

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
MEKANİK BİLİM DALI**

**MEŞE PALAMUT ÇEKİRDEĞİ YAĞI EKSTRAKSİYONUNUN MOTOR
PERFORMANS VE EMİSYONLARA OLAN ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Ziya YUNUSLU

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN**



MANİSA-2021

**Ziya
YUNUSLU**

**MEŞE PALAMUT ÇEKİRDEĞİ YAĞI EKSTRAKSİYONUNUN MOTOR PERFORMANS
VE EMİSYONLARA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

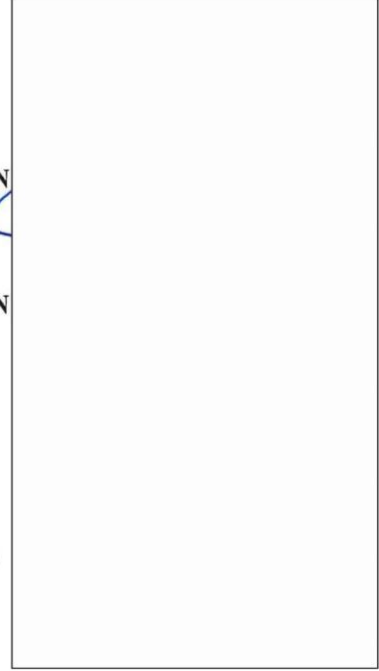
2021

Tez Sırtı

TEZ ONAYI

Ziya YUNUSLU tarafından hazırlanan "*Meşe Palamut Çekirdeği Yağı Ekstraksiyonunun Motor Performans Ve Emisyonlara Olan Etkilerinin Araştırılması*"adlı tez çalışması 03/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine ve İmalat Mühendisliği **Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS** olarak savunulmuş ve **oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğretim Üyesi Süleyman ÜSTÜN Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi Süleyman ÜSTÜN Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Jüri Üyesi	Prof.Dr. Mustafa ÇANAKCI Kocaeli Üniversitesi
Jüri Üyesi	Dr. Öğretim Üyesi Özgür SOLMAZ Manisa Celal Bayar Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezinManisa Celal Bayar Üniversitesi TeknolojiFakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ziya YUNUSLU



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	V
TEŞEKKÜR.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırılmasının Değerlendirilmesi	12
2. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI	13
2.1. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)	13
2.2. Doğalgaz.....	14
2.3. Hidrojen.....	15
2.4. Biyogaz.....	16
2.5. Alkoller.....	16
2.6. Bitkisel Yağlar.....	17
3. EGZOZ EMİSYONLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	18
3.1. Azot Oksitlerin (NO _x) Oluşumu	18
3.2. Hidrokarbonların (HC) Oluşumu	19
3.3. Karbon Monoksitlerin (CO) Oluşumu	19
3.4. Kükürt Dioksitlerin (SO ₂) Oluşumu.....	19
3.5. İs ve Partiküllerin Oluşumu.....	20
3.6. Egzoz Gaz Emisyon Standartları.....	20
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	22
4.1. Materyal	22
4.1.1. Test Motorları.....	22
4.1.2. Motor Dinamometresi ve Kontrol Ünitesi	23
4.1.3. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı	24
4.1.4. Kalori Tayin Cihazı.....	25
4.1.5. Donma Noktası Tayin Cihazı.....	26
4.1.6. Parlama Noktası Tayin Cihazı	27
4.1.7. Kinematik Vizkozite Tayin Cihazı	27
4.1.8. Hassas Tarazi	28
4.1.9. Kronometre	29
4.2. Meşe Peliti Yağ Oranının Belirlenmesi	29
4.3. Motorin.....	30
4.4. Meşe Peliti Eksraksiyon Numunesi Hazırlığı	32
4.5. Test Yakıtlarının Hazırlanması	33
4.6. Meşe Peliti Eksraksiyonunun Çevrimi.....	34
4.7. Yöntemler.....	35
5. TESTLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR	36
5.1 Motor Momenti	36
5.2 Efektif Güç	36
5.3 Fren Özgül Yakıt Tüketimi	37
5.4 Tork-Güç-Fren Özgül Yakıt Tüketimi İlişkileri	37
6. DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR	39
6.1. Test Yakıtları.....	39
6.2. Motor Performansları	40

6.3. Motor Emisyonları	44
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	51
EK A. (TEST SONUÇ DEĞERLERİ)	55
ÖZGEÇMİŞ	60



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFR	: Hava -Yakıt Oranı
CO	: Karbonmonoksit
CO₂	: Karbondioksit
d/dk	: Dakikadaki devir sayısı
FÖYT	: Fren Özgöl Yakıt Tüketimi
HC	: Hidrokarbon
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
KOH	: Potasyum Hidroksit
MPY	: Meşe Peliti Yağı
MTD	: Maksimum Tork Devri
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NO_x	: Azotoksit
PLT05	: Motorin (%95) – Pelit Yağı Ekstraksiyonu (%5) Karışımı
PLT10	: Motorin (%90) - Pelit YağıEkstraksiyonu (%10) Karışımı
PLT15	: Motorin (%85) - Pelit Yağı Ekstraksiyonu (%15) Karışımı
PLT20	: Motorin (%80) - Pelit Yağı Ekstraksiyonu (%20) Karışımı
PYE	: Pelit Yağı Ekstraksiyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Test Düzenekinin Şematik Resmi	22
Şekil 4.2. NF Marka Motor Dinamometresi	23
Şekil 4.3. Egzoz Emisyon Cihazı	24
Şekil 4.4. Kalori Tayin Cihazı	26
Şekil 4.5. Donma Noktası Tayin Cihazı	26
Şekil 4.6. Parlama Noktası Tayin Cihazı	27
Şekil 4.7. Kinematik Viskozite Tayin Cihazı	28
Şekil 4.8. Hassas Terazî	28
Şekil 4.9. Kronometre	29
Şekil 4.10. Yağ Alma Prosesi	29
Şekil 4.11. Karışımın Hazırlanması	31
Şekil 4.12. Test Karışımlarının Resimleri	32
Şekil 4.13. Meşe Peliti Eksraksiyonunun Grafîksel Çevrimi	33
Şekil 5.1. Tork-Güç- Fren Özgöl Yakıt Tüketimi İlişkileri	38
Şekil 6.1. Test Yakıtlarının Devir- Tork Grafiğı	41
Şekil 6.2. Test Yakıtlarının Devir- Güç Grafiğı	42
Şekil 6.3. Test Yakıtlarının Devir-Fren Özgöl Yakıt Sarfiyatı Grafiğı	43
Şekil 6.4. Test Yakıtlarının Devir- Egzoz Sıcaklığı Grafiğı	44
Şekil 6.5. Test Yakıtlarının Devir- CO Grafiğı	45
Şekil 6.6. Test Yakıtlarının Devir- HC Grafiğı	46
Şekil 6.7. Test Yakıtlarının Devir- CO ₂ Grafiğı	47
Şekil 6.8. Test Yakıtlarının Devir- NO _x Grafiğı	48

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Motor yakıtları ve LPG'nin karşılaştırmalı özellikleri	14
Tablo 2.2. Doğalgaz bileşenleri ve miktarları	14
Tablo 2.3. Fosil yakıtların fiziksel özellikleri	15
Tablo 2.4. Hidrojen, dizel ve kurşunsuz benzinin özellikleri	15
Tablo 2.5. Biyogazın bileşimi	16
Tablo 2.6. Benzin ve alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	17
Tablo 3.1. Dizel Motoru Egzoz Gazlarındaki Partiküllerin Birleşimi	20
Tablo 3.2. Dizel yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları	21
Tablo 3.3. Benzin yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları.....	21
Tablo 4.1. Dizel test motorunun teknik parametreleri	22
Tablo 4.2. Dinamometreye ait teknik parametreler	23
Tablo 4.3. Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri	24
Tablo 4.4. Avrupa motorin standartları (EN590).....	31
Tablo 4.5. Test yakıtları ve karışım oranları	33
Tablo 6.1. Pelit yağı asidik değerleri	39
Tablo 6.2. Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	40

EKLER

A.1 Motorin ile çalışmada elde edilen performans değerleri	55
A.2 PLT05 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri.....	55
A.3 PLT10 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri.....	56
A.4 PLT15 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri.....	56
A.5 PLT20 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri.....	57
A.6 Motorin ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri.....	57
A.7 PLT05 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri	58
A.8 PLT10 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri	58
A.9 PLT15 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri	59
A.10 PLT20 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri	59

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, zengin bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Sayın Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÜSTÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yürütülmesinde olanak sağlayan, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2020-030 nolu proje çalışanlarına teşekkür ederim.

Yapılan çalışmada meşe palamudu ihtiyacımızı karşıladığından dolayı Valeks-Artu Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. Fabrikası yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamızda meşe pelit yağını almak ve yağ oranını belirlemek için Yonca Gıda Fabrikası yetkililerinin vermiş oldukları desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma süresince desteklerini esirgemeyen MCBÜ Fen-Edebiyat Fakültesi biyodizel ve fizikokimya laboratuvarları yetkililerine teşekkür ederim.

ZİYA YUNUSLU
Manisa, 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

MEŞE PALAMUT ÇEKİRDEĞİ YAĞI EKSTRAKSİYONUNUN MOTOR PERFORMANS VE EMİSYONLARA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ziya Yunuslu

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi SÜLEYMAN ÜSTÜN

Bu çalışmada, atık meşe palamudu çekirdeği (pelit) yağı ekstraksiyonunu dizel yakıtı motorine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında karıştırılıp tek silindirli atmosferik dizel bir motorda test edilerek motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir.

Motor testleri tam yük şartlarında motor devri 3500 d/dk' dan başlayıp 500 d/dk aralıklarla dinamometre ile yükleme yapılmış ve devir 1500 d/dk ya düşünceye kadar devam edilmiştir. Bu devirden sonra titreşim ve vuruntu artması sebebiyle test sonlandırılmıştır. Test verileri bu şartlarda ilk etapta motorin için alınmış daha sonra PLT05 (%5 Pelit Yağı Ekstraksiyonu + %95 Motorin), PLT10 (%10 Pelit Yağı Ekstraksiyonu+ %90 Motorin), PLT15 (%15 Pelit Yağı Ekstraksiyonu+ %85 Motorin) ve PLT20 (%20 Pelit Yağı Ekstraksiyonu + %80 Motorin) test yakıtları ile ölçümler tekrarlanmıştır.

Yapılan ölçümlerde test yakıtlarının motorine göre kıyaslamalarında karışım oranları arttıkça tork ve güç değerlerinde artış tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak fren özgül yakıt tüketim değerlerinde motorine göre azalış tespit edilmiştir. Test yakıtlarının emisyon değerlerine bakıldığında ise genellikle artış eğiliminde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Meşe Palamudu, Motor Performansı, Egzoz Emisyonu, Alternatif Yakıt, Ekstraksiyon, İçten Yanmalı Motor

2021, 72 sayfa

ABSTRACT

M. SC. THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ACORN SEED OIL EXTRACTION ON ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

ZİYA YUNUSLU

**Manisa Celal Bayar University Graduate School of Natural and Applied
Sciences**

Department of Mechanical and Manufacturing Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. SÜLEYMAN ÜSTÜN

In this study, the extraction of waste acorn kernel (pelite) oil was mixed with diesel fuel at 5%, 10%, 15% and 20% by volume. It was tested in a single-cylinder atmospheric diesel engine and its effects on engine performance and exhaust emissions were investigated.

Engine tests started at 3500 rpm under full load conditions and loaded with a dynamometer at 500 rpm intervals and continued until the speed dropped to 1500 rpm. After this cycle, the test was terminated due to increased vibration and knocking. Test data were obtained for diesel oil in the first place under these conditions, then PLT05 (5% Pelit Oil Extraction + 95% Diesel Oil), PLT10 (10% Pelit Oil Extraction + 90% Diesel Oil), PLT15 (15% Pelit Oil Extraction + 85% Diesel Oil) and Measurements were repeated with PLT20 (20% Pelit Oil Extraction + 80% Diesel Oil) test fuels.

In the measurements made, it was determined that the torque and power values increased as the mixture ratios increased in the comparison of the test fuels with diesel. On average, at all engine speeds, a decrease in brake specific fuel consumption values compared to diesel was detected. When the emission values of the test fuels are examined, it has been observed that the emission values generally tend to increase.

Keywords: Acorn, Engine Performance, Exhaust Emission, Alternative Fuel, Extraction, Internal Combustion Engine

2021, 72 pages

1.GİRİŞ

Günümüzde, dünyada kullanımı gerçekleştirilen enerjinin çok büyük bir kısmı fosil yakıtların kullanımıyla elde edilmektedir. Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılan gazların zararlı atıklar olması ve bu atıkların atmosferde emisyon gazlarına göre sınır değerlerin uluslararası anlaşmalar gereği aşağıya çekilmesi ve dünyadaki var olan fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmeye başlaması araştırmaları alternatif yakıtlar üzerine yoğunlaştırmıştır. Burada, keşfedilecek alternatif yakıtın, mevcut sistemin üzerinde çok önemli bir yapısal değişiklik ihtiyacı olmadan, direkt kullanılabilecek olması büyük önem arz etmektedir. Motorlu araçların havayı kirletmelerinin temel sebebi, fosil yakıtların yanma sonucu çevreye yaydıkları zararlı egzoz emisyonlarıdır. Otomobil imalatçıları belirlenen uluslararası emisyon standartları çerçevesinde imalat yapma zorunlulukları vardır. Bu standartları sağlamak için motor üzerine eklenen yardımcı sistemler üretim, kullanım ve bakım maliyetlerini de artırdığı görülmektedir.

Yapılan çalışmalara göre, fosil yakıtların yanması sonucunda salınım yapılan kirletici ve insan sağlığını tehdit eden karbonmonoksit, hidrokarbon ve azot bileşiklerinin yarısı, içten yanmalı motorlardan kaynaklanmaktadır. Kurşun, kükürtdioksit, partikül madde gibi atıklar da yine motorlu taşıtların kullanımı sonucu çevreye yaydığı zararlı emisyonlardan kaynaklanmaktadır. Özellikle dizel motorlar kükürtdioksit ve partikül madde salınım oranında en önde gelmektedir. Karbonmonoksit gazı, toksik bir gazdır ve kapalı yerlerde insan sağlığını ölümcül düzeyde tehdit edebilmektedir. Azot bileşikleri ise tarımsal alan ve ürünlere zarar vermekte ve binalarda aşınmalara yol açmaktadır.

Fosil yakıtların içerisinde enerji kaynağı olarak en çok petrol türevli yakıt kullanımları görülmektedir. Petrol türevli yakıtların içten yanmalı motorlarda kullanılması sonucu açığa çıkan zararlı egzoz emisyonlarının etkilerini azaltmak için çeşitli yardımcı sistemler kullanılsa da bu durum imalat ve kullanım maliyetlerini artırmakla beraber petrole olan bağımlılığında tetiklemektedir. Petrol bağımlılığının azaltılması ve fosil yakıtlara göre daha çevreci olan alternatif yakıtlar araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Alternatif yakıtların çevre dostu olmaları ve petrol türevli yakıtların tükenme riski sebebiyle bu tür yakıtların kullanımlarının artması beklenen bir gelişmedir [1].

İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtların, maliyetinin düşük olması ve yeterli miktarda üretiminin olması, ısı verimliliklerinin yüksek olması, depolanabilir ve taşınabilir olması, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışabilmesi ve çevreye zarar vermeyecek düzeyde düşük egzoz emisyonu oluşturması istenir. Günümüzde motorin ile birlikte kullanılan alternatif yakıtlara olan ilginin sebebi yakıtın ekonomik olmasıdır. Ülkemizde LPG dönüşümlü araçların sayının hızla artmasının bir nedenide yakıtın ekonomik olmasından ötürüdür. Dolayısıyla yaydığı egzoz emisyonu ile çevre hasarına sebebiyet vermeyen en ekonomik yakıt için araştırmalar devam etmektedir [2].

Son dönemlerde farklı türde yağlar (bitkisel, hayvansal ve atık yağlar) ve yöntemler kullanılarak metil ester üretimleri gerçekleştirilmektedir. Üretilen metil esterler dizel motorlarında saf bir şekilde veya normal dizel yakıtına belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Biyodizelin dizel motorlarda kullanımını cazip kılan birçok sebepler bulunmaktadır. Bitkisel yağların kaynağını oluşturan bitkilerin yetiştirmeleri yani yenilenebilir olmaları ve emisyon oranlarının (CO, HC, NO_x ve partikül kirleticilerin) nisbeten düşük olması ve bitkisel yağların motorlarda minimum değişiklikler ile kullanabilen yakıtlar olması bu alandaki çalışmaları özendirmiştir. Biyodizelin üretilmesinde kullanılan yağlı tohum bitkilerinin yetiştirilmesi için ekim alanlarının sınırlı oluşu ve bitkisel yağların gıda amacıyla kullanılması, atık yağların önemini giderek arttırmıştır [3].

Meşe palamutu dünyada hayvansal derilerin doğallığını koruma amaçlı deri boyalarında uzun yıllar kullanılmaktadır. Şu anda bile dünya deri endüstrisinde derilerin doğallığını koruması için hala kullanılmaktadır [4].

Son zamanlarda meşe palamudu hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır. Özellikle palamutun kabuğu öz maddeler açısından zengindir. Meşe palamutun acı maddesi daha çok kabukta bulunmaktadır ve acı maddeler hayvanlarda kabız olmaya neden olmaktadır. Acılığı giderildiği halde koyun, bilhassa, domuz ve keçi yemleri için uygun olmakla birlikte at, öküz, kümes ve tavşan popülasyonlarında da kullanılabilir. Meşe palamudunun az miktarda protein, orta derecede ham sellüloz ve fazla miktarda karbonhidrat içermektedir [5].

Orman genel müdürlüğü açıklamasına göre ülkemizde 1.782.530,9 Ha kuru meşe palamudu ormanlığı, 3.370.030,9 Ha bataklık meşe palamudu ormanlığı ve toplam 5.152.561,8 Ha meşe palamudu ormanları vardır. Ülkemizin yıllık palamut rekoltesi

ortalama olarak 80-90 bin ton civarındadır. Palamut kadeh ve tırnaklarındaki %30-50 oranındaki tanenin çıkarılmasından sonra teorik olarak 60-70 bin ton civarında atık oluşması mümkün olmaktadır.[6,7]. Ülkemizde bulunan bu kadar atık palamut çekirdeği içerisindeki %10 oranındaki yağ potansiyelinin yakıt olarak kullanılması durumunda ülkemiz-ekonomisi açısından yüksek bir potansiyel taşımaktadır.

Bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilen biyodizelin alternatif yakıt olarak dizel motorlardakullanımıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Behçet ve arkadaşları tarafından [8], atık hayvansal yağlardan ürettikleri biyodizel yakıtının %20 oranında dizel yakıtı ile karışım sağlayarak deneysel bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen veriler de her iki biyodizel içeren karışım yakıtların petrol türevli dizel yakıtına göre daha düşük kirletici egzoz emisyonlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Nişancı [9], tek silindirli direkt püskürtmeli dizel bir motorda, farklı karışım oranlarında ayçiçeği, soya ve kanola yağı biyodizellerinin motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkilerini araştırmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda motor momenti ve motor gücünde düşüş olduğu, fren özgül yakıt sarfiyatında artış olduğu egzoz emisyonlarında ise dizele oranla azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Altun ve Lapuerta [10], Endüstriyel atık yağlarının biyodizel üretiminde kullanılmasını amaçlamışlar ve bu sebeple seçtikleri endüstriyel atık yağın özelliklerini incelediklerinde, bu yağlardan elde edilen biyodizel yakıtların biyodizel standartlarını karşıladıklarını ifade etmişlerdir.

Valent ve arkadaşları [11] yapmış oldukları çalışmada, atık yağlardan elde ettikleri biyodizel yakıtını dizel yakıtı ile belirli oranlarda karıştırarak elde ettikleri karışımları dizel motorlu bir jeneratörde egzoz emisyon salınımlarını araştırmışlardır. Yapılan çalışma da, dizel yakıtına kıyasla karışım yakıtında biyodizel miktarı arttıkça NO_x emisyonları hariç diğer emisyon değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Paulo ve arkadaşları [12], %5 biyodizel içeren Brezilya ticari motorin içerisine %20, %30, %50, %75 ve %100 oranlarında atık kızartma yağı metilesteri ekleyip elde ettikleri test yakıtlarını dizel bir motorda deneyip motor performans ve egzoz emisyonları açısından araştırmışlar. Yapılan çalışmada, yakıt tüketimleri de göz önüne alınarak en iyi motor performans ve emisyon değerleri %20' lik karışımli test yakıtında elde edilmiştir.

Behçet ve Çakmak [13] tarafından, balık yağı metil esterinden oluşan biyodizel karışımlarının dizel bir motorda deneyerek, motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri araştırılmıştır. Test yakıtlarında elde edilen biyodizel karışımlarının oranı arttıkça dizel yakıtına göre motor performanslarının azaldığı, egzoz gazı sıcaklığı, fren özgül yakıt tüketimi ve NO_x emisyonlarında yükseliş meydana geldiği gözlemlenmiştir. CO ve CO₂ egzoz emisyonlarında azalma olduğu ve elde edilen biyodizelin dizel yakıtına göre yaklaşık değerler verdiği belirtilmiştir.

Çelikten ve Arslan [14], yaptıkları deneysel çalışmada, soya ve kanola yağı metil esterlerini, 4 zamanlı ve 4 silindirli direkt püskürtmeli dizel bir motorda motor performans ve egzoz emisyon değişimleri açısından incelenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde en iyi motor performansı dizel yakıtı ile elde edilmiş olup, daha sonra sırasıyla kanola ve soya yağı metil esterleri sıralanmıştır. Kanola yağı metil esterinde en az duman ve CO değeri elde edilmiştir. NO_x egzoz emisyon değeri soya ve kanola metil esterleri kullanımı ile artmıştır.

Ciniviz ve arkadaşları [15], farklı oranlarda elde edilen dizel-metanol karışimli yakıtlar ile dizel yakıtını kullanarak motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkilerini incelemiştir. Dizel yakıtına farklı oranlarda metanol ilave edilerek yapılan karışimli yakıtlar kullanılarak elde edilen neticelerle standart değerleri kıyaslamışlardır. Dizel yakıtına göre alkol oranının artmasıyla motor performans değerlerinde fren özgül yakıt tüketiminin arttığı ve fren termik veriminin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca egzoz emisyonlarında ise HC ve CO değerlerinin azaldığı, NO_x emisyonlarının ise arttığı gözlemlenmiştir.

Behçet ve arkadaşları [16], atık kızartma yağı metil esterinin dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyon değerlerinin etkilerini incelemiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında elde edilen efektif motor gücü ve motor moment değerlerinin dizel yakıtına kıyasla biraz düşük olduğu, özgül yakıt tüketiminin ise fazla çıktığı gözlemlenmiştir. Hidrokarbon, karbondioksit ve karbonmonoksit emisyonları metil ester karışımlarında daha az seviyelerde kaldığı görülmüştür. Metil ester karışımlarının motor emisyonlarında genel olarak çevreye daha az zararlı emisyon yaydığı gözlemlenmiştir.

İçingür ve Koçak [17], dört silindirli, direkt enjeksiyonlu, turbo şarjlı dizel bir motorda, ürettikleri fındık yağı metil esteri ile ilgili olarak bir dizi deneyler yapılmıştır. Elde edilen deney verilerini standart dizel yakıt verileri ile

kıyaslanmıştır. Yapılan deneylerde fındık yağı metil esterinin tork, güç ve fren özgül yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtına benzer özellikte olduğu belirtilmiştir. Elde edilen biyodizelin egzoz emisyon değerleri ve duman koyuluğu değerleri ile egzoz sıcaklıkları da dizel yakıtına kıyasla daha az olmasından dolayı elde ettikleri biyodizelin, dizel yakıtı için alternatif bir yakıt olabileceği ifade edilmiştir.

Wail ve Khaled [18], atık bitkisel yağlardan elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtına hacimce belirli (%5 ve %20) oranlarda karıştırarak bir dizel motorda 1200 ile 1600 d/dk motor hızlarında test etmişlerdir. Biyodizel kullanımı ile fren özgül yakıt tüketiminde %5,95' lik bir artışın olduğu, NO_x emisyonlarının arttığı, CO ve HC emisyonlarının ise azaldığı belirtilmiştir.

Hossain ve arkadaşları [19], evsel atık çamurundan elde ettikleri piroliz yağını atık kızartma yağı biyodizeli ile hacimce %20 ve %30 oranlarında harmanlayarak, dört zamanlı dizel bir motorda deneyerek fosil yakıt motorin ve saf biyodizel (B100) ile karşılaştırmıştır. Çalışmada, piroliz yağı ile biyodizelin %20' ye kadar karışımının, herhangi bir katkı maddesine ihtiyaç duymadan direk enjeksiyonlu bir CI motorunda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bayrakçeken ve arkadaşları [20], soya yağından metil esterleştirme yöntemi kullanılarak biyodizel üretimi yapmıştır. Biyodizelin motor performans ve egzoz emisyonları üzerine olan etkilerini tek silindirli doğrudan enjeksiyonlu dizel bir motorda incelemiş ve dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Biyodizel kullanımı ile CO, HC, NO_x emisyonlarında sırası ile ortalama olarak dizel yakıtına oranla %4,4, %17, %4,47, %9,23 arttığı duman emisyonlarında ise %19,5' lik bir azalma olduğu açıklanmıştır.

Rakopoulos ve arkadaşları [21], pamuk, ayçiçek, mısır ve zeytinyağları ile dizel yakıtı karışımlarından elde edilen yakıtları bir dizel motorunda, motor performans ve emisyonlar açısından dizel yakıtı ile kıyaslamıştır. Kullanılan ham bitkisel yağlar belirli (%10 ve %20) oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılarak karışım yakıtları elde edilmiştir. Deney verilerine bakıldığında, elde edilen karışımların tüm yüklerde ve devirlerde fren özgül yakıt tüketimlerinde ve ısı verimlerinde dizel yakıtının verilerine yakın değerler çıktığı görülmüştür. Elde edilen yakıtların içerisinde bitkisel yağ oranı arttıkça HC, CO ve NO_x emisyonlarında az miktarda artış gerçekleşmiştir.

Alptekin [22], atık tavuk ve deri yağından hayvansal yağ kökenli biyodizel üretmiştir. Üretilen biyodizel yakıtları saf halde, biyoetanol ve motorin ile belirli

oranlarda karıştırılarak bir dizel motorda kullanılmış ve motor performans, yanma ve egzoz emisyon karakteristikleri araştırılmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen biyodizel ve etanol katkılı karışımlarının fren özgül yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtıyla kıyaslandığında yüksek çıktığı görülmüştür. Aynı zamanda da düşük hidrokarbon ve karbonmonoksit egzoz emisyon değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca CO₂ ve NO_x egzoz salınım verilerinde artış olduğunu ve etanol içeren karışımların biyodizel karışım yakıtlarına kıyasla daha yüksek hidrokarbon salınımı ürettiği ifade edilmiştir.

Chen ve arkadaşları [23], Biyodizel/dizel karışımlarına katkı maddesi olarak dietil eter ve etanol kullanımının direkt enjeksiyonlu dizel motorun performansı, emisyonları ve yanma özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için deneysel bir araştırma yapılmıştır. Direkt püskürtmeli dizel motorda karışım yakıtların motor performans, egzoz emisyonları ve yanma karakteristik parametrelerine etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Yapılan deney verilerine göre BE-1, B30 yakıtına göre daha az fren özgül yakıt tüketimine sahip olduğu görülmüştür. Yüksek motor yüklerinde, BE-1 ve BE-2 yakıtlarının kullanımı ile duman emisyonlarında düşüş olduğu görülmüştür. BE-2 yakıtının kullanımı ile NO_x emisyonlarında yükseliş gerçekleşmiştir. BE-1 ve BE-2 kullanımı ile hidrokarbon salınımlarında artış gözlenirken, karbonmonoksit emisyonların da ise düşüş görülmüştür.

Sayın [24], ayçiçek yağı metil esterini dizel yakıtı ile belirli oranlarda karıştırarak dizel bir motorda tam yük şartlarında beş farklı hızda test etti. Yakıt olarak; dizel yakıtı, B10 (%10 ayçiçeği metil esteri + %90 dizel yakıtı), B50 (%50 ayçiçeği metil esteri + %50 dizel yakıtı) ve B100 (%100 ayçiçeği metil esteri+ %0 dizel yakıtı). Yapılan çalışma neticesinde; B10, B50 ve B100 yakıtlarında CO emisyonlarının dizel yakıtına göre düşük olduğu ve en düşük CO emisyonunun %0,55 ile 2200 d/dak'da B100 yakıtında meydana geldiği, biyodizel oranının artması ile HC emisyonlarında azalma olduğu, yakıtta biyodizel oranının artması ile duman koyuluğunda azalma meydana geldiği ve en iyi duman koyuluğu değerinin 1000 d/dk'da %91 ile B100 yakıtında görüldüğü tespit edilmiştir. Bunların yanında, biyodizellerin NO_x emisyonlarını arttırdığı, B50 yakıtı dikkate alındığında dizel yakıtına oranla ortalama %10'luk bir artışın meydana geldiği, CO₂ emisyonlarının ise yakıtta eklenen metil ester oranına bağlı olarak arttığı, maksimum CO₂ emisyonunun, maksimum motor hızında %11,25 ile B100 yakıtında meydana geldiği görülmüştür. Çalışmada fren özgül yakıt tüketimi değerlerine bakıldığında metil ester katkı

oranına bağılı olarak fren özgül yakıt tüketiminin arttığı tespit edilmiştir. En az fren özgül yakıt tüketimi 1300 d/dk'da 312 g/kWh ile dizel yakıtında meydana gelmiştir.

Altun ve Oner [25], transesterifikasyon yöntemi ile elde ettikleri aspir yağı metil esterini hacimsel olarak %5 ,%20 ve %50 oranlarında dizel yakıtına karıştırılmıştır. Performans ve emisyon deneyleri tek silindirli dizel bir motorda gerçekleştirilmiştir. Karışım yakıtlarında biyodizel oranı artıkça biyodizelin alt ısıl değerinden kaynaklı olarak %11'e yaklaşan motor tork ve güçte düşüş gözlemlenmiştir. Fren özgül yakıt tüketimleri en çok karışım oranında ise %7,5 civarında artış göstermiştir. Egzoz emisyon testlerinde ise partikül madde, is ve CO gaz salınımlarında kabul edilebilir değerlerde azalma sağlanırken, NO_x ve HC emisyonlarında ise az miktarda yükseliş tespit edilmiştir.

Kannan ve Marappan, [26], ortaya koydukları çalışmada, kanola yağı biyodizeli ve dietileter/su karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada, dizel yakıtı ve biyodizele hacimce belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) karıştırdıkları dietilere ve aynı oranlarda su ilave ettikleri deneylerini tekrarlamışlardır. %20 dietileter biyodizel karışımının motor performansını arttırdığını ve emisyonlar bakımında da en iyi sonuçların elde edildiği ifade edilmiştir.

Chauhan ve arkadaşları [27], kaju bitkisi yağından elde ettikleri biyodizeli (%5, %10, %20, %30) yakıt karışımları ve saf olarak (%100) dizel bir motorda kullanarak egzoz emisyon ve motor performansları açısından incelemiştir. Biyodizel kullanımı ile tutuşma sıcaklığının düştüğü, silindir içi maksimum basıncın azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca biyodizel oranının artması ile birlikte CO₂ ve NO_x emisyonlarının arttığı, CO, is ve egzoz gazı sıcaklığının ise azaldığı belirtilmiştir.

Dhar ve Agarwal [28], yaptıkları çalışmada, kaju bitkisi yağından elde ettikleri biyodizeli, hacimce motorin içerisine %5, %10, %20, %50 ve saf olarak %100 oranlarında karıştırılarak hazırlanan biyodizel yakıtlarını, sabit motor hızında ve değişik motor yüklerinde dizel bir motorda test edilmiştir. %20 biyodizel karışım oranlarında motor momentinde %10'luk bir artış olduğu görülmüştür. Bununla birlikte biyodizel karışım oranı miktarının artması ile birlikte motor momentinde düşme olduğu görülmüştür. Bu nedenle kaju bitkisi biyodizelinin %20'ye kadar direkt püskürtmeli bir dizel motorunda kullanılabileceğini bildirilmiştir. Ayrıca dizel yakıtına hacimce ilave edilen biyodizel miktarının %20'nin üzerine çıkması ile

birlikte yanmanın daha erken başladığı ve maksimum silindir basıncının azaldığı tespit edilmiştir.

Can [29], İki farklı pişirme yağından elde edilen biyodizel %5 ve %10 oranında dizel yakıtı ile karıştırılarak dört zamanlı doğal emişli, tek silindirli dizel bir motorda dört farklı yük altında 2200 d/dk motor devrinde test edilmiştir. Detaylı yanma ve performans analizi sonucunda, daha erken enjeksiyon başlangıcına rağmen yüksek setan numarasından dolayı daha erken tutuşan biyodizel karışımlarının tüm motor yüklerinde tutuşma gecikmesini azalttığı ifade edilmiştir. Ayrıca biyodizel ilavesinin maksimum yanma basıncı ve ısı yayılımını azaltırken yanma periyodunu arttırdığını gözlemlenmiştir.

İsmail [30], yaptığı çalışmada, biyodizel hammaddesi olarak saf pamuk yağı, kanola yağı ve atık kızartma yağından üretilen biyodizelleri, %20 hacimsel oranda dizel yakıtına karıştırmıştır. Saf pamuk yağı ve kanola yağı ile atıkkızartma yağından metil alkol ve sodyum hidroksit kullanılarak standart alkali transesterifikasyon yöntemi uygulanması suretiyle sırası ile %98,5, %94,2 ve %87,6 verimle metil esterler elde edilmiştir. Biyodizel-dizel karışımları dizel bir motorda performans ve emisyon verileri bakımından dizel yakıtı ile kıyaslanmıştır. Motor deney çalışmaları neticesinde alınan güç, moment ve termik verim verilerinin, dizel yakıtı ile ölçülen verilere çok yakın veriler olduğu tespit edilmiştir. Fren özgül yakıt tüketimi biyodizel karışımlarının kullanılması ile dizel yakıtına nazaran daha az yükselmiş, yağlama yağı sıcaklıkları ve egzoz gazı sıcaklıkları ise düşmüştür. Emisyon testleri neticelerinde, %20 biyodizel karışımlarında duman ve CO emisyonu verilerinde dizel yakıtına oranla önemli miktarlarda düşüş gözlemlenmiştir. CO₂ emisyonlarında çok küçük azalma değişimleri görülmüştür.

Fevzi [31], yosun yağını transesterifikasyon reaksiyonu ile biyodizel üretimi ve dizel motorlarda kullanılabilirliğini incelemiştir. Motor deneyleri için üretilen biyodizeli dizel yakıtı ile hacimsel olarak %20 oranındaki karıştırılıp daha sonra dört zamanlı ve direkt püskürtmeli bir dizel motorda test edilerek, motor performansları, egzoz emisyonları dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Karışım yakıt ve saf biyodizel kullanıldığında, fren özgül yakıt tüketimi ortalama olarak B100 ve B20 kullanımı ile B0'a göre sırasıyla yaklaşık olarak %15,3 ve %3,2 oranında yükselmiştir. B100 ve B20 kullanımı ile yanmamış HC sırasıyla yaklaşık %6,3 ve %22 oranında azalmıştır. B20 ve B100 kullanımı ile NO_x emisyonları B0'a göre sırasıyla yaklaşık %0,4 ve %6,5 oranında yükselmiştir.

Özener ve arkadaşları [32] tarafından yapılan çalışmada, soya fasulyesi yağından ürettikleri biyodizeli kullanarak %10, %20, %50 (dizel yakıtı +biyodizel) karışım oranları ve %100 biyodizel yakıtı ile dizel bir motorda motor performans ve egzoz emisyonlara olan etkileri araştırılmıştır. Dizel yakıtına biyodizel ilavesi ile birlikte yakıtın daha erken tutuşarak yanmanın erken başladığı görülmüştür. Ayrıca biyodizel ilavesi ile birlikte motor gücünde azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte fren özgül yakıt tüketiminin arttığı ve CO, HC egzoz emisyonlarının azaldığı fakat NO_x ve CO₂ egzoz emisyonlarının ise arttığı bildirilmektedir.

Ramazan [33], yaptığı deneysel çalışmada, haşhaş yağının biyodizel üretimine etki eden parametreleri incelenip transesterifikasyon reaksiyonu optimizasyon çalışması yapılarak maksimum biyodizel verimi elde etme amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda haşhaş yağı biyodizeli için katalizör oranı, ağırlıkça %0,75, alkol/yağ oranı ağırlıkça %20, sıcaklık 60 °C, süre 60 dakikada maksimum verim %94,39 olarak bulunmuştur. Nötralize haşhaş yağında ise katalizör oranı ağırlıkça %0,5, alkol/yağ oranı ağırlıkça %20, sıcaklık 50 °C, süre 60 dakikada maksimum verim %99,76 olarak hesaplanmıştır. Burada nötralizasyon işleminin biyodizel verimine olumlu etki ettiği görülmüştür. Nötralizasyon, katalizör oranının azalmasına ve reaksiyon sıcaklığının düşmesine neden olmuştur.

Efe ve arkadaşları [34], beş farklı bitkisel yağdan (mısır, ayçiçeği, soya fasulyesi, kanola ve fındık) üretilen beş farklı çeşit biyodizelin motor performansları birbirleriyle ve aynı deney sisteminde dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Her biyodizel numunesi dizel yakıtta farklı oranlarda (%20, % 50 ve% 100) karıştırılarak test motorunda denendi ve en iyi performansa sahip %20 fındık biyodizelinin elde edildiği sonucuna varıldı.

Ayatallah ve arkadaşları [35], atık balık yağı biyodizelinin hacimsel olarak %25, %50, %75 oranlarında dizel yakıtıyla karıştırarak tek silindirli bir E6 Ricardo motorunda motor performans ve emisyon değerleri açısından test edilip deneysel veriler dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Analizler gösterdi ki, biyodizel yaklaşık %2.92 daha fazla brüt termal verime ve yaklaşık %1,1 daha düşük yanma kaybına sahipti. Dizel yakıtla karşılaştırıldığında test yakıtlarının egzoz gaz sıcaklığı, CO ve HC emisyon değerlerinde azalma, CO₂ emisyon değerlerinde ise artış eğilimi görülmektedir.

Kusmiyati ve Wulandari [36], atık balık yağının biyodizele dönüştürmek için iki aşamalı esterleştirme ve transesterifikasyon işlemi uyguladı. Balık yağı biyodizelinin

yoğunluğu 0,882 g / ml, kinematik viskozitesi 4,741 mm² / s, ısıtma değeri 9713 cal / g, bulunmuştur. Elde edilen biyodizel yakıtı, dizel motorlara göre motor torkunu, gücünü ve fren özgül yakıt tüketimini belirlemek için test edildi. 1200-1400 d/dk'lık düşük devirlerde, atık balık yağı biyodizel ve dizel yakıtının motor torku, 1400-1500 d/dk'lık devirlere göre daha yüksek ölçülmüştür. Atık balık yağı karışımları dizel yakıtından daha yüksek motor torkuna sahiptir. Atık balık yağı biyodizelinin yakıt karışımları, 1200-1500 d/dk devirlerde dizel yağ yakıtına kıyasla daha yüksek bir güç üretmiştir. Atık balık yağı biyodizelinin saf dizel yakıtından daha düşük FÖYT'ne (Fren Özgül Yakıt Tüketimi) sahip olduğu görülmüştür.

Özgür [37], saf balık yağından elde edilen biyodizeli, hacimsel olarak farklı yüzdelerde motorinle karıştırmış ve tek silindirli dizel bir motorda motor performansı ve egzoz emisyonları açısından incelemiştir. Yapılan test sonuçlarına göre, B5, B10, B20 test yakıt verilerinin dizele daha yakın sonuçlar verdiği, B50, B80 ve B100 yakıt verilerinin ise dizelden daha farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Deney yakıtlarındaki biyodizel oranı arttıkça dizel yakıtına daha yakın değerlere ulaşılmıştır. Sonuçlara bakıldığında biyodizel oranı arttıkça CO₂ emisyonun arttığı, CO emisyonunun azaldığı, NO_x değerlerinin çok az arttığı ve bununla birlikte SO₂ salınımının da azaldığı tespit edilmiştir.

Deepanraj ve arkadaşları [38] tarafından yapılan araştırmada, transesterleştirilmiş bitkisel yağ türevlerinin, dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabileceği öngörüldü. Yapılan deneysel çalışmada, transsesterifikasyon işlemi ile yemeklik olmayan kolza tohumu yağından biyodizel hazırlanmış ve %25 oranında standart dizel yakıt ile karşılaştırılarak, fren termal verimliliği, fren özgül yakıt tüketimi, egzoz gaz sıcaklığı, silindir iç basınç, motorun tutuşma gecikmesi gibi yanma özellikleri ve performans parametreleri değerlendirildi. Yanmamış hidrokarbon, karbon monoksit, azot oksitler ve motorun duman koyuluğu da tüm test yakıtları için ölçüldü. B25 yakıt karışımının kabul edilebilir termal verimlilikte ve iyileştirilmiş egzoz emisyonları ile motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan dizel motorlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Rajak ve Verma [39], yemeklik olan ve yemeklik olmayan bitkisel yağlar ile hayvansal yağlardan üretilen biyodizel yakıtlarını tek silindirli, enjeksiyonlu dizel bir motorda deneyerek egzoz emisyonları ve motor performansları kıyaslanmıştır. Motor dinamometresinde 4 farklı yükleme (%25-%50-%75 ve %100) yapılmıştır. NO_x emisyonunda, soya fasulyesi (yenilebilir) için % 21,79, jojoba curcas'ın (yenmeyen)

için % 23,0, tavuk yağı (hayvansal yağ) için %31,2 oranında düşme sağlanırken duman emisyonlarında da azalma tespit edilmiştir.

Korcan [40], zeytinyağı üretimi esnasında arda kalan atık posadan elde edilen pirina yağının motorine çeşitli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) karıştırılması ile dizel bir motorda kullanımı etkilerinin incelenmesinin yanısıra benzin yakıtına çeşitli alkoller (etanol ve metanol) belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) ilave edilerek motor performans ve egzoz emisyonları üzerinde olan etkilerini araştırmıştır. Ham pirina yağı-motorin karışımlarının deney sonuçlarında maksimum tork devrinin tork değerlerinde düşüş, maksimum güç devirlerinde ise motorine yakın güç değerleri tespit edilmiştir. Ortalama fren özgül yakıt tüketim değerlerinde motorine göre PRN10 yakıtında %9,6 oranında düşüş gerçekleşirken diğer yakıtlarda motorine yakın değerler elde edilmiştir. Ortalama egzoz sıcaklığı değerlerinde motorine göre yükseliş gerçekleşmiştir. Ham pirina yağı karışimli yakıtın emisyon değerlerine bakıldığında genelde emisyon değerlerinde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Mahalingam ve arkadaşları [41], farklı kütle fraksiyonlarında bir katkı maddesi olarak saf bir palmye yağı biyodizeli (POBD) içerisine (5 ve 10 ppm) gümüş oksit (Ag_2O) nanoparçacık ilavesi yapılarak iki silindirli dizel bir motorda test edilip motor performans ve eksoz emisyonları açısından incelenmiştir. Gümüş oksit nanopartikül ilavesi tutuşma gecikmesini artırmış, fren özgül yakıt tüketiminde azalma ve fren termal verimliliğinde artış tespit edilirken, hidrokarbon, karbon monoksit, duman ve azot (NO_x) emisyon değerlerinde ise artış görülmüştür.

Üstün [42], hacimsel olarak %90 dizel yakıtı (motorin) ve %10 atık fuzel yağından oluşan karışımın içerisine 8 ppm, 12ppm ve 16ppm organik reçine esaslı mangan ilavesi yapmıştır. Test yakıtlarının tam yük şartlarında motor performans ve egzoz emisyon verileri geniş bir şekilde incelenerek dizel yakıtı ile kıyaslamaları yapılmıştır. Test yakıtları içerisinde 12ppm mangan ilaveli test yakıtının daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. 12ppm mangan karışımında, motor güç ve tork değerlerinin motorine yakın sonuçlar verdiği, egzoz gaz sıcaklığının azaldığı, ortalama olarak CO_2 verilerinde %13,17, NO_x verilerinde ise %17,02 bir azalma sağladığını gözlemlenmiştir.

Karabaş [43], meşe palamudu çekirdeğinden yağ elde ettikten sonra yağın fiziki ve kimyevi özelliklerini incelemiştir. Amacı meşe palamudu çekirdeği yağı, biyodizel yakıt üretimi için alternatif bir hammadde olup olmadığını araştırmaktır. Elde edilen

meşe palamudu çeşidinin yağ oranı $10 \pm 0,4$ olduğu tespit edildi. Meşe palamudu yağından üretmiş olduğu biyodizel için parlama noktası 145°C , akma noktası 6°C tespit edilmiştir. Laboratuvar ölçeğinde biyodizel üretimi %90 oranında bir verimlilik sağlamıştır.

1.1 Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Dizel ve benzinli motorlu araçlarda elde edilen alternatif yakıt karışımlarının kullanılması hem çevresel hem de ekonomik açıdan çok önemli olduğu görülmektedir. Biyokütleden elde edilebilen bitkisel yağlar ve biyoalkoller dizel ve benzinli motorlar için alternatif bir biyoyakıt kaynağıdır. Yapılan çalışmalarda görüldüğü gibi alternatif yakıt konularında genel olarak motor performans ve egzoz emisyon değişkenlerinin karşılaştırılması şeklindeki çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmanın amacı ilk olarak atık meşe palamut çekirdeğinin (meşe peliti) içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği ve yakıt potansiyelinin araştırılmasıdır. İkinci olarak herhangi bir metil ester üretim süreçleri uygulamadan ekonomik olduğu öngörüldüğünden sadece ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilen meşe peliti yağı ekstraksiyonu yakıt numunelerinin, doğrudan motorin içerisinde kullanılabilirliğini araştırmaktır. Yapılan çalışmada ilk defa ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen meşe peliti yağı ekstraksiyonu, hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında motorin içerisine ilave edilip, elde edilen test yakıtları tek silindirli atmosferik dizel bir motorda denenerek, motor performans ve egzoz emisyonları açısından araştırma sonuçları ortaya konulmuştur.

2. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILAN BAZI ALTERNATİF YAKITLAR

İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıt arayışlarının artmasının temel nedenleri olarak petrol kökenli yakıt rezervlerinin azalması, fiyatlarındaki dalgalanmalar ve bu yakıtların çevre kirliliği üzerinde yarattığı etkiler gösterilebilir. Kullanılacak olan alternatif yakıtların kolay ve bol miktarda üretilmesi, taşınabilir ve depolanabilir olması, sıkıştırma değerlerinde ısı veriminin yüksek olması ve düşük seviyede emisyon değerlerini oluşturması istenir. Alternatif yakıt olarak en başta alkoller, biyodizel, hidrojen, biyogaz, ve doğalgaz olarak sıralamak mümkündür. Alkol, alkol-benzin, bitkisel yağlar-dizel ve atık yağlar-dizel karışımları alternatif yakıt karışımlarının başında gelmektedir. Bu alternatif yakıtların kullanımının artması petrol kökenli yakıtlara olan bağımlılığı azaltmakla beraber kirletici olan egzoz emisyon değerlerini de azaltmaktadır. Belirtilen alternatif yakıtların motorlarda kullanılması durumunda, fosil yakıtlara göre çeşitli üstünlüklerinin olmasının yanında bazı olumsuzlukların da olabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [44].

2.1 Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Sıvılaştırılmış petrol gazı ifade edilen kısaltması LPG'dir. LPG ticari ürün olan bütan ve propanın genel adıdır. Petrol ve gaz endüstrilerinde üretilen HC ürünüdür [45].

LPG üretim maliyetinin daha düşük olması aynı zamanda rezervlerinin benzin ve motorin yakıtlarından daha fazla olması sebebiyle LPG yakıtı, benzin ve motorine göre ekonomik olmaktadır. LPG'nin yüksek oktan sayısına sahip olması motorlarda kullanımını arttıran diğer önemli bir özelliktir. Sıkıştırma oranının daha fazla yükselmesi nedeniyle motor verimini artıracaktır. Bu durum yakıt ekonomisi sağlayan önemli bir etkidir. LPG, benzin motorlarının yapısında değişiklikler yapılmadan sadece yakıt sistemine ilaveler yapılarak kullanılabildiği için diğer yakıtlara göre daha avantajlıdır. Emisyon değerlerinin benzin ve motorine göre daha kabul edilebilir olması LPG kullanımını teşvik eden diğer önemli unsurlardan birisidir. Yapısında karbon atomu az miktarda olması nedeniyle karbondioksit emisyonları sorun yaratmamaktadır [46].

Tablo 2.1.'de LPG'nin ve motor yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo değerlerinde görüldüğü gibi motorin ve benzin yakıtlarının kaynama noktası değerleri normal sıcaklığının üzerindedir. LPG

ise daha düşük ısılarda kaynama noktasına sahiptir. Bu sebeple, motorin ve benzin yakıtları atmosferik basınçta sıvı halde tanklarda saklanabilir.

Tablo 2.1. LPG ve Motor yakıtlarının karşılaştırmalı özellikleri

Özellikleri	Bütan	Propan	Motorin	LPG	Benzin
15 °C Yoğunluk (kg / lt)	0,584	0,508	0,82 – 0,85	0,5321	0,73 – 0,78
Buhar Basıncı 37,8 °C (bar)	2,6	12,1	0,003	8,5	0,5 – 0,9
Kaynama Noktası (°C)	0,5	-43	170 – 350	-13	30- 225
Alt Isıl Değeri (kJ/kg)	26,500	23,400	35,600	24,250	32,300
Üst Isıl Değeri (kJ/kg)	45,460	46,100	43,400	45,833	44,030
Stokiyometrik Oran (kg/kg)	15,6	15,8	15,1	15,7	14,7

LPG'nin bir özelliği de yağ ve boyayı eritebilmesidir. Ayrıca doğal lastiği de deforme eder. Bu yüzden ki motorlu araçlarda kullanılan esnek borular uygun kalitede sentetik malzemeden yapılmaktadır.

2.2 Doğalgaz

Doğalgaz içeriğine bakıldığında, metan, propan, etan, azot, bütan ve karbondioksit gazlarından oluşur [47]. Doğalgazın, araçlarda kullanılması durumunda araç sistemine fazla ilave işlem gerektirmemektedir. Diğer petrol türevli yakıtların uzun süre rafine durumu yoktur. Çünkü milyonlarca yıl yer katmanları içerisinde basınç ve sıcaklık altında kullanılabilir hale dönüşmüştür. LPG'de Doğalgaz gibi yüksek oktan sayısı içermektedir. Bu özellik benzin motorlarında termal verim bakımından yüksek değere sahip olması yanı sıra volumetrik verimin az olması sebebiyle dizel motorlara göre efektif verim daha düşük çıkmaktadır. Yakıt ekonomisi göre değerlendirildiğinde günümüz koşullarında LPG diğer yakıtlara göre daha avantajlı durumdadır. Hidrokarbonlar hariç diğer emisyonlar verimli bir noktadadır. Hidrokarbon emisyonlarının kötü olmasının nedeni yakıt sisteminde meydana gelen kaçak miktarlarının çok olmasından kaynaklanmaktadır[46].

Tablo 2.2. Doğalgaz bileşenleri ve miktarları [47]

Kimyasal Formül	Bileşenler	Hacimsel (%)
CH ₄	Metan	Min. 92,98
C ₂ H ₆	Etan	Maks. 4,04
C ₃ H ₈	Propan	Maks. 1,17
C ₄ H ₁₀	Bütan	Maks. 0,59
N ₂	Azot	Maks. 1,62
CO ₂	Karbondioksit	Maks. 1,19

Tablo 2.3. Fosil yakıtların fiziksel özellikleri [48]

Özellik	Motorin	Doğalgaz	Benzin
C/H oranı	0,52	0,25	0,556
Yoğunluk (kg/m ³)	0,830	0,678	0,750
Isıl değer (kJ/kg)	43100	60000	43400
Stokiyometrik H/Y Oranı	14,5	17,2	14,7
Tutuşma Sınırları	0,48-1,35	0,5-2	1,3-7,6
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	250	500	257
Kaynama Derecesi (°C)	170-350	-162,5	30-225

2.3 Hidrojen

Hidrojenin geniş karışım oranı aralığı içerisinde tutulabilir olması, yakıt olarak kullanılabilmesini öne çıkaran önemli bir özelliktir. Hidrojeni ateşlemek için gerekli enerji miktarı da diğer yakıtları ateşlemek için gerekli enerji miktarlarından daha düşüktür. Bu durum Otto prensibi ile çalışan motorlarda tutuşma garantisi nedeniyle bir avantaj olmasına rağmen, erken tutuşma ve geri tutuşma sorunlarına da sebebiyet vermektedir. Hidrojenin Otto prensibi ile çalışan motorlarda kullanımının avantajlı olmasının nedenlerinden bazıları, oktan sayısının ve tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek olmasıdır. Ancak hidrojen/hava karışımlarının kolay tutuşabilmesi güvenlik sorunlarını meydana getirmektedir. Ancak hidrojenin kendi kendine tutuşması, çevreye radyasyon yolu ile olan ısı iletimi, çıkan zararlı emisyon miktarları diğer yakıtlara göre daha az olmaktadır [49]. Tablo 2.4’ de Hidrojen, motorin ve kurşunsuz benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.4. Hidrojen, dizel ve kurşunsuz benzinin özellikleri [50].

Özellik	Birim	Hidrojen	Kurşunsuz Benzin	Motorin
Tutuşma Sıcaklığı	°c	585	50-60	57
Min. Tutuşma Enerjisi	MJ	0,02	0,24	---
Tutuşma Limitleri (Havada % hacimsel olarak)	---	4-75	1,4-7,6	0,7-5
Stokiyometrik Hava Yakıt Oranı (Kütlesel)	---	34,3	14,6	14,5
Tutuşma Limitleri	---	0,1-7,1	0,7-3,8	---
Yoğunluk (16 °C)	Kg/m ³	0,0838	721-788	833-891
Net Isıl Değeri	MJ/kg	119,93	43,9	42,5
Alev Hızı	Cm/s	269-325	37-43	30
Havadaki Difüzyonu	Cm ² /s	0,63	0,08	---
Oktan Sayısı	---	130	92-98	30
Setan Sayısı	---	---	13-17	40-55

2.4 Biyogaz

Oksijensiz ortamda organik kütleden çıkan ve biyolojik bir proses ile oluşan gaz karışımıdır. Biyogaz, hacmen %50–75 oranında metandan ve hacmen %25-50 oranında karbondioksitten oluşmaktadır. Havadan daha hafif, renksiz ve kokusuzdur. Metan gazının oranına göre değişen ısı değeri yaklaşık olarak 17- 25 MJ/m³ arasında olmaktadır. Tablo 2.5’ te biyogazın bileşim verileri görülmektedir [51,52]

Tablo 2.5. Biyogazın bileşimi [52]

Madde	Hacimsel %	Sembol
Metan	50-75	CH ₄
Karbondioksit	25-50	CO ₂
Hidrojen	0-5	H ₂
Azot	0-3	N ₂
Hidrojen Sülfür	0,0005-0,0002	H ₂ S
Amonyak	0,0005-0,0001	NH ₃

2.5 Alkoller

Alkoller, kimyasal özellikleri bakımından küçük moleküler yapıya sahip olmaları aynı zamanda içeriğinde oksijen olması sebebiyle fosil bazlı yakıtlara kıyasla yapılan çalışmalarda egzoz emisyon değerleri olumlu sonuçlar vermektedir [53] İçeriğinde fazla oksijen bulunmasından dolayı alkoller daha parlak ve daha kolay bir yanma gerçekleştirilmektedir. Yanma hızının artırılmasıyla, yanma verimi yükselmekle beraber motorun düzgün çalışması sağlanmaktadır. Bununla birlikte, motor yüksek sıkıştırma oranlarında motorun vuruntu yapmadan verim artışı sağlanabilmektedir [54]

Benzin ve alkollerin genel olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo2.6.’da verilmektedir [55].

Tablo 2.6. Benzin ve alkollerin bazı özellikleri[55]

Özellik	Metanol	Etanol	Benzin
Mol Kütlesi (kg/kmol)	32,04	46,06	100-105
C/H oranı	0,25	0,333	0,444
Yoğunluk (kg/m ³)	796	788	732
Isıl değeri (MJ/kg)	20,11	26,9	43,4
Stokiyometrik oran (H/Y oranı)	6,45	9	14,7
Buharlaştırma ısısı (kJ/kg)	1200	960	360
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	470	425	257

Araştırma oktan sayısı (AOS)	108,7	108,6	94
Motor oktan sayısı (MOS)	88,6	89,7	82–94
Kaynama noktası (°C)	64,5	78,3	27–255
Donma noktası (°C)	-97,8	-114,3	-40
Kinematik Viskozite (mm ² / s, 40°C)	0,59	1,19	0,37-0,44
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	32	15,9	48–108

2.6 Bitkisel Yağlar

Bitkisel yağlar da önemli diğer alternatif bir yakıttır. Ayçiçek yağı, pamuk yağı, kanola yağı, ham prina yağı, soya yağı gibi ham yağlar ve bunlardan elde edilen metil esterler motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilir. Dizel motorlarda ham yağlar kullanıldığında viskozitesinin daha yüksek olması nedeniyle buharlaşma ve yanma süresinin sürünge periyotta olması moment, güç ve verimin düşük olmasına neden olmaktadır. Isıl değerlerinin de düşük olması da buna etki etmektedir. Yağ asidi metil esterleri kullanıldığı zaman bu değerlerde iyileşme olur ve motorin yakıtına daha yakın değerler elde edilebilmektedir. Ham yağ kullanımında NO_x emisyonlarında düşüş olurken yağ asidi metil esterlerinde daha yüksek NO_x değerleri elde edilmiştir [56].

Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak kullanılmasını daha cazib hale getiren önemli özelliklerinden birisi de ısı değerleridir. Bitkisel yağların ısı değerleri 37500-39500 kJ/kg arasında değişiklik göstermektedir. Bitkisel yağların ısı değerleri birbirlerine yakındır. Motorin yakıtının ısı değeri yaklaşık 42000- 45000 kJ/kg arasındadır. Motorin yakıtın ısı değerleri bitkisel yağların ısı değerlerinden yaklaşık olarak %10 oranında daha fazladır. Bitkisel yağların esterlerinin ısı değerleri daha yüksektir ve motorin yakıtına daha yakındır [57].

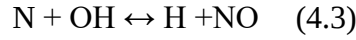
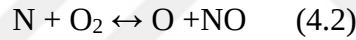
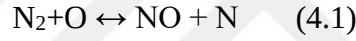
Bitkisel yağların kullanılabilmesi için yapılan çalışmalardan en önemlisi bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesidir. Diğer ise motor sistemi ve konstrüksiyonunda değişiklik yapılarak çalıştırılmasıdır. Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesinde bitkisel yağlarının viskozitelerinin azaltılması araştırmaların genel konuların başındadır. Viskozitenin azaltılması için ısı ve kimyasal olmak üzere iki metodla yapılmaktadır. Isıl metotta, yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağlar, ön ısıtma yapılarak sıcaklığının yükseltilmesinin sonucu viskozitelerinin azaltılması amaçlanmaktadır [58].

3. EGZOZ EMİSYONLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Egzoz gazı salınımları, katı, sıvı ve gaz haldeki maddeler ya da kirletici maddeler olmanın yanı sıra kimyasal bir işlemler sonucunda oluşan ve hava ile karışması durumunda havanın doğal bileşimini bozabilen salınımlardır. Motorlu taşıtlardan salınan egzoz gazı bileşenleri havaya yayılarak çözünürler. Bu durumun insanlar, bitkiler ve hayvanlar üzerinde çok büyük zararlı olumsuz etkileri vardır.

3.1 Azotoksitlerin (NO_x) Oluşumu

Azot, normal şartlarda yanma olayı sırasında reaksiyona girmeyen bir gazdır. Yanma sırasında sıcaklığın 1600 °C üzerine çıktığı zaman azot, ortamdaki oksijenle reaksiyona girerek NO_x'leri oluşturur. Genellikle azot oksitler NO₃ NO₂, NO, şeklinde olup bunlardan NO₂ ve NO çok kirletici gazlardır. Azotoksitler içerisinde NO en yüksek oranda bulunmaktadır. NO'nun temel sebebi, motorlarda yakıcı olarak kullanılan emme havası içerisindeki moleküler halde bulunan azottur [59] Stokiyometrik oranda NO oluşum ve bozunum reaksiyonları aşağıdaki eşitliklerde verilmektedir.



4,3 reaksiyonu bulunduğu ortam zengin karışım olması durumunda oluşmaktadır. Motorlarda yanma olayı yüksek basınç altında gerçekleştiğinde, alev içerisindeki reaksiyon alanı oldukça kısa ve ince ömürlü olmaktadır. Alev reaksiyon alanı oldukça ince olduğu için NO oluşumuna sebep olarak alevin arkasındaki yüksek sıcaklıklı yanmış gaz alanında olduğu kabul edilebilmektedir. NO_x emisyonlarını etkileyen en büyük hususlar silindir içerisinde daha önceki çevrimden kalan yanmış art gazların miktarı, hava/yakıt oranı ve ateşleme zamanıdır [59,60].

3.2 Hidrokarbonların (HC) Oluşumu

Hidrokarbon emisyonları araçlarda üretilmesi birkaç yol ile olmaktadır. Yakıtların içeriğinde hidrokarbonlar bulunur. Aynı zamanda yakıt tankından ve karbüratörde buharlaşma nedeniyle hidrokarbon salınımı meydana gelmektedir. Yakıtların yanma içeriğinde hidrokarbon olmasının sebebi yanmanın tam olarak

gerçekleşmemesindendir. Zengin karışımlarda yakıtın içerisinde gereken miktarda O_2 bulamaması nedeniyle HC oluşur. Fakir karışım olduğu zaman ise yanma odası sıcaklığının düşük olmasından dolayı meydana çıkan alev sönmeleri hidrokarbon emisyon oluşumuna sebebiyet vermektedir. HC ile NO_x havada güneş ışığı birleşmesi sonucu foto kimyasal duman meydana getirir. Yaz aylarında bu durum daha belirgin olmaktadır. Hidrokarbon emisyonu zehirli bir gaz özelliği göstermemektedir. Ancak bazı çeşitleri solunum yollarında tahriş edici bir özelliğe sahiptir [61].

3.3 Karbonmonoksitlerin (CO) Oluşumu

CO, motorda bulunan yakıttaki karbonun tam yanma olmadığı zaman oluşan kokusuz, renksiz ve aynı zamanda zehirli bir gaz özelliğindedir. Karbonmonoksit emisyonları hız ve yük değişimlerine tepki vermezken hava/yakıt karışım oranına tepkilidir. HFK, karbonmonoksit oluşumunu için önemli faktördür. Zengin karışım olduğu durumlarda, yanma odasında bulunan yakıttaki karbonun tamamını CO_2 şeklinde yakacak oksijen bulunmamasından dolayı, CO oranı hızlı bir formatta artış gerçekleştirmektedir. Buji ile ateşlemeli motorlar, kısmi yüklerde çalışırken yakıt tüketimi açısından fakir karışımlarla çalışmaktadır. Tam yüklerde ise belirli bir kurs aralığında çekilen havadan tam verim almak amacıyla zengin karışımla çalışırlar. Bu nedenle buji ile ateşlenen motorların karbon monoksit salınımının kontrol edilmesi önem arz etmektedir.

Motorlu araçlardan oluşan CO emisyonları soğuk havalarda olumsuz şekilde yükselmektedir. Bu nedenle motorlu araçların soğuk havalarda çalıştırılması için ihtiyaç duyduğu yakıt daha fazla olmaktadır [62].

3.4 Kükürtdioksitlerin (SO_2) Oluşumu

Kükürtdioksit, renksiz bir gaz olup, sert kokuludur. Solunum yolları, karaciğer ve akciğer hastalıklarına sebebiyet vermektedir. Kükürtdioksit su ile birleştiğinde ise H_2SO_4 'e (sülfirik asit) dönüşmektedir. Bu durum insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etki göstermektedir [62].

3.5 İs ve Partiküllerin Oluşumu

İçten yanmalı motorlar oluşan isin büyük bir bölümü katı taneciklerden meydana gelmektedir. İs, dizel motorlarında oluşmaktadır ve yanmamış karbon partiküllerine denir. İs zararlı bileşenleri taşıması sebebiyle solunum sisteminde birikmesi sonucu

insan sağılığı için kötü bir etki göstermektedir. Dizel motorları egzozundan çıkan partiküller C-H zincirinden oluşmaktadır ve içeriğinde yanmamış HC' ları, oksitlenmiş HC' ları, polinükleer aromatikleri ve SO₂, NO ve H₂SO₄ gibi inorganik bileşenleri bulundurmaktadır [63]. Tablo 3.1' de Dizel motoru egzoz gazlarındaki partiküllerin bileşimi görölmektedir.

Tablo3.1. Dizel motorda egzoz gazlarındaki partiküllerin bileşimi

Partikül Bileşeni	Dizelde egzoz gazındaki partikül Emisyonun içeriğı (% ağırlık)
Katı parçacıklar	66-82
Sıvı yakıt ve organik bileşenleri	11-15
Motor yağı ve organik bileşenleri	9-11
Kükürt bileşenleri ve su	1-11

3.6 Egzoz Gazı Emisyon Standartları

Ateşin icadından bu yana insanlar hava kirliliğini daha da artırdığı kabul edilmektedir. Kömür kullanımının artmasıyla da kirlenmeler hazırlanmıştır. İçten yanmalı motorların kullanımının artması ile fotokimyasal is oluşumu daha da artmıştır. ABD'de fotokimyasal is 1940 yılında yoğun bir şekilde görölmeye başlamıştır. İsin nedeni içten yanmalı motorlar olduğunun farkına varılması sonucu ABD'de ilk kez egzoz salınımlarının sınırlama getirilen kanunlar yürürlüğe konulmuştur. Daha sonrasında Avrupa ve Japonya'da egzoz salınım standartları uygulanmaya başlanmıştır [64].

Avrupa'da Euro standartları yeniden yapılan düzenleme ile 1992 yılında yürürlüğe girmiştir. 2014 yılından başlayarak Euro 6 standartları uygulanmaya başlanmıştır. Euro standartları binek taşıtlar için Tablo 3.2. ve 3.3.' te verilmiştir [46]

Tablo 3.2. Dizel yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları [46]

Seviye	Tarih	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM
Dizel Motorlu Taşıtlar (g/km)						
Euro 6	2014	0,5	–	0,08	0,17	0,005
Euro 5	2009	0,5	–	0,18	0,23	0,005
Euro 4	2005	0,5	–	0,25	0,3	0,025
Euro 3	2000	0,64	–	0,50	0,56	0,05
Euro 2	1996	1,0	–	–	0,7	0,08
Euro 1	1992	2,72(3,16)	–	–	0,97 (1,13)	0,14(0,18)

Tablo 3.3. Benzin yakıtlı binek araçlar için Euro emisyon standartları

Seviye	Tarih	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM
Benzin Motorlu Taşıtlar (g/km)						
Euro 6	2014	1	0,1	0,1	–	0,005
Euro 5	2009	1	0,1	0,1	–	0,005
Euro 4	2005	1	0,1	0,1	–	–
Euro 3	2000	2,3	0,2	0,2	–	–
Euro 2	1996	2,2	–	–	0,5	–
Euro 1	1992	2,72(3,16)	–	–	0,97 (1,13)	–

Emisyon standartları zaman içerisinde daha da katı hale getirilmiştir. Örneğin, dizel taşıtlarda Euro 5'den Euro 6 standartlarına geçiş sırasında NO_x emisyonlarında %55' lik bir azalma gerçekleşmiştir [46]

Tablo 4.1. Dizel TH600 motorunun teknik parametreleri

Model	Dizel TH600
Silindir Sayı	1
Silindir Hacmi	603
Piston Çapı x Strok	95 mm x 85 mm
Sıkıştırma Oranı	17:1
Maksimum Tork – Nm&d/dk	35 Nm & 2000 d/dk
Maksimum Güç – BG (kW) & d/dk	15(11)&3000 d/dk

4.1.2 Motor Dinamometresi ve Kontrol Ünitesi

Motor performans kriterlerinin ölçümleri Şekil 4.2’ de gösterilen NF marka motor dinamometresi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2 NF marka motor dinamometresi

Yapılan çalışmada, 80 Nm fren torkuna sahip dinamometre kullanılmıştır. Kullanılan dinamometrenin motor test donanımında bulunan rotary encoder vasıtası ile; motor devri, motor torku ve motor gücü hassas ölçülerek veriler gerçek zamanlı olarak bilgisayara kayıt edilebilecek yapıdadır. Diğer yandan motor test donanımı ile; içten yanmalı motorların yakıt sarfiyatı, egzoz gazı sıcaklığı, ölçülerek veriler gerçek zamanlı olarak bilgisayara kaydedilebilmektedir. Dinamometre kontrol ünitesi

Çalışma sırasında elde edilen değerleri sınır şartlarına ulaşması durumunda kullanıcıya ikaz ederek uyarmaktadır. Elde edilen değerleri sınır şartlarını geçmeye başladığında oluşan bu tehlikeli durumu sistemi durdurarak güvenli hale getirir. Aynı zamanda dinamometre kontrol nitesi çalışma sırasında test motorunun hem hızını hemde yükünü ayarlamak gibi fonksiyonlara sahiptir. Dinamometreye ait teknik parametreler Tablo 4.2’ de verilmiştir.

Tablo 4.2 Dinamometreye ait teknik parametreler

Maksimum fren torku	83 Nm
Maksimum fren gücü	26 kW
Egzoz sıcaklık ölçüm aralığı	0- 1000°C (Thermocouple)
Çalışma devri	0 – 8000 d/dk
Çalışma voltajı	380V, AC,
Ortam sıcaklığı	40°C
Soğutma	IC06 (Radyal fan üniteleri ile ayrı havalandırma)
Kontrol nitesi	Motor devri ve yk kontrolü, anlık hız, tork, g, saatlik yakıt tüketimi, zgl yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı

4.1.3 Egzoz Emisyon lm Cihazı

Egzoz emisyon karakteristikleri şekil 4.3’de gösterilen Bilsa Marka MOD 2210 model egzoz emisyon cihazı ile tespit edilmiştir. Benzinli araçlar için, cihaz nondispersive infrared sistemle CO, CO₂, HC, NO_x , O₂, Lambda ve AFR ölçümlerini gerçekleştirmektedir. Dizel araçlar için, cihaz opasimetrik metodla çalışır. Duman koyuluğunu K, %, gr/m³ olarak değerleri ölçülmektedir. Egzoz emisyon değerlerinin ölçüm süresi 2 dakika sürmektedir. Tablo 4.3’ de egzoz emisyon cihazı teknik parametreleri verilmiştir.



Şekil 4.3 Egzoz emisyon cihazı

Tablo 4.3.Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	ÖLÇÜM ARALIĞI	HASSASIYET
CO	0-%10	%0,001
CO ₂	0-%20	%0,001
HC	0-10000	1 PPM
O ₂	0-%25	%0,01
CO Corr	0-%10	%0,001
NO _x (OPS.)	0-5000	1 PPM
Lambda	0,5-2.00	0.001
AFR	5-30	
Motor Yağ Isısı (OPS.)	0-150 °C	1 °C
Devir (RPM) (OPS.)	0-9990 d/dak.	10 d/dak.
Opasite (Pusululuk Derecesi)	%0-100	%0,1

4.1.4 Kalori Tayin Cihazı

Yakıtlara ait alt ısı değerlerinin tespiti için Fizikokimya Laboratuvarında bulunan IKA markalı, 60.000 Joule'e kadar ölçüm yapabilen kalori tayin cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz EN 50082, EN 61010, EN 60555 ve EN 55014 standartlarına uygun ölçümler yapmaktadır. Kalori tayini yapılan cihaz Şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4.Kalori Tayin Cihazı

4.1.5 Donma Noktası Tayin Cihazı

Yakıtların soğuk akış özelliklerinin belirlenmesinde Biyoyakıt Laboratuvarında bulunan TEKNOSEM Marka TFP-402 Model, ASTM D97 ve ASTM D2500 test standartlarında ölçüm yapabilen, $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar kontrol edilebilen donma noktası tayin cihazı kullanılmıştır. Donma noktası tayin cihazı Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Donma noktası tayin cihazı

4.1.6. Parlama Noktası Tayin Cihazı

Yakıtlara ait parlama ve alevlenme noktalarını tayin edebilmek için, Biyodizel Laboratuvarında bulunan -30 ile 300C sıcaklık değerleri aralığında ölçümleri gerçekleştirebilen KOEHLER marka K13990 modeli cihaz kullanılmıştır. ASTM D92, IP36 ve ISO 2592 standartları gereği parlama ve alevlenme noktası ölçümleri gerçekleştirebilmektedir. Parlama noktası ölçümleri yapılan cihaz Şekil 4.6' da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Parlama Noktası Tayin Cihazı

4.1.7 Kinematik Viskozite Tayin Cihazı

Viskozite değerlerinin ölçülmesinde kullanılan cihaz, ölçüm değerlerini ASTM standardına göre vermektedir. Test yakıt deneyleri için ölçümler 40 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Viskozite tayini yapılan cihaz Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Kinematik viskozite tayin cihazı

4.1.8 Hassas Terazi

Hazırlanacak olan yakıt numunelerini tartmak için, Biyodizel Laboratuvarında bulunan Denver Instrument markalı TP-214 modeli hassas terazi kullanılmıştır. 500 gr kapasitesi bulunan, 0,1 mg hassasiyete sahip ve 10-30°C ortam sıcaklığı değerlerinde işlevini gerçekleştirebilen bir cihazdır. Deneylerde kullanılan hassas terazi Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Hassas Terazi

4.1.9. Kronometre

Kinematik viskozite ölçümlerinde ihtiyaç duyulan zaman ölçümlerinde HiTRAX RUN markalı, 40 dakikaya kadar kapasitesi bulunan, 0.01 saniye hassasiyete sahip kronometre kullanılmıştır. Test ve deneylerde kullanılan kronometre cihazı Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Kronometre

4.2. Meşe Peliti Yağ Oranının Belirlenmesi

Bu çalışmada atık meşe palamudunun çekirdeği olan pelit öğütüldükten sonra 55-60 °C de yarım saat fırınlanıp sokhlet ekstraksiyonu yöntemi ile yağı alınarak pelit içerisindeki mevcut yağ oranı belirlendi. Pelit yağ oranı belirleme aşamaları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1. Meşe Peliti | 3. Öğütülmüş Pelit |
| 2. Doğranmış Pelit | 4. Soxhlet ekstraksiyon |

Şekil 4.10 Yağ alma prosesi

Valeks-Artu Kimya San. Ve Tic.Ltd. Şti. Fabrikadan temin edilen ham pelit, önce kaba olarak doğranıp öğütme makinasında ince toz haline getirilmiştir. Daha sonra Soxhlet cihazında yağ numunesi 100 g numune pelitte 10.2g olarak tespit edilmiştir.

4.3 Motorin

Karbon atomu sayısı 8-16 arası, sıvı HC birleşenleri ve az miktarda azot, kükürt, su ve kül ihtiva eden dizel yakıtıdır [63].

Bu yakıtı fraksiyon kulesinde ortalama 160 °C de başlayıp 391 °C de tamamı buharlaşan ve ham petrolden arındırılarak alınan bir akaryakıttır. Motorinin formülü $C_{12.226}H_{23.29}S_{0.0575}$ tir. Bu formüle göre kütleli birleşimi $C=0,8538\text{kg}$, $H=0,1355\text{ kg}$, $S=0,01071\text{ kg}$ 'dır. Deneylerde piyasada satılan motorin kullanılmıştır.

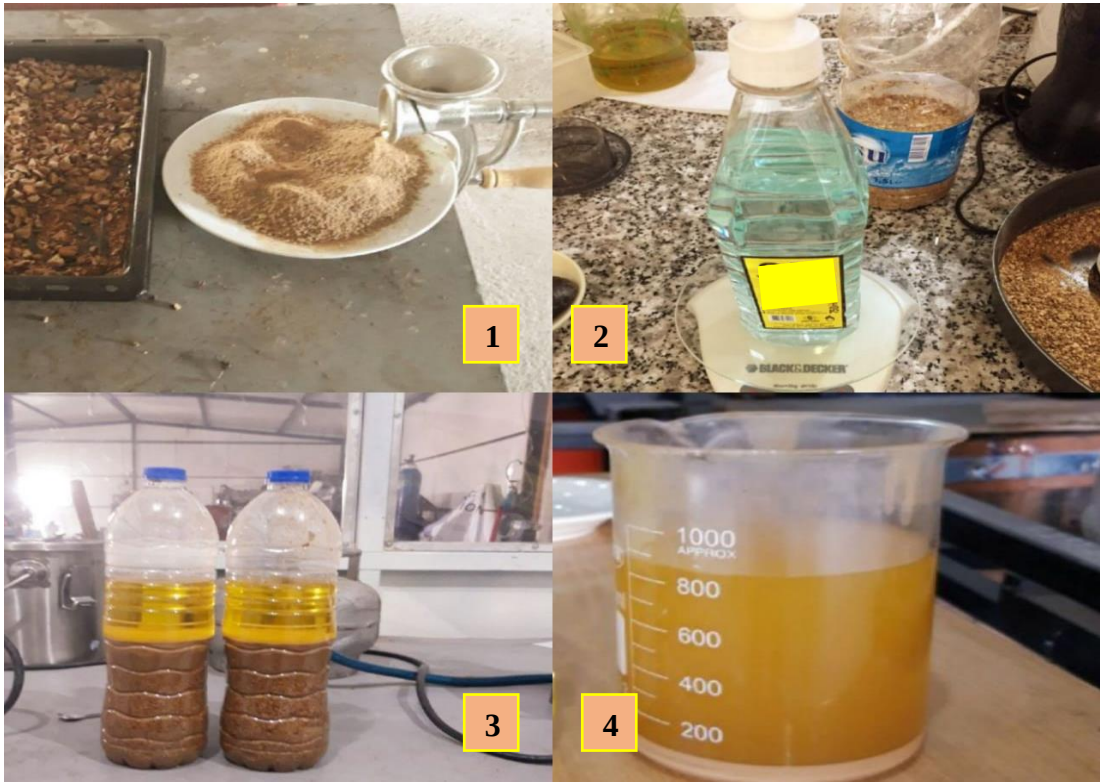
Avrupa ve Amerika standartlarının dışında, birçok ülke kendi biyodizel standartlarını oluşturmaktadır. Üretilen biyodizelin soğuk akış özellikleri çevre şartlarına göre değişmekte ve ülkeden ülkeye veya bölgesel değişim gösterebilmektedir. Bu sebeple bulutlanma noktası ya da soğuk filtre tıkanma noktası gibi yakıt özellikleri bölgeden bölgeye değişim göstermektedir [63].

Tablo 4.4 Avrupa motorin standartları (EN 590)[63].

Özellikler	Birim	EN 590 Haziran 2010	Standart
Setan Sayısı	-	51 min.	EN ISO 5165 EN 15195
Setan İndisi	-	46 min.	EN ISO 4264
Yoğunluk (15°C)	Kg.m ⁻³	820-845	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kükürt	Kg.m ⁻¹	10 mak.	EN ISO 20846 EN ISO20884
Parlama Noktası	°C	55min.	EN ISO 22719
Karbon Kalıntısı(%10 distilasyon kalıntısı)	% kütlesele	0,30 mak.	EN ISO 10370
Kül	% kütlesele	0,01 mak.	EN ISO 6245
Su	mg.kg	200 mak.	EN ISO 12937
Toplam Kirlilik	mg.kg	24 mak.	EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı	g.m ³	25mak. 20min.	EN ISO 12205 EN 15751
Viskozite (40°C)	mm ² .s ⁻¹	2,0-4,5	EN ISO 3104
Yağ Asidi Metil Esteri	% (hacimsel)	7 mak.	EN 14078
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası			
Yaz	°C	-15	EN 116
Kış		+5	

4.4. Meşe Peliti Ekstraksiyon Numunesi Hazırlığı

Yapılan bu çalışmada öncelikle öğütölüp, fırınlanmış 1kg meşe peliti 1kg kerozen ile iyice karıştırıp 24 saat bekletildikten sonra press makinasıyla preslendi. Preslenen malzeme süzöldükten sonra karışımın toplam ağırlığı 1102g tespit edildi. Sonuç olarak 1kg meşe pelitinden 102g (%10,2)ham yağ eldesi sağlandı. Daha önce yapılan çalışmada 10 ± 04 yağ oranı belirlenmiştir [42]. Pelit yağı kerozen ekstraksiyon süreçleri Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



1. Öğütölmüş Pelit

2. Kerozen

3. Kerozenli Karışım

4. Preslenmiş Karışım

Şekil 4.11 Karışımın hazırlanması

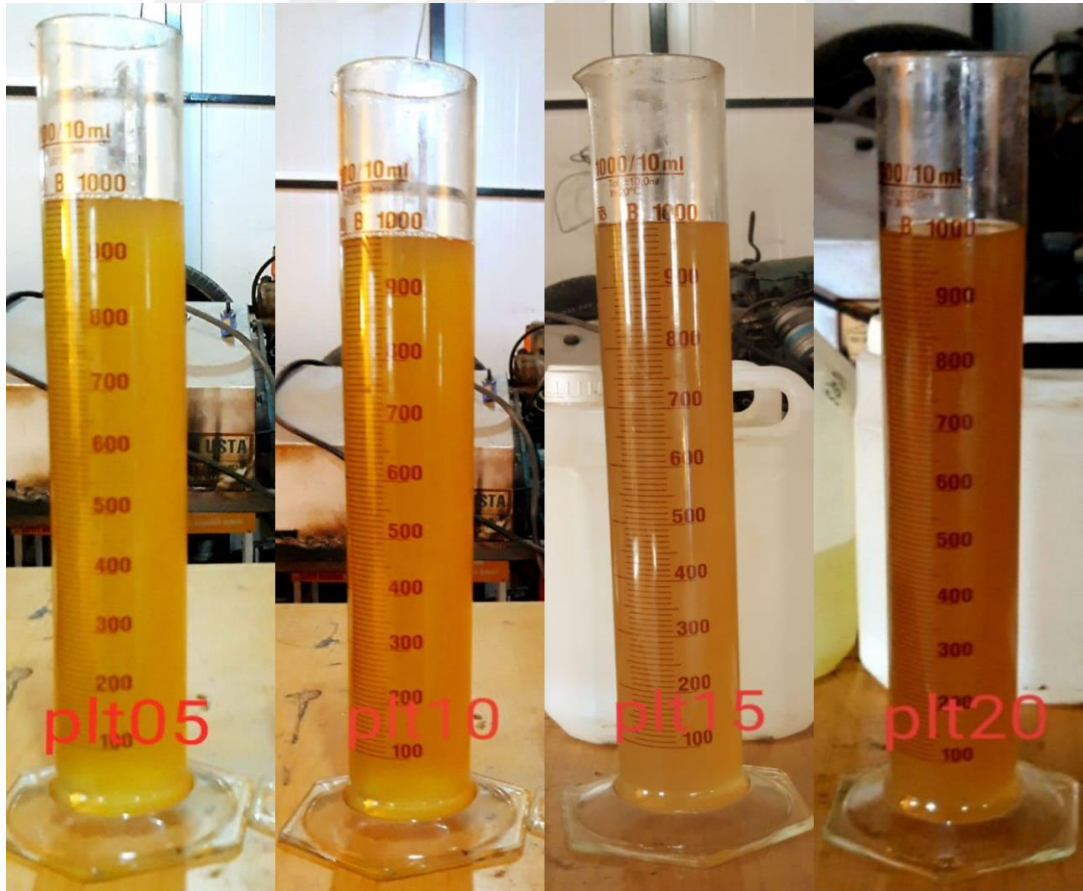
Meşe pelitinin %10,2 oranında olan yağın ekstraksiyon yöntemile elde edilmesinin tercih nedeni, bu yöntemin transesterifikasyon yöntemine göre daha ekonomik olduğu öngörüldüğündendir. Bu yöntem her hangi bir kimyasal proses içermediğinden üretilen yakıtın yağ asit oranına dikkat ederek direk motorinle karıştırılabilir. Çözültücü olarak kerozeni kullanma nedenimiz ise daha ekonomik olması ve kimyasal yapısının motorine daha yakın olmasından dolayıdır.

4.5 Test Yakıtlarının Hazırlanması

Yapılan testlerde motorine meşe peliti yağı ekstraksiyonunu hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilerek sırasıyla PLT05, PLT10, PLT15 ve PLT20 test yakıtları elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan yakıtlar ve karışım oranları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Test yakıtları ve karışım oranları

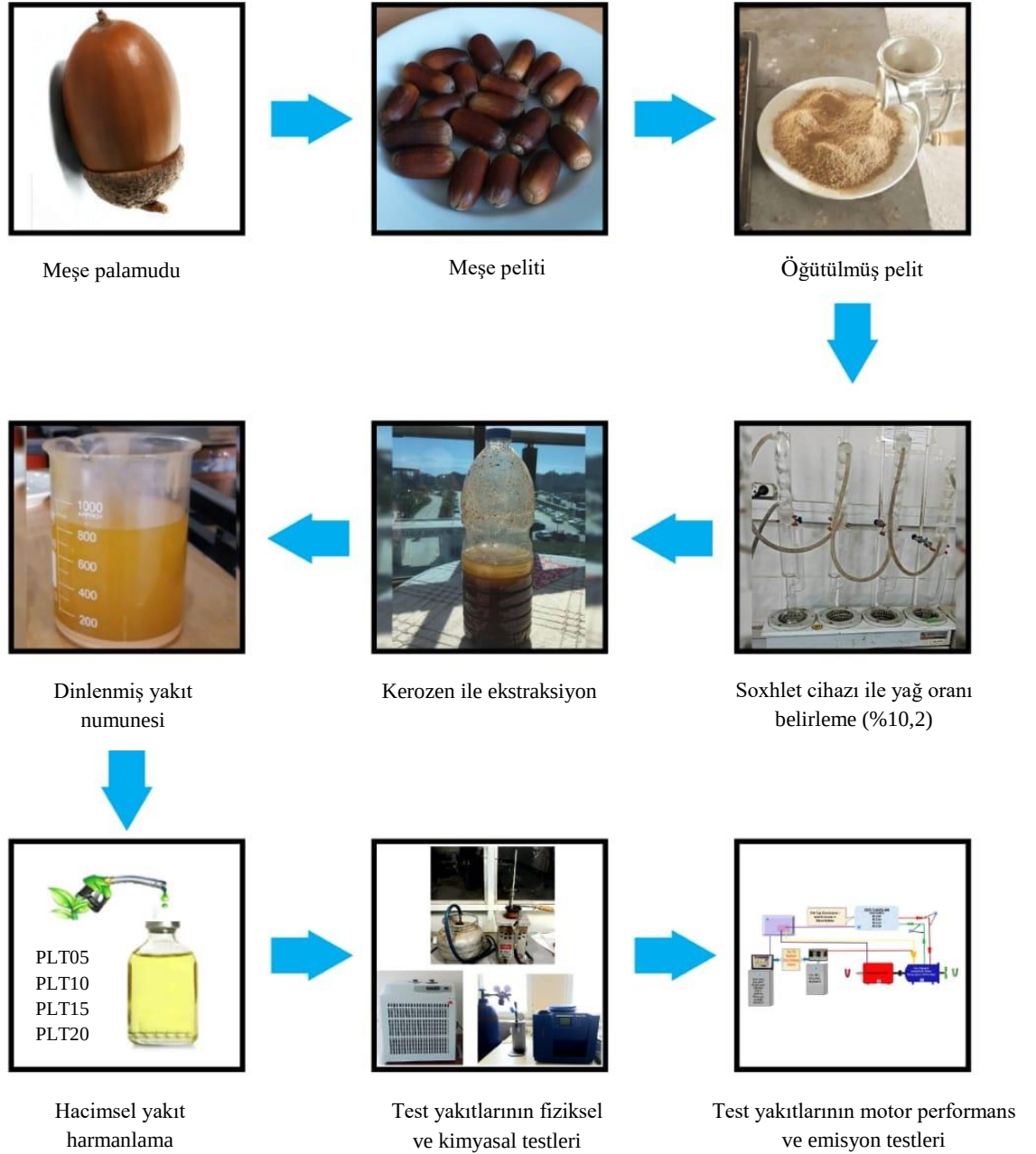
Motorin + Pelit Yağı Eksrtaksiyonu	
SEMBOL	KARIŞIM İÇERİĞİ
Motorin	%100 motorin + %0 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT05	%95 Motorin + %5 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT10	%90 Motorin + %10 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT15	%85Motorin + %15 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT20	%80 Motorin + %20 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı



Şekil 4.12 Test yakıtlarının resimleri

4.6 Meşe Peliti Ekstraksiyonunun Çevrimi

Meşe peliti ekstraksiyonunun hazırlanması, test yakıtlarının özellikleri motor performans ve emisyon verileri ölçümelerini kapsayan grafiksel çevrim Şekil 4.13'te verilmektedir.



Şekil 4.13 Meşe peliti ekstraksiyonunun grafiksel çevrimi

4.6 Yöntemler

Testler Manisa Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü Otomotiv Teknolojisi Programı laboratuvarlarında (Test yakıtları fiziksel ve kimyasal özellikleri “biyodizel laboratuvarında”, motor performans ve emisyon testleri “Motor ayarları ve test laboratuvarında”) gerçekleştirilmiştir. Motorin içerisine meşe peliti yağı eksraksiyonu hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilip motor performansları ve egzoz emisyonları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan çalışmada testlere başlamadan önce dizel motorun pompa, enjektör, tüm bağlantı elemanları kontrolleri yapılarak hava filtresi, yakıt filtresi, ve motor yağı değiştirilmiş, yakıt ölçerin tank ve boru temizliği, motor yakıt sistemi havasının alımı, motor yer sabitleme ve dinamometre bağlantı kaplin kontrolleri, egzoz sıcaklık sensörü bağlantı kontrolü, yakıt giriş ve geri dönüş boruları sızdırmazlık kontrolleri, egzoz emisyon cihazı egzoz probu temizliği yapılarak motor test öncesi kontrol ve hazırlıkları yapılmıştır. Her teste başlamadan önce test motoru sıcaklığı 300 °C ye getirildikten sonra testlere başlanmıştır (Test bitiminde aynı sıcaklık değerlerine gelinceye kadar motor rölantide çalıştırılmıştır). Tam yük şartlarında, motor önce tam gaz yapılarak maksimum çıkabileceği devre getirildi. Dinamometre ile ters (karşı yük) yük uygulandı (Dinamometre her yüklemde motor devrinde 25 devir düşme sağlayacak şekilde ters yükleme yapmaktadır). 3500 d/dk test başlangıç devridir. Bu devirde motor performans değerleri (Tork-Nm, Güç-kW, Fren özgül yakıt tüketimi-g/kwh, Egzoz gaz sıcaklık °C) ile egzoz emisyon değerleri (CO-%, HC-%, CO₂-% ve NO_x-ppm) anlık olarak bilgisayara data veri olarak kaydedilmiştir. Tüm testler 3000, 2500, 2000 ve 1500 d/dk için tekrarlanmıştır. 1500 d/dk dan sonra titreşim ve güvenlik sebebi ile bu devirde test sonlandırılmıştır.

Çalışmada tüm test yakıtları için egzoz emisyon ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılmadan önce Bilsa marka emisyon ölçüm cihazı uzaktan internet bağlantısı sağlanarak firma tarafından cihaza yazılım ve kalibrasyon güncellemesi yapılmıştır. Cihaz filtreleri değiştirilmiştir. Her ölçümde değerler belli bir kararlılığa ulaşması beklenip ardından ölçüm değerleri alınarak sonuçlar kaydedilmiştir.

5. DENEYLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

Yakıtların motor performans ve emisyon salınımı üzerindeki etkilerini ortaya koymak için motor performans ve egzoz emisyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre test edilen yakıtlarının motorda faydalı bir şekilde kullanılıp kullanılamayacağı konusunda fikir sahibi olunacaktır. Bu sebeple, öncelikli olarak motorun performans parametreleri ortaya konulmalıdır. Test yakıtlarının, motor momenti (M_e), Efektif güç (P_e), Fren özgül yakıt tüketimi (FÖYT) ve egzoz gaz sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) gibi farklı performans parametre sonuçlarının motorin yakıtı ile karşılaştırılmaları en verimli yakıt karışım oranını belirlemede önem arz etmektedir.

5.1 Motor Momenti

Testler sırasında kullanılan elektrikli dinamometrenin rotoru motor krank miline bağlanmıştır. Statoru ise, rahatlıkla dönebilen yataklar üzerindedir. Motor yükte çalıştığı sırada kuvvet değerleri dinamometreye 1 mt uzaklıktaki yük hücresinden okunmuştur. Böylece motor momenti aşağıda eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$M_e = F \cdot L \text{ [Nm]} \quad F \text{ (kuvvet, N), } L \text{ (kuvvet kolu, m)}$$

Dönme kuvveti 100 N olan motorun 0,3 m kuvvet kolu olursa motor momenti:

$$M_e = F \cdot L = 100 \cdot 0,3 = 30 \text{ Nm olarak hesaplanır.}$$

Testlerde kullanılan tek silindirli deney motorunun maksimum torku 2000 d/dk' 35 Nm'dir (Tablo 4.1).

5.2 Efektif Güç

Moment değeri ve açısal hız kullanılarak motorun efektif gücü aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$P_e = \frac{M_e \omega}{1000} \quad [\text{kW}]$$

ve açısal hız da bu eşitlik yardımıyla hesaplanabilmektedir.

Açısal hızı 200 rad/san motorun torku 30 Nm olursa motorun gücü:

$$P_e = \frac{30.200}{1000} = 6 \text{ kW olarak hesaplanır.}$$

Deney motorunun maksimum gücü 3500 d/dk' da 11 kW' tır (Tablo 5.1).

5.3 Fren Özgöl Yakıt Tüketimi

Fren özgöl yakıt tüketimi testlerde birim yük başına tüketilen yakıt miktarına denir.

Fren özgöl yakıt tüketiminin hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$FÖYT = \frac{V \cdot \rho \cdot 3600}{P_e}$$

FÖYT = Fren özgöl yakıt tüketimi (g/kWh)

V = Saniyede geçen yakıt hacmi (cm³/sn)

ρ = Yakıtın yoğunluğu (g/cm³)

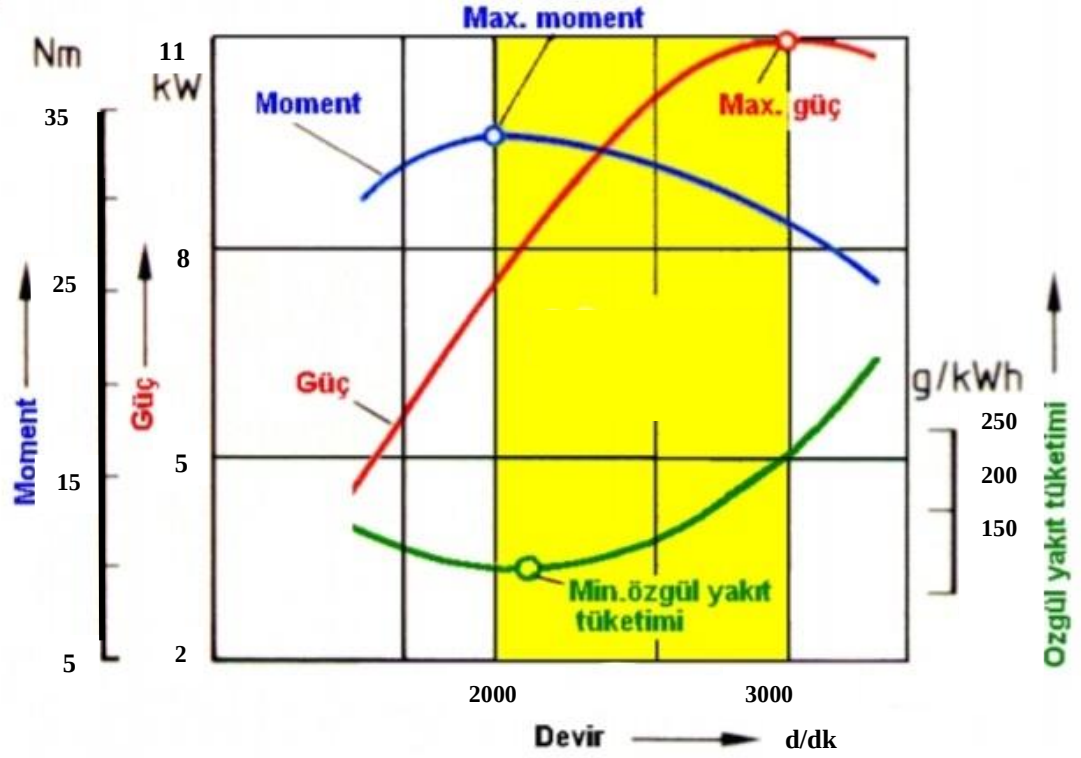
Efektif gücü 600 W olan motorun kullandığı yakıtın yoğunluğu 8,55 g/cm³ ve saniyede geçen yakıt hacmi 4,8 cm³/sn olursa fren özgöl yakıt tüketimini hesaplayalım.

$$FÖYT = \frac{4,8 \cdot 8,55 \cdot 3600}{600} = 246,24 \text{ g/kWh}$$

Yapılan deneysel çalışmada maksimum tork devrinde (2000 d/dk) FÖYT motorin yakıtında 179,025 g/kWh olarak ölçülmüştür.

5.4 Tork-Güç-Fren Özgöl Yakıt Tüketimi İlişkileri

Bir motorun en avantajlı çalışma durumları: maksimum güç (P_{max}), maksimum tork (M_{max}), en az fren özgöl yakıt tüketimidir. ($FÖYT_{\text{min}}$). Motorun değişik çalışma durumlarında elde edilen performans değerlerindeki değişimler grafiklerle değerlendirilir.



Şekil 5.1 Tork-Güç-Fren Özgül Yakıt Tüketimi İlişkileri [64]

Maksimum tork, krank milinin maksimum döndürme kuvveti ile kuvvet kolu çarpımına eşittir. Bir motorun maksimum gücü o motorun maksimum torkunun açısal hızı ile çarpımına eşittir.

En iyi yakıt tasarrufu maksimum tork devriyle maksimum güç devri arasında ve fren özgül yakıt tüketiminin $FÖYT_{min}$ 'nin en az değişmesi ile sağlanabilir. Standard motorların maksimum torkları yaklaşık olarak maksimum devir sayılarının %40'ına rastlar. Maksimum tork ve maksimum güç devir sayılarının oranı, 0,4-0,7 arasındadır [65].

6. DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR

6.1 TEST YAKITLARI

Elde edilen PYE' nu hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında dizel yakıtı motorinle karıştırılıp, sırasıyla PLT05, PLT10, PLT15 ve PLT20 test yakıtları elde edilmiştir. Test yakıtları tek silindirli atmosferik dizel bir motorda denenerek motor performans ve egzoz emisyon değerleri motorin yakıtı ile kıyaslanmıştır. Tablo 6.1' de elde edilen ham pelit yağının asidik değerleri verilmiştir.

Tablo 6.1 Pelit yağı asidik değerleri

ASİT TÜRLERİ	ORANLARI%
Miristik Asit	0,14
Palmitik Asit	15,63
Palmitoleik Asit	0,13
Morgarik Asit	0,14
Heptodesenoik Asit	0,07
Stearik Asit	1,79
Oleik Asit	58,16
Linoleik Asit	22,4
Araşidik Asit	0,2
Linolenik Asit	0,88
Gadoleik Asit	0,31
Benerik Asit	0,13
Lignoserik Asit	0,04

Test yakıtlarının ASTM standartlarına uygun olarak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ölçüm sonuçları Tablo 6.2' de verilmektedir.

Tablo 6.2 Test Yakıtlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	Dizel ASTM D975		Kerozen	Motorin	PLT05	PLT10	PLT15	PLT20	Saf Pelit Yağı	Pelit Ekstraksiyon
	Test Metot	Sınır Değerleri								
Viskozite 40°C (mm/s)	ASTM D445	1,9-4,1	1-1,9* 1,2	2 - 4,5* 3,096	2,612	2,656	2,783	3,080	33,181	5,26
Yoğunluk 15°C (kg/m³)	ASTM D1298	-	770-810* 778	820-845* 841	838	824	813	808	1006	806
Donma Noktası (°C)	ASTM D97	Bölgesel	-48 - -52	-47	-47,4	-47,8	-48,4	-48,8	-35,5	-49
Parlama Noktası (°C)	ASTM D975	52 min	38	78	75	71	64	62	216	58,5
Alevlenme Noktası (°C)	ASTM D975	58 min	44	85	82	78	72	68	221	64,6
Isıl Değeri (kJ/kg)	ASTM D240-19	-	42678	43253	43038	42973	42593	42138	37924	41226

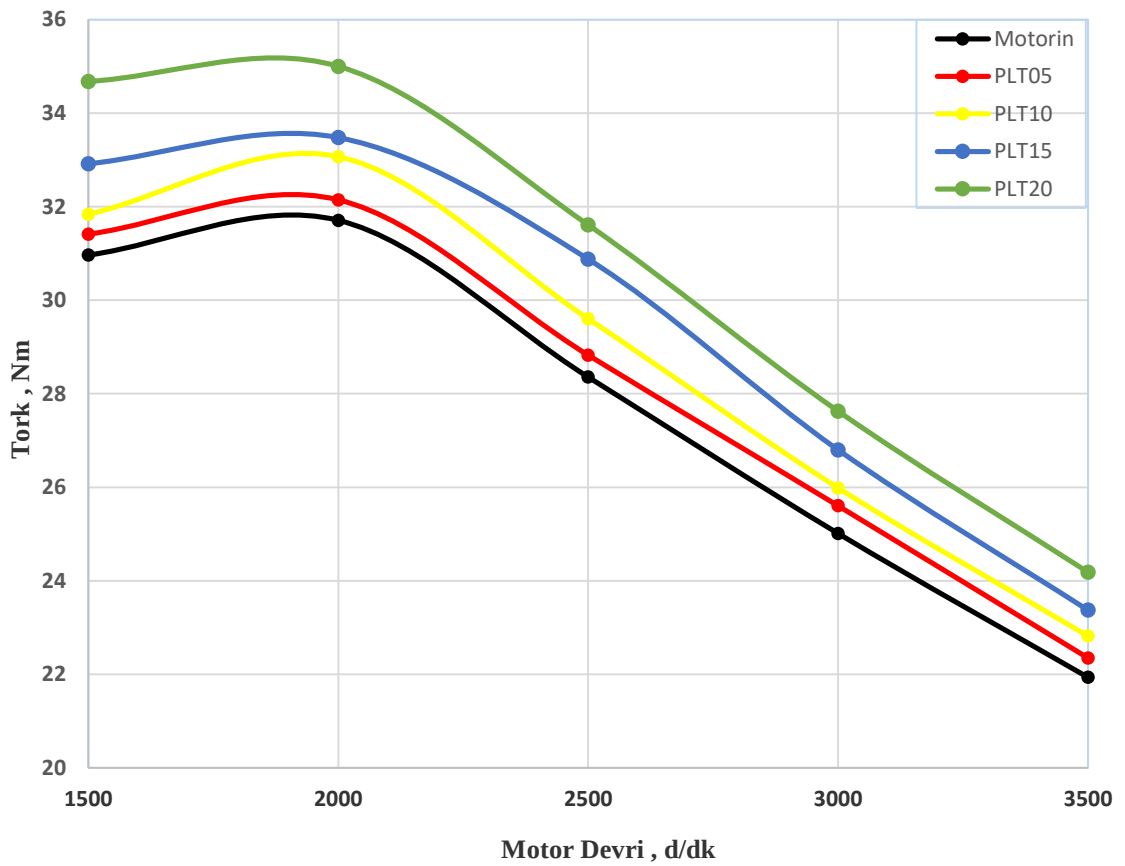
*Tüpraş verileri [66]

Tablo 7.2 incelendiğinde motorin içerisinde ekstraksiyon oranı arttıkça test yakıtlarının yoğunlukları azalmıştır. Normalde pelit ham yağının yoğunluğu yüksek olmasına karşın kerozenin yoğunluğu motorine göre daha düşüktür. Pelit yağının kerozen ile ekstraksiyonu yakıt yoğunluklarını düşürmüştür.

6.2 MOTOR PERFORMANSLARI

Şekil 6.1. ve 6.2.'de motorine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarda PYE ilavesinin motor hızına bağlı olarak motor tork ve güçteki değişimleri görülmektedir. Motorin ve test yakıtları incelendiğinde; başlangıç motor hızında (1500d/dk) momentin düşük çıktığı, motor hızının artmasıyla motor momentinin de arttığı fakat maksimum tork devrine ulaştıktan sonra tekrar düştüğü görülmektedir. Deneysel verilere göre maksimum tork devri olan 2000 d/dk'da tork değerleri motorin için 31,71 Nm, PLT05 yakıtı için 32,15 Nm, PLT10 yakıtı için 33,07 Nm, PLT15 yakıtı için 33,48 Nm, PLT20 yakıtı için 35,01 Nm olarak tespit edilmiştir. Buna göre

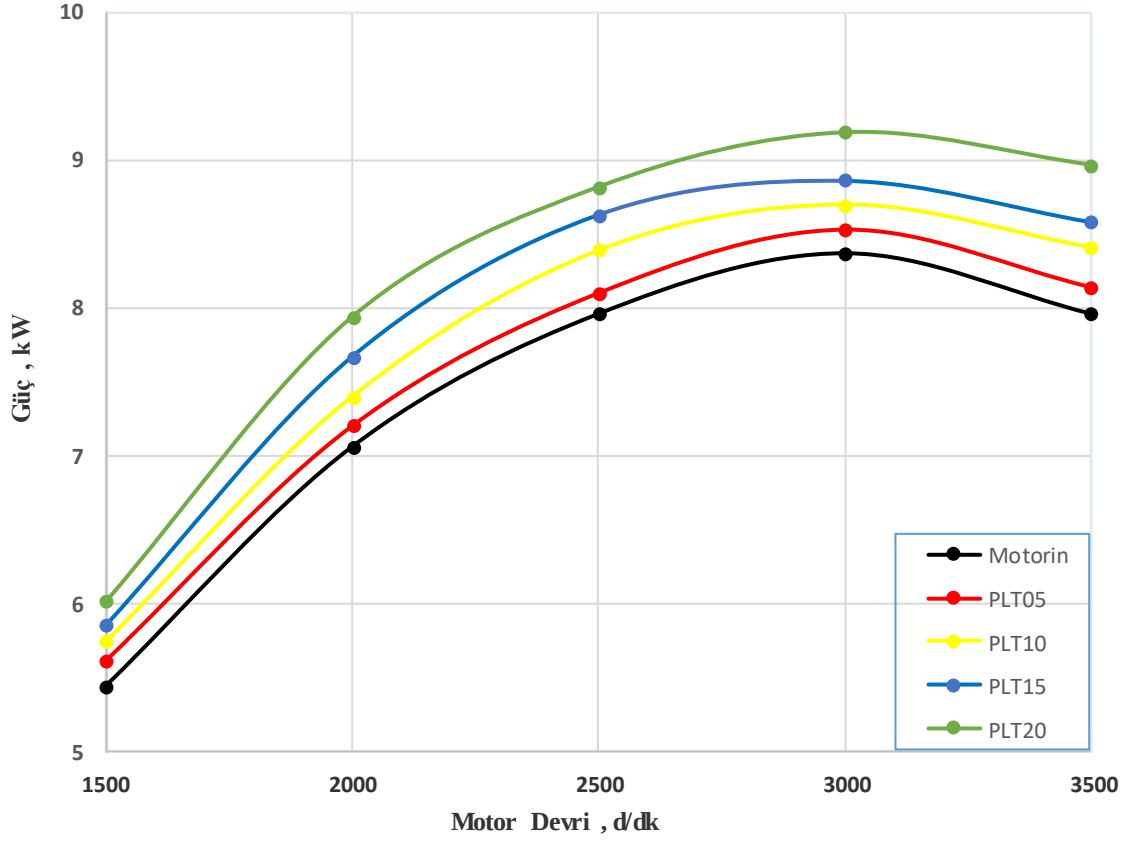
maksimum tork devrinde motorine göre PLT05, PLT10, PLT15 ve PLT20 test yakıtları sırasıyla %1,36, %4,11 %5,28 ve %9,4 oranında bir tork artışı sağlanmıştır. En çok tork artışı PLT20 yakıtında elde edilmiştir. Yakıtların, ısı değeri motorine göre düşük olmasına rağmen, içerdiği oksijen miktarı nedeni ile silindir içinde bir miktar daha iyi yanma sağlayarak, moment değerleri bakımından motorine göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Diğer yandan test yakıtlarının yoğunluklarının motorine göre düşük olması silindir içi daha düşük yakıt moleküllerinin oluşmasına sebebiyet vererek daha iyi bir yanma sağlanması sonucu tork artışını tetiklemiş olduğu düşünülmektedir.[27,34,44,61]



Şekil 6.1. Test Yakıtlarının Devir-Tork Grafiği

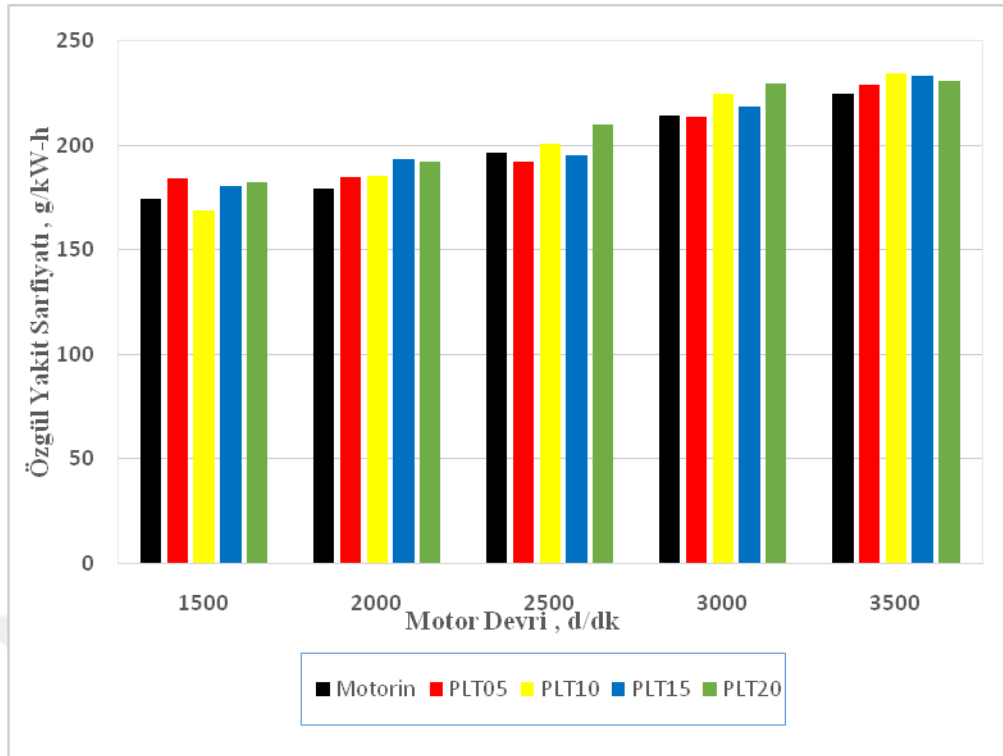
DeneySEL verilere göre, maksimum güç devri olan 3000 d/dk'da, motorin için 8,37 kW, PLT05 yakıtı için 8,53 kW, PLT10 yakıtı için 8,7 kW, PLT15 yakıtı için 8,86 kW ve PLT20 yakıtı için 9,19 kW ölçülmüştür. Maksimum güç devrinde ise motorine göre PLT05' de %1,87, PLT10' da %3,79 , PLT15' de %5,53 ve PLT20' de %8,92 oranında güç verilerinde artış sağlanmıştır. Güç verileri motorine göre yüksek olmasının nedeni olarak, test yakıtları yoğunluklarının motorin yakıtına göre

daha düşük ve pelit ekstraksiyonunun oksijen içeriğinin motorine göre daha yüksek olması , bu durumun yanma sonu basıncını yükselterek yanma verimini iyileştirmesi sonucu güç değerlerinde artış olmuştur [34,35,44].



Şekil 6.2. Test Yakıtlarının Devir- Güç Grafiği

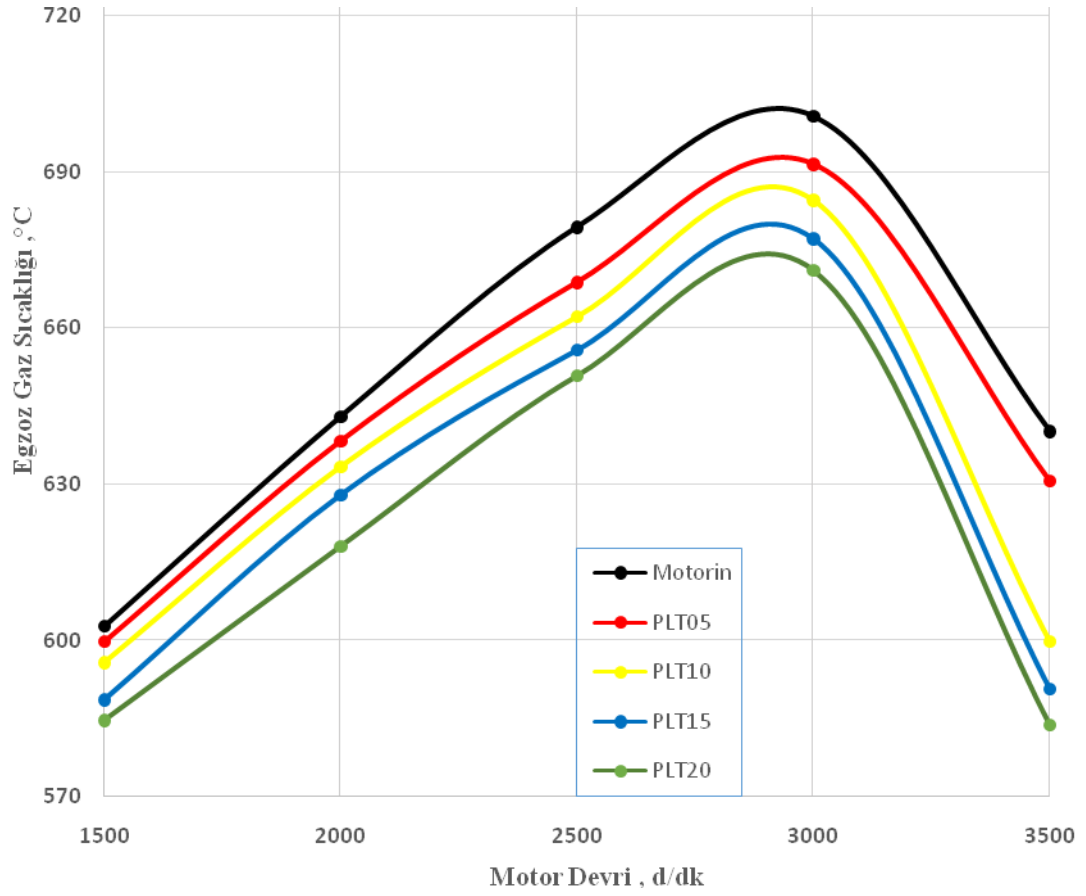
Şekil 6.3' de test yakıtlarının motor devrine bağlı olarak frenözgül yakıt tüketimine olan etkileri görülmektedir. Frenözgül yakıt tüketimleri (FÖYT); genel olarak karışım oran artışlarına bağlı olarak artmıştır. Maksimum tork devrinde (2000 d/dk) FÖYT sırasıyla, motorinde 179,025 g/kWh, PLT05' de 184,493 g/kWh, PLT10'da 185,098 g/kwh, PLT15' de 193,119 g/kWh, PLT20'de 192,210 g/kWh ölçülmüştür. Tüm motor devirlerinde FÖYT ortalama olarak PLT05' de %1,59, PLT10'da %2,23, PLT15' de %3,17 ve PLT20' de %5,48 artmıştır. Yakıt ısı değeri FÖYT'nin artması veya azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Pelit yağının düşük ısı değeri fren özgül yakıt tüketimini artırmaktadır.[26,37].



Şekil 6.3. Test Yakıtlarının Devir–Fren Özgül Yakıt Sarfıyatı Grafiği

Şekil 6.4’de test yakıtlarının motor devrine bağlı olarak egzoz gaz sıcaklığına olan etkileri görülmektedir. Maksimum tork devrinde (2000d/dk) egzoz gaz sıcaklığı motorinde 643,053 °C, PLT05’de 638,336 °C, PLT10’da 633,379 °C, PLT15’de 628,051 °C, PLT20’de 618,051 °C olduğu tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde egzoz sıcaklığı ortalama olarak PLT05’de %1,13, PLT10’da %2,87, PLT15’ de %4,04 ve PLT20’ de %5,11 oranında düşüş gerçekleşmiştir.

Motorlarda meydana gelen yanma neticesinde gazların, egzozdan çevreye çok yüksek sıcaklıklarda atılması olumsuz bir durum olarak değerlendirilir. Test yakıtları içerisinde PYE oranı artışına bağlı olarak motorine göre alt ısı değerlerinde düşüş meydana gelmektedir. Isıl değerin düşmesiyle silindir içerisine sürülen enerji miktarı da azalmaktadır ve buna bağlı olarak yanma sonu sıcaklıkları, içerisinde PYE bulunan yakıtlarda motorine göre daha düşük olmaktadır [24,37]. Test yakıtlarının hesaplanan adyabatik alev sıcaklığı ve ölçülen alev sıcaklığı motorin yakıtından daha düşüktür. [42]

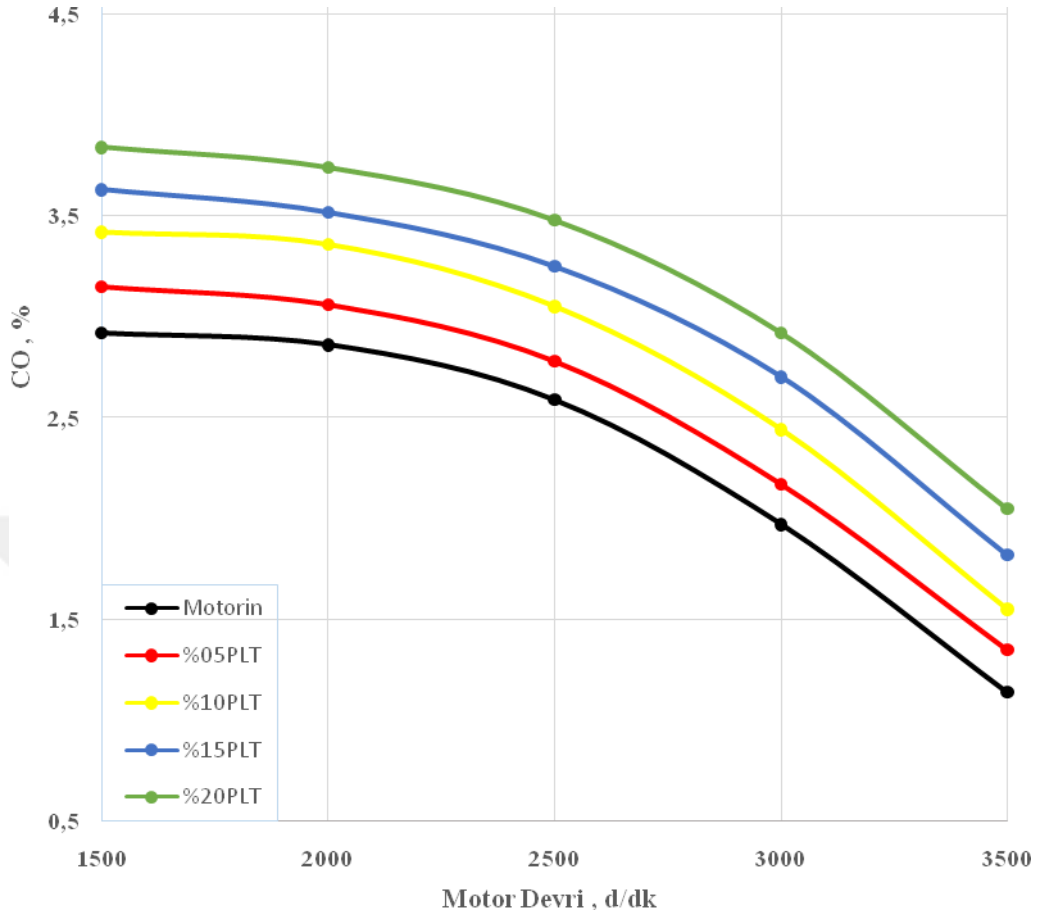


Şekil 6.4. Test Yakıtlarının Devir-Egzoz Sıcaklığı Grafiği

6.3 MOTOR EMİSYONLARI

Şekil 6.5'te motorine %5, %10, %15 ve %20 oranlarda PYE ilavesinin, motor devrine bağlı olarak CO emisyonlarına olan etkileri görülmektedir. Motorine PYE ilave edilmesiyle CO emisyonlarının arttığı görülmüştür. Testlerde MTD' inde yakıtların CO değerleri sırasıyla PLT05'de %3,06, PLT10'da %3,36, PLT15'de %3,52 ve PLT20'de %3,74 olarak ölçülmüştür. Tüm motor devirlerinde ortalama CO değerleri PLT05'de %9,08, PLT10'da %18,05, PLT15'de %24,60 ve PLT20'de %29,99 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

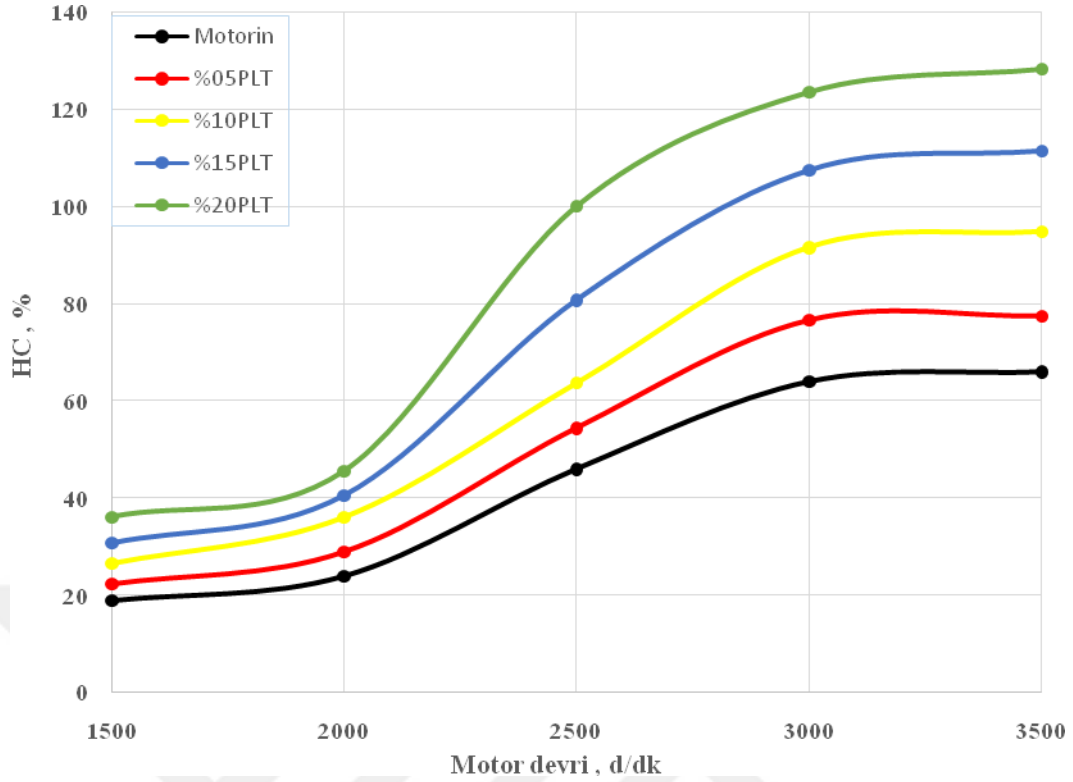
CO emisyonlarını oluşturan en büyük parametrelerden biri hava/yakıt oranıdır. Motor yükünün daha fazla artırılması ve karışımın zenginleşmesi ile birlikte CO emisyonlarında artış meydana gelmiştir[14,18,19].



Şekil 6.5. Test Yakıtlarının Devir- CO Grafiği

Şekil 6.6’da motorine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20)PYE ilavesinin motor hızına bağlı olarak HC emisyonlarına olan etkileri görülmektedir. Yapılan test sonuçlarına göre HC değerlerinin motorin değerlerine göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. MTD’de HC değerleri PLT05’de %28,9, PLT10’da %36,1, PLT15’de %40,5 ve PLT20’de %45,56 tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama HC değerleri PLT05’ de %15,82, PLT10’da %30,1, PLT15’de %40,71 ve PLT20’de %49,15 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

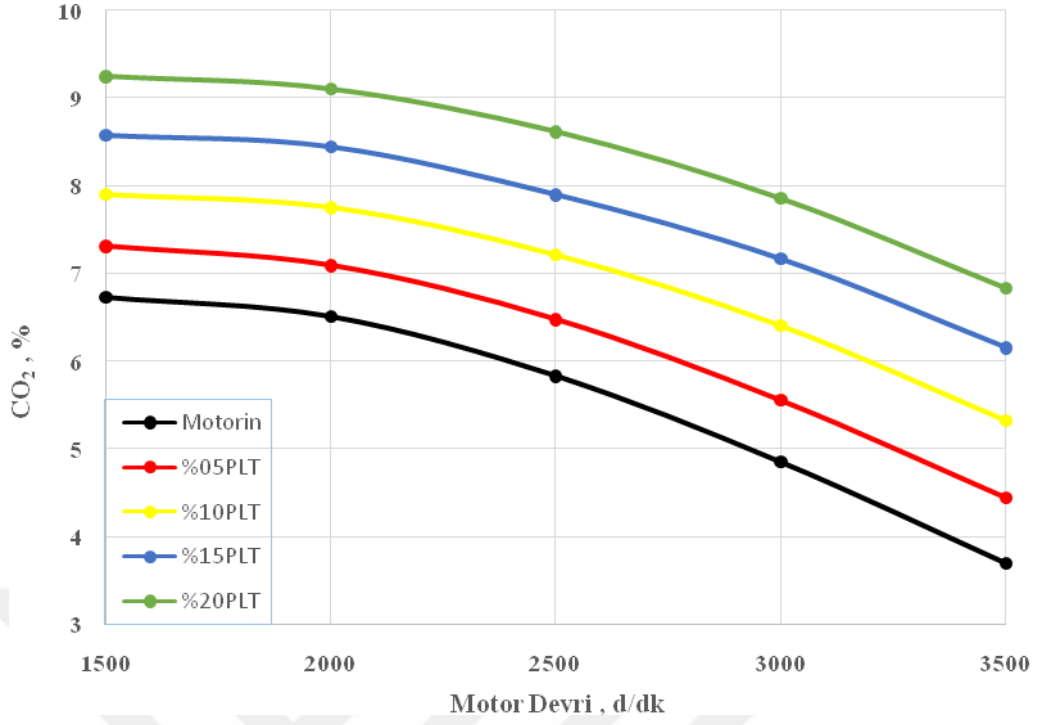
Hidrokarbon (HC) emisyonları, silindir içerisinde yanma sonunda oluşan eksik yanmadan kaynaklanmaktadır. Egzozda biriken bu yanmamış yakıtlar yanma esnasında tutuşma gecikmesinin artması ile birlikte artış göstermektedir [14,18,19].



Şekil 6.6.Test Yakıtlarının Devir- HC Grafiği

Şekil 6.7’de test yakıtlarının CO₂ emisyon grafikleri görülmektedir. CO₂ emisyonu tam yanma gerçekleşmenin bir göstergesidir. Grafik incelendiğinde test yakıtlarının CO₂ emisyonu değerleri devir arttıkça azalmakta olduğu görülmektedir. MTD’de CO₂ emisyon değerleri PLT05’de %7,09, PLT10’da %7,76, PLT15’de %8,45 ve PLT20’de %9,11 tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama CO₂ emisyon değerleri PLT05’de %11,11, PLT10’da %20,96, PLT15’de %28,55 ve PLT20’ de %34,42 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

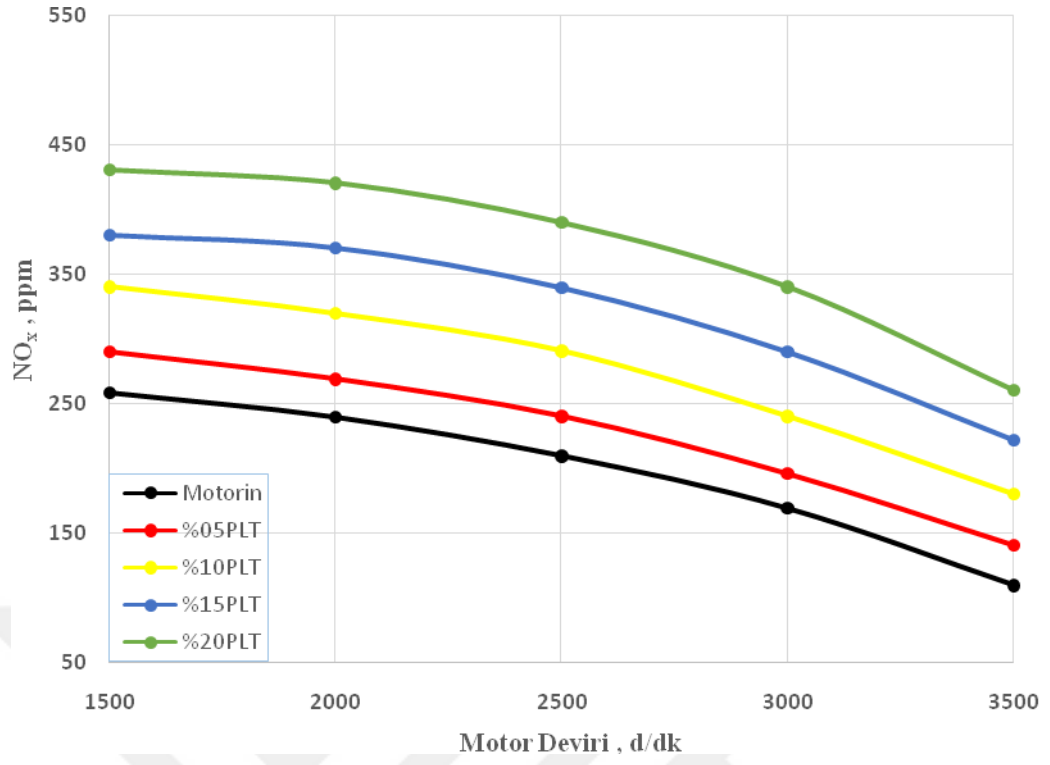
Hidrokarbonların yanması sonucu ortaya çıkan egzoz emisyonlarının esas bileşenlerinden birisi de CO₂ emisyonudur. Motor yükünün artması ile artan silindir iç basıncı ile birlikte meydana gelen daha iyi bir yanmanın ürünü olan CO₂ emisyon değerlerini arttırmıştır [17,19,30].



Şekil 6.7.Test Yakıtlarının Devir- CO₂ Grafiği

Şekil 6.8.'de motorine %5, %10, %15 ve %20 oranlarda PYE ilavesinin motor hızına bağlı olarak NO_x emisyonlarına olan değişimleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde test yakıtlarının NO_x emisyon değerleri devir arttıkça azalmakta olduğu görülür. MTD'de NO_x emisyonu değerleri PLT05' de 268,97 ppm, PLT10' da 320,43 ppm, PLT15' de 370,92 ppm ve PLT20' de 420,51 ppm tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak NO_x emisyon değerleri PLT05' de %13,98, PLT10' da %29,10, PLT15' de %39,52 ve PLT20' de %47,43 oranlarında artış gerçekleşmiştir.

Test sonuçlarına göre NO_x emisyon değerinin en düşük olduğu yakıt motorin yakıtıdır. PYE ilaveli test yakıtları motorine göre fazla oksijen içerdiği ve bu durumun yanmayı iyileştirmesi, silindir içi basıncın artmasıyla NO_x emisyon verilerinde artış görülmüştür.[9,18-20]



Şekil 6.8. Test Yakıtlarının Devir- NO_x Grafiği

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada yaşanan iklim değişikliği, araç sayılarının artması, kullanılan petrol türevli rezervlerin de zamanla hızla azalmayı tetiklemektedir. Bu durum petrol fiyatlarının yükselmesi ve sürekli artan dünya nüfusuyla birlikte enerji ihtiyacının artması, mevcut enerji rezerv kaynaklarının hızla tükenmesi araştırmacıları alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalara yöneltmiştir. Son yıllarda hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağlardan alınan, yenilebilir ve doğa dostu kaynaklardan üretilen biyodizel, dizel yakıtlara en büyük alternatif enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Yapılan çalışmada, PYE motorine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarda karıştırılarak tek silindirli, atmosferik bir dizel motorda test edilerek motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. Alınan test yakıtları dört zamanlı, hava soğutmalı, tek silindirli, elektrik dinamometresi ile yüklenebilen dizel bir motorda test edilmiş ve sonuçlar motorinle kıyaslanmıştır.

- Pelit yağı ekstraksiyonu alternatif bir yakıt potansiyeli teşkil ettiği görülmektedir.
- Motorin içerisine PYE eklenmesi tork ve güçte artışa sebep olmuştur. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak en çok tork artışı PLT20 test yakıtında (%9,4) ve güç artışı da PLT20 test yakıtında (%8,92) elde edilmiştir.
- Test yakıtlarında motorine göre fren özgül yakıt tüketimleri artmıştır. FÖYT en az artış PLT05 test yakıtında (%1,59) elde edilmiştir.
- Test yakıtlarının egzoz gaz sıcaklıklarında düşüş gerçekleşmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak egzoz gaz sıcaklığındaki azalma en çok PLT20 test yakıtında (%5,11) gerçekleşmiştir.
- Karbonmonoksit (CO) ve hidrokarbon (HC) emisyon değerlerinde artış olmuştur. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak en az CO emisyon artışı PLT05 test yakıtında (%9,08) ve en az HC emisyonu artışı da PLT05 test yakıtında (%15,82) elde edilmiştir. Her iki emisyon değerlerinde en az artış PLT05 yakıtında tespit edilmiştir.

- Tüm motor yük ve devirlerinde test yakıtlarının NO_x miktarları motorine göre yüksek çıkmıştır. Ortalama olarak en az NO_x artışı PLT05' de (%13,98) elde edilmiştir.
- Tüm motor devirlerinde CO_2 değerleri motorine göre artış eğilimindedir. Ortalama olarak en az CO_2 artışı PLT05' de (%11,11) tespit edilmiştir.

Yapılan bu deneysel çalışma göz önüne alarak öneri olarak;

- Farklı oranlarda PYE ve farklı yakıtlar ile araştırma çerçevesi genişletilebilir.
- Ekstraksiyon yönteminin ekonomik analizi yapılabilir.
- Farklı enjeksiyon parametrelerinde motor performans ve emisyonları araştırılabilir.
- Emisyon ve egzoz sıcaklık değerlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için püskürtme ve yanma karakteristikleri incelenebilir.
- Ham pelit yağı yoğunluğu motorine göre yüksektir. Kerozen ekstraksiyonu yöntemi geliştirilerek elde edilecek biyoyakıt özellikleri motorin özelliklerine yaklaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] National Geographic Dergisi (Türkiye). Biyoyakıt, Ekim 2007.
- [2] Utlu, Z. “Türkiye’nin 2023 Yılı Enerji ve Ekserji Kullanım Verimliliğinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2003).
- [3] Behçet R., Aydın S., Çakmak A., Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(4), 55-62, 2012.
- [4] Hasan Özgünay. Meşe palamutu ekstraktı valeks’in deri sanayisinde kullanılabilirliğinin artırılması üzerine araştırmalar.Yüksek lisans tezi. Ege Üniversitesi. İzmir2000
- [5] Sarıççek, B. Z., & Kılıç, Ü. (2002). Meşe palamutunun yem değerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. Hayvansal Üretim, 43(1), 32-44.
- [6] Orman Genel Müdürlüğü, Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı, Çankaya / Ankara-2013
- [7] Şen, S., & Yalçın, M. (2013). Meşe palamudu (*Quercus ithaburensis* Decne subsp *macrolepis*) atıklarının *Pleurotus ostreatus* üretiminde kullanımı. Ekoloji, 20(78), 60-65.
- [8] Behçet, R., Oktay, H., Çakmak, A., Aydın, H., 2015, Comparison of exhaust emissions of biodiesel–diesel fuel blends produced from animal fats, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 46, 157–165
- [9] Nişancı. S Biyodizel yakıt karışımlarının performans ve emisyon üzerine etkilerinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul 2007
- [10] Altun, Ş., Lapuerta, M., 2014, Properties and emission indicators of biodiesel fuels obtained from waste oils from the Turkish industry, Fuel, 128, 288–295.
- [11] Valente, O.S., Pasa, V.M.D., Belchior, C.R.P., Sodré, J.R., 2012, Exhaust emissions from a diesel power generator fuelled by waste cooking oil biodiesel. Fuel, 431, 57–61
- [12] Paulo, A.A., Costa, R.S., Rahde, S.B., Vecchia, F.D., Seferin, M., Santos, C.A.D., 2016, Performance and emission evaluations in a power generator fuelled with Brazilian diesel and additions of waste frying oil biodiesel, Fuel, 98, 288–297
- [13] Behçet, R., ve Çakmak, A. V., “Bir dizel motorda yakıt olarak kullanılan balık yağı metil ester karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkisi” 6th International Advanced Technologies Symposium, (IATS’11), Elazığ, 161-165 (2011)
- [14] 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 Üniv. Müh. Mim. Fak. 2008
- [15] Ciniviz M., Köse H., Canlı E., And Solmaz Ö., 2011, An experimental investigation on effects of methanolblended dieselfuels to engine performance and emissions of a diesel engine, Scientific Research And Essays, Vol. 6(15), Pp. 3189-3199, Academic Journals, Issn 1992-2248.
- [16] Behçet, R., Çakmak, A. V., Aydın, S., İlkılıç, C., ve Aydın, H., “Atık kızartma yağı metil esterinin bir dizel motorunda motor performansı ve egzoz

- emisyona etkisinin araştırılması”, 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Elâzığ, 72-76 (2011).
- [17] İçingür Y., Koçak M. S. 2006. Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Yakıtı Alternatifi Olarak Performans ve Emisyon Parametrelerinin İncelenmesi, Politeknik Dergisi 9(2):119-124.
- [18] Wail M. A. and Khaled S. A., “Performance of diesel engine fuelled by a biodiesel extracted from a waste cooking oil”, Energy Procedia, 18: 1317–1334 (2012).
- [19] Hossain, A. K., Ouadi, M., Siddiqui, S.U., Yang, Y., Brammer, J., Hornung, A., Kay, M. and Davies P. A., “Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of an indirect injection multi-cylinder CI engine fuelled by blends of de-inking sludge pyrolysis oil with biodiesel”, Fuel, 105: 135–142 (2013).
- [20] Bayrakçeken H, Yavuz H, Aksoy F, ve Ayhan Ş B. Soya yağının metil esterinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi. 5. Uluslararası ileri teknolojiler simpozyumu. Karabük 2009.
- [21] Rakopoulos, C.D., Giakoumis, E.G., Dimaratos, A.M., Founti, M.A., 2011, Comparative environmental behavior of bus engine operating on blends of diesel fuel with four straight vegetable oils of Greek origin, Sunflower, cottonseed, corn and olive, Fuel, 90, 3439-3446.
- [22] Alptekin, E., Hayvansal atık yağlardan biyodizel üretimi ve bir dizel motorda kullanımının incelenmesi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2013, Sayfa:182.
- [23] Qi D.H., Chen H., Geng L.M. and Bian Y.Z., (2011) “Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodieseldiesel blended fuel engine”, Renewable Energy, 36 (4): 1252-1258.
- [24] Sayın, C. (2012). Diesel engine emissionsimprovementsbytheuse of Sunflowermethyl ester /dieselblends. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 33(2), 83-88
- [25] Altun Ş, Oner C, İlkılıç Aspir yağının alternatif yakıt olarak dizel motor performansı ve motor elemanları üzerinde etkileri, Teknoloji, Cilt 8, Say 3,229-235 (2009)
- [26] Kannan, K. T. and Marappan, R., “Comparative study of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled by emulsified biodiesel/diethyl ether blended biodiesel”, Journal of Applied Sciences, 11 (6): 2961-2967 (2011).
- [27] Chauhan, B. S., Kumar, N., Cho, H. M. and Lim, H. C., “A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Karanja biodiesel and its blends”, Energy, 56: 1-7 (2013).
- [28] Dhar, A. and Agarwal, A. K., “Performance, emissions and combustion characteristics of Karanja biodiesel in a transportation engine”, Fuel, 119: 70-80 (2016).
- [29] Can, Ö., “Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture”, Energy Conversion and Management, 87: 676-686 (2016).
- [30] İsmail Tiller Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı, Yüksek lisans tezi, Pamukkale üniversitesi. Denizli 2005
- [31] Fevzi Yaşar. Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması. Doktora tezi. Batman Üniversitesi. Batman 2016

- [32] Özener, O., Yüksek, L., Ergenç, A. T., and Özkan, M., “Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics”, *Fuel*, 115: 875–883 (2016).
- [33] Ramazan Irgin Haşhaş yağından biyodizel üretimine etki eden parametrelerin optimizasyonu, Yüksek lisans tezi, Yozgat Boyoz Üniversitesi. Yozgat 2019
- [34] Efe, Ş., Ceviz, M. A., & Temur, H. (2018). Comparative engine characteristics of biodiesels from hazelnut, corn, soybean, canola and sunflower oils on DI diesel engine. *Renewable Energy*, 119, 142-151.
- [35] Ayatallah G., Mostafa M., and Reza H., Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine combustion characteristics and emission. *Renewable Energy* (2017), Pages 930-936
- [36] Kusmiyati, T., & Wulandari, T. (2016). Waste fish oil biodiesel production and its performance in diesel engine. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(2).
- [37] Özgür Düzgün, Balık yağından biyodizel üretimi ve motorlarda test edilmesi, Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük 2015
- [38] Raman, L. A., Deepanraj, B., Rajakumar, S., & Sivasubramanian, V. (2019). Experimental investigation on performance, combustion and emission analysis of a direct injection diesel engine fuelled with rapeseed oil biodiesel. *Fuel*, 246, 69-74.
- [39] Rajak, U., & Verma, T. N. (2018). Effect of emission from ethylic biodiesel of edible and non-edible vegetable oil, animal fats, waste oil and alcohol in CI engine. *Energy Conversion and Management*, 166, 704-718
- [40] Korcan Fırat. Fosil yakıtlı araçlarda alternatif yakıtların kullanımlarının egzoz emisyon ve motor performanslarına olan etkilerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi. Manisa 2019
- [41] Devarajan, Y., Mahalingam, A., Munuswamy, D. B., & Arunkumar, T. (2018). Combustion, performance, and emission study of a research diesel engine fueled with palm oil biodiesel and its additive. *Energy & Fuels*, 32(8), 8447-8452
- [42] Üstün, S., Atık fuzel yağı-motorin karışımı içerisine organik esaslı mangan ilavesinin motor performansı ve emisyon karakteristiklerinin araştırılması, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, (2021),36:3,1515-1529
- [43] Karabaş, H., 2013. Acorn (*Quercus frainetto* L.) Kernel Oil as an Alternative Feedstock for Biodiesel Production in Turkey. *Journal of Energy Resources Technology*
- [44] Bayraktar, H. ve Durgun, O., “Buji ateşlemeli motorlar için alternatif yakıtların teorik değerlendirilmesi ve pratik kullanılabilirliği”, *Mühendis ve Makine*, 48 (533): 48-56 (2004).
- [45] Özertaş, Z. (2016). LPG'ye Hidrojen İlavesinin Buji ile Ateşlemeli Bir Motorun Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 4-10.
- [46] Doğan, H.E. (2016). Lpg Dönüşümü Yapılmış Bir Dizel Motorunda Azotoksit oluşumunun Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 19-22.

- [47] Karabektaş, M., Ergen, G. (2009). Taşıtlarda Doğalgaz Kullanım Teknolojileri, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 1-3.
- [48] Mohamed, Y., Selim, E. (2004). Sensitivity of duel fuel engine combustion and knocking limits to gaseous fuel combustion, *Energy Conversion and Management*, 45:411-425
- [49] Vezir, A., “Metanol benzin karışımlarının MgO-ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 16-20 (2006).
- [50] Dere, M.A. (2012). Çift Yakıtlı (Dizel+Hidrojen) Bir Dizel Motorunda Enerji ve Ekserji Analizi.
- [51] Deviren, Halis. (2017). Kümes Hayvanı Atıklarından Elde Edilen Biyogazın Benzinli Motorlarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ, 16-25.
- [52] Calam, A. (2010). Fuzel Yağının Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Yakıt Karışımı Olarak Kullanılmasının Motor Performansı ve Emisyonlara Etkisinin
- [53] Kulakoğlu, T., “Dizel-metanol karışımı kullanılan bir dizel motorda püskürtme basıncının performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2009).
- [54] Şener, Ö., “Buji ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, (2016).
- [55] İlker, Ö., Necmettin, T. ve Murat, C., “Etanol-benzin karışımı yakıtların taşıt performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi”, 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Sakarya (2008).
- [56] Taşçı, M. (2013). Motor Emisyonlarının Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Tahmini İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 7-18
- [57] Atılğan, İ. (2000). Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(1), 31-47.
- [58] Bayraktar, H. (1997). Benzin Etanol Karışımlarının Benzin Motorlarında Yanma ve Motor Çevrimi Üzerindeki Etkilerinin Teorik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 3-6, 127-130.
- [59] Calam, A. (2010). Fuzel Yağının Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Yakıt Karışımı Olarak Kullanılmasının Motor Performansı ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 53-56.
- [60] Fanick, E. R., Whitney, K. A. And Bailey, B. K.(1996). Particulate characterization using five fuels, SAE Paper, 961089:1-9.
- [61] Şenveli, E. (2008). Etanol Katkılı Yakıt Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-25.
- [62] Gök, C. (2008). Biyodizel Olarak Çeşitli Bitkisel Yağların Etil Ester Metoduyla Üretilerek Karakteristiklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 5-18.
- [63] Kaplan, C. (2001). Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 26-42.
- [64] Borat O, Balıcı M ve Sürmen A, 1995, İçten Yanmalı Motorlar, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, Ankara, 513s

- [65] Çetinkaya S., Taşıt Mekanığı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2017, 446
s
[66] <https://www.tupras.com.tr/urunler/30.08.2021>

EK A.

A.1 Motorin ile çalışmada elde edilen performans değerleri

MOTORİN				
Devir [d/dk]	Tork [Nm]	Güç [kW]	Fren Özgöl Yakıt Sarfiyatı [g/kWh]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1500	30,966	5,44	174,128	602,903
2000	31,709	7,06	179,025	643,053
2500	28,357	7,96	196,286	679,344
3000	25,013	8,37	213,880	700,698
3500	21,936	7,96	224,281	640,145

A.2 PLT05 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri

PLT05				
Devir [d/dk]	Tork [Nm]	Güç [kW]	Fren Özgöl Yakıt Sarfiyatı [g/kWh]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1500	31,413	5,61	184,066	599,917
2000	32,147	7,20	184,493	638,336
2500	28,826	8,10	191,996	668,812
3000	25,604	8,53	213,479	691,470
3500	22,35	8,14	228,857	630,642

A.3 PLT10 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri

PLT10				
Devir [d/dk]	Tork [Nm]	Güç [kW]	Fren Özgül Yakıt Sarfiyatı [g/kWh]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1500	31,838	5,74	168,713	595,811
2000	33,069	7,4	185,098	633,379
2500	29,603	8,39	200,932	662,255
3000	25,987	8,7	224,245	684,584
3500	22,819	8,41	234,037	599,905

A.4 PLT15 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri

PLT15				
Devir [d/dk]	Tork [Nm]	Güç [kW]	Fren Özgül Yakıt Sarfiyatı [g/kWh]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1500	32,918	5,85	180,221	588,687
2000	33,478	7,67	193,119	628,051
2500	30,878	8,63	195,130	655,872
3000	26,801	8,86	218,201	677,154
3500	23,373	8,58	233,082	590,815

A.5 PLT20 yakıtı ile çalışmada elde edilen performans değerleri

PLT20				
Devir [d/dk]	Tork [Nm]	Güç [kW]	Fren Özgöl Yakıt Sarfiyatı [g/kWh]	Egzoz Sıcaklığı [°C]
1500	34,679	6,01	181,929	584,687
2000	35,002	7,94	192,21	618,051
2500	31,611	8,82	209,766	650,872
3000	27,628	9,19	229,698	671,154
3500	24,186	8,97	230,391	583,815

A.6 Motorin ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

MOTORİN				
Devir	CO	HC	CO ₂	NO _x
1500	2,92	18,92	6,733	259,003
2000	2,86	23,98	6,514	239,705
2500	2,59	46,01	5,830	209,782
3000	1,97	63,99	4,860	169,847
3500	1,14	66,02	3,701	109,675

A.7 PLT05 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PLT05				
Devir	CO	HC	CO ₂	NO _x
1500	3,15	22,36	7,312	290,650
2000	3,06	28,90	7,091	268,968
2500	2,78	54,42	6,480	240,27
3000	2,17	76,63	5,563	196,224
3500	1,35	77,47	4,450	140,668

A.8 PLT10 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PLT10				
Devir	CO	HC	CO ₂	NO _x
1500	3,42	26,55	7,905	340,380
2000	3,36	36,10	7,755	320,434
2500	3,05	63,73	7,219	290,998
3000	2,44	91,60	6,410	240,380
3500	1,55	94,80	5,330	180,352

A.9 PLT15 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PLT15				
Devir	CO	HC	CO ₂	NO _x
1500	3,63	30,82	8,579	380,330
2000	3,52	40,50	8,452	370,918
2500	3,25	80,70	7,897	339,739
3000	2,70	107,50	7,175	290,294
3500	1,82	111,41	6,157	222,085

A.10 PLT20 yakıtı ile çalışmada elde edilen emisyon değerleri

PLT20				
Devir	CO	HC	CO ₂	NO _x
1500	3,84	36,125	9,246	430,420
2000	3,74	45,565	9,109	420,513
2500	3,48	100,17	8,619	390,224
3000	2,92	123,56	7,865	340,393
3500	2,05	128,25	6,837	260,813