

**DİZEL MOTORLARDA KANOLA YAĞI METİL
ESTERİ KULLANIMININ PERFORMANS VE
EMİSYONLARA ETKİLERİ**

**2009
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Ayhan YİĞİT

**DİZEL MOTORLARDA KANOLA YAĞI METİL ESTERİ
KULLANIMININ PERFORMANS VE
EMİSYONLARA ETKİLERİ**

Ayhan YİĞİT

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2009**

Ayhan YİĞİT tarafından hazırlanan ‘‘DİZEL MOTORLARDA KANOLA YAĞI METİL ESTERİ KULLANIMININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİLERİ’’ başlıklı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma jürimiz tarafından oy birliği ile Otomotiv Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/ 06/ 2009

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Mustafa BOZ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ (KBÜ)

Tarih / / 2009

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ

Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ayhan YİĞİT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİZEL MOTORLARDA KANOLA YAĞI METİL ESTERİ KULLANIMININ PERFORMANS VE EMİSYONLARA ETKİLERİ

Ayhan YİĞİT

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN

Haziran 2009, 98 sayfa

Gelişen dünyada petrole dayalı enerji ihtiyacının her geçen gün artmasına rağmen bu artan ihtiyaca karşılık petrol kaynakları hızla azalmaktadır. Bunun yanında, petrol kökenli yakıtların maliyetleri ciddi olarak artış göstermektedir.

Petrol ve petrol kökenli yakıtların atmosfere saldığı gazlar neticesinde atmosferdeki oksijen miktarını azaltması, sera etkisine bağlı küresel ısınma ve çevre kirliliğine neden olması enerjiye yoğun olarak ihtiyaç duyan sektörlerin çalışmalarını alternatif enerji kaynakları üzerinde yoğunlaştırmalarına neden olmuştur.

Alternatif enerji kaynaklarının en başında bitkisel yağlardan elde edilen ve dizel araçlarda hiçbir değişiklik yapılmadan direkt olarak kullanılabilen yakıtlar

gelmektedir. Bitkisel yağlardan yakıt üretmek için harcanan enerji, petrol kökenli yakıt üretmek için kullanılan enerjinin yaklaşık olarak 3/1'i kadardır.

Kanola; çevre dostu, kolay temin edilebilen, maliyeti çok düşük, ekim alanının genişliği, kışlık ve yazlık kanola tarımının yapılması kanolayı alternatif yakıt olarak cazip hale getirmiştir. Bu çalışmada dizel yakıtı olarak kullanılan kanola yağı metil esterinin tek silindirli bir dizel motorda, çeşitli oranlarda dizel yakıtı ile kanola yağı metil esterinin karıştırılarak emisyon karakteristiklerine ve motor performansına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Sonuç olarak; kanola yağı metil esteri kullanımı ile motor performans ve egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtına yakın değerler elde edilmesi ve değişen motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtına benzer özellikler göstermesi, kanola yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif dizel yakıtı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar sözcükler : Kanola yağı, Kanola yağı metil esteri, Alternatif yakıtlar, Emisyon, Motor performansı

Bilim Kodu : 626.10.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECTS ON THE EMISSION AND PERFORMANCE OF THE USAGE OF CANOLA OIL METHYL ESTER IN DIESEL ENGINES

Ayhan YİĞİT

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Education**

Thesis Advisor :

Assist. Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN

June 2009, 98 pages

In spite of the increasing demand for the energy based on petrol in the developing worldsources of petrol has been decreasing quickly.The gases released from petrol and its derivatives has decreased oxygen amount in the atmosphere and the global warming depending on the greenhouse effect and causing the environmental pollution led the companies which need energy more to concentrating on alternative energy sources.

The first of all the alternative energy sources is the fuel that is obtained from vegetable oil and that can be used directly without any change.The energy exerted to produce energy from vegetable oil is about 3/1 compared to the energy used to produce fuel from petrol.

Canola is an attractive alternative fuel as it is ecofriendly, obtainable easily, cost-effective, and easy for winter and summer agriculture. In this study, canola oil methyl ester used as diesel fuel in one cylinder engine was studied experimentally with the effects on the engine performance and the emission characteristics by mixing canola oil methyl ester with diesel fuel in various amounts.

As a conclusion, with the usage of canola oil methyl ester in terms of the engine performance and exhaust emission; gaining approximate values to the diesel fuel and showing familiar features with diesel fuel related to the variable engine speed have shown that canola oil methyl ester can be used as an alternative diesel fuel in diesel engines.

Keywords : Canola oil, Rape oil methyl ester, Alternative fuels, mission,
Engine performance,

Science Code : 626.10.01

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının hazırlanması aőamasında beni her zaman destekleyen, alıőmalarım sırasında beni yönlendiren, ilgisini ve desteğini hi esirgemeyen tez danıőman hocam Sayın Yrd. Do. Dr. Bülent ÖZDALYAN' a teşekkür ederim.

Ayrıca; görüşleriyle çalıőmama yön veren, büyük ilgi ve desteğini gördüğüm Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı hocam Doç. Dr. M.Bahattin ÇELİK' e, laboratuara ait ekipmanların kullanılmasında kolaylık sağlayan ve desteklerini hiç esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ ve Arő. Gör. Oğuzhan DOğAN' a, deneylerin yapılışı sırasında birlikte çalıőtığımız arkadaşım Uğur őENGÜL' e ve araőtırmalarım sırasında bana yardımcı olan arkadaşım Yağmur DÖNMEZ' e teőekkürlerimi sunarım.

Son olarak; öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER ve KISALTMALAR	xvi
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	10
LİTERATÜR TARAMASI.....	10
BÖLÜM 3.....	32
BİYODİZELİN TARİHİ GELİŞİMİ, ÜRETİM VE TÜKETİM ALANLARI, BİYODİZELİN HAMMADELERİ, STANDARTLARI ÖZELLİKLERİ, ÜLKEMİZİN BİYODİZEL POTANSİYELİ.....	32
3.1. BİYODİZELİN TARİHİ GELİŞİMİ.....	32
3.1.1. Dünyadaki Gelişmeler.....	32
3.1.2. Türkiye'deki Gelişmeler.....	35
3.2. BİYODİZELİN HAMMADELERİ.....	36
3.3. BİYODİZELİN STANDARTLARI.....	37
3.4. BİYODİZELİN ÖZELLİKLERİ.....	38
3.4.1. Biyodizelin Çevresel Özellikleri.....	38
3.4.2. Biyodizelin Yakıt Olarak Teknik Özellikleri.....	39

	<u>Sayfa</u>
3.5. BİYODİZEL ÜRETİM.....	41
3.5.1. Bitkisel Yağların Doğrudan Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması.....	43
3.5.2. Seyreltme Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması.....	43
3.5.3. Mikroemülsiyon Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması.....	44
3.5.4. Piroliz Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması.....	44
3.5.5. Transesterifikasyon Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması.....	44
3.5.6. Süper Kritik Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması.....	45
3.6. BİYODİZELİN ÜRETİM VE TÜKETİM ALANLARI.....	46
3.6.1. Ulaştırma Sektörü.....	46
3.6.2. Konut Sektörü.....	47
3.7. TÜRKİYE’NİN BİYODİZEL POTANSİYELİ.....	48
BÖLÜM 4.....	51
KANOLANIN İLK KULLANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ, KANOLA TARIMI, KANOLA YAĞININ ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI, ÜRETİMİ, MOTOR YAKIT OLARAK KULLANIMI.....	51
4.1. KANOLANIN İLK KULLANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ.....	51
4.2. KANOLA TARIMI.....	52
4.3. KANOLA YAĞININ ÖZELLİKLERİ.....	53
4.3.1. Kanola Yağının Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri.....	53
4.3.2. Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	55
4.3.3. Kanolanın Kullanıldığı Alanlar.....	56
4.4. KANOLA ÜRETİMİ.....	57
4.4.1. Dünyada Kanola Üretimi.....	57
4.4.2. Türkiye’de Kanola Üretimi.....	60
4.5. KANOLA YAĞININ MOTOR YAKITI OLARAK KULLANIMI.....	63
4.5.1. Kanola Yağından Biyodizel Üretim Maliyeti.....	63

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5.....	65
DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	65
5.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI.....	65
5.2 DENEYLERE İLİŞKİN ÖZELLİKLER.....	65
5.2.1. Deney Yeri.....	65
5.2.2. Deney Motoru.....	66
5.2.3. DeneYlerde Kullanılan Dizel Yakıtı.....	68
5.2.4. DeneYlerde Kullanılan Biyodizel Yakıtı.....	69
5.3. DENEYLERDE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARI.....	70
5.3.1. Motor Deney Seti ve Dinamometresi.....	70
5.3.2. Yakıt Tüketimi Ölçme Düzenegi.....	71
5.3.3. Kronometre.....	71
5.3.4. Duman Yoğunluk Ölçüm Cihazı.....	71
5.3.5. Yük Ölçer (Load Cell).....	72
5.3.6. Egzoz Gaz Analizörü.....	73
5.4. DENEYLERİN YAPILIŞI.....	74
5.5. DENEYLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR.....	74
5.5.1. Motor Momenti ve Gücü.....	74
5.5.2. Yakıt Tüketimi ve Özgül Yakıt Tüketimi.....	75
BÖLÜM 6.	77
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	77
6.1. MOTOR PERFORMANSI.....	77
6.1.1. Motor Momenti.....	77
6.1.2. Motor Gücü.....	78
6.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi.....	79
6.2. EGZOZ EMİSYONLARI.....	80
6.2.1. CO Emisyonu.....	81
6.2.2. CO ₂ Emisyonu.....	82
6.2.3. HC Emisyonu.....	83
6.2.4. NO _x Emisyonu.....	84
6.2.5. Hava Fazlalık Katsayısı.....	85

	<u>Sayfa</u>
6.2.6. Duman Yoğunluğu.....	86
BÖLÜM 7.....	87
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	87
7.1. SONUÇLAR.....	87
7.2 ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	90
EK AÇIKLAMALAR A. ÇEŞİTLİ BİYODİZEL STANDARTLARINA AİT ÇİZELGELER.....	95
ÖZGEÇMİŞ.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Türkiye'nin net petrol ithalatı.....	5
Şekil 2.1. Dizel ve biyodizel ile çalışmada dönme momenti ve güç.....	11
Şekil 2.2. Dizel ve biyodizel ile çalışmada saatlik ve özgül yakıt tüketimi değerleri.....	12
Şekil 2.3. Tam yük şartların da dizel yakıtı ve B90 yakıtının hava fazlalık katsayısı değerleri	17
Şekil 2.4. Motor test düzeneği.....	21
Şekil 2.5. Motor performans değerleri.....	21
Şekil 2.6. Püskürtme avansının NO _x emisyonlarına etkisi.....	26
Şekil 3.1. Yıllık biyodizel üretimi.....	34
Şekil 3.2. Yıllık biyodizel üretimi (toplam).....	35
Şekil 3.3. Biyomotorin üretimi hammadde kaynakları.....	37
Şekil 3.4. Bitkisel yağların diesel motorlarında yakıt olarak kullanılabilme yöntemleri.....	42
Şekil 3.5. Bitkisel yağlardan transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretimi metodu.....	45
Şekil 3.6. Türkiye'nin 2001 yılı dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı....	46
Şekil 3.7. Ulaştırma sektöründeki kara taşıtlarının dağılımı.....	47
Şekil 3.8. Konutlarda tüketilen fuel-oil bölgelere göre dağılımı.....	48
Şekil 3.9. 2006 yılı Türkiye yağ bitkileri üretim miktarı.....	48
Şekil 4.1. Kanola bitkisinin görünümü.....	52
Şekil 4.2. Türkiye kolza ekiliş, üretim ve verim değerleri.....	61
Şekil 5.1. Deney tesisatının genel görünümü.....	65
Şekil 5.2. Deney tesisatının şematik görünümü.....	66
Şekil 5.3. Deney motoru.....	67
Şekil 5.4. Elektrikli dinamometre.....	70
Şekil 5.5. Elektrikli dinamometre kumanda panosu.....	70
Şekil 5.6. Yakıt tüketimi ölçüm düzeneği.....	71
Şekil 5.7. Duman yoğunluğu ölçüm cihazı.....	72
Şekil 5.8. Load cell ve indikatörün görünümü.....	72

Şekil 5.9. Egzoz gaz analiz cihazı.....	73
Şekil 6.1. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için motor moment değerleri değişimi.....	77
Şekil 6.2. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için efektif motor güç değerleri değişimi.....	78
Şekil 6.3. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için özgül yakıt tüketim değerleri değişimi.....	79
Şekil 6.4. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için CO değerleri değişimi.....	81
Şekil 6.5. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için CO ₂ değerleri değişimi.....	82
Şekil 6.6. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için HC değerleri değişimi.....	83
Şekil 6.7. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için NO _x değerleri değişimi.....	84
Şekil 6.8. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için hava fazlalık katsayısı (λ) değerleri değişimi.....	85
Şekil 6.9. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için duman yoğunluk değerleri değişimi.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Dünya toplam ham petrol üretimi (milyon ton).....	2
Çizelge 1.2. Dünya toplam ham petrol tüketimi (milyon ton).....	3
Çizelge 1.3. Türkiye ham petrol rezervleri (2002 yılı) (bin ton).....	4
Çizelge 1.4. Türkiye’ de petrol üretim ve tüketimi (bin ton).....	4
Çizelge 1.5. İnsan aktivitelerine bağlı olarak sera gazlarının artış miktarları.....	6
Çizelge 1.6. Sera gazları, bunların küresel ısınmaya katkıları ve emisyon kaynakları.....	7
Çizelge 3.1. B100 ve B20 biyodizellerinin kullanılması ile oluşan emisyon değerleri.....	39
Çizelge 3.2. Dizel yakıtı ve biyodizelin yakıt özellikleri.....	41
Çizelge 4.1. Kanola yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	54
Çizelge 4.2. Kültürü yapılan bazı kolza türleri ve yağlarının yağ asidi kompozisyonu.....	54
Çizelge 4.3. No 2 Dizel yakıtı ve bitkisel yağ metil esterlerinin yakıt özelliklerinin karşılaştırılması.....	56
Çizelge 4.4. Dünya kanola tohumu üretimi.....	58
Çizelge 4.5. Dünya yağlı tohumlar ekim, üretim ve verim değerleri.....	59
Çizelge 4.6. Dünya bitkisel yağ üretimi (milyon ton).....	59
Çizelge 4.7. Türkiye kanola ve kanola yağ ithalatı.....	62
Çizelge 4.8. Kolza yağından biyodizel üretim maliyeti.....	64
Çizelge 5.1. Deney motorunun teknik özellikleri.....	67
Çizelge 5.2. Dizel yakıtın teknik özellikleri.....	68
Çizelge 5.3. Biyodizel yakıtın teknik özellikleri.....	69
Çizelge 5.4. Egzoz gaz analizörünün teknik özellikleri.....	73
Çizelge A.1. Isıtma yakıtları-yağ asidi metil esterleri standartları (TS EN 14213).....	96
Çizelge A.2. Avrupa birliği otobiyodizel standartları (TS EN 14214).....	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

M_e	:	Efektif Motor Momenti
P_e	:	Efektif Motor Gücü
B	:	Saatlik Yakıt Tüketimi
b_e	:	Özgül Yakıt Tüketimi
n	:	Motor Devri
λ	:	Hava Fazlalık Katsayısı
CO	:	Karbon Monoksit
CO ₂	:	Karbon Dioksit
HC	:	Hidrokarbon
NO _x	:	Azot Oksit
CH ₄	:	Metan
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	:	Palmitik Asit
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	:	Stearik Asit
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	:	Oleik Asit
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	:	Linoleik Asit
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	:	Miristik Asit
CFC	:	Kloroflorokarbon
KOH	:	Potasyum Hidroksit
SO ₂	:	Kükürt Dioksit

KISALTMALAR

KYME	:	Kanola Yağı Metil Esteri
HFK	:	Hava Fazlalık Katsayısı
TPAO	:	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
MTEP	:	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
OECD	:	Organisation For Economic Cooperation and Development (Uluslararası Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Teşkilatı)
IPCC	:	Intergovernmental Panel on Climate Change (Uluslararası İklim Değişikliği Paneli)
ASTM	:	American Society For Testing on Metarials (Amerikan Malzeme Test Birliği)
ppm	:	Parts Per Million, Milyonda Bir (Mikro)
ppt	:	Parts Per Thousand, Binde Bir (Mili)
ppb	:	Parts Per Billion, Milyarda Bir (Nano)
DİE	:	Devlet İstatistik Enstitüsü
OSI	:	Open System Interconnection (Açık Sistem Bağlantısı)
FAME	:	Fatty Acid Methly Esters (Yağ Asidi Metil Esteri)
TGA	:	Thermogravimetric Analysis (Termogravimetrik Analiz)
Bps	:	Bits Per Second, (Saniyede Bir)
APME	:	Atık Palm Yağı Metil Esteri
KMA	:	Krank Mili Açısı
ÖYT	:	Özgül Yakıt Tüketimi
SYME	:	Soya Yağı Metil Esteri
HSİ	:	Hesaplanmış Setan İndeksi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji, değişen ve gelişen toplumların ilerlemelerinde asırlardır en temel güçlerden birisi olmuştur. Bu bakımdan enerjiye sahip ve enerjiyi yönlendiren ülkeler hızla çağdaş uygarlık seviyesini yakalamışlardır. Fakat özellikle son yıllarda meydana gelen enerji açığı ülkeleri gerek ekonomik gerekse sosyal olarak gelişmelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu enerji açığı ülkeleri alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasına ve geliştirilmesine doğru yönlendirmiştir.

Enerji, temel olarak tükenmeyen veya eksilmeyen kaynaklara ‘‘Yenilenebilir Enerji’’(güneş, rüzgâr, dalga, jeotermal, hidrojen, biyokütle enerji v.b.) ve potansiyeli mevcut ve teknolojik gelişmelere paralel olarak yeni faydalanılabilen enerji kaynaklarına ‘‘Yenilenemez Enerji’’ (fosil yakıtlar ve nükleer enerji) olarak iki kısımda toplanır.

Günümüzde rezerv, üretim ve tüketim miktarları dikkate alındığında, petrolün 40, doğalgazın 62, kömürün ise, 204 yıl kullanımının mümkün olduğu tahmin edilmektedir. 2000 yılında küresel enerji tüketiminin % 89’unu sağlayan fosil yakıtların payı artarak 2010’da % 91, 2020 yılında ise % 92’ye yükseleceği düşünülmektedir. Bu durum gelecek 20 yıl içerisinde, dünya ülkelerinin petrol, kömür ve doğalgazdan oluşan fosil yakıt tüketmeye devam edeceklerini göstermektedir (Bayraç, 2005).

Dünya petrol rezervi, 2003 yılında toplam 156.7 milyar tondur. Coğrafî bölgelere bu rezervin, % 63,3’üne Orta Doğu, % 14,4’üne Amerika, % 9,2’sine Avrupa-Avrasya, % 8,9’una Afrika, kalan % 4,7’sine ise, Asya-Pasifik bölgesi sahiptir (Bayraç, 2005). Dünyadaki ham petrol üretiminin bölgeler bazındaki 1997–2003 yılları arasındaki gelişimi Çizelge 1.1’ de yer almaktadır. Dünya toplam petrol üretimi rezervlerdeki

gelişmelere bağlı olarak artış göstermiş ve 2003 yılında toplam üretim 3697.0 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 1.1. Dünya toplam ham petrol üretimi (milyon ton) (Bayraç, 2005)

Bölgenin Adı	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Kuzey Amerika	670.4	666.7	638.8	650.8	653.3	659.2	671.8
Güney-Orta Amerika	329.1	351.5	344.6	349.8	344.1	350.2	339.5
Avrupa-Avrasya	689.0	686.0	699.2	724.4	746.6	785.5	818.0
Orta Doğu	1044.5	1102.3	1059.2	1125.8	1090.0	1010.1	1093.7
Afrika	369.8	363.6	359.8	371.2	373.2	377.3	398.3
Asya-Pasifik	370.1	370.0	366.4	382.6	378.6	379.5	375.8
Toplam Dünya	3472.9	3540.0	3468.0	3604.4	3585.7	3561.7	3697.0

Bu dönemde en fazla üretim, Orta Doğu (% 29,6) bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bu bölgeyi, Avrupa-Avrasya (% 22,1), Kuzey Amerika (% 18,2), Asya-Pasifik (% 10,2) ve Afrika (% 10,8) bölgeleri izlemektedir (Bayraç, 2005).

Petrolün tüketimi; ülkelerin nüfus ve toprak genişliğinden çok, ekonomileri ile yakından ilgilidir. Bu nedenle, dünya petrol tüketiminde OECD grubu ülkelerin ve bunun içinde de, G-7 olarak bilinen sanayileşmiş yedi ülke (ABD, Kanada, Fransa, İtalya, İngiltere, Almanya, Japonya) ve Rusya Federasyonunun önemli payı mevcuttur. Çizelge 1.2' de bölgeler bazında, dünya ham petrol tüketimlerinin 1997–2003 yılları arasındaki gelişimi yer almaktadır (Bayraç, 2005).

Çizelge 1.2. Dünya toplam ham petrol tüketimi (milyon ton) (Bayraç, 2005)

Bölgenin Adı	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Kuzey Amerika	1012.3	1033.4	1058.5	1071.4	1071.5	1071.0	1093.2
Güney-Orta Amerika	212.7	219.6	219.0	218.2	221.5	219.2	216.6
Avrupa-Avrasya	936.2	942.7	937.4	929.4	934.9	933.1	942.3
Orta Doğu	201.3	202.1	206.8	208.1	209.7	213.1	214.9
Afrika	108.9	112.4	115.1	115.7	116.3	117.9	120.5
Asya-Pasifik	926.6	906.6	948.3	983.3	984.3	1008.3	1049.1
Toplam Dünya	3398.0	3416.9	3485.1	3526.1	3538.2	3562.6	3636.6

Petrol tüketimi açısından, 2003 yılı rakamlarına göre ABD 914,3 milyon ton ve % 25,1 pay ile birinci sırada yer almaktadır. Bu ülkeyi sırasıyla 275.2 milyon ton ve % 7,6 payla Çin, 248.7 milyon ton ve % 6,8 payla Japonya, 125.1 milyon ton ve % 3,4 payla Almanya, 124.7 milyon ton % 3,4 payla Rusya Federasyonu ve 105.7 milyon ton % 2,9 payla Güney Kore izlemektedir.

Türkiye enerji hammaddesi açısından zengin bir ülke olmasına karşın, günümüze kadar yapılan araştırmalar petrol açısından yeterli rezerv kaynağına sahip olmadığını ortaya çıkarmıştır. Anadolu'nun tektonik evrimine bağlı olarak çok kıvrımlı ve kırıklı, engebeli, karmaşık bir jeolojik yapıya sahip olması, Türkiye'deki petrol arama çalışmalarını oldukça zorlaştırmakta ve arama yatırımları maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

Son yıllarda Türkiye'de petrol aramaları giderek azaldığından, rezerv rakamları küçülmekte ve yapılan üretime karşılık yeterli yeni rezerv artışı sağlanamamaktadır. Bu olumsuz gelişimi ortaya çıkaran nedenler arasında; TPAO'ya tanınan aşırı ruhsat hakkı ile olası petrol sahalarının kapatılarak bekletilmesi, TPAO'nun ise, arama çalışmalarını yurtdışına kaydırması ve yurtiçinde aramaların zayıflatılması, yabancı petrol şirketlerine gerekli kolaylığın sağlanmaması olarak belirlemek mümkündür. Çizelge 1.3' de Türkiye ham petrol rezervleri görülmektedir. (Bayraç, 2005).

Çizelge 1.3. Türkiye ham petrol rezervleri (2002 yılı) (bin ton) (Bayraç, 2005)

Firma Adı	Rezerv Toplam Petrol	Üretilabilir Toplam Petrol	Kümülatif Petrol Üretimi	Kalan Üretilabilir Petrol
TPAO	682.812	88.686	62.725	25.961
N.V. Turkse Perenco	175.736	48.512	39.026	9.486
Petrom E.M.I.+Dorchester	73.087	12.746	10.808	1.938
Madison Oil Turkey Inc.+TPAO	6.967	2.411	2.084	327
N.V.Turkse Perenco+TPAO	4.624	1.796	1.297	499
Ersan+Alaaddin+Trans Med.	6.157	924	755	169
Ersan+Alaaddin M.E.	2.420	426	359	67
Alaaddin Madison (Turkey) Inc.	2.094	628	210	418
Alaaddin+Transmed	362	74	3	71
Amity Oil+TPAO	81	57	1	56
Toplam	95.4340	15.6260	117.268	38.992

Çizelge 1.3' den izlenebileceği gibi teorik hesaplamalara göre, rezervardaki petrol rezervi 954 milyon ton olup, bunun 156 milyon tonu üretilebilir durumdadır. 2002 yılı sonuna kadar 117 milyon ton petrol üretilmiş olup, geri kalan üretilebilir 39 milyon ton ile bugünkü üretim seviyesine göre yaklaşık 16 yıllık rezerv miktarı bulunmaktadır (Atlas, 2003).

Çizelge 1.4. Türkiye'de petrol üretim ve tüketimi (bin ton)

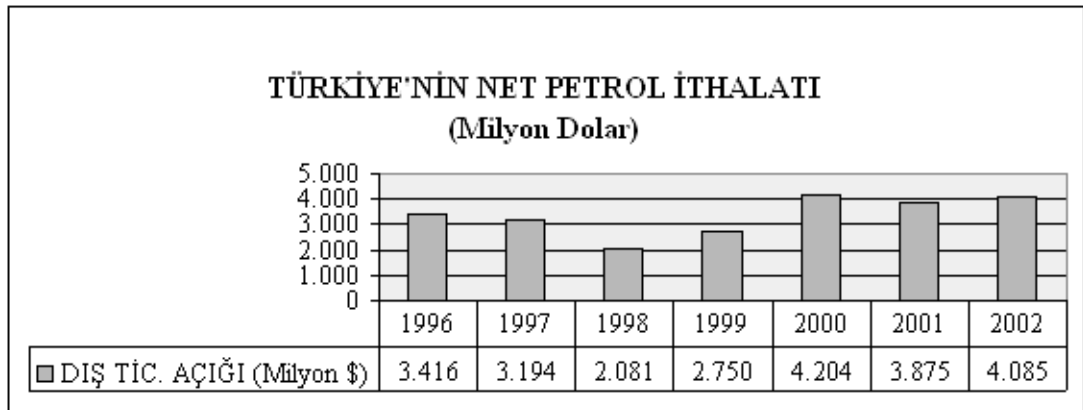
Yıllar	Üretim (Bin Ton)	Tüketim (Bin Ton)
1993	3.892	27.037
1994	3.687	25.859
1995	3.516	27.918
1996	3.500	29.604
1997	3.457	29.176
1998	3.224	29.022
1999	2.940	28.862
2000	2.749	31.072
2001	2.551	29.661
2002	2.420	29.776
2003	2.375	30.669

Çizelge 1.4' de görüldüğü gibi, Türkiye'de petrol üretimi 1993 döneminde 3.9 milyon ton iken, üretim değerleri 2003 yılına kadar geçen sürede azalma eğilimi göstererek 2.3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de ham petrolün büyük bir

bölümü Güneydoğu Anadolu bölgesinde üretilmekte olup, bir miktar üretim de Trakya bölgesinden elde edilmektedir. Halen üretimde kullanılan rezervlerin tükenmesi nedeniyle, yeni rezerv sahalarının bulunmaması durumunda önümüzdeki yıllarda üretimin giderek düşmesi beklenmektedir (Bayraç, 2005).

Petrol tüketiminde ise, ekonomik gelişmeye bağlı olarak sürekli bir yükselme eğilimi görülmektedir. Türkiye'de yılda yaklaşık 30 milyon ton ham petrol tüketilmekte ve bu rakamın önümüzdeki beş yıl içinde 41 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Bayraç, 2005).

Türkiye'nin petrol tüketimi, % 44 ile toplam enerji tüketiminde en büyük paya sahiptir ve gelecekte de petrol ürünleri tüketiminin, hızlı büyümesini sürdüreceği beklenmektedir. Türkiye'de petrol üretiminin tüketimi karşılama oranı, yıldan yıla düşme sürekli göstererek 1993 yılında % 14,4 seviyesinden 2003 yılında % 7,74'e düşmüştür. Bu durum petrolde dışa olan bağımlılığı ortaya koymaktadır (Bayraç, 2007). Net petrol ithalatçısı durumundaki Türkiye'nin net petrol ithalatının değeri, genel olarak, küresel petrol fiyatları ile birlikte artmış veya azalmıştır (Yıldırım, 2003). Şekil 1.1' de Türkiye'nin net petrol ithalatı görülmektedir.



Şekil 1.1. Türkiye'nin net petrol ithalatı (Bayraç, 2005)

Şekil 1.1' den görülebileceği gibi Türkiye'nin ham petrol ithalatı 2000 ve 2002 yıllarında 4 milyar doların üzerine çıkmış, petrol fiyatlarının 10 dolara kadar düştüğü 1998 yılında ise 2 milyar dolar düzeyinde kalmıştır. 1998 yılından önce yok sayılacak düzeyindeki petrol ihracatı ise, 1999 yılında 5 milyon doların biraz üzerine

çıkılmış, 2001 ve 2002 yıllarında 3 milyon dolar civarlarında gerçekleşmiştir. Bu miktar, 2001 yılında Türkiye'nin toplam ithalatının ancak on binde 1' ine denk gelmektedir (Yıldırım, 2003).

Bunun yanında yenilenemez enerji kaynağı olan fosil kökenli yakıtların tüketimiyle atmosferde ortaya çıkacak kirlilik etkileri de artmaktadır. Bunlardan bazıları;

Sera etkisi ve küresel ısınma; bugün fosil yakıtların çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı olumsuzluklar her geçen gün katlanarak artmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında altı sera gazının açığa çıkmasına neden olur. Bunlardan en belirleyici olanları karbondioksit (CO₂) ve metandır. Diğerleri ise kükürt, parçacık madde, azot oksit, kurum ve küldür.

Küresel ısınmanın temel nedeni olarak sera gazlarının artışı görülmektedir. En büyük sera etkisini su buharı yapar. Su buharı miktarı su çevrimine bağlıdır, insanların su çevrimine karşı yapabilecekleri bir şey yoktur. Diğer sera gazlarının artışına ise insan aktiviteleri sebep olmaktadır. Bu aktivitelerin başında ise fosil yakıtların kullanılması gelir. Çizelge 1.5' de insan aktivitelerine bağlı olarak sera gazlarının artış miktarları, Çizelge 1.6' da ise sera gazları, bunların küresel ısınmaya katkıları ve emisyon kaynakları görülmektedir (İnternet 1, 2008).

Çizelge 1.5. İnsan aktivitelerine bağlı olarak sera gazlarının artış miktarları

	Sera Gazları				
	CO ₂ (ppm)	Ch8 (ppm)	CFC-118 (ppt)	(FC-12 (ppt)	N ₂ O (ppb)
Endüstri öncesi atmosferik konsantrasyon (1750-1800)	280	0,8	0	0	280
1990 yılı hesaplamalarına göre atmosferik konsantrasyon	353	1,72	280	484	310
Atmosferik birikiminde yıllık artış (%)	1,8	0,015	9,5	17	0,8
Atmosferik ömrü (yıl)	50,200	10	65	130	150

Çizelge 1.6. Sera gazları, bunların küresel ısınmaya katkıları ve emisyon kaynakları

Sera Gazları	Katkı Oranı (%)	Emisyon Kaynakları
CO ₂	50	* Kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların kullanımı * Ormanların yok edilmesi
CFC	22	* Sprey kutularındaki aerosoller * Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler * Elektronik sanayinde kullanılan temizleme maddeleri * Aircondition sistemleri
CH ₄	14	* Pirinç tarlaları * Hayvanların mideleri * Biyokütlenin yakılması * Çöp sahaları * Doğal gaz boru hatlarındaki kaçaklar * Maden ocakları
O ₃	7	* Trafik * Termik santrallerdeki yanma olayları * Tropikal ormanların yok olması
N ₂ O	4	* Suni gübreler * Fosil yakıtlar * Naylon üretimi
Su buharı	3	

Uzmanlar, fosil yakıtların etkilerini kısa ve uzun vadeli olarak değerlendirmektedir. Kısa vadede oluşan sonuçlar artık yaşamın bir parçası olmuş durumdadır. Sıcaklık arttıkça buzlar ana kütlede koparak erimekte, çığ olayları artmakta, fazla miktarda su dolaşıma girmekte, sel felaketleri, fırtınalar, kasırgalar oluşmaktadır. Küresel ısınmanın, uzun vadede öngörülen sonuçları ise daha vahimdir. Ortalama sıcaklık artışı bu hızla devam ederse, 2020 yılında deniz seviyesi bir metreye kadar yükselecektir. Bu da dünyanın en büyük kentlerinin sular altında kalmasına yol açacaktır.

Asit yağmurları; atmosferde asitleşmeye neden olan başlıca kirleticiler Kükürt oksitler (SO_x) ve Azot oksitler (NO_x)' lerdir. Asit yağmurları çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi tehlikeler oluşturmaktadır (İnternet 5, 2008).

Fosil yakıt emisyonları arasında SO_x, NO_x, CO₂ ve çeşitli organik bileşikler, kurum ve parçacık maddeler sayılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit (CO₂) emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynak oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları ve kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır. Bir başka deyişle, yenilebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik, özelliklerinin hepsini taşımaktadırlar (Özkaya, 2004).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de biyokütle enerjisidir. Biyokütle enerjisi her türlü yeşil bitkilerden (bitki ve ağaçlardan) ve hayvansal artıklardan oluşan organik ürünlerdir. Aslında, bu diğer bir güneş enerjisi şekli ve yeşil bitkilerde kimyasal enerji olarak depolanmış olup, ısı enerjisi ve elektrik enerjisine yakılarak çevrilebilir veya katı yakıt, sıvı ve gaz halinde enerji taşıyıcısı olarak da kullanılabilir (Yaşar, 2008).

Biyokütlenin ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikleri olan ve bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler "Biyokütle Enerji Kaynağı", bu kaynaklardan üretilen enerji ise "Biyokütle Enerjisi" olarak tanımlanmaktadır. Odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçek, soya v.b.), karbon-hidrat bitkileri (patatese, buğday, mısır, pancar, enginar, v.b.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.), bitkisel artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.), hayvansal atıklar ile şehirselle ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlarına ulaşılmaktadır. Biyokütle kökenli en önemli dizel motoru, alternatif yakıtı biyodizeldir. Biyodizel, Dizel-Bi, Yeşil Dizel adları ile de bilinmektedir. Bu kapsamda dizel motorlarda yakıt olarak kullanılan ve yenilenebilir biyolojik maddelerden türetilen yakıtlar biyodizel olarak adlandırılır (Karaosmanoğlu, 2006).

Biyodizel en uygun dizel motor yakıtlarından biridir. Biyodizel, bitkisel yağlı tohumlardan, kullanılmış atık kızartma yağlarından, hayvansal yağlardan ve her türlü biyolojik kökenli yağlardan bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol

veya etanol) reaksiyon sonucunda oluşan ve yakıt olarak yağ asidi metil esteridir. Diğer bir ifade ile biyodizel, bitkisel yağ asidi esterlerinin metanol veya etanol gibi basit alkollerle belirli koşullar altında reaksiyona girmesi ile elde edilen mono alkil esterlerdir (Çelikten, 2008).

Bu çalışmada kanola yağı metil esterinden elde edilmiş biyodizel yakıtı tek silindirli dizel bir motorda denenmiştir. Biyodizel olarak kullanılan kanola yağı metil esterinin tek silindirli bir dizel motorda tam yük ve değişik devirlerde, dizel yakıtı ile farklı karışımlar oluşturularak motor performansına ve emisyon karakteristiklerine olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

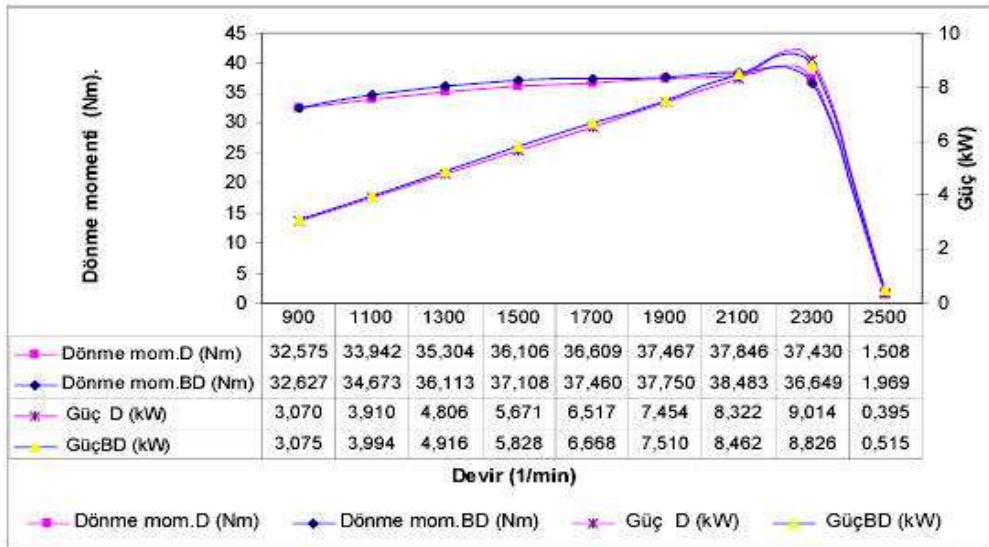
Altın (1998), tarafından yapılan çalışmada dizel motorlarında ham ayçiçek yağının yakıt olarak kullanılması deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada, filtre edilmiş ham ayçiçek yağı, ayçiçek yağı ile dizel yakıtı karışımı ve dizel yakıtı; dört zamanlı, tek silindirli, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılarak, motor performansı ve egzoz emisyonları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca motor, ayçiçek ve dizel yakıtları için 50 saatlik kısa süreli teste tabi tutulmuştur. 50 saat sonraki yanma odası, enjektör ve supaplardaki karbon birikintileri resimlenmiştir. Deney sonuçları, motor performansı, egzoz emisyonları ve ayçiçek yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına çok yakın olması nedeniyle alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Yücesu vd. (1999), tarafından yapılan çalışmada, tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde No 2-D dizel yakıtı ile birlikte dokuz değişik bitkisel yağ (ham ayçiçeği yağı, ham pamuk yağı, ham soya yağı ve bunlardan elde edilen ayçiçeği yağı metil esterleri, soya yağı metil esterleri ve rafine edilmiş haşhaş yağı, kanola yağı ve mısır yağı) kullanılmıştır. Motor performansı ve egzoz emisyon karakteristiklerini belirlemek amacıyla motor tam-gaz-değişik devir ve sabit devir-değişik yük deneyine tabi tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların performans değerlerinin dizel yakıtından daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

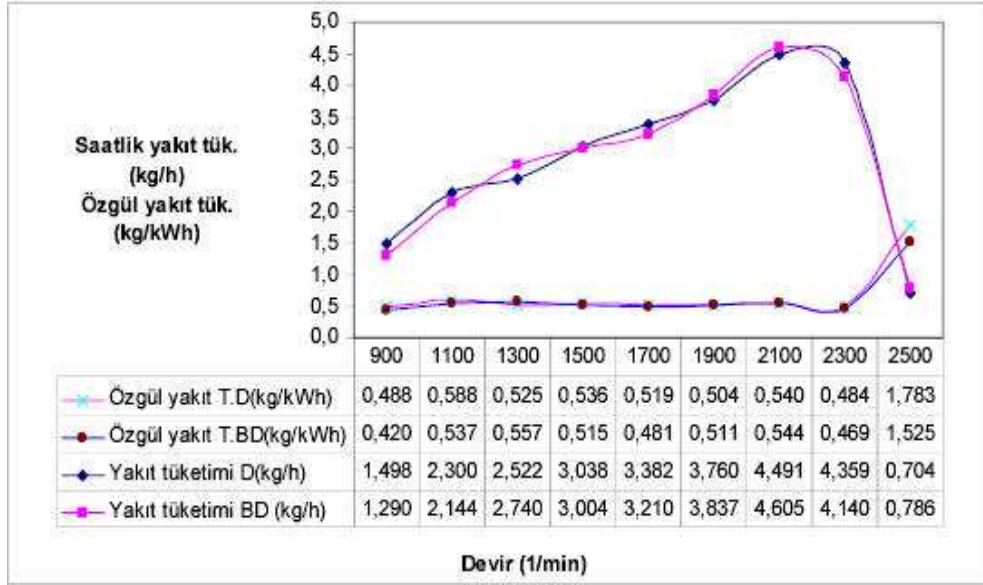
Esterleşme işlemi ile ham yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde bir miktar iyileşme olduğu görülmüştür. Üretilen bitkisel yağ metil esteri esaslı yakıtların motor performansı değerlerinin ham yağlardan daha iyi ve dizel yakıtı performans değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Yapılan kısa süreli testlerde bitkisel

yağlar dizel motorlarında kullanılmış, performans ve emisyon karakteristikleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları üretim fazlası ham bitkisel yağlardan hem yalnız başına hem de metil esterlerinin alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kısa süreli kullanılabilceğini göstermiştir.

Ulusoy ve Alibaş (2002), tarafından yapılan bu çalışmada, biyodizelin alternatif dizel yakıtı olarak kullanım olanakları; bu konuda yapılan çalışmalar ve diğer ülkelerdeki uygulamaları açısından incelenmiş ve oluşturulan biyodizel üretim düzeneğiyle yapılan deneysel çalışmalar ile literatür sonuçları irdelenmiştir. Bunun yanı sıra yurdumuzda biyodizel kullanımının ön ekonomik analizi yapılmıştır. Bu amaçla; laboratuvar şartlarında ayçiçeği yağından üretilen biyodizel yakıtı ile dizel yakıtı, tek silindirli bir motorda denenerek, her iki yakıtla da motorun özgül yakıt tüketimi, efektif gücü ve dönme momenti gibi karakteristik değerleri belirlenmiştir. Şekil 2.1’ de dizel ve biyodizel ile çalışmada dönme momenti ve güç, Şekil 2.2’ de ise dizel ve biyodizel ile çalışmada saatlik ve özgül yakıt tüketimi değerleri görülmektedir.



Şekil 2.1. Dizel ve biyodizel ile çalışmada dönme momenti ve güç



Şekil 2.2. Dizel ve biyodizel ile çalışmada saatlik ve özgül yakıt tüketimi değerleri

Şekil 2.1 - 2.2 incelendiğinde motor dönme momenti, efektif gücü, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değerleri açısından biyodizel ve dizel yakıt arasında bariz bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Araştırma sonuçları biyodizelin, dizel motorlarda hiçbir değişiklik yapmadan dizel yakıtın yerine doğrudan kullanılabileceğini göstermektedir.

Zang et al. (2003), yaptıkları çalışmayla, ticari ölçekli alkalın ya da asitli şartlar altında işlenmemiş sebze yağı veya atık yemek yağından biyodizel üretimi için dört farklı sürekli akış işlem tabakası geliştirmişlerdir. Bu dört işlemin teknik bir değerlendirmesi, teknik yararlılıkları ve sınırlamalarını değerlendirmek için detaylı olarak işletim koşulları ve donanım dizaynlarını elde etmişlerdir. Analiz sonucu ham madde olarak işlenmemiş (saf) sebze yağı kullanarak gerçekleşen alkali- kataliz işleminin en az ve en küçük işlem donanım birimlerini gerektirdiğini, ancak ham madde maliyeti diğer işlemlerden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Biyodizel üretmek için atık yemek yağlarının kullanımı ham madde maliyetini azaltmıştır. Asit-kataliz işleminde atık pişirme yağının kullanılması atık yemek yağı kullanılması ile gerçekleşen alkali- kataliz işleminden daha az karmaşık ve teknik olarak daha uygulanabilir olduğunu vurgulamışlar, bundan dolayı alkali- kataliz işlemi ile ticari biodiesel üretiminde rekabetçi bir alternatif yakıt haline geleceğini belirtmişlerdir.

Ceviz vd. (2008), tarafından yapılan çalışmada, fındık-ayçiçeği yağı karışımı, soya yağı, Ayçiçek kızartma yağı, mısır kızartma yağı ve fındık yağı olmak üzere beş farklı bitkisel yağdan transesterifikasyon metodu ile üretilen biyodizeller ile çalıştırılan direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunun performans ve emisyon karakteristikleri incelenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde motor fren momenti ve gücünde önemli seviyede azalma olmazken, özgül yakıt tüketimi bir miktar artmış ve motor efektif verimi dizel yakıtı nispeten azalmıştır. Fındık yağından üretilen biyodizel ile yapılan çalışmalarda özellikle düşük motor devir sayılarında diğer biyodizellere göre daha iyi performans elde edilmiştir.

Kulkarni et al. (2006), tarafından yapılan bu çalışmada, yeşil kanola tohumu üretiminin kanola yetiştiricileri için ciddi bir problem olduğunu belirtmişlerdir. Bu yağın klorofil içeriğinin son derece yüksek olduğunu ve bu durum yağı foto-oksidasyona daha açık hale getirdiğini ve yağın oksidasyon dengesini çok düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bu nedenle yeşil tohumlu kanola yağı yenilebilir amaçlar için kullanışlı olmadığını ve bu çalışmada KOH' yi katalizör olarak kullanarak yeşil tohumlu kanola yağı, metanol, etanol ve çeşitli metanol ve etanol karışımlarından yüksek kalite de biyodizel üretmeyi amaçlamışlardır. Alkolün bir karışımı reaksiyon oranında iyileşme sağlamıştır. KOH kullanarak gerçekleştirilen yeşil tohumlu kanola yağının karşılıklı esterleşme tepkimesinden sonra, yağın klorofil içeriği önemli ölçüde (22,1 ppm den 10,3 ppm) düşüş göstermiştir. Yeşil tohumlu kanola yağından hazırlanan esterlerin özellikleri ASTM standartlarının normal sınırları içinde olduğunu belirtmişlerdir. Oksidasyon istikrarı yakıtın uzun süreli depolanması için son derece önemli olduğunu, yeşil tohum esterlerinin oksidasyon istikrarı endeksi (OSI) Avrupa standartlarının çok daha altında olan (110 C⁰ 4,9 h) şeklinde olduğunu, yeşil tohum esterlerinin düşük oksidasyon istikrarı yüksek klorofil (10,3 ppm) muhteviyatına atfedilmekte olduğunu, aynı zamanda aktive edilmiş karbon işlemi kullanarak karşılıklı esterleşme tepkimesinden önce, yağın klorofil içeriğini indirgeme girişiminde bulunulmuş ve klorofil içeriğinin 22,1 ppm den 2,2 ppm' e indirgendini belirtmişlerdir.

Könler (1994), Almanya ve Avrupa'da kolza yağının yakıt olarak kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaları değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda, kolza metil esterinin dizel yakıtına göre avantajlarını aşağıdaki gibi açıklamıştır.

- Kolza yağından elde edilen yakıtın enerji değerinin olumlu olduğunu,
- Yakıtın yanma sonucu açığa çıkan atık gazların atmosfere olan etkisi yönünde olumlu sonuçlar verdiğini ve % 15-30 oranında daha az zararlı gaz açığa çıktığını,
- Biyodizelin zehirsiz ve toprakta hızlı bir şekilde indirgendiğini,
- Biyodizelin, dolumu sırasında depodan zehirli gaz açığa çıkmadığını,
- Biyodizelin iyi bir yağlama kabiliyetine sahip olduğunu ve böylece yüksek derecede motor aşınmasını engellediğini,
- Biyodizelin yanması sonucunda çevreye atılan zararlı gazlar, dizel yakıtına göre; % 15 daha az CO, % 27 daha az HC, sadece % 5 daha fazla NO_x, % 22 daha az partikül, % 50 daha az is ve % 10 daha düşük ısıl değeri, buna karşın ortalama yakıt tüketiminin yaklaşık olarak dizelden % 3 fazla olduğunu bildirmiştir.

Yamık ve İçingür (2005), dizel motorlarında alternatif yakıt olarak etil esterinin kullanımını incelemişlerdir. Bu çalışmada ayçiçek yağı etil esteri 4 zamanlı, direk enjeksiyonlu ve tek silindirli bir dizel motorda kullanılarak motor performansı, duman koyuluğu, avansa bağlı moment değişimi ve ses seviyesi dizel yakıt ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Yapılan deney sonuçlarına göre ayçiçek etil esterinin kısa süreli performans testlerinde dizel yakıtına yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Sadece özgül yakıt sarfiyatlarında iki yakıt arasında büyük fark oluşmaktadır. Bu çalışmada ham ayçiçek yağı etanol ve katalizör ile reaksiyona sokularak ham ayçiçek etil esteri elde edilmiştir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına yakın olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmada maksimum motor momentinin ölçüldüğü 2400 1/min de dizel yakıtı ile ayçiçek etil esteri arasındaki tork değeri farkı % 8, en yüksek gücün

ölçüldüğü 3900 1/min da iki yakıt arasındaki tork değeri farkı % 18 tür. Yine aynı devirlerde efektif güç arasındaki fark sırası ile % 10 ve % 17'dir. Özgül yakıt tüketiminde ise aynı devirlerde ise iki yakıt arasında ki fark çok fazladır. Bunun nedeni ise ayçiçek etil esterinin alt ısıl değerini düşük olması donucunda, birim güç başına tüketilen yakıt miktarının fazla olmasıdır. Duman koyuluklarına bakıldığında en yüksek moment ve en yüksek güç devirlerinin ölçüldüğü devirlerde sırası ile %14 ve % 22 fark ölçülmüştür. Ses seviyelerine bakıldığında ayçiçek etil esteri dizel yakıtından tüm devirlerde daha az ses üretmiştir. Günümüz şartlarında esterler tamamen dizel yakıt yerine kullanılamaz. Fakat özellikle kirletici emisyonlar bakımından dizel yakıtından daha iyi sonuçlar verdiği için alternatif yakıt olarak düşünülebilir. Elde edilen sonuçlar etil ester yakıtının, dizel yakıtına yakıtın özellikler gösterdiğini ve gelecekte alternatif yakıt kullanılabileceğini göstermiştir.

Cao et al. (2007), yaptıkları bu çalışmayla, yüksek saflıkta yağ asit metil esteri (FAME) sürekli bir ayırıcı reaktör kullanarak metanol ile soya fasulyesi yağı, kanola yağı, hidrojenere edilmiş palmye yağı, palmye yağı karışımı, sarı yağ ve kahverengi yağ gibi farklı karışımlar oluşturulmuşlardır. Ayırıcı reaktörü, reaksiyon ve ayırma işlemini tek bir üniteye birleştirmiş, ham maddelerin sürekli bir biçimde karışımını sağlamış ve reaksiyon esnasında iki evreyi devam ettirirken reaksiyon döngüsünde lipite yüksek oranda metanol sağlamıştır. Ayırıcı reaktörünün FAME üretmek için yüksek benzeri işletim koşullarında çok geniş kapsamlı hammaddeleri kullanarak çalıştırılabildiği göstermiştir. Ortaya çıkarılan FAME' nin toplam gliserinli ve gliserinsiz içerikleri tek bir reaksiyon adımından sonra ASTM D6751 standardının altında gerçekleşmiştir. Temel olarak aynı reaksiyon şartları altında, konvansiyonel bir grup reaksiyonu aynı saflık derecesini yakalayamadığı FAME saflığında lipit hammaddelerin yağlı asit kompozisyon etkisinde gösterildiğini yağlı asit kompozisyonundan dolayı, saf soya fasulyesi yağı ve saf kanola yağından çıkan FAME su ile yıkama yapılmaksızın dahi ASTM özellikleri içinde duyarlı reaktöründe ortaya çıkarıldığı belirtilmiştir.

Sekmen (2007), tarafından yapılan çalışmada, keten tohumu ve meyvesinden yararlanıldıktan sonra genellikle atılan karpuz çekirdeklerinden biyodizel üretilmiş ve dizel yakıtı ile hacimsel olarak % 2 oranında karşılaştırılarak direkt enjeksiyonlu bir

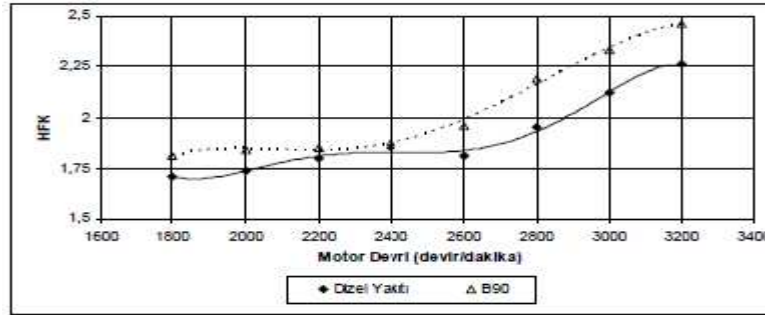
dizel motorda performans ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışma 1400 – 3400 1/min hız aralığında tam yükte yapılmış ve sonuçları dizel yakıt No.2 ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu çalışma sonucunda; karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterinin direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda performans ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Tohum yağ özelliklerine bakıldığında karpuz çekirdeği yağ metil esterinin yakıt olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Ülkemizde ve dünyada biyodizel üretimi için önemli ölçüde karpuz çekirdeği potansiyeli bulunmaktadır. Deneyler sırasında ve sonrasında motor parçalarında belirgin herhangi bir problem gözlenmemiştir.
- Biyodizellerinin ısı değerinin dizel yakıtı göre daha düşük olmasından dolayı moment ve efektif güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artış belirlenmiştir.
- Biyodizel karışımları ile çalışmada egzoz gaz sıcakları dizel yakıtı göre biraz daha yüksek olarak ölçülmüştür.
- CO ve HC emisyonları ile duman koyuluğunda azalma elde edilirken, silindir sıcaklıklarının artması ve biyodizelin oksijen içeriği nedeniyle NO_x emisyonlarında artış belirlenmiştir.

Keskin vd. (2006), tarafından yapılan çalışmada, kâğıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından biyodizel üretimi ve bunun motor performans ve emisyonuna etkisi araştırılmıştır. Büyük oranda reçine ve yağ asitlerinden oluşan ham tall yağı distilasyon yöntemi ile reçine ve yağ asitlerine ayrılmıştır. Tall yağı yağ asitlerinden metil ester (biyodizel) üretilip, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Üretilen tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile % 90 oranındaki karışımı tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartlarında 1800–3200 devir/dakika aralığında performans ve emisyon testine tabii tutulmuştur. Dizel yakıtı değerlerine göre, karışım yakıtın tork ve güç değerlerinde sırasıyla % 2,99 ve % 2,94'e varan oranlar da azalmalar görülmüştür. Karışım yakıt ile motorun özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama % 7,63 oranında artış göstermiştir. Karışım yakıtın kullanımı ile CO emisyonu değerlerinde % 35,44'e

kadar, duman emisyonlarında ise % 13,27'ye kadar varan azalmalar tespit edilmiştir. Ayrıca, NO_x emisyonlarında % 13,29 oranına varan artışlar görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile % 90 oranındaki karışımının dizel motorlarda herhangi bir modifikasyona gidilmeden alternatif yakıt olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Karışım yakıtın çok az kükürt içermesi, setan sayısının yüksek olması, ısıl değer, yoğunluk, viskozite, akma noktası ve bulutlanma noktası gibi yakıt özelliklerinin dizel yakıtı değerlerine yakın olması önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca ham tall yağı fiyatlarının, biyodizel üretiminde kullanılan diğer yağların fiyatlarından çok daha ucuz olması (ortalama % 50 civarında) ekonomik olarak da büyük avantajlar sağladığı belirtilmiştir. Şekil 2.3' de tam yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının hava fazlalık katsayısı değerleri görülmektedir.



Şekil 2.3. Tam yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının hava fazlalık katsayısı değerleri

B90 yakıtı ile elde edilen motor performans değerleri dizel yakıtı ile elde edilen değerlere çok yakındır. B90 yakıtının kullanımında tork ve güç değerlerinde meydana gelen maksimum azalma miktarları sırasıyla % 2,99 ve % 2,94 oranında olmuş, motorun özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama % 7,63 oranında artırmıştır. B90 yakıtı ile CO emisyonu değerlerinde % 35,44'e kadar, duman emisyonları değerlerinde ise % 13,27'ye kadar varan azalmalar olmuştur. Bununla birlikte, NO_x emisyonlarında % 13,29 oranına kadar varan artışlar görülmüştür. HFK değerleri ise Şekil 2.3' de görüldüğü gibi bütün motor devirlerinde dizel yakıtı değerlerine göre daha yüksek ölçülmüştür.

Issariyakul et al. (2007), tarafından yapılan çalışmada, biyodizel üretim maliyetini azaltmak ve biyodizel üretimine fayda sağlamak için atık yemek yağları ile çeşitli oranlarda kanola yağı ile karıştırılmıştır. Metil ve etil esterler her iki yağın karışımından KOH karşılıklı esterleşme vasıtasıyla hazırlanmış, çoğu esterlerin su içeriği, asit değeri ve viskozitesi, kullanılmış pişirme yağlarından hazırlanan etil ester haricinde ASTM standartlarını karşılamıştır. Kullanılmış pişirme yağı/ kanola yağı hammaddelerinde en azından % 60 oranında kanola yağı içeriği ASTM özelliğinin istenilen düzeyde etil ester üretebilmek için gerekli olduğu belirtilmiştir. Etil alkolün daha zorluk verici olduğu ispatlanmasına karşın, etil esterler (-45 den – 54,4 °C' ye kadar) metil ester (-35.3 – 43 °C arasında) ile karşılaştırıldığında daha düşük kristalleşme dereceleri gösterdiği belirtilmiştir.

Çelikten (2004), tarafından yapılan çalışmada, tam yükte çalışan indirekt püskürtmeli bir dizel motorunda, dizel ve dizel-etanol yakıt karışımlarının performans ve emisyon değişimlerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, İndirekt Püskürtmeli Dizel Motorunda (IDI) tam yükte dizel ile %10 oranlarında etanol-dizel karışımı yakıt olarak kullanıldı. Çalışmalarda, motor performansı (güç, tork, yakıt tüketimi) ve emisyonlar (O₂, CO, CO₂, NO_x, SO₂ ve % duman koyuluğu) ile ilgili değişimler incelenmiştir.

Dizel yakıtına göre, etanollu yakıt karışımı kullanıldığında motor gücü ortalama olarak 5 kW ve motor torku da 10 Nm kadar düşmektedir. Özgül yakıt tüketiminde ise, kW/h başına 50 g kadar azalma olduğu gözlemlenmiştir. Etanol oldukça fazla oksijen içerdiği için, No.2 yakıtına göre etanol karışımlı yakıtın O₂ miktarları ortalama olarak % 2–3 civarında artmıştır. Etanol yakıtı dizel yakıtı içerisinde iyi bir şekilde karışmadığında yanmanın da kısmen bozulduğu ve CO fazlalığı olduğu düşünülmektedir. Dizel yakıtına göre etanol karışımlı yakıtın içerisinde fazla O₂ bulunduğundan yanma daha iyi olmakta ve bunun sonucunda da % CO₂ miktarı oldukça azaldığı tespit edilmiştir.

NO_x ler etanol karışımında motorun düşük devirlerinde fazlaca oluşmakta, maksimum tork devirlerinden itibaren azaldığı, SO₂ emisyonları da etanol içerisinde yer almadığında dizel çalışmaları içerisinde 200 ppm in üzerinde seyrederken etanol

karışimli yakıt içerisinde bu miktar 50–100 ppm arasında seyrettiği görülmüştür. % duman miktarlarında ise dizel yakıtına göre etanol karışimli yakıtta %10 civarında bir azalma olduğu görülmüştür.

Araştırma sonucunda, dizel yakıtına % 10 oranında etanol ilave edilmesi ile motor gücünde ve torkunda düşüşler, yakıt tüketim miktarında da azalmalar meydana gelmiştir. Bunun yanında O₂ artar iken, NO_x ve CO emisyonları kısmen, CO₂, SO₂ ve duman emisyonlarında ise oldukça fazla oranlarda azalmalar tespit edilmiştir.

Kulkarni et al. (2005), yaptıkları çalışmada, kanola yağının karşılıklı eterlenmesi için yağın alkole olan molar oranı 1:6 da tutulmuş ve katalizör olarak KOH kullanılarak metanol, etanol ve çeşitli metanol/etanol karışımları ile esterleşme işlemi yapılmıştır. Alkol karışımları karşılıklı esterleşme reaksiyon oranını artırmış ve etil ester olduğu kadar metil esterde de ortaya çıkardığı belirtilmiştir. Artış gösteren oran metanolden dolayı dengede olmadan çok etanolün daha iyi olan solvent özellikleri yüzünden reaksiyon karışımında yağın daha iyi çözünürlükte olma sonucunu doğurmuştur. Metanolün etanole göre 3:3 molar oranıyla (MEE (3:3)) oluşan etil ester oranı metil esterinkine göre % 50 olmuştur. Karışık esterlerde dahil olmak üzere tüm esterlerin özellikleri (asit değeri, yoğunluk, viskozite) ASTM standart limitlerinde olduğu gözlemlenmiştir.

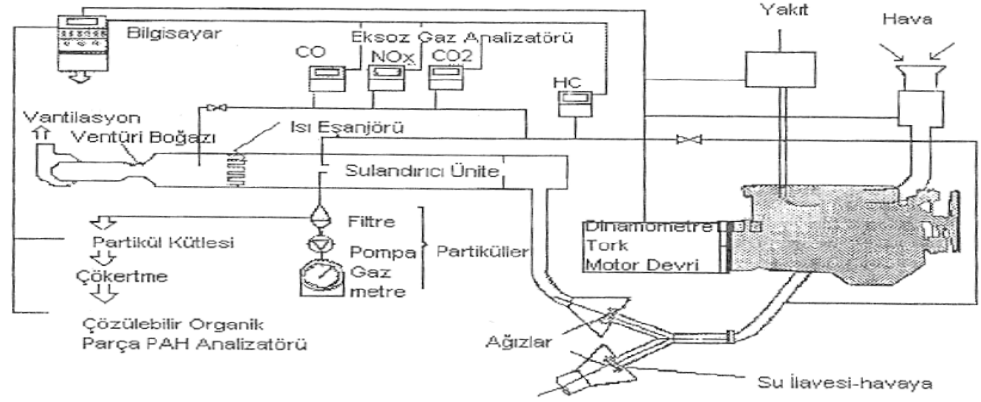
Goodrum (2001), yaptığı çalışmada, uçuculuk gibi biyodizele ait olan özelliklerinin kalite kontrolü, yakıt kullanıcıları tarafından yüksek motor performansını elde etmek için gerekli olduğunu belirtmiştir. Seçilmiş metil ester ve sebze yağlarının kaynama noktaları ve buhar basınçları biyodizelin kalite kontrol ölçümü için düşünülmüştür. Bu tip veriler termograyimetrik analizler TGA kullanarak hızlı yeni bir metodla elde edilmiştir. Bir atmosfer kaynama noktası (bps) ve 1 atm' den 5.332 kPA' ya (40mm Hg) dereceye bağlı buhar basıncı kanola yağı, soya fasulyesi yağı, içyağları ve kolza tohumu yağının metil ve etil esterleri ölçüldü. Kaynama noktaları (1atm) 340 ile 365 derece arasında değişiklik gösterdiği, belirtilen yağlardan birinin metil ve etil esterleri bps de 5 derece kadar değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar esterlerin ve yağların yağlı asit kompozisyonları bakımından tartışılabilineceğini göstermiştir.

Altun ve Öner (2005), tarafından yapılan çalışmada; susam yağının alternatif yakıt olarak dizel motor performansı ve motor elemanları üzerindeki etkiler incelenmiştir. Bu amaçla; tek silindirli bir dizel motorunda, % 75 susam yağı ve % 25 motorin karıştırılarak yakıt olarak kullanılmıştır. Karışım yakıtta yağ oranının yüksek olmasından dolayı motorun normal enjeksiyon basıncında karşılaşılan püskürtme zorlukları, enjeksiyon basıncının artırılmasıyla kısmen giderilmiştir. Susam yağı yakıt olarak kullanıldığında motor elemanlarında normalden fazla iş ve kurum oluştuğu görülmüştür.

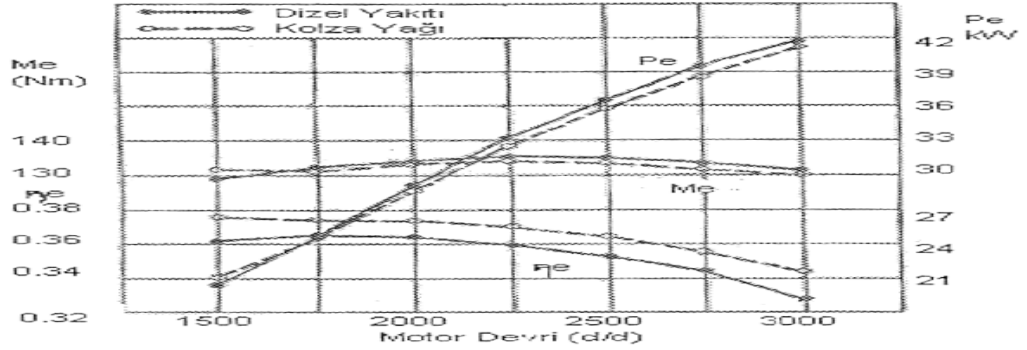
Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, farklı bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmaları ile elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermiştir. Susam yağının elde edildiği susam bitkisi yetiştirilmesinin el emeğine dayalı olarak yürütülmesi ve verimin düşük olması ekiliş alanının sınırlı kalmasına ve yağ olarak değerlendirildiğinde üretim maliyetlerinin artmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Bu da diğer bitkisel yağlarla rekabet edememesi sonucunu doğurmuştur. Susam yağının denenen oranından alınan sonuçlara dayanarak, farklı enjektör basıncı ve farklı yağ konsantrasyonu için, örnek olarak; % 60 susam yağı + % 40 motorin karışımı için çalışmalar yapılabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca; susam yağı özellikleri transesterifikasyon yöntemi (yeniden esterleşme) ile dizel yakıtı özelliklerine yaklaştırılarak dizel motorlarda yakıt olarak denenebileceği ve bununla birlikte egzoz emisyonu değerlerine etkileri de incelenebileceği belirtilmiştir.

Hemmerlein et al. (1990), tarafından yapılan çalışmada, Alman Teknoloji ve Araştırma Bakanlığı tarafından desteklenen ve toplam bedeli 50 Milyon Alman Markı olan "Materyallerin Enerji ve Biyoteknik Alanındaki Kullanımı" projesi kapsamında kolza (Rapseed oil) yağının modern dizel motorlarında 500–600 saat yakıt olarak kullanım imkânlarını araştırmışlardır. Bitkisel yağ ile gelişen dizel motor fikrinde en son motor teknolojisinin mevcut yakıt kalitesine adapte edilmesi önemli bir noktadır. Kolza yağının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılması birçok nedenden dolayı oldukça uygundur. Kolza yağının ısı değeri dizel yakıttan %7 daha düşüktür. Test sonucu elde edilen değişik devire bağlı olarak, kolza yağı ile çalışan bir dizel motoru yalnız dizel yakıtı kullanılan dizel motorunda elde edilen değerlerden %2 daha yüksek olmaktadır. Bu araştırma neticesinde; kolza yağının

fiziksel ve kimyasal olarak dizel yakıtına benzerliği ve ön yanma odalı ve büyük silindirli motorlarda % 100 kolza yağı dizel motoru yakıtı olarak sürekli kullanılabileceği ifade edilmektedir. Şekil 2.4' de kolza yağı ile çalıştırılan bir dizel motorunun deney düzeneği görülmektedir. Ayrıca, motor performans değerleri ise Şekil 2.5' de verilmiştir.



Şekil 2.4. Motor test düzeneği



Şekil 2.5. Motor performans değerleri

Kolza yağının ısıl değerinin dizel yakıttan % 7 daha düşük olduğu; motor termik verimi incelendiğinde, kolza yağı ile çalışan bir dizel motoru yalnız dizel yakıtı kullanılan bir dizel motorunda elde edilen değerlerden % 2 daha yüksek olduğu, motor moment değerlerine bakıldığında ise her iki çalışmadaki farkın önemsenemeyecek düzeyde olduğu belirtilmektedir. Bu araştırma neticesinde; kolza yağının fiziksel ve kimyasal olarak dizel yakıtına benzediği, ön yanma odalı ve büyük silindirli motorlarda % 100 kolza yağının dizel motoru yakıtı olarak sürekli kullanılabileceği ifade edilmektedir. Motor 500 saat ve 600 saatlik kolza yağı yakıt

olarak kullanıldığı test esnasında 155 saat ve 225 saat sonrası sırasıyla direkt ve indirekt püskürtmeli motorlar arızalanmıştır. İyi yanmayan bitkisel yağlar, yağlama yağında incelme ve yanma odasında karbon birikintileri oluşturmaktadır. 600 saatlik deney sonrasında piston segmanlarında ve gömleklerde karbon birikintisi olduğu belirtilmiştir.

Dmytryshyn et al. (2002), tarafından yapılan çalışmada, işlenmiş atık kızartma yağı, işlenmemiş atık kızartma yağları, yeşil tohumlu kanola yağı ve kanola yağı olmak üzere dört çeşit sebze yağlarının karşılıklı esterleşmesi sağlanmıştır. Esterleşme işlemi yapılırken metanol ve katalizör olarak da KOH kullanılmıştır. Uygun olan yağların metil esterleri ham gliserolden ayrılarak saflaştırılmış ve yoğunlukları, akışkanlıkları, iyot değerleri, asit sayıları, bulutlanma noktaları, yanma ısısı, yağlı asit ve lipit kompozisyonları, kayganlık ve termal özelliklerini değerlendirmek için çeşitli metotlar ile karakterize edilmiştir. Yağlı asit kompozisyonu esterlerin %80- 85' inin doymamış asitlerden olduğu belirtilmiştir. Uygun olan yağlara kıyasla metil esterlerin yoğunluk ve akışkanlığındaki önemli düşüş yağların -mono ya da -di gliserid formda olduğunu göstermiştir. ISOPAR[®]M referans yakıtı ile % 1 oranında karıştırıldığında metil esterlerin kayganlığı kanola metil esteri yakıtının kayganlığını artırdığını göstermiştir. Gerçekleştirilen analizlerden dizel yakıt için potansiyel olarak en uygun esterlerin fiziki ve kimyasal özellikleriyle dizel yakıtı benzer olan kanola metil esteri olduğunu göstermiştir.

Alptekin ve Çanakçı (2008), tarafından yapılan çalışmada, atık ve bitkisel yağlardan yağ asidi metil esterleri üretilmiştir. Üretilen metil esterlerin, yoğunluk, viskozite, toplam-serbest gliserin miktarları, distilasyon sıcaklıkları, asit değeri, ester içeriği, setan indeksi ve akma noktası gibi bazı yakıt özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklerin biyodizel standartlarına uygunluğu incelenmiştir. Ayrıca, ester üretiminde yan ürün olarak elde edilen ve birçok alanda kullanılan gliserinin bazı özellikleri tespit edilmiş ve saf gliserin ile karşılaştırma yapılmıştır. Ölçülen sonuçlara göre, metil esterlerin toplam serbest gliserin miktarları biyodizel standartlarına uygun olduğu, üretilen metil esterlerin yoğunluğu ortalama olarak 0,88 gr/cm³ civarında ve standartları karşıladığı, metil esterleri n viskozitesi ise 3,97- 4,34 mm²/s arasındadır. Bununla birlikte, atık ve bitkisel yağlar metil estere dönüştürüldükten sonra, viskozitelerinde

yaklaşık dokuz kat bir azalma meydana geldiği ve ürünlerin viskoziteleri, dizel yakıtinkine yaklaştığı, üretilen metil esterler arasında en yüksek akma noktası değeri APME’de görüldüğü, bu yüzden ülkemizde kış şartlarında % 100 olarak kullanılmasına imkân tanıdığı, KYME ise en düşük akma noktasına sahip olduğu bu özelliği ile birlikte KMYE’ nin yaz aylarında rahatlıkla kullanılabileceği söylenmiştir. Bununla birlikte biyodizelin soğuk akış özelliklerini iyileştirmek için katkı maddeleri kullanılabileceği diğer bir yolla da, biyodizel ve petrol kökenli dizel yakıtlarıyla karışımlar oluşturulabileceği belirtilmiştir.

Ayrıca yapılan bu çalışmada, distilasyon eğrileri belirlenmesi gereken önemli yakıt özelliklerinden birisi olduğu test sonuçlarına göre, metil esterlerin distilasyon sıcaklıkları standartlara uygun olduğu saptanmıştır. Distilasyon sıcaklıkları HSI’yi belirlemek amacıyla da kullanılmıştır. HSI setan sayıcı ile ilgili tam bir değer vermese de, yakıtın setan sayısı ile ilgili tam bir tahminde bulunmaya yardım ettiği, elde edilen sonuçlara göre, metil esterlerin HSI’leri 60’ın üzerinde olduğu bu da setan sayılarının bu değere yakın olduğunu göstermiştir.

Tate et al. (2005), tarafından yapılan çalışma da, 300 °C dereceye kadar olan ısılarda biyodizel yakıtlarının kinematik viskozitelerini elde etmek için, modifiye edilmiş bir Saybolt viskozimetre dizayn edilmiş, bu viskozimetre kanola yağı metil esteri, soya yağı metil esteri ve balık yağı metil esterlerinin 60 ml için akma zamanlarını ölçmek için kullanılmıştır. Modifiye edilmiş Saybolt Viskometer standart bir yağ kullanarak kalibre edildi ve % 2 lik bir yinelenebilirlik ile 0.056 mm²/s içerisinde kinematik viskoziteyi ölçmede kullanılmıştır.

Dube et al. (2005), kanola yağının metanol içine karışmazlığı yağlı asit metil ester (FAME ya da Biodizel) üretiminde kanola yağının karşılıklı esterleşmesinin ilk evrelerinde toplu bir transfer olasılığını sağlamakta olduğunu, bu durumun üstesinden gelmek hatta daha ziyade ortadan kaldırmak için iki evreli bir ayırıcı reaktörü geliştirilerek kanola yağı ve metanolden FAME üretimi amaçlanmıştır. Kanola yağının karşılıklı esterleşmesi her iki asit ya da baz katalizleri üzerinden gerçekleştirilerek, işlemler 60, 65 ve 70 °C derecelerde yarım grup halinde ayırıcı reaktöründe ve farklı katalist konsantrasyonları ve besleme akış oranlarında

gerçekleştirilmiştir. Isı, katalist konsantrasyonu ve hammadde (metanol/ yağ) akış oranlarındaki artışlar yağın biyo dizele dönüşümünü belirgin bir biçimde artırmıştır. Yeni reaktör reaksiyon ürünlerinin (FAME / metanoldeki gliserol) orijinal kanola yağı beslemesinden ayrılmasını sağlamıştır. İki evreli ayırıcı reaktörü yüksek düzeyde saflık veren FAME ürününden reaksiyon görmemiş kanola yağını çıkarmada ve reaksiyon dengesini ürün bölgesine döndürmede yararlı olduğu belirtilmiştir.

Alpgiray (2007), tarafından yapılan çalışmada; yakıt olarak kullanılan kanola yağının tek silindirli bir dizel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, direkt püskürtmeli, 5,5 kW anma gücünde 4 zamanlı bir dizel motor kullanılmıştır. Araştırmada çalışmalar iki ana bölümden oluşmuştur. Birinci bölümde kanola yağı dizel yakıtına hacimsel olarak % 20, 40, 60, 80 oranlarında karıştırılarak seyreltilmiş, daha sonra emisyon ve motor denemeleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise, transesterifikasyon ile kanola yağı metil esteri elde edilmiş, emisyon ve motor denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemelerde devir sayılarına bağlı olarak, dönme momenti, emisyon değerleri ve yakıt tüketim değerleri ölçülmüştür.

Kanola yağı kullanımı ile motor momenti ve gücünde dizel yakıtına kıyasla az da olsa düşüşlerin meydana geldiği, yağ asidi metil esteri kullanımı ile moment ve gücün ham kanola yağlarına oranla daha yüksek olduğu ve dizel yakıtına daha yakın olduğu belirlenmiştir. Transesterifikasyon yönteminin kanola yağına uygulanması sonucu bitkisel yağların viskozitelerinin ve özgül ağırlıklarının azaldığı belirlenmiştir. Bu özellikleri ile kanola yağı metil esteri dizel yakıtına daha yakın özellikler göstermiştir. Kanola yağı ile yapılan testlerde duman koyuluğunun dizel yakıtına oranla daha yüksek olduğu, fakat yağ asidi metil esterinin kullanımı ile duman yoğunluğunun seyreltme yöntemi ile elde edilen yakıtlara oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Karışım ve metil ester yakıtların CO₂, CO ve O₂ değerleri de belirlenmiştir. Bu yüzen kanola yağı metil esterinin dizel yakıtına daha yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür.

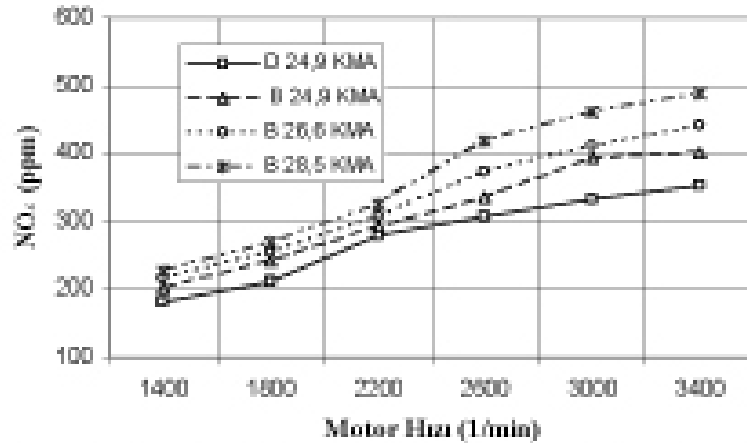
Kanola yağı karışımları denemeleri, dizel motorunda gerçekleştirilmiş, performans ve emisyon karakteristikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, ülkemizde standart olarak kabul edilmiş kanola yağının hem belli oranlarında dizel yakıtı ile karıştırılarak hem de metil esterinin yakıt olarak, dizel motorlarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Leung and Guo (2006), yaptıkları bu çalışmada; sodyum-hidroksit, potasyum hidroksit ve sodyum metoksit gibi alkaline katalize karşılıklı esterleşmesi için kullanılan üç yaygın kullanımlı katalizörün özellikleri ve performansı yemeklik kanola yağı ve kullanılmış kızartma yağı kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu katalizörlerden elde edilen biodizelin yakıt özellikleri, örneğin ester içeriği, kinematik viskozite ve asit değeri gibi özellikler ölçülmüş ve kıyaslama yapılmıştır. Orta seviyeli katalitik aktivite ile ve çok düşük maliyetli sodyum hidroksitin diğer iki katalizörden daha üstün olduğu görülmüştür. Reaksiyon sistemi içindeki işlenmemiş yağların yağsız asit içeriği, reaksiyon derecesi, reaksiyon zamanı, metanolün işlenmemiş yağla olan molar oranı, katalizör konsantrasyonu gibi trigliseritlerin karşılıklı esterleşmeyi etkileyen süreç değişkenleri incelenmiş ve optimize edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, alkaline katalize karşılıklı esterleşme prosesi üzerinde hammaddelerin fiziki ve kimyasal özelliklerinin etkileri incelenmiş ve maksimum ester içeriği ve sonucu sağlayan optimal karşılıklı esterleşme reaksiyon şartları belirlenmiştir.

Aktaş ve Sekmen (2007), tarafından yapılan çalışmada, biyodizelin yakıt olarak kullanıldığı bir motorda püskürtme avansının motor performansı ve emisyonlarına etkileri dört zamanlı, tek silindirli bir dizel motorda araştırılmıştır. Püskürtme zamanlaması 24,9, 26,6 ve 28,5 ° KMA için tam yükte motor momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, egzoz gaz sıcaklıkları ile CO, HC ve NO_x emisyonları ölçülmüştür. Biyodizel ile çalışmada püskürtme avansının 26,6 ° KMA'ya artırılmasıyla motor momenti ve efektif güçte yaklaşık % 6'ya kadar artış ve özgül yakıt tüketiminde % 8'e kadar iyileşme görülmüştür. Ayrıca, referans yakıt olarak dizel yakıt no.2 ile standart püskürtme zamanlamasında elde edilen sonuçlar grafiklere yansıtılmıştır.

Biyodizel ile çalışmada egzoz gaz sıcaklıkları dizel yakıtına göre daha düşük olarak ölçülmüştür. Bunda biyodizelin oksijen içermesi ve püskürtme başlangıcının öne alınmasının etkisi olduğu belirlenmiştir. En düşük egzoz gaz sıcaklıkları püskürtme avansının 26,6 ° KMA' ya artırılmasıyla elde edilmiştir. Biyodizel ile avanslı çalışmada egzoz gaz sıcaklıklarının düşük olması püskürtme avansının dizel yakıtına göre bir miktar artırılması gerektiği belirtilmiştir.

Püskürtme avansının artırılmasıyla özellikle düşük motor hızlarında CO ve HC emisyonların daha çok azaldığı görülmüştür. Belirli bir motor hızında ve çalışma koşulunda biyodizel ile çalışmada dizel yakıtına göre daha çok yakıtın yakılması, daha çok enerjinin açığa çıkması ve silindir içi sıcaklıkların artması nedeniyle NO_x emisyonlarında artış belirlenmiştir. Şekil 2.6' da püskürtme avansının NO_x emisyonlarına etkisi görülmektedir.



Şekil 2.6. Püskürtme avansının NO_x emisyonlarına etkisi

Altun ve Gür (2005), tarafından bitkisel yağların dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanım olanakları karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri, motor performansı, egzoz emisyonları motor elemanları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan araştırmada, bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Ancak, motorin ile çalışmaya göre tasarlanmış mevcut dizel motorlarda bitkisel yağların bazı yakıt özelliklerinden dolayı problemler ortaya çıktığı saptanmıştır. Bu nedenle bitkisel yağların yakıt

özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği görüşüne varılmıştır. Sonuç olarak ise; bitkisel yağların pahalı olması, mevcut motorların tasarımı ve bitkisel yağların fiziksel özellikleri dikkate alındığında kısa vadede dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılabilecekleri görülmediği ancak bitkisel yağlardan transesterifikasyon reaksiyonu (alkoliz) ile elde edilen biyodizelin üretimi ve yakıt olarak kullanılması mümkün olduğu saptanmıştır. Biyodizel yakıtının sahip olduğu özellikler bakımından dizel motorunda kullanımının son derece uygun olduğu belirtilmiştir.

Çildir ve Çanakçı (2006), tarafından yapılan çeşitli bitkisel yağlardan biyodizel üretiminde katalizör ve alkol miktarının yakıt özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada, biyodizel olarak kullanılabilen metil esterler; ayçiçek yağı, mısırözü yağı ve kolza yağından elde edilmiştir. Laboratuvar şartlarında iç ester değişim yöntemi kullanılarak katalizör ve alkol miktarının reaksiyon üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen esterlerin dönüşüm oranlarıyla gliserin miktarları, kinematik viskoziteleri, yoğunlukları, akma noktaları, asit numaraları ve parlama noktaları incelenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, 1:3 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının düşük olduğu, yoğunluk değerlerinin diğer esterlere göre yüksek olduğu, kinematik viskozite değerlerinin ASTM standartlarının üstünde olduğu, asit numaralarının ve parlama noktalarının ASTM standartlarına göre uygun olduğu gözlemlenmiştir. 1:6 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının yüksek olduğu, yoğunluklarının tipik biyodizel yoğunluğunda olduğu, kinematik viskozitelerinin ASTM standartları içinde olduğu, asit numaralarının ASTM standartlarına göre uygun olduğu, istisnai durumlar dışında parlama noktalarının ASTM standartlarının altında olduğu gözlemlenmiştir. 1:10 molar oranda üretilen esterlerin dönüşüm oranlarının çok daha yüksek olduğu, yoğunluklarının tipik biyodizel yoğunluğunda olduğu, kinematik viskozitelerinin ASTM standartları içinde olduğu, asit numaralarının ASTM standartlarına göre uygun olduğu, parlama noktalarının ASTM standartlarına göre çok düşük sıcaklıklarda olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak; ayçiçek, kolza, mısırözü yağlarından elde edilen metil esterlerin, yüksek akma noktasındaki problemin giderilmesinden sonra dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabileceği görülmüştür.

Haşimoğlu et al. (2007), tarafından yapılan çalışmada, turbo şarjlı bir dizel motorda yakıt olarak biyodizel kullanılmasının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılmamış rafine ayçiçeği yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilerek, bu yakıtın aşırı doldurmalı direkt püskürtmeli bir dizel motorunun kısmi yük şartlarındaki performansına ve egzoz emisyonlarına olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar neticesinde motor performans ve egzoz emisyonlarındaki değişimlerde biyodizelin alt ısı değerinin motorine göre daha düşük olmasının başlıca etken olduğu sonucuna varılmıştır. Biyodizel kullanıldığında performans ve emisyonlarda gözlenen değişikliklerde başlıca etken yakıtın ısı değerinin düşük olması, biyodizelin alt ısı değerinin düşük olması, bünyesinde kütlece yaklaşık % 11 oksijen içermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Alt ısı değerindeki azalma biyodizel kullanıldığında ÖYT' nin motorine göre artmasına yol açmıştır. Biyodizelin ısı değerindeki azalma egzoz gazı sıcaklığının düşmesine sebep olmuştur. Biyodizel kullanıldığında kısmi yüklerde verimin artması da egzoz gazı sıcaklığının düşmesinde etkili olduğu söylenmiştir. Kısmi yük şartlarında biyodizelin bünyesindeki oksijenin yakıtın oksidasyonunu iyileştirmesi sonucu verimde artış olmuştur.

Egzoz emisyonlarında gözlenen değişikliklerde ısı değerindeki azalmaya ilaveten yakıtın viskozitesinin fazlalığı ve bünyesindeki oksijende etkili olmuştur. Düşük yüklerde ısı değerindeki düşüklüğün etkisiyle HFK azalırken yüksek yüklerde viskozitesinden kaynaklanan sorunlardan dolayı HFK artmıştır. HFK' daki azalma ve yakıtın bünyesindeki oksijenin tesiri ile biyodizel kullanıldığında NO_x emisyonları önemli miktarda azaldığı gözlemlenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda yakıt olarak biyodizel kullanılmasıyla motorine göre genel olarak ÖYT, efektif verim ve NO_x emisyonu artmış, egzoz gazı sıcaklığı, HFK ve duman koyuluğu azalmıştır.

Keskin ve Ekşi (2006), tarafından yapılan bu çalışmada, üretilen mısır yağı biyodizelinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mısır yağı biyodizelinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenip dizel yakıt

değerleri ile karşılaştırılmıştır. Mısır yağı biyodizeli, tek silindirli direk püskürtmeli bir dizel motor da 1800 – 3200 d/d arasında tam yük testine tabii tutulmuştur. Test esnasında motor performans ve emisyon değerleri ölçülmüştür. Mısır yağı biyodizeli ile yapılan çalışmalarda ölçülen tork ve güç değerlerinin, dizel yakıt ile elde edilen değerlere yakın olduğu görülmüştür. Mısır yağı biyodizelinin özgül yakıt tüketimi değerleri, genel olarak ısıl değerinin düşük olmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Mısır yağı biyodizeli ile CO ve is emisyonlarının azaldığı, NO_x emisyonlarının ise arttığı tespit edilmiştir. SO_x emisyonlarına ise rastlanılmamıştır. Sonuç olarak ise; mısır yağı biyodizelinin dizel motorlarında herhangi bir modifikasyona gidilmeden alternatif yakıt olarak kullanılabilceği görülmüştür. Mısır yağı biyodizelinin yenilenebilir olması, yakıt özelliklerinin dizel yakıt özelliklerine yakın olması, çevreye daha az zararlı olması önemli avantajlarının olduğu görüşüne varılmıştır.

Shu et al. (2008), tarafından yapılan çalışmada, yağlı asit metil ester (FAME) bileşenlerinin moleküler yapıdan biyodizel yakıtının yüzey gerilimi için yapılan tahmin metodu incelenmiştir. Moleküler yapının mesafe matrisi ve bitişik olma matrisinin kombinasyonunu kullanan bir topolojik index öne sürülmüştür. Bu topolojik index karbon sayısı ve doymamış bağ gibi FAME' ler için moleküler yapı üzerinde bulunan bilgileri içerdiği belirtilmiştir. 5 FAME karışımının (yerfıstığı, kanola, hindistan cevizi, hurma ve soya fasulyesi yağı) topolojik index değerleri Modifiye Dalton- tip Kütle- averaj eşitlemesi kullanarak entegrasyon yoluyla hesaplanmıştır. 313 K' da bilinen kompozisyonunun FAME karışımlarının ortalama topolojik index ile ortalama yüzey gerilimi arasındaki ilişki doğrusal ve regresyon eşitliği biyodizel yakıtların yüzey geriliminin hesaplanmasına olanak sağlamıştır. Yukarıda belirtilen biyodizelin tahmini yüzey gerilimi ile onların ölçülen değerleri arasındaki göreceli hata % 2.19 olduğu ve 5 biyodizel yakıtının (mısır, ayçiçeği, yalancısafran ve pamuk tohumu, domuz yağı) yüzey gerilimleri daha sonra hesaplandığı belirtilmiştir.

Karabektaş ve Ergen (2007), tarafından yapılan çalışmada, rafine soya yağından transesterifikasyon yöntemiyle elde edilen ve biyodizel olarak adlandırılan soya yağı metil esterinin (SYME), bir dizel motorunda kullanılması sonucu elde edilen motor performans karakteristikleri ve NO_x emisyon değerlerindeki değişimler dizel yakıtı ile

karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Biyodizel yakıtının testlerinde motorine oranla daha düşük ısıl değer, yüksek viskozite ve yoğunluk saptanmıştır.

Rafine soya yağından transesterifikasyon metoduyla üretilen biyodizel yakıtına uygulanan testler sonucu viskozitesinin dizel yakıtına oranla % 58,34 oranında daha yüksek olduğu, buna karşın ısıl değerinin % 12,96 daha düşük olduğu saptanmıştır.

SYME' nin dizel motorunda kullanılması ile yapılan deneysel çalışma sonucuna göre, efektif güç ve tork değerleri göz önüne alındığında SYME ile motorine oranla daha düşük efektif güç ve tork değerleri elde edilmiştir. Efektif güçteki ve torktaki bu düşük makul seviyelerde (ortalama % 3,92) olduğu, özgül yakıt tüketimi değerleri ise SYME ile dizel yakıtına oranla ortalama % 9,18 oranında artış göstermiştir. Dizel yakıtına göre saf biyodizel ve karışım yakıtlarında ortaya çıkan güç ve tork düşük ve özgül yakıt tüketimi artış biyodizelin sahip olduğu düşük alt ısıl değerden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Termik verim değerleri göz önüne alındığında ise SYME ile ortalama olarak %5,26 oranında artış olmaktadır. NO_x emisyonları incelendiğinde SYME baz alındığında ortalama olarak % 18,23 oranında artış görülmektedir. Biyodizel yakıtının oksijen içeriği ve oluşturduğu karışımın yüksek HFK değeri NO_x emisyon artışında etkili olduğu belirtilmiştir. Yapılan testlerde yakıtın kullanılması ile ilgili önemli bir sorunla karşılaşılmamıştır.

Eliçin (2006) tarafından yapılan araştırmada, yakıt olarak kullanılan fındık yağının küçük güçlü bir dizel motor performansına etkilerini incelemek, emisyon kontrollerini yapmak ve uygulanabilirliğini incelemiştir. Bu amaçla, doğrudan püskürtmeli 5,5 kW anma gücünde 4 zamanlı bir dizel motoru kullanılmıştır. Yakıt olarak belirli oranlarda fındık yağı / dizel yakıtı karışımları ve transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen fındık yağı etil ve metil esterleri kullanılmıştır. Denemelerde devir sayılarına bağlı olarak, dönme momenti, yakıt tüketimleri ve emisyon değerleri ölçülmüştür. Yapılan hesaplamalarla, güç, özgül yakıt tüketimleri ve saatlik yakıt tüketimleri belirlenmiştir.

Fındık yağı kullanımı ile motor momenti gücü ve toplam veriminde No 2-D'na kıyasla az da olsa düşüşlerin meydana geldiği, yağ asidi metil esterleri kullanımı ile moment, güç ve toplam verim fındık yağı + Dizel yakıt karışımlarına oranla daha yüksek olduğu ve No 2-D' na daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Fındık yağı + dizel yakıt karışımları ile yapılan testlerde duman koyuluğunun No 2-D'na oranla daha yüksek olduğu, fakat yağ asidi metil esterlerinin kullanımı ile duman yoğunluğu karışım yakıtlarına oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. NO_x emisyonlarının fındık yağı kullanıldığında önemli ölçüde azaldığı, yağ asidi metil esterleri kullanıldığında ham fındık yağlarına oranla NO_x emisyonlarında kısmen artış belirlenmiştir.

Yapılan kısa süreli testlerde fındık yağının dizel yakıtıyla belirli oranlardaki karışımları dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmış, performans ve emisyon karakteristikleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları üretim fazlası ham fındık yağlarının alarak dizel motorlarında kısa süreli kullanılabilceğini göstermiştir.

Çanakçı ve Özsezen (2005), tarafından yapılan çalışmada, atık mutfak yağlarının yağ asidi esterlerine dönüştürülerek alternatif dizel yakıtı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, atık mutfak yağlarının yüksek oranda serbest yağ asidi ve su içerdiği bundan dolayı direk alkali katalizörlü reaksiyon kullanımı sabunlaşmaya neden olduğu ve katalizörün etkinliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Biyodizel birçok farklı metot kullanarak üretilebildiği bunlar içerisinde transesterifikasyon en çok kullanılan metot olduğu belirtilmiştir. Atık bitkisel yağların analizi sonucunda, kullanılmamış bitkisel yağlar arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

BÖLÜM 3

BİYODİZELİN TARİHİ GELİŞİMİ, ÜRETİM VE TÜKETİM ALANLARI, HAMMADELERİ, STANDARTLARI, ÖZELLİKLERİ, ÜLKEMİZİN BİYODİZEL POTANSİYELİ

3.1. BİYODİZELİN TARİHİ GELİŞİMİ

Literatür bilgilerine göre motorlarda bitkisel kökenli yağın yakıt olarak kullanımı Rudolf Diesel'in 10 Ağustos 1900 yılında Paris Fuarında sergilediği ve yerfistığı yağı ile çalışmak üzere tasarladığı motora kadar uzanmaktadır. Rudolf Diesel o tarihte bitkisel yağların "bitkisel yağlar önemli bir motor yakıtıdır. Bugün için önemsiz görünse de ileride önemi anlaşılacaktır." demiştir. Bu fuarda, dizel motor hiçbir zorlukla karşılaşmadan belirtilen yağla çalıştırılmış ve yapılan testlerde özgül yakıt tüketimi 240 gr/BGh ve yağın ısıl değeri 8600 kalori/kg olarak ölçülmüştür. Dizel motordaki benzer çalışmalar St. Petersburg'da bitkisel ve hayvansal yağlarla devam etmiştir. Motor için gerekli olan çok miktardaki yağlar özellikle Afrika'daki kolonilerden sağlanmıştır.

Bitkisel yağlar 1. Dünya Savaşı sırasında bazı ülkelerce acil durum yakıtı olarak kullanılmıştır. Yine bu yıllarda ikiz yakıt projeleri Ohio State Üniversitesinde pamuk ve mısır yağının petrodizel ile karışımı alanında yoğunlaşmıştır.

3.1.1. Dünyadaki Gelişmeler

Bugün biyodizel olarak bilinen yakıt ile ilgili ilk resmi doküman, 31 Ağustos 1937'de Brüksel Üniversitesinden G.Chavanne tarafından 422.87 patent numarası ile yapılan çalışmadır. Bu çalışmada biyodizel; Palm Yağı Etil Esteri olarak tanımlanmıştır. Burada asit katalizörlü transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır. Üretilen yakıt 1938 yazında Brüksel ile Leuven arasında çalışan ticari araçlarda

kullanılmıştır. Bu kullanımda petrodizelden yegâne farklılık viskozite olarak değerlendirilmiştir. Viskoziteyi azaltmak adına ayçiçeği metil esteri alanında çalışmalar yürütülmüştür. Etil ya da metil esteri ismi 1988 yılında basılan bir makalede “biodiesel” olarak isimlendirilmiş ve bu terim dünya da yaygınlık kazanmıştır. Zaman zaman ortaya çıkan petrol darboğazları sırasında bitkisel yağların yakıt olarak kullanımı gündeme gelmişse de konuya ilişkin bilimsel çalışmalar 1970’lerdeki petrol krizi ile birlikte yoğunlaşmıştır.

Uluslararası arenada çok sık gündeme gelen ve başta Avrupa Ülkeleri olmak üzere Türkiye’nin de içinde bulunduğu birçok ülke Kyoto Protokolü’ne imza atmıştır. Bu protokolün başlıca amacı tüm dünyada hızla artan çevre kirliliğinin önüne geçilmesini sağlamaktır. Biyolojik bozunabilirliği çok yüksek olan biyodizel, enerji ihtiyacının karşılanması bakımından çevreye dost önemli bir enerji kaynağıdır.

Kyoto Protokolü’ne göre AB çapında klasik dizel için biyoyakıt kullanımı, 2010 yılında % 5.75, 2012 yılında % 18, 2020 yılında % 20 oranlarında katılması gibi belirleyici hedefler koymuş bulunuyor. Yıllar itibari ile üretim arttıkça katkı payları da doğru orantılı artacak (İnternet 5, 2008).

ABD’de bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olabilirliği üzerinde yapılan çalışmalar hem üniversite ve araştırma enstitülerinde hem de John Deere, International Harvester, Caterpillar ve Perkins gibi motor üreten büyük firmalar tarafından 1981, 1982 yıllarından itibaren süre gelmektedir (Işığgür, 1992).

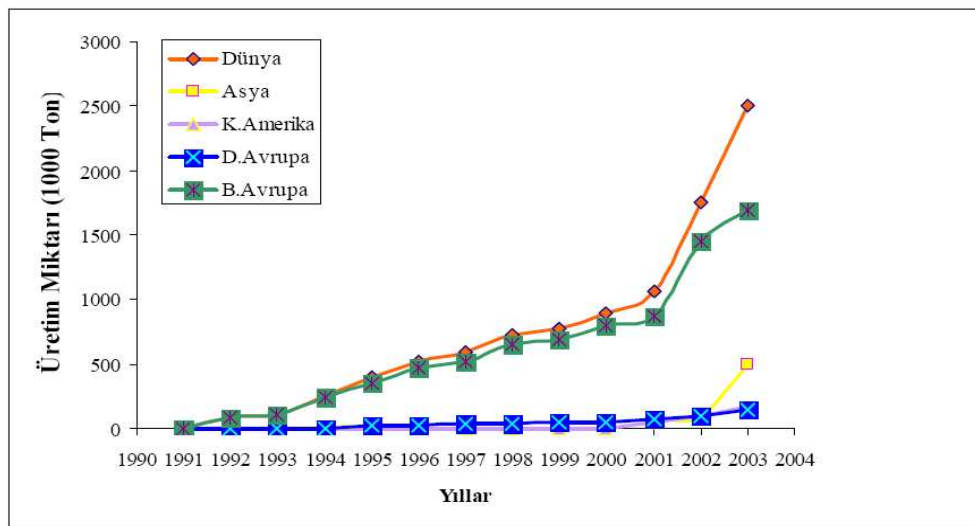
1982’de Avusturya’da Tarım ve Orman Bakanlığı’nın desteğiyle yürütülen araştırmalarda kolza yağı metil esterinin iyi bir dizel yakıt alternatifi olduğu ortaya konulunca ülkenin tarımsal fazlasını kolza ve ayçiçeği ekimi yönüne çevirerek 2000 yılına kadar hem dizel yakıt alternatifi üretimine hem de kendi talebine yetecek ölçüde bitkisel yağ elde etmesi öngörülmüştür.

Almanya bitkisel yağların alternatif dizel yakıtı olarak değerlendirilmesi konusunda önemli çalışmaların önderliğini yapmaktadır. Devlet destekli büyük projeler, uluslararası üne sahip otomobil fabrikalarının gerçekleştirdiği uygulamalar oldukça

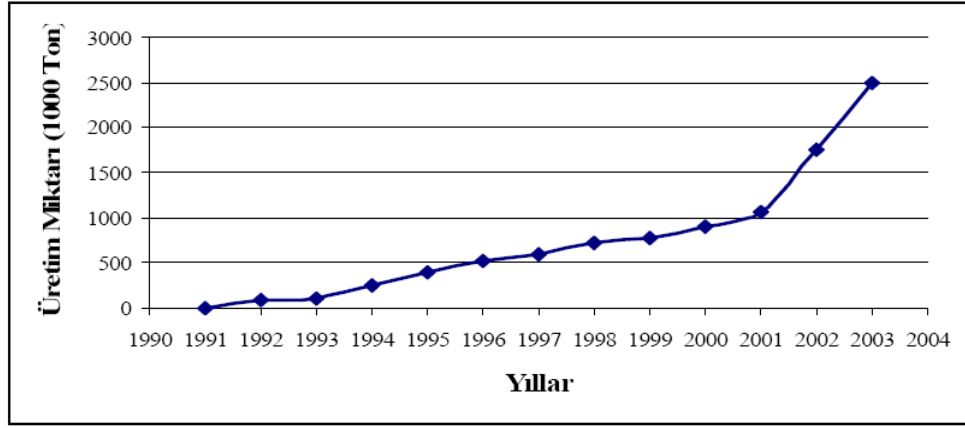
önemli sonuçlar vermiştir. İtalya’da endüstriyel ölçüde üretilmeye başlanan kolza, soya veya ayçiçek yağı metil esteri esaslı ilk biyoyakıttır. Diesel-bi adı ile üretilip 1991 yılından itibaren İsviçre’de Zürih şehri belediye otobüslerinde kullanılmakta olan bu yakıt aynı zamanda çevre kirliliği testleri de uygulanmaktadır. Aynı yakıt İtalya, Almanya, Fransa ve Avusturya’da da çeşitli tip Diesel motorlu taşıtlarda denenmekte ayrıca Milano -İtalya’da bulunan Montedisan Holding genel müdürlük binası bu yakıt ile ısıtılmaktadır (Işığığür, 1992).

Çek Cumhuriyeti’nde 2003 yılına kadar 176 adet biyodizel dolun istasyonu açılmıştır. Skoda firması, diesel motorlu Skoda Felicia 1.9 d ve Skoda Octavia otomobilleri için biyodizel deposu adapte ederek otomobiller üretmiş ve piyasaya çıkarmıştır. Diesel yakıtına % 22 katma değer vergisi uygulanmasına karşın biyodizel sadece % 5 katma değer vergisi uygulamış ve biyodizeli 13 – 15 CZK’ dan Diesel yakıtını ise 20 CZK’ dan satmaktadır (1 EURO = 30 CZK).

Günümüzde biyodizel üretimi artık ticari bir boyut kazanmakta ve üretim miktarları hızla artmaktadır. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’ de Dünya’da biyodizelin üretimindeki artış yıllara göre görülmektedir.



Şekil 3.1. Yıllık biyodizel üretimi (Öğüt vd., 2003).



Şekil 3.2. Yıllık biyodizel üretimi (toplam) (Öğüt vd., 2003).

3.1.2 Türkiye'deki Gelişmeler

Türkiye'de alternatif yakıt konusu Cumhuriyetin ilk yıllarında gündeme gelmiştir. 1936 yılında Atatürk'ün hazırlattığı 2. Beş Yıllık Kalkınma Planında yakıtların ithal yoluyla sağlanmaması, ülkenin hammadde kaynaklarından faydalanılması uygun görülmüştür. Ancak II. Dünya Savaşı'nın ardından Dünya'da ham petrol üretiminin artması, fiyatların düşmesi konunun ilgi görmemesine neden olmuştur. 1973 yılından sonra petrol fiyatlarındaki artış ve enerji krizleri sonucu bu konu çerçevesinde girişimler olmuşsa da dizel motoru yakıt alternatifi olarak bitkisel yağlardan faydalanma konusu ancak çok az sayıda bilimsel çalışma ile sınırlı kalmıştır. 2003 Yılında Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü biyodizel konusunda çalışmalar başlatmış ve müdürlük arazilerinde biyodizel üretmek amacı ile aspir yetiştirmektedir.

Günümüzde petrol sıkıntıları bitkisel yağların dizel motorları için yakıt alternatifi olabildiğini yeniden gündeme getirmiş ve böylece yağların hangi kimyasal ve fiziksel özellikleri ile dizel motorlarında daha sorunsuz kullanılabileceği konusu araştırılmıştır. Kimyasal yapı olarak uzun, dallanmış ve tek çift bağ içeren yağ asidi esterlerinin dizel motorları için uygun yakıt olarak kullanılabileceği, artan doymamışlığın setan sayısını olumsuz yönde etkilediği ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra, viskozitenin karbon zincirinin uzunluğu ile orantılı olarak arttığı, yağ asidindeki doymamışlığın artışı ile de azaldığı bilinmektedir. Yüksek oleik ve yüksek linoleik

içeren bitkisel yağlarının her ikisinin de diesel yakıt alternatifi olabilme özelliğine sahip olduğu görülmektedir (Eliçin, 2005).

3.2. BİYODİZELİN HAMMADELERİ

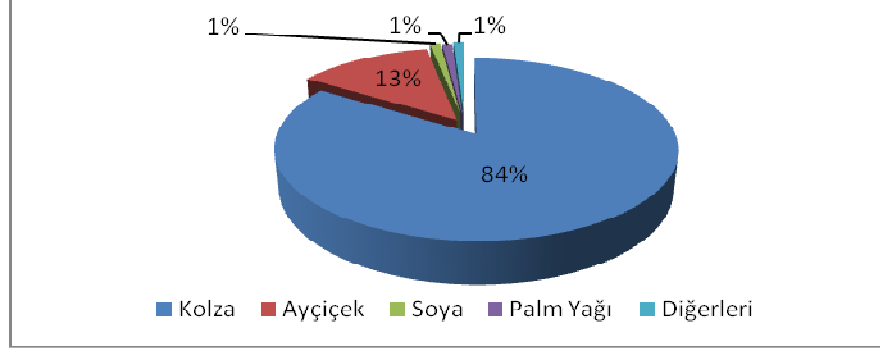
Bitkisel yağlar, trigliserid diye adlandırılan bir gliserol molekülüne bağlanmış üç yağ asit moleküllerinin zincirlerinden meydana gelmiş ve birçok yağ asidi içermektedir. Yapılan çalışmalarda, bitkisel yağlarda palmitik ($C_{16}H_{32}O_2$), stearik ($C_{18}H_{36}O_2$), oleik ($C_{19}H_{34}O_2$), linoleik ($C_{18}H_{30}O_2$) ve miristik ($C_{14}H_{28}O_2$) gibi yağ asitlerinin bulunduğu kaydedilmiştir. Araştırmacılar yağ asidinin zincir yapısındaki son karbonunun çıkarılıp yerine metil kökünün eklenmesi ile o yağın metil esterine dönüşebileceğini araştırmışlardır. Bitkisel yağların uzun zincirli yağ asitlerin mono alkil esteri olması bakımından kimyasal olarak yağ asidi metil esteri adıyla tanımlanmaktadır. Bitkisel yağların ya da hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli metil alkol veya etil alkol ile reaksiyona girmesi sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılabilen ürün biyodizel olarak bilinmektedir. (İlkılıç, 2006)

Biyomotorin üretimde kullanılabilir yağ kaynakları:

- Bitkisel Yağlar: Ayçiçek, Soya, Kolza, Aspir, Pamuk, Palm Yağları
- Geri Kazanım Yağları: Bitkisel Yağ Endüstrisi Yan Ürünleri
- Şehirselle ve Endüstriyel Atık Kökenli Geri Kazanım Yağları: Kahverengi Gres, Siyah Gres
- Hayvansal Yağlar: Don Yağları, Balık Yağları ve Kanatlı Yağları
- Atık Bitkisel Yağlar: Kullanılmış Yemeklik Yağlar: Sarı Gres

Şekil 3.3' de biyomotorin üretiminde kullanılan hammadde kaynaklarının dağılımı görülmektedir. Buna göre kolza yağı %84 ile en çok kullanılan hammadde olurken, onu ayçiçek yağı %13 miktarı ile takip etmektedir. Soya, palm yağı ve diğer hammaddeler ise üretimde %1'lik paya sahiptir. 00-kolza türlerinden elde edilen kolza yağı (kanola yağı) transesterifikasyonda kullanılan en önemli bitkisel yağ çeşidi olup, kanola yağı yüksek kalitede biyomotorin üretimi için çok uygundur. Almanya ve Avusturya kanola kökenli biyomotorin üretiminde lider ülkelerdir.

Ayçiçek yağı Güney Fransa ve İtalya’da, soya yağı ABD’de, palm yağı Malezya’da biyomotorin üretiminde yaygın kullanılmaktadır. ABD, Avusturya ve İngiltere kullanılmış yemeklik yağ kökenli biyomotorin üretimini gerçekleştiren lider ülkelerdir. (Karaosmanoğlu, 2006).



Şekil 3.3. Biyomotorin üretimi hammadde kaynakları (Karaosmanoğlu, 2006).

3.3. BİYODİZELİN STANDARTLARI

Biyomotorin saf ve motorin-biyomotorin karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtlar aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

B5 : % 5 Biyomotorin+ % 95 Motorin

B20 : % 20 Biyomotorin+ % 80 Motorin

B50 : % 50 Biyomotorin+ % 50 Motorin

B100 : % 100 Biyomotorin

Biyomotorin için EN 14214 ve EN 14213 Avrupa Birliği Standartları ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Ülkemizde EN standartları temel alınarak hazırlanmış,

TS EN 14214: OTOBİYODİZEL

TS EN 14213: YAKITBİYODİZEL standartları yürürlüktedir (Karaosmanoğlu, 2006).

Biyodizelin, tüm dizel motorlu sistemlerde uzun süreler boyunca sorunsuz bir şekilde kullanılabilmesi için yakıt kalitesinde olmalı yani standartlara uyması gerekmektedir.

3.4. BİYODİZELİN ÖZELLİKLERİ

3.4.1. Biyodizelin Çevresel Özellikleri

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO₂ dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyonudur. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SO_x, NO_x emisyonları insan sağlığına da zararlıdır (İnternet 2, 2008).

Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, biyolojik karbon döngüsü içinde, fotosentez ile CO₂' i dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Yani biyodizel CO₂ emisyonları için doğal bir yutak olarak düşünülebilir. Ayrıca CO, SO_x emisyonlarının, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) daha az salındığı kanıtlanmıştır (İnternet 2, 2008).

Biyodizelin NO_x emisyonları dizel yakıtı göre daha fazladır. Emisyon miktarı motorun biyodizel yakıtı uygunluğuna bağlı olarak değişir. NO_x emisyonlarının % 13 oranına kadar arttığı test edilmiştir. Bununla birlikte biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden NO_x kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NO_x kontrol teknolojilerine uygun değildir (Dizge vd, 2007).

Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler biyodizel kullanımında dizel yakıtı nazaran % 50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır (İnternet 2, 2008).

Biyodizel yakıtının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtının yanması sonucu oluşan CO oranından % 50 daha azdır. Saf biyodizel (B100) ve % 20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek

emisyön değerlerinin dizel yakıtlarla karşılaştırmalı değerleri izelge 3.1' de verilmektedir (İnternet 2, 2008).

Çizelge 3.1.B100 ve B20 biyodizellerinin kullanılması ile oluşan emisyön değerleri

	B100	B20
Yanmamış Hidrokarbonlar	% -93	% -30
Karbon Monoksit	% -50	% -20
Partikül Madde	% -30	% -22
NO _x (Azot Oksitler)	% +13	% +2
Sulfatlar	% -100	% -20
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar – PAH (Kanserojen Maddeler)	% -80	% -13
nPAH (nitratlı PAH'lar)	% -90	% -50
Hidrokarbonların Ozon Tabakasına Etkisi	% -50	% -10

3.4.1. Biyodizelin Yakıt Olarak Teknik Özellikleri

Biyodizel, dizel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk malzemesi biyodizel ile uyumlu kullanılamamıştır. Çünkü biyodizel, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip etmiştir. Ancak, bu problemler B20 (% 20 biyodizel - % 80 dizel) ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmez. Bununla birlikte, biyodizelin çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtının depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları-tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur (İnternet 2, 2008).

Biyodizelin alevlenme noktası, dizelden daha yüksektir (>110 °C). Bu özellik biyodizelin kullanım, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar.

Biyodizel petrol kaynaklı dizel ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir. Bu özellik petrol kaynaklı dizelin kalitesini yükseltir. Örneğin yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerlerini düşürür, motordaki yağlanma derecesini artırır ve motor gücünü azaltan birikintileri çözer (İnternet 2, 2008).

Dizel yakıtların tutuşma özelliğini belirleyen setan sayısı, uzun düz zincirli doymuş hidrokarbonlarda yüksektir. Orta veya uzun zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayıları yüksektir. Yüksek setan sayısı tutuşma gecikmesi süresini azaltır

No-2 dizel yakıtının bulutlanma ve akma noktaları biyodizele göre daha düşük kalmaktadır. Biyodizelin aynı çalışma şartlarında güç ve torku, No-2 dizel yakıtına göre daha düşük kalmaktadır. Ayrıca yakıt sarfiyatı daha fazladır (Alpgiray, 2006).

Biyodizelin yoğunluğu, fosil dizel yakıtlara göre daha yüksektir. Hidrokarbon zinciri uzadıkça yoğunluk azalır, çift bağ sayısı arttıkça yoğunluk artar. Yoğunluk yakıt sarfiyatına ve yanma ısısına etki eder.

Kükürt oranı, motor aşınması ve çevre kirliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Yanma sonucu meydana gelen gazlarda çevreye ve bitkilere zararlı olduğu gibi silindir içerisinde meydana gelen su buharı ile asit oluşturmaktadır. Bu asit, motor parçaları üzerinde kimyasal aşınmaya neden olmaktadır. Kükürt oranı bitkisel yağlarda %0,01 olarak belirlenmiştir. ASTM sınır değeri ise % 0,5 olduğundan, bu değer biyoyakıtlarda aşılmamaktadır (Alpgiray, 2006).

Çizelge 3.2' de dizel ile biyodizelin yakıt özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelge 3.2 değerleri incelendiğinde her iki yakıt arasında büyük farklılıklar olmadığı görülür (İnternet 2, 2008).

Çizelge 3.2. Dizel yakıtı ve biyodizelin yakıt özellikleri (İnternet 2, 2008)

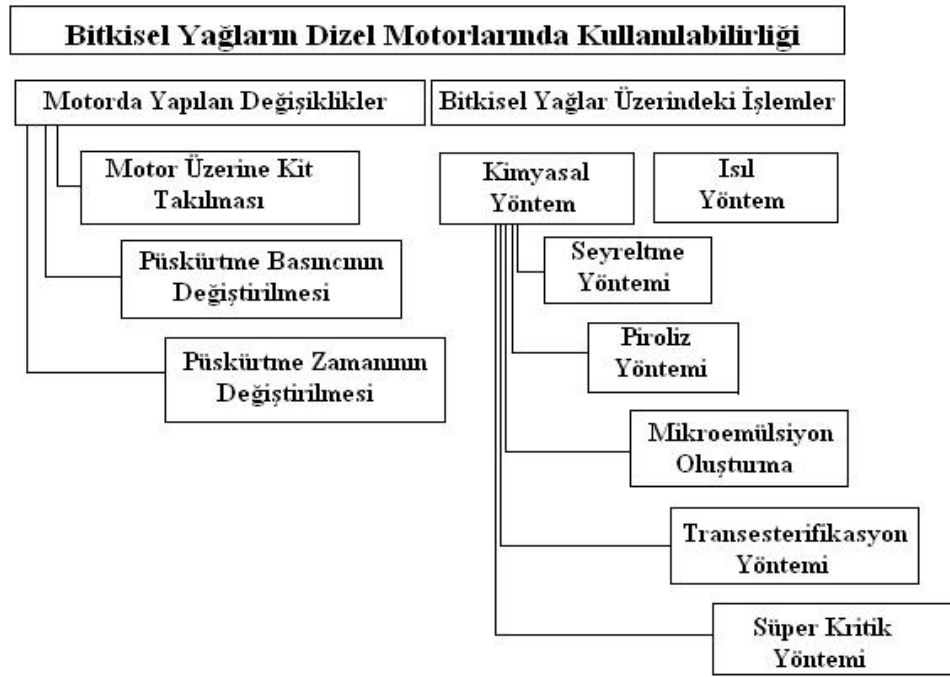
Yakıt Özellikleri	Birim	Sınır Değeri Min-Max	Biyodizel	Dizel
Kapalı Formül	-----	-----	$C_{19}H_{35,2}O_2$	$C_{12,226}H_{23,29}S_{0,0575}$
Molekül Ağırlığı	g/mol	-----	296	120–320
Alt Isıl Değeri	MJ/kg	-----	37,1	42,7
Kütlesel	MJ/L	-----	32,6	35,5
Hacimsel				
Özgül Ağırlığı 15°C	Kg/L	0,875–0,90	0,87–0,88	0,82–0,86
Kinematik Viskozite (40°C)	mm ² /s	2–4,5	4,3	2,5–3,5
Tutuşma Noktası	°C	55-..	>100	>55
Kükürt İçeriği	% Kütlesel	..-0,05	<0.01	<0.05
Tutuşma Katsayısı	Setan Sayısı	49-..	>55	49–55
Kül	% Kütlesel	..-0,01	<0.01	<0.01
Su Miktarı	Mg/kg	..-200	<300	<200

3.5. BİYODİZEL ÜRETİMİ

Bitkisel yağların enerji içerikleri, petrol kökenli dizel yakıtları ile hemen hemen aynı düzeydedir. Ancak dizel yakıtına göre 10 – 20 kat daha fazla sahip oldukları yüksek viskozite sebebiyle; enjektörlerde tıkanma, yağlama yağı problemleri, motor ömrünün kısılması ana sorunları ile belirtilebilecek pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır. Bitkisel yağların direkt püskürtmeli dizel motorlarında uzun süreli kullanımları imkânsız olup, sadece rafine yağların ön yanma odalı dizel motorlarında bazı sınırlamalar ile değerlendirilmesi mümkündür (Eliçin, 2006).

Bütün bu olumsuz faktörler, motor bakım masraflarını artırıcı ve motorun ömrünü kısaltıcı yönde etki etmektedir. Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için, öncelikle yüksek viskozite probleminin çözülmesi

gerekmektedir. Buna göre yüksek viskozite problemi, ya motorda bir takım değişiklikler yaparak ya da saf bitkisel yağlara çeşitli yöntemler uygulanarak çözülmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemlerin başlıcaları, seyreltme, mikroemülsiyon oluşturma, piroliz, transesterifikasyon ve süper kritik yöntemdir (Oğuz, 2001). Şekil 3,4'de bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılabilirliği için kullanılan yöntemler şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.4. Bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilme yöntemleri (Eliçin, 2005)

Bitkisel yağlar pratikte direkt motorlarda yakıt olarak kullanılabilmektedir. Ama bir süre sonra motorun bitmesiyle sonuçlanabilecek arızalar oluşturmaktadır. Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilmelerini sağlamak amacı ile iki yönde çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bunlardan biri, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi, diğeri de motor ayarlarının değiştirilmesidir. Yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi konusundaki çalışmaların ağırlığını, bitkisel yağların viskozitesinin azaltılması oluşturmaktadır. Bitkisel yağların viskozitesinin azaltılmasında, ısıl ve kimyasal olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır. Kimyasal yöntemler; seyreltme, mikroemülsiyon, piroliz ve transesterifikasyon yöntemleri olmak üzere dörde

ayrılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan yöntem ise transesterifikasyon yöntemidir (Hacıkadıroğlu, 2007).

3.5.1. Bitkisel Yağların Doğrudan Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması

Bitkisel yağların doğrudan dizel yakıt alternatifi olarak kullanılması üzerine yapılan kısa süreli testlerde, yağların iyi bir seçenek olduğu görölmüştür. Ham yağların herhangi bir işlem yapılmadan kullanılması ile çalıştırılan motorların yağlama yağlarında kısa bir süre sonra katı partiküller belirlenmiş ve yağ bozulmuştur. Motor kısa süreli bir çalışma sonucunda durdurulmak zorunda kalmıştır. Yakıtın alçak basınç borularının ısıtılması ile yanma odasındaki karbon birikiminde azalmalara neden olduğu görölmüştür. Doğrudan bitkisel yağların kullanılması ile yapılan çalışmalarda, bitkisel yağların ısıtmanın, püskürtme özelliklerini olumlu etkilediği ve setan sayısında artışa neden olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kısa süreli testlerde elde edilen olumlu sonuçlara karşın, uzun süreli motor testlerinde çeşitli sorunlar ile karşılaşmaktadır (Güler, 2008).

3.5.2. Seyreltme Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması

Genel olarak seyreltme modifikasyon tekniği uygulamasında, bitkisel yağlara belli oranlarda dizel yakıt ve/veya organik bileşikler katılarak, yağın viskozitesi düşürölmektedir. Uygulamada yaygın olarak kullanılan B20 yakıtı, dizel yakıtı içerisine % 20 oranında bitkisel yağ katılarak elde edilmektedir. Bu şekilde elde edilen yakıtın, dizel yakıtına göre maliyetinin daha düşük olduğu ve performans değerlerinin de dizel yakıtına yakın olduğu belirlenmiştir (Güler, 2008).

3.5.3. Mikroemülsiyon Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması

Bitkisel yağların viskozitesini düşürmek için, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyon oluşturulmaktadır. Böylece viskozite değeri düşmektedir. Mikroemülsiyon, normalde karışmayan iki sıvı ile bir veya daha fazla amfifilin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu yöntemle petrolden tamamen bağımsız alternatif dizel yakıtları meydana getirmek mümkün olabilmektedir (Güler, 2008).

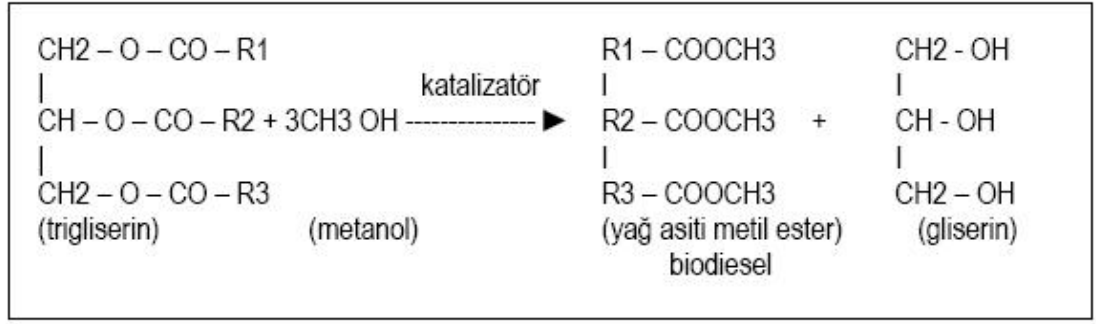
3.5.4. Piroliz Yöntemi İle Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması

Piroliz veya kraming kimyasal bağların daha küçük moleküller oluşturmak üzere kırılması işlemidir. Bitkisel yağların piroliz ürünlerini elde etmek için iki yöntem vardır. Bunlardan biri, bitkisel yağı ısı etkisiyle kapalı bir kaptaki parçalamak, diğeri ise standart ASTM distilasyonu ile ısı parçalanma etkisinde tutmaktır. Bu ikinci yöntem ile yapılan çalışmada, soya yağından elde edilen distilasyon saf bitkisel yağa göre, dizel yakıtına daha yakın özellikler taşıdığı gözlenmiştir (Hacıkadıroğlu, 2007).

3.5.5. Transesterifikasyon Yöntemi ile Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması

Transesterifikasyon, bir trigliserit molekülünün bir alkol ve katalizör eşliğinde reaksiyona girerek, gliserin ve yağ esterleri üretmesi sürecidir. Biyodizel olarak adlandırılan monoesterler, bitkisel veya hayvansal yağların transesterifikasyonu ile üretilir. Stokiyometrik bir transesterifikasyon reaksiyonu için alkol ve yağın mol oranı 3:1 olmalıdır. Reaksiyon sonunda 3 mol yağ asidi esterleri (biyodizel) ve 1 mol gliserin üretilir. Kütleli olarak hesaplama yapıldığında, 1 mol yağın yaklaşık 885 gram olduğu kabul edilirse, teorik olarak yaklaşık 97 gram metanol reaksiyona girmektedir. Reaksiyon sonunda, yaklaşık 890 gram biyodizel ve 93 gram gliserin elde edilir. Ürün dönüşümünü arttırmak için alkol molar oranı yükseltilebilir.

Örneğin alkol-yağ molar oranı 3:1 iken, ürün dönüşümü % 89,7 olurken, alkol miktarı yükseltip molar oran 6:1 olduğunda ise ürün dönüşümü % 98,9 olmuştur. Transesterifikasyon işlemi kullanılan alkol ve katalizör, bunların reaksiyondaki kullanım miktarları, reaksiyon zamanına ve ürün dönüşümüne etki eder. Diğeri bir parametre de reaksiyon sıcaklığıdır. Alkol olarak metanol kullanılan bir transesterifikasyon reaksiyon denklemi Şekil 3.5’de görülmektedir.



Şekil 3.5. Transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel üretim metodu (Alptekin, 2006).

Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılmasına engel olan en büyük nedenlerden biri olan viskozite, transesterifikasyon reaksiyonu sonucu üretilen biyodizel ile birlikte yaklaşık 10 kat azalır. Yoğunluk ise biraz düşer. Bunun yanı sıra molekül ağırlığı, yağın molekül ağırlığının üçte birine iner. Uçuculukta da bir miktar iyileşme meydana gelir. Böylelikle bitkisel yağların özellikleri dizel yakıtına daha da yaklaşmış olur.

Transesterifikasyon reaksiyonunda reaksiyonun tamlığını ve hızını arttırmak için katalizör kullanılır. En yaygın olarak kullanılan katalizörler potasyum hidroksit(KOH) ve sodyum hidroksittir (NaOH). Bunun yanı sıra, asit katalizör de kullanmak mümkündür. Ancak asit katalizörler alkali katalizörlere göre transesterifikasyon reaksiyonunda daha yavaştır ve daha fazla alkol gerektirir. Asit katalizörlü bir transesterifikasyon reaksiyonu oda sıcaklığında gerçekleştirilirken, reaksiyon çok yavaş ve ester dönüşümü düşük olarak elde edilmiştir (Alptekin, 2006)

3.5.6. Süper Kritik Yöntemi ile Bitkisel Yağların Yakıt Olarak Kullanılması

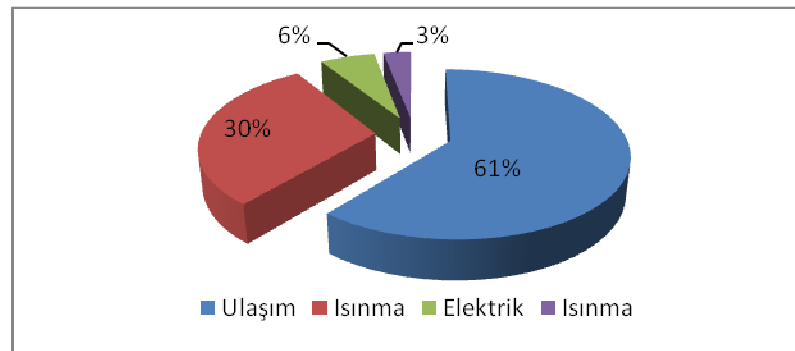
Süper kritik yönteminde, transesterifikasyon yönteminden farklı olarak katalizör kullanmadan 350 °C gibi yüksek sıcaklıklarda, 240 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir (Güler, 2008).

3.6. BİYODİZELİN ÜRETİM VE TÜKETİM ALANLARI

Biyodizel küçük ölçekli evsel üretim tesislerinde üretilebildiği gibi sanayi ölçekli modern tesislerde de üretilebilmektedir. Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizelin kalorifer yakıtı ve jeneratör yakıtı olarak da değerlendirilmesi mümkündür. Biyodizel kükürt içermediği için, seralarda mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca sanayide (gıda işleme sanayii de dahil), yeraltı madenciliğinde kullanımı önerilmektedir. Biyodizel ülkemizde de çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilir bir yakıttır. Biyodizel konut ve sanayi sektörlerinde de fuel-oil yerine kullanıldığı gibi ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanılabilir bir yakıttır (Güler, 2008).

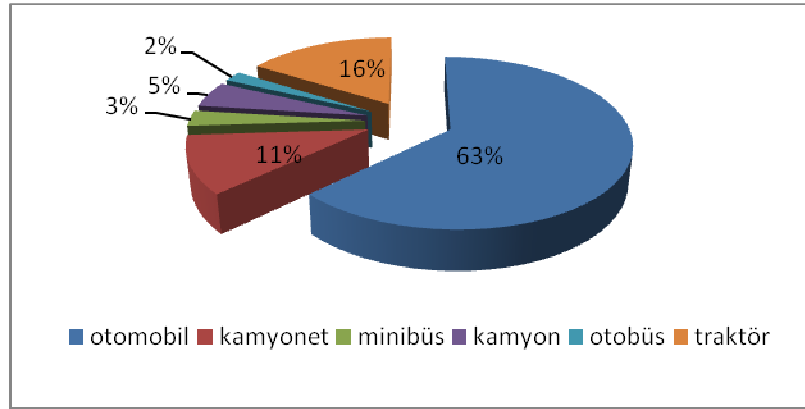
3.6.1. Ulaştırma Sektörü

Biyodizel, bazı araçlarda küçük modifikasyonlar yapılarak veya dizel kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan kullanılabilir ve dizelin depolandığı koşullarda ve mekânlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe kullanımı yaygın olarak gerçekleşmektedir. Gerek otomobil üretici firmaları gerekse tarım makineleri üreticileri biyodizeli yakıt olarak araçlarında kullanma garantisi vermişlerdir. Ülkemizde 2001 yılında sivil dizel yakıt tüketimi 8.763.828 ton olarak gerçekleşmiş ve tüketimin sektörlere göre dağılımı Şekil 3.6' da verilmiştir (Güler, 2008).



Şekil 3.6. Türkiye'nin 2001 yılı dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı

Şekil 3.6' dan da görüldüğü gibi dizel yakıt tüketiminde en büyük pay % 61 ile ulaştırma sektörüne aittir. Isınma için harcanan dizel yakıt miktarı da % 30 gibi küçümsenmeyecek bir paya sahiptir. DİE'nin yapmış olduğu istatistiklere göre ülkemizdeki motorlu kara taşıtlarının sayısı Mart 2003 tarihi itibariyle toplam 7.507.516' dır. Dağılımı Şekil 3.7' de verilen kara taşıtlarının % 49,37'si dizel yakıtla çalışmaktadır ve ticari araç kategorisindedir (Güler, 2008).

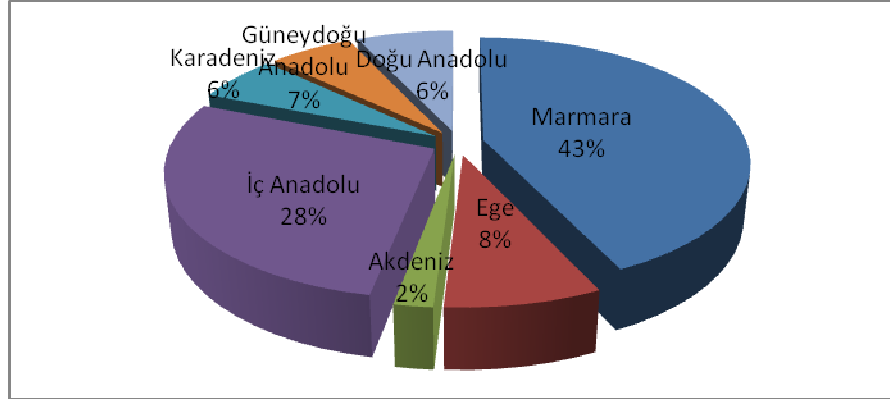


Şekil 3.7. Ulaştırma sektöründeki kara taşıtlarının dağılımı (Güler, 2008).

Ayrıca; ülkemizde dizel yakıtı deniz taşıtlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada biyodizelin dizel yerine deniz taşıtlarında kullanımı oldukça yaygındır.

3.6.2. Konut Sektörü

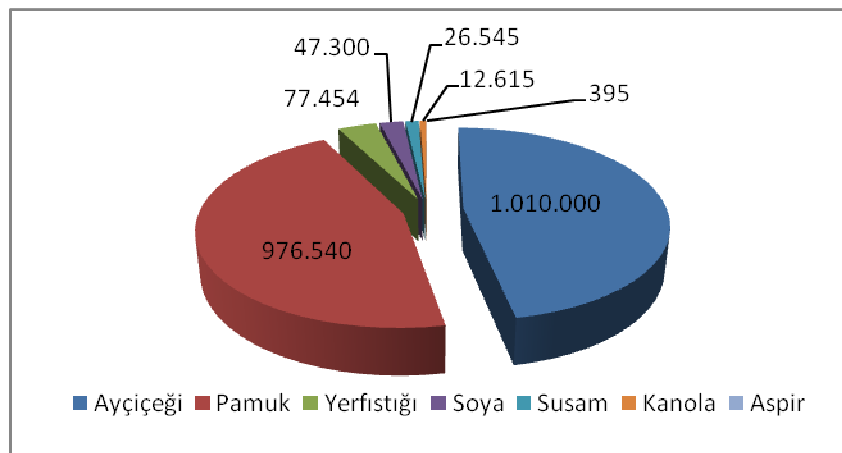
Biyodizel fuel oil yakan kazanlarda da yakıt olarak kullanılabilir. DİE'nin 1998 yılı verilerine göre Türkiye'deki toplam 903.224 adet kaloriferli konuttan (resmi daireler ve okullar hariç) % 24,9'u (224.817 adet) fuel oil ile ısınmaktadır. Bunun yanı sıra konutlarda toplam 144.431 adet elektrik jeneratörü mevcuttur ve jeneratörlerde de biyodizel kullanılabilir. Konutlarda 1998 yılında tüketilen toplam enerji 21.232.166 ton eşdeğer petrol (TEP) olup, 1.043.398 TEP (% 4,9) enerji fuel oilden karşılanmaktadır. Konutlardaki kalorifer kazanlarında tüketilen fuel oil miktarı 1998 yılı için 976.825 ton'dur ve bölgelere göre dağılımı Şekil 3.8' de verilmiştir (Güler, 2008).



Şekil 3.8. Konutlarda tüketilen fuel-oil bölgelere göre dağılımı (Güler, 2008).

3.7. TÜRKİYE’NİN BİYODİZEL POTANSİYELİ

Bitkisel yağlar ülkemizde halen yemeklik yağ olarak tüketildiğinden ekiliş ve üretim miktarları bu alana cevap verebilecek düzeydedir. Bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanılabilir duruma gelmesiyle, bu alandaki üretimin artırılma olanağı her an mevcuttur. Özellikle nadas alanları ve üretim maliyetlerinden dolayı atıl kalmaktadır. Bu arazilerin devreye girmesiyle, yağ bitkileri üretimi ve bitkisel yağ potansiyelini artırmak mümkündür (Ulusoy, 2002) Şekil 3.9’ da Türkiye’de, 2006 yılına yağ bitkileri üretim miktarı gösterilmiştir.



Şekil 3.9. 2006 yılı Türkiye yağ bitkileri üretim miktarı (Güler, 2008).

Ülkemizde yağ bitkileri üretimine ilişkin tutarlı tarımsal planlamaların yapılıp, uygulamaya sokulamayışı nedeniyle yıldan yıla bitkisel yağ açığımız artmaktadır. 2003 yılında yaklaşık 1.400 bin ton yağlı tohum ithalatı ile 400 milyon dolar; 900 bin ton ham yağ ithalatı ile yaklaşık 450 milyon dolar döviz ödenmiştir. Yağlı tohum, ham ve rafine yağ ile yağlı tohum küspesi olarak yaklaşık 1 milyar dolarlık döviz karşılığında ithalat yapılmıştır. Hemen her türlü iklim bitkisinin yetişebileceği ülkemizde bitkisel yağ açığımız bu aşamaya gelmiş olması düşündürücü bir olaydır. Ayrıca yağlı tohum üretiminin istenen düzeyde artırılmaması, kapsamlı ve planlı bir çalışma yapılmamasından kaynaklanmaktadır (Altun, 2005).

Ülkemizde her yıl yaklaşık 1,5 milyon ton bitkisel yağ tüketilmektedir. Özellikle kızartma işlemlerinden sonra 150–350 bin ton civarında kızartmalık atık bitkisel yağ oluştuğu tahmin edilmektedir (Yıldırım, 2006). Buna rağmen atık yağların ancak en fazla 50 bin tonunun toplanabildiği tahmin edilmektedir (İnternet 3, 2008).

Biyodizel Türkiye'de mevcut olanaklarla uygulamaya alınabilecek en önemli alternatif yakıt seçeneklerinden biridir. Ülkemizde kara taşımacılığının önemli bölümünde ve deniz taşımacılığında dizel motorlu taşıtlar kullanılmaktadır. Ayrıca endüstride jeneratörler için önemli miktarda motorin kullanılmaktadır. Petrol tüketimimizin ancak %15'i yerli üretimle sağlanabilmektedir. Petrol ürünleri tüketimi içinde ise, en büyük pay %34 değeri ile motorine aittir. Biyodizel kullanımı ile petrol tüketiminde ve egzoz gazı kirliliğinde azalma gerçekleşecektir. Biyodizel üretmek ve kullanmak için Türkiye yeterli ve uygun alt yapıya sahiptir. Türkiye'de kolza (kanola) , ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinin enerji amaçlı tarıma mümkündür. Hükümetin aldığı son tasarruf önlemleri kapsamında tarımda sadece kanola ve soya ekimine destek verilme kararı alınmıştır. Bu durum, çiftçiye bir yön vermektedir. Kanola ve soya ekimi ek bir bedelle desteklenmektedir. Kışı ılıman geçen bölgelerimizde kanola ikinci ürün olarak da ekilebilir. Tarımı sorunsuz ve maliyeti buğday ve ayçiçeğinden az olan kanola, Türk çiftçisi için önemli bir kurtarıcı olacaktır. GAP Bölgesi'nde 10 milyon dekar alanda sulu tarıma olanak vardır; bölgede pamuğun yanı sıra dönüşümlü olarak kanola ve/veya soya ekimi olumlu olacaktır. Çok genel bir hesaplama ile GAP Bölgesi'nde kanola ve/veya soya ekimi ve biyodizel üretimi ile yılda 1.5 milyon ton biyodizel üretilebileceği

söylenbilir. Enerji amaçlı tarımın, Türkiye tarım politikası içinde yer alması çiftçinin yönlendirilmesi yararlı olacaktır (Karaosmanoğlu, 2006)

Biyodizel konusunda resmi olarak faaliyet gösteren, işleme ve dağıtım lisansına sahip 59 adet firmanın olduğu (Eylül 2008 itibariyle) fakat bu firmaların önemli bir bölümünün fiilen çalışmadığı yapılan tespitler arasındadır. Türkiye’de resmi olarak belirlenen biyodizel üretimi 2005 yılı itibariyle 90.000 ton, 2006 itibariyle de 10.000 ton olduğu belirlenmiştir. 2007-2008 yıllarına ilişkin olarak lisanslı firmaların üretimiyle birlikte, kayıt dışı üretim yapan firmaların sayıları ve üretim miktarları tespit edilememekte, buna rağmen ülkemizde 3.000 civarında biyodizel ünitesinin faaliyet gösterdiği tahmin edilmektedir (Yaşar, 2008).

BÖLÜM 4

KANOLANIN İLK KULLANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ, KANOLA TARIMI, KANOLA YAĞININ ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI, ÜRETİMİ, MOTOR YAKITI OLARAK KULLANIMI

4.1. KANOLANIN İLK KULLANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Kolza; lahana ve yağ şalgamının tabii olarak melezlenmesi sonucu meydana gelmiş bir türdür. Kolza ilk defa M.Ö. 2000 yılında Hindistan'da kültüre alınmış, daha sonra Çin'e ve Japonya'ya yayılmıştır (Sobutay, 2004).

1942'de Kanada, yağını gemicilikte kullanmak amacıyla kolza üretimine başlamış ve daha sonra düşük erusik asit içeren yazlık çeşitler geliştirilerek 1956-1957'de insan gıdası amacıyla ilk kolza yağını işlemiştir (Sobutay, 2004).

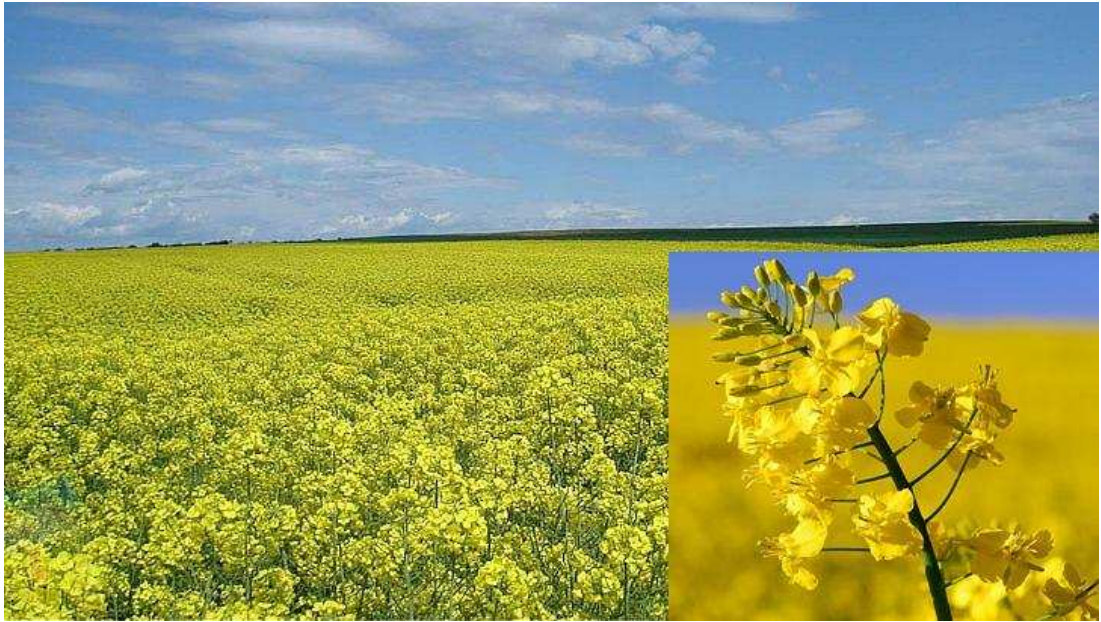
Ülkemize 2. Dünya savaşı sırasında Bulgaristan ve Romanya'dan gelen göçmenler yoluyla girmiştir. 1980 yılı öncesinde başta Trakya olmak üzere bitki birçok yöremizde yetiştirilmiştir. Ancak ekimi yapılan kolzanın yağındaki erusik asit ve küspesindeki glikosinolat oranının yükselmesi sonucu Ankara ve Ege üniversiteleri ile Ünilever bazı ıslah çeşitlerinin Trakya ve Anadolu'da yetiştirilmesi konusunda çalışmalar yaparak, düşük seviyede erusik asit içeren Quinta çeşidini önermişler, 1979 yılında Tarım Bakanlığı tarafından onaylanarak, 1980 yılında 400 ton tohumluk ithal edilmiştir. Fakat çiftçinin elindeki çeşit ile Quinta çeşidinin hasatta karışması sonucu aynı yıl elde edilen yağın ayçiçeği yağı ile küspenin ise ayçiçeği küspesi ile kullanılması sebebiyle 1980 yılında kolza ve yağ şalgamının üretimi yasaklanmıştır (Sobutay, 2004).

Kolzanın yağında bulunan erusik asit ve küspesinde bulunan glikozinolatın yüksek olması (%1'den yüksek) beslenmede özellikle yaşlıların beslenmesinde zararlı

olmaktadır. K s pesi y  ksek oranda glikozinolat i  erdiği zaman hayvanlarda troid bezi b  y  meleri, gut iltihaplanmaları, karaciğer rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Er  sik asit ve glikozinolat değerleri sıfıra yakın olan ‘00’ çift sıfırlı çeşitlerin geliştirilmesi sonucunda Sağlık Bakanlığının 15.04.1987 tarihli raporuyla kolza yağının kullanımına izin verilmiştir. Er  sik asit ve glikozinolat oranları kabul edilebilir sınırın üzerinde kalan sanayide kullanılan ve er  sik asit miktarı y  kseltilerek biyodizel olarak kullanılan çeşitlere kolza adı verilmiştir. İnsan gıdası olarak kullanılan, er  sik asit ve glikozinolat oranı sıfıra yakın bir değere d  ř  r  lm  ř ‘00’ çeşitlere kanola adı verilmiştir (Sobutay, 2004).

4.2. KANOLA TARIMI

 evre koşullarına çok iyi adaptasyon g  steren kanola özellikle deniz iklimini sevmektedir. Kurağa dayanıksız bir bitki olduğu i Çin, kışları ılık ve yağışlı ge  en ve nemli b  lgelerde olarak çok iyi yetişir (Sobutay, 2004). Şekil 4.1’ de kanola bitkisinin g  r  nt  s   verilmiştir.



Şekil 4.1. Kanola bitkisinin g  r  n  m  

Kanola bitkisi kışlık ve yazlık olarak yetiştirilebilmektedir. Ülkemizde genellikle kışlık kanola tarımı yapılmaktadır. Kışlık kanola, kışa kar altında -15°C 'ye kadar dayanıklıdır. Ancak kışa girerken kuvvetli bir kök oluşturması ve rozetleşmesini tamamlamış olması gerekmektedir. Bunun için de ekim ayı başında tavlı toprağa ekilmeli ve çıkışı sağlanmalıdır. Eğer kuraklık nedeniyle kuruya ekilmişse bir çıkış suyu verilmesi zamanında bitki çıkışını ve kış gelmeden bitkinin yeterince kuvvetlenmesini sağlar. Kışa zayıf giren kanola bitkileri; soğukta ve sıfırın altındaki sıcaklıklarda zarar görmektedir. Kışlık kanolanın sıcaklık isteği toplamı $2300-2500^{\circ}\text{C}$ ' dir. Yazlık kanola daha çok ılıman iklim bölgeleri olan Ege ve Akdeniz' de yetiştirilmektedir. Kışlık kanolanın ekimi Trakya ve Marmara 'da yapılırken, yazlık kanola daha çok ılıman iklim bölgeleri olan Ege ve Akdeniz' de yetiştirilmektedir. Kanola bitkisi, kumlu ve hafif topraklar dışında hemen hemen her toprakta yetişmektedir. Toprak yüzeyinin tesviyesi iyi olmalıdır, su tutan, göllenen tarım alanlarında çok zarar görmektedir. En iyi yetiştiği toprak humuslu derin yapılı nötr veya hafif alkali ve hafif asit topraklardır. Ph:6,5–7,5 arası en uygun topraklardır (Süzer, 2001)

4.3. KANOLA YAĞININ ÖZELLİKLERİ

4.3.1. Kanola Yağının Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri

Kolza tohumu yağı Brassica Napus ve Campestris bitkilerinin tohumlarından elde edilir. Tohumların yağ içeriği % 22–49 arasında olup, ortalama % 40'dır. Kolza tohumu yağlarının üç genel tipi tanımlanmaktadır. Bunlar;

- Yüksek erusik asit içerikli (% 25–55) geleneksel kolza tohumu yağı,
- Düşük erusik asitli (0,5) tip (kanbra yağı olarak isimlendirilir.)
- Sıfır erusik asitli tip.

Yüksek erusik asitli kolza tohumu yağı, yüksek erusik asit (% 40–55) nedeniyle, diğer bitkisel yağlardan daha düşük sabunlaşma sayısına (çok yüksek moleküller ağırlıktan dolayı) sahiptir. Yine bundan dolayı titre değerleri düşüktür. Düşük katılaşma ve dumanlanma sıcaklığına sahiptirler. Diğer yağlarla karışımları erusik

asidin fazla miktarda bulunması nedeniyle tespit edilebilmektedir. Çizelge 4.1' de kanola yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri, Çizelge 4.2' de kültürü yapılan bazı kolza varyetelerinin yağ asidi kompozisyonu verilmiştir (Nas vd., 1998).

Çizelge 4.1. Kanola yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Nas vd., 1998).

Özellik	Değer
Özgül Ağırlık (25/25 °C)	0,906 - 0.910
Refraktif İndeks (25 °C)	1.470 – 1.474
İyot Sayısı	97 - 108
Sabunlaşma Sayısı	170 - 180
Sabunlaşmayan Madde (%)	1.5'den az
Titre (°C)	11.5 - 15
Alevlenme Noktası (Açık Kapta °F)	550'den daha az

Çizelge 4.2. Kültürü yapılan bazı kolza türleri ve yağlarının yağ asidi Kompozisyonu (Nas vd., 1998).

Yağ Asitleri İçeriği (Ağırlık,%)				
Türler ve Tipler	Oleik	Linoleik	Linolenik	Erusik
B.Campestris				
Kışlık Şalgam Kolza	14–16	13–17	8–12	42–26
Yazlık Şalgam Kolza ^a	17–34	14–18	9–11	24–40
Yazlık Şalgam Kolza ^b	48–55	27–31	10–14	0
Sarson ve Toria	9–16	11–16	6–9	46–61
B.Juncea	7–22	12–24	10–15	18–49
B.Napus				
Kışlık Kolza ^a	8–14	11–15	6–11	45–54
Kışlık Kolza ^b	40–48	15–25	10–15	3–11
Yazlık Kolza ^a	12–23	12–16	5–10	41–47
Yazlık Kolza ^b	52–55	24–31	10–13	0–1
B.Tournefortii				
Sinapsis Albe	16–28	7–10	9–12	35–51

a.Klasik kültürü yapılan, b.Düşük erusik asitli hatlar

4.3.2. Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması

Bazı bitkisel yağların, yakıt olarak kullanılabilme özellikleri, Çizelge 4.3' de dizel yakıtı ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde, bitkisel yağların viskozitelerinin ASTM tarafından dizel yakıtı için verilen 4,0 olan üst sınır değerine göre yaklaşık 7-10 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Viskozitenin yüksekliği bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasındaki en önemli dezavantajlarından biridir. Bitkisel yağların viskoziteleri ve ısı içerikleri zincir uzunluğu ile artmakta, çift bağ sayısı ile azalmaktadır.

Setan sayısı açısından bitkisel yağların ASTM alt sınırı olan 40' a büyük ölçüde yaklaştığı görülmektedir. Bu açıdan pamuk ve yerfıstığı yağlarının en uygun değerde olduğu görülmektedir. Bitkisel yağların ısı değerleri de, dizel yakıtının ısı değerlerinin yaklaşık % 90'ı kadardır. Bitkisel yağlar donma ve akma noktaları açısından da, dizel yakıtına göre uygundur. Tutuşma gecikmesi değerleri No 2 dizel yakıtından daha yüksektir (Utlu, 2005).

Yakıtın içindeki su ve tortu miktarının, ele alınan birçok bitkisel yağda ASTM sınır değerleri içinde kaldığı görülmektedir. Karbon kalıntısı ile kül ve kükürt oranı açısından da sınır değerler aşılmamaktadır. ASTM yöntemi ile oksitlenme süresi dizel yakıtı için 150 saatin üzerinde olduğu halde, bitkisel yağlar için bu süre 2,9-10 saat arasında bulunmuştur. Bu açıdan, bitkisel yağların olumsuzluğu söz konusudur. Çizelge 4.3' de verilen değerlere göre; yüksek setan sayısı, uzun oksitleme süresi, düşük viskozite ile düşük donma ve akma noktaları açısından mısır, kolza, susam, pamuk ve soya yağı önceliğe sahiptir, bunları ayçiçeği ve yerfıstığı yağları izlemektedir (Utlu, 2005).

Çizelge 4.3. No 2 dizel yakıtı ve bitkisel yağ metil esterlerinin yakıt özelliklerinin karşılaştırılması (Utlu, 2005).

Bitkisel Yağın Adı	Özgül Ağırlığı (g/ml)	Kinetik Viskozite (mm ² /s)	Isıl Değeri (kJ/kg)	Setan Sayısı (ASTM D613)	Tutuşma Gecikmesi Krank Açısı(°)	Donma Noktası (°C)	Akma Noktası (°C)	Oksitle nme Süresi (h)
Dizel Yakıtı	0.86	2.9	42450	50.8	12.5	-15	-33	150
Ayçiçeği Yağı	0.92	34.9	39644	33	23.8	7.2	-15	5.5
Soya Yağı	0.92	36.4	39390	39	19.6	-3.9	-12.2	8
Pamuk Yağı	0.91	37.4	37420	51	21.4	1.7	-15	7.5
Yer Fıstığı	0.91	37.2	37160	39	19.6	12.8	-6.7	6.7
Kolza Yağı	0.92	39.0	39913	37.6	21.9	-3.9	-31.7	10.5
Keten Yağı	-	27.2	39300	34.6	-	1.7	-15	3
Susam Yağı	-	35.5	39350	40.2	-	-3.9	-9.4	8.5
Karbon Kalıntısı	Tüm bitkisel yağlarda % 0.22-0.30(ASTM Sınır değeri % 0.35)							
Kükürt Oranı	Tüm bitkisel yağlarda % 0.01(ASTM Sınır değeri % 0.5)							
Kül Oranı	Tüm bitkisel yağlarda % 0.005-0.01(ASTM Sınır değeri % 0.01)							
Su ve Tortu	Tüm bitkisel yağlarda % 0.05(ASTM Sınır değeri % 0.05)							

4.3.3. Kanolanın Kullanıldığı Alanlar

Kanada ve Avrupa ülkelerinde ıslah edilmiş erusik asitsiz, yağ ve protein oranı yüksek yeni kolza çeşitleri kanola ismiyle ekilmektedir. Kanola çeşitlerinden elde edilen bitkisel yağ besin değeri ve içeriği bakımından zeytinyağı ve yerfıstığı yağının kalitesine yakın olup, dünya kanola üretiminin önemli bir kısmı insan beslenmesinde kullanılmaktadır (Sobutay, 2004).

Kanola tohumlarından yağ çıkartıldıktan sonra geriye kalan küspesinde % 38–40 oranında protein bulunduğundan soya küspesi ile karıştırılıp hayvan yemi olarak kullanılabilir.

Kanola, arıları cezbeden sarıçiçeklere bol miktarda sahip olduğundan arıcılar içinde değerli bir bitkidir. Çiçek döneminde bal arıcıları bir hektar kanoladan 15 günde 100 kg bal ve yaklaşık 1 kg bal mumu yapabilir.

Kanola tohumlarından soğuk presleme ile elde edilen ham yağ metanol ile katalizör eşliğinde normal basınç ve ısıda estere dönüştürülür. 1 kg tohumdan 450 gr çıkmaktadır ve metanol ile reaksiyondan sonra 450 gr biyodizel yakıt elde edilebilmektedir.

Bunun yanında kolza olarak isimlendirdiğimiz erusik asit oranı yüksek olan çeşitlerden elde edilen yağlar da sanayide, elektrik trafolarında, biyoyakıt (biyodizel) olarak Fransa ve Almanya gibi Avrupa ülkelerinde kullanılmıştır (Sobutay, 2004).

4.4. KANOLA ÜRETİMİ

Kanola, bitkisel yağ kaynağı olarak yağlı tohumlu bitkiler olan ayçiçeği, soya, pamuk ve yer fıstığı arasında üretim açısından üçüncü sırada almaktadır. Bilindiği gibi yağ bitkilerinin birçoğu yazlıktır. Kolzanın yazlık ve kışlık çeşitlerinin bulunması, yetiştirme devresinin kısa olması, dekara yeterli düzeyde tohum (150-250 kg/da) ve yağ vermesi (% 40-45), ekiminden hasadına kadar bütün yetiştirme tekniğinin mekanizasyona uygun olması, bu bitkinin yetiştirildiği tarlalarda erken devrede gelişip gölge tayı yaratarak yabancı otların gelişmesinin engellemesi, üstün bir yağ bitkisi olduğunu göstermektedir. Hasat devrinin diğer yağ bitkilerine göre 1-2 ay erken gelmesi, atıl kapasitedeki yağ ve yem fabrikalarımıza hammadde sağlayarak çalışma kapasitelerinin yükselmesine olanak vermektedir. (Odabaşı, 2004)

Kolza'da erusik asit ve glikozinolat ihtiva etmeyen çeşitler, araştırmalar sonucu geliştirilmiştir. Bu çeşitlere, ilk önce Kanada'da ıslah edilmesi nedeniyle kanola adı verilmiştir. Kanola; tohumlarında % 38-50 yağ bulunması, katı, sıvı ve ham yağ olarak kullanılması, yağının orta ve yüksek oranda oleik asit içermesi, kaynama noktasının yüksek olması (238 °C) nedeniyle iyi bir kızartma yağı oluşu, E vitaminince zengin olması dolayısı ile bilinen en iyi yağ bitkilerinden birisidir (Sobutay, 2004).

4.4.1. Dünyada Kanola Üretimi

Dünya kanola üretimi 1999–2003 yılları arasında 43 milyon ton'dan 36 milyon tona düşmüştür. Dünyadaki başlıca üreticiler; Çin, Kanada, Hindistan, Almanya, Fransa ve İngiltere, Polonya, ABD ve Pakistan'dır (Sobutay, 2004).

Dünyada başlıca kanola ithalatçıları; ABD, Çin, Hongkong ve Meksika'dır. Başlıca ihracatçıları ise; Kanada, Almanya ve Fransa'dır.

Kanola 23.1 milyon hektar ekim alanı, 36.5 milyon ton üretim ve 158.3 kg/ da verimi ile Dünyada yetiştirilen en önemli yağ bitkilerinden biridir. Dünyada üretim bakımından soya fasulyesi ve çığıttan sonra üçüncü sırada yer alırken ekim alanı bakımından beşinci sıradadır. En çok üreten ülkelerden ekim alanı bakımından Çin 7.2 milyon ha ile ilk sırayla alırken % 20'lik paya sahiptir. Bu ülkeyi sırasıyla Kanada 4.6 (%13), Hindistan 4.4 (% 12), Almanya 1.2 (% 3) milyon hektar ekim alanı ile takip etmektedir (Odabaşı, 2004). Çizelge 4.4' de Dünya kanola tohumu üretimi, Çizelge 4.5 Dünya yağlı tohumlar ekim, üretim ve verim değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Dünya kanola tohumu üretimi (Sobutay, 2004).

Ülkeler	1999	2000	2001	2002	2003
Çin	10.132	11.381	11.332	10.552	11.550
Kanada	8.798	7.205	5.017	4.178	6.669
Hindistan	5.664	5.788	4.187	5.040	3.650
Almanya	4.284	3.586	4.160	3.847	3.640
Fransa	4.391	3.477	2.877	3.317	3.321
İngiltere	1.733	1.157	1.157	1.468	1.837
Polonya	1.132	958	1.063	953	754
ABD	621	909	908	706	686
Pakistan	363	297	262	259	250
Macaristan	327	179	205	201	70
Meksika	3	14	13	14	14
Japonya	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
Türkiye	0.330	0.187	0.650	0.200	0.200
Toplam	43.172	39.511	35.916	34.000	35.932

Çizelge 4.5. Dünya yağlı tohumlar ekim, üretim ve verim değerleri (Odabaşı, 2004).

	Ekim (ha)	Üretim (milyon ton)	Verim (kg/da)
Soya	83.460.889	189.213.383	226.7
Pamuk	32.096.079	55.515.457	172.9
Yerfıstığı	26.181.849	35.327.944	134.9
Kanola	23.116.195	36.597.829	158.3
Ayçiçeği	23.355.948	27.756.433	118.8
Susam	6.570.908	3.096.064	47.1
Aspir	744.311	647.907	87.0

Dünya bitkisel yağ üretimi 2002–03 sezonunda 94.79 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünya bitkisel yağ üretimi içerisinde kolzadan elde edilen yağ miktarı 12.04 milyon ton ile % 12,7’lik paya sahip olup, soya ve palm yağından sonra üçüncü sırada yer almaktadır (Çizelge 4.6). Kanola üretiminde 1999–03 döneminde bir azalma söz konusu iken toplam yağ üretiminde artış gözlenmektedir. Bu artışta soya ve palm yağ üretimindeki artışın etkili olduğu söylenebilir (Odabaşı, 2004).

Çizelge 4.6. Dünya bitkisel yağ üretimi (milyon ton) (Odabaşı, 2004).

	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	%(2002/2003)
Soya	24,64	26,73	28,83	30,31	32,0
Palm	21,80	24,28	25,42	27,26	28,7
Kanola	13,64	12,98	12,62	12,04	12,7
Diğerleri	23,49	22,93	22,60	25,18	26,6
Toplam	83,57	86,92	89,47	94,79	100

2003/04 sezonunda dünya bitkisel yağ üretiminin yağlı tohum üretimi artışına paralel olarak % 5,7 oranında artış olacağı tahmin edilmektedir. Tüketimin ise % 4,6 oranında artacağı öngörülmektedir. Kanola yağı üretimi dünya bitkisel yağ üretiminin yaklaşık % 13’ ünü oluşturmasına karşılık, dünya bitkisel yağ ticaretinden % 2-3’lük bir pay almaktadır. Kanola yağının büyük ölçüde üretici ülkelerdeki yerel nüfus tarafından tüketilmesi nedeniyle fazla miktarda ihraç edilmemekte, dolayısıyla dünya ticaretine fazla konu olamamaktadır (Odabaşı, 2004).

4.4.2. Türkiye’de Kanola Üretimi

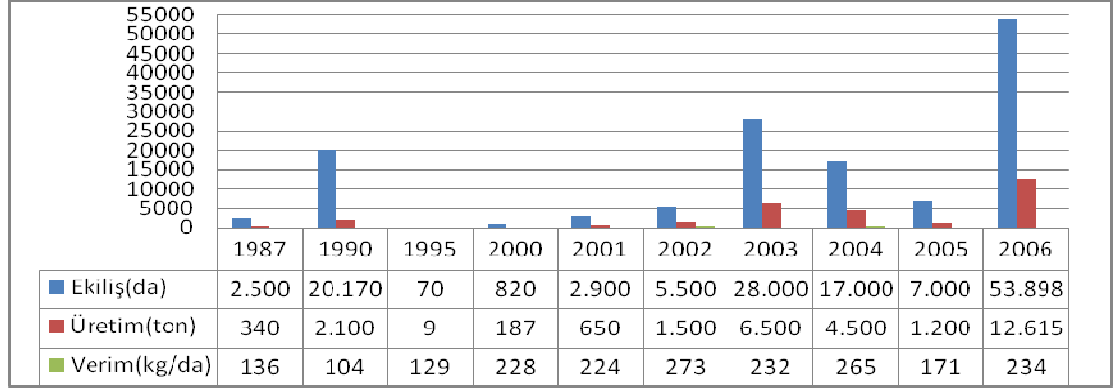
Kanola, iklim isteklerinin geniş sınırlar içinde olması ve ayrıca yazlık-kışlık formlarının bulunması nedeniyle diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de geniş alanlarda ekilebilecek potansiyele sahip bir yağ bitkisidir. Zira karasal iklime sahip ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de benzer ekolojilerde ve yıllık toplam yağışı az olmasına rağmen ilkbahar yağışlarının yeterli olduğu yöreler ile su tutma yeteneği yüksek topraklarda başarılı bir şekilde kışlık olarak yetiştirilme imkânına sahiptir (Öztürk, 2003).

Ülkemize 1960 yıllarında getirilmiş olan kolza özellikle Trakya yöresinde yaygın olarak yetiştirilmeye başlanmış, ancak 1979 yılında kolza yağındaki insan sağlığına zararlı olan erusik asit ve küspesindeki hayvan sağlığına zararlı toksik etkili glukosinalat oranlarının yüksek olması nedeniyle yasaklanmıştır. Daha sonra 00 tipi kaliteli yağ içeren çeşitler ülkemize getirilmiş ise de ekimi yaygınlaştırılmamıştır. Kolza tohumlarında % 40–45 oranındaki yağ, daha çok sıvı halde gıda sanayinde değerlendirilmektedir. Kolza yağında bulunan erusik asidin margarinde kristalleşmeyi ters yönde etkilemesi nedeniyle margarin sanayinin başlangıçta duymadıkları ilgi erusik asitsiz çeşitlerin geliştirilmesiyle tamamen kalkmış, kolza yağı margarin sanayinde de geniş ölçüde tüketilmeye başlanmıştır (Odabaşı, 2004).

Kolza, ülkemizde en fazla Marmara bölgesinde üretilmekte olup toplam üretimin % 90’ı bu bölgede gerçekleştirilmektedir. İl bazında ilk sırayı 4.404 ton ile Tekirdağ alırken, bu ili 400 ton ile Çanakkale izlemektedir.

Şekil 4.1’ de Türkiye kolza ekiliş, üretim ve verim değerleri görülmektedir. Şekil 4.1 incelendiğinde, ülkemizde 2006 yılı itibariyle 6.6 milyon dekar olan yağlı tohum ekilişi içerisinde kolza 54 bin dekar (% 0,8) ekilişe, 2.8 milyon ton yağlı tohum üretiminde ise 12.6 bin ton (% 0,45) üretime sahip olduğu görülmektedir. Kolza ekiliş, üretim ve verim rakamları ayrıntılı olarak incelendiğinde ise; ekim alanının aşırı dalgalanmalar gösterdiği ve 2006 yılı itibariyle 53.898 da, üretim miktarında ekili alanına bağlı olarak 12.615 ton olduğu görülmektedir. Kolza verimi yıllar

itibariyle değişiklikler göstermekle birlikte ortalama 232 Kg/da değere sahip olduğu yapılan tespitler arasındadır.



Şekil 4.1. Türkiye kolza ekiliş, üretim ve verim değerleri (Yaşar, 2008).

Kanola ekim alanlarının artırılması ürün fiyatına da bağlıdır. Kanola alım fiyatlarına baktığımızda Tekirdağ borsasında işlem gören kanolanın 2003 yılı ortalama fiyatı 420.000 TL/Kg.dır. 2000 yılı ürünü kanolada uygulanmaya başlanan prim sistemi halen devam etmekte olup, 2003 yılı ürünü için 120.000 TL/Kg. prim miktarı tespit edilmiştir. 2004 yılı ürünü için ise 130 YTL/kg olarak düşünülmektedir.

Ülkemizde tüketilen yağın tamamına yakını bitkisel kaynaklıdır. Kişi başına bitkisel yağ tüketimimizin 17,5 kg olup gelişmiş ülkelerde 21,6 kg'a ABD'de ise 27,8 kg'a çıkmaktadır. Dünya bitkisel yağ tüketimi ise 14,8 kg civarındadır. Türkiye bitkisel yağ bakımından ithalatçı konumundadır. Yerli üretilen yağ miktarı tüketimin ancak % 40'ını karşılamaktadır. Ülkemizin bitkisel yağ açığının kapatılması amacıyla, diğer bitkisel yağlarda olduğu gibi kanola ve kanola yağı ithalatı yapılmaktadır. Çizelge 4.7' de yıllar itibari ile gerek kanola tohumu gerekse kanola yağı ithalatında bir azalma söz konusudur. En çok kanola tohumu ithalatı yaptığımız ülkeler Almanya ve Macaristan'dır. En fazla kanola yağı ithalatı yaptığımız ülke ise Fransa'dır. Kanola ihracatı son yıllarda yok denecek kadar azdır. 2004 yılı İthalat Rejimi Kararında tohumluk kanola Gümrük Vergisinden muaftır, tohumluk olmayan kanolanın G.V. oranı % 10 kanola, kanola yağının G.V. oranı ise % 31,2'dir (Odabaşı, 2004).

Çizelge 4.7. Türkiye kanola ve kanola yağı ithalatı (Odabaşı, 2004).

Yıllar	Kanola		Kanola yağı	
	Miktar(Ton)	Değer(Bin\$)	Miktar(Ton)	Değer(Bin\$)
2000	24.156	4.901	42.140	17.630
2001	2.182	406	12.251	4.957
2002	-----	-----	15.132	7.259
2003	1.5	4.4	9.605	5.824

Ülkemizin bitkisel yağ bakımından kendine yeterliliği, yıllardan beri yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarına rağmen hala sağlanamamıştır. Ülkemiz yağlı tohum ve bitkisel yağ ihraç ve ithal eden bir ülke konumunda olmasına karşın net ithalatçı konumundadır. Yağ bitkileri üretimindeki düzensizlikler yıldan yıla bitkisel yağ açığımızı artırmaktadır. 2003 yılında yağ ve yağlı tohumlar dış ticaret açığımız 634 milyon \$ gibi oldukça yüksek düzeyde gerçekleşmiş olup bu açığın en büyük payı yağ ve yağlı tohumlara aittir. Çizelge 4.7 Türkiye kanola ve kanola yağı ithalatı görülmektedir. (Odabaşı, 2004)

Her türlü kültür bitkisinin yetişebileceği ülkemizde bitkisel yağ bakımından dışa bağımlılığımızın azaltılması için iklim, toprak şartları ve münavebe sistemlerine uygunluğu yönünden ilk aday bitki kanoladır. Birim alandan en yüksek yağ verimi sağlanabilen, kışlık olarak ekilebilen, iyi bir ön bitki olup tam mekanizasyon imkânı olan ayrıca, küspesinde yüksek kalite ve oranda protein bulunan, erken hasada geldiği için ikinci ürün ekimine imkân sağlayan kanolanın ekim alanlarının genişletilmesi ülke ekonomisine yarar sağlayacaktır (Öztürk, 2003). Bunun sağlanabilmesi için;

- Trakya, Orta Anadolu, GAP Bölgesi ve geçit bölgelerinde yaygınlaştırılması,
- Kışlık kolzanın ekim nöbetine alınması,
- Yağlı tohumlu bitki üretici kooperatiflerinin özendirilmesi,
- Üreticiye ödenen teşvik primlerinin zamanında ödenmesi,
- Özel firmaların çiftçiye tohumluk dağıtımını özendirilmesi gerekmektedir (Odabaşı, 2004).

4.5. KANOLA YAĞININ MOTOR YAKITI OLARAK KULLANIMI

Yüksek erusik asitli kolza tohumu yağı, yüksek erusik asit (%40–55) nedeniyle, diğer bitkisel yağlardan daha düşük sabunlaşma sayısına (çok yüksek moleküller ağırlıktan dolayı) sahiptir. Yine bundan dolayı titre değerleri düşüktür. Düşük katılma ve dumanlanma sıcaklığına sahiptirler. Diğer yağlarla karışımları erusik asidin fazla miktarda bulunması nedeniyle tespit edilebilmektedir. Bu yüzden kanola yağı diğer bitkisel yağlarla kıyaslandığında bu avantajlarıyla en önemli alternatif dizel yakıtı olarak kullanım imkânına sahiptir.

Avrupa’da kanola yağının kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda, kanola metil esterinin dizel yakıtına göre aşağıdaki üstünlüklere sahip olduğu belirlenmiştir.

- Kanola yağından elde edilen yakıtın enerji değeri yeterli miktarda olmaktadır.
- Yakıtın yanması sonucu açığa çıkan atık gazların atmosfere olan etkisi yönünden olumlu sonuçlar verdiği ve % 15–30 oranında daha az zararlı gaz açığa çıkardığı belirlenmiştir.
- Biyodizel zehirsizdir ve toprakta hızlı bir şekilde indirgenmektedir.
- Biyodizelin dolumu sırasında depodan zararlı gaz açığa çıkmamaktadır.
- Biyodizel iyi bir yağlama kabiliyetine sahiptir ve böylece yüksek derecede motor aşınmasını engellemektedir.
- Biyodizelin yanması sırasında çevreye atılan zararlı gazlar, dizel yakıtına göre; % 15 daha az CO, % 27 daha az HC, sadece % 5 daha fazla NO_x, % 22 daha az partikül, % 50 daha az is ve % 10 daha düşük ısı değeri, buna karşılık ortalama yakıt tüketiminin yaklaşık olarak dizelden % 3 fazla olduğu belirtilmiştir (İnternet 4, 2008).

4.5.1. Kanola Yağından Biyodizel Üretim Maliyeti

Biyodizel üretiminde kullanılan kolzadan biyodizel üretim maliyeti özel sektör koşulları içersinde değerlendirildiğinde; 1 kg kolzadan % 40 yağ elde edildiği kabul

edilerek, üretimde kullanılan metil alkol ve diğer masraflarda eklenerek üretim maliyetinin 3,27 YTL/lt' ye ulaştığı (% 69,1) görülmektedir. Toplam maliyeti içerisinde hammaddenin % 66 gibi oldukça yüksek bir değere ulaşması dikkat çekicidir. Bu maliyetlere ilave olarak 0,72 YTL ÖTV ve KDV'nin eklenmesiyle toplam üretim maliyeti 4,71 YTL'ye ulaşmaktadır (Çizelge 4.8). Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta; 2008 yılında yaşanan kuraklık ve artan gıda fiyatlarından kolza ürününün de etkilenmesi ve yaklaşık % 25 oranında kolza fiyatının artmasıdır. Artan hammadde fiyatı biyodizel maliyetini etkilemekte ve üretim maliyeti önemli ölçüde artış göstermektedir (Yaşar, 2008).

Çizelge 4.8. Kolza yağından biyodizel üretim maliyeti (Yaşar, 2008).

Maliyet Unsurları	Miktar(Kg) (lt)	Fiyat (YTL/Kg)	Oran (%)
Kolza	2.40	2.40	51.0
Metil Alkol	0.18	0.72	15.3
Diğer Masraflar	-----	0.15	3.2
1 lt Biyodizel Maliyeti	-----	3.27	69.4
ÖTV	-----	0.72	15.3
KDV	-----	0.72	15.3
Toplam Maliyet	-----	4.71	100.0

Piyasada kullanılan petrodizelin 2,66 YTL (Ekim,2008) olduğu dikkate alındığında ülkemizde üretilen biyodizelin rekabet şansının olmadığı açıkça görülmektedir. Bu noktada ele alınması gereken bir diğer konu da; biyodizel üretimine uygulanan ÖTV'nin sektörde yarattığı olumsuz etkidir. Uygulanan yüksek verginin sektörü düzenleme yerine engelleme özelliği göstermesi ve sektörü kayıt dışı üretime doğru yönlendirmesi gözden kaçmaması gereken bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte yüksek vergi ödemek istemeyen biyodizel üreticileri kayıt-standart dışı üretim yapmakta ve sektörün geleceğini olumsuz etkilemektedirler. Özellikle standart dışı üretim çevre kirliliğine yol açmakta ve beklenenin aksine alternatif enerji kullanımının olumsuz sonuçlar doğurmasına neden olmaktadır (Yaşar, 2008).

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

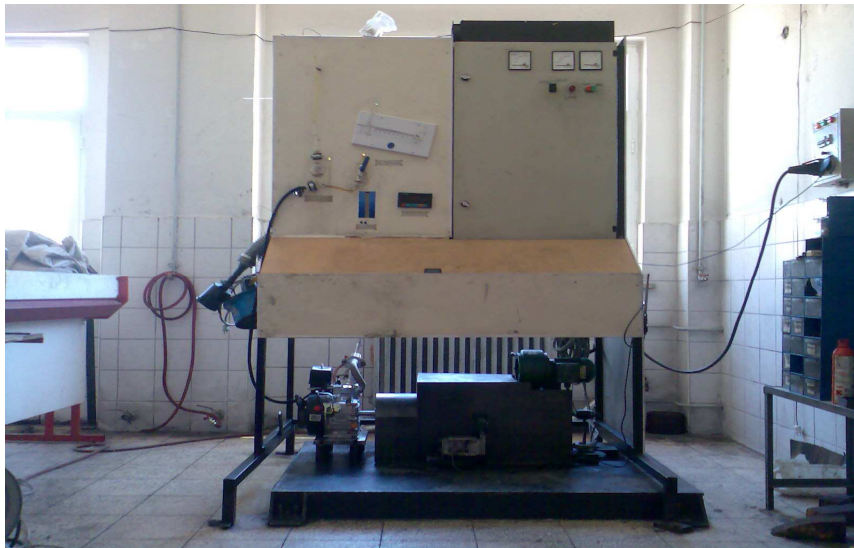
5.1. DENEYSEL ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada, tek silindirli bir dizel motoru tam yükte değişik motor devirlerinde dizel, biyodizel-dizel ve biyodizel yakıtları ile test edilmiş, her üç yakıtla çalışmanın motor performansına ve emisyonlarına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

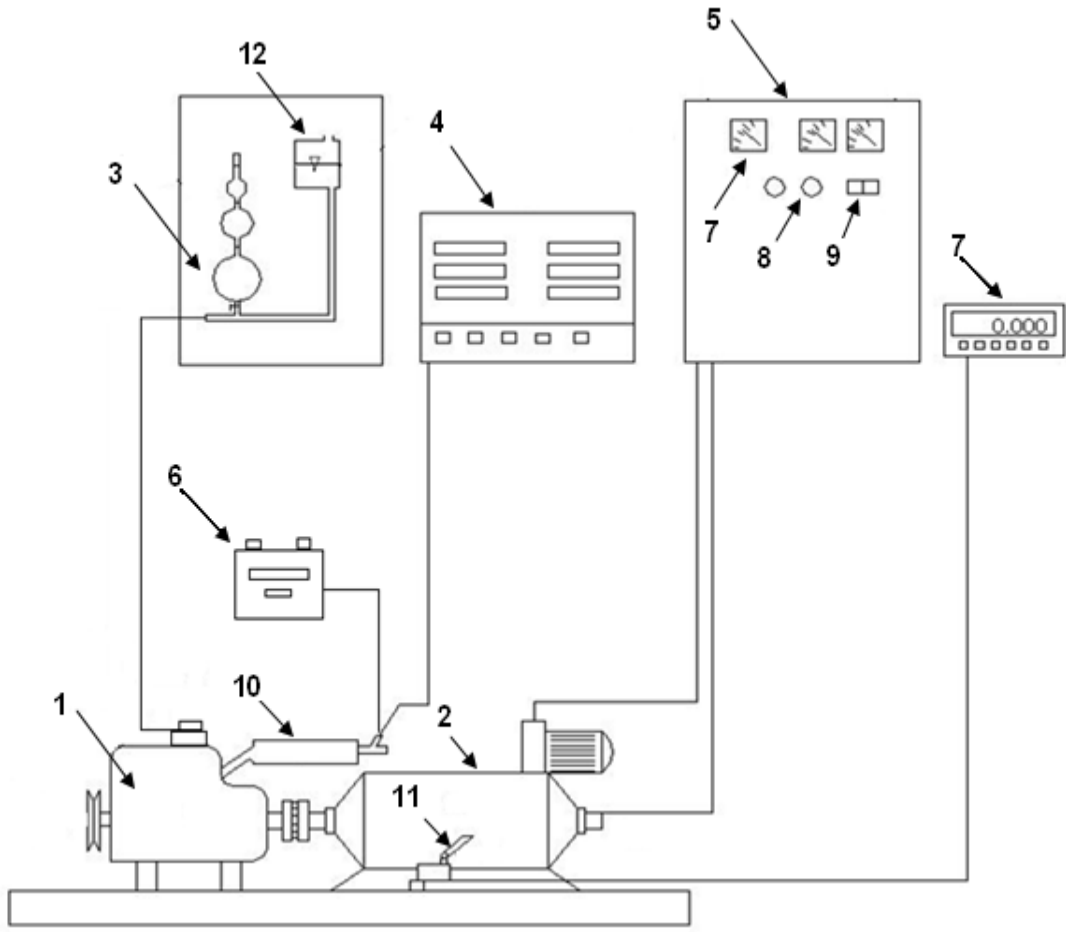
5.2. DENEYLERE İLİŞKİN ÖZELLİKLER

5.2.1. Deney Yeri

Deneysel Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı Motor Test Laboratuvarında yapılmıştır. Deney tesisatının genel görünümü Şekil 5.1’ de, şematik görünümü ise Şekil 5.2’ de verilmiştir.



Şekil 5.1. Deney tesisatının genel görünümü



1. Motor, 2. Elektrikli dinamometre, 3. Yakıt ölçme kabı, 4. Egzoz gaz Analizörü, 5. Kontrol paneli, 6. Duman yoğunluğu ölçüm cihazı, 7. Hız göstergesi, 8. Marş anahtarı, 9. Yükleme anahtarı, 10. Egzoz borusu, 11. Yük sensörü (Load cell), 12. Yakıt deposu

Şekil 5.2. Deney tesisatının şematik görünümü

5.2.2. Deney Motoru

Fakülte laboratuvarında yapılan deneylerde, tek silindirli, direkt püskürtmeli, 4 zamanlı, hava soğutmalı, cebri yağlamalı, sıkıştırma oranı 18/1 olan 6 LD 400 model Lombardini marka bir dizel motoru kullanılmıştır. Şekil 5.3' de deney motoru, Çizelge 5.1' de ise motorunun teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 5.3. Deney motoru

Çizelge 5.1. Deney motorunun teknik özellikleri

ANTOR DİZEL MOTOR	
Model	Dizel 6 LD 400
Silindir Sayısı	1
Silindir Hacmi (cm ³)	395
Silindir Çapı (mm)	86
Kurs (mm)	68
Sıkıştırma Oranı	18:1
Motor Devri (1/min)	3600
Motor Gücü (kW)	6.25
Maksimum Tork (Nm) (2200 1/min)	1.96
Özgül Yakıt Sarfiyatı (gr/BG. Saat)	220
Yağ Tüketimi (gr/saat)	13

5.2.3. Deneyselerde Kullanılan Dizel Yakıtı

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan dizel yakıtı Şeyhoğlu Tic. Ltd. Şti Shell İstasyonları Atatürk Bulvarı, Karabük adresinden temin edilerek çalışmalarda kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan dizel yakıtının teknik özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Dizel yakıtın teknik özellikleri

Renk	Açık sarı/yeşil karışımı.
Fiziksel Görünüm	Ortam sıcaklıklarında sıvı halde.
Koku	Karakteristik.
pH Değeri	Belirtilmemiştir.
Buhar Basıncı	40°C’de 0.5 kPa’dan küçüktür.
İlk Kaynama Noktası	170°C civarında.
Son Kaynama Noktası	385°C civarında.
Yoğunluk	15°C’de 820-850 kg/m ³ .
Parlama Noktası	Minimum 51°C (PMCC).
Alevlenme Limiti - Üst Değer	6% civarında(H/H).
Alevlenme Limiti - Alt Değer	1% civarında(H/H).
Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı	250°C’nin üstündedir.
Kinematik Viskozite	40°C’de 2-2,5 mm ² /s.
Buharlaşma Oranı	Belirtilmemiştir.
Buhar Yoğunluğu (Hava=1)	5 den büyüktür.
n-octanol/su ayrışma katsayısı	Log P _{ow} değeri 3,7’dir.
Patlama Özellikleri	Kullanılma sırasında yanıcı/patlayıcı buhar-hava karışımları oluşturabilir.
Sudaki Çözünürlüğü	Belirtilmemiştir.
Oksitlenme Özelliği	Yoktur.

5.2.4. Deneysel Kullanılan Biyodizel Yakıtı

Yapılan deneysel çalışmalarda, biyodizel yakıtı olarak kanola yağı metil esteri kullanılmıştır. Bu yakıt, üreticisi olan Bestaş Biyodizel Enerji Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketinin Pelitlik Mevkii Sanayi Bölgesi Velimeşe, Çorlu-TEKİRDAĞ adresinden temin edilerek çalışmalarda kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan biyodizel yakıtının teknik özellikleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

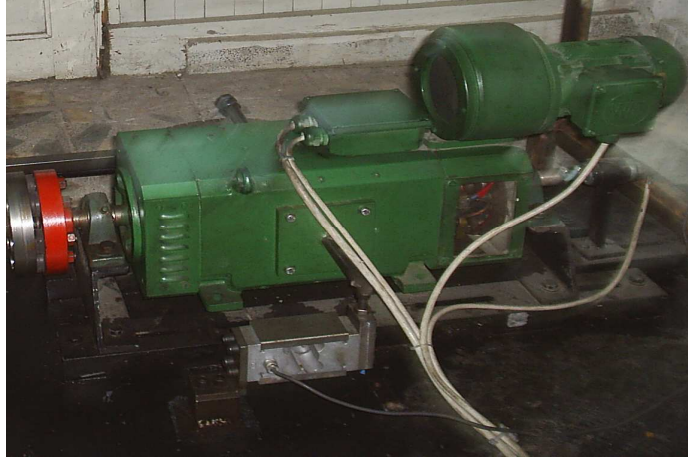
Çizelge 5.3. Biyodizel yakıtın teknik özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Yoğunluk 15 °C	Kg/m ³	882
Viskozite 40 °C	mm ² /s	4.55
Parlama Noktası	°C	179
Su Muhtevası	mg/kg	69
Asit sayısı	mgKOH/gr	0.19
İyot Sayısı	gr iyot/100 gr	109
Ester Muhtevası	% (m/m)	97.9
Kükürt Muhtevası	mg/kg	5.7
Karbon Kalıntısı(%10 damıtma kalıntısında)	% (m/m)	0.17
Setan Sayısı		54
Sülfatlanmış Kül Muhtevası	% (m/m)	0.004
Toplam Kirlilik	mg/kg	
Bakır Şerit Korozyonu (3h,50 °C’da)	Derece	1a
Oksidasyon Kararlılığı, 110 °C	h	11.1
Linolenik asit metil esteri	% (m/m)	7.1
Çoklu doymamış (>=çift bağ) metil esterleri	% (m/m)	0.5
Metanol muhtevası	% (m/m)	0.03
Monoglisericit Muhtevası	% (m/m)	0.45
Diğlisericit Muhtevası	% (m/m)	0
Triglisericit Muhtevası	% (m/m)	0.01
Serbest gliserol	% (m/m)	0
Toplam gliserol	% (m/m)	0.12
Grup I metalleri (Na+K)	mg/kg	<1.5
Grup II metalleri (Ca+Mg)	mg/kg	0.9
Fosfor Muhtevası	mg/kg	6.7

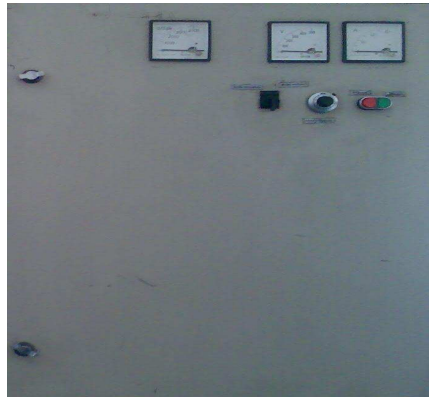
5.3. DENEYLERDE KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARI

5.3.1. Motor Deney Seti Ve Dinamometresi

Deneyleerde motorun yüklenmesi için 10 kW gücünde, Kemsan marka elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Şekil 5.4’de elektrikli dinamometrenin kendisi, Şekil 5.5’de de elektrikli dinamometre kumanda panosu verilmiştir. Deney seti motor kuvvetini, motor hızını ve sıcaklığını ölçecek donanıma sahiptir. Dinamometre kontrol ünitesi ile motorun istenilen devirde hassas olarak yüklenmesi ve marş yaptırılması mümkündür.



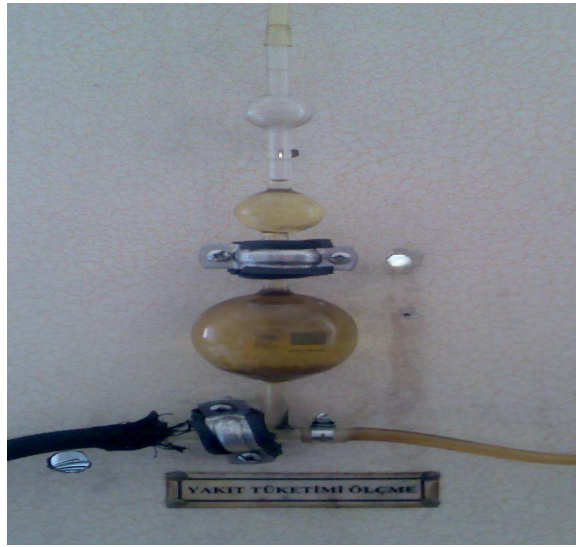
Şekil 5.4. Elektrikli dinamometre



Şekil 5.5. Elektrikli dinamometre kumanda panosu

5.3.2. Yakıt Tüketimi Ölçme Düzeneği

Dizel, biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları ile yapılan çalışmada, yakıt tüketimini ölçmek için kullanılan düzenek, hacimsel yöntemle göre çalışan 10,20 ve 150 ml'lik hacimlere sahiptir. Ölçüm yapmak için deney motoru istenilen devire ve hıza ayarlanıp kararlı hale geldikten sonra 10 cm³'lük yakıt haznesinde bulunan yakıtın harcanma süresi kronometre ile tespit edilmiş ve kaydedilmiştir. Deneyde kullanılan yakıt ölçme düzeneği Şekil 5.6' da verilmiştir.



Şekil 5.6. Yakıt tüketimi ölçüm düzeneği

5.3.3. Kronometre

Yakıt tüketim süresinin belirlenmesinde 1 salise hassasiyetinde dijital ölçüm yapabilen Charles Sernard marka bir kronometre kullanıldı.

5.3.4. Duman Yoğunluğu Ölçüm Cihazı

Deneylerde duman yoğunluğunu ölçmek için MRU Optrans 1600 duman ölçer kullanılmıştır. Duman yoğunluğu ölçüm cihazı ve dijital ekranı Şekil 5.7' de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Duman yoğunluğu ölçüm cihazı

5.3.5. Yük Ölçer (Load Cell)

Dinamometre gövdesindeki oluşan baskı kuvvetini ölçmek için ESİT marka SP 100 kg C1 Load Cell ve PWI-P marka indikatör kullanılmıştır. Deney sonunda ölçülen kuvvet, kuvvet kolu ile çarpılarak motor momenti hesaplanmıştır. Load Cell ve indikatörün görünüşleri Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8. Load cell ve indikatörün görünümü

5.3.5. Egzoz Gaz Analizörü

Deneyleerde kullanılan egzoz gaz analizörü, MRU DELTA 1600L marka olup, HC, O₂, CO,CO₂, λ (hava fazlalık katsayısı) ve NO_x parametrelerini ölçebilmektedir. Egzoz gaz analizörünün teknik özellikleri Çizelge 5.4’ de, görünüşü ise Şekil 5.9’ da verilmiştir.



Şekil 5.9. Egzoz gaz analiz cihazı

Çizelge 5.4. Egzoz gaz analizörünün teknik özellikleri

Ölçüm	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
CO (%hacimsel)	0-15,00	$\pm 0,0\%$
CO ₂ (%hacimsel)	0-20,00	$\pm 0,5\%$
NO _x (ppm)	0-2000	± 5
HC (ppm)	0-20000 n-hexan	± 12
O ₂ (%hacimsel)	0-25	$\pm 0,1$
Sıcaklık	-40-(+650)	$\pm 1^{\circ}$

5.4. DENEYLERİN YAPILIŞI

Deneylere baŐlamadan önce motor ayarları, motorun yağ seviyesi kontrol edilmiştir. Deneylere için gerekli karışım oranları (% 100 dizel, % 25 biyodizel,% 50 biyodizel, % 75 biyodizel, % 100 biyodizel) lekli kaplarda hazırlanarak yakıtlar sırasıyla motor deposuna doldurulmuŐtur. Her deney sonrası motorun yakıt deposundaki karışım yakıtları tamamen boŐaltılmıŐ ve ölçümler yapılırken bir önceki deneye ait yakıtın tamamen yanması sağlanarak gerekli olan veriler alınmıştır. Elektrikli dinamometrenin bağlantıları kontrol edilmiştir. Ölçümler yapılırken her deney tamamlandığında motor bir sonraki deney öncesinde dinlenmeye bırakılmıŐ, diğer deneyleer için motor tekrar çalışma sıcaklığına getirilmiŐtir.

Deneyleerde, ilk olarak dizel yakıtı kullanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Motor ısındıktan sonra gaz kolu tam yük konumuna getirilerek motorun tam yükte çalıŐması sağlanmıştır. Tam yük altında bulunan motor, elektrikli kontrol panosu üzerinde bulunan yük kontrol düğmesi yardımı ile sırasıyla 1600 1/min, 2000 1/min, 2400 1/min, 2800 1/min, 3200 1/min'de çalıŐtırılarak beş farklı devir aralığında motor momentine, gücüne, yakıt sarfiyatına, emisyon değerlerine (HC, NO_x, CO₂, CO, \dot{Q}) ve is emisyon karakteristikleri için gerekli veriler alınmıştır. Bu işlem sırasıyla dört farklı yakıt türüyle (% 25 biyodizel, % 50 biyodizel, % 75 biyodizel ve %100 biyodizel) ayrı ayrı denemeler yapılarak ölçümler kaydedilmiştir. Yapılan bütün denemelerde motor devri sabitlenip kuvvet ve emisyon değerleri kararlı hale geldikten sonra ölçümler yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir.

5.5. DENEYLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

5.5.1. Motor Momenti Ve Gücü

Deney sırasında motor yükte çalışırken kuvvet değerleri dinamometreye 0,25 m uzaklıktaki load cell'den okunmuŐtur.

Motor momenti aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır;

$$M_e = F * g * L \quad (5.1)$$

M_e : Etkin motor momenti, (Nm)

F : Load cell'den okunan kuvvet, (kg)

L : Motor merkezinin load cell'e uzaklığı, (m)

Motor devri 2400 1/min'da dinamometreden okunan kuvvet $F = 7,2$ kg olduğuna göre, 2400 1/min' daki motor momenti; (5.1)'deki eşitlikte yerine konularak $M_e = 17,658$ Nm olarak hesaplanmıştır.

Motor gücü ise aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$P_e = \frac{M_e * n}{9549} \quad (5.2)$$

P_e : Efektif motor gücü, (kW)

M_e : Etkin motor momenti, (Nm)

n : Motor devri, (1/min)

Motor gücü hesabında, motor devri 2400 1/min' da eşitlik (5.1)'e göre hesaplanan motor momenti 17,658 Nm (5.2)'deki eşitlikte yerine yazıldığında;

$$P_e = \frac{17,658 * 2400}{9549} = 4,43 \text{ kW} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

5.5.2. Yakıt Tüketimi Ve Özgül Yakıt Tüketimi

Motorinle ve diğer yakıt karışımlarıyla yapılan çalışmalarda yakıt tüketimini ölçmek için hacimsel yöntem kullanıldı. Motorun deney setinin yakıt ölçme borusundaki 10

ml yakıtı tüketme süresi kronometre ile tespit edilerek, saatteki yakıt tüketimi kg/saat cinsinden hesaplandı.

Buna göre; ‘m’ gram yakıt ‘t’ sn’de tüketilmiş ise bir saatte (3600s) ne kadar yakıt tüketilir bağıntısından yola çıkılarak aşağıdaki formül oluşturulmuştur.

$$B = \left[\frac{m * 3600}{t} \right] / 1000 \text{ (kg/h)} \quad (5.3)$$

Özgül yakıt tüketimi ise aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır;

$$b_e = \frac{B * 1000}{P_e} \quad (5.4)$$

b_e : Özgül yakıt tüketimi, (g/kWh)

B : Saatlik yakıt tüketimi, (kg/h)

P_e : Efektif motor gücü, (kW)

Örneğin motor 2400 1/min ile çalışırken 10 ml yakıtı 15,3 saniyede tükettiğine göre;

10 ml yakıt = 0,01 litre

10 ml yakıt = 0.01 x 0.837 = 0,00837 kg

Motorun saatteki yakıt tüketimi;

$B = 0,00837 \times 3600 / 15,3 = 1,969 \text{ kg/h}$ olarak hesaplanmıştır.

Özgül yakıt tüketimini hesaplamak için saatteki yakıt tüketimi eşitlik (5.4)’de yerine yazılarak hesaplanmaktadır;

$$b_e = \frac{1.969 * 1000}{4.43} = 444,56 \text{ g/kWh} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

BÖLÜM 6

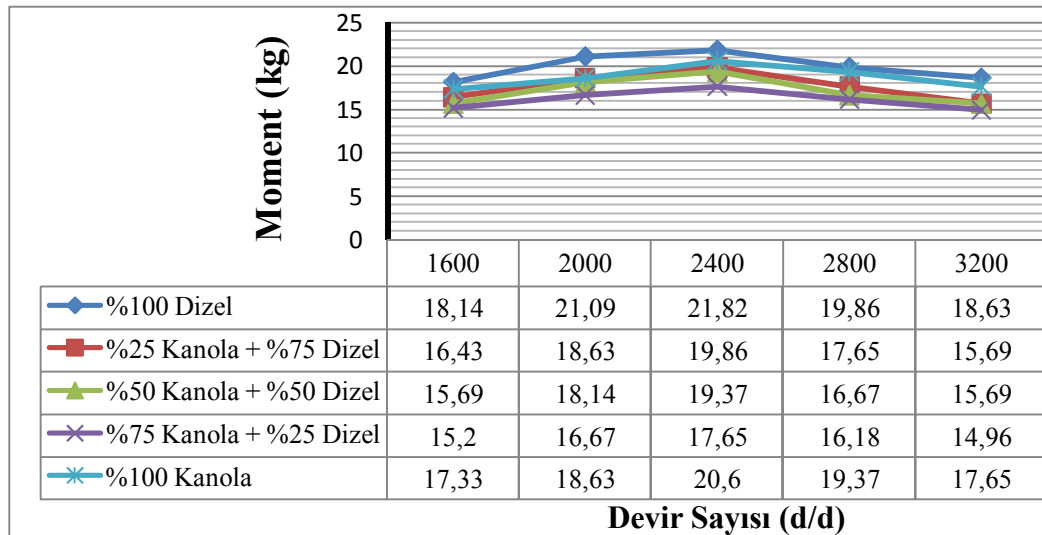
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

6.1. MOTOR PERFORMANSI

Yapılan deneysel çalışmalarda, motor tam gaz konumundayken, öncelikli olarak dizel yakıtı, sonra değişik oranlarda dizel yakıtı-kanola yağı metil esteri karışımları ve son olarak da kanola yağı metil esteri denenerek, motor momentini, motor gücü ve özgül yakıt tüketim değerleri devir sayısına bağlı olarak grafikler halinde verilmiştir.

6.1.1. Motor Momenti

Dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esteri karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtlarından elde edilen motor momentinin motor devir sayısına bağlı olarak değişimleri Şekil 6.1’ de gösterilmiştir.

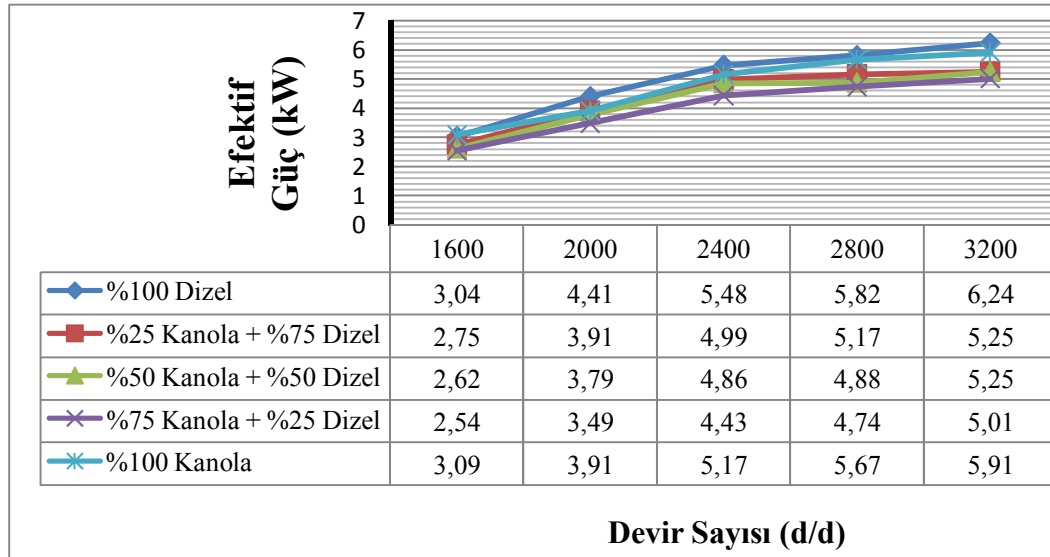


Şekil 6.1. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri/dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için motor moment değerleri değişimi

Moment değişimleri incelendiğinde en yüksek moment değerine dizel yakıtı kullanıldığında ulaşılmıştır. Maksimum momentin elde edildiği 2400 d/d' de dizel yakıtı kullanılarak 21,82 Nm elde edilirken, aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı kullanılarak 19,86 Nm, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı 19,37 Nm, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı 17,65 Nm ve % 100 KYME 20,60 Nm moment geliştirmiştir. Yakıt türlerinin geliştirmiş olduğu moment değerleri incelendiğinde, referans yakıt olan dizel yakıtı ilave edilen kanola yağı metil esterleri oranı arttıka elde edilen moment değerlerinde yaklaşık % 10'lara varan bir düşüş olduğu grlmştir. Bunun sebebi ise kanola yağının ısıl değerinin dizel yakıtı ısıl değerinden daha düşük olması olarak açıklanabilir. Maksimum momentin elde edildiği 2400 d/d' de kanola yağı metil esterinin (20,60 Nm) dizel yakıtına(21,82 Nm) yakın bir moment değeri geliştirdiği grlmştir.

6.1.2. Motor Gücü

Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esterleri karışımları ve kanola yağı metil esterleri yakıtlarından elde edilen motor gclerinin değişimleri Şekil 6.2' de gösterilmiştir.

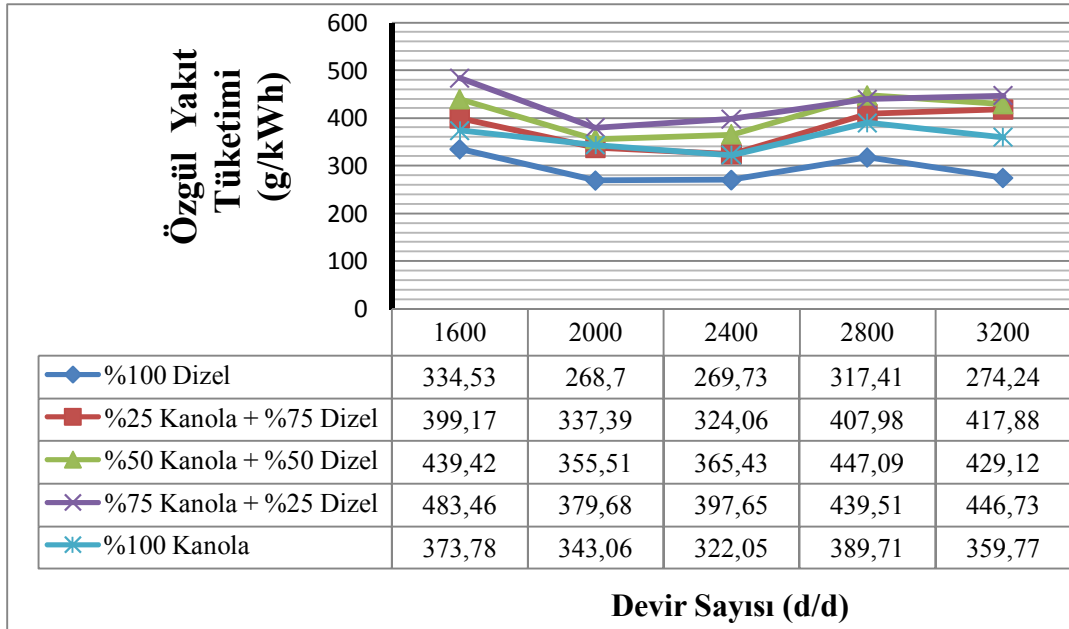


Şekil 6.2. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esterleri/dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esterleri için efektif motor gücü değerleri değişimi

Denemelerde dizel yakıtıyla 3200 d/d' de 6,24 kW maksimum motor gücü geliştirilirken, yine aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı 5,25 kW, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı 5,25 kW, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı 5,01 kW, % 100 kanola yağı metil esteri 5,91 kW güç geliştirmiştir. Yakıt türlerinin geliştirmiş olduğu güç değişimleri incelendiğinde, dizel yakıtına ilave edilen kanola yağı metil esteri karışım oranı arttıkça geliştirilen motor güç değişimlerinde azalma olduğu görülmüştür. Motor gücündeki bu azalmanın sebebi, kanola yağının viskozitesinin dizel yakıtına oranla yüksek oluşundan dolayı atomizasyonun istenilen değerde olmaması ve kanola yağının ısıl değerinin düşük olması olarak açıklanabilir.

6.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi

Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esteri karışımları ve kanola yağı metil esterinin özgül yakıt tüketim değişimleri Şekil 6.3' de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için özgül yakıt tüketim değerleri değişimi

Şekilden de görüleceği gibi referans yakıt olan dizel yakıtı en düşük özgül yakıt tüketim değerine 2000 d/d 'da 268,7 g/kWh olarak ulaşmıştır. Diğer yakıt türleri için 2000 d/d' da özgül yakıt tüketim değerlerine bakıldığında, % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı 337,39 g/kWh, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı 355,51 g/kWh, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı 379,68 g/kWh, % 100 kanola yağı metil esteri 343,06 g/kWh yakıt tüketim değerlerine ulaştıkları görülmüştür. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi karışıma ilave edilen kanola yağı metil esteri oranı arttıkça özgül yakıt sarfiyatında da yaklaşık %10'luk artışlar olduğu görülmüştür. KYME kullanımı ile meydana gelen bu artışların nedeni olarak, kanola yağı metil esterinin yoğunluğunun fazla olması olarak gösterilebilir. Deney yakıtlarının devir sayısına bağlı olarak yakıt sarfiyatı incelendiğinde ise en ideal yakıt sarfiyatının 2000-2400 d/d' da gerçekleştiği görülmektedir. Devir sayısı arttıkça yakıt sarfiyatı da artmaktadır. Bunun nedeni olarak motorun artan devir sayısına karşılık fazladan yakıt gereksinimi duyması olarak açıklanabilir.

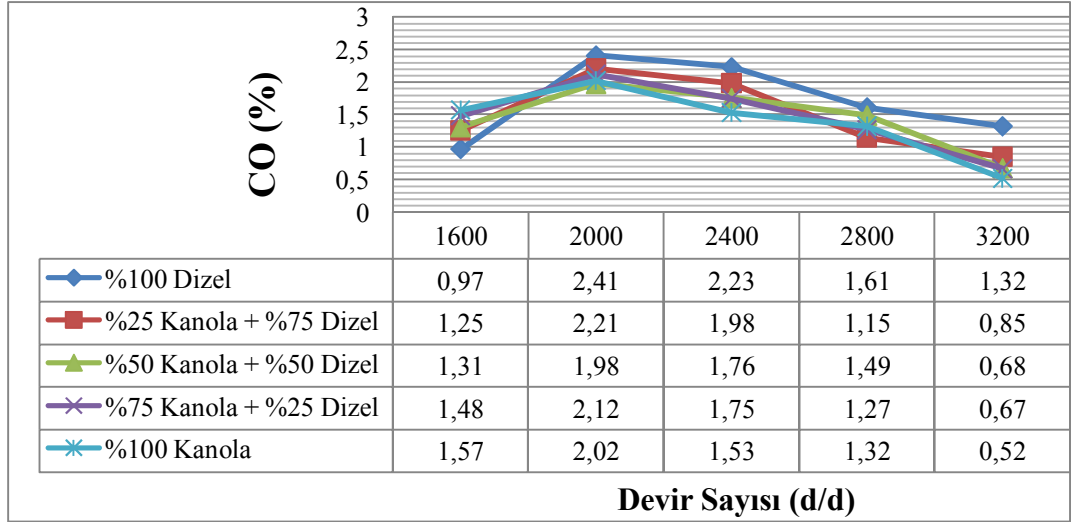
Motor performans (motor momenti, efektif motor gücü ve özgül yakıt sarfiyatı) değerleri incelendiğinde, dizel yakıtına ilave edilen kanola yağı metil esteri oranı arttıkça motor momentinde ve efektif motor gücünde düşüşler, özgül yakıt sarfiyatında artışlar meydana gelmiştir. Fakat %100 kanola yağı metil esteri kullanıldığında karışım yakıtlarına (% 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı) nazaran referans yakıt olan dizel yakıtına daha yakın değerler elde edildiği görülmüştür. Bunun nedeni olarak, kanola yağı metil esteri ile dizel yakıtının farklı titre değerlerine sahip olmasından dolayı her iki yakıtın tam olarak karışmaması ve silindirler içerisinde yanmanın kötüleşmesine yol açtığından dolayı motor performansında düşüslere yol açması olarak açıklanabilir.

6.2. EGZOZ EMİSYONLARI

Yapılan deneysel çalışmalarda, motor devir sayısına bağlı olarak CO, CO₂, HC, NO_x, hava fazlalık katsayısı (λ) ve duman yoğunluğu değişim değerleri grafikler halinde gösterilmiştir.

6.2.1. CO Emisyonu

Şekil 6.4’ de dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esterleri karışımları ve kanola yağı metil esterinin motor devir sayısına bağlı olarak CO emisyon değişimleri gösterilmiştir.

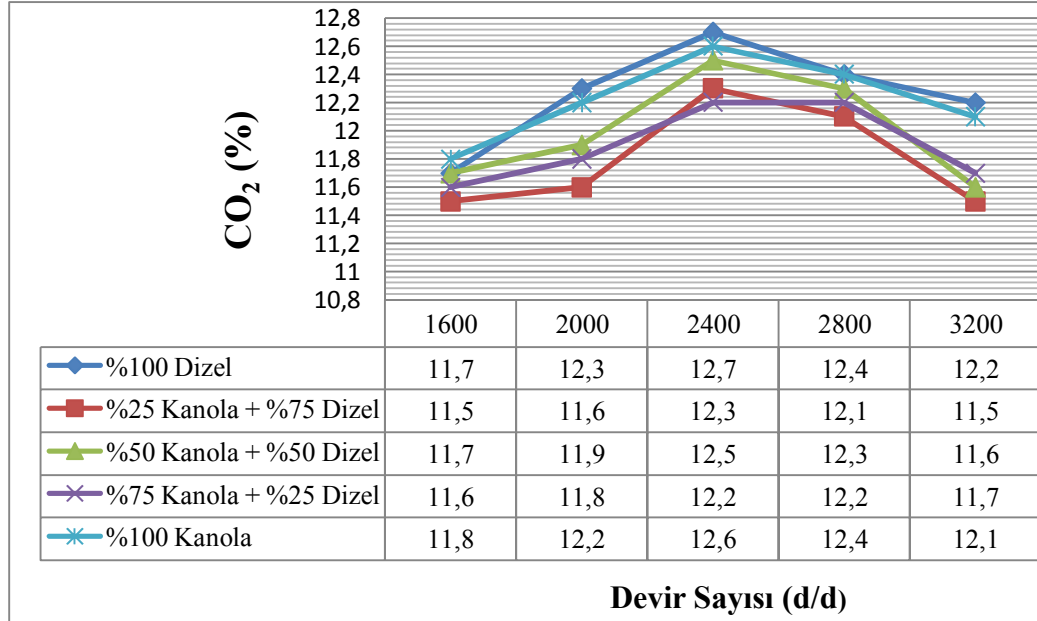


Şekil 6.4. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esterleri / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esterleri için CO değerleri değişimi

En yüksek CO emisyon değeri dizel yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile 2000 d/d’ da % 2,41 CO emisyon değeri elde edilirken, aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı % 2,21, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı % 1,98, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı % 2,12, % 100 KYME ile % 2,02 CO emisyon değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında dizel yakıtına ilave edilen KYME oranı arttıkça CO emisyonları da belli oranlarda düşüş göstermiştir. CO emisyonlarında meydana gelen bu düşüşlerin nedeni olarak kanola yağı metil esterindeki O₂ miktarının dizel yakıtına göre fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

6.2.2. CO₂ Emisyonu

Dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esteri karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtlarından elde edilen CO₂ emisyon değişimleri motor devir sayısına bağlı olarak Şekil 6.5' de gösterilmiştir.

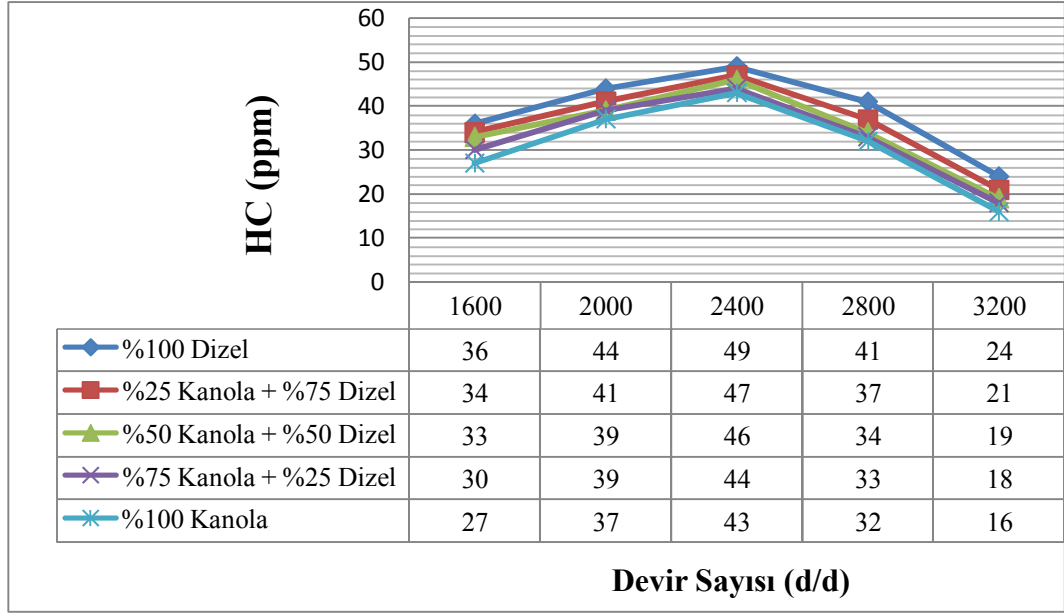


Şekil 6.5. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için CO₂ değerleri değişimi

Yakıt türlerinin geliştirmiş CO₂ emisyon değişimleri incelendiğinde en yüksek CO₂ emisyon değeri dizel yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir. Dizel yakıtı kullanıldığında 2400 d/d' da % 12,7 CO₂ emisyon değeri elde edilmiştir. Yine aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı % 12,3, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı % 12,5, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı % 12,2, % 100 KYME ile % 12,6 CO₂ emisyon değerleri elde edilmiştir. CO₂ emisyonundaki bu azalmanın sebebi, kanola yağından biyodizel üretimi esnasında kanola yağının fermantasyonda karbon bağlarını parçalamak için metanol kullanılmıştır. İçerisinde kullanılan metanol, kanola yağı metil ester biyodizelinin yanma hızını artırarak yanmanın iyileşmesini sağlar.

6.2.3. HC Emisyonu

Motor devir sayısına bağılı olarak dizel yakıtı, dizel – kanola metil esteri yağı karışımları ve kanola yağı metil esterinin HC emisyon değışimleri Şekil 6.6’da gösterilmiştir.

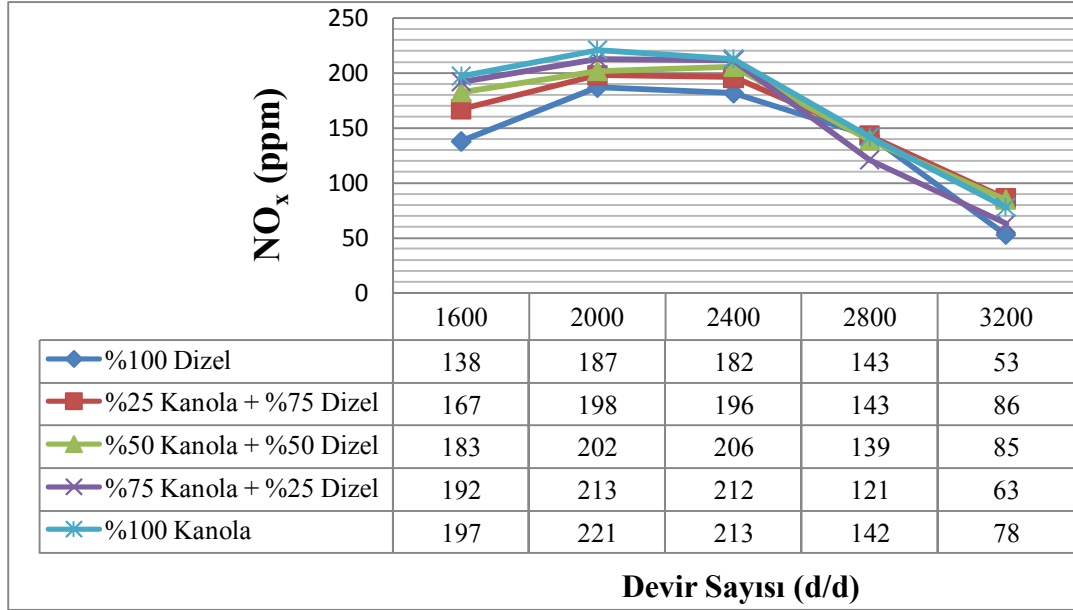


Şekil 6.6. Motor devir sayısına bağılı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için HC değeri değışimi

En yüksek HC emisyon değeri dizel yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile 2400 d/d’ da 49 ppm HC emisyon değeri elde edilirken, aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı 47 ppm, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı 46, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı 44 ppm, % 100 KYME ile 43 ppm HC emisyon değeri elde edilmiştir. Bu değere bakıldığında dizel yakıtına ilave edilen KYME oranı arttıkça HC emisyonları da belli oranlarda düşüş göstermiştir. Kanola yağının kimyasal yapısındaki oksijen miktarının fazla olması HC emisyonlarının azalmasıdaki en önemli etkidir. Oksijen miktarının fazlalığı, HC emisyonlarıdaki karbon oranını düşürerek zararlı gaz emisyonlarını azaltmaktadır.

6.2.4. NO_x Emisyonu

Şekil 6.7’de dizel yakıtı, dizel yakıtı - kanola yağı metil esterleri karışımları ve kanola yağı metil esterinin motor devir sayısına bağlı olarak NO_x emisyon değişimleri gösterilmiştir.

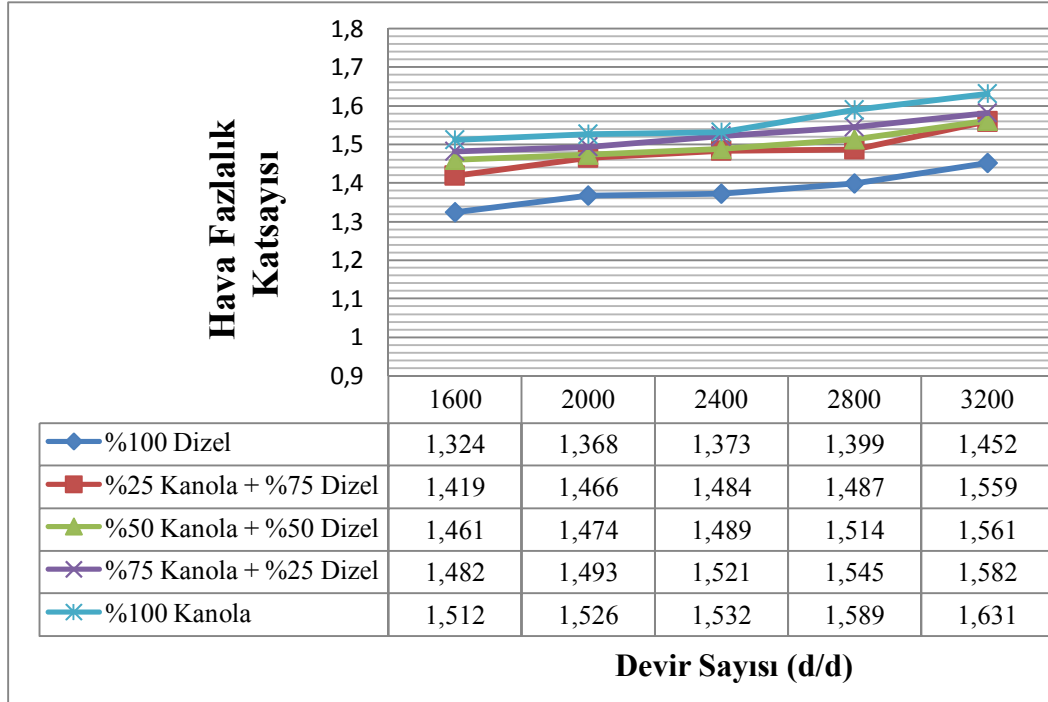


Şekil 6.7. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esterleri / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esterleri için NO_x değerleri değişimi

Şekildeki karışım eğrilerinden de görüleceği gibi tüm yakıt karışım türleri için en yüksek NO_x değerleri 2000 d/d’ da gerçekleşmiştir. 2000 d/d’ da en yüksek NO_x emisyon değeri referans yakıt olan dizel yakıtıyla 187 ppm, yine aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımıyla 198 ppm, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımıyla 202 ppm, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımıyla 213 ppm, % 100 KYME ile 221 ppm olarak gerçekleşmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi karışıma ilave edilen KYME oranı arttıkça NO_x emisyon değerlerinde de belli oranlarda artışlar meydana gelmiştir. Meydana gelen bu artışların sebebi, karışımın oksijen miktarı ve hava fazlalık katsayısının dizel yakıtına göre yüksek olması olarak açıklanabilir.

6.2.5. Hava Fazlalık Katsayısı (λ)

Dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esteri karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtlarından elde edilen hava fazlalık katsayısı (λ) değişimleri motor devir sayısına bağlı olarak Şekil 6.8' de gösterilmiştir.

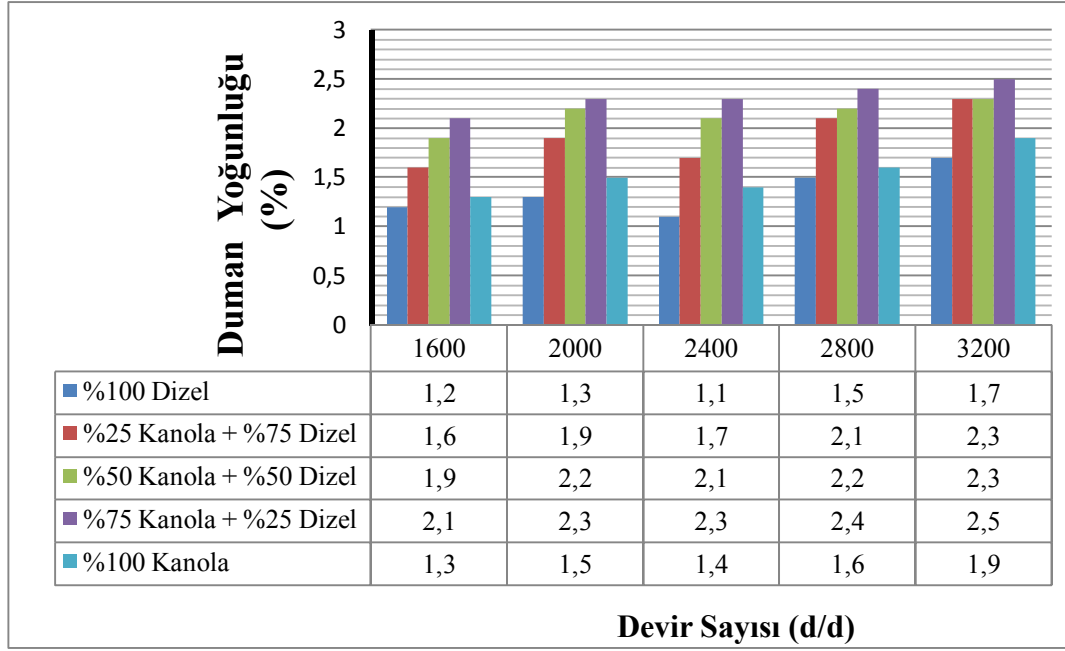


Şekil 6.8. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri / dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için hava fazlalık katsayısı (λ) değerleri değişimi

Şekilden de görüleceği gibi en düşük hava fazlalık katsayısı değeri dizel yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir. Hava fazlalık katsayısı devir sayısına bağlı olarak tüm yakıt türleri için belli oranlarda artış göstermiştir. Dizel yakıtı kullanıldığında en düşük hava fazlalık katsayısı 1600 d/d' da 1,324 olurken, yine aynı devirde % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı 1,419, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı 1,461, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı 1,482, % 100 KYME ile 1,512 olmuştur. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi dizel yakıtına ilave edilen KYME oranı arttıkça HFK değerleri de artmıştır. Sonuç olarak, devir sayısına bağlı olarak HFK değerlerinde meydana gelen bu artışlar dizel yakıtına benzer özellikler göstermiştir.

6.2.6. Duman Yoğunluğu

Şekil 6.9’da dizel yakıtı, dizel yakıtı-kanola yağı metil esteri karışımları ve kanola yağı metil esterinin motor devir sayısına bağlı olarak duman yoğunluğunun (K faktör) % olarak değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 6.9. Motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtı, kanola yağı metil esteri /dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri için duman yoğunluk değerleri değişimi

Şekilden de açıkça görüleceği gibi tüm yakıt türleri için motor devir sayısı arttıkça duman yoğunluğu da belli oranlarda artışlar göstermiştir. Tüm yakıt türleri için en düşük duman yoğunluk değerleri 2400 d/d’ da gerçekleşmiştir. 2400 d/d’ da dizel yakıtı % 1,1, % 25 KYME + % 75 dizel yakıtı karışımı % 1,7, % 50 KYME + % 50 dizel yakıtı karışımı % 2,1, % 75 KYME + % 25 dizel yakıtı karışımı % 2,3 ve % 100 KYME ile % 1,4 olarak duman yoğunluğu ölçülmüştür. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi dizel yakıtına ilave edilen KYME oranı arttıkça duman yoğunluğunda da belli oranlarda artışlar meydana gelmiştir. duman yoğunluğunda meydana gelen bu artışların sebebi, KYME ile oluşturulan karışımların dizel yakıtına göre viskozitesinin yüksek, setan sayısının düşük olması ve bu yüzden yanmanın tam olarak gerçekleşmemesinden dolayı is meydana getirmesi olarak açıklanabilir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada tek silindirli dizel bir motorun dizel yakıt, dizel yakıtı + kanola yağı metil esteri karışımları ve kanola yağı metil esteri yakıtları ile çalıştırılması sağlanmıştır. Referans yakıt olan dizel yakıtı + KYME karışımları ve KYME' nin motor performansına ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. KMYE kullanımı ile karışımların viskozitelerinin ve özgül ağırlıklarının azalması, karışımın ısı değerinde bir miktar artış olması KYME' nin bu avantajlarıyla alternatif dizel yakıtı olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Ayrıca kanola yağının setan sayısının yüksek olması, akma noktası ve bulutlanma noktası gibi yakıt özelliklerinin referans yakıt olan dizel yakıtına yakın özellikler göstermesi KYME kullanımının önemli avantajlarındanıdır.

Kanola yağı metil esteri kullanımı ile motor momentinde ve motor gücünde dizel yakıtına göre belli oranlarda düşüşler meydana gelmiştir. Kanola yağı metil esterindeki bu düşüşlerin temel nedeni yakıtın alt ısı değerinin dizel yakıtına göre düşük olması, viskozitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. KYME' nin viskozitesinin yüksek olması yakıtın enjektörlerden püskürtülmesini zorlaştırmakta ve buna bağlı olarak istenilen atomizasyon sağlanamamaktadır. İstenilen atomizasyonun sağlanamaması tam yanma olayının gerçekleşmesini engellediği için motor momentinde ve motor gücünde belli oranlarda düşüşlere yol açmıştır. Kanola yağının alt ısı değerinin dizel yakıtına göre düşük olması, kanola yağı metil esteri kullanımı ile özgül yakıt tüketiminde de artışların meydana gelmesine yol açmıştır.

Dizel yakıtına ilave edilen kanola yağı metil esteri oranı arttıkça CO emisyonlarında önemli ölçüde düşüşler meydana gelmiştir. Dizel yakıtına göre CO emisyonlarında

meydana gelen bu düşüşlerin nedeni olarak kanola yağı metil esterindeki O₂ miktarının dizel yakıtına göre fazla olması olarak açıklanabilir. O₂ miktarının dizel yakıtına göre fazla oluşu, karışımın silindir içinde yanma sırasında CO emisyonlarını oksitleyerek CO₂ emisyonlarına dönüşümü sağlamış ve bu sayede CO emisyonlarında düşük değerler elde edilmiştir.

Kanola yağı metil esteri kullanımı ile karışıma ilave edilen yağ oranı arttıkça karışımın oksijen miktarı da artmıştır. Karışımın oksijen miktarı ve hava fazlalık katsayısının dizel yakıtına göre yüksek olması, NO_x emisyonlarının dizel yakıtına göre daha yüksek olmasına yol açmıştır. Ayrıca kanola yağı metil esteri kullanımı ile karışıma ilave edilen yağ oranı arttıkça HC emisyonlarında dizel yakıtına göre düşüşler ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni, kanola yağı metil esteri karışımlarının dizel yakıtına göre oksijen miktarının fazla olmasından dolayı zararlı gaz emisyonlarını azaltması olarak açıklanabilir.

Hava fazlalık katsayısında da kanola yağı metil esteri kullanımı ile dizel yakıtına göre deneme yapılan motor devirlerinde artışlar sağlanmıştır. Dizel yakıtına ilave edilen kanola yağı metil ester oranı arttıkça HFK' da artmıştır. HFK' daki bu artışların nedeni, kanola yağı metil esterindeki oksijen miktarının fazla olması olarak açıklanabilir.

Kanola yağı metil esteri + dizel yakıtı karışımları ve kanola yağı metil esteri kullanımı ile duman yoğunluğunda dizel yakıtına yakın değerler elde edilmiştir. Tüm yakıt türleri için devir sayısının artmasıyla duman yoğunluğunda da artışlar meydana gelmiştir. 3200 d/d' da tüm yakıt türleri için % olarak en yüksek duman yoğunluk değerleri ortaya çıkmıştır.

Deneysel çalışmaların sonucunda, kanola yağı metil esteri kullanımı ile motor performans değerlerinin dizel yakıtına yakın olduğu ve dizel yakıtıyla benzer özellikler taşıdığı görülmüştür. Kanola yağı metil esteri kullanımı ile HC emisyonlarında dizel yakıtına göre daha düşük seviyede olduğu ve CO emisyonlarında da belli oranlarda düşüşler ortaya çıktığı görülmüştür. Sonuç olarak; kanola yağı metil esteri kullanımı ile motor performans ve egzoz emisyonları

bakımından dizel yakıtına yakın değerler elde edilmesi ve değişen motor devir sayısına bağlı olarak dizel yakıtına benzer özellikler göstermesi, kanola yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif dizel yakıtı olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

7.2. ÖNERİLER

Bitkisel yağların alternatif dizel yakıtı olarak kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların büyük bir bölümü bitkisel yağların yüksek viskozitelerini düşürmeye, ısıl değerini yükseltmeye yönelik olmuştur. Yapılan çalışmalarda, bitkisel yağların viskozitelerini düşürmek, ısıl değerini arttırmak için katalizör (yaygın olarak sodyum veya potasyum hidroksit) ve alkol (yaygın olarak metil ve etil) kullanılmaktadır. Bu durum maliyet sorununu arttırdığı için bitkisel yağların viskozitelerini düşürmek, ısıl değerini arttırmak için alternatif katıklar üzerine araştırmalar yapılmalıdır.

Kolza üretim miktarının artması, kolza üretim maliyetinin düşmesi ve üreticinin üretim giderlerinin azalması için kolza üreticilerinin gerek kolza tarımı gerekse kolza bitkisinin özellikleri hususunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Yağlı tohumlu bitkilerde üretim miktarını arttırmak ve dışa bağımlılığı azaltmak için biyodizele uygulanan vergilerde indirimle gidilmeli ve tarım sektörü çeşitli teşviklerle yağlı tohumlu bitki ekiminin artması için desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Acaroğlu, M., “Biyokütle enerjisinin global potansiyeli, biyoenerji politikaları, Avrupa Birliği ve Türkiye”, *Lege Enerji Sempozyumu Ve Sergisi*, Denizli, 1-10 (2003).

Aktaş, A., ve Sekmen, Y., “Biyodizel ile çalışan bir dizel motorda yakıt püskürtme avansının performans ve egzoz emisyonlarına etkileri” *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1): 199-206 (2008).

Alpgiray, B., “Kanola yağının dizel motorunun performans ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-22 (2006).

Alptekin, E., ve Çanakçı, M., “Biyodizel ve Türkiye’deki durumu” *Mühendis Ve Makine Dergisi*, 47 (561): 57-64 (2006).

Alptekin, E., ve Çanakçı, M., “Farklı hammaddelerden üretilen metil ester ve gliserinin bazı özelliklerinin belirlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (3): 549-556 (2008).

Altın, R., “Dizel motorlarda ham ayçiçek yağının yakıt olarak kullanılmasının deneysel olarak incelenmesi”, *Teknoloji Dergisi*, 1(2): 33-42 (1998).

Altun, Ş., ve Gür, M.A., “Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılması”, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3): 35-42 (2005).

Altun, Ş., ve Öner, C., “Susam yağının alternatif yakıt olarak dizel motor performansı ve motor elemanları üzerindeki etkileri”, *Teknoloji Dergisi*, 8(3): 229-236 (2005).

Arslan, M.A., “Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak soya ve kanola yağı metil esterlerinin farklı enjektör basınçlarında kullanılmasının performans ve emisyon üzerindeki etkileri” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-36 (2007).

Atlas, M., Özkan, H., ve Çelebi, E., “Enerji istatistikleri”, *DEKTMK Türkiye 9. Enerji Kongresi*, İstanbul, 1-8 (2003).

Bayraç, H.N., ve Yenilmez, F., “Türkiye’de petrol sektörü” <http://econturk.org/Turkiyeekonomisi/Naci.1.doc>, *Online Dergi*, 1-20 (2005).

Cao, P., Dube, A.M., and Tremblay, Y.A., “High-purity fatty acid methyl ester production from canola, soybean, palm and yellow grease lipids by means of a membrane reactor”, *Biomass & Bioenergy*, 32:1028-1036 (2008).

Çanakçı, M., Özsezen, A.N., “Atık mutfak yağlarının alternatif dizel yakıtı olarak değerlendirilmesi” *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(1): 81-91 (2005).

Ceviz, M.A., Koncuk, F., Yüksel, F., Küçük, Ö., ve Gören, A.C., “Beş farklı bitkisel yağdan üretilen biyodizeller ile dizel yakıtının motor performans ve emisyon karakteristikleri karşılaştırmalı analizi”, *Mühendis Ve Makine Dergisi*, 50(588): 21-26 (2009).

Çelikten, İ., “Tam yükte çalışan indirekt püskürtmeli bir dizel motorunda, dizel ve dizel-etanol yakıt karışımlarının performans ve emisyon değişimlerine etkisi”, *Teknoloji Dergisi*, Cilt 7(1): 11-18 (2004).

Çelikten, İ., ve Arslan, M. A., “Dizel yakıtı, kanola yağı ve soya yağı metil esterlerinin direkt püskürtmeli bir dizel motorunda performans ve emisyonlarına etkilerinin incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4): 829-836 (2008).

Çildir, O., ve Çanakçı, M., “Çeşitli bitkisel yağlardan biyodizel üretiminde katalizör ve alkol miktarının yakıt özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2): 367-372 (2006).

Dizge, N., Canlı, O., ve Karpuzcu M., “Biyodizel kullanımının çevre için önemi” *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin, 1-10 (2007).

Dmytryshyn, S.L., Dalai, A.K., Chaudhari, S.T., Mishra, H.K., and Reaney, M.J., “Synthesis and characterization of vegetable oil derived esters: evaluation for their diesel additive properties”, *Bioresource Technology*, 92(1): 55-64 (2004).

Dube, M.A., Tremblay, A.Y., and Liu, J., “Biodiesel Production Using a Membrane Reactor”, *Bioresource Technology*, 98: 839-647 (2007).

Eliçin, A.K., “Yakıt olarak kullanılan fındık yağı ile küçük güçlü bir diesel motorunun performans karakteristiklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-42 (2005).

Goodrum, J.W., “Volatility and boiling points of biodiesel from vegetable oil and tallow”, *Biomass & Bioenergy*, 22: 205-211 (2002).

Güler, K., “Biyodizel teknolojisi, sistem tasarımı ve deneysel olarak biyodizel üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 4-32 (2008).

Hacıkadıroğlu, H., “Bitkisel yağ esterleri – motorin karışımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-41 (2007).

Haşimoğlu, C., İcingür, Y.S., ve Özsert, İ., “Turbo şarjlı bir dizel motorda yakıt olarak biyodizel kullanılmasının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1): 207-213 (2008).

Issariyakul, T., Kulkarni, M.G., Meher, C.Lekha, Dalai K.A., and Bakhshi, N.N., “Biodiesel production from mixtures of canola oil and used cooking oil”, *J Chem Technol Biotechnol*, 140: 1-9 (2007).

Işığığür, A., “Türkiye kökenli aspir tohum yağlarının transesterifikasyon ve dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-45 (1992).

İlkılıç, C., “Biyodizel yakıtın dizel motoru performansına etkileri”, *Mühendis Ve Makine Dergisi*, 48(565): 20-27 (2006).

Karabektaş, M., ve Ergen, G., “Soya yağı metil esterinin motor performans karakteristikleri ve NOx emisyonları üzerindeki etkisinin incelenmesi”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1): 21-26 (2007).

Karaosmanoğlu, F., “Türkiye için çevre dostu – yenilenebilir bir yakıt adayı: biyomotorin”, *Ekejenarasyon Dünyası – Kojenerasyon Dergisi*, 10: 50-56 (2006).

Keskin, A., Gürü, M., ve Altınparmak, D., “Tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımının alternatif dizel yakıtı olarak incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1): 55-73 (2006).

Keskin, A., ve Ekşi, A.K., “Dizel motorlarda mısır yağı biyodizelinin yakıt olarak kullanımının motor performans ve emisyonuna etkisi”, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 49-55 (2006).

Kulkarni, M.G., Dalai, A.K., Bakhshi, N.N., “Utilization of green speed canola oil for biodiesel production”, *J. Chem Technol Biotechnol*, 81: 1886-1893 (2006).

Kulkarni, M.G., Dalai, A.K., and Bakhshi, N.N., “Transesterification of canola oil in mixed methanol/ethanol system and use of esters as lubricity additive”, *Bioresource Technology*, 89(0960-8524): 2027-2033 (2007).

Leung, D.Y.C., Guo, Y., “Transesterification of neat and used frying oil: optimization for biodiesel production”, *Fuel Processing Technology*, 87: 883-890 (2006).

Nas, S., Gökalp, H.Y., Ünsal, M., “Bitkisel yağ teknolojisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yay. No: 005*, Denizli, 57-58 (1998).

Odabaşı, S., ve Taşkaya B., “Kolza (Kanola)”, *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*, 7(11): 1-7 (2004).

Oğuz, H., “Diesel yakıtı ayçiçeği yağı karışımlarının dizel motorlarında yakıt olarak kullanım imkanlarının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 5-45 (2001).

Öğüt, H., Oğuz, C., Oğuz, H., ve Arısay H., “Kolzadan Biyodizel Üretimimin Analizi”, *Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi*, Konya, 25-32 (2003).

Özkaya, S.Y., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları” *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 14: 14-21 (2004).

Öztürk, Ö., “Yağ açığının kapatılmasında alternatif bir yağ bitkisi kanola”, *Türkiye 1. Yağlı Tohumlar, Bitkisel Yağlar Ve Teknolojileri Sempozyumu Bildirimleri*, İstanbul, 1-4 (2003).

Saraçoğlu, N., “Modern enerji ormancılığı – ormanlardan biyokütle enerjisi üretimi ve çözümlenmeler”, *Orman Genel Müdürlüğü Toplantısı*, Ankara, 1-7 (2008).

Sekmen, Y., “Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin dizel motorda yakıt olarak kullanılması”, *Teknoloji Dergisi*, 10(4): 295-302 (2007).

Shu, Q., Wang, J., Peng B., Wang, D., and Wang, G., “Predicting the surface tension of biodiesel fuels by a mixture topological index method, at 313K fuel”, *Bioresource Technology*, 87: 3586-3590 (2008).

Sobutay, T., “Kanola sektör araştırması ”, *İstanbul Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Araştırması Servisi*, İstanbul, 1-12 (2004).

Süzer, S., “Kanola tarımı, Marmara’da tarım”, *Edirne Tarım Dergisi*, 12: 1-15 (2001).

Şanlı, H., ve Çanakçı, M., “Dizel motorlar için yükselen bir alternatif yakıt:biyodizel”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin, 1-6, (2005).

Tate, R.E., Watts C.C., Allen, C.A.W., and Wilkie K.I., ”The Viscosities of Three Biodiesel Fuels at Temperatures up to 300⁰”, *Fuel*, 85: 1010-1015 (2006).

Ulusoy, Y., Alibaş, K., “Diesel motorlarda biodiesel kullanımının teknik ve ekonomik olarak incelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16: 37-50 (2002).

Utlu Z., “Biyodizel Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Atık Kızartma Yağlarının Değerlendirilmesi”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin, 2-5, (2005).

İnternet 1: Gazi Üniversitesi <http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/kureselisinma.html> , (2008).

İnternet 2: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü “ EİE, Yenilenebilir Enerji Kaynakları” http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/biyoenerji/02-biyodizel/bd_cevre.html (2008).

İnternet 3: Ziraat Mühendisleri Odası “Biyodizel:Kurtuluş Reçetesi”, <http://www.zmo.org.tr>, (2008).

İnternet 4: Ziraat Mühendisleri Odası “Kanola”, <http://www.zmo.org.tr>, (2008).

İnternet 1: Gazi Üniversitesi http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji_yenilenebilir_enerji_kaynaklari.htm, (2008)

Yamık, H., İçingür, Y., “Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Etil Esterin Kullanımı”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(3) : 545-533 (2005).

Yamık, H., “Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak yağ esterlerinin kullanılma imkanlarının araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-34 (2002).

Yaşar, B., “Türkiye’de biyodizel üretim maliyeti ve yaşanan sorunlar”, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008*, İstanbul, 1-9 (2008).

Yıldırım, S., “Dünyada ve Türkiye’ de petrol”, *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Ekonomik Araştırmalar Ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, DTM Yayınları, Sayı: 5*, Ankara, 1-35 (2003).

Yıldırım, A., “Biyodizelin çevresel etkileri ve atık yağların biyodizel üretiminde kullanımı”, *Uluslararası Yakıt Sempozyumu*, Ankara, 1-30 (2006).

Yücesu, H.S., Altın, R., ve Çetinkaya, S., “Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi”, *Tübitak Çevre ve Mühendislik Dergisi*, Ankara, 25: 39-49 (2001).

Zhang, Y., Dube, N.A., McLean, D.D., and Kates, M., “Biodiesel production from waste cooking oil: process design and technological assesment”, *Bioresource Technology*, 89: 1-16, (2003).

EK AÇIKLAMALAR A

ÇEŞİTLİ BİYODİZEL STANDARTLARINA AİT ÇİZELGELER

Çizelge A.1. Isıtma yakıtları-(YAME) standartları –(TS EN 14213)

Özellik	Birim	Limitler		Test Metodu
		En az	En çok	
Ester İçeriği	% (m/m)	96.5	-	EN 14103
Yoğunluk, 15 °C' de	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite, 40°C' de	mm ² /s	3.50	5.00	EN ISO 3104 ISO 3105
Parlama Noktası	°C	120	-	ISO 3679
Kükürt İçeriği	mg/kg	-	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Karbon Kalıntısı (%10 Damıtma Aralığı)	% (m/m)	-	0.30	EN ISO 10370
Sülfatlanmış Kül İçeriği	% (m/m)	-	0.02	ISO 3987
Su İçeriği	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam Kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı 110 °C	Saat	4.0	-	EN 14112
Asit Sayısı	mg KOH/g	-	0.5	EN 14104
İyot Değeri	g iyot/100 g	-	130	EN 14111
Çoklu Doymamış (≥4 çift bağ) Metil Ester	% (m/m)	-	1	
Monogliseric İçeriği	% (m/m)	-	0.80	EN 14105
Diğliseric İçeriği	% (m/m)	-	0.20	EN 14105
Trigliseric İçeriği	% (m/m)	-	0.20	EN 14105
Serbest Gliserol	% (m/m)	-	0.02	EN 14105 EN 14106
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN)	°C	-	0.02	EN 116
Akma Noktası	°C	-	0	ISO 3016
Net Yanma Isısı	Mj/kg	35	-	DIN 51900-1 DIN 51900-2 DIN 51900-3

Çizelge A.2. Avrupa birliği otobiyodizel standartları (TS EN 14214)

Özellik	Birim	Limitler		Test Metodu
		En az	En çok	
Ester İçeriği	% (m/m)	96.5	-	prEN 14103
Yoğunluk, 15 °C	kg/m ³	860	900	EN ISO 12185
Kinematik Viskozite, 40°C	mm ² /s	3.50	5.00	EN ISO 3104
Parlama Noktası	°C	120	-	ISO/CD 3679
Kükürt İçeriği	mg/kg	-	10	prEN ISO 20846
Karbon Kalıntısı (%10 damıtma aralığı)	% (m/m)	-	0.30	EN ISO 10370
Setan Sayısı		51	-	EN ISO 5165
Sülfat Kül İçeriği	% (m/m)	-	0.02	ISO 3987
Su İçeriği	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam Kirlilik	mg/kg	-	24	EN 12662
Bakır Çubuk Korozyonu	-	1		EN ISO 2160
Oksidasyon Kararlılığı 110 °C	Saat	6.0	-	prEN 14112
Asit Sayısı	mg KOH/g	-	0.5	prEN 14104
İyot Değeri	g iyot/100 g	-	120	prEN 14111
Linoleik Asit Metil Esteri	% (m/m)	-	12	prEN 14103
Çoklu Doymamış (≥4 çift bağ) Metil Ester	% (m/m)	-	1	
Metanol İçeriği	% (m/m)	-	0.20	prEN 14110
Monogliseric İçeriği	% (m/m)	-	0.80	prEN 14105
Digliseric İçeriği	% (m/m)	-	0.20	prEN 14105
Trigliseric İçeriği	% (m/m)	-	0.20	prEN 14105
Serbest Gliserol	% (m/m)	-	0.02	EN 14105
Toplam Gliserol	% (m/m)	-	0.25	prEN 14105
Alkali Metaller (Na+K)	mg/kg	-	5.0	prEN 14108 prEN 14109
Fosfor İçeriği	mg/kg	-	10	prEN 14107

ÖZGEÇMİŞ

Ayhan YİĞİT 1985’ de Ordu’ da doğdu. İlkokulu Ordu’ da, ortaokulu Tekirdağ’ tamamladı; Fatsa Atatürk Anadolu Denizcilik Meslek Lisesi, Gemi Makineleri Bölümünü bitirdikten sonra 2002 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümünü kazandı. 2006 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’ nda yüksek lisans programına başladı; halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı altında yüksek lisans programına devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Reşadiye Mah. Yunus Emre Cad.
4.Sok. No: 2/4 Çorlu-TEKİRDAĞ

Tel : (505) 927 65 50

E-posta : ayhanygt52@gmail.com