortaya çıkmıştır.
8. Özellikle İstanbul ve diğer bazı şehirlerden alınan paralel numunelerde parlama noktasının çok düşük olması, uçucu olmayan madde miktarının (ürün içerisinde üretim sürecinde veya sonradan katılmış olan uçucuların/çözücülerin) yüksek çıkması, numune içerisine solvent, white spirit, tiner gibi çözücü katkı maddelerinin ilave edildiğini göstermektedir.
9. 10 numara yağ sektörüne yönelik olarak ithal edilen veya üretilen baz yağ içerisine "marker" konulmasına yönelik çalışmaların yaygınlaştırılması ve tüm

yağ müstahzarların, piyasaya arz edenlerin ve yakıt istasyonlarının denetlenmesine yönelik acilen çalışmaların yapılmasına önem verilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

10. Vergi avantajı nedeniyle 10 numara yağ adı altında müstahzar ve satıcıların sorunun yasal zeminde boşluk bırakmayacak şekilde çözülmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.
11. 10 numara yağın içeriğindeki bileşenlerden olan atık yağların (madeni/bitkisel atık yağlar) geri kazanılması ekonomik kazançların yanında kaynak tasarrufu ve çevre kirliliği yönünden ciddi bir katma değer kazanımı olacaktır. Ülkemizde önemli miktara sahip olan (madeni/bitkisel) atık yağların enerji geri kazanımı konusunda bilimsel ve teknolojik gelişmelere uygun olarak değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.
12. 10 numara yağ sektöründe birçok yasal olmayan faaliyet devam ederken, ticari üretimi ve kullanımı devam eden 10 numara yağlara dair daha ayrıntılı bileşen analizinin yapılması, atık yağ yönetimi, çevre güvenliği ve halk sağlığı açısından gereklilik arz etmektedir.

Sonuç olarak, 10 numara yağ sorununun ekonomik verilerinin yanında dolaylı sağlık etkileri de dikkate alınmalı, özellikle sorunun temelindeki enerji kaynağı bağlamında 10 numara yağların önemli bileşenlerinden olan madeni/bitkisel atık yağların geri kazanımı konusunda bilimsel ve teknolojik çalışmalar yapılarak ekonomiye katkı sağlanması, mevcut yasal mevzuatın gözden geçirilerek kapsamlı değişikliklerin yapılması, devletin denetim mekanizmalarını çalıştıracak yöntem ve yaptırımların gerekliliği ve bu yakıtı kullanan araçlarda eş zamanlı kirletici emisyon örnekleme yapılarak sorunun çevresel etkilerini daha net ortaya çıkartılabilecektir.

6. KAYNAKÇA

1. "Atık Yağların Kontrol Yönetmeliği". 2008. *Resmi Gazete* (26952).
2. ACAROĞLU, M.Ü. 2010. *Yakıtlar ve Yanma*. Ankara: Nobel Yayınevi.
3. AKKAPILI, Y. 2012. *Madeni Yağ Ansiklopedisi*. Adana: Solver Kimya Yayınları.
4. AKYARLI, A.A. 2004. Biyodizel Yakıtın Uluslararası Standartlarda Üretimi. *Bioenerji 2004 Sempozyumu*, İzmir, 7 s.
5. ALPTEKİN, E. 2007. Biyodizel ve Dizel Yakıtların Harmanlanmasında Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
6. API. 1978b. *Comprehensive Analytical Analysis of API Generic Refinery Streams*. Washington, DC: American Petroleum Institute.
7. ARMAS, O., LAPUERTA, M. and MATA, C. (2012). Methodology for the Analysis of Pollutant Emissions from a City Bus, 045302 s.
8. ARPA, O.Y. 2010. Experimental Investigation of the Effects of Diesel like Fuel Obtained from Waste Lubrication Oil on Engine Performance and Exhaust Emission. *Fuel Processing Technology* (91), 1241-1249 s.
9. ATSDR. 1997. *Toxicological Profile for Used Mineral-Base Crankcase Oil*. U.S. Department of Health and Human Services.
10. AUCELIO, R.R. 2007. The Determination of Trace Metals in Lubricating Oils. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* (62), 952-961 s.
11. BASE OIL HANDBOOK. 2001. Stockholm: NYNAS.
12. BASU, B. S. 1998. Prediction of Biodegradability of Minerals Base Oils from Chemical Composition Using Artificial Neural Networks. *Tribology International* (31), 159-168 s.
13. BEARINGTRENDS. 2010. *Physical and Chemical Properties of Mineral Oils Base Oil Composition*. (Çevrimiçi) <http://www.bearingtrends.com> (Erişim tarihi: 06.03.2014)
14. BEER, T.G. 2000. *Life-cycle Emissions Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicles*. Stage-1. Australia: CSIRO Atmospheric Research Report.

15. BRAUN, R. L. 1993. Chemical Reaction Model for Oil and Gas Generation from Type I and Type II Kerogen. CA, United States: Lawrence Livermore National Laboratory.
16. CARBALLO, S.J. 2013. Green Approaches to Determine Metals in Lubricating Oils by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry (ETAAS). *Microchemical Journal* (108), 74-80 s.
17. CATERPILLAR. 1996. Blending Used Crankcase Oil with Diesel Fuel for Use in Caterpillar Heavy Duty Diesel Engines. *Engine Data Sheet 62.1*, U.S.A.
18. CERİT, Ç. 2012. 10 Numara Problem ve Çözüm Önerileri. (Çevrimiçi) www.vergisorunlari.com.tr (Erişim tarihi: 03.05.2014)
19. CHAWLA, R.P. 1988. Fibreoptic Bronchoscopy in Smear-negative Pulmonary Tuberculosis. *Eur Respir J.*, 1 (9), 804-6 s.
20. COLVILE, R. H. 2001. The Transport Sector as a Source of Air Pollution. s. 1537-1565 s.
21. COMMISSION, E. 2008. Waste Directive 2008/98/EC. Brussels.
22. CONCAWE. 1996. Collection and Disposal of Used Lubricating Oil. Brussels: Report No.5/96.
23. CONCAWE. 1993. White Oil and Waxes Summary of 90-Day Studies. Brussels: Report No.93/95.
24. COT. (2012). Motor Yağ Analiz Açıklamaları ve Değerlerinin Sınırları. Clean Oil Technology (Çevrimiçi) <http://www.cot.com.tr> (Erişim tarihi: 21.01.2014)
25. ÇANAKCI, M. 2001. Production of Biodiesel from Feedstocks with High Free Fatty Acids and its Effect on diesel Engine Performance and Emissions. Ph.D.Dissertation, Iowa State University .
26. ÇANAKCI, M.V. 1999. Biodiesel Production Via Acid Catalysis. *Trans of ASAE*, 42 (5), 1203-1210.
27. ÇANAKÇI, M. ve AKINCI, İ. 2007. Antalya İli Seralarında Kullanılan Havalandırma ve Isıtma Sistemleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* (20), 241-252 s.
28. ÇOB. 2010. Bitkisel Atık Yağların Yönetimi. Ankara: Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı.
29. DELISTRAY, D.S. 2007. Dioxins, Metals and Fish Toxicity in Ash Residue from Space Heaters Burning Used Motor Oil. *Chemosphere* (68), 907-914 s.

30. DIAZ, R.B. 1996. Prediction of the Viscosity of Lubricating Oil Blends at any Temperature. *Fuel* (75), 574-578.
31. DOMENO, C.N. 2003. Fate of Polyaromatic Hydrocarbons in the Pyrolysis of Industrial Waste Oils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* (67), 237-246 s.
32. DONG, L., SHU, G., LIANG, X., WANG, Y. and LIU, L. 2012. Effect of Lubricating Oil Additives on Particle Size Distribution and Total Number Concentration in Diesel Engine. *Lubrication Science* (24) , 325-338 s.
33. JOAN, E.D. 2007. A Review of the Potantial Human and Environmental Health Impact of Synthetic Motor. Director Office of Environmantal Health Hazard Assesment California Environmental Protection Agency.
34. EL-FADEY, M. and KHOURY, R. 2001. Strategies for Vehicle Waste-Oil Management: A Case Study. *Resources, Conservation and Recycling* (33), 75-91 s.
35. EPA. 1993. Waste Oil Combustion (Draft), Technical Support Division, Office of Air Quality Planning and Standarts. (s. Section1.11). Research Tirangle Park, NC: U.S. Environment Protection Agency.
36. EPDK. 2013. Petrol Piyasası Sektör Raporu. Ankara: EPDK, Petrol Piyasası Daire Başkanlığı.
37. ESTERDHAL, T. 2014. Engine Oil Discoloration Guide – What Different Oil Colors Represent. (Çevrimiçi) <http://www.olathetoyota.com> (Erişim tarihi: 18.03.2014)
38. EURACTIVE. 2014. Akaryakıt Sektöründe 10 Numara Yağ Sorunu “Çözümüne bütüncül bir yaklaşım şart”. (Çevrimiçi) <http://www.euractiv.com.tr/enerji/link-dossier/akaryakt-sektorunde-10-numara-yag-sorunu-cozume-butuncul-bir-yaklasim-sart-000124> (Erişim: 25.06.2014)
39. EUROPEANCOMMISSION. 2008. Waste Directive 2008/98/EC. Brussels.
40. FORSTHOFFER, W. 2011. Lube, Seal and Control Oil System Best Practices. *Elsevier*, 347–468 s.
41. FOX, M.Z. 1991. Acid-base Determination of Lubricating Oils. *Tribol Int.* (24), 335-340 s.
42. GABLE, C.S. 2013. Gasoline and Fuel Origins of the Words Used to Describe Everyday Motor Fuel.(Çevrimiçi)About.com Hybrit and Electric

Cars:<http://alternativefuels.about.com/od/thedifferenttypes/a/gasolineorigins.htm> (Erişim tarihi: 27.08.2013)

43. GERMAN, F.H. 2001. Primary Biodegradability of Mineral Base Oils in Relation to Their Chemical and Physical Characteristics. *Chemosphere* (45), s. 983-990.
44. GERPEN, J.S. 2004. Biodiesel Production Technology. NREL National Renewable Energy Laboratory, August 2002-Jnauary 2004 Subcontractor Report, Colarado.
45. GOERING, C.E. 1987. Evaluation of Vegetable Oil Fuels In Engines. *Trans of ASAE*, 87-1586 s.
46. GRABOZKI, M.S. 1998. Combustion of Fat and Vegetable Oil Derivd Fuels in Diesel Engines. *Prog. Energy Combustion Science*. (24), 125-164 s.
47. GRIFFITHS, P.H. 2007. Transform Infrared Spectrometry (2nd ed.). Wiley-Blackwell: ISBN 0-471-1940-2.
48. GULF. 2012. Gulf. (Çevrimiçi) Madeni Yağlar:
http://www.gulf.com.tr/madeni_yaglar/sikca_sorulanlar.aspx (Erişim tarihi: 15.02.2014)
49. GULYURTLU, I., LOPES, H. and CABRITA, I. 1996. The Determination of Emissions of Pollutants from Burning Waste Oils. *Fuel* 75, s. 940-944.
50. GÜVEN, A.K. 2001. Hidrolik Yağların Ana Fraksiyonları ve Hidrolik Yağ Seçimi. *II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*.
51. GÜZELYURTLU, I.L. 1996. The Determination of Emissions of Pollutants from Burning Waste Oils. *Fuel* (75), 940-944 s.
52. HABER EKONOMI. 2014. PETDER 2013'de 18 bin ton atık yağ topladı. (Çevrimiçi) Haber Ekonomi:
<http://haberekonomi.com.tr/?sayfa=haber&icerik=2554> (Erişim tarihi: 05.02.2014)
53. HAMAWAND, I.Y. 2013. Recycling of Waste Engine Oils Using a New Washing Agent. *Energies* , 1023-1049 s.
54. HAUS, F.G. 2001. Primary Biodegradability of Mineral Base Oils in Relation to their Chemical and Physical Characteristics. *Chemophere*, 45(6-7), 983-990 s.
55. HEWSTONE, R. 1994-a. Environmental health aspects of lubricant additives. *The Science of the Total Environment* (156), 243-254 s.

56. HIGGINS, F. 2014. Environmentally Friendly Oil in Water Analysis by FTIR Spectroscopy, based on ASTM D7678-11. (Çevrimiçi) Agilent Technologies: <http://www.agilent.com/chem> (Erişim tarihi: 01.08.2014)
57. JOAN, E.D. 2007. A Review of the Potantial Human and Environmental Health Impact of Synthetic Motor. Director Office of Environmantal Health Hazard Assesment California Environmental Protection Agency .
58. KALELİ, H. 2014. İçten Yanmalı Motorlarda Aşınma, Yağlama, Soğutma. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Fakültesi.
59. KAMAL, A.N. 2009. Production of Low Metal Content Re-refined Lubrication Oil. *Petroleum Science and Technology* (27), 1810-1820 s.
60. KAMAL, A., NAQVI, S. M. and KHAN, F. 2009. Production of Low Metal Content Re-refined Lubrication Oil. *Petroleum Science and Technology* (27), 1810-1820 s.
61. KAPLAN, C. 2001. Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarda Kullanımı. Bilim Uzmanlık Tezi . Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
62. KARAOSMANOĞLU, F.C. 1996. Investigation of the Refining Step of Biodiesel Production. *Energy & Fuels* (10), 890-895 s.
63. KAUFFMAN, R. 1998. Rapid, Portable Volumetric Techniques for Performing Antioxidant, Total Acid Number (TAN) and Total Base Number (TBN) Measurements. (54), 39-46 s.
64. KINAST, A.J. 2001. Production of Biodiesels from Multiple Feedstocks and Properties Biodiesel-Diesel Blends. Des Plaines: National Renewable Energy Laboratory, Final Report.
65. KISHORE N.R. 2007. Water and Sedimentin Crude Oil. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International.
66. KOROĞLU, H.J. 2012. Atık Madeni Yağların Kontrol ve İzleme Sisteminin Oluşturulması. II. *Ulusal Atık Madeni Yağ Çalıştayı*. Ankara.
67. LIN, M.A.Q. 2004. Discrimination of Intac and Injured Listeria Monocytogenes by Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Principle Component Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 52 (19), 5769-5772 s.
68. LUBRIMAX. 2013. Teknik Terimler. (Çevrimiçi) Lubrimax: <http://www.lubrimax.com.tr/?pid=3> (Erişim tarihi: 15.01.2014)

69. MAYLAB. 2012. (Çevrimiçi) Maylab: <http://www.maylab.com.tr> (Erişim tarihi: 25.12.2013)
70. GULFOIL. 2013. (Çevrimiçi) Gulf Oil: <http://www.gulf.com.tr> (Erişim tarihi: 05.01.2014)
71. MAPESAD. 2008. Türkiye'de Madeni Yağ Sektöründe 10 Numara Yağ Sorunu ile ilgili Rapor. Madeni Yağ ve Petrol Ürünleri Sanayicileri Derneği.
72. MARNANE, I. 2012. Comprehensive Environmental Review Following the Pork PCB/dioxin Contamination Incident in Ireland. *Journal*.(14) , 2551-2556 s.
73. MILESTONE. 2009. Start D adn SK-10 Segmented Rotor Operator Manual. Italy: Sorisole.
74. MOTORYAĞI. 2014. (Çevrimiçi) <http://www.motor-yağı.com>: <http://www.motor-yagi.com/p=motor-yagi-hakkinda> (Erişim tarihi:02.04.2014)
75. NAIMA, K.L. 2013. Waste Oils as Alternative Fuel for Diesel Engine: A review. *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels* (4), 30-43 s.
76. NERIN, C.D. 1999. Distribution of Pb, V, Cr, Ni, Cu and Fe in particles formed from the combustion of waste oils. *Chemosphere* (38), 1533-1540 s.
77. NERIN, C.D. 1996. Fate of Metals in the Combustion of Industrial Waste Oils. *Analyst* (121), 1731-1736 s.
78. NIXON, H.S. 2002. Used Oil Policies to Protect the Environment: An Overview of Canadian Experiences in: WANG, K., XIAO, C.P. NIE, G., YANG, L., (eds.).Traffic and Transportation Studies. 73-80 s.
79. OKANDAN, E. 2009. Dolaşımda olan Akaryakıtların Teknik Özellikleri Laboratuvar Ölçümlerini Değerlendirme. ODTÜ PAL.
80. OPEC. 2013. World Oil Outlook. Avustria: Organization of the Petroleum Exporting Countries.
81. ÖZBEY, A. ve METİN, E. 2011-a. Madeni Yağlar Üretim, Kullanım ve Geri Kazanım Yöntemleri. Bursa: PETDER Ekin Yayınevi.
82. ÖZBEY, A. ve METİN, E. 2011-b. Petder Atık Yağların Yönetimi Projesi Sonuçları. 3. *Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi*, İstanbul,13-16 s.
83. ÖZCAN, H. 2011. Saybolt Vizkozite Deneyi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.

84. ÖZTÜRK, M. 2006. Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağdan Biyodizel Üretimi. (Çevrimiçi) Çevre ve Orman Bakanlığı: <http://www.cevreorman.com.tr> (Erişim tarihi: 20.10.2013)
85. ÖZTÜRK, M. 2005. Kullanılmış Motor Yağı ve Bertarafı. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.
86. PELİTLİ, V.D. 2011. Atık Madeni Yağların Geri Kazanımında Baz Yağ Üretim Teknolojileri. *Sigma* (29), 422-434 s.
87. PEREIRA, J.F. 2010. Determination of Metals and Metalloids in Light and Heavy Crude Oil by ICP-MS after Digestion by Microwave-induced Combustion. *Microchemical Journal* (96), 4-11 s.
88. PETDER. 2008-a. 10 Numara Yağ Sorunu ve Petrol Piyasasına Etkileri . Haksız Rekabet ve Vergi Kaybı Sonucu Doğuran Faaliyetler. Petrol Sanayi Derneği.
89. PETDER. 2012-a. 10 Numara Yağ Sorununa İlişkin Değerlendirmeler ve Çözüm Önerileri. Petrol Sanayi Derneği.
90. PETDER. 2008-b. Akaryakıt Piyasasında 10 Numara Yağ Sorunu ve Çözüm Önerileri. Petrol Sanayi Derneği.
91. PETDER. 2013. Atık Yağların Yönetimi Faaliyet Raporu.
92. PETDER. 2011-a. Atık Yağların Yönetimi Projesi. 2011 Yılı Faaliyet Raporu. Petrol Sanayi Derneği.
93. PETDER. 2011-b. Madeni Yağlar Üretimi, Kullanım ve Geri Kazanım Yöntemleri. Petrol Sanayi Derneği.
94. PETDER. 2014. PETDER 2013'te 18.715 ton Atık Yağ Topladı. (Çevrimiçi) 01 05, 2014 tarihinde <http://www.petder.org.tr/uploads/2014/01/99080e6dcabb71bc5ec9dd9e2699b6e5.pdf> (Erişim tarihi: 05.01.2014)
95. PETDER. 2012-b. Sektör Raporu. Petrol Sanayi Derneği.
96. PETERSON, C. 1986. Vegetable Oils as a Diesel Fuel Status and Research Prioties. *Trans. of ASAE* , 29 (5), 1413-1422 s.
97. PETERSON, C.L. 1986. Vegetable Oils as a Diesel Fuel Status and Research Prioties. *Trans. of ASAE* , 29 (5), 1413-1422 s.
98. PRUELL, R.Q. 2012. Accumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Crankcase Oil. *Environment Pollution* (49), 89-97 s.

99. PULLES, T.G. 2012. Emission Factors for Heavy Metals from Diesel and Petrol Used in European Vehicles. *Atmospheric Environment* (61), 641-651 s.
100. RAHIMI, B.S.E. 2012. Monitoring of the Physical and Chemical Properties of a Gasoline Engine Oil during Its Usage. *Journal of Analytical Methods in Chemistry* , 819524.
101. RAO, G.S. 2008. Experimental Studies on the Combustion and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fuelled with Used Cooking Oil Methyl Ester and its Diesel Blends. *Int. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*
102. RAUCKYTE, T.L. 2006. Determination of Heavy Metals and Volatile Aromatic Compounds in Used Engine Oils and Sludges. *Fuel* (25), 481-485 s.
103. RESMÎ GAZETE. 2008. (Çevrimiçi)
www.resmigazete.gov.tr:http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/07/20080730.htm (Erişim tarihi: 03.02.2014)
104. RODRIGUE, J.N. 2013. Transportation and Economic Development in: Rodgirue, J.P.(Ed.). *The Geograpy of Transport Systems*. New York: Routledge.
105. SAFGÖNÜL, B.E. 1995. İçten Yanmalı Motorlar. Birsen Yayınevi, İTÜ Makine Fakültesi.
106. SITTI, K. 2012. Madeni Yağ ÖTV Muafiyetinden Kaynaklanan 10 Numara Yağ Probleminin Elektrikle Tedavisi. *Enerji Piyasası Bülteni* , 48-52 s.
107. SKOOG, D.H. 1992. Principles of Instrumental Analysis (4th ed b.). Saunders College Publishing.
108. SKOOG, D.W. 1981. Principles of Instrumental Analysis. II. Ed.
109. SOYLU, S. 2007. Estimation of Turkish Road Transport Emissions. *Energy Policy* (35), 4088-4094 s.
110. SPENCER, M. S. (2006). Comperison of Oil and Fuel Particle Chemical Signatures with Particle Emissions From Heavy and Light Duty Vehicles. *Atmospheric Environment* (40), 5224-5235 s.
111. SSEMPEBWAA, J. C. and CARPENTERB, D. O. (2009). The generation, use and disposal of waste crankcase oil in developing countries:. *Journal of Hazardous Materials* (161), 835-841 s.

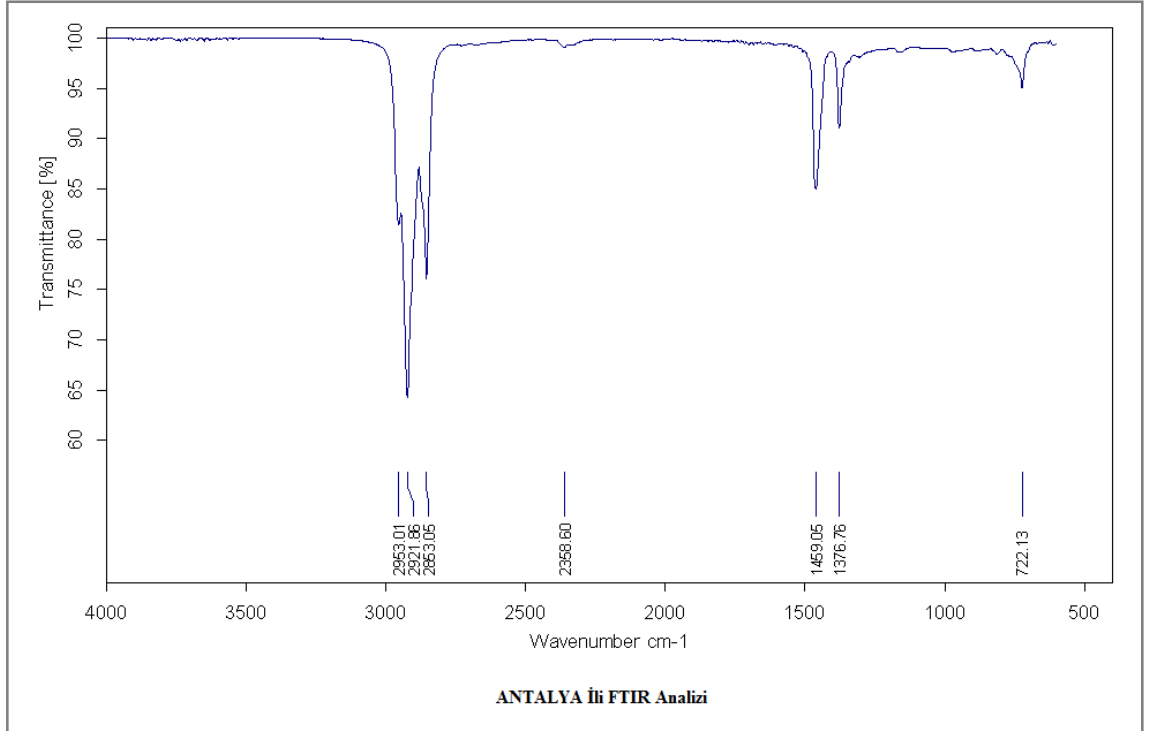
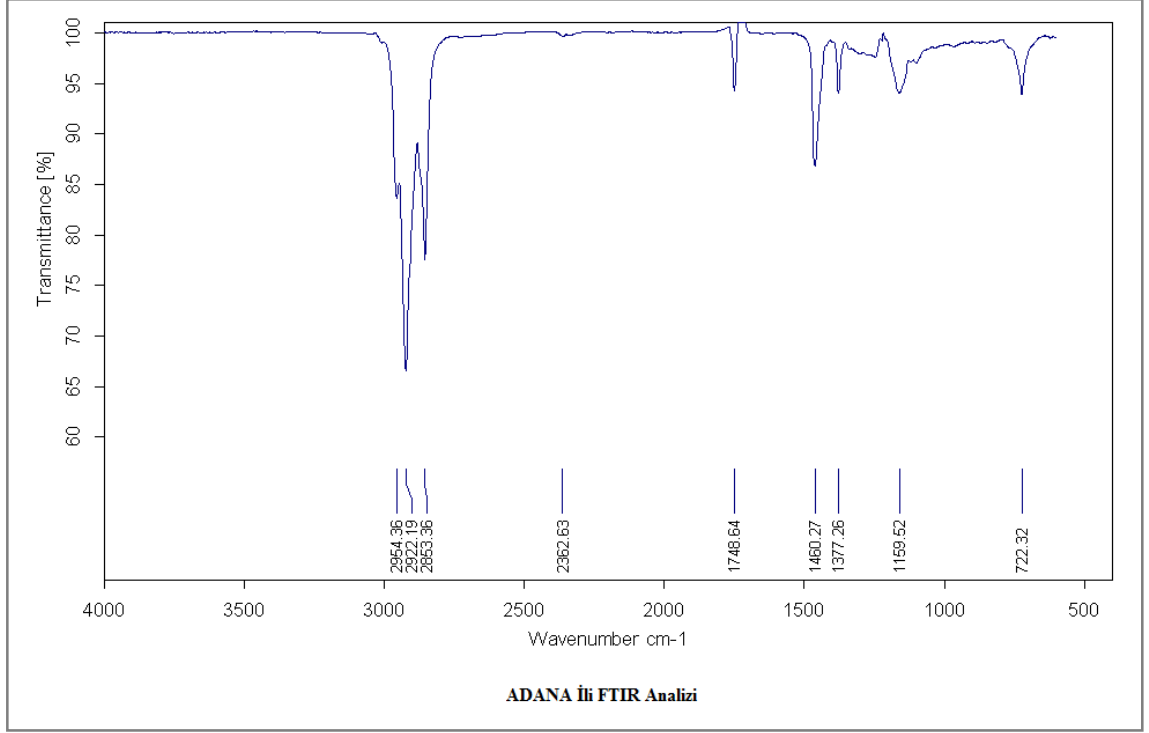
112. ŞANLI, H. 2005. Farklı Alkol ve Katalizör Kullanımının Biyodizel Üretimindeki Etkileri. Kocaeli: Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
113. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. 2010. Bitkisel Atık Yağların Yönetimi. Ankara: Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı.
114. TECER, L.H. 2011. Hava Kirliliği ve Sağlığımız. *Bilim ve Akıl Aydınlığında Eğitim*, 15-29 s.
115. TOD. 2006. (Çevrimiçi) The Oil Drum: <http://www.theoil drum.com/story/2006/3/13/11938/9181> (Erişim tarihi: 18.02.2014)
116. TOMASEVIC, A.M. 2003. Methanolysis of Used Frying Oil. *Fuel Processing Technology* (81), 1-6 s.
117. TOTTEN, G.W. 2003. Fuels and Lubricants Handbook: Technology, Properties, Performance and Testing. West Conshohocken: ASTM Manuel Series.
118. TPIA. 2012. "Number 10 Lube" brings sector together, TOBB also on the stage. *Turkish Petroleum Industry Association (TPIA), Monthly Petroleum Bulletin*, 3-4 s .
119. TÜRKAY, S. 2008. Atık Bitkisel Yağların İnsan Sağlığına ve Çevreye Etkileri, Biyodizelin Önemi. İstanbul.
120. TYAGI, V.V. 1996. Changes in the Characteristics and Composition of Oils during Deep-Fat Frying. *JAOCS* (73), 4 s.
121. TYSON, S. 2001. Biodiesel Handling and Use Guidelines. NREL Report.
122. UBBDT. 2009. (Çevrimiçi) ÖTV Kanununda yapılan değişiklik ile yağlama müstahzarları verginin konusuna dahil edilmesi. UBBDT: http://www.ubbd.com.tr/yazdir_sirkuler.php?id=217(Erişim tarihi: 07.04.2014)
123. UCC. 2014. Understanding Color Communication. (Çevrimiçi) Lovibondcolor: <http://www.lovibondcolour.com/resources/literature/252> (Erişim tarihi: 08.02.2014)
124. UDONNE, J.D. 2011. A comparative study of recycling of used lubrication Oils using distillation, acid and activated charcoal with clay methods. *Journal of Petroleum and Gas Engineering* , 12-19 s.

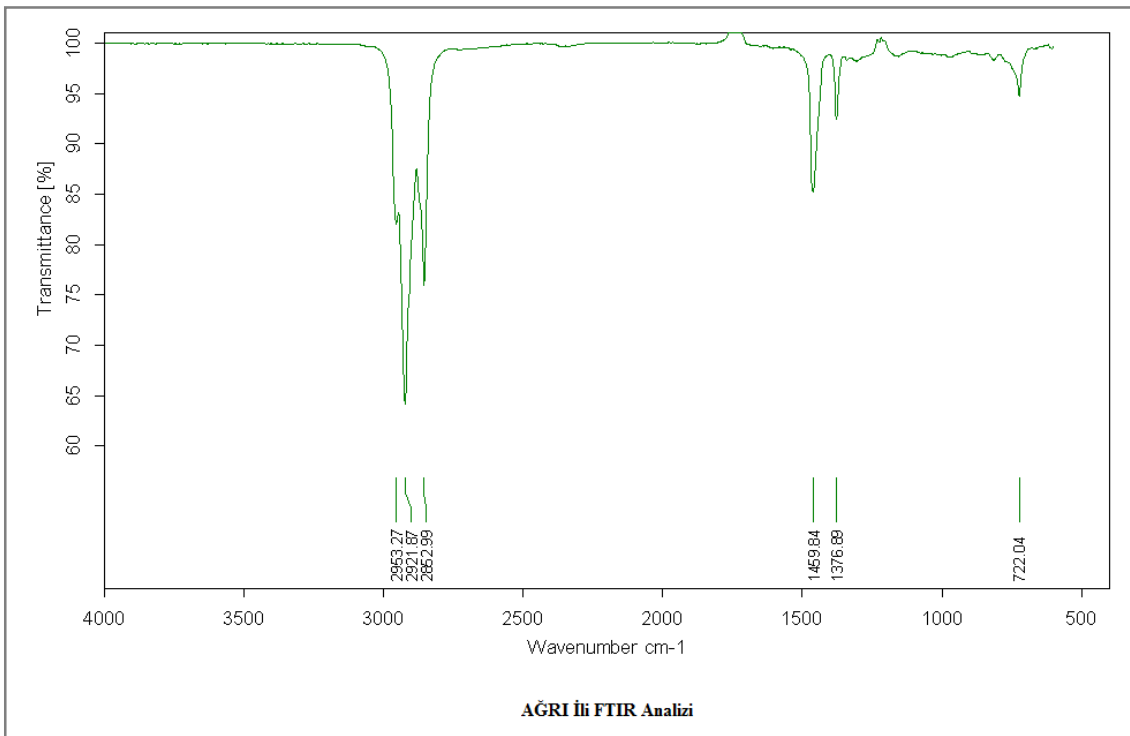
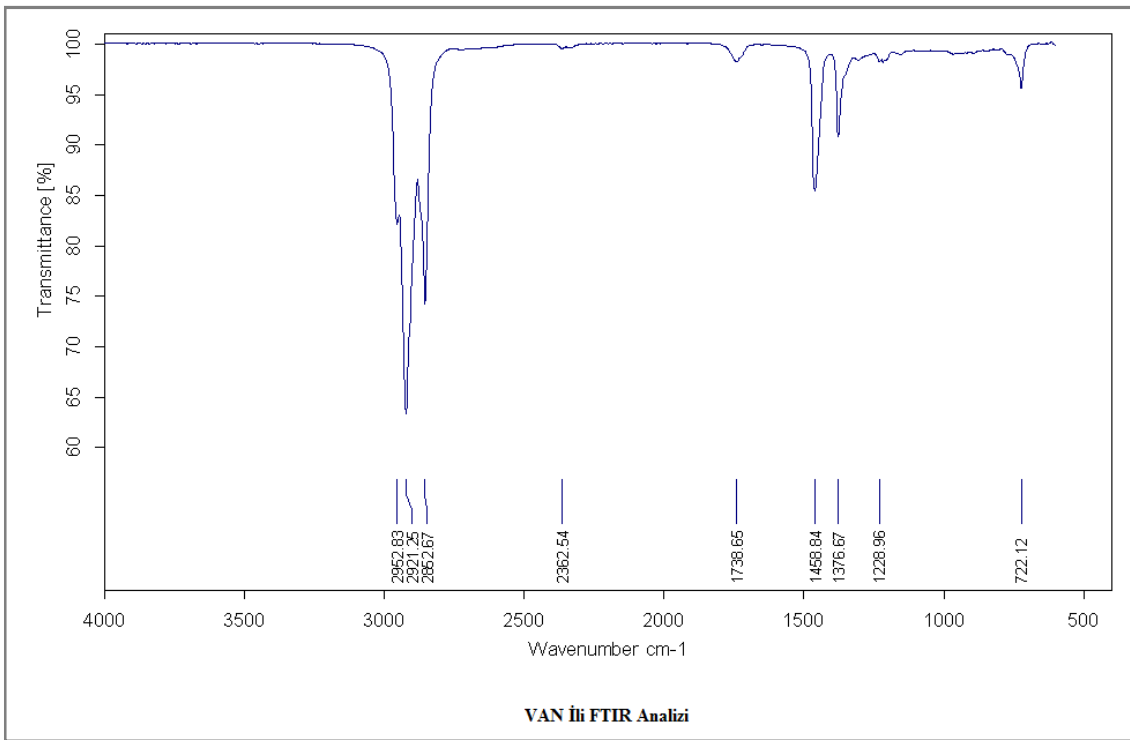
125. UFA. 2014. Diesel Fuel Characteristics and Surces. (Çevrimiçi) http://www.ufa.com:http://www.ufa.com/petroleum/resources/fuel/diesel_fuel_resources.html (Erişim tarihi: 05.06.2014)
126. ULUSOY, Y.A. 2002. Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak.Dergisi* (16), 37-50 s.
127. UPEI. 2011. Annual Report Unions of European Petroleum Independents (UPEI). Brussel, Belgium.
128. URL01. 2014. Organic Solvent. (Çevrimiçi) http://www2.onu.edu:www2.onu.edu/~b-myers/organic_solvents.html (Erişim tarihi: 06.01.2014)
129. UYAROĞLU, A.Y. 2010. The Failures Analysis of Piston. *Journal of Technical-Online* , 110-130 s.
130. UZUN, Y. ve GEDİK, K. 2012. Akdeniz Bölgesinde Oluşan Atık Yağların Çevresel Akıbetinin İncelenmesi. *Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi*, Antalya, 37 s.
131. VAARASLAHTI, K., KESKINEN, J., GIECHASKIEL, B., SOLLA, A., MURTONEN, T., and VESALA, H. 2005. Effect of Lubricant on the Formatşon of Heavy-Duty Diesel Exhaust Nanoparticles. *Environmental Science Technology* (39) , 8497-8504 s.
132. VAZQUEZ-DUHALT, R. 1989. Environmental Impact of Used Motor Oil. *Science of the Total Environment* (79), 1-23 s.
133. VELLGUTH, G. (1983). Performance of Vegetable Oils and Their Monoesters as Fuels for Diesel Engines. *SAE paper* , 831358.
134. WAHLIN, P.B. 2006. Characterisation of Traffic-generated Particulate Matter in Copenhagen. *Atmospheric Environment* (40), 2151-2159 s.
135. WANG, Y.H. 2003. Emissions of Fuel Metals Content from a Diesel Vehicle Engine. *Atmospheric Environment* (37), 4637-4643 s.
136. WESTERHOLM, R.E. 1994. Exhaust Emissions from Light-duty and Heavy-duty Vehicles - Chemical Composition, Impact of Exhaust after Treatment and Fuel Parameters. *Environment Health Perspectives* (102), 13-23 s.
137. WHO. 2012. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. (Çevrimiçi) International Agency for Research on Cancer: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-19.pdf> (Erişim tarihi: 06.03.2014)

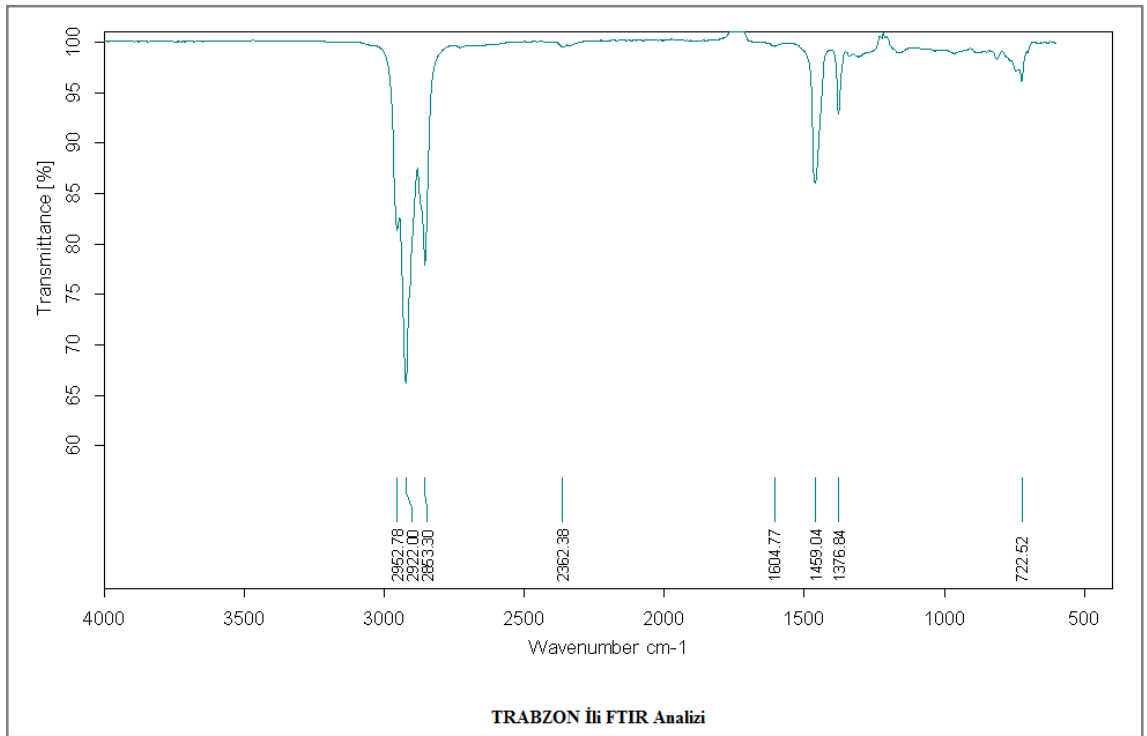
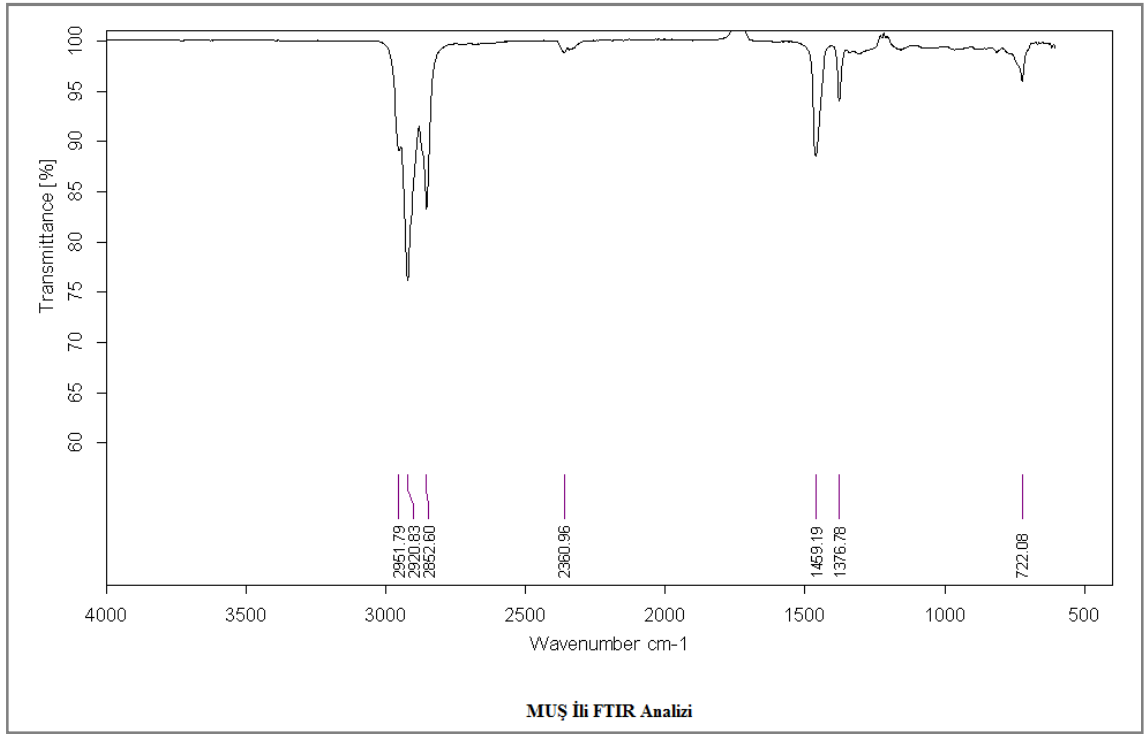
138. WIKSTROM, E.L. 1996. Influence of Level and Form of Chlorine on the Formation Chlorinated Dioxins, Dibenzofurans and Benzenes during Combustions of an Artificial Fuel in a Laboratory Reactor. *Environmental Science & Technology* (30), 1637-1644 s.
139. WINTEHER, M.S. 2010. Heavy Metal Emissions for Danish Road Transport. *NERI Technical Report No:780* . Denmark: National Environmental Research Institute, Aarhus University.
140. YANG, H. 1998. Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Metal Elements in the Atmospheric Environment. Department of Environmental Engineering . National Cheng Kung University.
141. YANOWITZ, J.M. 2002. In-use Emissions from Heavy-Duty diesel Vehicles. *Environmental Science & Technology* (34), 729-740 s.
142. ZHANG, W. 2012. Review on Analysis of Biodiesel with Infrared Spectroscopy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (16), 6048-6058 s.

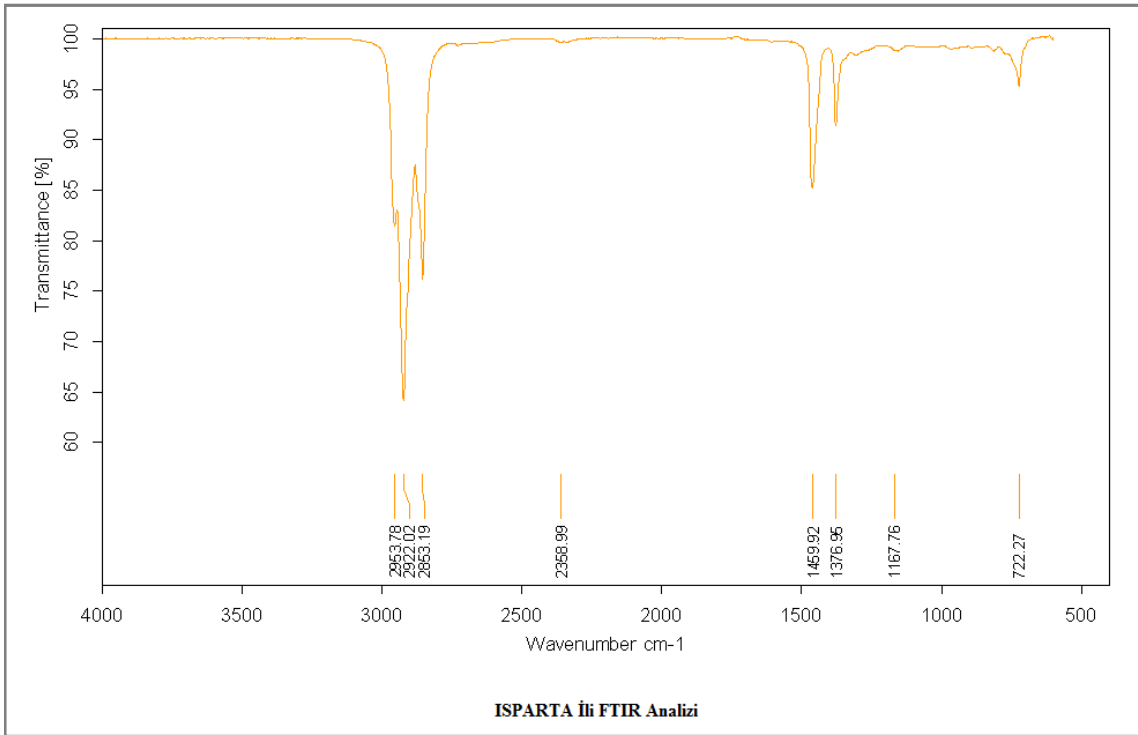
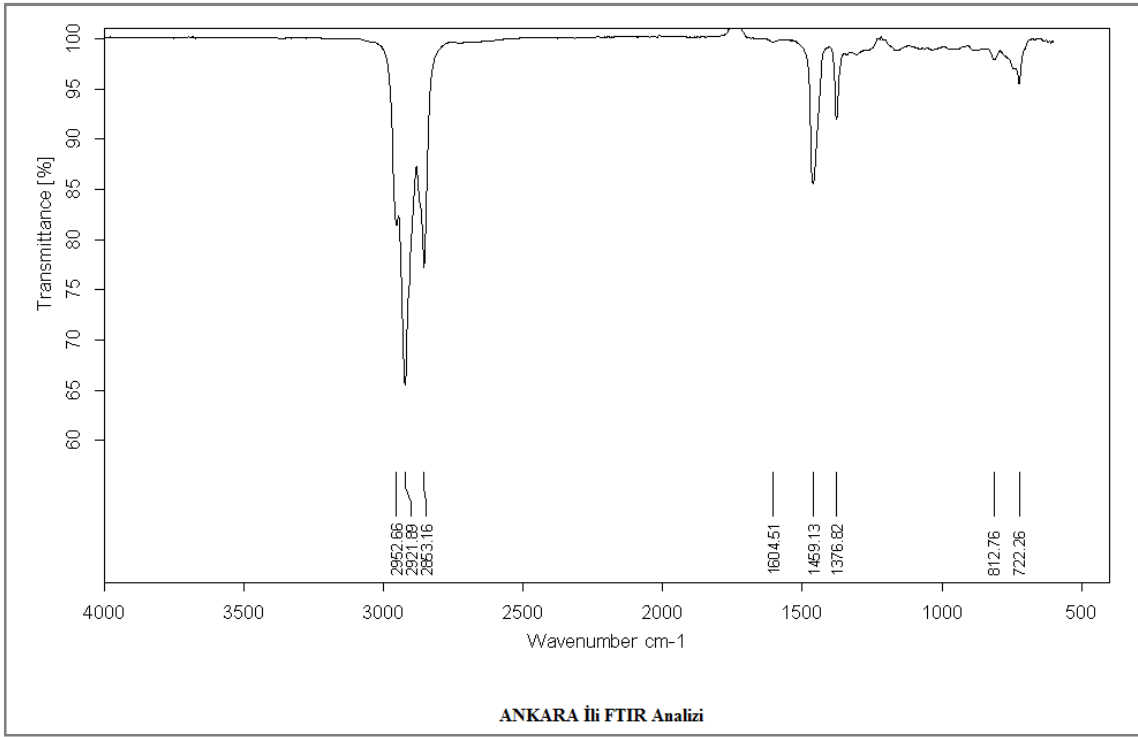
7. EKLER

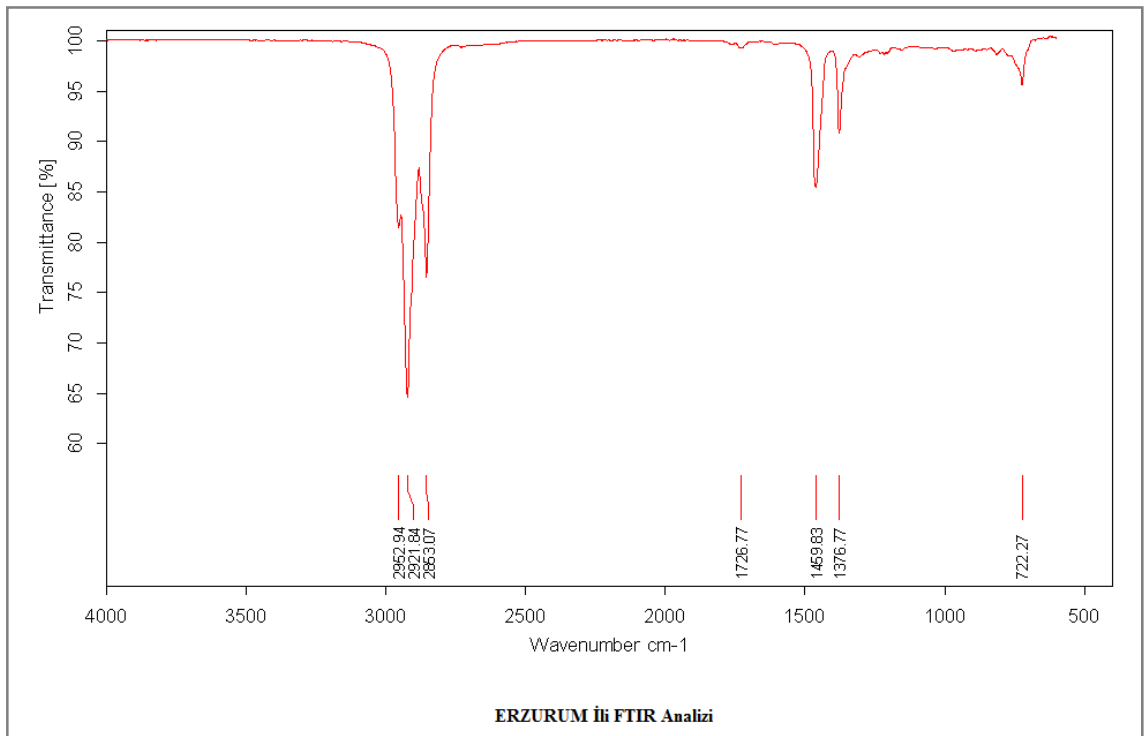
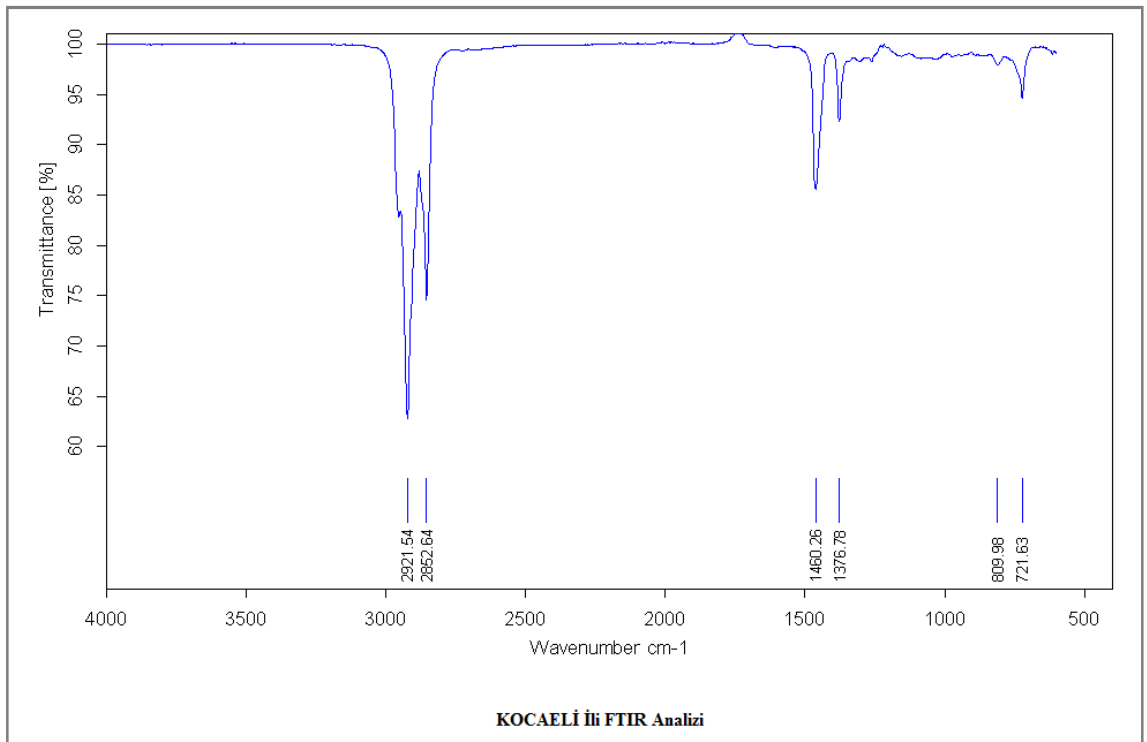
EK-1 Farklı İllerden Alınan 10 Numara Yağ Numunelerine Ait FTIR Analizi Verileri

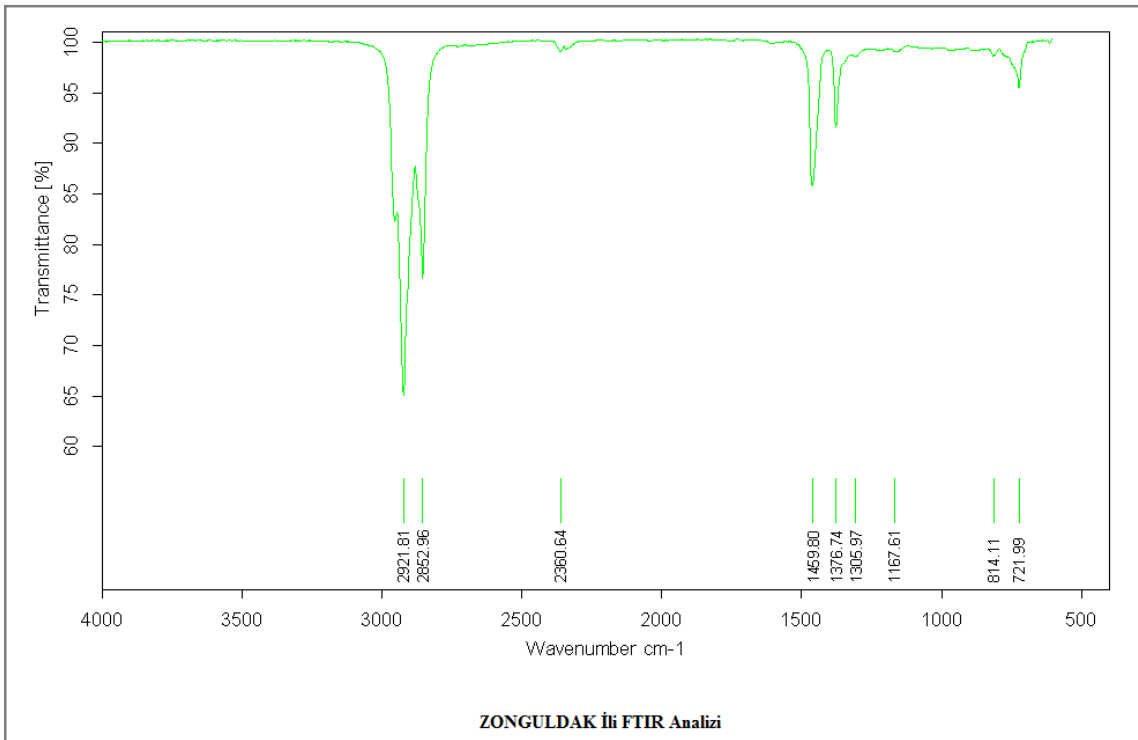
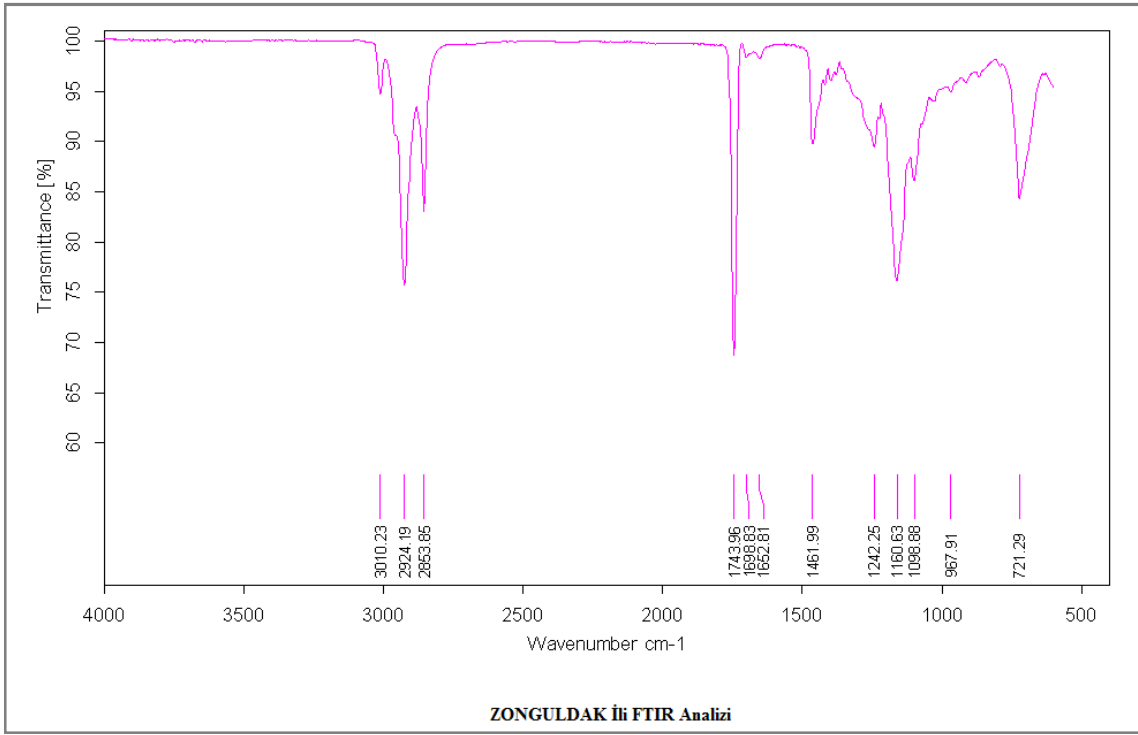


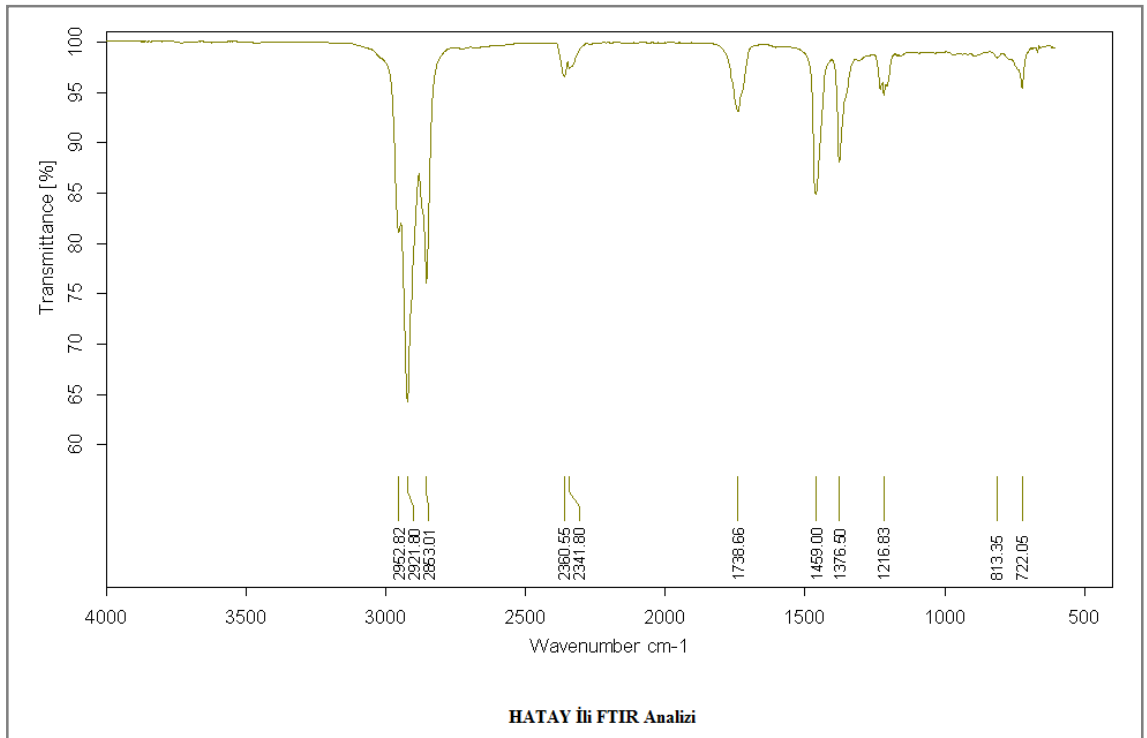
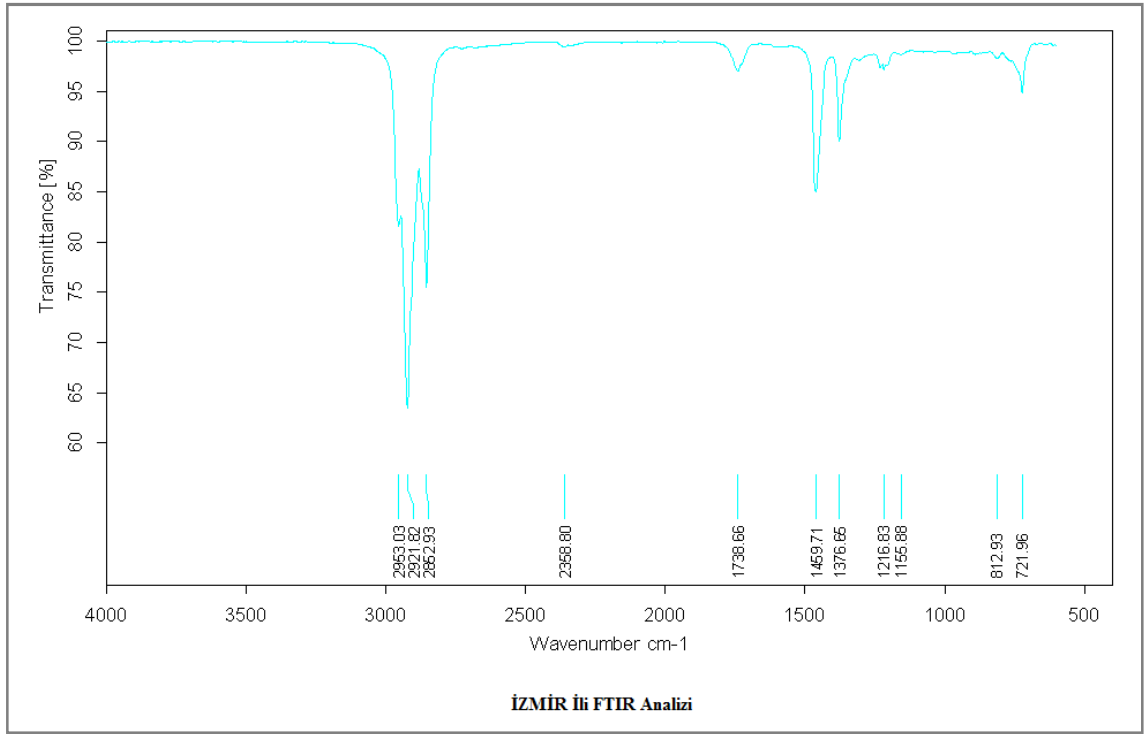


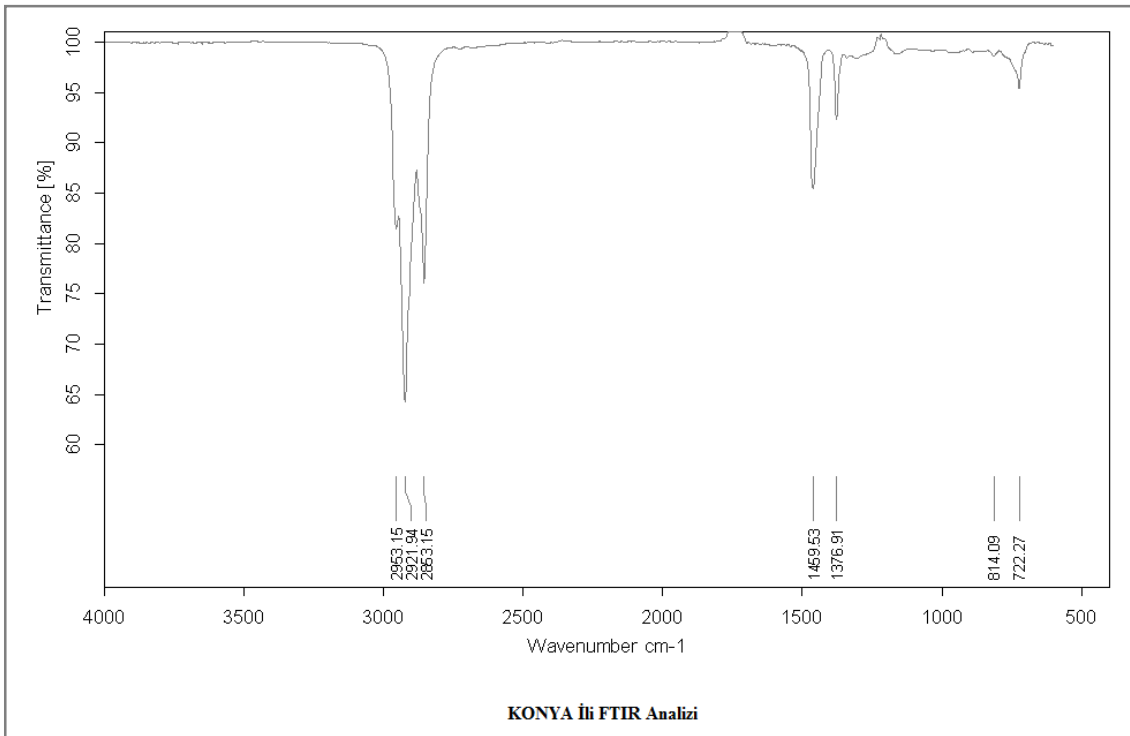
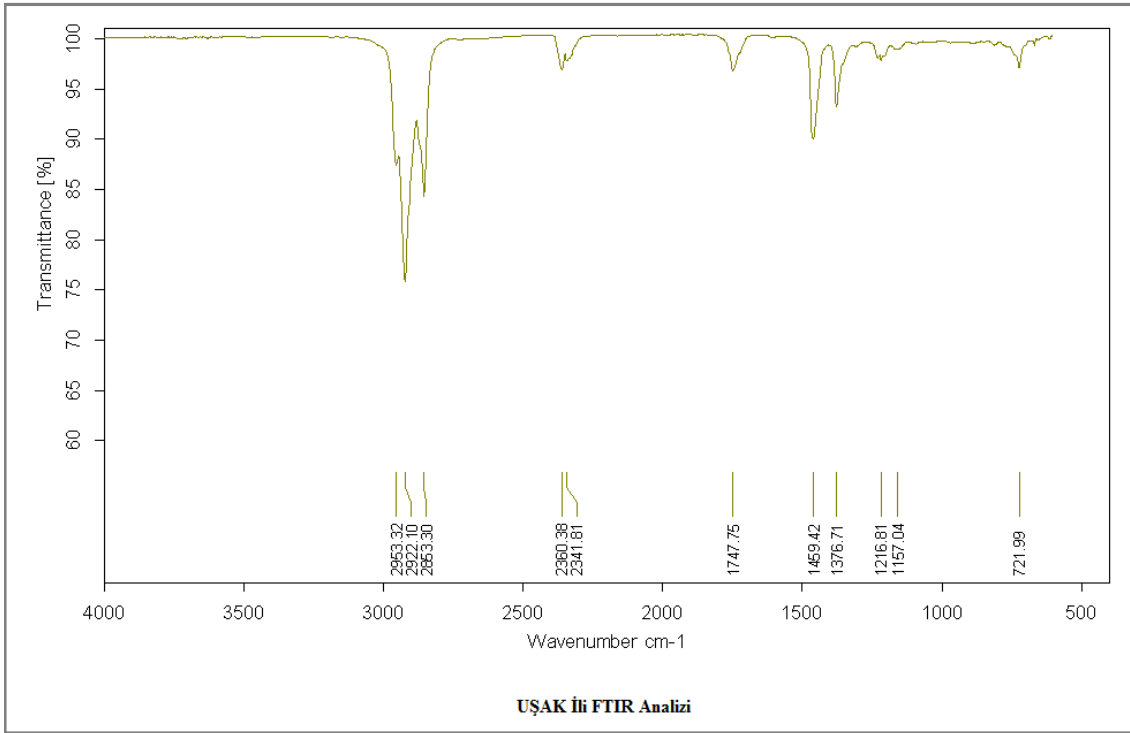


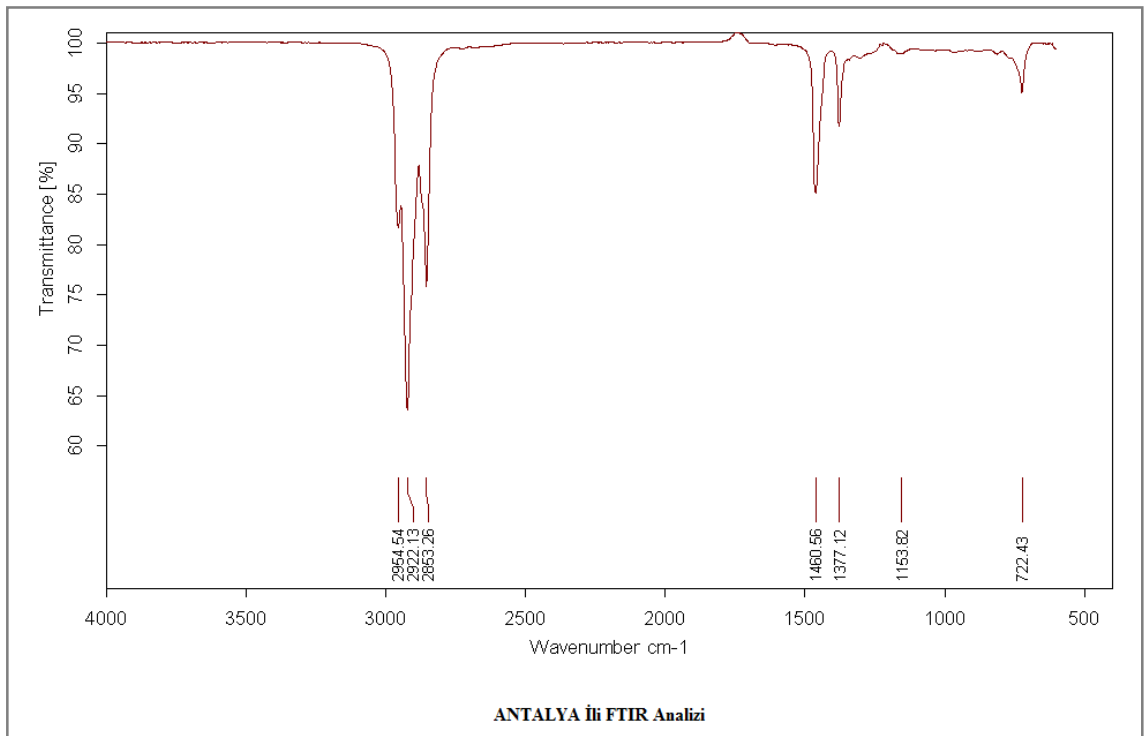
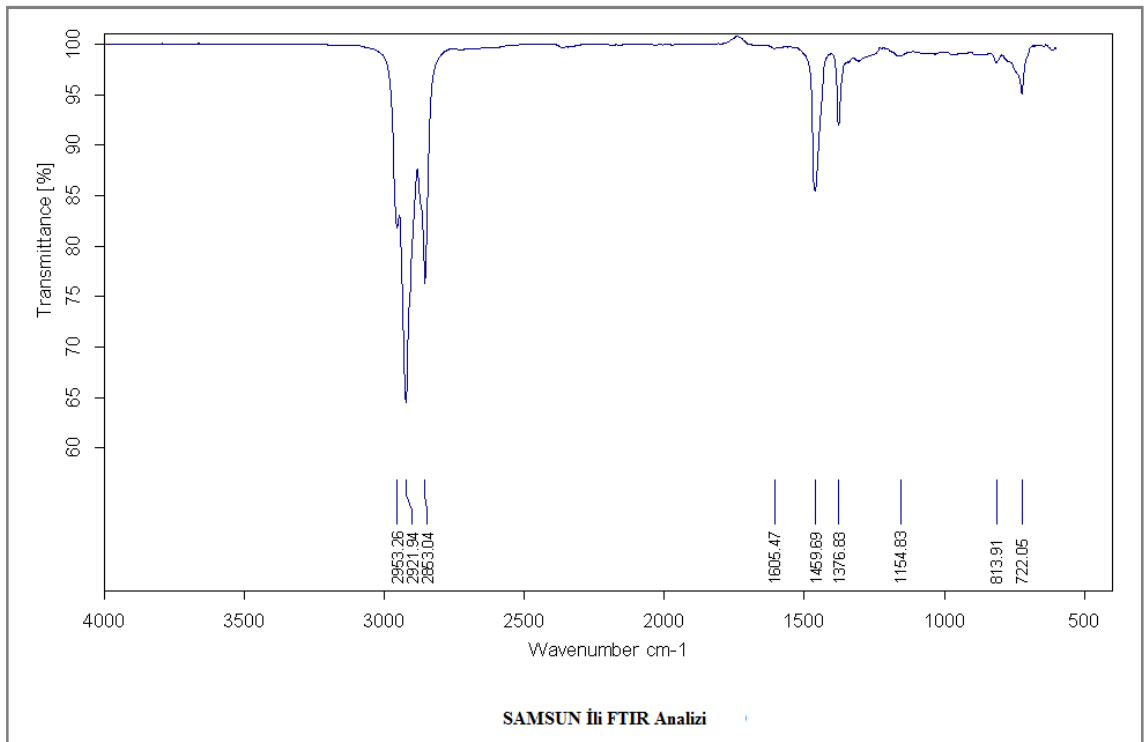


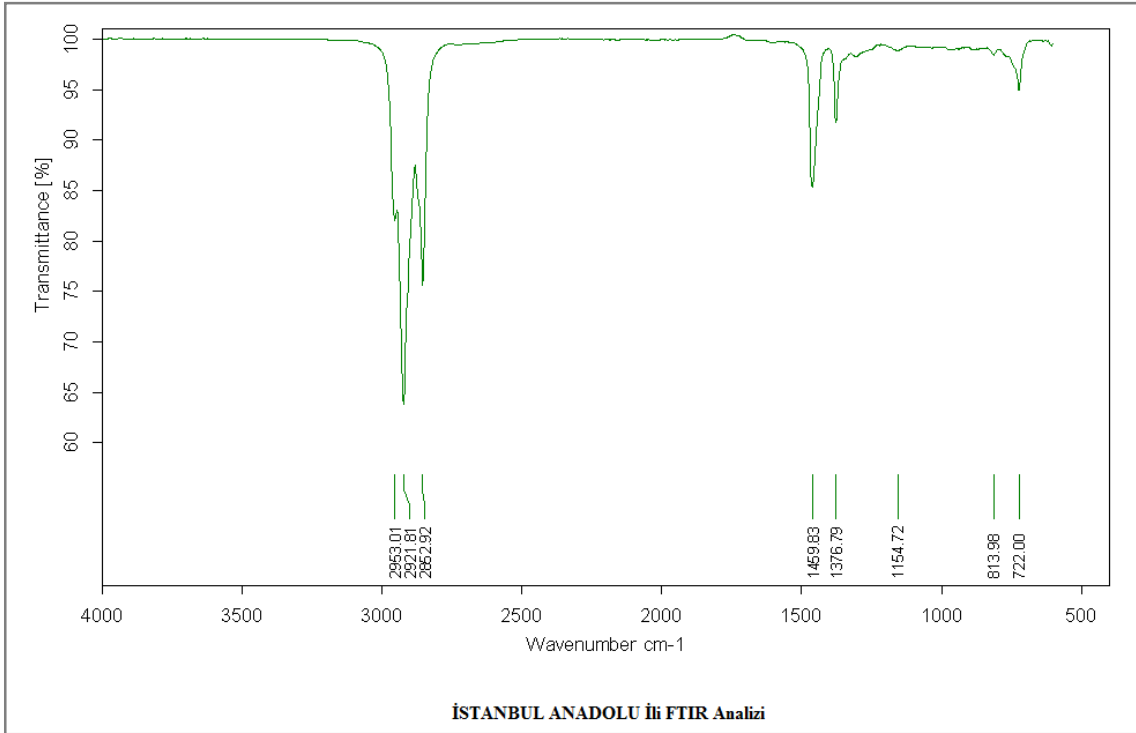
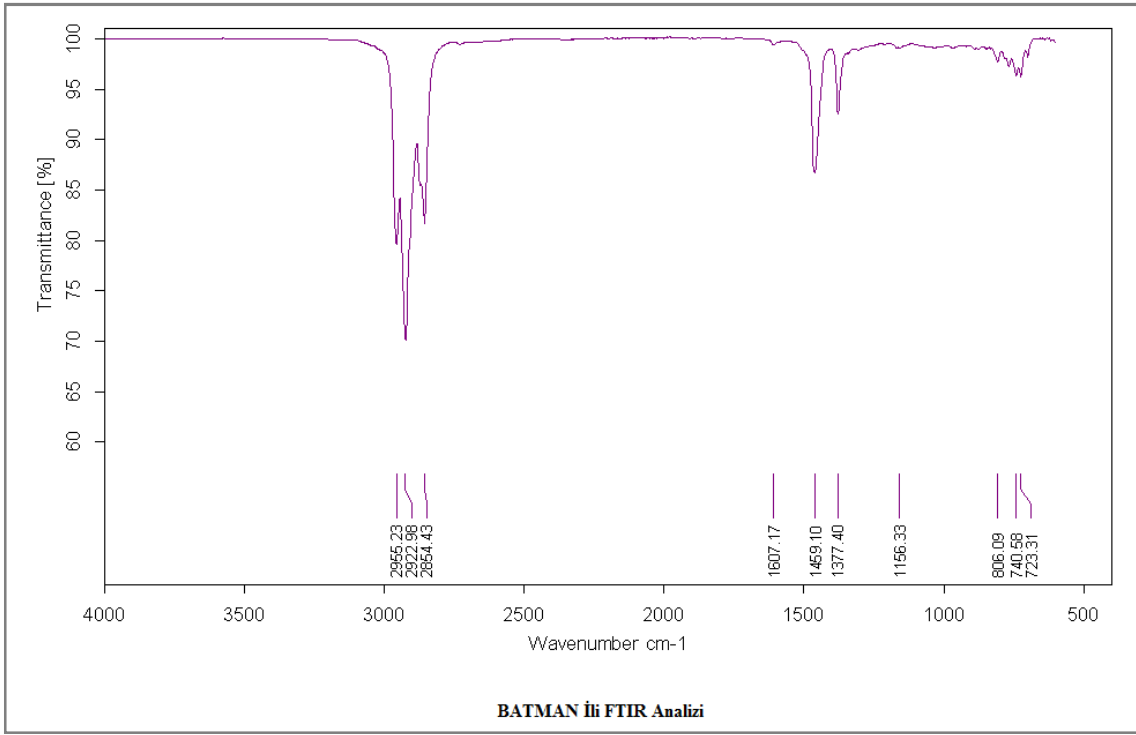


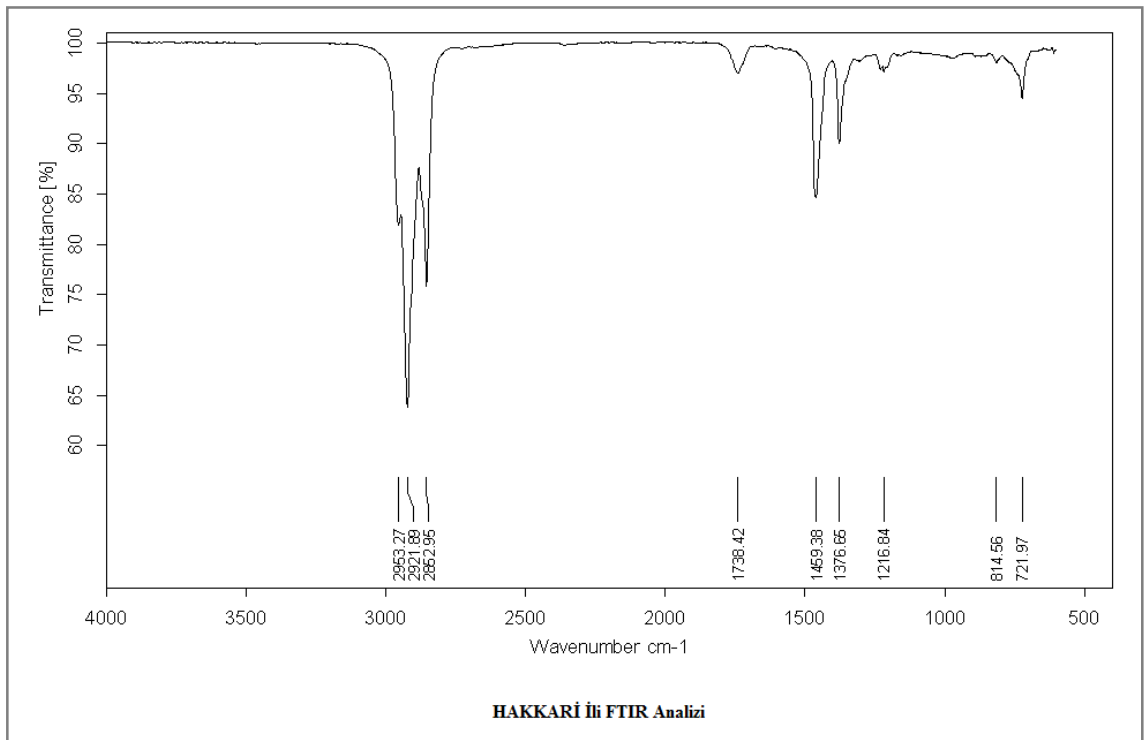
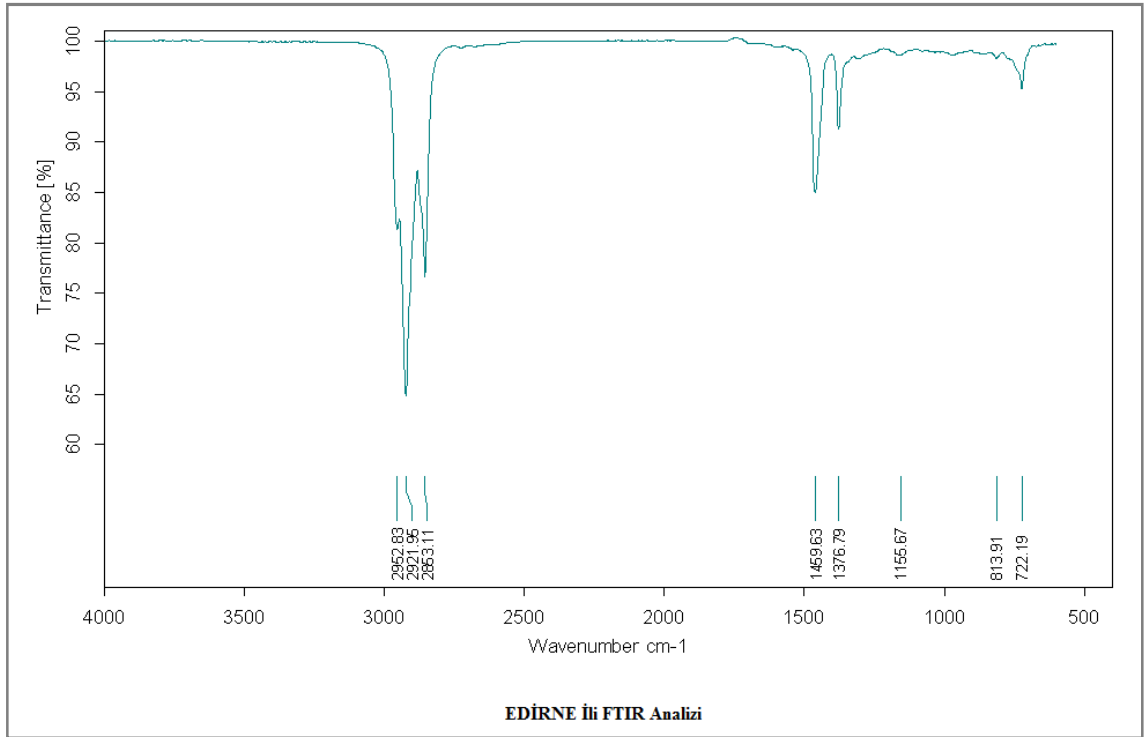


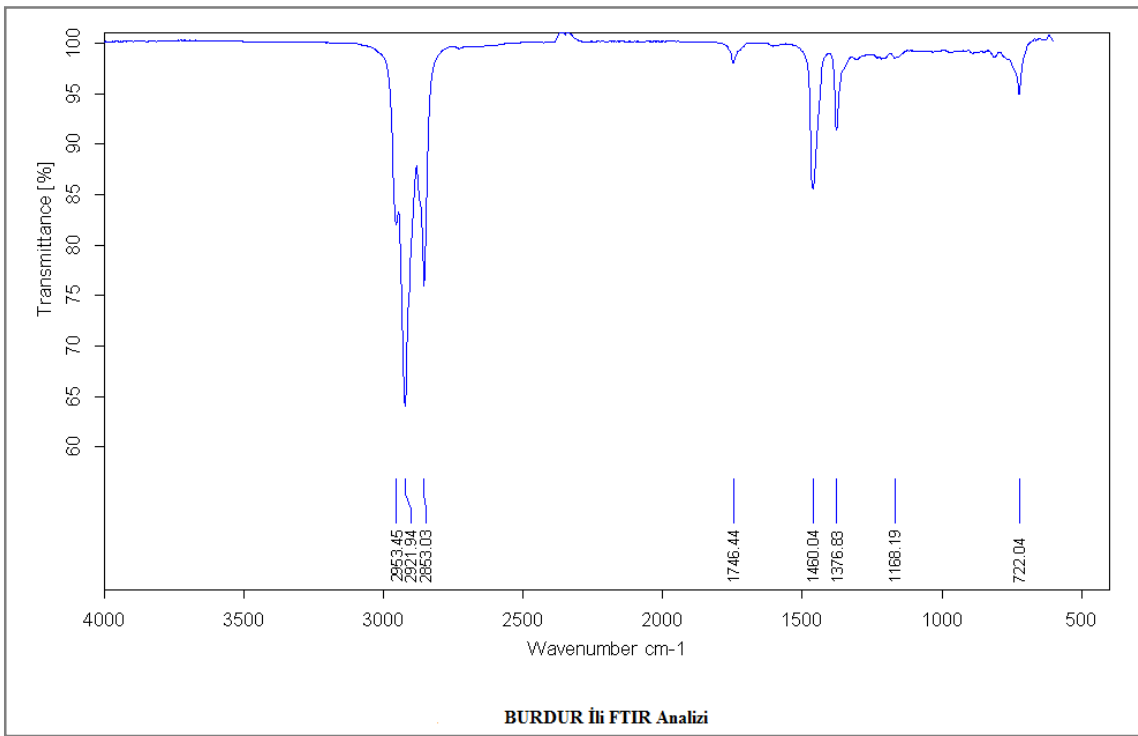
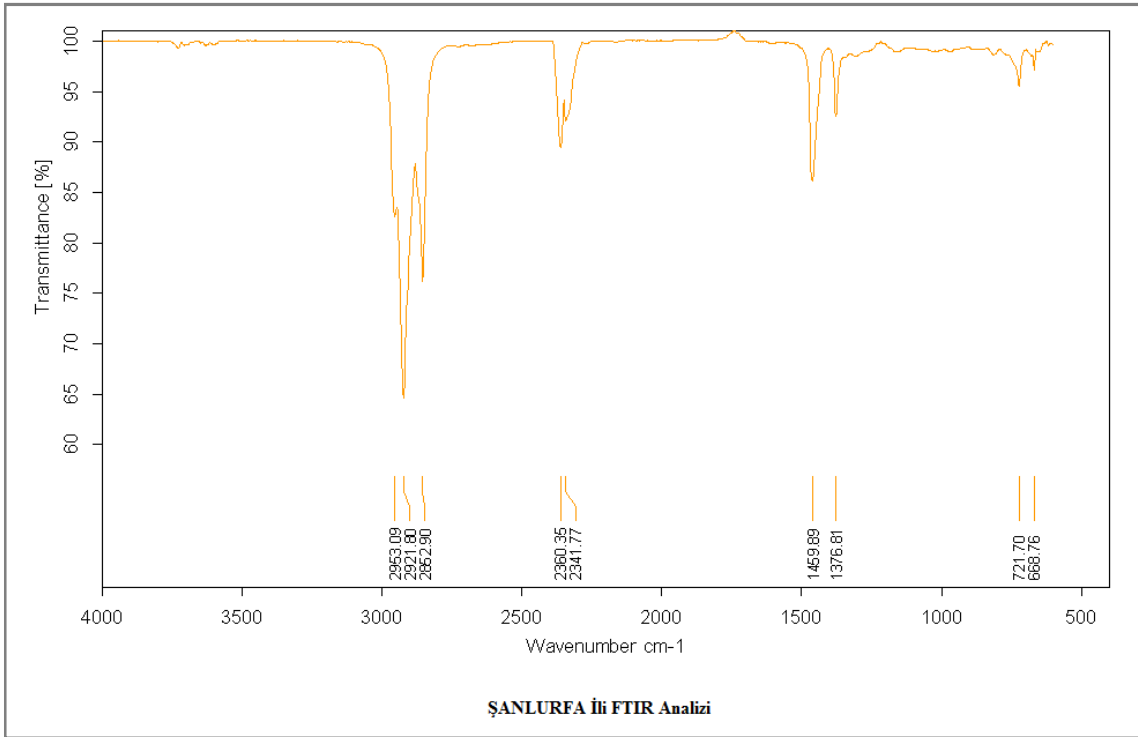


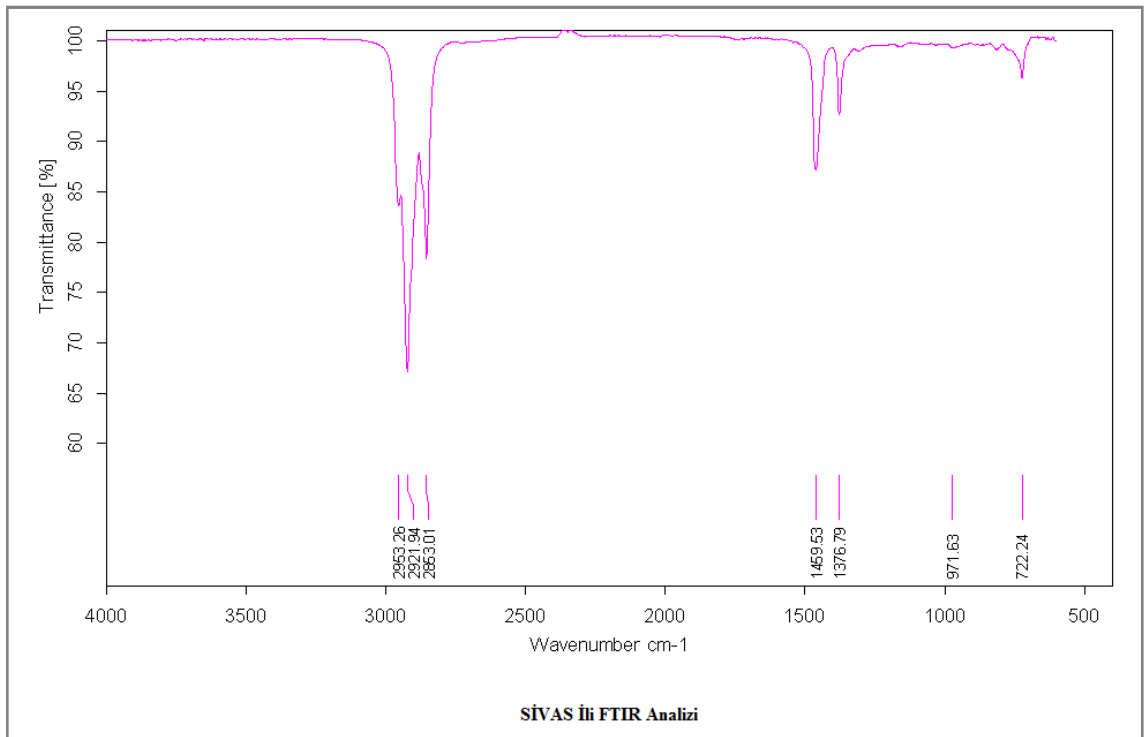
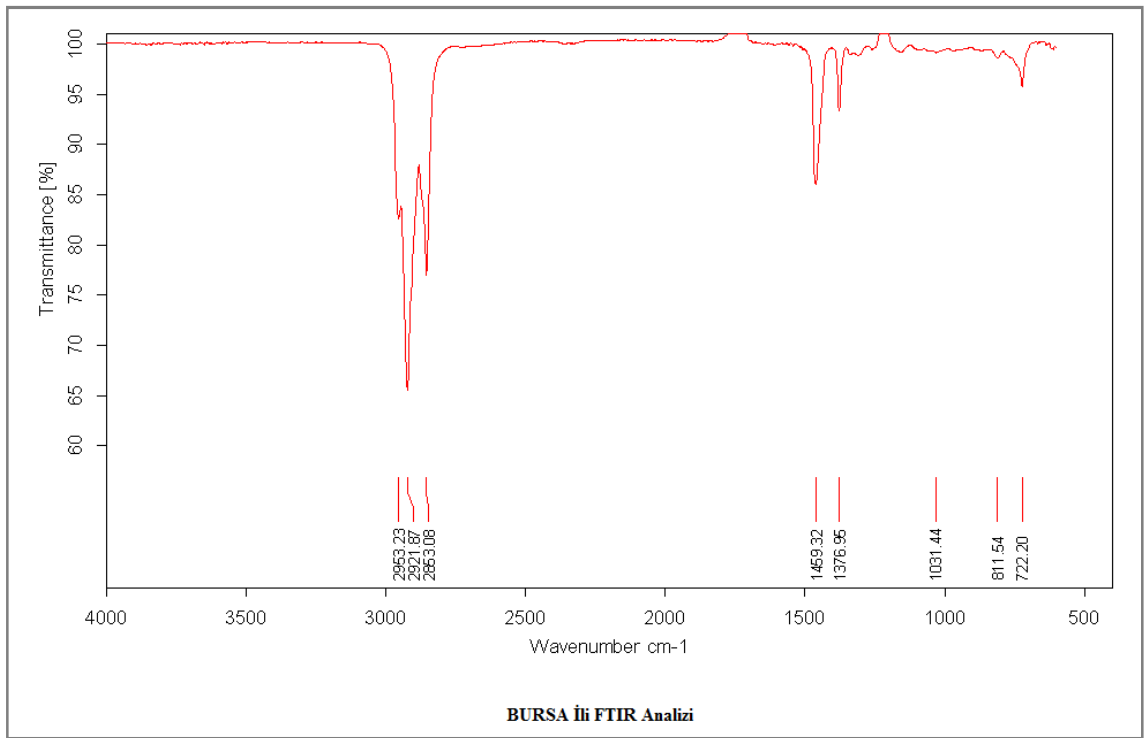


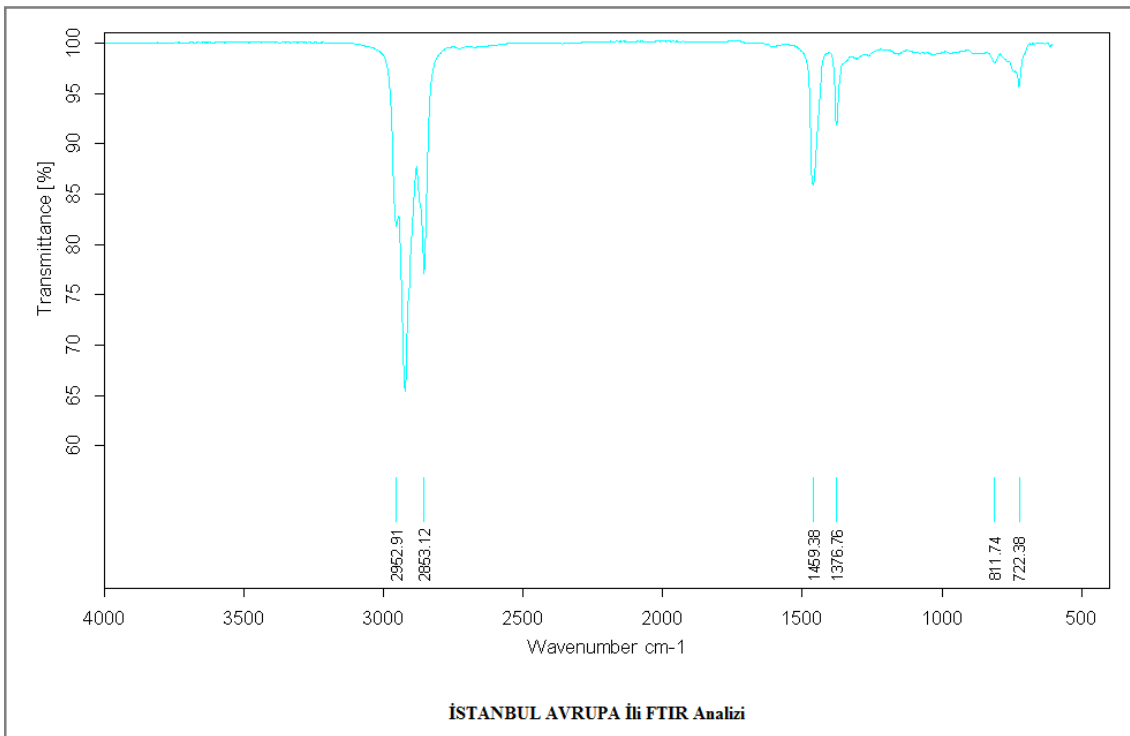
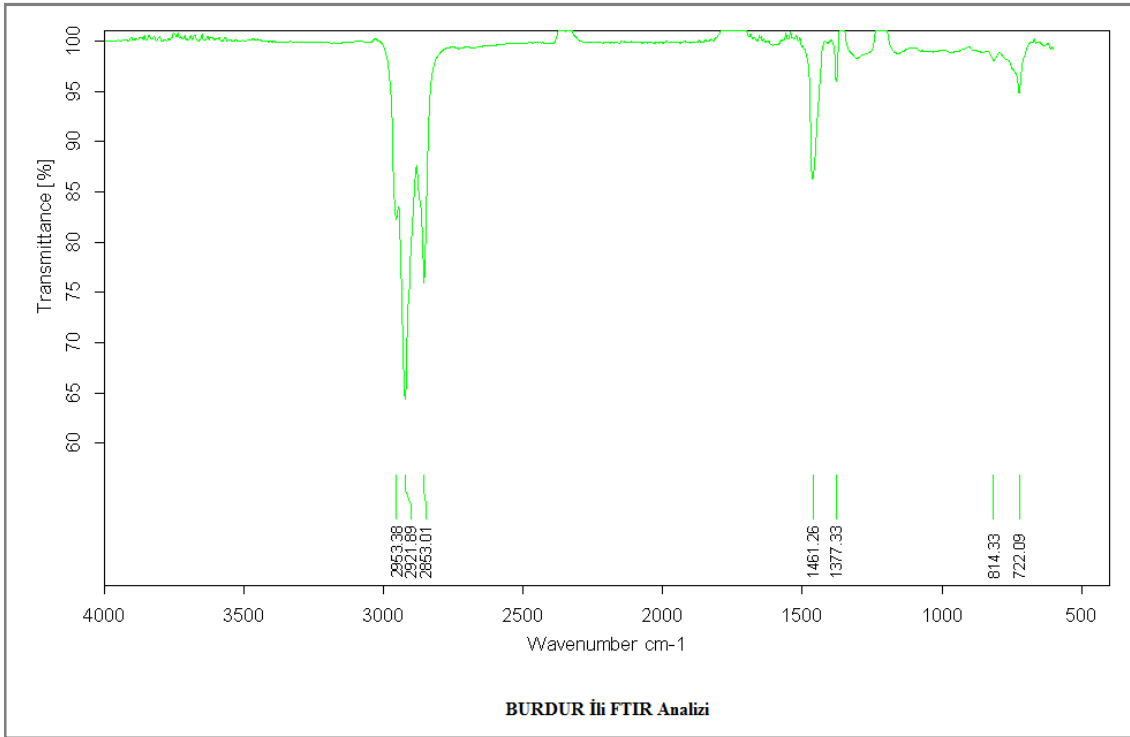


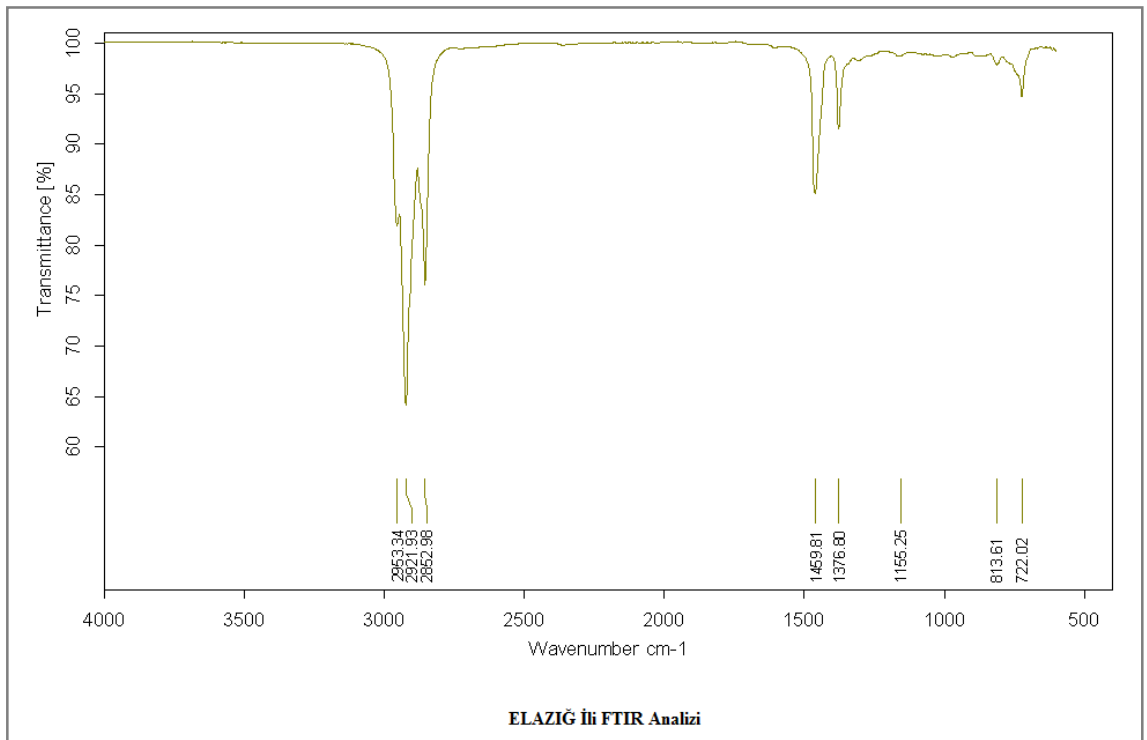
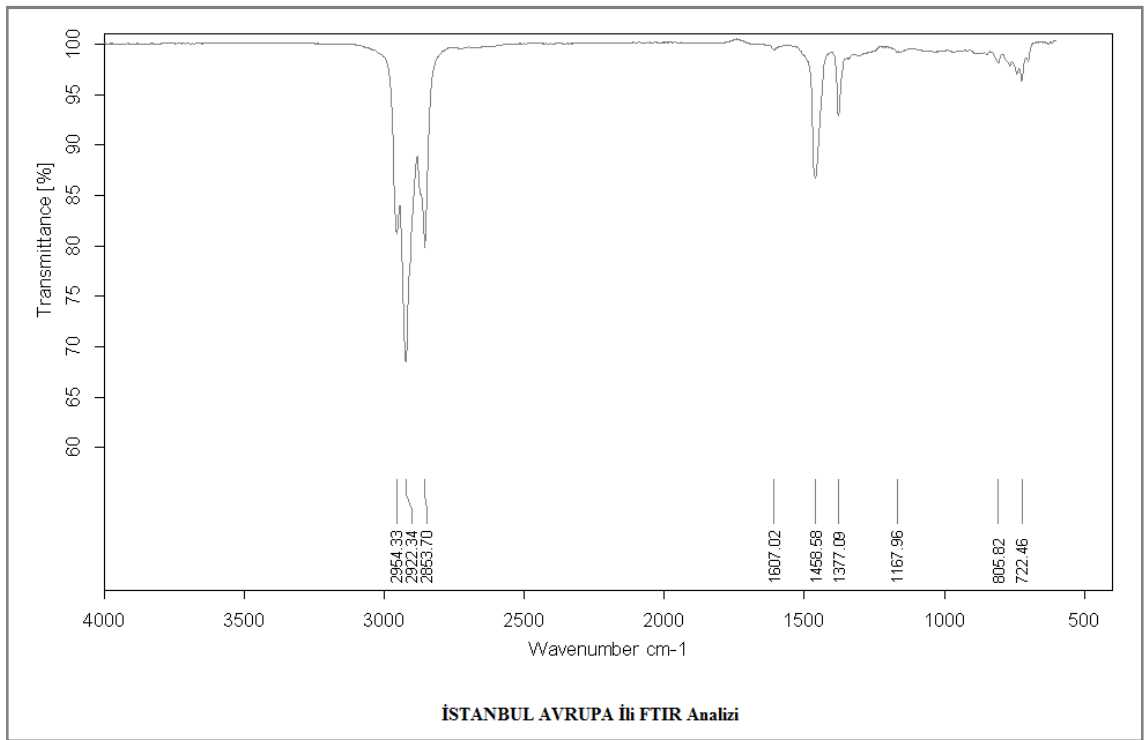












EK-2 Farklı İllerden Alınan 10 Numara Yağ Numunelerine Ait Fizikokimyasal Parametre Analizi Verileri

Özellik	Birim	Metot	Minimum	Maksimum	Ortanca	Standart Sapma	Medyan	Adana	Antalya	Van	Ağrı	Muş	Trabzon	Ankara	Isparta	Kocaeli	Erzurum	Zonguldak	Zonguldak	Izmir	Hatay (İskenderun)	Uşak	Konya	Samsun	Antalya	Batman	Istanbul (Anadoluh)	Edirne	Hakkari	Urfa (Birecik)	Burdur (Bucak)	Bursa	Sivas	Burdur (Bucak)	Istanbul (Avrupa)	Istanbul (Avrupa)	Elazığ	
Yoğunluk (15°C)	kg/m ³	TS EN ISO 12185	836	928	875	13,8	875	866,1	871,0	868,2	878,7	875,4	875,2	886,0	865,5	874,5	870,9	927,8	878,5	876,7	876,9	862,5	870,9	876,1	857,1	872,1	876,1	878,1	881,2	882,4	865,6	873,6	880,6	874,6	879,4	835,7	877,8	
Viskozite (40°C)	mm ² /sn	TS 1451 EN ISO 3104	15,4	91,6	35,9	14,6	32,6	23,33	32,64	43,47	38,7	30,64	17,00	29,63	30,42	91,6	33,48	28,03	42,31	42,88	33,83	15,44	30,49	30,83	30,72	32,86	38,10	44,31	43,50	66,06	19,78	29,77	44,07	30,48	29,09	-	38,38	
Parlama Noktası (Açık kap)	°C	TS EN ISO 2592	67,0	234	196	44,1	214	216	121	229	232	212	172	191	213	226	214	-	193	119	214	104,0	214,4	202	230,6	221	234	220	221,0	-	145,0	221,0	232,0	204,0	203,0	67,0	224	
Akma Noktası	°C	ASTM D 6749	-42,0	-3,00	-21,3	11,7	-18,0	-15	-19	-29	-33	-10	-26	-11	-17	-3	-40	-11	-14	-34	-11	-22	-16	-10	-27	-42	-9	-34	-34	-30	-7	-10	-32	-9	-41	-31	-13	
Su Miktarı	ppm	TS 6147 EN ISO 12937	1,01	3555	568	877	139	64,031	93,898	23,039	484,339	795,591	420,624	-	29,385	39,244	161,355	282,689	3,839	625,007	139,212	72,942	569,907	39,081	20,702	3554,525	2549,1	886,638	2225,065	121,061	78,435	1,005	1397,854	110,805	64,634	1442,209	187,045	
Kükürt Miktarı	mg/kg	TS EN ISO 8754	32,0	8504	3615	2283	3695	1073	2495	618	7129	1749	1315	4721	3537	735	2154	32	3853	5750	3135	1460	2047	4457	2376	4773	6073	4575	5211	8504	3132	4432	8260	4353	4845	166	5491	
Reçinelerde Uçucu Olmayan Madde	% m/m	ASTM 1259-06	0,000	32,7	3,16	7,57	0,300	0,4	0,4	1,3	0	0,7	3,6	1,1	2,3	0,2	0,19	0	0,6	25,9	0,95	10,4	0	0	0	0	8,21	0,19	0,2	0	4,7	0	0	0,3	0,3	32,7	0,1	
Baz Sayısı	mg KOH/g	TS 5655 ISO 3771	3,66	21,7	11,1	7,86	9,46	-	-	-	3,655	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,005	-	6,907	-	-	-	-	-	-	-	21,661		
Asit Sayısı	mg KOH/g	ASTM D 664	0,007	2,59	0,734	0,880	0,463	0,026	0,955	0,194	2,585	-	0,194	-	-	-	-	0,038	-	-	-	0,099	-	-	-	2,045	-	2,350	0,463	-	-	0,510	-	-	0,007	0,572		
Renk		ASTM D 6045	0,500	3,60	1,62	0,790	1,40	1,4	1	0,9	3,1	1	1,4	1,9	1,3	1,2	0,9	0,5	2,4	vey yok	1,4	1,1	0,9	0,8	2,3	2,9	1,9	1,7	3,6	2,1	0,9	2,1	2,2	0,5	2,2	-	1,7	
Bakır Şerit Korozyonu		TS 2741 EN ISO 2160	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ÖZGEÇMİŞ

Yasin UZUN Manisa ili Salihli ilçesinde 1978 yılında doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Manisa/Salihli’de başarı ile tamamlamıştır. Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 2003 yılında Çevre Mühendisi ünvanıyla mezun olduktan sonra başta çevre koruma teknolojileri konusunda olmak üzere, su ve atıksu arıtma teknolojileri, su ve atıksu arıtma tesislerinin projelendirilmesi ve mekanik ekipmanlarının seçimi, satış ve pazarlanması, teknik eğitimlerinin verilmesi ve danışmanlık hizmetlerinin verilmesi gibi çevre mühendisliğinin ilgilendiği konularda ve sektörlerde hizmet vermiştir. Özel uzmanlık gerektiren konularda, çok uluslu özel firmaların bünyesinde, 12 yılı aşkın süredir orta düzey pozisyonlarda görev yapmış ve tecrübe kazanmıştır. Halen çevre mühendisliği alanında serbest müşavirlik ve danışmanlık hizmeti çalışmalarına devam etmektedir.