

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

**ALABALIK YAĞI METİL ESTERİNİN BİR DİZEL
MOTORUNUN PERFORMANS VE EGZoz
EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Serbay YURDUSEVEN

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA

Ağustos 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALABALIK YAĞI METİL ESTERİNİN BİR DİZEL
MOTORUNUN PERFORMANS VE EGZOZ
EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**


YÜKSEK LİSANS TEZİ

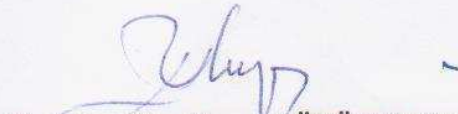
Mak. Müh. Serbay YURDUSEVEN


Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez 02/08/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr. İmdat TAYMAZ
Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr. Ekrem BÜYÜKKAYA
Üye


Doç. Dr. Murat KARABEKTAŞ
Üye

TEŞEKKÜR

Yaptığım bu yüksek lisans tezinin hazırlanmasında bütün emek ve bilgi birikimini benden esirgemeyen, tez çalışmam ile ilgili araştırma yapmam için bana yardımcı olan, beni her zaman destekleyen Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Ekrem Büyükkaya'ya ve deneylerin yapılmasında bana yardımcı olan ve tecrübesiyle bilgi birikimini benimle paylaşan Arş. Görv. Salih Karaaslana'a ve bana bu süreçte büyük sabır gösteren ve yardımını esirgemeyen eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2010
Serbay Yurduseven

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3. BİYODİZEL	14
3.1. Biyodizel Nedir?.....	14
3.2. Biyodizel Üretimi.....	14
3.3. Biyodizel ve Fiziksel Özellikleri.....	16
3.3.1. Yoğunluk.....	17
3.3.2. Kinematik viskozite.....	19
3.3.3. Parlama noktası.....	20
3.3.4. Akma ve bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma	20
3.3.5. Karbon kalıntısı.....	23
3.3.6. Bakır şerit korozyonu.....	25
3.3.7. Su-Sediment oluşumu.....	25
3.3.8. Kükürt oluşumu.....	27
3.3.9. Setan indeksi.....	27
3.4. Biyodizelin Dizel Yakıtına Göre Avantaj ve Dezavantajları.....	29
BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	31
4.1. Deney Motoru ve Donanımı.....	31
4.2. Deneylerin Yapılışı.....	34
BÖLÜM 5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	36
BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	45

KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

m^3	:Metreküp
MJ	:Mega joule
$^{\circ}C$:Santigrad
mm	:Milimetre
Nm	Newton – metre
d/dak	Dakikadaki devir sayısı
MPa	:Megapaskal
mmHg:	Milimetre – civa
Kcal	:Kilokalori
kW	:Kilowatt
BG	:Beygir gücü
HP	:Beygir gücü
ppm	:Milyonda parçacık sayısı
SO ₂	:Kükürt dioksit
CO ₂	:Karbondioksit
CO	:Karbon monoksit
KOH	:Potasyumhidroksit
HC	:Hidrokarbon
NO _x	:Azot oksitler
NO	:Azot monoksit
H ₂ SO ₄ :	Sülfürik asit
SO ₃	:Kükürttrioksit
H ₂ O	:Su
O ₂	:Oksijen
NaOH	:Sodyum hidroksit
B10	:% 10 Biyodizel+ %90 Dizel

B20	:%20 Biyodizel+ %80 Dizel
B35	:%35 Biyodizel+ %65Dizel
B40	:%40 Biyodizel+ %60 Dizel
B50	: %50 Biyodizel+ %50 Dizel
B65	: %65 Biyodizel+ %35 Dizel
B90	: %90 Biyodizel+ %10 Dizel
B100	: %100 Biyodizel
ph	:Asitlik derecesi
Pme	: Ortalama efektif basınç
P	:Yoğunluk
η	:Verim
be	:Özgül yakıt tüketimi
ET	:Enerjilenme süresi
HFK	:Hava fazlalık katsayısı
BYME:	Balık yağı metil esteri
FYME:	Fındık yağı metil esteri
EGR	:Silindir içindeki egzoz gazı oranı
IDI	:Ön yanma odalı
DI	:Direkt püskürtmeli
ÜÖN	:Üst ölü nokta
AÖN	:Alt ölü nokta
D2	:Dizel no 2
%	:Yüzde oranı
max	:Maksimum
min	:Minimum

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Yoğunluk ölçüm cihazı (petrotest).....	18
Şekil 3.2. Viskozite ölçüm cihazı.....	19
Şekil 3.3. Parlama noktası ölçüm cihazı.....	21
Şekil 3.4. Akma ve Bulutlanma noktası ölçüm cihazı (Petrotest).....	22
Şekil 3.5. Karbon Kalıntısı Ölçüm Cihazı (Petrotest).....	24
Şekil 3.6. Bakır şerit korozyonu ölçüm cihazı (Petrotest).....	25
Şekil 3.7. Karl – Fischer suölçüm cihazı (Kyoto).....	26
Şekil 3.8. Kükürt ölçüm cihazı (Petrotest).....	27
Şekil 4.1. Motor test ünitesi.....	31
Şekil 4.2. DC motor ve torkmetre.....	33
Şekil 4.3. Egzoz analiz cihazı.....	33
Şekil 4.4. Kontrol paneli.....	34
Şekil 5.1. Tam yükte motor efektif gücün devir sayısı ile değişimi.....	37
Şekil 5.2. Tam yükte motor döndürme momentinin devir sayısı ile değişimi.....	38
Şekil 5.3. Tam yükte özgül yakıt sarfiyatının devir sayısı ile değişimi.....	39
Şekil 5.4. Tam yükte ısı verimin devir sayısı ile değişimi.....	40
Şekil 5.5. Tam yükte mekanik verimin devir sayısı ile değişimi.....	41
Şekil 5.6. Hava fazlalık katsayısının yük ile değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak).....	42
Şekil 5.7. CO emisyonlarının yük ile değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak).....	42
Şekil 5.8. HC emisyonlarının yük ile değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak).....	43
Şekil 5.9. Egzoz gaz sıcaklığının yük ile değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak).....	44

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.Dünya Fosil Yakıt Rezervleri (2002).....	1
Tablo 1.2.Dünya Fosil Yakıt Tüketimleri (2002).....	2
Tablo 1.3.Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilme Süreleri (2002).....	2
Tablo 3.1.Uluslararası standartlarda yoğunluk için verilen sınır değerleri.....	18
Tablo 3.2.Uluslararası standartlarda viskozite için verilen sınır değerleri....	20
Tablo 3.3.Uluslararası standartlarda parlama noktası için verilen sınır değerleri...	21
Tablo 3.4.Uluslararası Standartlarda karbon kalıntısı için verilen sınır değerleri..	23
Tablo 3.5.Uluslararası standartlarda bakır şerit korozyonu için verilen değerler...	24
Tablo 3.6.Uluslararası standartlarda su-sediment değerleri için verilen değerler...	26
Tablo 3.7.Uluslararası standartlarda merkaptan kükürt kütle oranı üst sınırları....	27
Tablo 3.8.Uluslararası standartlarda setan sayısına ilişkin alt sınırlar.....	28
Tablo 4.1. Deney motorunun teknik özellikleri.....	32
Tablo 4.2. Dizel ve BYME yakıtlarının özellikleri.....	35
Tablo 4.3.Ölçülen parametrelerin doğruluğu ve hesaplanan parametrelerin belirsizliği.....	35

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, dizel motor, performans, emisyon, alabalık yağı.

Dünyanın giderek sanayileşmesi ve motorlu araç sayısının artması enerji ihtiyacının fosil kaynaklı yakıtlara olan talebi artırmıştır. Bu kısıtlı kaynaklar dünyanın belirli bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Bu kaynaklara sahip olmayan ülkeler temelde ham petrol ithalatından kaynaklanan enerji/döviz ithalatıyla karşılaşır. Ayrıca bilinen fosil yakıt kaynakları tükenmekte ve bununla birlikte büyük miktarlardaki fosil yakıt kullanımının küresel ısınma, asit yağmurları ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bundan dolayı dünyada yenilenebilir enerji kaynakları ve alternatif yakıtlar üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Dizel motorlarda kullanılan petrol kaynaklı dizel yakıtı ulaşım sektörünün temel enerji kaynağıdır. Bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen biyodizel yakıtlar dizel motorlar için önemli yenilenebilir alternatif yakıtlardır.

Bu çalışmada, biyodizel olarak alabalık yağından elde edilen alabalık yağ metil esteri kullanılmıştır. Alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyum hydroxide kullanılmıştır. Üretilen biyodizel, dizel yakıtı içerisine %10, %20, %40, %50 hacimsel oranda karıştırılmıştır. Biyodizel-dizel karışımları, dört zamanlı, 1 silindirli, indirekt püskütmeli hava soğutmalı dizel bir motorda, tam yükte performans ve değişken yüklerde sürüm değerleri bakımından test edilmiştir ve dizel yakıtla karşılaştırılmıştır. Dene sonuçları, farklı çalışma şartlarında performans ve emisyon değerleri gözönüne alınarak, üretilen biyodizel yakıtın dizel yakıtına kısmi oranda karıştırılması suretiyle dizel motorda herhangi bir değişiklik veya yakıt ön ısıtması gerektirmeden kullanılabilirliğini göstermektedir.

THE EXAMINATION OF THE TROUT OIL METHYL ESTER'S EFFECT OF A DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

SUMMARY

Keywords: Biodiesel, diesel engine, performance, emission, trout oil.

The gradually industrialization and motorization of the world resulted in immensely rise of demand of petroleum oriented fuels. Petroleum-based fuels are obtained from limited reserves. These limited reserves are intensify on particular places in the world. Thus, countries which have not these reserves, face energy/foreign exchange crisis primarily due to the import of crude petroleum. However, the known fossil fuel resources are diminishing and the use of fossil fuels causes global warming, acid rains and environmental pollution. Therefore, studies on renewable energy sources and alternative fuels have been carried out in the world.

The petroleum diesel fuel is the basic energy source of transportation sector and used in diesel engines. Biodiesel fuel, which can be produced from animal and vegetable oil, is an important alternative renewable fuel for diesel engines.

In this study, biodiesel has produced from trout oil by alkali- transesterification method. Methanol as an alcohol and sodium hydroxide as a catalyst were used in the transesterification reaction.

The produced biodiesel was blended in %10, %20, %40, %50 (in volume) with diesel fuel. The blends were tested in a four cycle, 1 cylinder, air cooled, indirect injection (IDI) Diesel engine. The effects of biodiesel addition to Diesel No. 2 on the performance of the engine were examined at full load. Emissions were tested at variable load. Also results determined with reference fuel results.

Experimental results showed that the produced biodiesel can be partially substituted for the diesel fuel at most operating conditions in terms of the performance parameters and emissions without any engine modification and preheating of the blends.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Enerji insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli olgudur ve ekonomik kalkınmanın bir lokomotifidir. Neredeyse bütün toplumların enerji sorunu ile karşı karşıya kalması göz önüne alındığında, enerji konusu önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, enerji sadece insanların temel ihtiyaçlarını karşılamada değil, uluslararası politikalara yön veren etkili bir güç olmasıyla göze çarpmaktadır. Geçmişten günümüze toplumların temel enerji kaynakları petrol, doğalgaz, kömür ve elektrik enerjisi olmuştur. Nüfusun giderek artması, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve kalkınmanın gereksinimlerinden dolayı her geçen gün insanoğlunun enerji ihtiyacı artmaktadır. Artan bu enerji ihtiyacına karşın, üretilen enerji yeterli olmamaktadır.(Alptekin E.,2007)

Tablo 1.1. Dünya Fosil Yakıt Rezervleri (2002)

Bölge	Petrol	Doğal Gaz	Taş kömürü	Linyit
	Milyar ton	Trilyon m ³	Milyar ton	Milyar ton
Kuzey Amerika	8,4	7,3	116,7	139,8
Orta-Güney Amerika	12,9	6,3	7,8	13,7
Batı Avrupa	2,7	5,1	41,7	80,4
Doğu Avrupa	9,0	56,7	9,5	132,7
Orta Doğu	91,5	49,5	0,2	0
Afrika	10,0	11,2	61,2	0,2
Asya ve Okyanusya	5,9	10,3	184,4	107,9
Toplam	140,4	146,4	509,5	474,7

Dünya nüfusunun hızla artması, endüstrileşme ve hızlı şehirleşme bu doğal kaynakların tüketimini hızla arttırmaktadır. 2002 yılı verilerine göre dünya üzerindeki fosil kaynakların tüketimleri ve toplam tüketim içindeki payları aşağıda verilmiştir.

Tablo 1.2’de sunulan tüketim değerleri incelendiğinde fosil kaynaklar arasında %44,00 ile petrol birinci sırada yer alırken bunu %29,00 ile kömür ve %27,00 ile doğal gazın takip ettiği görülmektedir. Takip eden çizelgede fosil yakıtların mevcut rezervlerinin kullanılabilme süreleri de dikkate alınırse gelecek 30 yıl içerisinde bu fosil kaynaklar açısından önemli bir yetersizlik olmayacağı ancak önümüzdeki 40–50 yıl içerisinde ise bu kaynakların özellikle nüfus artışının etkisi önemli ölçüde azalacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte oluşabilecek enerji temin sorununu bir anda çözebilecek teknolojik bir gelişme de bulunmamaktadır. Bu durum bilinen kaynakların en rasyonel şekilde kullanımı ve yeni enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gibi acil önlemlerin şimdiden alınması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca dünyada çevre bilincinin yaygınlaşmaya başlaması ile çevre dostu olarak bilinen yeni bazı enerji kaynaklarının araştırılması kaçınılmaz olmuştur.

Tablo 1.2 . Dünya Fosil Yakıt Tüketimleri (2002)

Bölge	Petrol		Doğalgaz		Kömür	
	%	Milyon TEP*	%	Milyon TEP*	%	Milyon TEP*
Kuzey Amerika	46	1066	28	650	26	591
Orta-Güney Amerika	67	219	27	87	6	22
Batı Avrupa	50	760	28	423	22	344
Doğu Avrupa	20	170	58	94	22	180
Orta Doğu	52	206	46	181	2	8
Afrika	45	117	21	54	34	89
Asya ve Okyanusya	43	972	12	275	45	1021
Toplam	44	3510	27	2164	29	2255

Tablo 1.3.Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilme Süreleri (2002)

	Petrol	Doğalgaz	Kömür
Bölge	Yıl	Yıl	Yıl
Kuzey Amerika	14	11	239
Orta-Güney Amerika	38	66	474
Batı Avrupa	8	18	161
Doğu Avrupa	24	82	>500
Orta Doğu	87	>100	175
Afrika	28	98	268
Asya ve Okyanusya	16	40	164
Toplam	41	62	230

*Ton Eşdeğer Petrol

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İçten yanmalı motorlarda kirletici bileşenlerin tehlikeli boyutlara ulaşmasından dolayı bu bileşenlerin azaltılmasına yönelik birçok çalışmalar yapılmış ve halen yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar geniş kapsamlı olup bunlardan biri de dizel motorlarında biyodizel kullanımı üzerinedir.

Geyer ve diğ. (1984) çalışmalarında üç silindirli direk enjeksiyonlu doğal soğutmalı bir biyodizel motorda 1/3, 2/3 ve tam yükte 2400 d/dak sabit devirde pamuk yağı metil esteri ile yaptıkları deneyde termik verimin iyileştiği partikül madde miktarında düşüş NO_x emisyonunda artış olduğunu belirtmişlerdir.

Oğuz (1998) çalışmasında ayçiçeği yağına seyreltme metodu uygulanarak 43 kW gücünde 3 silindirli direk enjeksiyonlu bir motorda denemiştir. Seyreltme metodu için ay çiçek yağı ile motorin yakıtını hacimsel olarak % 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 oranlarında karşılaştırılarak seyreltmıştır. Elde edilen yakıtların yakıt özellikleri belirlenmiş ve motorda hiçbir değişiklik yapılmadan denemiş, sonuç olarak motor performansında önemli bir değişiklik meydana gelmediğini ancak özgül yakıt tüketiminde artışlar meydana geldiğini saptamıştır. Ölçülen emisyon değerlerinde de özellikle duman yoğunluğunda önemli miktarlarda düşmeler olduğunu tespit etmiştir. Yücel (1998) çalışmasında dizel yakıtına belirli pamuk yağı katarak motor performansı ve emisyonları üzerindeki incelemesinde uzun süreli çalışmalarda yanma odası içerisinde, supaplarda, piston ve segmanlarda karbon biriktiğini, birikinti miktarının karışımdaki artan pamuk yüzdesi ile orantılı değiştiğini, güç açısından olumsuz bir durum gözlenmediği, CO ve HC 'den fazla NO_x emisyonlarının da daha düşük olduğunu ifade etmiştir.

Wardle (2003) çalışmasına göre biyodizel kullanımı egzoz emisyonlarını düşürdüğünü NO_x ve CO₂ gibi bazı egzoz emisyonlarını da arttırabildiğini saptamıştır.

Acaroğlu ve diğ (2003) alışmasında biyodizel yakıtlarının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtların yanması sonucu olu an CO oranından %50 daha az oldu unu saptamıştır.

Caratto ve diğ.(2004)'ne göre konvansiyonel motorin motorunda güvenilir bir Şekilde kullanılabilmesi petrol türevi motorin yakıtı gibi performans ve karalı çalışabilmesi biyodizel avantajlarındanır. Kendi kendine tutuşmaz, toksit özelliği yoktur ve egzoz emisyonları daha azdır.

Meher ve diğ.(2004) alışmalarında biyodizelin üretilmesindeki transesterifikasyon süreci, reaksiyon modu durumu alkolün tipi ve katalizörün miktarı, reaksiyon süresi gibi özeliklerin biyodizel özelliklerini etkilediğini ortaya koymuştur.

Oğuz (2004) alışmasında alternatif olarak fındık yağı metil esterinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemiştir. Genellikle yüksek viskozite sorununu zmede n yaygın olarak kullanılan transesterifikasyon yöntemini seğmiştir. Elde edilen fındık yağı metil esteri (FYME) dört zamanlı dört silindirli 60KW gücünde direkt püskürtmeli TÜMOSAN 4D 39T bir motorin motorda denenerek motorin yakıtı ile karşılaştırmıştır. Ayrıca yakıt tüketimi tork g duman yoğunluğu ve HC; CO;CO₂ olarak gaz emisyonları incelemiş ve motor performansında önemli değişme güçte çok az bir düşme, özgül yakıt tüketiminde %10,2'lik bir artış olduğunu bulmuştur.

Keskin ve diğ.(2005) yaptıkları incelemede, donyağı biyodizelin motorin yakıtı ile %90 oranındaki karışımının motorin motorlarda herhangi bir modifikasyona gidilmeden alternatif yakıt olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Karışım yakıtın çok az kükürt içermesi, setan sayısının yüksek olması ısıl değer, yoğunluk, viskozite, akma noktası ve bulutlanma noktası gibi yakıt özelliklerinin motorin yakıt değerlerine yakın olması önemli avantajlar sağladığını belirtmişleridir. B90 yakıtı ile elde edilen performans değerleri motorin yakıtı ile ifade edilen değerlere çok yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. B90 yakıtının kullanımında tork ve güç değerlerinde meydana gelen maksimum azalma miktarları sırasıyla %2,99 ve %2,94 oranında olmuş, motorun zgl yakıt tüketimi değerleri ortalama %7,63 oranında arttığını, B90 yakıtı ile CO emisyonu değerlerinde %35,44 'e kadar, duman emisyonları

değerlerinde ise %13,27'ye kadar varan azalmalar olduğunu, bununla birlikte, NO_x emisyonlarında %13,29 oranına kadar varan artışlar olduğunu gözlemlemişlerdir.

Aydın ve diğ. (2008) biyodizel yanması sonucu ortaya çıkan CO oranı motorin yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranında yaklaşık %30-50 daha az olduğunu saptamışlardır. Biyodizel-motorin karışım yakıtları ile yapılan tüm çalışma koşullarında elde edilen egzoz emisyonları motorin yakıtının egzoz emisyonlarına göre daha düşük çıktığını gözlemlemişlerdir. Özellikle biyodizel ve biyodizel-D2 karışımlarının SO₂ bileşikleri açısından D2 karşılaştırılması il D2 'ye nazaran büyük avantaj sağlamaktadır. Motora yüklendikçe B20 B50 yakıtlarında yanmanın kötüleşmesi egzoz manifolduna sarkması sonucu iki yakıtta egzoz gazı sıcaklıkları B5 ve D2 yakıtlarına göre çok yükseldiğini belirtmişlerdir. B20 ve B50 yakıtlarında viskozitenin yüksek olması yanma sonucu yüksek sıcaklıklara ulaşımı geciktirmiş ve bunun sonucunda az NO_x meydana geldiğini bütün yüklerde B5 yakıtından kaynaklanan NO_x emisyonu daha yüksek çıkmıştır. B5 yakıtında oksijen fazlalığından dolayı yanmanın iyileşmesi sonucu NO_x oluşumu yüksek değerlerde seyrettiğini saptamışlardır.

Leung (2001) çalışmasında restoranların atık kızartma ve hayvansal yağlardan elde edilmiş biyodizel yakıtını motorin ile üç farklı karışım oranında karıştırarak test motorunda kullanmıştır. Çalışmada %15 oranında biyodizel içeren karışımın motorun performansını etkilemediği gözlemlenmiştir. Emisyonlarda %1,5 ile %44 oranında azalma gözlenirken artan motor hızlarında NO emisyonlarında %16 artış gözlenmiştir.

Ulusoy ve diğ. (2004) kullanılmış kızartma yağından elde edilmiş biyodizel yakıtını %100 oranında 4 silindirli,4 stroklu motorunda yakıt olarak kullandığı çalışmada kullanılan biyodizel yakıtı ile CO, HC ve partikül emisyonlarında sırasıyla % 8,59, %30,66 ve %63,33 azalma gözlenirken, CO₂ ve NO_x emisyonlarında sırasıyla %2,62 ve %5,03 artış gözlemlenmiştir. Diğer taraftan performans yönünden karşılaştırıldığında teker kuvvetinde %3,35 ve teker gücünde %2,03 azalma gözlenmiştir.

Nye ve diğ. (1983) kullanılmış kızartma yağları ve metanol, etanol, 1-propanol 2-propanol, 1-butanol, 2-etoksietanol gibi çeşitli alkoller ile yaptıkları transesterifikasyon reaksiyonlarında en iyi verimin KOH'in katalitik etkisi altında metanol ile yapılan reaksiyonlarda elde edildiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada elde edilen metil, etil, 1-bütül esterlerin laboratuarda yüksek hızla motorları için emisyon testleri yapılmış ve iyi sonuçlar alınmıştır.

Graboski ve McCormick (1998) sahip olduğu kütleli olarak %10-11 daha fazla oksijenin ve bünyesinde aromatik bileşenler bulundurmamasının CO, HC ve PM emisyonlarında düşümlere yol açtığını tespit etmişlerdir.

Gomez ve diğ. (2000) kullanılmış kızartma yağı metil esterini doğal emişli, bölünmüş yanma odalı motorunda kullanmışlardır. Bu çalışmada kullanılan metil ester CO, CO₂ ve SO₂ ve is emisyonlarında düşüme neden olurken, O₂, NO₂ ve NO emisyonlarında motorine göre artış gözlemlenmiştir.

Çetinkaya ve diğ. (2005) düşük hammadde maliyetli kızartma yağından üretilmiş biyodizel yakıtını %100 oranında 4 silindirli, 4 stroklu ve direkt püskürtmeli bir motor ile tahrik edilmiş taşıtta yakıt olarak kullanmışlardır. Çalışmada motor gücünde ve torkunda bir miktar düşüş gözlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada soğuk ortam şartında biyodizel yakıtının motorine benzer şekilde enjektörlerde karbon birikmesine neden olduğu görülmüştür.

Özkan ve diğ. (2005) çalışmalarında kullanılmış kızartma yağı metil esterini doğal emişli, direkt püskürtmeli bölünmüş yanma odalı motorunda kullanmış ve yakıtın performans ve egzoz emisyonu değerlerini elde etmişlerdir. Çalışmada kullanılan yakıt motorun performans karakteristiklerini etkilemesine karşın genel olarak olumlu sonuçlar vermiştir. Diğer çalışmalara benzer şekilde CO ve is emisyonlarında azalma söz konusu olmuştur. Diğer taraftan yakıtın alkol içerikli bir yakıt olması HC emisyonlarını bir miktar artırmıştır.

Lauperta ve diğ. (2007) motorine alternatif yakıt olarak kullanılması düşünülen biyodizelin güç, döndürme momenti, NO_x emisyonu ve özgül yakıt tüketimi

açısından normal dizele göre bir takım olumsuzluklar içerdiğini, fakat CO, CO₂, HC ve is gibi emisyon değerleri açısından iyi sonuçlar verdiğini yaptıkları literatür çalışmasında belirtmişlerdir.

Çanakçı ve diğ. (2005) 4 silindirli turboşarjlı bir motorda soya yağı ve hayvansal yağla yaptıkları çalışmada B20 biyodizel-dizel karışımları test edilmiştir. Deney sonucunda, karışımdaki biyodizel oranındaki artışla birlikte HC emisyonlarında düşüş gözlemlenmiştir. HC düşüşleri soyalı karışımlarda daha düşük karışım oranlarında başlamıştır. NO_x emisyonlarında ise HC 'nin tam tersi bir durum söz konusudur. Bunun sebebi olarak biyodizellerin yapısında bulundukları fazla oksijen ve yanmaları sonucunda elde edilen egzoz gazı sıcaklıklarının normal dizele göre daha yüksek olması gösterilmektedir.

Journals'da 1992-2005 yılları arasında yayınlanmış çalışmaların yaklaşık %96'sı tam yükte biyodizelin efektif güçte azalmaya sebep olduğunu belirtmiştir. Bu azalma yakıt tipine, motor tipine, çalışma sıcaklıklarına ve yükleme şartlarına göre değişmektedir. Bu güç kaybının sebebi olarak düşük ısıl kapasite ve yüksek viskoziteden dolayı oluşmuş kötü atomizasyon neticesinde doğan kötü yanma gösterilmektedir. Bununla birlikte, bu azalma ısıl kapasite farkından dolayı oluşması gereken farktan daha azdır.

Tat (2003) ve Usta (2005)'nin yapmış olduğu çalışmalarda, bu olay biyodizelin yüksek viskozitesinden dolayı pompa kayıplarının azalmasına ve buna bağlı olarak daha erken açılan enjektörden daha fazla biyodizel püskürtülmesine bağlanmaktadır. Hacimsel olarak %1,2-3,2 arasında değişen bu yakıt miktarı biyodizelin yoğunluğunun fazla olması sebebiyle kütleli olarak daha da artmaktadır. Yüksek viskoziteden oluşan bu etki sıcaklığın arttığı tam yüklerde azalmakta böylece dizel yakıtı göre güç azalışı daha da artmaktadır.

Alam M. ve diğ. (2004) Szybist J.P. ve diğerlerinin (2005) (Usta ve Tat'ın iddialarıyla da örtüşen) öne sürdüğü erken püskürtmeden dolayı oluşan sıcaklık artışıdır. Erken enjeksiyonun sebebi olarak biyodizellerin dizellere göre daha büyük sıkıştırılabilirlik modülü (bulk modulus) ve viskoziteye sahip olmaları gösterilmiştir.

Ancak bu durumun, NO_x emisyonlarını kötü etkilediği bu çalışmalarda ayrıca ifade edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda kısmi yüklerdeki güç azalışının artan yakıt sarfiyatıyla kompanse edilebildiği belirtilmektedir (Lauperta M. ve diğ., 2007). Isıl kapasite farkından ve erken püskürtmeden dolayı özgül yakıt sarfiyatı biyodizel miktarına bağlı olarak artmaktadır. Yine Lauperta ve diğ.'nin (2007) belirttiği istatistiğe göre çalışmaların %98'inde yakıt sarfiyatında artış gözlemlenmiştir.

Rakopoulos ve diğ.'nin (2004) yaptığı bir diğer literatür çalışmasında ise yakıt sarfiyatının biyodizelin bulundurduğu oksijen miktarıyla doğru orantılı olarak arttığı ortaya konulmuştur. Bunun sebebi olarak artan oksijen miktarının yakıtın ısıl kapasitesini düşürmesi gösterilmiştir.

Labeckas ve Slavinskas (2006) yaptıkları çalışmada kanolanın %5, %10, %20 ve %35 oranlarındaki dizel karışımlarının termik verimlerini incelemişlerdir. En iyi termik verimin %5 ve %10'luk karışımlara ait olduğunu sonuç bölümünde ifade etmişlerdir.

Ramadhas ve diğ.'nin (2005) yapmış olduğu çalışma da buna benzerdir. %10, %20, %50, %75 ve saf halde denenen kauçuk tohumu yağından elde edilmiş biyodizel en iyi termik verimi %10 ve %20 için sergilemiştir.

Lauperta ve diğ.'nin (2007) yaptıkları literatür çalışmasına göre NO_x ile ilgili sonuçlara göre çalışmalar dörde ayrılmaktadır.

A) %85'lik bir kısım NO_x emisyonlarında artış gözlemlenmiştir.

Karışımındaki biyodizel miktarıyla doğru orantılı olarak artmasa da NO_x miktarı genellikle biyodizel oranı arttıkça artma eğilimi sergilemektedir. Schumacher ve diğ. (1994) yarım ve tam yüklerde, 1200 ve 2100 d/dak hızlarda %10, %20, %30 ve %40 biyodizel/dizel karışımlarını 200 kW 'lık 6 silindirli bir motorda test etmiştir. Maksimum NO_x değerini %40'luk karışımda yakalamıştır ve bu değer saf dizelden

%15 daha fazladır.

Marshall ve diğ.' nin (1995) yapmış olduğu bir başka deneyde ise B20'deki %3,7'lik artış gerçekleşmişken B30'da sadece %1,2'lik bir artış gerçekleşmiştir.

B) Bazı araştırmacılar ise NO_x miktarlarını sadece belirli çalışma koşullarında yüksek bulmuşlardır.

Serdari ve diğ. (1999) 3 farklı motor tipinden bazılarında artış bazılarında da azalış gözlemleyerek, NO_x miktarının motor tipine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır.

Hamasaki ve diğ. (2001) tek silindirli bir motorda 2000 d/dak ve farklı yüklerde yaptıkları çalışmada kullanılmış yağdan elde edilmiş biyodizel ve karışımlarını test etmiştir. NO_x miktarlarının düşük yüklerde azaldığını, yüksek yüklerde ise arttığını gözlemlemişlerdir. Bu da düşük yüklerde yanmanın setan sayısına daha duyarlı olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

C. Bir grup araştırmacı da herhangi bir değişiklik gözlemlememiştir.

Durbin ve diğ. (2000) saf biyodizel ve B20 ile yaptığı çalışmada hemen hemen dizelle aynı sonuçları elde etmiştir.

D. Çok az bir grup da NO_x miktarlarında azalma tespit etmiştir.

Yüksek setan sayısına bağlı olarak NO_x miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak erken başlayan yanma neticesinde daha yumuşak basınç ve sıcaklık gradyanları gösterilmektedir (Schmidt ve Van Gerpen, 1996). Chang ve Van Gerpen'e göre (1997) doymuş esterlerde yüksek setan sayısı sebebiyle daha düşük NO_x sonuçları alınmaktadır. Setan sayısı "common rail"li sistemlerde önemsiz hale gelmektedir.

(McCormick ve diğ., 2005; Monyem A. Ve diğ., 2001) Biyodizel veya biyodizel-dizel karışımlarında NO_x miktarının artmasını araştırmacılar çeşitli sebeplere

dayandırmaktadır.

Bunlarda bazıları şunlardır:

-Çoğu araştırmacı NO_x artışını fiziksel özelliklerinden ötürü oluşan erken enjeksiyon sonucu başlayan erken yanmaya bağlamaktadır. Bu fikir Schmidt ve Van Gerpen'in (1996) öne sürdükleri fikirle tamamen tezattır.

-Bir grup ise biyodizeldeki düşük PM miktarı ile azalan ısımanın etkisiyle alev sıcaklığının arttığını savunmaktadır. (Cheng A.S. ve diğ., 2006)

-Biyodizellerin yapısında bulunan oksijen ve oksijence zengin dolgu havası NO_x emisyon miktarını arttırmaktadır.(Song J. Ve diğ., 2004)

-Yüksek iyot sayısı (doymamış yağ oranı ve yapısındaki çift bağlarla (double bonds) doğru orantılı bir sayı arttıkça artmaktadır.(EPA, 2002; McCormick R.L. ve diğ.,2005)

-Yüksek yüzey gerilimi ve viskoziteden dolayı oluşan sağlıklı atomizasyon (Kegl B.,2007)

NO_x artışına sebep olan bu sebeplerin bazıları önlenmektedir. Bu önemler:

-Transesterifikasyona tabi tutarak, yakıtı ısıtarak veya dizelle harmanlayarak viskoziteyi azaltmak (Monyem A. Ve Van Gerpen J.H,2000;Nwafor O.M.I,2002;Alpgiray B. Ve Gürhan r.,2007; Agarwal ve diğ.,2005)

-Motor koşullarına uygun oranlarda EGR (yanma odasına hava-egzoz karışımı bulundurmak)yapmak. Agarwal ve diğ.(2005) yaptıkları çalışmada, EGR yöntemiyle PM ve özgül yakıt sarfiyatında herhangi bir olumsuzluk yaşamadan NO_x değerlerinde azalmalar kaydetmişlerdir. Bu sonucu yanma odasındaki hava oranının artan EGR oranıyla düşmesine bağlamaktadırlar.

-Dolgu havasındaki nemi arttırarak silindir içi tepe sıcaklıklarını

düşürmek.(McCormick R.L ve diğ.,2005)

-İyot sayısı düşük biyodizelleri kullanmak. (EPA, 2002; McCormick R.L.ve diğ.,2005)

-Enjeksiyon zamanını geciktirmek.Böylece yanmanın geç başlaması sağlanarak yüksek tepe sıcaklıklarına ulaşılmamasının önüne geçilir.Sonuç olarak NOx miktarında azalma meydana gelir.(Szybist J.P. ve diğ.,2005)

-Mümkünse “common rail” gibi yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerini kullanmak. Bu sayede viskozitesi yüksek olan biyodizelde atomizasyon sağlıklı gerçekleşir ve tutuşma gecikmesi azalır. (Szybist J.P. ve diğ.,2005)

-Türbülansla karışımın homojen oluşturulması.

Lapuerta ve diğ.’ nin (2007) yaptığı araştırmaya göre araştırmacıların %95’i HC değerlerinin azaldığını gözlemlemiştir.

Last ve diğ. (1995) yaptıkları çalışmada düşük karışım oranlarının HC azalmalarında yüksek karışım oranlarına göre daha etkin olduğunu belirlemişlerdir. B10, B20 ve B100 için elde edilen HC azalma oranları sırasıyla %28, %32 ve %75’tir.

Canakci ve Van Gerpen (2001) ile Tat (2003) araştırmalarını direk enjeksiyonlu turboşarjlı motorlarda yapmışlar ve tüm biyodizel çeşitleri için (B100’de) %50’lik bir azalma bulmuşlardır.

Monyem ve diğ.’ nin (2001) yapmış olduğu çalışmada ise okside olmuş biyodizelin okside olmamışa göre daha iyi HC emisyon değerleri yakaladığı tespit edilmiştir.

Storey ve diğ. (2005) çalışmalarında erken püskürtme zamanının daha düşük HC’a yol açtığını ortaya koymuştur.

Bazı araştırmacılar biyodizel yakıtın setan sayısının normal dizelere göre daha yüksek olduğunu ve bu sebeple de kısalan yanma gecikmesinin HC miktarının azalmasına yol açtığını belirtmişlerdir (Monyem ve diğ., 2001a; Hansen ve Jensen, 1997; Pinto

ve diğ., 2005).

Lapuerta ve diğ.'nin (2007) yaptığı araştırmaya göre araştırmacıların %90'ı CO değerlerinin azaldığını gözlemlemiştir.

EPA'nın (2002) yapmış olduğu bir çalışmaya göre biyodizel CO emisyonlarında dizele göre %50'lik bir azalma sağlamaktadır.

Choi ve diğ.'nin (1997) tek silindirli bir dizel motorda soyadan elde edilmiş biyodizelle yaptıkları çalışmada, düşük yüklerde herhangi bir azalma tespit edilememiş ancak yüksek yüklerde azalmalar saptanmıştır.

Graboski ve McCormick (1998) B20, B35 ve B65'le yaptığı testlerde biyodizel miktarıyla CO azalma oranı arasında hemen hemen doğrusal bir korelasyon bulmuşken; Last ve diğ. (1995) doğrusal bir ilişki tespit edememiş olup; B10, B20, B30, B50 ve B100 biyodizel-dizel için tespit ettikleri azalmalar sırasıyla %10, %8, %18, %6 ve %14'tür.

Sharp ve McCormick (1998) biri setan sayısı yükseltilmiş olmak üzere iki B20 ile yaptığı testler sonucunda setan sayısı yükseltilmiş B20 yakıtın daha düşük CO emisyon miktarları verdiğini göstermiştir.

Ullman ve diğ. (1994) yaptıkları çalışmada biyodizelin bünyesindeki oksijen miktarıyla setan sayısının arttığını ve buna bağlı olarak da CO miktarının azaldığını ortaya koymuşlardır.

EPA'nın (2002) yaptığı çalışmada hayvansal yağlardan elde edilen biyodizellerin (doymuş yağ oranı yüksek) bitkisel yağlardan elde edilen biyodizellere göre (doymamış yağ oranı yüksek) daha iyi CO miktarları verildiği tespit edilmiştir.

Karbon monoksitin (CO) azalmasını sebebi olarak biyodizelin bünyesinde bulunan oksijen fazlalığı ve sıkıştırılmazlık modülünden dolayı oluşan erken püskürtme gösterilebilir.

Biyodizelin CO₂emisyona etkileri genelde değişken ve yenellenebilir olmasa da, %50 ile %80 (kullanılmış yağlarda bu orandan da fazla) arasında bir azalmaya sebep olmaktadır (Toyota Motor Corporation, 2006).

Canakçı ve Van Gerpen (2001) turboşarjlı dört silindirli bir motorda hayvansal ve soya yağlarından elde edilmiş biyodizellerle oluşturulmuş B20 karışımlarını test etmişlerdir. Araştırmacılar CO₂ emisyonlarında, soyadan elde edilmiş biyodizel dizel karışımlarında % 1.8, hayvansal yağdan elde edilmiş biyodizel dizel karışımlarında ise % 1.2 gibi cüzi artışlar gözlemlemişlerdir.

BÖLÜM 3. BİYODİZEL

Tezin bu bölümünde biyodizel ile ilgili genel bilgiler verilmiş, petrol kökenli dizel yakıtlarıyla karşılaştırmalar yapılmış ve biyodizel standartları gösterilmiştir.

3.1. Biyodizel Nedir?

Biyodizel, hayvansal veya bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alternatif bir dizel yakıtıdır. Kimyasal olarak ise, uzun zincirli yağ asidi mono alkilesteri olarak tanımlanabilir (Howell, S.,1997). 'Biyo' kökü biyolojik esaslı olduğunu, 'dizel' kelimesi ise dizel yakıtı olduğunu gösterir. Biyodizel bitkisel veya hayvansal yağların bir alkol ve katalizör ile reaksiyona sokulmasıyla üretilir. Atık bitkisel ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından petrol kökenli dizel yakıtlarıyla benzerlik göstermektedir. Biyodizel, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi petrol kökenli dizel yakıtlarıyla da karıştırılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B100 olarak isimlendirilirken, %20 biyodizel ve %80 dizel yakıtı içeren bir karışım B20 olarak isimlendirilir.

3.2. Biyodizel Üretimi

Bitkisel yağların, petrol kaynaklı dizel yakıt ile rekabet edebilecek alternatif yakıt şeklinde değerlendirilmesi, öncelikli olarak motorlarda doğrudan kullanılması yönünde olmuştur. Ancak, bitkisel yağların doğrudan dizel motorlarda kullanımı biyodizelin getirdiği bazı avantajları sağlasa da yüksek viskozite, düşük uçuculuk ve doymamış hidrokarbon zincirlerinin reaktivasyonundan dolayı, özellikle uzun süreli çalışmalarda enjektörlerin tıkanması ve yağlama yağının bozulması gibi problemler oluşturmaktadır. Bitkisel yağların viskoziteleri oldukça yüksek olup, dizel yakıt No.2 viskozitesinin 10-20 katı mertebelerinde olabilmektedir. Yüksek viskozite de yakıtın

püskürtülmesi, olumsuzluklara sebep olmaktadır.

Bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilmesi için motorlarda değişiklikler yapılması yerine yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilerek, dizel yakıt No.2'ye yaklaştırılması tercih edilmektedir. Yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmalarında ısıl ve kimyasal olmak üzere iki genel yaklaşım bulunmakla birlikte, kimyasal yöntem daha çok tercih edilmektedir. Kimyasal yöntemde kendi arasında seyreltme (inceltme), mikroemülsiyon oluşturma, proliz (ayırıştırma) ve transesterifikasyon (yeniden esterleştirme) olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

Seyreltme bitkisel yağların belirli oranlarda dizel yakıt ile karıştırılarak kullanıldığı bir yöntemdir. Karışım oranı karışım yakıtın özelliklerinin standartlar içinde kalmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Mikroemülsiyon oluşturma metodunda metil alkol ve etil alkol gibi sıvılarla mikroemülsiyonlar oluşturularak, özellikle viskozitede önemli azalmalar olmaktadır. Piroliz yönteminde ise bitkisel yağlar oksijensiz ortamda ısıl bozunmaya tabii tutularak alkanlar, alkenler, alkadienler, karboksilikasitler, aromalar ve küçük miktarda gazlar ortaya çıkarılmaktadır. Bu yöntem ile ortaya çıkan ağır hidrokarbonların kimyasal bileşimlerinin, petroldeki hidrokarbonlar ile benzer özelliklere sahip olduğu ortaya konmaktadır (Demirbaş 2003). Genel olarak kullanılan ve bu çalışmada da tercih edilen transesterifikasyon yöntemi aşağıda daha detaylı olarak açıklanmaktadır.

Alkoliz reaksiyon olarak da bilinen transesterifikasyon işlemi bitkisel yağ ve bir alkolün, katalizör eşliğinde reaksiyona girerek yağ asidi alkol esterleri ve gliserin oluşturmasıdır. Oluşan alkol esterine biyodizel denilmektedir. Yöntemler arasında en çok bilinen ve kullanılan, bu çalışmada da tercih edilen yöntem bu yöntemdir. Deneyde kullanılan Alabalık yağ metil esterini bu yöntemle, Gazi Üniversitesi Kimya Laboratuvarında elde edilmiştir.

Öncelikle alkol ve katalizör bir karışım tankında karıştırılır. Reaktöre ham yağ alınarak yaklaşık 60 °C' ye ısıtılır. Isınan yağ üzerine hazırlanan alkol-sülfürik asit karışımı dökülür ve karıştırılır. Bunun sebebi alabalık yağında çok fazla serbest yağ asidinin olması, eğer direk katalizörle reaksiyona sokulursa bu serbest yağ asitleri

biyodizele dönüşmez. İlk reaksiyondan elde edilen ürün sonra tekrar metil alkol sodyum hidroksit karışımıyla tepkimeye sokulur. Beklemeye alınan karışımda yoğunluk farkları sebebi ile alkol esteri (biyodizel) üstte kalır, gliserin dibe çöker. Dibe çöken gliserin alt taraftan tahliye edilir. Ayrıştırılan biyodizel içinde belirli miktarlarda gliserin kalma ihtimaline karşı 30-35 °C sıcaklıkta ılık su ile yıkanır. Artık gliserin su ile temas ederek suya bulaşır, faz farkından dolayı dibe çöker ve daha sonra tahliye edilir. Bununla birlikte biyodizelin içinde kalması muhtemel az bir miktardaki su da ısıtma ile buharlaştırılarak biyodizelden uzaklaştırılır.

Öncelikle trigliseridler digliseridlere dönüşmekte, bunu sırasıyla digliseridlerin monogliseridlere ve monogliseridlerin de gliserole dönüşmesi takip etmektedir. Her basamakta gliseridlerden bir ester molekülü oluşmaktadır (Fukuda.,2001).

Reaksiyonda kullanılabilen alkoller metil alkol, etil alkol, propanol ve butanol olabilmektedir. Bununla birlikte bunlardan pratikte en sık kullanılanları metil ve etil alkoldür. Etil alkol, tarımsal ürünlerden elde edilebilen yenilenebilir bir kaynak ve çevre dengesi içerisinde biyolojik olarak daha kabul edilebilir olması nedeni ile metil alkole karşı daha avantajlı olmasına rağmen, metil alkolün daha ucuz olması ve daha kısa alkol zincirlerine sahip olması gibi kimyasal ve fiziksel avantajları vardır.

Reaksiyonda kullanılan katalizörlerin görevi, reaksiyon hızını ve verimini arttırmaktır. Transesterifikasyon reaksiyonunda alkali, asidik ve enzimatik katalizörler kullanılmaktadır.

3.3.Biyodizel ve Fiziksel Özellikleri

Biyodizel, hayvansal veya bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alternatif bir dizel yakıtıdır. Kimyasal olarak ise, uzun zincirli yağ asidi mono alkil esteri olarak tanımlanabilir (Howell, S.,1997) .‘Biyo’ kökü biyolojik esaslı olduğunu, ‘dizel’ kelimesi ise dizel yakıtı olduğunu gösterir Biyodizel bitkisel veya hayvansal yağların bir alkol ve katalizör ile reaksiyona sokulmasıyla üretilir. Atık bitkisel ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından petrol kökenli dizel yakıtlarıyla benzerlik göstermektedir.

Biyodizel, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi petrol kökenli dizel yakıtlarıyla da karıştırılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B100 olarak isimlendirilirken, %20 biyodizel ve %80 dizel yakıtı içeren bir karışım B20 olarak isimlendirilir. Bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel yakıtlar üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Petrol ürünlerinin kullanılmasının artması ile bölgesel kirlilik ve küresel ısınma sorunları ciddiyetini korumaya devam edecektir. (Shay.,1993). Biyodizel yakıtlar bu tip çevreye zararlı ve kanserojen emisyonların azaltılmasında önemli bir rol oynayabilmektedir (Krawczyk., 1996).

Biyodizel üretiminde kullanılacak yağ kaynakları şunlardır:

- Bitkisel Yağlar: Kanola (Kolza), Soya, Ayçiçeği, Palm, Pamuk vs.
- Geri Kazanım yağları: Bitkisel yağ endüstrisi yan ürünleri (Hurda Yağlar)
- Hayvansal Yağlar: Çeşitli hayvansal yağlar.
- Atık Bitkisel Yağlar: Kullanılmış yemeklik yağlar. (www.biomotorin-biodiesel.com/biomoto.html)

3.3.1.Yoğunluk

Yoğunluk, biyodizel için önemli parametrelerden birisidir. Yoğunluğun yüksek çıkması, prosten gliserinin yeterince uzaklaştırılmadığının göstergesidir.

Standartlarda yoğunluğun 15 °C`deki sınır değeri gösterilmektedir. Bununla birlikte, EN ISO 3675 Standardında; piknometre ile 20-60 °C arası, altı farklı sıcaklıkta elde edilen düzeltme katsayısı 0.723 olarak belirlenmiştir. Ortalama metil ester örneğinin 15 °C`deki yoğunluğu 886,5 kg/m³dür. 20-60 °C arası sıcaklıklarda ölçülecek metil ester yoğunluğu;

$$\text{Yoğunluk (15°C' de)} = \text{Yoğunluk (T° C' de)} + 0.723 \times \text{Yoğunluk (T-15)} \quad (3.1)$$

Formülü ile hesaplanır. Uluslararası Standartlarda yoğunluk için verilen sınır değerler aşağıda verilmiştir.

Yoğunluk ölçme cihazı (Petrotest) ile otomatik sıcaklık kontrollü banyoda, 15 °C' de

yapılan, soya metil ester analizlerinde elde edilen yoğunluk değeri 884 kg/m^3 'tür.
(www.egebiyoteknoloji.com)

Tablo 3.1.Uluslararası standartlarda yoğunluk için verilen sınır değerleri (www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	D6751 E51606 14214	kg/m^3	860–900 875–900 860–900
DIN	E51606	kg/m^3	875–900
PrEN	14214	kg/m^3	860–900 875–900 860–900



Şekil 3.1. Yoğunluk ölçüm cihazı (petrotest) (www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.2. Kinematik viskozite

Bitkisel yağların yüksek viskoziteye sahip olmaları, enjektörlerde tıkanmalardan başlayıp yetersiz püskürtme ve silindir içinde kurumlaşmayla sonuçlanan bir dizi probleme neden olabilmektedir. Viskozitenin yüksek çıkması; Transesterifikasyon işleminin başarıyla tamamlanamadığının bir göstergesidir.

Kinematik viskozite; bir akışkanın yer çekimi etkisi altında, akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Belirli bir hidrostatik kolon basıncı altında yerçekimiyle akış, sıvının kolon basınç yoğunluğu (ρ) ile orantılıdır. Herhangi bir viskozite için, belirli bir hacimdeki sıvının akış süresi, sıvının kinematik viskozitesi (ν) ile doğrudan orantılıdır. Dinamik viskoziteye (η), bağlı olarak Kinematik viskozite eşitliği:

$$\nu = \rho / \eta \quad (3.2)$$

ile ifade edilir. (www.egebiyoteknoloji.com)

Kinematik viskozite sınır uluslararası standartlardaki değerleri Tablo 3.2.'deki gibi belirlenmiştir. (www.egebiyoteknoloji.com)



Şekil 3.2. Viskozite ölçüm cihazı

Tablo 3.2.Uluslararası standartlarda viskozite için verilen sınır değerleri.

(www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	D6751	mm ² /s	1.9–6.0
DIN	E51606	mm ² /s	3.5–5.0
PrEN	14214	mm ² /s	3.5–5.0

3.3.3. Parlama noktası

Parlama noktası; sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer meydana getirdiği en düşük sıcaklık olarak ifade edilebilir. Biyodizelin motorin karşısındaki başlıca üstün özelliklerinden birisi de parlama noktasının yüksek olmasıdır. Bu özellik biyodizelin depolanma kolaylığını ve güvenliğini beraberinde getirmektedir.

Parlama noktasının minimum uluslararası standartlardaki değerleri Tablo 3.3’de görülmektedir. (www.egebiyoteknoloji.com)

Şekil 3.3’te Pensky-Martens kapalı kap parlama noktası tayin cihazı görülmektedir. (www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.4. Akma ve bulutlanma noktası ve soğuk filtre tıkanma noktası

Biyodizel üretiminde özellikle ucuz maliyeti sebebi ile kullanılan hayvansal yağlar ve kızartma yağları, yüksek miktarlarda doymuş yağ asitleri içerdiği için, çok yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar.Bu özellik klim şartlarından etkilenerek donmalarına; depolama ve kullanma esnasında problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, biyodizel kalitesine yönelik yapılan analizlerde; akma ve bulutlanma noktaları tayinleri ve soğuk filtre tıkanma noktası değerleri Uluslararası Standartlarda yer almaktadır.

Tablo 3.3. Uluslararası standartlarda parlama noktası için verilen sınır değerleri
(www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	D6751	min °C 130
DIN	E51606	min °C 100
PrEN	14214	min °C 120



Şekil 3.3. Parlama noktası ölçüm cihazı (www.egebiyoteknoloji.com)



Şekil 3.4. Akma ve Bulutlanma noktası ölçüm cihazı (Petrotest) (www.egebiyoteknoloji.com)

Akma noktası; numunenin, belirlenmiş standart şartlar altında soğutuluyorken akıcılığını devam ettirdiği en düşük sıcaklığı ifade eder. Standart analiz metodunda ön ısıtmadan sonra numune belirli bir hızda soğutulur ve akış karakteristikleri için 3°C aralıklarla kontrol edilir. Numune hareketinin gözlenebildiği en düşük sıcaklık akma noktası olarak kaydedilir. Akma ve bulutlanma noktası tayin cihazı ile yapılan, soya metil esteri analizlerinde, -8 °C’ de akıcılığını kaybetmeye başladığı tespit edilmiştir (www.egebiyoteknoloji.com). Bulutlanma Noktası; deney numunesi, belirlenmiş standart şartlar altında soğutulduğunda parafin kristallerinden oluşan bir sisin gözlendiği ilk sıcaklıktır. Analiz metodunda numune belirli bir hızda soğuduğu gözlenir. Deney tüpünde ilk sisin ilk gözlendiği sıcaklık bulutlanma noktası olarak kaydedilir.(www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.5. Karbon kalıntısı

Karbon kalıntısı terimi standartlarda, numunenin buharlaşması ve termal bozulması sırasında oluşan karbonlu kalıntıları tarif etmekte kullanılır. Kalıntı tümüyle karbondan oluşmayıp daha sonraki bozunmalarla bileşimi değişebilen kottur. Konradson karbon kalıntısı miktarı, ester yakıtının kalitesinin bir göstergesidir.

Gliseritlerden, sabunlardan ve diğerk organik kalıntılardan arındıklarını gösterir.
(www.egebiyoteknoloji.com)

Damıtık ve atık fuel-oil'lerin karbon kalıntısı, bu yakıtların özel uygulamalarında birikinti oluşturma eğilimlerinin yaklaşık olarak değerlendirilmesine imkân verir. Genel olarak atmosfer basıncında damıtma işlemi kısmen bozunmaya uğrayan ve uçucu bileşikleri fazla olmayan sıvı yakıtlarda uygulanır.
(www.egebiyoteknoloji.com)

Tablo 3.4. Uluslararası Standartlarda karbon kalıntısı için verilen sınır değerler
(www.egebiyoteknoloji.com)

DIN	E51606	% wt.	Max.0.30
PrEN	14214	%(m/m)	Max.0.30



Şekil 3.5. Karbon Kalıntısı Ölçüm Cihazı (Petrotest) (www.egebiyoteknoloji.com)

Tablo 3.5. Uluslararası standartlarda bakır şerit korozyonu için verilen değerler(www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	6751	max. No.3
DIN	E 51606	max. 1.0
prEn	14214	Clas 1



Şekil 3.6. Bakır şerit korozyonu ölçüm cihazı (Petrotest) (www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.6. Bakır şerit korozyonu

Parlatılmış bakır bir şerit belirli bir miktardaki numunenin içine daldırılır ve numune içinde, belirtilen sıcaklığa kadar ve belirtilen süre miktarınca bekletilir. Bekletme süresinin sonunda bakır şerit numunenin içinden çıkartılır, yıkanır ve referans korozyon şeritler ile karşılaştırılır. Deneylede kullanılacak bakır şeritler, soğuk çekilmiş, iyi tavllanmış, %99,9'dan daha yüksek saflıktaki elektrolitik bakırdan olmalıdır. Uluslararası standartlarda bakır şerit korozyonu için verilen değerler Tablo 2.5' te verilmiştir. (www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.7. Su-Sediment oluşumu

Bu testler ile yakıtlardaki su ve sediment miktarları tespit edilmektedir. Yakıtlarda bulunan su ve sedimentler kullanıldıkları motorun bazı parçalarının işlevini olumsuz yönde etkileyebilmekte ve motorun performansını düşürebilmektedir. Su tayini Karl-Fischer kulometrik titrasyon metodu ile yapılır. Bu metotla kaynama sıcaklığı 390 °C ‘den düşük olan petrol ürünlerindeki, kütlece yüzde 0.003 – 0.100aralığındaki su miktarı tayini yapılır.

Sediment tayini ise ekstraksiyon yöntemi ile yapılır. Refrakter malzemedan yapılmış bir kartuş içindeki sıvı yakıt numunesi, kalıntı sabit kütleyle erişinceye kadar sıcak toluen ile ekstrakte edilir. Tablo 2.6’da konuyla ilgili uluslar arası standartlar verilmiştir. (www.egebiyoteknoloji.com)

Tablo 3.6. Uluslararası standartlarda su-sediment değerleri için verilen değerler
(www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	D 6751	% VOL	max. 0.05
DIN	E 51606	MG/KG	max. 300
prEn	14214	MG/KG	max. 500



Şekil 3.7.Karl – Fischer su ölçüm cihazı (Kyoto) (www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.8. Kükürt oluşumu

Yakıtlardaki kükürt hem motora hem de çevreye verdiği zararlar sebebi ile istenmeyen bir elementtir. Merkaptan kükürt tayin yöntemi yakıtlardaki kükürdün tespiti için kullanılan bir yöntemdir. (Şekil 3.8 Kükürt tayin cihazı)

Uluslararası standartlarda merkaptan kükürt kütle oranı üst sınırları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.7. Uluslararası standartlarda merkaptan kükürt kütle oranı üst sınırları (www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	D 6751	% mass	max. 0.05
DIN	E 51606	% wt	max. 0.01
prEn	14214	mg/kg	max. 10.0



Şekil 3.8. Kükürt ölçüm cihazı (Petrotest) (www.egebiyoteknoloji.com)

3.3.9. Setan indeksi

Kolayca yanmayan düz hidrokarbon zincirleri içeren bir yakıt türü olan dizel, kullanıma sunulmadan önce stabilizesi ve tutuşma kalitesini arttırmak, antistatik özellik kazandırmak amacıyla özel işlemden geçirilir. Dizelin performansı, öncelikle, tutuşma kalitesine bağlıdır. Dizelin ateşleme kolaylığını ve düzenli yanmasını, “setan numarası” belirler. Dizel motorun, yanma hücresindeki gecikme süresi, dizelin tutuşma kalitesinin bir ölçütüdür. Düşük setan sayısına sahip bir dizel, yanma hücresinde doğru noktada tutuşmaz. Bunun sonucunda, kontrolsüz biçimde yanan karışım, vurutuya ve motor içinde hasara neden olur. (www.egebiyoteknoloji.com)

Dizeli işleminden geçirmenin bir diğer nedeni de, düşük ısıda kullanım özelliği sağlamaktır. Çünkü dizeli oluşturan parafin, soğukta kristal olarak çöker, yakıt hatlarını ve filtreleri tıkararak, çalışma sorunları yaratabilir. Dizel yakıttan en düşük ısıda bile en yüksek performansı sağlamak için, soğukta akışkanlık artırıcı katımlarla zenginleştirilmelidir. (www.egebiyoteknoloji.com)

Tablo 3.8. Uluslararası standartlarda setan sayısına ilişkin alt sınırlar (www.egebiyoteknoloji.com)

ASTM	D 6751	MİN47.0
DIN	E 51606	MİN49.0
prEn	14214	MİN51.0

Setan sayısını doğrudan, uygun olarak tayin etmek için deney motorunun bulunmadığı durumlarda, bir yakıtın setan sayısının tahmin edilmesinde veya setan sayısı için yeterli yakıtın olmadığı durumlarda setan indeksi kullanılır. Bir yakıtın setan sayısının önceden tahmin edildiği durumlarda; setan indeksi, yakıt kaynağı ve üretim şekli değişmemek şartıyla, söz konusu yakıtın bir dizi numunesinin setan sayısının doğruluğunu kontrol etmek için kullanılabilir. Setan indeksi, setan sayısını ifade etmenin alternatif bir yolu değil, sınırlamalar sebebiyle kullanılması gereken yardımcı bir araçtır. (www.egebiyoteknoloji.com)

Uluslararası biyodizel standartlarında setan sayısına ilişkin alt sınırlar Tablo 3.8’de verilmiştir.

3.4.Biyodizelin Dizel Yakıtına Göre Avantaj ve Dezavantajları

Biyodizel gelecekte dizel yakıtının yerini alabilecek, yenilenebilir, toksin etkisi olmayan, doğada kolay bozunabilir bir yakıttır. Bunun yanı sıra biyodizelin, yakıt özellikleri bakımından dizel yakıtına göre birçok avantajı vardır. Biyodizel, dizel yakıtına göre emisyonlar, setan sayısı, parlama noktası ve yağlayıcı özelliği bakımından daha üstündür.

Biyodizelin setan sayısı petrol kökenli dizel yakıtına göre daha fazladır. Setan sayısı, dizel yakıtının enjektörden püskürtülmesi ile birlikte kendiliğinden tutuşabilirliğin bir göstergesidir. Biyodizel, aromatik içermeyen ve yapısında %10-12 oksijen içeren alternatif dizel yakıtıdır (Graboski M.S., McCormick R.L., 1998)Bu özellikleri ile

birlikte biyodizel, dizel yakıtına belirli oranda konularak kullanıldığında, eksoz emisyonlarından CO, HC ve partikül miktarında azalma tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, NO_x emisyonlarında ve özgül yakıt sarfiyatında artış gözlemlenmektedir. (Canakci M., Van Gerpen J.H., 2001, Monyem A., Van Gerpen J.H., 2001)

Biyodizelin avantajlarından biri de yağlayıcı özelliğidir. Özellikle düşük sülfürlü dizel yakıtlarında azalan yağlayıcılığı biyodizel kullanarak arttırmak mümkündür. (Boehman, L. A., 2005)

Biyodizelin yağlayıcılığını etkileyen ana bileşikler, yağ asidi metil esterleri ve monogliseritlerdir. (Hu, J., Du, Z., Li, C., Min, E., 2005)

Biyodizelin yapısında çok az sülfür bulunur. Yakıtların içinde bulunan sülfür yanma sonucu havadaki nem ile birleşerek asit yağmurlarına sebep olur. Biyodizelin yapısında çok az sülfür olması, çevreci bir yakıt olduğunu göstermektedir.

Biyodizel doğada %99,6 oranında biyolojik olarak parçalanabilir. Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri kolayca ve hızla parçalanarak bozunur. Biyodizel suya bırakıldığında 28 günde %95'i bozulurken, dizel yakıtının sadece %40'ı bozulabilmektedir. Bu özelliği ile birlikte biyodizelin bozunabilme özelliği şekere benzemektedir. (Karaosmanoğlu, F., 2002)

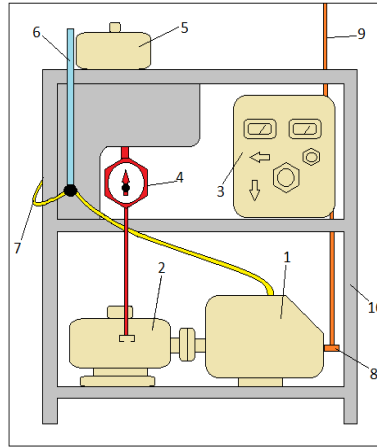
Biyodizel üretilirken yan ürün olarak gliserin elde edilir. Kozmetik ve ilaç sanayi gibi birçok alanda kullanılan gliserin, içinde bulunan su ve alkol uzaklaştırılarak saflaştırılır. Biyodizelin soğuk akış özellikleri dizel yakıtlarına oranla daha kötüdür ve soğuk havalarda ilk çalıştırma esnasında sorunlara neden olabilir. Bununla ötesinde, yüksek miktarda doymuş yağ asidi içeren biyodizeller, kış aylarında yakıt filtresinin ve yakıt hattı borularının tıkanmasına sebep olabilir. Biyodizelin diğer bir dezavantajı da oksitlenmeye karşı olan eğilimidir. Havayla temas eden biyodizel, özellikle yüksek sıcaklıklarda hızla oksitlenmeye başlar. Bununla birlikte biyodizelin parlama noktası daha yüksektir. Bu yanmaya doğrudan etki etmemesine rağmen, biyodizeli depolanması ve taşınabilirliği açısından daha güvenli hale getirmektedir. (Encinar, J. M., Gonzalez, J. F. and Rodriguez-Reinares, A., 2005, Owen, K., and

Coley, T., 1995, Monyem A., Van Gerpen J.H., 2001)

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Deney Motoru ve Donanımı

Deneyisel çalışmalarda Petter marka tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motoru kullanılmıştır. Motorun genel görünümü Şekil 4.1’de, teknik özellikleri ise Tablo 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1 Motor test ünitesi

1. Tek silindirli dizel motor
2. Dinamometre
3. Kontrol paneli taşıma çerçevesi
4. Torktan kaynaklanan kuvvetin okunduğu terazi
5. Yakıt deposu
6. Yakıt tüketimi ölçme kabı
7. Depo yakıt geliş hortumu
8. Emisyon ölçüm ağzı
9. Egzoz borusu
10. Deney düzeneği

Tablo 4.1. Dene motorunun teknik özellikleri

Motor tipi	Lister Petter, hava soğutmalı
Silindir sayısı	1
Silindir çapı	69.85 mm
Strok	57.15 mm
Strok hacmi	219 cm ³
Sıkıştırma oranı	17/1
Motor gücü	2.2 kW at 2400 d/dak
Motor torku	22 Nm at 1800 d/dak
Püskürtme zamanı	27° BTDC

DC motor dinamometre olarak görev yapmaktadır. Bu sistemle motorun belli devir ve yük şartlarında yüklenmesi sağlanarak rotora karşı bir direnç oluşturulup motorun gücü ölçülmektedir. Deneyde dinamo gövdesi ve ona bağlı olan stator sarkaç sehpa gibi iki yatak üzerinde sallandırılır. Dinamonun üzerinde bir kol mevcut olup, ucunda yükü tespit etmemizi sağlayan Torkmetre bulunmaktadır. Statorun oluşturduğu manyetik alanda dönen rotor statoru ve gövdeyi yatırır. Gövdenin dönmesine karşı koymak ve kolu yatay durdurmak için gerekli ağırlık torkmetre vasıtasıyla yük göstergesinden okunur. Dirençler yüklenerek rotor ile stator arasında oluşan manyetik alanın değişmesiyle motordan alınan yük, dolayısıyla moment ve tork ile olan bağlantısı kurulur. DC motor, dizel motoruna kampana ile bağlanmış olup, yük miktarı kontrol panelindeki kumanda kolu vasıtasıyla ayarlanmaktadır. Şekil 4.2 'de DC motor ve torkmetre görülmektedir.

Deney düzeneğinde 1 adet yakıt tankı bulunmaktadır. Bu yakıt tankı vana ile motora bağlanmıştır. Kontrol panelinde bulunan yakıt ölçüm balonu ile ne kadar zamanda ne kadar yakıtın tüketildiği tayin edilmiştir.

Bu çalışmada Capelec marka egzost emisyon cihazı kullanılmıştır. Egzoz hattına egzoz gaz analiz cihazının probları sokulmak suretiyle egzoz gazlarının içerisindeki CO, CO₂, HC, O₂, NO_x ve lamda miktarlarının tespiti yapılmıştır. Şekil 4.3 'de egzoz gaz analiz cihazı genel görünümü.



Şekil 4.2. DC motor ve tork metre



Şekil 4.3. Egzoz analiz cihazı

Şekil 4.4'de verilen kontrol paneli, karşı yük ayar kolu, yük göstergesi, egzoz emisyon selenoid valfi kumanda düğmesi, yakıt miktarı tayininde kullanılan balon, soğutucu fan elemanlarından oluşmaktadır.



Şekil 4.4. Kontrol paneli

4.2. Deneyleerin Yapılışı

Deneysel çalışmalarda yakıt olarak alabalık yağı metil ester (BYME), standart dizel yakıtı ve bu iki yakıtın belli oranlarda hacimsel olarak karıştırılarak elde edilen (%90 dizel+%10 BYME: B10; %80 dizel+%20 BYME: B20; %60 dizel+%40 BYME: B40; %50 dizel+%50 BYME: B50) yakıtları kullanılmıştır. Bu yakıtlara ait fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.2 'de verilmiştir. Motor ilk çalıştırıldığında çalışma sıcaklığına gelmesi beklendi. Daha sonra motora gaz verilerek Cussons marka P8160 model elektrikli dinamometre ile yükleme yapıldı. Deneysel motoru tam yük şartlarında 300 d/d aralıkları ile 900 d/d 'dan 3000 d/d 'ya kadar farklı devirlerde çalıştırılmıştır. Deneysellerde, devir ve kuvvet değerleri paneldeki göstergelerden okunmuştur. 250 cm³ ölçekli bir cam tüp üzerinden motora gönderilen yakıtın tüketilmesi için geçen süre ölçülmüştür. Elde edilen veriler ile motor moment, efektif motor gücü ve özgül yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Deneysellerde egzoz emisyonlarını ölçmede Capelec model gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile ortam sıcaklığı (°C), egzoz gaz sıcaklığı (°C), oksijen miktarı (%), CO₂ (%), CO (ppm), HC (ppm), NO_x (ppm), hava-yakıt oranı değerleri ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar her bir yakıt için üç kez tekrarlanmıştır ve deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlardaki ölçümlere ait hata değerleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Dizel ve BYME yakıtlarının özellikleri

Parametreler	Doğruluk
Engine speed	± 1 rpm
Sıcaklıklar	± 1 °C
CO	$\pm 0.5\%$
HC	± 10 ppm
CO ₂	$\pm 0.5\%$
NO _x	300 ppm $\pm 5\%$
Hesaplananlar	Belirsizlik
BSFC	max. $\pm 2\%$
Güç	$\pm 1\%$
Tork	$\pm 1\%$

Tablo 4.3. Ölçülen parametrelerin doğruluğu ve hesaplanan parametrelerin belirsizliği

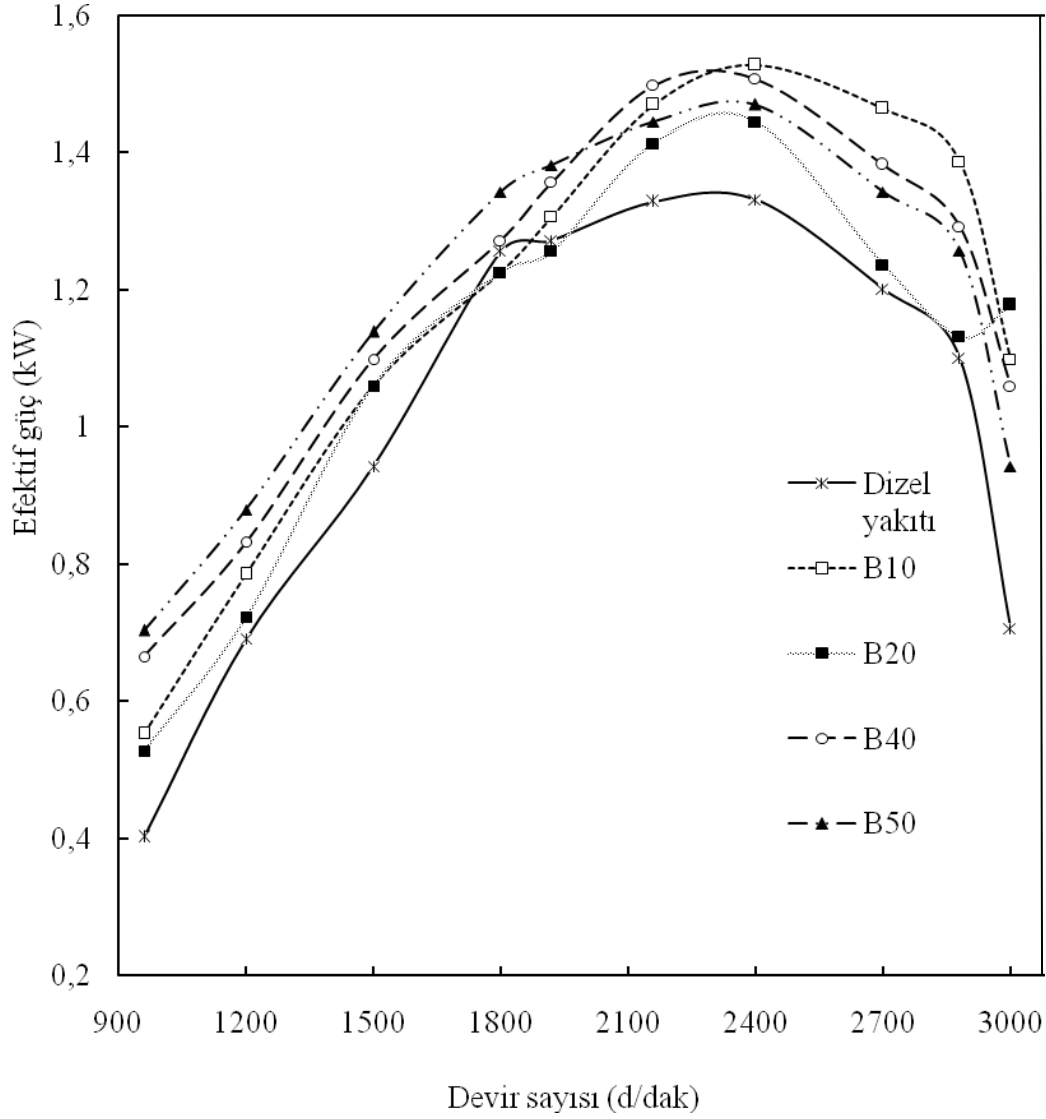
	Birim	Dizel	B10	B20	B40	B50	B100
Yoğunluk (15°C)	kg/m ³	830	835.5	841	852	857.5	885
Viskozite (40°C)	mm ² /s	2.6	3.20	3.28	3.38	3.44	4.25
Alt ısııl değer	MJ/kg	42.5	42.03	41.56	40.62	40.15	37.8
Parlama Enerjisi	kJ/mol	22	21	20	18	17	12
Donma noktası	°C	-20	-	-	-	-	4
Setan sayısı		48	48.33	48.66	49.32	49.65	51.3
Sülfür oranı	%		0.01	0.01	0.02	0.03	0.05
Moleküler yakıt kütlesi		190	292.20	200.22	210.44	230.88	241.10
	C %	87	86.03	85.06	83.12	82.15	77.3
	kg/kg						
	H %	12.6	12.52	12.44	12.28	12.2	11.8
	kg/kg						
	O %	0	1.44	2.48	4.56	5.6	0.4
	kg/kg						

BÖLÜM 5. DENEYSEL SONUÇLAR

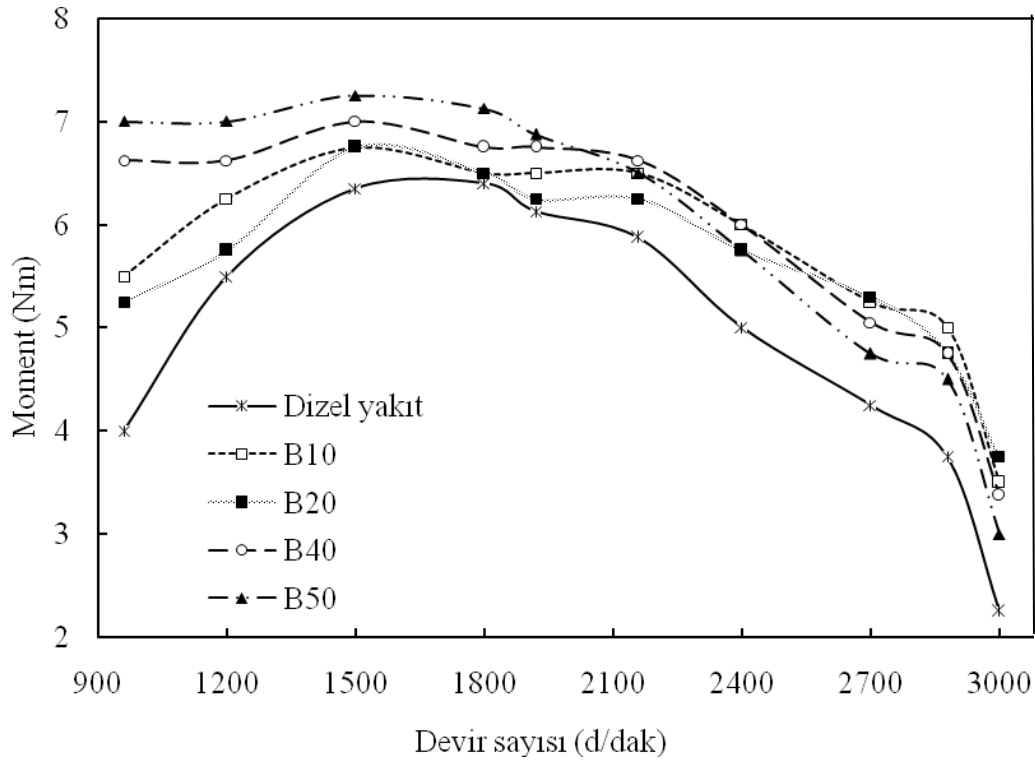
Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 'de dizel, B10, B20, B40 ve B50 yakıtlarının kullanılması durumlarındaki motor gücü ve motor döndürme momentinin devir sayısına bağlı olarak değişimleri görülmektedir. Motorun efektif gücü karakteristik olarak dizel yakıtı ve balık yağı metil ester (BYME) karışımları ile motor devri artışına bağlı olarak yükselmektedir. Motor gücü, tüm yakıtlar için 2400 d/dak'ya kadar artmakta ve bu devirden sonra belirgin bir şekilde azalmaktadır. Genel olarak motorun tüm hızlarında, BYME bileşenleri dizel yakıtına oranla daha yüksek efektif güç değerlerine ulaştığı görülmüştür ve yüksek devirlerde BYME karışımları ile dizel yakıtı arasında elde edilen güç farkı artmaktadır. Maksimum gücün elde edildiği 2400 d/dak 'da dizel yakıtına oranla B10'da % 12.8, B20 'de % 7.8, B40 'da %11.6 ve B50'de %9 oranlarında güç artışı saptanmıştır. Birçok araştırmacı biyodizel ile ilgili çalışmalarında özellikle de bitkisel yağ karışımlarında karışımların düşük ısı değerleri nedeniyle motor gücünün azaldığı dizele yakın seyrettiği ya da yüksek devirlerde bir artışın olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada ise normalde BYME yakıtlarının dizel yakıtına göre ısı değeri yaklaşık B10 için %1.1, B20 için %2.3, B40 için %4.6, B50 için %5.7 ve B100 için % 13, daha düşük olmasına rağmen güçteki % 3-13 aralığındaki bir artış, ısı değerlerin dizel yakıtinkine çok yakın ve özellikle de setan sayısının dizel yakıtinkinden yüksek olması (Tablo 4.2), biyodizelin yoğunluğunun ve viskozitesinin fazla olması ve bunlara bağlı olarak motora daha fazla yakıt gönderilmesi, biyodizel içerisindeki oksijenin tam yanmanın gerçekleşmesine yardım etmesi ile açıklanabilir.

Şekil 5.2 'de ki motor döndürme momenti ise BYME yakıtları için 1500 d/dak, dizel yakıtı için 1800 d/dak motor devrine kadar artış göstermekte ve bu devirden sonra azalmaktadır. Fakat dizel yakıtı için elde edilen maksimum moment değeri B50 yakıtından daha düşük, B40 yakıtıyla ise aynı değere sahiptir. Bu durum BYME yakıtların içeriğindeki oksijen miktarının fazla olması ve setan sayısının dizel

yakıtına göre yüksek olmasının bir sonucudur. Diğer bir deyişle biyodizelin tutuşma gecikmesi süresinin kısaldığı anlamını taşımaktadır. (Lue Y.-F., Yeh Y.-Y. ve Wu C.H., 2001).



Şekil 5.1. Tam yükte motor efektif gücün devir sayısı ile değişimi.

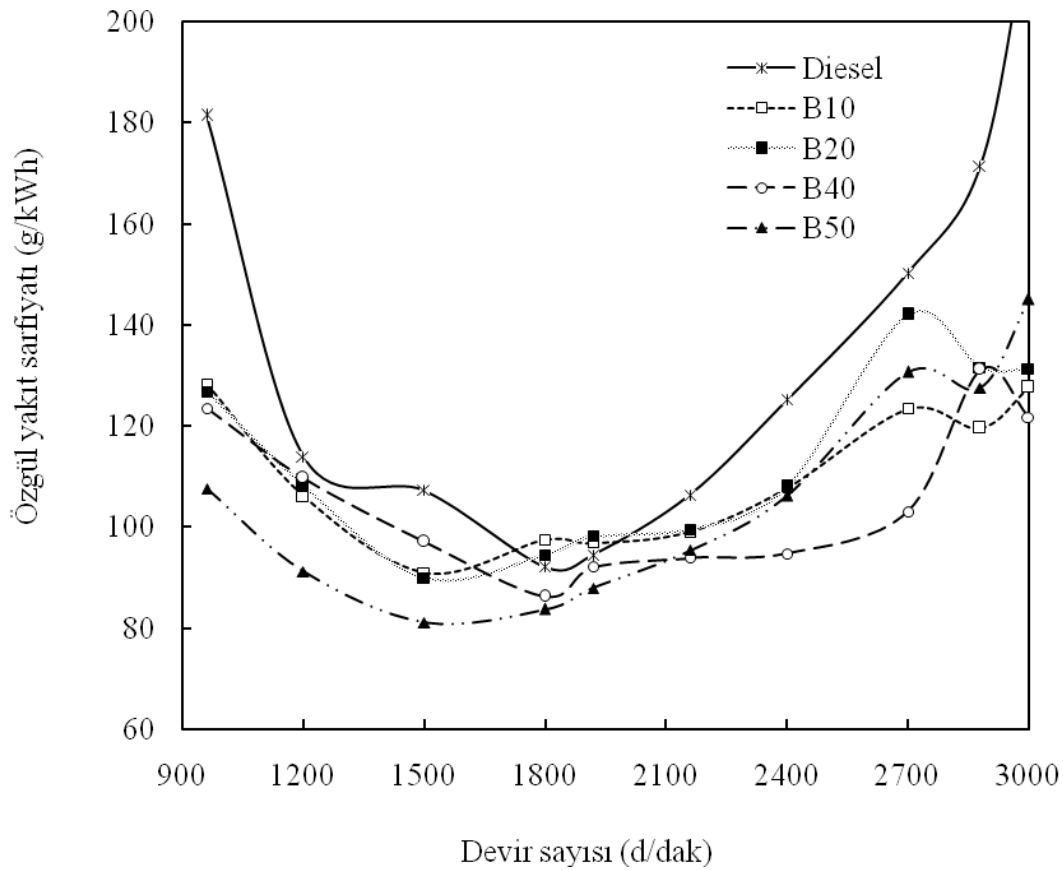


Şekil 5.2. Tam yükte motor döndürme momentinin devir sayısı ile değişimi

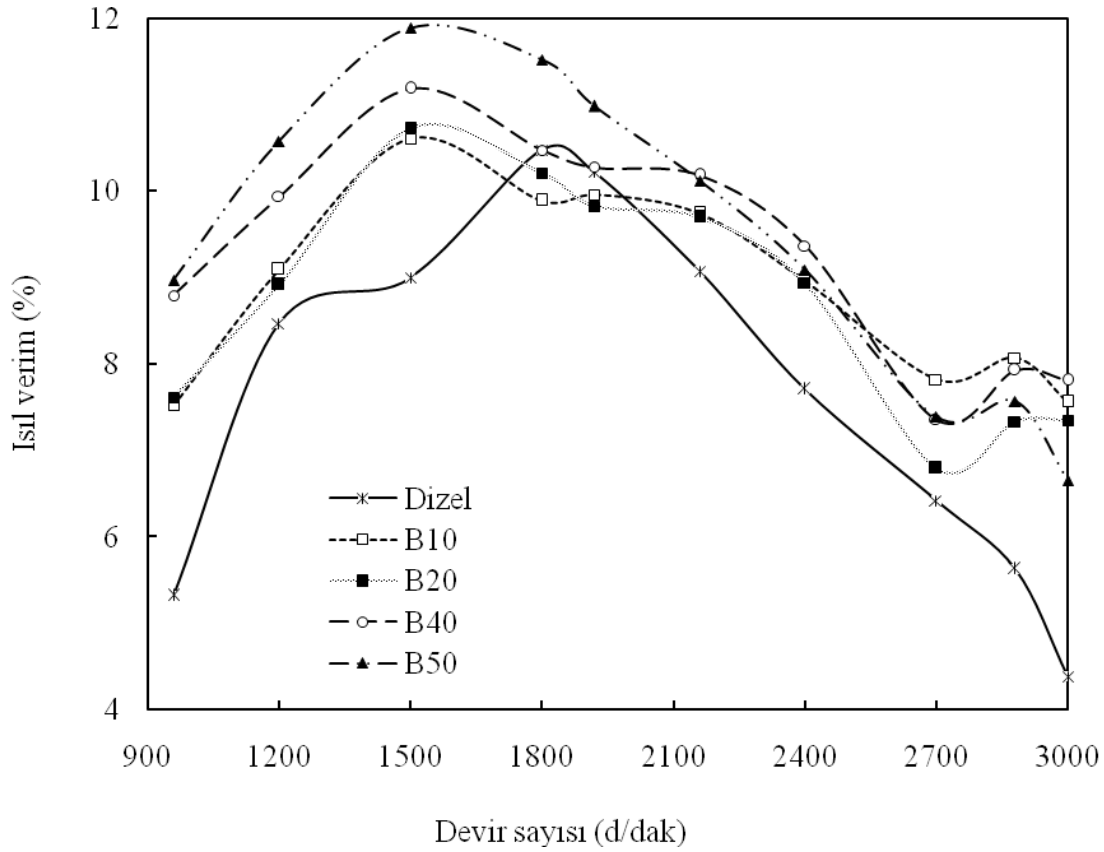
Dizel ve BYME yakıtlarıyla elde edilen özgül yakıt sarfiyatındaki değişimler Şekil 5.3 'de verilmiştir. Özgül yakıt tüketimi değerleri genellikle, düşük ve yüksek motor devirlerinde daha yüksek, orta motor devirlerinde ise (1500 d/dak ile 2100 d/dak aralığında) minimum değerlerde olduğu görülmüştür. Bir dizel motorun özgül yakıt tüketimi, yakıt enjeksiyon sistemine, yakıtın yoğunluğuna, viskozitesine ve ısı değerine bağlıdır. Genel olarak ısı değeri düşük alternatif yakıtlar özgül yakıt tüketimini artırmaktadır. Fakat bu çalışmada kullanılan BYME yakıtlarının ısı değerleri dizel yakıtına yakın olmasından dolayı motorun özgül yakıt sarfiyatında önemli düşüşlerin olduğu görülmüştür. Hatta dizel yakıtıyla elde edilen maksimum döndürme momentinin olduğu devirde (1800 d/dak) bile B40 ve B50 yakıtları dizel yakıtına göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Şekil 5.4 'te devir sayısına bağlı olarak motorun ısı veriminin değişimi verilmiştir. Biyodizel içerisindeki biyoyakıtın artması artan devir sayısı ile birlikte ısı verim kaybını da artırmaktadır. Biyodizel yakıtlarda yanma sonucu açığa çıkan yüksek ısılarından dolayı ısı verim kaybı biyodizel yakıtlarda dizel yakıtına göre daha

fazladır. B50 ile dizel arasında ortalama %10 civarında ısıl verimde bir artış görülmüştür. BYME karışımı yakıtların ısıl verimlerinin dizele göre yüksek olmasının nedeni ise yüksek sıcaklıklarda bile balık yağının yağlayıcı etkisinin devam etmesidir. Labeckas ve arkadaşları (Labeckas G., Slavinskis S.,2006) kanola yağını ve onun B5, B10, B20 ve B35 karışımlarını 4750 cc 'lik bir dizel motorunda yakıt olarak kullanmışlardır. Onlar özellikle B5 ve B10 karışımları ile dizel yakıtına göre daha yüksek ısıl verimlere ulaşmışlardır. Ramadhas ve arkadaşları da (Ramadhas AS., Jayaraj S., Muraleedharan C.,2005) kullandıkları B10 ve B20 biyodizel yakıtlarıyla daha yüksek ısıl verim değerlerine ulaşmışlardır. Onlar ısıl verimdeki bu artışın biyodizelin daha iyi bir yağlayıcı etki göstermiş olmasına bağlamışlardır.



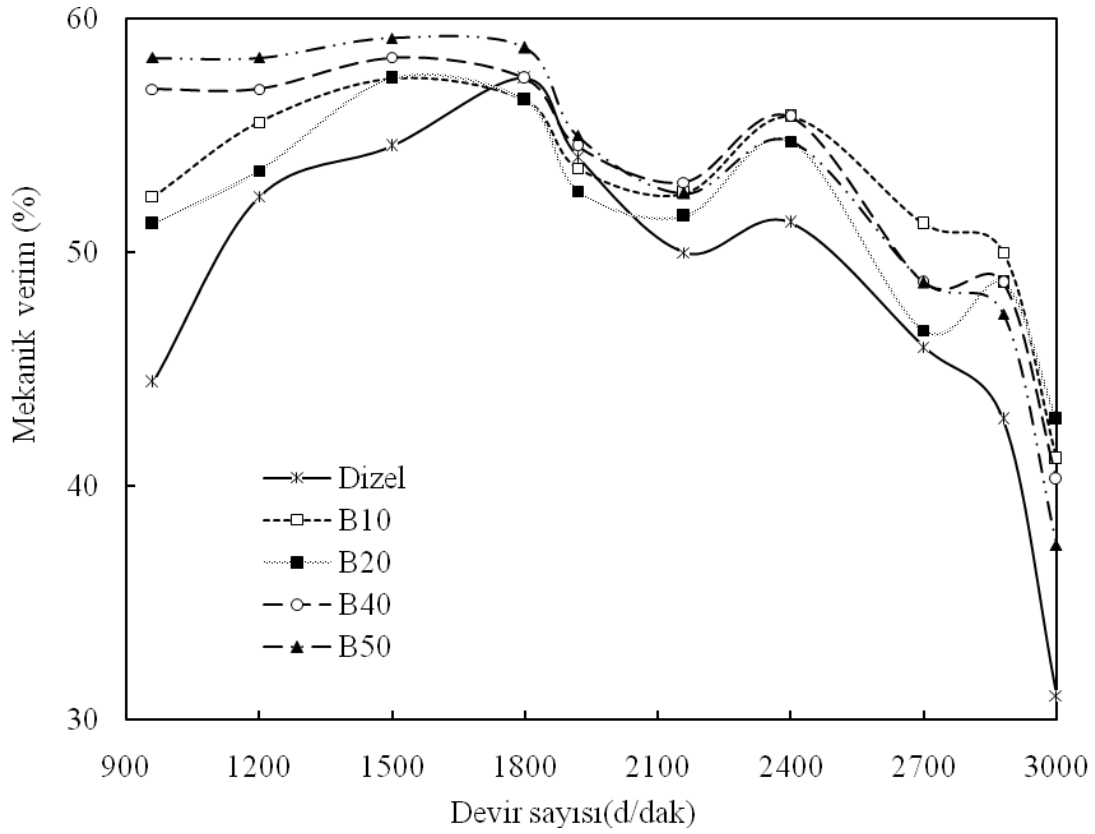
Şekil 5.3. Tam yükte özgül yakıt sarfiyatının devir sayısı ile değişimi



Şekil 5.4. Tam yükte ısı verimin devir sayısı ile değişimi

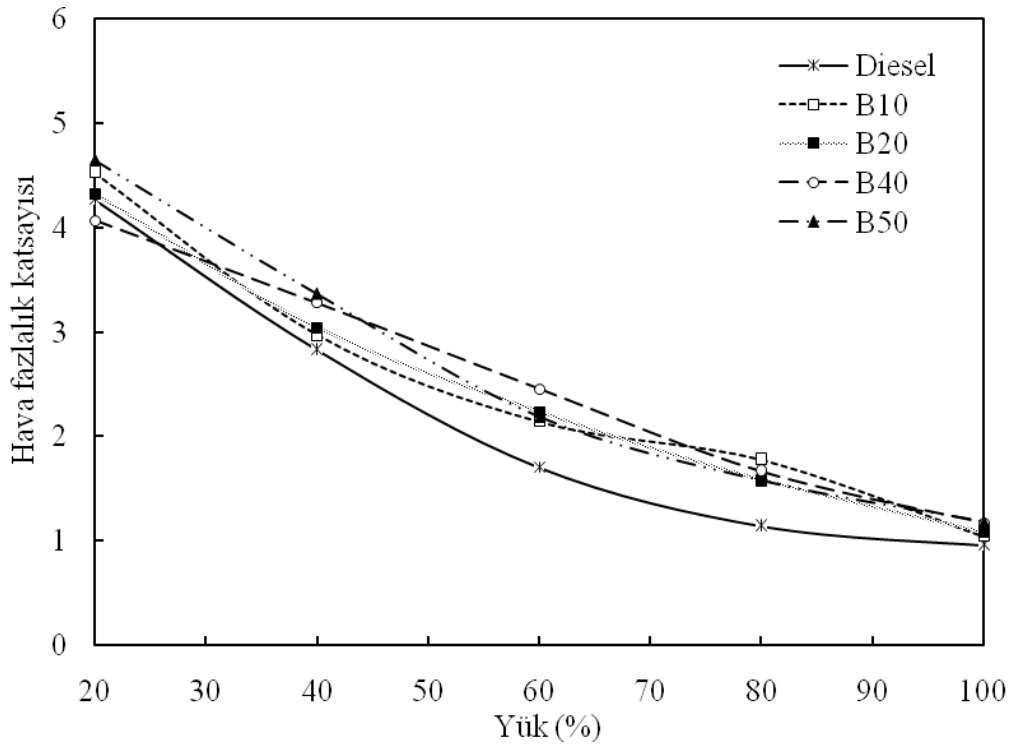
Şekil 5.5 'te devir sayısına bağlı olarak motorun mekanik veriminin değişimi verilmiştir. Tüm devir şartlarında biyodizelin mekanik verimi dizel yakıtına göre daha yüksektir. Grafikten görüldüğü üzere orta devirlere kadar motorun mekanik verimi yavaş bir artış sergilerken yüksek devirlere çıkıldıkça tüm yakıtların mekanik veriminde hızlı bir azalmanın olduğu ve bu azalmalar esnasında dizel yakıtına göre mekanik verimde farkın arttığı fakat biyodizel yakıtlar arasındaki farkın ise birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Deneyel çalışmalardaki emisyon parametreleri, dizel yakıtı için maksimum döndürme momentinin elde edildiği 1800 d/dak 'de, BYME yakıtları için ise 1500 d/dak 'de yüke bağlı olarak incelenmiştir.

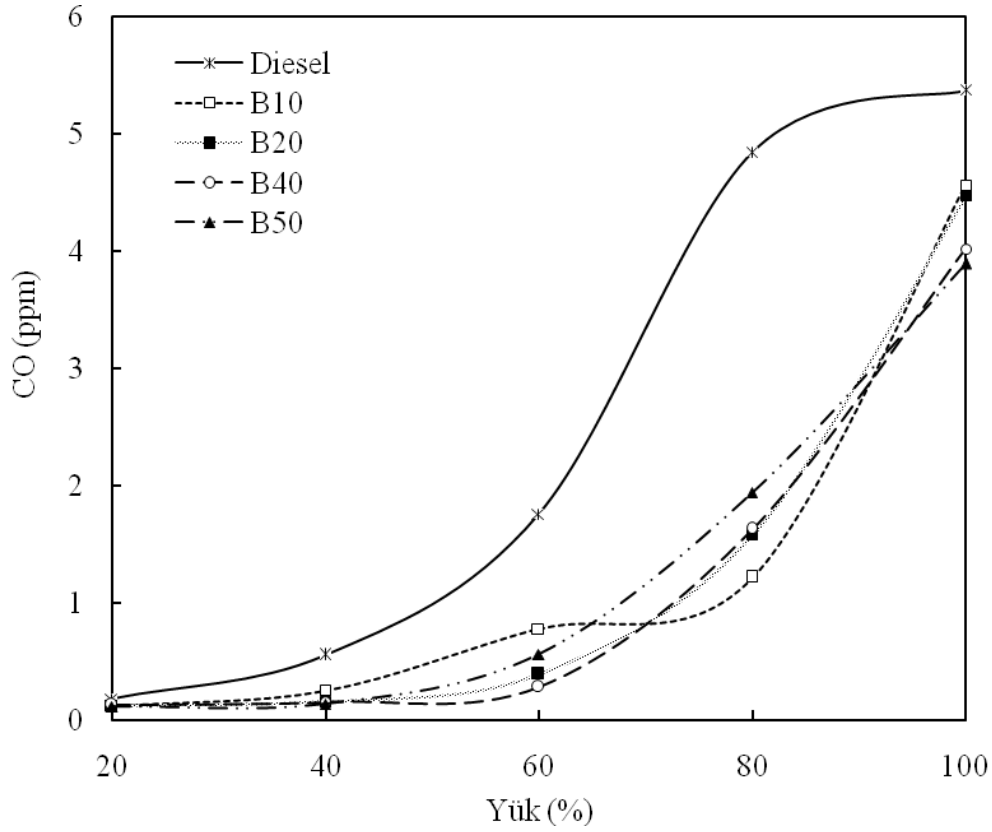


Şekil 5.5. Tam yükte mekanik verimin devir sayısı ile değişimi

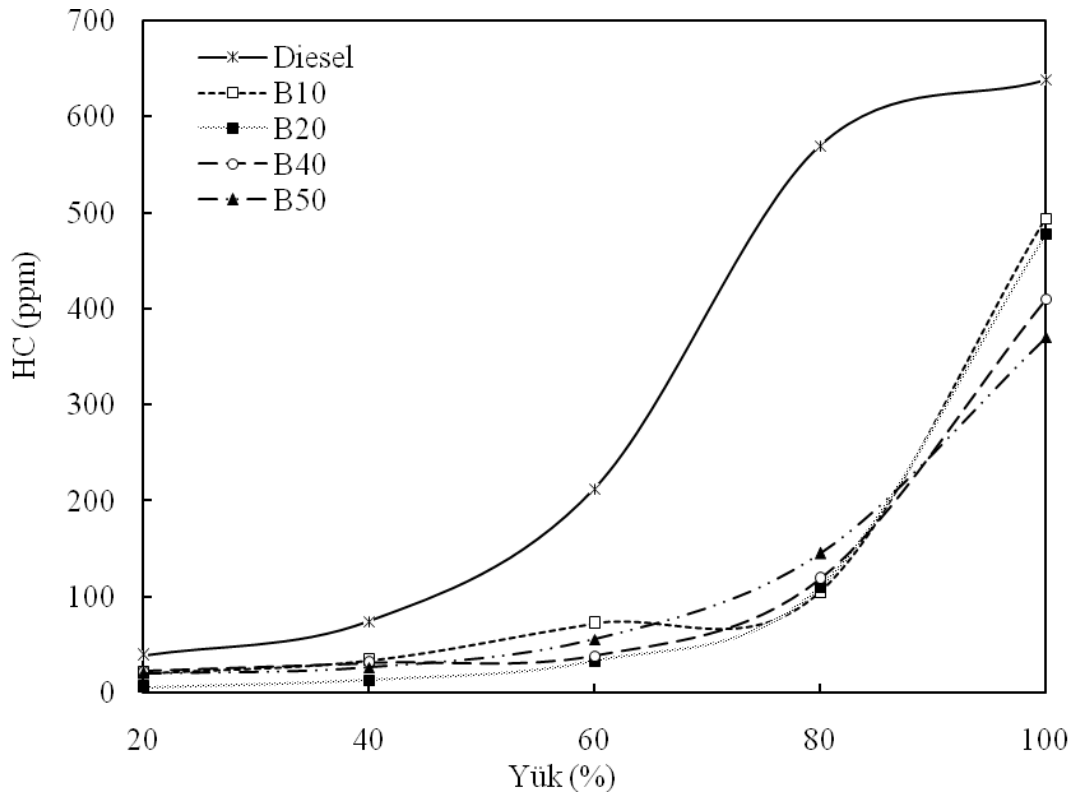
Şekil 5.6 'da hava fazlalık katsayısının, Şekil 5.7 'de CO emisyonlarının ve Şekil 5.8 'de HC emisyonlarının yüke bağlı olarak değişimleri verilmiştir. BYME yakıtlarının CO ve HC emisyon değerleri dizel yakıtına göre daha düşük olduğu özellikle de orta yük değerlerinden sonra belirgin farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu ise biyodizel içeriğindeki oksijenin dizel yakıtına göre daha yüksek oranlar içermesiyle açıklanabilir. B40 ve B50 yakıtları diğer yakıtlara göre en düşük CO emisyon değerlerine ulaşmıştır. B50 yakıtının CO değerleri dizel yakıtına göre ortalama %42 daha düşük olurken HC emisyonlarında belirgin düşüşlerin olduğu görülmüştür.



Şekil 5.6. Hava fazlalık katsayısının yükle değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak)

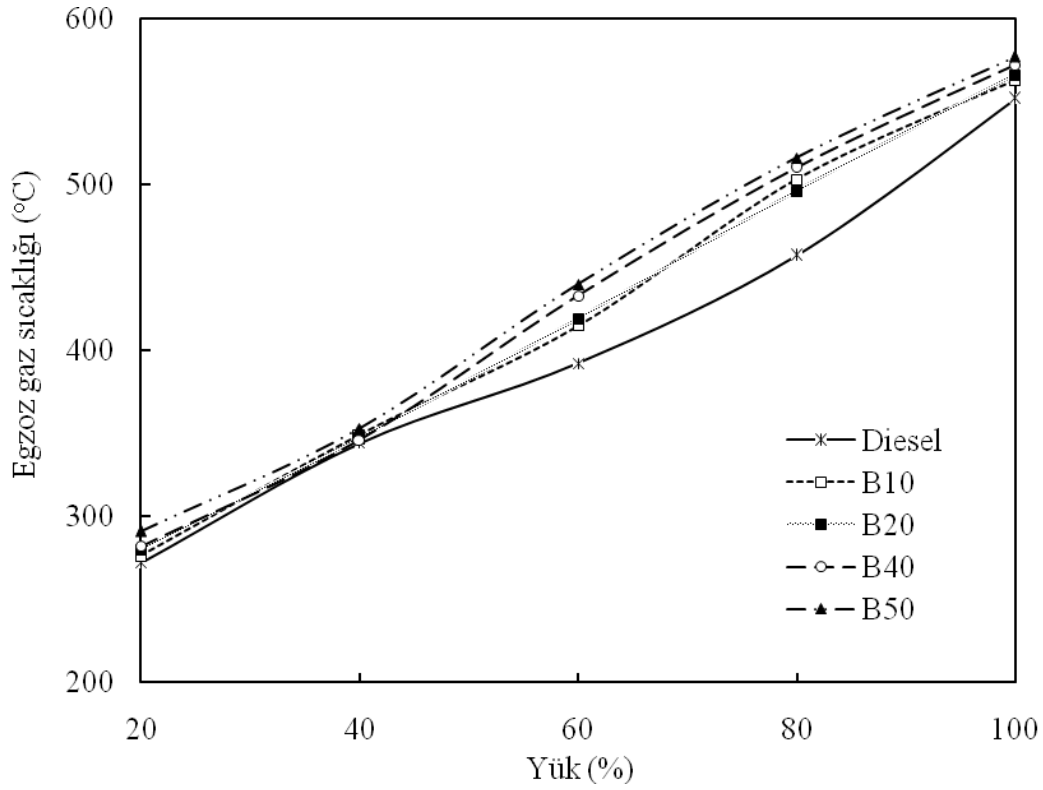


Şekil 5.7. CO emisyonlarının yükle değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak)

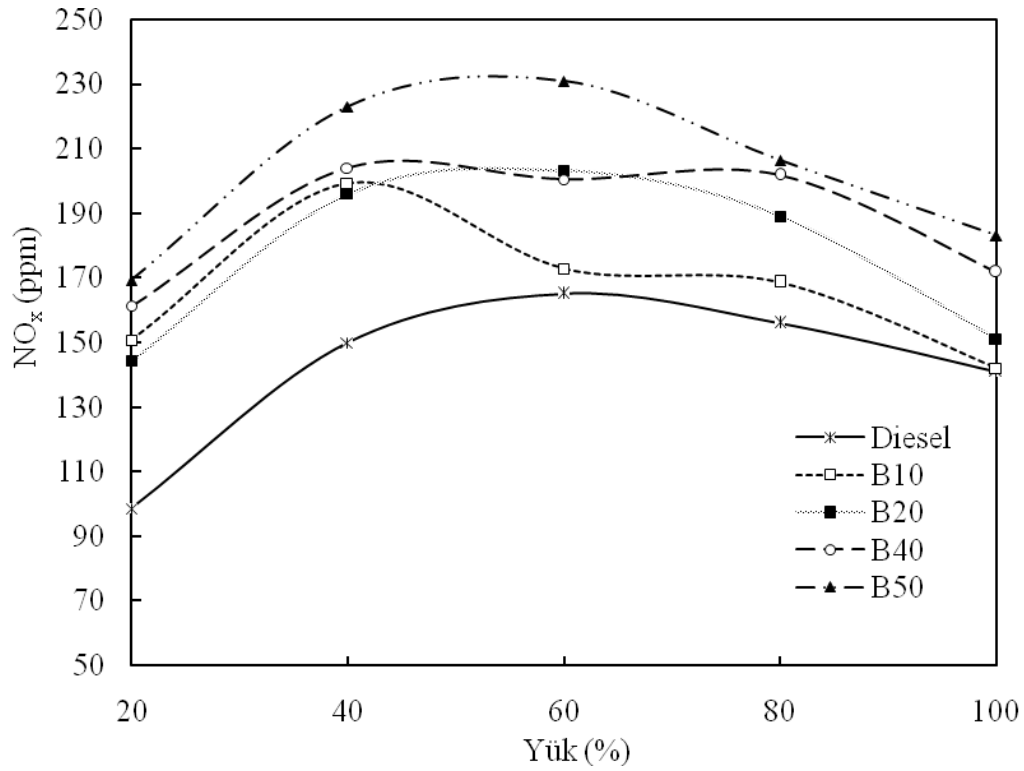


Şekil 5.8. HC emisyonlarının yüküyle değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak)

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 egzoz gaz sıcaklığı ve NO_x emisyonlarının farklı motor yükleri ile değişimini göstermektedir. NO_x emisyonlarını etkileyen en önemli parametre setan sayısı, yanma ortamında bulunan oksijen miktarı ve yanma odası sıcaklığıdır (Devan PK, Mahalakshmi NV.,2009) Deneysel çalışmada kullanılan yakıtlar için dizel motorunun egzoz gaz sıcaklıkları tüm yük şartlarında artış eğilimindedir (Şekil 5.9). Fakat dizel motorunun NO_x emisyon değerleri orta yük şartlarına kadar artarken yüksek yük şartlarında azalma eğilimi göstermektedir (Şekil 5.10). Bunun sebebi ise yanmanın gerçekleşmesi için yeterli zamanın olmaması ve yanma odasındaki oksijen miktarındaki azalmanın olduğu söylenebilir (Şekil 5.6). Deneysel çalışmalarda en yüksek sıcaklık artışı B50 yakıtında olduğundan dolayı NO_x değerleri, dizel motoruna göre yaklaşık %44 oranında artmıştır. Bununla birlikte standart dizel yakıtı içerisine BYME ilavesiyle motorun NO_x emisyonlarında genel olarak kötüleşme görülmüştür. Bunun da en önemli sebebi biyodizel yakıtları içerisindeki oksijen miktarının fazla olması, dolayısıyla yanmanın iyileşmesi ve buna bağlı olarak da daha yüksek yanma odası sıcaklıklarının elde edilmiş olmasıdır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Egzoz gaz sıcaklığının yükle değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak)



Şekil 5.10. NO_x emisyonlarının yükle değişimi (Biyodizel için 1500 d/dak, Dizel için 1800 d/dak)

BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Deneysel çalışmalarda Petter marka tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motoru, alabalık yağı metil ester (BYME), standart dizel yakıtı ve bu iki yakıtın belli oranlarda hacimsel olarak karıştırılarak (%90 dizel+%10 BYME yağı: B10; %80 dizel+%20 BYME: B20; %60 dizel+%40 BYME: B40; %50 dizel+%50 BYME: B50) kullanılan yakıtların motor performans karakteristikleri ve egzoz gaz emisyon değerleri elde edilmiştir. BYME yakıtının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılmasına yönelik uluslar arası literatürde çok az miktarda yayının olması ve ülkemizde ise ilk defa biyodizel yakıtı olarak dizel motorunda kullanılması nedeniyle çalışmamız, literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.

Motor efektif güç ve döndürme momenti; BYME kullanımında özellikle düşük motor devirlerinde dizel yakıtına daha yakın değerler elde edilirken, motor devrinin artışına bağlı olarak orta ve yüksek devirlerde dizel yakıtına oranla daha yüksek motor efektif gücü ve döndürme momenti değerleri elde edilmiştir. Genelde bitkisel ve hayvansal yağlar yüksek viskozite ve yoğunluğa sahip olduklarından biyodizel haline dönüştürülürken metil ester, etil ester gibi alkollerle karıştırıldığından dolayı daha iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olabilmektedir. Bu çalışmada da alabalık yağının özellikle seçilmesinin nedeni dizel yakıtına yakın özelliklere sahip olmasıdır. Özellikle deneysel çalışmalarda kullanılan BYME yakıtlarının viskozitesinin düşük olması motorun performans eğrilerinde belirgin iyileşmeler sağlamıştır. Orta devirlerde B10, B20, B40 ve B50 yakıtlarının motor gücü birbirlerine yakın iken yüksek motor hızlarında en iyi sonuç sırasıyla B10, B40 ve B50 yakıtları ile elde edilmiştir. Motor döndürme momentlerinde ise dizel yakıtına göre en iyi sonuçları B50 ve B40 yakıtları sağlarken B10 ile B20 yakıtları birbirine yakın sonuçlar göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada BYME yakıtı kullanılan motorun maksimum gücü ve tork değerlerinde de literatürde biyodizel yakıtları için pek rastlanmayan bir durumla karşılaşmıştır. Yani, biyodizel yakıtların kullanılmasıyla

motorun maksimum güç devri olan 2400 d/dak 'dan 2800 d/dak 'ya doğru fazla bir değişiklik olmadan azalmasına rağmen aynı durum dizel yakıtı ile 1900 d/dak 'dan 2400 d/dak 'ya doğru yavaş bir şekilde maksimum değerine ulaşmıştır. Yine aynı şekilde motorun maksimum tork değeri 1500 d/dak 'da elde edilirken dizel yakıtı ile 1800 d/dak 'da elde edilmiştir. Bu sonuçların motor konfigürasyonunda herhangi bir değişiklik yapılmaksızın elde edilmiş olması BYME yakıtının bazı özelliklerinin dizel yakıtına yakın olması ve bazı özelliklerin de daha iyi olmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz. Şöyle ki; genelde biyodizelerde viskozite yüksek olurken, BYME karışimli yakıtların viskozitesinin düşük olması, setan sayısı azalırken BYME karışimli yakıtların setan sayısının fazla olması, içeriğindeki oksijen oranının diğer biyo yakıtlara göre dizel yakıtından yaklaşık %10 fazla iken BYME yakıtının çok daha yüksek olması ve alt ısıl değerleri dizel yakıtından daha düşük iken BYME karışimli yakıtının yakın olmasından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Özgül yakıt sarfiyatı; BYME yakıtı dizel yakıtına göre daha yüksek oksijen içeriğine sahip olması ve alt ısıl değeri dizel yakıtına çok yakın olması nedeniyle özgül yakıt tüketim miktarlarında da önemli iyileşmeler görülmüştür. Özellikle BYME yakıtlarının özgül yakıt sarfiyat değerleri 1500 d/dak ile 1800 d/dak aralıklarında azaldığı görülmüştür. Bu aralıkta en iyi sonucu sırasıyla B50 ve B40 yakıtları sağlarken yüksek devirlere çıkıldıkça B40 yakıtından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

CO ve HC emisyonları; Deneysel çalışmalarda BYME kullanımı sonucu motorun CO ve HC emisyonlarında dizel yakıtına göre belirgin azalmalar olduğu görüldü. Kullanılan biyodizel yakıtlarından B40 ve B50 yakıtları özellikle orta yüklerden sonra önemli iyileşmeler sağlamıştır. Bu emisyon değerleri HFK ve yanma verimine göre değiştiğinden BYME yakıtındaki oksijen miktarına bağlı olarak CO ve HC değerlerinin azalması önemli bir sebep olarak ifade edilebilir.

NO_x emisyonları; dizel motorlarında yanma odasındaki oksijen ve nitrojen gazlarının fazlalığı yüksek alev sıcaklıklarında (>1800°C) NO_x emisyonlarına neden olmaktadır. Deneysel çalışmalarda en yüksek sıcaklık artışı B50 yakıtında

olduğundan dolayı NO_x değerleri, dizel motoruna göre yaklaşık %44 oranında artmıştır. Bununla birlikte standart dizel yakıtı içerisinde BYME ilavesiyle motorun NO_x emisyonlarında genel olarak artış görülmüştür. Bunun da en önemli sebebi biyodizel yakıtları içerisindeki oksijen miktarının fazla olması, dolayısıyla yanmanın iyileşmesi ve buna bağlı olarak da daha yüksek yanma odası sıcaklıklarının elde edilmiş olmasıdır. Fakat bazı deneysel çalışmalarda bu bulguların tersi sonuçlarda literatürde yer almıştır. Biyodizeller yüksek viskozitelerinden dolayı iri zerreliliği püskürmeleri sonucunda tutuşma gecikmesi periyodunun uzaması ile çevrimde maksimum basınç ve sıcaklığın düşmesi NO_x emisyon değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır (Yücesu ve diğ.,1999). Yüksek devirlerde yanma süresinin kısaldığı göz önüne alındığında yakıt ve havanın yüksek sıcaklıkta kalma süresinin kısaldığı düşünülmektedir. Bu durum, yüksek devirlerde düşük NO_x emisyonları elde edilmesini açıklar.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda, BYME yakıtının dizel yakıtına yakın fiziksel özelliklere sahip olduğu görülmüştür. BYME yakıtının dizel motorlarında kullanılmasının NO_x emisyonları haricinde iyi sonuçlar vermiş olması ve özellikle de B40 ve B50 yakıtları ile hem performans açısından hem de emisyonlar açısından mükemmel sonuçlar elde edilmiştir. Deney motorunda kullanılan BYME yakıtının dizel yakıtına göre daha yüksek güç değerlerine ulaşmış olması ve daha düşük devir şartlarında maksimum döndürme momentinin elde edilmiş olması bakımından literatüre önemli bir katkı sağlayacağı açıktır. Çünkü uluslararası literatürde BYME yakıtı ile çok az sayıda yayının olmasına karşın ülkemizde bir ilki oluşturması bu çalışmayı daha önemli kılmaktadır.

KAYNAKLAR

ACAROĞLU, M., Alternatif Enerji Kaynakları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003.

ALAM, M., SONG, J., ACHARYA, R., BOEHMAN, A., MILLER, K., Combustion and emissions performance of low sulfur, ultra low sulfur and biodiesel blends in a DI diesel engine. *SAE paper*, -01-3024, 2004.

ALPGİRAY, B., GÜRHAN, R., Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (3) 231-239, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 2007.

ALTIN, R., Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılmasının Deneysel Olarak İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Doktora Tezi, Haziran 1998.

BLUMBERG, P.N., ve FORT, E.F., Performance and durability of a Turbocharged diesel fueled with cotton seed oil blends, *Vegetable Oils Fuels Proceedings Of The International Conference on Plant And Vegetable Oils As Fuels*, ASAE August, 1982.

BOEHMAN, L.A., “Biodiesel Production and Processing”, *Fuel Processing Technology*, 86, 1057-1058 (2005).

CANAKCI, M., ERDİL, A., ARCAKLIOĞLU, E., Performance and exhaust emissions of a biodiesel engine., *Applied Energy*, 2005.

CANAKCI, M., VAN GERPEN, J.H., Comparison of engine performance and emissions for petroleum diesel fuel, yellow grease biodiesel, and soybean oil biodiesel. *ASAE Annualinternational meeting* , 016050, 2001.

CANAKCI, M., VAN GERPEN, J.H., “Comparison of Engine Performance and Emissions for Petroleum Diesel Fuel, Yellow Grease Biodiesel and Soybean Oil Biodiesel”, *Trans. of ASAE*, 46 (4), 937-944, 2003.

CARRARETTO, C., MACOR, A., MİRANDOLA, A., ATAPPATO, A., TONON, Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations. *Energy* 29:2195-2211 ,2004

CHANG, DY., VAN GERPEN JH., 1997. Fuel properties and engine performance for biodiesel prepared from modified feedstocks, SAE paper, 971684.

CHENG, AS., UPATNIEKS, A., MUELLER, CJ., Investigation of the impact of biodiesel fuelling on NOx emissions using an optical direct injection diesel engine, *Int J Engine Res*, 7:297–318, 2006.

CHOI, C.Y., BOWER, G.R., REITZ, R.D., Effects of biodiesel blended fuels and multiple injections on D.I. diesel engines. *SAE paper*, 970218, 1997.

ÇETİNKAYA, M., ULUSOY, Y., TEKİN, Y., KARAOSMANOĞLU, F., Engine and winter road test performances os used cooking oil orginated biodiesel, *En. Con. Man*, 46,1279-1291, 2004.

DEMİRBAS, A., Biodiesel from vegetable oils via tranesterification in supercritical methanol. *Energy Conversion and Management*, 2001.

DURBİN, T.D., COLLİNS, JR, NORBECK, JM., SMİTH, MR., Effects of biodiesel, biodiesel blends, and a synthetic diesel on emissions from light heavy- duty diesel vehicles. *Environ Sci Technol*, 34(3):349–55, 2000.

ENCİNAR, J.M., GONZALEZ, J.F., ve RODRİQUEZ-REİNARES, A., “Biodiesel from Used Frying Oil Variables Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel”,*Ind. Eng. Chem. Res.*, 44, 5491–5499, 2005.

EPA, Assessment and Standards Division (Office of Transportation and Air Quality of the US Environmental Protection Agency). A comprehensive analysis of biodiesel impacts on exhaust emissions, *EPA*, 420-P-02-001, 2002.

ERDOGAN, D., 1991. Bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılması. *Tarımsal Mekanizasyon 13.Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı*, Konya, 25 – 27 Eylül 1991.

ERGENEMAN M., OZAKTAS, T., CİGİZOĞLU, K.B., KARAOSMANOĞLU, F., ARSLAN, H.E., The effect of some Turkish vegetable oil-diesel fuel blends on exhaust emissions., *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, Volume 19, Issue 8 October 1997 , pages 879 – 885, 1997.

ERGENEMAN, M., ÖZAKTAS, T., KARAOSMANOĞLU, F., ARSLAN, H.E., Ignition Delay Characteristics of some Turkish vegetable oil-diesel fuel blends., *Petroleum Science and Technology*, Volume 15, Issue 7 & 8, pages 667 -683, 1997.
GEYER S.M., Comparition Of diesel Engine Performance and Emissions From Neal and Transesterfied Vegatable Oils ASAE 27, 2, 375-384, 1984.

GOMEZ, G., HOWARD-HILDIGE, R., LEAHY, J.J., O'REILLY, TO., SUPPLE, B., MALONE, M., Emission and performance characteristics of a 2 litre Toyota van operating on esterified waste cooking oil and mineral Diesel fuel, *Env. Mon. Ass.*, 65, 13-20, 2000.

GRABOSKI, M.S., MCCORMICK, R.L., Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progr Energy Combust Sci* , 24:125–16 (4), 373-378, 2000.

GRABOSKI, M.S. ve MCCORMIK, R.L., “Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engines”, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 24, 125-164, 1998.

HAMASAKI, K., KINOSHITA, E., TAJIMA, H., TAKASAKI, K., MORITA, D., Combustion characteristics of diesel engines with waste vegetable oil methyl ester. In: *The 5th international symposium on diagnostics and modeling of combustion in internal combustion engines*, 2001.

HANSEN, K.F., JENSEN, M.G., Chemical and biological characteristics of exhaust emissions from a DI diesel engine fuelled with rapeseed oil methyl ester (RME). *SAE paper*, 971689, 1997.

HOWELL, S., “U.S. Biodiesel Standards – An Update of Current Activities” *SAE Paper* 971687, 1997.

HU, J., DU, Z., LI, C., MIN, E., “Study On the Lubrication Properties of Biodiesel As Fuel Lubricity Enhancers”, *Fuel*, 84, 1601-1606, 2005.

KAMINATO, T., KOBAYASHI, H., Combustion Processes in Diesel Engines. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 17, 163-189, 1991.

KARAOŞMANOĞLU, F., “Türkiye İçin Çevre Dostu Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı: Biyomotorin”, *Ekojenerasyon Dünyası-Kojenerasyon Dergisi*, ICCI Özel Sayısı, 50-56, İstanbul, 2002.

KEGL B., Effects of biodiesel on emissions of a bus diesel engine, *SAE*. Kerschbaum, S., Rinke, G., “Measurement, 2007.

KNOTHE, G., Historical Perspectives on Vegetable Oil-Based Diesel Fuels (PDF). *INFORM*, Vol. 12(11), p. 1103-1107 (2001). Retrieved on 2007-7-11, 2001.

KRAWCZYK, T., Biodiesel-Alternative fuel makes inroad but hurdles remain. *INFORM* 7, 801-829, 1996.

KUSDİANA, D. AND S. SAKA., A Novel process of the biodiesel fuel production

in supercritical methanol. *1st World conference and exhibition on biomass for energy and industry*, 1: 563-566, 5-9 June 2000, Sevilla, Spain, 2000.

LABECKAS, G., SLAVINSKAS, S., The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. *Energy Convers Manage*, 47:1954–67, 2006.

LAPUERTA, M., ARMAS, O., FERNANDEZ, J.R., Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions, *ScienceDirect., Progress In Energy and Combustion Scienc*, 2007.

LAST R.J., KRUEGER M., DURNHOLZ M., Emissions and performance characteristics of a 4-stroke, direct injected diesel engine fueled with blends of biodiesel and low sulfur diesel fuel. *SAE paper*, 950054. **Leung, DYC.**, 2001. Development of a clean biodiesel fuel in Hong Kong used cooking oil, *Water, Air Soil Pollut.* 130, 277-282, 1995.

MARSHALL W, SCHUMACHER LG, HOWELL S., Engine exhaust emissions evaluation of a cummins L10E when fuelled with a biodiesel blend. *SAE paper*, 952363, 1995.

MCCORMICK, R.L., TENNANT, C.J., HAYES, R.R, BLACK, S., IRELAND, J., MCDANIEL, T., ET, AL., Regulated emissions from biodiesel tested in heavy-duty engines meeting 2004 emission standards, *SAE paper*, 2005-01-2200, 2005.

MONYEM, A., VAN GERPEN, J.H., The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions., *Biomass and Bioenergy* 20, 317- 325, 2001.

MONYEM, A., VAN GERPEN, J.H., CANAKCI, M., The effect of timing and oxidation on emissions from biodiesel-fueled engines., *Trans ASAE*, 44(1):35–42.
MONYEM, A., CANAKCI, M., VAN GERPEN, J., “Investigation of Biodiesel Thermal Stability under Simulated In-Use Conditions”, *Applied Engineering in Agriculture*, 2001.

MONYEM, A., VAN GERPEN, J. H., “The Effect of Timing and Oxidation on Emissions from Biodiesel Fueled Engines”, *Trans. of ASAE*, 44 (1), 35-42, 2001.
NWAFOR, O.M.I., The Effect of elevated fuel inlet temperature on performance of diesel engine running on neat vegetable oil at constant speed conditions., *Renewable Energy* 28 ,171-181, 2003.

NYE, M.J., WILLAMSON, T.W., DESHPANDE, S., SCHRADER, J.H., SNIVELY, W.H., Conversion of used frying oil to diesel fuel by transesterification: preliminary test , *J.Am.Oil Soc. Chem.*, 60(8),1598-1601, 1983.

OGUMA, M., HYUN, G., GOTO, S., KONNO, M., KAJITANI, S., Atomization Characteristics for Various Ambient Pressure of Dimethyl Ether (DME), *SAE Paper*, 2002-01-1711, 2002.

OĞUZ, H., ÖĞÜT, H., Tarım traktörlerinde bitkisel kökenli yağ kullanımı. *Selçuk-Teknik Online Dergisi*, ISSN 1302-6178, Vol : 2, No : 2., 2001.

OWEN, K., ve COLEY, T., “Automotive Fuels Reference Book” Society of Automotive Engineers, Second Edition, 1995.

OZAKTAS, T., CİGİZOĞLU, K.B., KARAOSMANOĞLU, F., Alternative Diesel fuel study on four different types of vegetable oils of Turkish origin., *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, Volume 19, Issue 2 February 1997 , pages 173 – 181, 1997.

PINTO, A.C., GUARIEIRO, L.L.N., REZENDE, J.C., RIBEIRO, N.M., TORRES, E.A., LOPES, E.A., ET AL., Biodiesel: an overview. *J Braz Chem Soc*, 16(6B):1313–30, 2005.

RAKOPOULOS, CD., HOUNTALAS, DT., ZANNIS, TC., LEVENDIS, YA., Operational and environmental evaluation of diesel engines burning oxygen-enriched intake air or oxygen-enriched fuels: a review. *SAE paper*, 2004-01- 2924, 2004.

RAMADHAS, AS., MURALEEDHARAN, C., JAYARAJ, S., Performance and emission evaluation of a diesel engine fueled with methyl esters of rubber seed oil. *Renew Energy* ,30:1789–800, 2005.

SCHMIDT, K., VAN GERPEN, JH., The effect of biodiesel fuel composition on diesel combustion and emissions, *SAE paper*, 961086, 1996.

SCHUMACHER, LG., BORGELT, SC., HİRES, WG., FOSSEEN, D., GOETZ, W., Fueling Diesel engines with blends of methyl ester soybean oil and diesel fuel, 1994. SERDARI, A., FRAGIOUDAKIS, K., TEAS, C., ZANNIKOS, F., STOURNAS, S., LOİS, E., Effect of biodiesel addition to diesel fuel on engine performance and emissions., *J Propul Power*, 15(2):224–31, 1999.

SONG, J., ZELLO, V., BOEHMAN, A.L., Comparison of the impact of intake oxygen enrichment and fuel oxygenation on diesel combustion and emissions, *Energy Fuels*, 18:1282–90, 2004.

SPRINGER, G.S., PATTERSON, D.J, *Engine Emissions. Plenum Press*, New York-London, 1973.

STOREY, J.M., LEWIS, S.A., WEST, B.H., HUFF, S.A., SLUCER, C.S., WAGNER, R.M., ET AL., Hydrocarbon species in the exhaust of diesel engines equipped with advanced emissions control devices. *CRC projet no. AVFL- 10b- 2* 2005.

SYASSEN, O., *Chancen und Problematik Nachwachsender Kraftstoffe*. MTZ, 1, Nr. 11-12, 1992.

SZYBIŚT, JP., BOEHMAN, AL., TAYLOR, JD., MCCORMICK, RL., Evaluation of formulation strategies to eliminate the biodiesel NOx effect. *Fuel Process Technol* , 86:1109–26, 2005.

TAT, M.E., Investigation of oxides of nitrogen emissions from biodiesel-fueled engines. PhD thesis, Iowa State University, 2003.

TOYOTA MOTOR CORPORATION, Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions of automotive fuels in the Japanese context, 2006.

ULLMAN, T.L., SPREEN, K.B., MASON, R.L., Effects of cetane number, cetane improver, aromatics, and oxygenates on 1994 heavy-duty diesel engine emissions. *SAE paper*, 941020, 1994.

ULUSOY, Y., ALİBAŞ, K., Diesel motorlarda biodiesel kullanımının teknik ve ekonomik olarak incelenmesi, *Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 16: 37-50,2002.

ULUSOY, Y., TEKİN, Y., ÇETİNKAYA, M., KARAOSMANOĞLU, F., The engine tests of biodiesel from used frying oil, *Energy Sources*, 26, 927-932, 2004.

USTA, N., An experimental study on performance and exhaust emissions of a Diesel engine fuelled with tobacco seed oil methyl ester. *Energy ConversManage*,46:2373–86, 2005.

WAGNER, H.G.G., *Soot formation in Combustion*, Symp.İnt. Combust. Proc., 17th, p.3. ,1978.

ZHANG, Y., Design and Economic Assesment of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil, *Ottowa, Canada* , 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Serbay Yurduseven, 16.05.1979'da Kırıkkale' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Çankırı'da tamamladı. 1998 yılında Çankırı Anadolu Lisesinden mezun oldu. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılından beri Demirtaş Mimarlık Mühendislik Ltd. Şirketinde Şirket Müdürü olarak görev yapmaktadır.