

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYODİZEL KATKILI GEMİ VE UÇAK YAKITLARININ İÇTEN
YANMALI MOTORLARDAKİ PERFORMANSININ
İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Y.Müh. Burak GÖKALP

**Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği
Danışman: Prof.Dr. H.İbrahim SARAÇ**

KOCAELİ, 2009

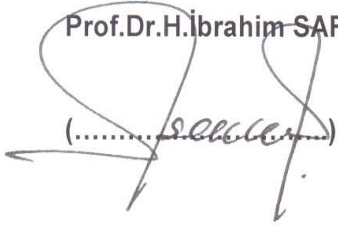
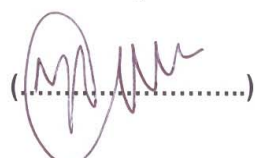



KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYODİZEL KATKILI GEMİ VE UÇAK YAKITLARININ İÇTEN
YANMALI MOTORLARDAKİ PERFORMANSININ
İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ
Y.Müh. Burak GÖKALP

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 24Şubat 2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 24 Mart 2009

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Prof.Dr.H.İbrahim SARAÇ	Prof.Dr.H.Şinasi ONUR	Prof.Dr.A.Nilgün AKIN
		
	Üye	Üye
	Prof.Dr.İsmail ÇALLI	Doç.Dr.Mustafa ÇANAKCI
		

KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ

Bu tezin ortaya çıkmasında, başta saygıdeğer ve değerli danışmanım Prof.Dr.H.İbrahim SARAÇ'a, değerli fikirleriyle tezimin ortaya çıkmasında büyük rol oynayan ana bilim dalı başkanımız Prof.Dr.H.Şinasi ONUR ve Prof.Dr.A.Nilgün AKIN'a, bölümümüzdeki diğer hocalarıma, Fen Bilimleri Enstitüsü yöneticilerine, deneme yakıtlarının temininde yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr.M.Erdem BOĞOÇLU'ya, İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesinden Prof.Dr.Refig MEHDİYEV'e, Ar.Gör.Dr.Mak.Yük.Müh. Hikmet ARSLAN'a katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca, bu doktora çalışmasında manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her daim yanımda olan hayat arkadaşım Saniye ve kızım Öykü'ye çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vi
SİMGELER.....	vii
ÖZET.....	ix
İNGİLİZCE ÖZET.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
3. BİYODİZEL VE YAKIT ÖZELLİKLERİ	14
3.1.Biyodizelin Yakıt Özellikleri	16
3.2. Biyodizelin Soğuk Akış Özellikleri.....	20
3.3. Depolama ve Stabilite.....	22
3.4. Motor Aşınması, Motor Birikintisi Ve Yağ Viskozitesi.....	23
3.5. Biyodizelin Çevresel Etkileri.....	24
3.6. Dünyada Biyodizel Uygulamaları.....	26
3.7. Kara, Deniz ve Hava Taşımacılığında Biyodizel Kullanımı.....	27
3.8. Jet Yakıtlarının Dizel Motorlarında Kullanımı.....	30
3.9. Tek Yakıt Tipinin Seçim Esasları.....	31
3.10. Tek Yakıtın Teknik, Lojistik, İşletme, Ekonomik ve Çevresel Faktörleri.....	35
4. MATERYAL ve METOD.....	37
4.1. Deney Malzemeleri.....	37
4.2. Deney Hazırlığı ve Deneylerin Yapılışı.....	45
4.3. Deney Verileri ile Hesaplanan Performans Değerleri.....	47
4.3.1. Moment hesabı.....	49
4.3.2. Güç hesabı.....	51
4.3.3. Ortalama efektif ve indike basınç hesabı.....	52
4.3.4. Özgül yakıt tüketimi hesabı.....	55
4.3.5. Hava debisinin hesabı.....	53
4.3.6. Volümetrik verim.....	54
4.3.7. Mekanik verim hesabı.....	54
4.3.8. Termal verim hesabı.....	55
4.3.9. Egzoz emisyon analizleri.....	55
4.3.10. Işık absorpsiyon katsayısı (K).....	55
4.3.11. Titreşim ölçümü.....	56
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	57
5.1. Moment Değişimi ve Özgül Yakıt Tüketimi.....	57
5.2. Güç Değişimi ve Termal Verim Değişimi.....	64
5.3. Mekanik Verim.....	69
5.4. Egzoz ve Yağlama Yağı Sıcaklıkları.....	72
5.5. NO _x Emisyonları.....	75
5.6. CO Emisyonları.....	78
5.7. CO ₂ Emisyonları.....	81
5.8. Işık Absorpsiyon Katsayısı (K).....	83

5.9. Titreşim.....	86
5.10. Örnek Deniz Aracı Denemeleri.....	87
5.10.1. Çekme kuvveti.....	88
5.10.2. Yakıt tüketimi.....	90
5.10.3. Işık absorpsiyon katsayısı (K).....	92
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	97
EKLER.....	102
ÖZGEÇMİŞ.....	123

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1: Türkiye'nin 2001 yılı dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı.....	27
Şekil 3.2: Ulaştırma sektöründeki kara taşıtlarının dağılımı.....	28
Şekil 3.3: NATO yakıt tiplerinin karbon atom sayıları.....	31
Şekil 3.4: Viskozitelerin sıcaklıkla değişimi.....	33
Şekil 3.5: Yakıt yoğunluklarının sıcaklıkla değişimi.....	33
Şekil 3.6: Yüzey gerilmelerinin sıcaklıkla değişimi.....	34
Şekil 3.7: Yakıtların distilasyon sıcaklıkları.....	35
Şekil 4.1: Deney düzeneğinin genel görünüşü.....	37
Şekil 4.2: Deney motoru.....	38
Şekil 4.3: Dinamometre.....	39
Şekil 4.4: Hava akış metresi.....	39
Şekil 4.5: Termometreler.....	40
Şekil 4.6: Titreşim ölçer.....	41
Şekil 4.7: Kontrol paneli.....	41
Şekil 4.8: Yakıt tüketimi ölçer cihazı.....	42
Şekil 4.9: Yakıt tüketim ölçüm şeması.....	42
Şekil 4.10: Horiba marka egzoz emisyon cihazı (NO _x , CO ₂ , CO).....	44
Şekil 4.11: BOSCH marka egzoz emisyon cihazı (K).....	44
Şekil 4.12: Deney akış diyagramı.....	46
Şekil 4.13: Dinamometrenin şematik resmi.....	51
Şekil 4.14: Ölçüm balonu.....	53
Şekil 5.1: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME moment değişimleri.....	58
Şekil 5.2: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının moment değişimleri.....	59
Şekil 5.3: Değişik Devir Tam Yükte MF ve SME Karışımlarının Moment Değişimleri....	60
Şekil 5.4: Değişik Devir Tam Yükte JF ve SME Karışımlarının Moment Değişimleri....	60
Şekil 5.5: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	61
Şekil 5.6: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	63
Şekil 5.7: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	63
Şekil 5.8: Değişik devir tam yükte JF ve SME Karışımlarının özgül yakıt tüketimi değişimleri.....	64
Şekil 5.9: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME güç değişimleri.....	65
Şekil 5.10: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının güç değişimleri.....	66
Şekil 5.11: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının güç değişimleri.....	66
Şekil 5.12: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının güç değişimleri.....	67
Şekil 5.13: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME termal verim değişimleri.....	69
Şekil 5.14: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME mekanik verim değişimleri.....	70
Şekil 5.15: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının mekanik verim değişimleri.....	71
Şekil 5.16: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının mekanik verim değişimleri.....	71
Şekil 5.17: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının mekanik verim değişimleri.....	72

Şekil 5.18: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve sme egzoz sıcaklık değişimleri.....	73
Şekil 5.19: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının egzoz sıcaklık değişimleri.....	73
Şekil 5.20: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının egzoz sıcaklık değişimleri.....	74
Şekil 5.21: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının egzoz sıcaklık değişimleri.....	74
Şekil 5.22: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME yağlama yağı sıcaklık değişimleri.....	75
Şekil 5.23: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME NO _x değişimleri.....	76
Şekil 5.24: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının NO _x değişimleri.....	77
Şekil 5.25: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının NO _x değişimleri.....	77
Şekil 5.26: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının NO _x değişimleri.....	78
Şekil 5.27: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME CO Değişimleri.....	79
Şekil 5.28: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının CO değişimleri.....	80
Şekil 5.29: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının CO değişimleri.....	80
Şekil 5.30: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının CO değişimleri.....	81
Şekil 5.31: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME CO ₂ değişimleri.....	82
Şekil 5.32: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının CO ₂ değişimleri.....	82
Şekil 5.33: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının CO ₂ değişimleri.....	83
Şekil 5.34: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının CO ₂ değişimleri.....	83
Şekil 5.35: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME Işık Absorbsiyon Katsayısı değişimleri.....	84
Şekil 5.36: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının Işık Absorbsiyon Katsayısı değişimleri.....	85
Şekil 5.37: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının Işık Absorbsiyon Katsayısı değişimleri.....	85
Şekil 5.38: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının Işık Absorbsiyon Katsayısı değişimleri.....	86
Şekil 5.39: Değişik devir tam yükte JF, MF ve SME karışımlarının titreşim değişimleri.....	87
Şekil 5.40: Çekme kuvvetinin ölçüldüğü dinamometrenin görünüşü.....	89
Şekil 5.41: Değişik devirde MF, JF ve SME karışımlarının çekme kuvveti değişimleri.....	89
Şekil 5.42: Yakıt tüketiminin ölçüldüğü sistemin görünüşü.....	90
Şekil 5.43: Değişik devirde MF, JF ve SME karışımlarının yakıt tüketimi değişimleri.....	91
Şekil 5.44: MF, JF ve SME karışımlarının yoğunluk değerleri.....	91
Şekil 5.45: MF, JF ve SME karışımlarının ısı değerleri.....	92
Şekil 5.46: Işık absorbsiyon katsayısının ölçüldüğü cihazın görünüşü.....	93
Şekil 5.47: MF, JF ve SME karışımları ışık absorbsiyon katsayılarının değişimleri.....	93

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1: Biyodizel (B100) standartları.....	15
Tablo 3.2: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin setan sayıları.....	17
Tablo 3.3: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin parlama noktaları.....	18
Tablo 3.4: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin özgül ağırlıkları.....	19
Tablo 3.5: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin ısı değerleri.....	19
Tablo 3.6: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin soğuk akış özellikleri.....	20
Tablo 3.7: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin viskoziteleri	22
Tablo 3.8: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin iodin numaraları	23
Tablo 3.9: Avrupa ülkelerinin biyodizel üretimi.....	26
Tablo 3.10: A.B. yıllar itibariyle hedeflenen biyodizel karışım oranları.....	27
Tablo 3.11: Türkiye'deki deniz taşıtlarının sayısı (1993-2002).....	28
Tablo 3.12: Dz.K.K. gemi/hava araçlarında kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	29
Tablo 4.1: Deney motorunun teknik özellikleri.....	38
Tablo 4.2: Hava akış metresi teknik özellikleri.....	40
Tablo 4.3: Titreşim ölçer teknik özellikleri.....	41
Tablo 4.4: Deneyde kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	43
Tablo 4.5: HORİBA MEXA 574-GE egzoz emisyon cihazı teknik bilgileri.....	45
Tablo 4.6: BOSCH marka egzoz emisyon cihazı teknik bilgileri.....	45
Tablo 4.7: Ölçülen parametreler.....	47
Tablo 4.8: Deneye ait teknik veriler.....	48
Tablo 4.9: Hesaplanan parametreler.....	49
Tablo 5.1: Termal verim ve özgül yakıt sarfiyatı karşılaştırılması.....	68

SİMGELER

T_{hava}	:hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
P_{atm}	:atmosfer basıncı (mbar)
F	:kuvvet (N)
N	:motor devir sayısı (d/d)
$\Delta t_{yakıt}$:yakıt ölçüm tüpünden geçen yakıtın süresi (saniye)
$T_{su,giriş}$:su giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{su,çıkış}$:su çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_{egzoz}	:egzoz sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
NO_x, CO	:azot oksit, karbon monoksit (ppm)
CO_2	:karbondioksit (%)
Δt_{hava}	:hava giriş süresi (saniye)
b	:dinamometrenin kol boyu (m)
V_c	:silindir hacmi (litre)
$V_{yakıt}$:ölçülen yakıt hacmi (cm^3)
V_{hava}	:ölçülen hava hacmi (m^3)
ρ_{su}	:su yoğunluğu (kg/m^3)
R_{hava}	:hava katsayısı ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)
c_{su}	:suyun özgül ısısı ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)
c_{egzoz}	:egzoz gazının özgül ısısı ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)
$(m_{hava}, m_{yakıt})_{sto}$:stokiyometrik hava-yakıt oranı (kg hava/ kg yakıt)
T_e	:moment (Nm)
P_e	:güç (kW)
$BMEP$:ortalama efektif basınç (MPa)
P_i	:ortalama indike basınç (MPa)
$m_{yakıt}$:yakıt debisi (kg/sn)
b_{sfc}	:özgül yakıt tüketimi (g/kWsa)
m_{hava}	:hava debisi (kg/sn)
$\eta_{volümetrik}$:volümetrik verim (%)
η_{termal}	:termal verim (%)
λ	:hava-yakıt oranı (%)
m_{egzoz}	:egzoz debisi (kg/sn)
m_{su}	:su debisi (kg/sn)
L	:duman içinde ışının yol aldığı fiili mesafe (m)
E_o	:dumansız halde aydınlanan birim yüzeydeki ışık akısı (I_x)
E	:dumanlı halde aydınlanan birim yüzeydeki ışık akısı (I_x)
R	:duman geçirgenliği (%)
C	:duman koyuluğu (%)
K	:ışık absorpsiyon katsayısı (m^{-1})
I_n	:tabi logaritma (-)
e	:tabi logaritma tabanı (2.718281828)
H_u	:alt ısı değer (kJ/kg)

BİYODİZEL KATKILI GEMİ VE UÇAK YAKITLARININ İÇTEN YANMALI MOTORLARDAKİ PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Burak GÖKALP

Anahtar Kelimeler: Alternatif Yakıtlar, Soya Yağı Metil Esteri, Dizel Motor, Jet yakıtı, Gemi yakıtı.

Özet: Bu çalışmada, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki motorlarda kullanılan jet yakıtı (JF), gemi yakıtı (MF) ve kara taşıt yakıtı (D2), soya yağı metil esterini (SME) ile %5, %20, %50 karışım oranları ile dört silindirli, doğal emişli, direkt püskürtmeli (DP) bir dizel motorda kullanılmıştır. Motor performans ve egzoz emisyon karakterlerini belirlemek amacıyla, motor tam yük ve değişken devir denemelerine tabi tutulmuştur. Denemeler neticesinde, yakıtlar içerisindeki SME oranı arttıkça, özgül yakıt tüketimi artış gösterirken, motor performansında ise JF, MF ve D2 yakıtlarına göre hafif bir düşme olmuştur. Egzoz gaz sıcaklıkları karışım yakıtlar içerisindeki SME oranı arttıkça yükselmiştir. Denemelerde, her bir yakıt için karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve ışık absorpsiyon katsayısı değerleri ölçülmüştür. Emisyon denemeleri neticesinde, SME'nin oksijen içeriği, CO ve ışık absorpsiyon katsayısı değerlerinde önemli azalmalar sağladığı belirlenmiştir. Ancak deneme motorunda SME ve karışım yakıtların kullanımı ile NO_x emisyonunda artış görülmüştür.

THE PERFORMANCE INVESTIGATION OF THE AVIATION AND MARINE FUELS WITH BIODIESEL IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Burak GÖKALP

Keywords: Alternative fuels, Soybean oil methyl ester, Diesel engine, Jet fuel, Marine fuel.

Abstract: In this study, the jet fuel (JF), marine fuel (MF) and rail road fuel (D2) in the Naval Forces diesel machines with SME blends (%5, %20, %50) were used in four-cylinder, naturally aspirated, direct (DI) diesel engine. In order to determine the engine performance and exhaust emission characteristics, the engine was exposed with full load and varied speed tests. In the results of experiments, as the SME ratio increases in the fuels, break specific fuel consumption (bsfc) and exhaust temperature increase, otherwise, SME and its blends showed a slight drop in the engine performance. In the experiments, carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), nitrogen oxides (NO_x) and smoke opacity values had been measured for each fuel. In the results of emission tests, it has determined that the oxygen content of SME has provided significant reduction in CO and smoke opacity emissions. But, when the test engine fuelled with SME and its blends, (NO_x) emissions have been increased.

1.GİRİŞ

Günümüzde motorlu taşıt endüstrisinin temel enerji kaynağı petrol ürünleridir. Dünya petrol rezervlerinin belirli bölgelerde toplanmış olması, siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı geçmişte petrol krizleri yaşanmasına neden olmuştur. Özellikle 1970'li yılların ortalarında yaşanan petrol krizi sonunda, petrol ürünleri piyasadan çekilmiş ve buna paralel olarak da fiyatının artmasına neden olmuştur. Petrol kaynaklarının kullanımından doğan olumsuzlukların, alternatif yakıt türlerinin çeşitli sektörlerde yaygınlaşacağını göstermektedir.

Alternatif yakıtların kullanımı ise gerek yasal düzenlemeler, gerekse teknolojik altyapının önceden planlanarak gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu alandaki politikaların geliştirilmesi, savunma sanayi, tarım ve otomotiv sektörüne ciddi kazançlar sağlayabilecektir. Biyodizelin kullanımı; çevre için temiz bir yakıt olması ve dışa bağımlılığı kaldırarak kendi öz kaynaklarımızdan elde edilmesinden ve ülke ekonomisine çok yönlü katkıda bulunması açısından önem arz etmektedir.

Bunun yanında, petrolün belirli bir rezerve dayalı sonlu bir kaynağı olması, mevcut motor teknolojisinde fazla bir değişiklik yapılmadan petrole alternatif olacak yakıtların bulunması ve kullanılabilirliğinin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıtlardan en önemlilerinden biri ve ülkemizde üretim imkânı yaygın olan biyodizel yakıttır.

Bu çalışmada amaç; ekonomik ve siyasi faktörlerden dolayı ortaya çıkabilecek enerji odaklı problemler karşısında, dışa bağımlılığı en aza indirgeyebilmek için, Silahlı Kuvvetler bünyesindeki araçlarda kullanılan yakıtlarla beraber (gemi yakıtı, uçak yakıtı, kara taşıt yakıtı) biyodizel yakıtının kullanılabilirliği araştırmaktır.

Yapılan araştırmanın amacı iki başlık altında toplanmaktadır;

- Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki dizel makinelerde kullanılan JF, MF ve D2 yakıtları ile SME yakıtını beraber kullanmak ve motorlarda hali hazırda kullanılan yakıtların verdiği performans verilerine ulaşmaktır. Böylece tüm birimlerde daha çevreci ve stratejik (dışa bağımlılığı azaltan) bir yakıt kullanılabilecektir.
- Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki dizel motorlu araçlarda kullanılan

farklı tipte yakıtlar yerine tek bir yakıt kullanarak lojistik destek zincirini basitleştirmektedir. (tek yakıtlılık konsepti)

Tek yakıtlılık sayesinde elde edilecek avantajları sıralayacak olursak;

- Tüm araçlarda sadece bir ürün kullanılacak,
- Ürün temin problemleri ortadan kalkacak,
- Lojistik temin zinciri basitleşecek,
- Güç çalışma ortamlarında kullanıcılar arasında kullanıma imkân tanıyacak (harp durumunda bir hava aracı kamyonundan yakıt ikmali yapabilecek),
- Tek tip yakıt için gerekli tek bir alt yapıyla depolama alanı tasarrufu sağlanacak,
- Düşük sıcaklıklarda çalışma imkânı verebilecek,
- Temin borularında tek bir yakıt mevcut olduğundan yakıtların birbirine karışma riski olmayacak,
- Bakım çalışmalarında tasarruf sağlanacaktır.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İlk olarak Rudolf Diesel, icat ettiği dizel motorda yakıt olarak fıstık yağını kullanmasına rağmen, günümüze kadar çeşitli enerji yoğunluğuna sahip fosil kökenli yakıtlar, dizel motorlarda kullanılmıştır. Alternatif yakıtlar içerisinde en yoğun ilgiyi biyodizel yakıtı görmüştür. Aslında biyodizel kavramı, Rudolph Diesel'in 1895'de dizel motorlarda ilk olarak fındık yağını yakıt olarak kullanmasına kadar dayanmaktadır. Ancak biyodizel ismi ilk olarak 1992 yılında "Amerika Ulusal Soy Dizel Geliştirme Kuruluşu" tarafından ortaya atılmıştır. Kimyasal olarak yenilenebilir yağ kaynağından türetilen uzun zincirli yağ asitlerin mono alkol esterleri olarak tanımlanabilir. Yani biyolojik kaynaklardan elde edilen ester tabanlı bir tür oksijenli yakıttır ve sıkıştırma ateşlemeli "CI" motorlarda kullanılabilir [1].

Kaplan tarafından yapılan çalışmada, ayçiçeği yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımı konusunda bir çalışma yapılmıştır. Çalışmasında motorin ile ayçiçeği yağı metil esterini performans ve emisyon bakımından karşılaştırılmıştır. Ayçiçeği yağı metil esterinin kullanımı ile motorine göre %1-%10 arasında tork ve güç düşüşü olduğunu bildirilmiştir. Bu düşüşlerin, ayçiçeği yağının viskozitesinin motorinden yüksek, ısıl değerinin ise düşük olmasından kaynaklandığını rapor etmiştir. Özgül yakıt tüketiminin de motorinden %2-%5 yüksek olduğu ve bunun da ayçiçeği yağının motorinden daha düşük bir ısıl değere sahip olmasından kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Ayrıca duman koyuluğunun motorinden daha az, CO miktarının da yine motorine göre daha düşük çıktığını gösterilmiştir [2].

Akdere tarafından yapılan çalışmada, bu çalışmasında soya yağı metil esteri (SME)'nin dört zamanlı, dört silindirli, direkt püskürtmeli ve turbosarjlı bir dizel motorunda kullanım imkânı deneysel olarak araştırılmıştır. Dizel yakıtı ve SME deney motorunda orijinal püskürtme avansında test etmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Moment ve güç değerlerinde ortalama olarak sırasıyla %2,04 - %1,98 düşüş, özgül yakıt tüketiminde %13,07 artış ve duman koyuluğu değerlerin de yaklaşık %50 oranında düşüş tespit edilmiştir. Değişik püskürtme avanslarında SME kullanılarak aynı testler tekrar yapmış püskürtmenin öne alınması motor güç ve

momentinde ile duman koyuluğu değerlerinde artışa, özgül yakıt tüketiminde azalmaya sebep olmuştur. Püskürtmenin geciktirilmesi motor güç ve momentinde azalmaya, özgül yakıt tüketimi ve duman koyuluğu değerlerinde artışa sebep olmuştur [3].

Wagner tarafından yapılan çalışmada, soya yağının etil, metil ve bütıl esterleri direkt püskürtmeli turbo şarjlı bir motorda test edilmiş performans olarak dizel yakıtı ile esterler arasında fazla bir fark olmadığı, HC, CO ve PM'lere bakıldığında da dizel yakıtına benzerlik gösterdiği, NOx emisyonlarında ise, esterlerin yüksek çıktığı gözlemlenmiştir [4].

Nwafor tarafından yapılan çalışmada, kanola metil esteriyile çalışan dizel motorunun emisyon karakteristiklerini incelenmiş ve CO emisyonlarının dizel yakıtı ile benzerlik gösterdiğini tespit edilmiştir. Test sonuçları HC emisyonunun dizel yakıtına göre çok düşük olduğu ve yakıt tüketimin ise biraz yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca egzost sıcaklıklarının dizel yakıtıyla benzer olduğu rapor edilmiştir [5].

Usta ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, fındık/atık ayçiçek yağı metil esterlerinin %5, %10, %15, %17.5 ve %25 oranlarla ticari dizel yakıtı (D2) ile karışımlarının dört zamanlı, dört silindirli, turboşarjlı, indirekt (IDI) bir motorda %50, %75 ve %100 yükleme şartlarında performans ve emisyon değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak; fındık/atık ayçiçek yağı metil esterlerinin karışımlarının performans ve emisyon değerlerinin, D2 yakıtıyla benzer olduğu görülmüştür [6].

Altın ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde No.2 dizel yakıtı ile birlikte dokuz değişik farklı bitkisel yakıt (ham ayçiçek yağı, ham pamuk yağı, ham soya yağı ve bunlardan elde edilen ayçiçek yağı metil esterleri, pamuk yağı metil esterleri, soya yağı metil esterleri ile rafine edilmiş haş haş yağı kanola yağı ve mısır yağı) kullanılmıştır. Motor performansı ve egzoz emisyon karakteristiklerini belirlemek amacıyla değişik yükleme şartlarında çalıştırılan motor testlerinde; bitkisel yağların performans değerlerinin No.2 dizel yakıtından daha düşük, duman koyuluğu bitkisel yağlarda daha yüksek, NOx emisyonlarının ise No.2 dizel yakıtından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Metil esterli yakıtların motor

performansı değerlerinin ham yağlardan daha iyi ve No.2 dizel yakıtı performans değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir [7].

Altıparmak ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, kâğıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından biyodizel üretimi ve bunun motor performans ve emisyonuna etkisi araştırılmıştır. Tall yağı yağ asitlerinden metil ester (biyodizel) üretilip, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Üretilen tall yağı biyodizelinin, dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımı tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartlarında 1800 d/d - 3200 d/d aralığında performans ve emisyon testine tabii tutulmuş, dizel yakıtı değerlerine göre, karışım yakıtın tork ve güç değerlerinde sırasıyla %2,99 ve %2,94'e varan oranlar da azalmalar görülmüştür. Karışım yakıt ile motorun özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama %7,63 oranında artış göstermiş, karışım yakıtın kullanımı ile CO emisyonu değerlerinde %35,44'e kadar, duman emisyonlarında ise %3,27'ye kadar varan azalmalar tespit edilmiştir. Ayrıca, NOx emisyonlarında %13,29 oranına varan artışlar görülmüştür [8].

Karaosmanoğlu tarafından yapılan çalışmada, biyokütle kökenli, en önemli dizel motor alternatif yakıtı biyodizeldir. Biyodizel; bitkisel (kanola, soya, fındık, ayçiçeği, pamuk, mısır vb.) ya da hayvansal kökenli yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (etanol veya metanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan, yakıt amaçlı ürünün adıdır [9].

Amerikan Kara Kuvvetlerinde 5 farklı askeri araçta hızlanma ve çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Amerikan Kara Kuvvetlerinde D2 yakıtının kullanıldığı yerlerde JP8 yakıtını kullanılmıştır. Biyodizel yakıtının JP8'den daha fazla enerji yoğunluğuna sahip olmasından dolayı is emisyonlarını düşürmektedir. Obüs ve kargo taşıyıcıda, %20 biyodizel %80JP8 yakıt karışımı kullanıldığında %100JP8'e göre %6.8-%5.6 daha iyi bir hızlanma görülmüştür. Diğer uç araçta ise; çok büyük bir farklılık görülmemiştir. Test sonuçları göstermiştir ki, hızlanma ve moment genel olarak kullanılan yakıtların enerji yoğunlukları ile ilgilidir [10].

Schlick, Hamma ve Schinstock tarafından yapılan çalışmada, soya ve ay çiçek yağlarını dizel yakıtı ile hacimsel yüzde olarak 25/75 karıştırılmış ve dizel motorlarında yaklaşık 200 saatlik bir teste tabi tutarak performans testleri yapmışlardır. Deneyde kullanılan soya ve ay çiçek yağının ısıl değerlerinin 39100

kJ/kg ve 39900 kJ/kg, dizel yakıtının ise, 45010 kJ/kg olduğu ve ayrıca soya yağının 0.846 kg/dm³, ay çiçek yağının 0.842 kg/dm³ ve dizel yakıtının ise 0.824 kg/dm³ yoğunluğa sahip olduğu belirtilmektedir. Yapılan deneyde özgül enerji sarfiyatının ay çiçek yağı/dizel yakıtı karışımında, soya yağı/dizel yakıtı karışımından daha düşük olduğu, moment-devir grafiğinde ise ay çiçek yağı/dizel yakıtı karışımı olarak kullanıldığında elde edilen değerlerin, her ikisi yalnız dizel yakıtı kullanıldığında elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür [11].

Schumacher ve arkadaşları, bir Dodge kamyonunda yakıt olarak soya yağı metil esteri denenmiş ve soya yağı metil esterinin dizel motorlarında kolayca kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda motorlarda hacimsel olarak, %10-%20 -%30-%40-%50 soya yağı metil esteri-dizel yakıt karışımlarının kullanımı sonucunda; karışımdaki soya yağı metil esteri oranının artmasıyla güç, is oranı, CO ve HC emisyon değerlerinin düştüğünü, Nox emisyonları ve yakıt tüketiminin arttığı tespit edilmiştir [13].

Gvidonas ve Stasys tarafından yapılan çalışmada, kanola yağı metil esterlerinin direkt püskürtmeli bir motorda performans ve emisyonlar üzerine etkilerini incelenmiştir. Çalışmada %5-%10-%20-%35 karışım oranlarında metil ester-dizel yakıtı kullanılmış olup, çalışmada özgül yakıt tüketimi, termal verim, emisyon değerleri ve is oluşum miktarları incelenmiştir. Kullanılan metil ester için, maksimum momentteki özgül yakıt tüketimi 273,5 g/kWh, maksimum güç değerindeki özgül yakıt tüketimi 281 g/kWh olarak bulunmuş ve bu sonuçlara göre, kanola yağı metil esterlerinin özgül yakıt tüketimi, D2 yakıtına nazaran her iki durumda da yaklaşık olarak %20 oranında fazla bulunmuştur [14].

Gerpen ve Zang tarafından yapılan çalışmada, soya yağı metil, vintelize metil, isopropil esterleri ve bunların dizel yakıtı ile karışımları dört zamanlı, dört silindiri, turboşarjlı, 16.8:1 sıkıştırma oranlı bir motorda test edilmiştir. Motor performans eğrisinin ester/dizel yakıt karışımlarında dizel yakıtına benzer olduğu görülmüştür. Özgül yakıt tüketiminin ester/dizel yakıt karışımlarında daha yüksek olduğu ölçülmüştür. NOx emisyonlar dizel yakıtından daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni esterlerde %10 civarında kütleli olarak O₂ bulunmasıdır. Ayrıca esterle yapılan çalışmalarda testlerden sonra enjektörde karbon birikintileri gözlenmiştir [15].

Usta tarafından yapılan çalışmada, dört zamanlı, dört silindirli turboşarjlı "IDI" bir motorda değişik yükleme şartlarında, tütün tohum yağı metil esterinin No.2 dizel yakıtı ile oluşturmuş olduğu yakıt karışımlarının performans ve emisyon değerleri incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; No.2 dizel yakıtına eklenen tütün tohum yağı metil esterinin CO ve SO₂ emisyonunu düşürürken NO_x'leri çok az arttırdığı görülmüştür. Bu sırada, güç ve verim değerlerinin No.2 dizel yakıtına eklenen tütün tohum yağı metil esteri ile az miktarda arttığı bulunmuştur [16].

Altın tarafından yapılan çalışmada, soya ve ayçiçeği yağları ile bunların metil esterlerini tek silindirli bir motorda yakıt olarak kullanmıştır. Denemelerde saf ayçiçek yağı, saf soya yağı, %50 ayçiçek yağı-%50 dizel yakıtı, %50 soya yağı-%50 dizel yakıtı, saf ayçiçeği yağı metil esteri, saf soya yağı metil esteri, %50 ayçiçek yağı metil esteri-%50 dizel yakıtı, %50 soya yağı metil esteri-%50 dizel yakıtı ve %100 dizel yakıt olarak belirlendiği yakıt çeşitleri test edilmiştir. Saf yağ kullanımı esnasında viskoziteyi azaltmak için yağı, ön ısıtma işlemine tabi tutmuştur. Motorda tam gaz değişik hız ve sabit devir değişik yük testleri ile emisyon ölçümleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; bitkisel yağların bazı alternatif yakıtlara göre yüksek ısı değerlerine sahip olduğu, bitkisel yağların ve metil esterlerinin kısa süreli performans ve emisyon testlerinde dizel yakıtına yakın sonuçlar verdiği görülmüştür [17].

Savaş alanında tek bir askeri yakıt kullanma fikri 2.Dünya Savaşından sonra, petrol ürünlerinin lojistik destek zincirini basitleştirmek için düşünülmüştür. NATO kurulduğu yıllarda, 1960'ların ortalarında F34 (ticari havacılık yakıtı ile eşdeğer olan JP8 yakıtı) kullanılmaya başlanmıştır. Savaş alanları için tek askeri yakıtı doğru hareket, NATO kuvvetlerinin F40 (JP4) kullanımını keserek daha emniyetli, az yanabilir kerosen yakıt F34 (JP8) yakıtına geçtiği 1970'lerde başlamıştır. Arkoudeas ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, tek silindirli bir laboratuvar motorunda yakıt tüketimi ve emisyonlar incelenmiştir. Denemelerde iki farklı tip biyodizel %50 karışım oranlarında jet yakıtı (JP8) ile kullanılmıştır. Bu iki tip biyodizelin performansı birbirine yakın değerlerde olmakla beraber, yakıtların eklenmesi ile önemli oranda PM'nunda bir düşüş, NO_x emisyonunda ve hacimsel yakıt tüketiminde az bir artış gözlemlenmiştir [18,63].

Altın tarafından yapılan çalışmada, soya yağı metil ve etil esterlerini, viskozitelerini düşürmek için alkoller ile karıştırarak dizel motorlarda kullanmış ve dizel yakıtı ile karşılaştırarak motor performans değerleri ölçülmüştür. Soya esteri kullanıldığında dizel yakıtı göre motor performansında çok az bir düşüş göstermiştir. Bunun da soya yağ esterinin ısı değerinin dizel yakıtın ısı değerinden düşük olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir [17].

Özaktaş ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, ayçiçeği yağı, soya yağı, mısır yağı hacimsel olarak %20-%80 oranında dizel yakıtı ile karıştırılmış ve sıra tipi 6 silindirli 66 kW'yi 2800 l/min'de veren bir motorda denenmiştir. Yapılan testlerde özgül yakıt tüketimi, güç, moment, verim, duman koyuluğu incelenmiştir. Kısa testlerde bitkisel yağların dizel yakıtına alternatif olabileceği, fakat dayanıklılık testine ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir [19].

İlkılıç tarafından yapılan çalışmada, ayçiçek yağı metil esteri tek silindirli bir dizel motorunda motor performansı ve emisyonlar bakımından incelenmiştir. Yapılan testlerde enjeksiyon basıncı 150 bar'dan 250 bar'a kadar değiştirilerek motorun performansı ve emisyonları incelenmiştir. Sonuçlarına bakıldığında metil esterinin viskozite ve ısı değerinden kaynaklanan özgül yakıt tüketimi artışı görülmüştür [20].

Culshaw yaptığı çalışmada, kolza yağının metil esteri dizel motoru üzerinde hiçbir değişiklik yapılmadan kullanılmıştır. Bu yağın metil esterinin fiziksel ve kimyasal özellikleri yani ısı değeri, yoğunluğu, viskozite ve setan sayısı gibi değerleri dizel yakıtına çok yakındır. Bu yakıt traktörde kullanıldığı zaman dizel yakıtına oranla %5'e varan güç kaybı görülmüştür. Buna karşılık NO_x emisyonlarının seviyelerinin diğer yakıtlardan daha düşük olduğu görülmüştür. CO emisyonunda düşüş görülmüştür [21].

Korres ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, tek silindirli bir dizel motorda, JP5, No.2 dizel yakıtı ve hayvan yağlarından üretilmiş biyodizel %20, %40, %60 ve %80 oranlarında karışım oranlarında kullanılmıştır. Biyodizel her iki petrol esaslı yakıtı eklenmesi ile NO_x emisyonlarında artış görülmüştür. Beklendiği üzere biyodizel eklenmesiyle PM emisyonlarında düşüş tespit edilmiştir. JP5 kullanıldığı zaman %60 orana kadar PM emisyonlarını düşürmüş daha sonra setan numarasının düşük olmasından dolayı bir miktar yükselmiştir. Bunun yanında JP5 yakıtının PM

emisyolları No.2 dizel yakıtına düşük oranlarda görölmüştür. Biyodizelin oksijen içeriğine bağlı olarak biyodizelin hacimsel yakıt tüketiminde artış görölmüştür [22].

Kalligeros ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, tek silindirli bir laboratuar motorunda, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Deney motorunda %10, %20 ve %50 karışım oranlarında karışımlarında, ayçiçeği ve zentin yağından üretilmiş 2 tip biyodizel ve gemi yakıtı denenmiştir. Bu iki tip biyodizel performansı birbirine eşit bulunmuştur. Biyodizellerin gemi yakıtına eklenmesi ile HC, PM ve CO emisyonlarında düşüş gözlemlenirken, hacimsel yakıt tüketiminde ve NO_x emisyonlarında bir artış gözlemlenmiştir [23].

Çetinkaya ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, 75 kW'lık bir Megane dizel motorlu bir araç kullanılmıştır. Çalışmanın amacı; kullanılmış yemeklik yağ orijinli bir biyodizelin motor performansı ve yol dayanıklılığını kış şartlarında tespit etmektir. Kullanılan araç 7500 km şehir trafiğinde yol yapmıştır. Sonuç olarak; ölçülen tork ve gücünde No.2 dizel yakıtına göre %2'lik bir düşüş gözlenmiştir. Egzost gaz sıcaklıkları normal yakıtı nazaran daha düşük, yakıt enjeksiyon basınçları aynı tespit edilmiştir. İlk periyottan sonra yakıt enjektörleri incelendiğinde, No.2 yakıtı nazaran biyodizel kullanımında yetersiz yanmadan dolayı karbonlaşma oluşmuştur. Düşük viskoziteli biyodizel kullanıldıkça, bir süre sonra enjektör uçlarında daha temiz bir görünüm elde edilmiştir [24].

Canakci ve Gerpen'in yaptıkları çalışmada, yüksek serbestlik derecesine sahip yağ asitlerinden yapılmış biyodizelin No.2 dizel yakıtı ile karışımının motor performans ve emisyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Denemelerde kullanılan biyodizel-No.2 dizel karışımlarının 4 silindirli 4 zamanlı motorda kullanılması neticesinde; partiküllerde, CO ve yanmamış HC'larda azalma, NO_x emisyonlarında ise %11-%13 artış gözlemlenmiştir [25].

Altıparmak ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, alternatif yakıt olarak, tall yağı metil esteri kullanılmıştır. Yakıt, direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartında gerçekleştirilmiş, yakıt karışımlarının, motor performans ve emisyonlar üzerine etkileri incelenmiştir. Bahse konu denemelerde, motor gücü ve momenti tall yağı metil esteri kullanıldığında No.2 dizel yakıtına nazaran %6,1-%5,9 artmıştır. CO emisyonlarında %38,9'luk bir azalma, NO_x emisyonlarında ise %30'luk bir artış

gözlemlenmiştir. Bunun yanında duman yoğunluğunda kaydedilir bir değişikliğe rastlanılmamıştır [8].

Silvio ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, ay çiçek yağı metil esterinin, No.2 dizel yakıtı ile %5 ve %30 oranlarındaki karışımlarını, üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmamış “Volvo THD 100 EC” marka otobüs motorunda test etmiş, motor performansı ve emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. %30 karışım oranında güç değerleri ortalama %2,4 kW azalırken, %5 karışım oranında özellikle yüksek motor devirlerinde ortalama 1,5 kW artış görülmüştür. Yine benzer şekilde, %30 karışım oranında tork değerleri ortalama 15,3 Nm düşmüş, %5 karışım oranında ise 7,2 Nm artış gözlemlenmiştir. Hacimsel olarak hesaplanan özgül yakıt tüketimi değerlerinde ise çok önemli bir farklılık görülmemiştir. Emisyon ölçümlerinde No.2 dizel yakıtı ve karışım yakıtların CO ve NO_x emisyonları benzer sonuçlar vermekle birlikte CO emisyonlarının büyük yüklerde hafif düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. İS emisyonu ise azalma eğilimi göstermiştir. Deney neticesinde %30 ay çiçek yağı metil esteri kullanımının uygun olduğu görülmüştür [26].

Purcell ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada %100 soya yağı metil esteri ve %30 oranında dizel yakıtı ile karıştırılması ile elde edilen yakıtların egzoz emisyonları araştırılmıştır. Bu yakıtlar 75 kW gücündeki ön yanma odalı Caterpillar 3304 marka motorda test edilerek, düşük kükürt oranlı 2 numaralı dizel yakıtı sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Partikül emisyonunda %100 soya yağı metil esteri ve %30'a kadar varan azalmalar görülmüştür. NO_x emisyonlarında artış olmadan, CO emisyonlarında %23'e kadar, HC emisyonlarında ise %30'a kadar varan azalmalar tespit edilmiştir. %100 soya yağı metil esteri ile güç değerlerinde %9 düşüş, yakıt tüketiminde ise %13 artış tespit edilmiştir. %30 karışım oranında güç değerinde %4 azalma, yakıt tüketiminde ise %4 artış tespit edilmiştir [27].

Schumacher ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 1991 ve 1992 model Cummins marka motorlu, Dodge kamyoneti 48 ay boyunca %100 Biyodizel ile çalıştırıp test edilmiştir. 1991 model kamyonet 110451 km, 1992 model kamyonet 177022 km test edilmiştir. Çalışmada; motor gücünde düşük düzeyde bir azalma, yakıt sisteminin plastik aksamalarda hızlı bir şekilde aşınma, dizel yakıtı değerlerine göre daha düşük değerlerde CO, HC, parçacık ve is emisyonları elde edilmiş, NO_x emisyonlarında ise dizel yakıtına göre artış eğilimi göstermiş, motor yağı analizi verileri olarak ta; biyodizel kullanımı ile motorun aşınması sonucunda oluşan

madensel maddelerin petro kökenli dizel yakıtının kullanımı ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu görülmüştür [28].

Yamık tarafından yapılan çalışmada, ham ay çiçek yağından metil ve etil ester üretilip, fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Tek silindirli bir dizel motorunda dizel yakıtı, ay çiçek yağı metil esteri ve etil esterinin tam yük değişik devir ve sabit devir değişik yük deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonunda her yakıt için performans haritaları çıkartılmıştır. Tam yük durumunda ve değişik devirlerde yapılan deneylerde etil ester kullanımında ölçülen performans değerlerinin dizel yakıtı ve metil ester kullanımına göre daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Ay çiçek yağı metil esterinin ısı değeri ve özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına benzer değerler verdiği saptanmıştır. Deneyler esnasında gürültü ölçümü yapılmış ve esterlerin kullanımı durumunda motor gürültü seviyelerinin dizel yakıtından düşük olduğu belirlenmiştir. Deneylerin sonucunda ay çiçek yağı metil esterinin performans bakımından dizel yakıtına alternatif olacağı saptanmıştır [29].

Canakci yaptığı çalışmada, iki farklı tipte petrol kökenli yakıt ve soya esaslı biyodizel denemiştir. Denemeler direkt enjeksiyonlu 4 silindirli turboşarlı bir dizel motorda 1400 d/d'de tam yükleme pozisyonunda gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde biyodizel kullanımı ile PM, CO ve HC emisyonları düşerken, NO_x emisyonlarında %11,2'lik bir artış gözlemlenmiştir. Biyodizel özgül yakıt tüketimini yakıtın ısı değerine bağlı olarak %13,8 arttırmıştır. Bununla birlikte No.1 dizel yakıtı daha iyi bir emisyon değeri vermiş, Nox ve özgül yakıt tüketimi de sırasıyla %16,1 ve %1,2 azalma gözlemlenmiştir. Denemeler göstermiştir ki, biyodizel yakıtı ile No.1 dizel yakıtı motorda hiçbir değişme yapılmadan kullanılabilir [30].

Raheman ve Phadatare yaptıkları çalışmalarında, karanja metil ester ve dizel yakıt karışımlarının (%20 ve %80 oranlarda) emisyon ve performans değerlerini incelemiştir. Motorda elde edilen tork, güç, yakıt tüketim emisyon değerleri (CO, is ve NO_x) ölçülmüştür. Tork, güç ve termal verim arttıkça egzoz emisyonları düşmüş, özgül yakıt tüketimi azalmıştır. Bu değerler dizel ve karanja metil esterinin %20-%40 oranlarında gerçekleşmiştir [32].

Pereira ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, elektrik üreten bir dizel jeneratörde soya yağı metil esterinden üretilmiş SME kullanılmış ve yakıtın parlama noktası, yoğunluğu, viskozite akma noktası, setan indeksi bakır şerit korozyonu ve kül miktarları tespit edilmiştir. Daha sonra motor üzerinde CO, CO₂, NO, NO_x ve SO₂ değerleri ölçülmüş, sonuç olarak CO, SO₂ değerleri SME'de düşmüştür. Egzoz sıcaklıkları ile birlikte NO ve NO_x emisyonları devire bağlı olarak aynı değerlerde kaldığı tespit edilmiştir [33].

Selim ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, saf jojoba metil esteri ve karışım yakıtlarının indirekt püskürtmeli bir motorda kullanılması ve yanma sesini inceleyen çalışma alanında ilk yapılan çalışmadır. Bu çalışmada Ricardo E6 tipi bir motor kullanılmıştır. Test parametreleri motor devri, yükü, enjeksiyon zamanlaması ve sıkıştırma oranları temel alınarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak; jojobadan üretilmiş olan jojoba metil esteri dizel yakıtına alternatif yakıt olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir [34].

Zeng ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, kanola, soya ve ay çiçek yağı metil esterlerinin birbirleri arasındaki motor performans ve emisyon değerlerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Aynı setan numarasına sahip biri No.2 dizel yakıtı diğeri biyodizel olan yakıtların Nox emisyonları karşılaştırıldığında biyodizel yakıt daha fazla emisyon üretmiştir. Bunun yanında; is, CO ve HC emisyonlarında biyodizel yakıtında önemli bir azalma tespit edilmiştir [35].

Karabektaş ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, No.2 dizel yakıtı ile farklı sıcaklıklarda ısıtılmak suretiyle viskozitesi azaltılan cottonseed biyodizelinin motor performans ve emisyonlar üzerine etkilerini incelemişlerdir. Testler tek silindirli dört zamanlı direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda yapılmıştır. Biyodizel motora beslenmeden önce 4 farklı (30 °C, 60 °C, 90 °C ve 120 °C) sıcaklıkta ısıtılmışlardır. Testlerde fren gücü termal verim ile birlikte CO ve NO_x emisyonları ölçülmüştür. Testler neticesinde 90°C'ye ısıtılan COME termal verim ve CO emisyonları açısından olumlu sonuçlar verirken, NO_x emisyonları yüksek çıkmıştır. COME 120°C'ye kadar ısıtıldığında, fren gücünde viskozitenin azalmasıyla doğru orantılı olarak, gözle görülür bir azalma, tespit edilmiştir. Sonuçlar bu yakıt için 90°C'ye ısıtıldığında, motorlar için herhangi bir modifikasyon yapmadan yüksek NO_x emisyonuna rağmen kullanılabilceğini göstermiştir [36].

Genel olarak, biyodizel içerisindeki oksijen miktarı; yanma bölgelerindeki ihtiyaç duyulan oksijeni sağladığı için CO ve is emisyonlarında ciddi azalmalara neden olmaktadır. Petrol esaslı yakıtların aromatik bileşikler ve kükürt içermesi is emisyonlarını önemli oranda arttırmaktadır. Literatürde biyodizel ve karışımlarının kullanımı ile HC, CO ve is emisyonlarında önemli azalmalar sağlanırken NO_x %5-%15 oranında bir artış olduğunu yönündedir.

Giriş kısmında anlatıldığı üzere, petrolün belirli bir rezerve dayalı sonlu bir kaynağı olması, mevcut motor teknolojisinde fazla bir değişiklik yapılmadan petrole alternatif olacak yakıtların bulunması ve kullanılabilirliğinin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bununla birlikte petrol ithal eden bir ülke olan Türkiye, son günlerde bir enerji dar boğazından geçmektedir. Bu durumda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok büyük bir önem arz etmektedir. Zira; TSK'nın hâlihazır taşıt potansiyeli düşünüldüğünde, bahsedilen enerji dar boğazının getirdiği kısıtlamalar, bizleri öz kaynaklarımıza yönelik enerji arayışlarına sevk etmektedir. Bu durum TSK'da bir alternatif enerji politikasının oluşması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Bu durumlar neticesinde; bu çalışma için Çelebi Kimya A.Ş. fabrikasından SME (soya yağı metil esteri) temin edilmiş ve İTÜ Taşıtlar ve Motorlar laboratuvarında motor denemeleri gerçekleştirilmiştir. Askeri taşıt denemeleri için Gölcük Tersane Komutanlığı bünyesindeki deniz aracı kullanılmıştır.

Bu çalışmada amaç; ekonomik ve siyasi faktörlerden dolayı ortaya çıkabilecek enerji odaklı problemler karşısında, dışa bağımlılığı en aza indirgeyebilmek için, Silahlı Kuvvetler bünyesindeki araçlarda kullanılan yakıtlarla beraber (gemi yakıtı, uçak yakıtı, kara taşıt yakıtı) biyodizel yakıtının kullanılabilirliğini araştırmak ve Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki dizel motorlu araçlarda kullanılan farklı tipte yakıtlar yerine tek bir yakıt kullanarak lojistik destek zincirini basitleştirmektir.

3.BİYODİZEL VE YAKIT ÖZELLİKLERİ

Bitkisel yağların, petrol kaynaklı dizel yakıt ile rekabet edebilecek alternatif yakıt şeklinde değerlendirilmesi, öncelikli olarak motorlarda doğrudan kullanılması yönünde olmuştur. Ancak, bitkisel yağların doğrudan dizel motorlarda kullanımı biyodizelin getirdiği bazı avantajları sağlasa da yüksek viskozite, düşük uçuculuk ve doymamış hidrokarbon zincirlerinin reaktivasyonundan dolayı, özellikle uzun süreli çalışmalarda enjektörlerin tıkanması ve yağlama yağının bozulması gibi problemler oluşturmuştur. Bitkisel yağların viskoziteleri oldukça yüksek olup, standart No.2 dizel yakıtının viskozitesinin 10-20 katı mertebelerinde olabilmektedir. Hatta Hint yağının viskozitesi dizel yakıtın 100 katı kadardır. Yüksek viskozite de yakıtın püskürtülmesinde olumsuzluklara sebep olmaktadır [37].

Bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilmesi için motorlarda değişiklikler yapılması yerine yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilerek, dizel yakıt No.2'ye yaklaştırılması tercih edilmektedir. Yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmalarında ısıl ve kimyasal olmak üzere iki genel yaklaşım bulunmakla birlikte, kimyasal yöntem daha çok tercih edilmektedir. Kimyasal yöntemde kendi arasında seyreltme (inceltme), mikro emülsiyon oluşturma, piroliz (ayırıştırma) ve transesterifikasyon (yeniden esterleştirme) olmak üzere 4'de ayrılmaktadır [38].

Seyreltme bitkisel yağların belirli oranlarda dizel yakıt ile karıştırılarak kullanıldığı bir yöntemdir. Karışım oranı karışım yakıtın özelliklerinin standartlar içinde kalmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Mikro emülsiyon oluşturma metodunda metil alkol ve etil alkol gibi sıvılarla mikro emülsiyonlar oluşturularak, özellikle viskozitede önemli azalmalar olmaktadır. Piroliz yönteminde ise bitkisel yağlar oksijensiz ortamda ısıl bozunmaya tabii tutularak alkanlar, alkenler, alkadienler, karboksilikasitler, aromalar ve 12 küçük miktarda gazlar ortaya çıkarılmaktadır. Bu yöntem ile ortaya çıkan ağır hidrokarbonların kimyasal bileşimlerinin, petroldeki hidrokarbonlar ile benzer özelliklere sahip olduğu ortaya konmaktadır [37].

Biyodizel orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içeren etil veya metil ester tipi yakıt olmakla birlikte aşağıdaki özellikleri taşımaktadır;

- Çevre dostu
- Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen
- Anti-toksik etkili
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen
- Kanserojen madde ve kükürt içermeyen
- Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir
- Yağlayıcılık özelliği mükemmel
- Motor ömrünü uzatan
- Motor karakteristik değerlerinde iyileşme sağlayan
- Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen
- Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun
- Stratejik özelliklere sahip
- Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır [39].

Tablo 3.1: Biyodizel (B100) standartları [40]

Özellik	Test Metodu	Limitler	Birimler
Parlama Noktası	D 93	130.0 min	°C
Su ve Tortu	D 2709	0.05 max	% Hacim
Kinematik Viskozite	D 445	1.9-6,0	mm ² /sn
Kül	D 874	0.020	% Kütle
Sülfür	D 5453	0.05	% Kütle
Bakır Şerit Korozyon	D 130	No:3 max	
Setan Numarası	D 613	47 min	
Bulutlanma Noktası	D 2500	Rapor	°C
Karbon Atık	D 4530	0.050 max	% Kütle
Asit Numarası	D 664	0.80 max	mg KOH/g
Serbest Gliserin	D 6584	0.020	% Kütle
Toplam Gliserin	D 6584	0.240	% Kütle
Fosfor içeriği	D 4951	0.001 max	% Kütle
Distilasyon Sıcaklığı	D 1160	360 max	°C

Biyodizel saf ve biyodizel/dizel yakıt karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtlar aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır;

- B5 : %5 Biyodizel + %95 Dizel yakıtı
- B20 : %20 Biyodizel + %80 Dizel yakıtı
- B50 : %50 Biyodizel + %50 Dizel yakıtı
- B100 : %100 Biyodizel

3.1.Biyodizelin Yakıt Özellikleri

Biyodizelin yakıt özellikleri; setan sayısı, parlama noktası, distilasyon sıcaklıkları, özgül ağırlık ve yanma ısıdır. Bunları kısaca açıklamak gerekirse;

- Setan Sayısı

Yakıtın setan sayısı, ateşleme gecikmesinin bir ölçüsüdür. Daha yüksek setan sayısı yakıt enjeksiyonun başlaması ve ateşleme arasında daha kısa zamana işret eder. Dizel motor yakıtında arzu edilen bir özelliktir. Setan indeksi doğal petrol stokları için setan sayısı ile iyi bir ilişki kuran, hesaplanmış bir özelliktir. Setan indeksi aynı zamanda aromatikliğin bir ölçümüdür ve dolayısıyla aromatik bileşik içermeyen biyodizel ile ilişkili değildir.

Biyodizelin setan sayısı ana yağ kaynağına bağlıdır. Fakat; genellikle No.2 dizel yakıtından daha iyidir. Soya için rapor edilen setan sayısı 45,8'den 56.9'a ve kolza yağı metil esteri için 48'den 61,8'e kadardır. İç yağından ve kullanılmış kızartma yağından hazırlanan yüksek oranda doymuş esterler en yüksek setan sayısına sahiptir.

Motorlu taşıtlarda kullanılan dizel yakıtının 40 veya daha yüksek setan sayısına sahip olması gerekir. Dizel yakıtında yüksek setan sayısı yüksek maliyeti beraberinde getirir, bu yüzden birçok rafineri dizel yakıtın setan sayısını 40-45 arasında tutar.

Tablo 3.2: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin setan sayıları [12]

Yakıtlar	Setan Sayısı
Soya Yağı Metil Esteri	46,2
Soya Yağı Etil Esteri	48,2
Soya Yağı Bütil Esteri	51,7
Ay çiçek Yağı Metil Esteri	47,0
Yer Fıstığı Metil Esteri	54,0
Kanola Yağı Metil Esteri	61,8
Kanola Yağı Etil Esteri	64,9
Palm yağı metil ester	50,0
Kızartma Yağı metil ester	61,0
Don yağı metil ester	58,8
Pamuk Yağı Metil ester	51,2
D-2 yakıtı	42-52

Setan sayısı zincir uzunluğu ile artar, çift bağların sayısı ile azalır ve çift bağlar ile karbonil grupları zincirin merkezine doğru hareket ettiğinde azalır. Esterlerin etanol veya bütanol gibi daha uzun zincirli alkoller ile hazırlanması setan sayısı üzerinde küçük bir etkiye sahiptir. Setan sayısını artırmanın NOx emisyonlarını azalttığı görülmüştür [12, 41].

➤ Parlama Noktası

Parlama noktası; yakıtın üzerindeki buhar ve hava karışımının tutuşturabileceği, yakıtın ısıtılması gerekli olan sıcaklığın ölçüsüdür. Tüm iki numaralı dizel yakıtlar bağıl olarak yüksek parlama noktasına sahiptirler. Biyodizeller parlama noktası Tablo 3.3'de görüldüğü gibi çok daha yüksektir. Böylece biyodizel taşımacılık açımsıdan çok güvenlidir. Karışımlarda karışım seviyesinin %50'sine kadar No:2 dizel parlama noktası üstün gelecek ve parlama noktası daha sonra yükselecektir.

Tablo 3.3: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin parlama noktaları [12]

Yakıtlar	Parlama Noktası (°C)
Soya Yağı Metil Esteri	143
Soya Yağı Etil Esteri	167
Soya Yağı Bütil Esteri	158
Ay çiçek Yağı Metil Esteri	183
Kanola Yağı Metil Esteri	152
Kanola Yağı Etil Esteri	185
Palm yağı metil ester	174
Kızartma Yağı metil ester	124
Don yağı metil ester	138
Pamuk Yağı Metil ester	110
D-2 yakıtı	60-72

Biyodizelin alevlenme noktası, dizel yakıttan daha yüksektir. (>110°C) Bu özellik biyodizelin kullanımı, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar. Biyodizel petrol kökenli dizel yakıtı ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir ve bu özellik, petrol kökenli dizel yakıtının kalitesini yükseltmektedir. Yanma sonucu oluşan emisyon değerlerini de azaltan bir etkisi mevcuttur. Ayrıca motordaki yağlanma derecesini arttırmakta, motor gücünü azaltan birikintileri çözmektedir [9].

➤ Distilasyon Sıcaklıkları

Bağıl olarak benzer birkaç bileşiğin karışımları olarak hayvansal ve bitkisel ester yakıtları No.2 dizel yakıtına oranla dar bir kaynama aralığına sahiptirler ve 325°C ile 350°C arasında değişen ortalama kaynama noktaları sergilerler.

➤ Özgül ağırlık

No.2 dizel yakıtının özgül ağırlığı 0.85'dir. Biyodizelin özgül ağırlığının 0.86 ve 0,9 arasında değiştiği düşünüldüğünde, bu nokta daha çok 0,88 gibi önümüze çıkar. Bu yüzden biyodizelin hacimsel ölçümü biraz daha fazla yakıt kütlelerinin damıtılmasıyla sonuçlanır. Biyodizel hem hacimsel hem de kütleli olarak daha düşük enerji içeriğine sahiptir. Bu yüzden bir enjektör daha fazla yakıt kütlesi gönderse de gönderilen gerçek enerji D2'den daha azdır [12].

Biyodizellerin viskozite ve yoğunlukları hammadde ve yapılan işlemlere bağlı olmakla birlikte dizel yakıttan bir miktar daha yüksektir [42].

Tablo 3.4: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin özgül ağırlıkları [12]

Yakıtlar	Özgül Ağırlık
Soya Yağı Metil Esteri	0.8855
Soya Yağı Etil Esteri	0.8810
Don yağı etil ester	0.8680
Ayçiçeği Yağı Metil Esteri	0.88
Kanola Yağı Metil Esteri	0.8738
Kanola Yağı Etil Esteri	0.876
Palm yağı metil ester	0.8713
Kızartma Yağı metil ester	0.8716
Don yağı metil ester	0.8772
Pamuk Yağı Metil ester	0.88
D-2 yakıtı	0.85

➤ Yanma Isısı

Yakıt tüketiminin, alt ya da net ısı değer üzerine kurulmuş ve yakıtın hacimsel enerji yoğunluğu ile orantılı olduğu genellikle kabul edilir. Tablo'da No.2 dizel yakıtı ve çeşitli esterlerin ısı değerleri görülmektedir. No.2 dizel yakıtı tipik olarak 43000 kJ/kg'lık ısı değerine sahipken, biyodizel yaklaşık olarak %10 daha az ısı değerine sahiptir. Böylece biyodizelde ve biyodizel karışımlarında hacimsel yakıt ekonomisi daha düşük olacaktır [12].

Tablo 3.5: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin ısı değerleri [12]

Yakıtlar	Isıl Değer (kJ/kg)
Soya Yağı Metil Esteri	39760
Soya Yağı Etil Esteri	39390
Ayçiçek Yağı Metil Esteri	39575
Kanola Yağı Metil Esteri	39900
Kanola Yağı Etil Esteri	39805
Palm yağı Metil Esteri	39500
Kızartma Yağı Metil Esteri	39550
Pamuk Yağı Metil ester	39420
D-2 yakıtı	43000

Biyodizellerin viskozite ve yoğunlukları hammadde ve yapılan işlemlere bağlı olmakla birlikte dizel yakıttan bir miktar daha yüksektir. Isıl değerleri ise içerisinde oksijen bulundurdukları için yaklaşık %10 daha azdır [42].

3.2. Biyodizelin Soğuk Akış Özellikleri

Kış yakıtı için anahtar akış özellikleri bulutlanma ve dökülme noktalarıdır. Bulutlanma noktası, mum oluşumunun yakıt filtresini tıkamaya başlayabileceği sıcaklıktır. Yakıt soğutulduğunda ilk mum oluşum sıcaklığı olarak ölçülür. Dökülme noktası, yakıt jelleşme noktasının bir ölçümüdür. Dökülme noktası her zaman bulutlanma noktasından daha küçüktür. Bulutlanma noktası genellikle, akış iyileştirici olarak adlandırılan katıklardan etkilenmez. Bununla birlikte akış iyileştirici ilaveler boyutu azaltabilir ya da yakıt soğutulduğunda oluşan mum kristallerinin meydana gelmesine engel olabilir ve böylece mum tıkanıklığının bir problem haline geldiği sıcaklığı düşürür. Dökülme noktası ilaveleri yakıt jelleşme sıcaklığını önemli ölçüde düşürebilir. Soğuk filtre tıkanma sıcaklığı, dinamik test ile belirlenir ve mum çökeltisinin şiddeti ile ölçülür. Bu test, yakıt filtrelerinin mumlu çökeltilerden dolayı tıkanabileceği sıcaklığı ölçer. Yakıtların kış soğukluğundaki akış özellikleri yapıldıkları kaynaklara göre çok farklılık göstermektedirler. Biyodizel bulutlanma, dökülme ve soğuk filtre tıkanma noktalarının bir derlemesi Tablo.3.6'da görülmektedir [12].

Tablo 3.6: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin soğuk akış özellikleri [12]

Yakıtlar	Bulutlanma Noktası (°C)	Dökülme Noktası (°C)	Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (°C)
Soya Yağı Metil Esteri	-3	-7	-4
Soya Yağı Etil Esteri	-	-7	-
Don Yağı Etil Esteri	-	6	-
Ayçiçek Yağı Metil Esteri	-	-7	-
Kanola Yağı Metil Esteri	-11	-12	-13
Kanola Yağı Etil Esteri	-2	-15	-
Palm Yağı Metil Esteri	-	17	-
Kızartma Yağı Metil Esteri	9	8	-
Don Yağı Metil Esteri	12	9	-
Pamuk Yağı Metil Esteri	-	3	-
D 2 Yakıtı	-15/5	-35/-15	-10/-20

Biyodizel yakıtlarda bulutlanma noktası dizel yakıtlara göre daha yüksek olmakta ve bu da soğukta çalışma özelliklerini kötüleştirmektedir. Bulutlanma noktası esterleştirme kompozisyonu içerisindeki doymuş yağ asidi miktarı ile anlaşılabilir. Doymuş yağ asidi miktarı yüksek olan hammaddelerden üretilen biyodizellerin bulutlanma noktası da yüksek olmaktadır. Dolayısı ile bulutlanma noktasının düşürülmesi için ya yakıt içine özel katkı maddeleri karıştırılmalı veya biyodizel üretimi esnasında kullanılacak yüksek doymuş yağ asitliğine sahip yağlar düşük yağ asitliğine sahip yağlarla karıştırılmalıdır. Biyodizel üretiminde yıkama sonunda suyun tamamen uzaklaştırılması ve filtrelenmesi de önemli bir noktadır [42].

Biyodizelin donma noktasını etkileyen yapısal özellikleri; doymamışlık oranı, zincir uzunluğu ve dallanma derecesidir. Yüksek oranda doymuş iç yağ esterleri, soya ve kolza esterlerinden bu bakımdan daha fakirdir. Zincir uzunluğunu azaltmak ve ya zincir dallanmasını arttırmak yakıtın soğukta akış özelliklerini geliştirir. Zincir uzunluğu ve dallanma derecesi; bitki yetiştiriciliği, genetik mühendisliği yaklaşımları ve ayrıca biyodizelin kimyasal prosesi sayesinde ikili bağları bölmek ya da dallamış izomerler oluşturmak için düzeltilebilir.

Soğuk akış ya da akış iyileştiriciler dizel yakıtlarının soğuk akış özelliklerini düzeltmek için kullanılabilir. Bu katıklar mum oluşumunu engellemez (böylece bulutlanma noktasını değiştirmez); fakat küçük mum kristallerini büyümekten ve birleşmekten korur. Böylece dökülme ve soğuk filtre tıkanma noktasını etkiler [12].

Tablo 3.7'de görüldüğü gibi, soya yağı metil esterinin viskozitesi 40°C'de maksimum 4,1'dir. Kolza yağı ve iç yağı esterlerinin viskozite değerleri bu değeri oranda aşar. Herhangi bir durumda saf biyodizellerin viskozitesi No.2 dizel yakıtından daha yüksektir. Yüksek viskozite, yakıt spreynin daha kötü atomize olmasına ve yakıt enjektörlerinin daha düşük doğrulukta çalışmasına neden olur. Ayrıca, biyodizelin ve biyodizel karışımlarının viskozitesi, sıcaklık düşürüldüğünde No.2 dizel yakıtına göre çok daha hızlı artar.

Tablo 3.7: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin viskoziteleri [12]

Yakıtlar	Viskozite (cst 40°C)
Soya Yağı Metil Esteri	4.08
Soya Yağı Etil Esteri	4.41
İç Yağı Metil Esteri	5.83
Kanola Yağı Metil Esteri	4.5
Kanola Yağı Etil Esteri	6.17
Kızartma Yağı Metil Esteri	5.78
Palm Yağı Metil Esteri	4.5
İç Yağı Etil Esteri	5.93
D-2 Yakıtı	2.6

Yüzey tansiyonu (gerilmesi); sprey atomizasyonu, damlacık boyutunu ve dizel spreynin diğer önemli özelliklerini etkileyen bir diğer özelliktir. Saf biyodizellerin ve karışımların yüzey gerilimi ile ilgili yalnızca sınırlı sayıda veri mevcuttur. No.2 dizel yakıtı için tipik değer 100 C’de 22,5 dyne/cm’dir.

3.3. Depolama ve Stabilite

Stabilite (termal stabilite) hem sıcak hem de soğuk şartlar altında depolama sırasında oksidasyona ve çok küçük mikrobiyolojik aktiviteye ve su emmesine dirençtir. Biyodizel yakıtlarındaki kararsızlığın ana kaynağı yağ asidi zincirindeki doymamışlıktır. Eğer iki ya da daha fazla çift bağ mevcutsa karşılıklı olarak harekete geçen etkiye sahiptirler. Depolama sırasında biyodizel ile temas eden metal ve elastomerler de stabiliteyi etkileyebilir [12].

1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk malzemesi, biyodizel ile uyumlu kullanılamamıştır. Çünkü biyodizel doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip etmiştir. Ancak bu problemler; B20 ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmemektedir. Bununla birlikte, biyodizelin çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtının depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları, tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır.

Iodin sayısı, yakıtın doymamışlık derecesinin bir ölçümüdür. Doymamışlık çökelti oluşumuna ve depolama stabilizesi problemlerine neden olabilir. Soya ve kolza metil esterleri yaklaşık olarak 133 ve 97'lik bir iodin değerine sahiptir. Pek çok biyodizel doğal olarak yüksek oranda doymamış olan kullanılmış yağ stoklarından üretilir. Doymamışlığın taşınması, örneğin hidrojenasyon ile soğuk akış özelliklerinin kötüleşmesine yol açar.

Tablo 3.8: Çeşitli bitkisel yağ esterlerinin iodin numaraları [12]

Yakıtlar	Iodin Numarası
Soya Yağı Metil Esteri	135.1
Soya Yağı Etil Esteri	123
Ayçiçek Yağı Metil Esteri	125.5
Kanola Yağı Metil Esteri	97.4
Kanola Yağı Etil Esteri	99.7
Kızartma Yağı Metil Esteri	63.5
Pamuk Yağı Metil Esteri	105.7
D-2 Yakıtı	8.6

3.4.Motor Aşınması, Motor Birikintisi Ve Yağ Viskozitesi

Motor aşınması genellikle, belli bir çalışma periyodundan sonra motorlardan alınan yağın analizi sonucu saptanmaktadır. Aşınmanın anlaşılmasında dört metal değerlendirilmektedir. Bu metaller ve bunların motorlardaki kullanım yerlerine göre muhtemel aşınmalar şu noktalarda olmaktadır;

- Demir – Silindir
- Alüminyum – Piston
- Krom – Segman
- Kurşun – Yatak

B100, D100, B50 yakıtlarının 1000 saatlik motor çalışması sonucu elde edilen değerlere göre en fazla aşınmanın D100 yakıtı ile çalışma sonucu olduğu saptanmıştır. B100 yakıtı ile çalışmada ise; üç yakıtla çalışmaya göre en az motor aşınması tespit edilmiştir. Bu üç yakıtın da kullanımı sonucu elde edilen aşınma değerlerinin normal değerlerde olduğu görülmüştür.

Biyodizel ile çalışmada yanma sonucu, dizelere oranla daha düşük basınçlar ve düşük oranda basınç yükselmeleri görülmüş, motor aşınmasının düşük seviyelerde olması, bu yanma özelliğinden ve biyodizelin sahip olduğu iyi yağlama özelliğinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir [43].

Motor yağı analizi sonucu B100 ile çalışma motor yağı içerisindeki krom, demir oranları normal seviyede çıkmıştır. Motor birikintilerinin değerlendirilmesi sonucu enjektörlerde, piston üzerinde, silindir duvarlarında ve sübap sistemlerinde herhangi bir anormal birikinti saptanmamıştır.

Biyodizel kullanımında motor yağında bir miktar viskozite düşüklüğü görülmektedir. Ancak bu viskozite düşüklüğü, biyodizelin motor yağında ortaya koyduğu seyrelme etkisinden kaynaklanmaktadır. Dizel yakıtlı çalışmada ise, motor yağında belli bir çalışma periyodu sonucu, viskozite artışı gözlemlenmiştir. Biyodizel kullanımı sonucu yağ viskozitesinin düşmesi sebebiyle dizel ile çalışmaya oranla motor yağının % 20 daha kısa sürede değişmesi gerekmektedir [43].

3.5.Biyodizelin Çevresel Etkileri

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO₂ dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyonudur. Yine yanma sonucu ortaya çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SO₂, NO_x emisyonları insan sağlığına da zararlıdır.

Biyodizel bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, biyolojik karbon döngüsü içerisinde, fotosentez ile CO₂'i dönüştürüp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini arttırıcı yönde etki göstermez. Yani biyodizel CO₂ için doğal bir yutak gibidir. Biyodizel dizel yakıtına göre daha fazla NO_x emisyonu oluşturduğu hakkında literatürde farklı düşünceler mevcuttur. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri, biyodizel yakıtta yok denecek kadar azdır.

Biyodizel emisyonlarında, potansiyel kanser nedeni olan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) ve türevlerinden kaynaklanan emisyonlarda %80-90 oranlarda azalmalar belirlenmiştir [1,44].

Ayrıca biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisinin olmadığı belirlenmektedir. Buna karşılık 1 litre ham petrolün 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabildiği bilinmektedir [45].

Biyodizel, Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) Temiz Hava Kanunu Bölüm 211 (b) programı çerçevesinde zararlı emisyonlar ve potansiyel sağlık etkileri açısından tam olarak değerlendirilen ve olumlu görüşlerin ortaya çıktığı tek alternatif enerji kaynağı olarak saptanmıştır. Biyodizel için yapılmış değerlendirme sonuçlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Toplam kirli hava kütlesi oluşturma potansiyeli motorinden %50 daha azdır.
- SO₂ emisyonu ve bu emisyona bağlı olarak oluşan asit yağmuru gerçekleşmemektedir.
- CO egzoz emisyonu motorinine göre %50 daha az oranda tespit edilmiştir.
- Parçacık emisyonu solumanın insan sağlığı açısından zararı bilinmektedir. Biyodizel, motorinine göre %30 daha az oranda parçacık emisyonu ortaya çıkarmaktadır.
- Azot oksit emisyonu, motor tipine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır. Yapılan testlerde azot oksit emisyonunun %13 oranında arttığı görülmüştür. Ancak, biyodizelde kükürt olmamasından ötürü, motorin için kullanılmayan bazı egzoz emisyonu azaltma teknolojileri biyodizel rahatlıkla uygulanmakta ve azot oksit emisyonlarının kontrol edilmesi mümkün olmaktadır.
- Biyodizel, motorin kullanımından kaynaklanan ve insan sağlığını tehdit eden birçok çevresel faktörü ortadan kaldırmaktadır.

3.6.Dünyada Biyodizel Uygulamaları

California'daki Bakersfield tesisi dünyanın en büyük biyodizel tesislerinden biridir. Bu tesiste biyodizel üretimi 1999 yılında 500.000 galon, 2002 yılında ise 15 milyon galon olarak gerçekleşmiştir [46].

İtalya'da 11 adet firmada 125000 ton/yıl biyodizel üretimi ayçiçeği ve kolza yağından yapılmaktadır. Biyodizel daha çok belediye otobüslerinde vergi indirimi ile kullanılmaktadır. Tayvan'da Amerika Uluslar arası Biyodizel Kurulunun desteğiyle 2000 yılının Eylül ayında biyodizel yol testleri başlatılmıştır. Yol testi için bölgesel otobüs filosuna ait 6 adet araç seçilmiş ve soya yağından üretilmiş biyodizel yakıt kullanılmıştır [46]. Biyodizel Batı Avrupa'da 44 tesiste (İtalya 11 tesis ile lider), Doğu Avrupa'da 29 tesiste (Çek Cumhuriyeti 16 tesis ile lider), Kuzey Amerika'da 8 tesiste, diğer ülkelerde 4 tesiste üretilmektedir. Avrupa ülkelerinin biyodizel üretimi Tablo 3.9'da görülmektedir.

Tablo 3.9: Avrupa ülkelerinin biyodizel üretimi (x1000 ton) [47]

Ülkeler	1999	2000	2001	2002	2003
Avusturya	20	31	40	49	57
Çek Cumhuriyeti	55	55	55	55	55
Fransa	232	232	388	388	388
Almanya	103	229	314	625	985
İngiltere	0	0	0	150	250
Macaristan	0	0	0	20	40
İtalya	107	107	153	241	293
Polonya	0	0	0	10	30
Slovakya	8	8	25	29	31
İspanya	0	0	0	20	30
İsviçre	6	0	16	20	25

ABD; değişik programlarla biyodizel üretimi ve tüketimini desteklenmektedir. Teşvikler üretim maliyetlerini düşürmeyi amaçlamaktadır. Teşvik uygulamalarından bazıları biyoenerji tüketici kredi programı, hava kalitesi geliştirme programı ve temiz yakıt altyapısı için vergi indirimi programıdır. Bunun için teşvikler uygulamaktadır. Biyodizel teşvikleri ABD'de eyaletler bazında da değişmektedir. Almanya; yasal olarak %100 biyodizel kullanımı mümkündür. Biyodizel tüketim vergilerinden muaftır.

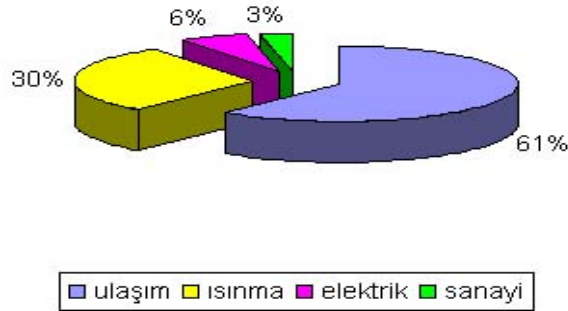
Avrupa Birliğinde 2003/30/CE sayılı ve 8 Mayıs 2003 tarihli direktif ile Tablo 5.13'de gösterilen biyodizel karışım oranları mecbur hale getirilmiştir. Avrupa Birliği ülkeleri gaz emisyonlarını kısıtlayan 2003/30/CE sayılı direktifine ek olarak biyodizel üretim tesislerini CO₂ açısından nötr olan tesisler kapsamına almış ve bu tesisler CO₂ vergisinden muaf tutulmuştur. Bütün bunlara rağmen dünya biyodizel üretimi hammadde yetersizliği ve maliyet yüksekliği nedeniyle istenen düzeyde değildir [47].

Tablo 3.10: Avrupa birliğinde yıllar itibariyle hedeflenen biyodizel karışım oranları [47]

YILLAR	ORAN (%)
2005	2.00
2006	2.75
2007	3.50
2008	4.25
2009	5.00
2010	5.75

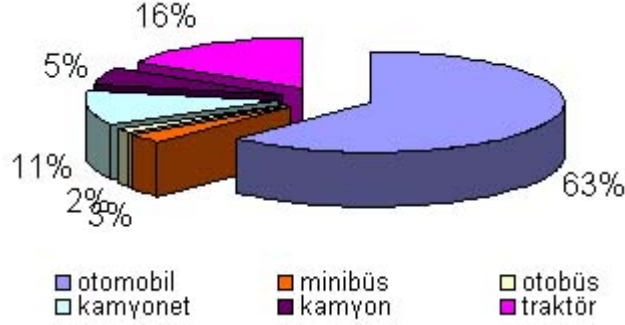
3.7.Kara, Deniz ve Hava Taşımacılığında Biyodizel Kullanımı

Biyodizel, dizel kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya bazı araçlarda küçük modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir ve dizelin depolandığı koşullarda ve mekânlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe kullanımı yaygın olarak gerçekleşmektedir. Gerek tarım makineleri üreticileri gerekse otomobil üretici firmaları biyodizeli yakıt olarak araçlarında kullanma garantisi vermişlerdir. Ülkemizde 2001 yılında sivil dizel yakıt tüketimi 8 763 828 ton olarak gerçekleşmiş ve tüketimin sektörlere göre dağılımı Şekil.3.1'de verilmiştir [48].



Şekil 3.1: Türkiye'nin 2001 yılı dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı [48]

Şekil 3.2'den de görüldüğü gibi dizel yakıt tüketiminde en büyük pay %61 ile ulaştırma sektörüne aittir. Isınma için harcanan dizel yakıt miktarı da %30 gibi küçümsenmeyecek bir paya sahiptir. DİE'nin yapmış olduğu istatistiklere göre Mart 2003 tarihi itibarıyla ülkemizdeki motorlu kara taşıtlarının sayısı toplam 7.507.516'dır. Dağılımı Şekil 5.5'de verilen kara taşıtlarının %49,37'si dizel yakıtla çalışmaktadır ve ticari araç kategorisindedir [48].



Şekil 3.2: Ulaştırma sektöründeki kara taşıtlarının dağılımı [48]

Ayrıca; ülkemizde dizel yakıtı deniz taşıtlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada biyodizelin dizel yerine deniz taşıtlarında kullanımı oldukça yaygındır. Ülkemizde de Tablo 3.11'den görüldüğü gibi biyodizelin deniz taşımacılığında da kullanım potansiyeli vardır. Tablo 3.12'de ise Deniz Kuvvetlerinde gemi/hava araçlarında kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.11: Türkiye'deki deniz taşıtlarının sayısı (1993-2002) [48]

GEMİ TIPLERİ	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
KURUYÜK	472	479	476	475	469	465	465	460	445	417
DÖKMEYÜK	109	121	157	173	181	171	167	156	154	138
OBO	7	8	9	8	7	6	7	5	1	1
PETROL TANKERİ	102	100	99	103	98	98	105	119	125	119
KİMYEVİ MAD.TANK	22	27	31	39	41	43	52	57	58	51
LPG TANKERİ	5	5	7	5	5	5	5	7	6	6
ASFALT TANKERİ	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3
SU GEMİSİ	8	11	11	10	10	10	10	10	10	12
RO/RO	8	14	22	24	25	29	28	30	29	26
KONTEYNER	0	1	3	7	11	18	25	28	34	39
FERİBOT	13	14	15	16	17	19	19	19	20	20
TREN FERİSİ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FRİGORİFİK	0	0	1	1	1	1	1	3	3	2
BALIKÇI GEMİSİ	17	20	31	42	42	42	44	54	55	52
YOLCU&YOLCU YÜK	31	31	33	35	36	40	42	39	39	31
BİLİMSEL ARAŞ.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4
ŞEH.HAT./DEN.OTO.	75	75	71	68	72	73	72	73	74	76
ŞEH.HAT.ARABALI	31	30	26	25	26	26	26	28	28	20
ROMORKÖR/HİZMET	96	97	134	131	139	141	158	167	165	157
DİĞER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
TOPLAM	1012	1050	1143	1179	1197	1204	1242	1270	1261	1185

Tablo 3.12: Deniz Kuvvetlerinde gemi/hava araçlarında kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri [49,50,51,52,53,54]

Özellikler	F76	JP5 (F44)	JP8 (F34)	F54	Test Metodu (ASTM)
Görünüm, @ 25°C	Açık ve parlak	Rapor	Rapor	Açık ve parlak	D 4176
Yoğunluk, @ 15°C, kg/m ³ , max	876	845	840	860	D 1298, D 4052, D 287
Distilasyon					D 86
% 10 °C	Rapor	205	205	200	
% 50 °C	Rapor	Rapor	Rapor	280	
% 90 °C (max)	357	Rapor	Rapor	371	
Son nokta °C (max)	385	300	300	0.1	
Kalıntı, % hacim	3.0	1.5	1.5	0.2	
Bulutlanma noktası, °C (max)	-1	-	-	-	D 2500, D 5771, D 5772, D 5773, D 6371
Buzlanma noktası, °C (max)	-	-46	-47	-	D2386, D5972
Renk, max	3	-	-		D1500, D6045
Renk Saybolt	-	Rapor	Rapor		D156, D6045
Parlama Noktası, °C, min	60	60	55	54	D93, D56
Parça Kirliliği, mg/lt, max	10	1.0	1.0		D5452, D6217, D2276
Akma Noktası, °C, max	-6	-	-	-18	D 6217, D 5452
Viskozite @ 40 °C, mm ² /sn	1.7 - 4.3	-	-	2.0-4.5	D 445
Viskozite @ -20 °C, mm ² /sn	-	8.5	8.0	-	D 445
Asit Numarası, mg KOH/gr, max	0.30	0.015	0.015	-	D 974, D 664, D3242
Kül, % max	0.005	-	-	Rapor	D 482
Karbon kalıntı, % kütle, max	0.20	-	-	0.3	D 524,
	0.14	-	-	-	D 189, D 4530
Korozyon @ 100 °C, % kütle, max	No 1	-	-	-	D 130
Hidrojen, % kütle, min	12.5	-	-	-	D 4808, D 5291
	-	13.4	13.4	-	D3701
Setan Numarası, min	42			-	D 613
Setan İndeksi, min	43	Rapor	Rapor	46	D 976
Kükürt, % kütle max	1.0	-	-	0.7	D4294, D129, D1552, D2622
	-	0.3	0.3	-	D1266, D3120, 5453

3.8. Jet Yakıtlarının Dizel Motorlarında Kullanımı

Dizel motorları, kullanılan yakıtın ucuz olması ve yüksek yakıt ekonomisinden dolayı muharebe platformlarında çeşitli harp ve taşıma araçlarında (tanklar, obüsler, ağır kamyonlar, savaş gemileri vb.) güç üreteçleri olarak kullanılmaktadır. Taktik ve teknik anlamda operasyonların devamlılığı ve etkinliği, bu araçların maksimum performansta çalışmasına ve bahse konu araçların çalıştırılabilmesi için gerekli lojistik desteğin (yakıt, yedek malzeme) devamlı olmasına bağlıdır.

Bilindiği üzere tüm silahlı kuvvetler bünyesinde kullanılan motorlar çeşitli tipte yakıtlar ile çalıştırılmaktadır. Bunlar; petrol esaslı yakıtlar olup, kimyasal katkı maddelerinin çeşitliğinden dolayı birtakım farklılıklar içermektedir. Örneğin; bir uçak motorunda jet yakıtları (JP5, JP8) kullanılırken, gemilerde yüksek kükürtlü dizel yakıtları (F76, F75), kara taşıtlarında da daha düşük kükürt seviyeli yakıtlar (F54) kullanılmaktadır. Bu durumda kullanıcılar, bünyesinde farklı tipte yakıtların depolanabilmesi için farklı silolar bulundurmaya zorunda kalmaktadır. Bu da, her bir yakıt silonun ayrı ayrı bakım, işletme prosedürlerine sahip olması demektir ki; bu da zamanın artması ve depolama kapasitesinin düşmesi anlamına gelmektedir. Bunun yerine tek bir yakıtın depolanması, hem siloların bakım işletmesi hem de depolama kapasitelerinin artırılması açısından daha faydalı olacaktır.

Harp sahasındaki araçlar, harekât yapılan her coğrafyada aynı performansta çalışmak zorundadır. Soğuk bir ortamda tank motorunun teknik olarak problem yaşaması o harekâtın olumsuz sonuçlanmasına neden olabilecektir. Bu bağlamda bakım ve işletim şartlarının her kademedede çok detaylı incelenmesi, gerekli görüldüğünde geliştirilmesi gerekmektedir.

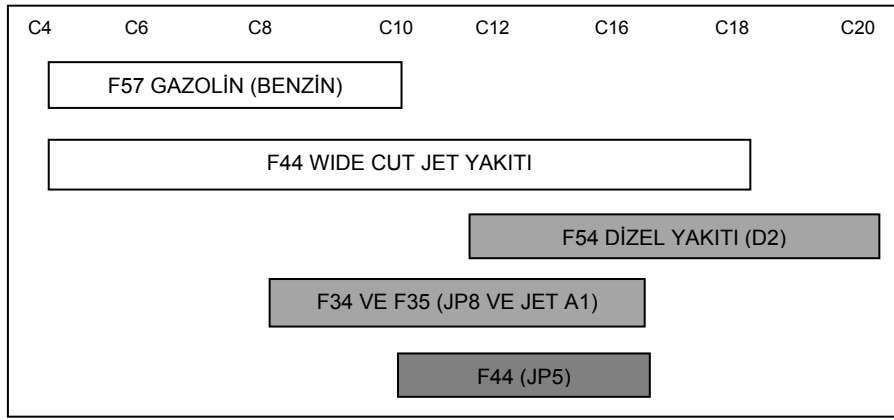
1988'de NATO kuvvetleri, Avrupa savaş alanında görev yaptıkları zaman bütün kara kuvvetleri hava araçları, araç ve teçhizatları için tek yakıt (JP8) kullanılmasına karar vermişler ve bu fikir tek yakıt görüşü SFC (Sigue Fuel Concept) olarak ortaya çıkmıştır. Bu yakıtın kullanılma fikri uçaklarda kullanılan JP8 yakıtının diğer dizel motorlarda kullanılan yakıtlar ile çok benzerlik gösterdiği ve petrol esaslı olmasıdır.

Bariş zamanında çalışmalardan kazanılan tecrübeler ile "ÇÖL FIRTINASI" savaşı esnasında savaş bölgesinde bu yakıt test edilmiştir. Tecrübe yeterli olmakla birlikte, çalışmalara ilave olarak NATO tarafından kazanılan tecrübeler ve çalışmalar F34 (JP8) yakıtının motorda kullanımının daha iyi anlaşılması ile işletme zorluklarının

çözülmesi fikri geliştirilmek üzere planlamaya alınmıştır. Bununla beraber, SFC'nin yürürlüğe girmesiyle çevre kirliliği problemleri de SFC'nin geliştirilmesine yardımcı olmuştur [55].

3.9.Tek Yakıt Tipinin Seçim Esasları

Şekil 3.7'de yakıtların destilasyon sıcaklık aralıkları görülmektedir. Tek tip yakıtta, hem hafif, hem de ağır destilatları temsil edecek özellikler bulunmalıdır. Bu nedenle orta destilat grubunda bulunması kaçınılmazdır. Karbon sayıları da karbon yelpazesinde orta bölgelerde bulunmalıdır [56, 57].



Şekil 3.3: NATO yakıt tiplerinin karbon atom sayıları [58]

Tek yakıt konseptini gerçekleştirmede üç farklı yakıt tipi esas alınarak incelenmiştir. Bunlar; benzin, gazyağı ve motorin/dizel yakıtlarıdır. Benzin buji ateşlemeli motorlarda kullanılır ve aşırı uçucu bir yakıt olmakla beraber yüksek yanma riskine sahip ve sıkıştırma ateşlemeli motorlarında ve gaz türbinlerine uygun olmayan bir yakıttır. Kerosen (gazyağı) ve motorin/dizel tipi yakıtlar;

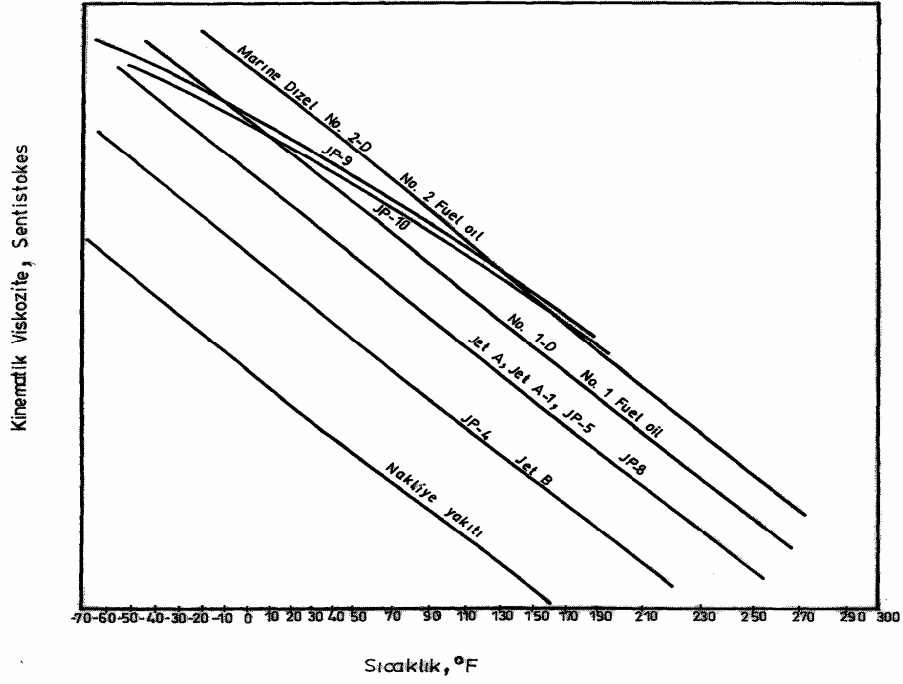
- F54 (No.2 dizel yakıtı),
- F44 (JP5 yüksek parlama noktasına sahip) uçaklarda kullanılan dizel yakıtı,
- F35 (JET A1 olarak bilinen gazyağlarına özdeş sivil jet yakıtı), F34 (JP8) askeri havacılık araçlarında kullanılmaktadır ve F35'e katkı maddeleri ilavesiyle elde edilmektedir [57].

Farklı motor tiplerinde emniyetle kullanılabilmeye en yakın tek yakıt tipinin tespitinde; Şekil 3.3'de görüldüğü gibi F34, F35 ve F44 yakıtlarının geniş bir yüzeyde üst üste bindiği, F54 yakıtının da yine aynı şekilde F34, F35 ve F44 yakıtlarıyla çakıştığı görülür. Yakıt tiplerinin mukayese edilmesi, tek tip yakıt olmaya aday en yakın yakıtın F34 ve F35 olduğunu gösterir. Her iki yakıt (F34 ve F35)

sıkıştırma-ateşlemeli motorlarda ve gaz türbinli motorlarda kullanılabilirler ve her ikisi de yüksek alevlenme noktasına sahiptir. Bu yüzden gaz yağı esaslı bir yakıtın tek yakıt olarak kullanımı pratiktir [58].

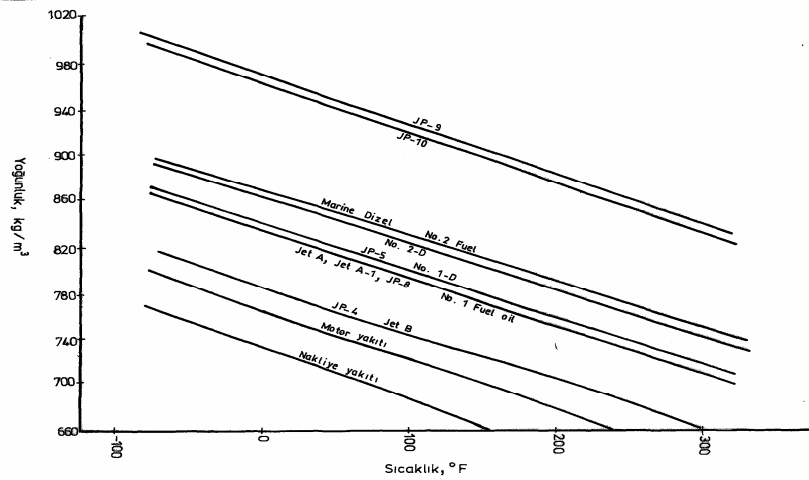
F34 ve F35, F54'e göre daha düşük damlama noktasına sahip olduğu, viskozitenin daha düşük olduğu, setan sayısının daha düşük, fakat sıkıştırma-ateşlemeli motorlarda kabul edilebilir bir miktara sahip olduğu, kalorifik değerinin motorinden %5 daha düşük olduğu görülür. F44 yakıt tipi tek yakıt konseptinin içinde yer almamasına rağmen F34 ve F35'e benzer özelliklerinden dolayı tek tip yakıt olarak düşünülebilir.

F44 (JP5), F35 (JP 8) ve F34 (JET A1) sıkıştırma ateşlemeli motorlarda kullanılmak için daha uygundur. Çünkü bu yakıtların fiziksel kimyasal özelliklerine bakıldığında, karakteristik özellikleri düşük donma sıcaklıkları ve termal stabiliteye sahip olmalarıdır. Gaz yağı esaslı yakıtların %80 miktarı harp sanayinde kullanılmaktadır. F35, sivil JET A1 yakıtı ile özdeş değerlere sahiptir. Motorin ise dizel yakıtı olarak dizel motorlarda kullanılır. Yüksek bir kalorifik değere sahiptirler. Fakat düşük sıcaklıkta kullanımı zayıftır. Düşük stabiliteye ve daha fazla potansiyel mikrobiyolojik atık miktarına sahiptir. Yanma özelliklerini tutuşma değerinin bir göstergesi olan setan sayısını tayin eder [59].



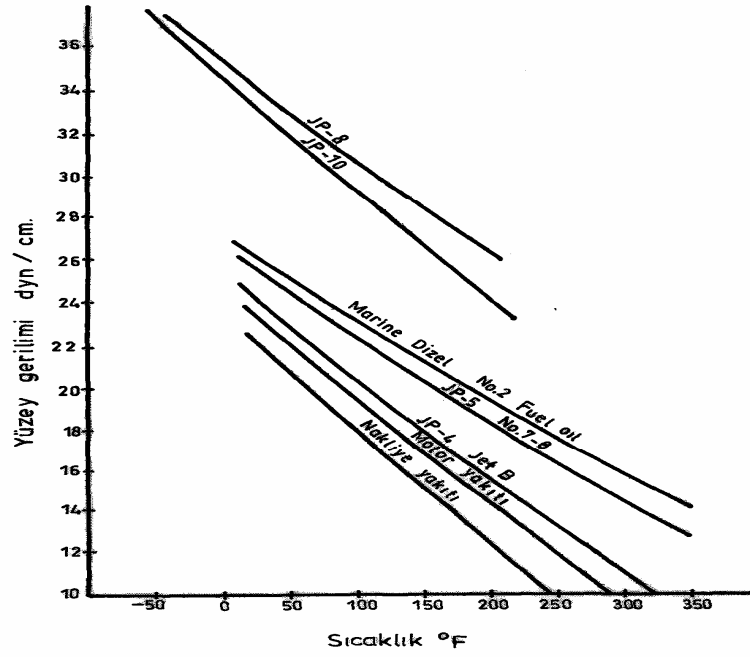
Şekil 3.4: Viskozitelerin sıcaklıkla değişimi [57]

Şekil 3.4'de görüldüğü üzere No.2 dizel yakıtı ve gemi yakıtının sıcaklık eğrisi üzerinde birbirine çok yakın değerlerde olması yakıtların viskozite değerlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında JP5, JP8 ve JET A1 yakıtlarının da aynı karakteristikleri göstermesi yakıtların birbirine alternatif kullanılabileceğini yansıtmaktadır. Viskozite sıcaklıkla artan bir özelliktir.

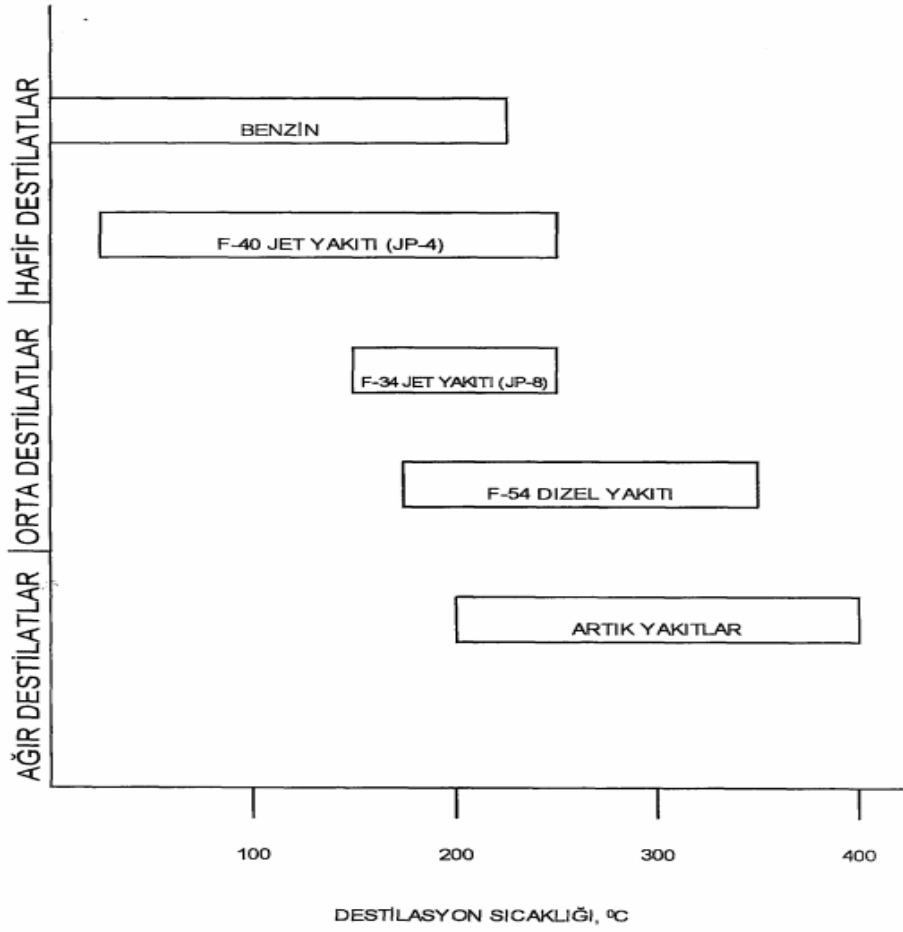


Şekil 3.5: Yakıt yoğunluklarının sıcaklıkla değişimi [57]

No.2 dizel yakıtı ve gemi yakıtının aynı eğri üzerinde olması, bu yakıtların yoğunluk değerlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. (Şekil 3.5) Bunun yanında JP5, JP8 ve JET A1 yakıtlarının da aynı karakteristikleri göstermesi yakıtların birbirine alternatif kullanılabileceğini yansıtmaktadır. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi No.2 dizel yakıtı, gemi yakıtı, JP5 yakıtlarının yüzey gerilim değerlerinin birbirine yakın olması, yakıt özelliklerinin benzerliğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.6: Yüzey gerilmelerinin sıcaklıkla değişimi [57]



Şekil 3.7: Yakıtların distilasyon sıcaklıkları [57]

3.10. Tek Yakıtın Teknik, Lojistik, İşletme, Ekonomik ve Çevresel Faktörleri

F34 ve F35 yakıtlarının mikrobiyolojik kirlenmeye eğilimleri daha azdır ve motorin ve dizel yakıtlarına göre depolanma durumunda özelliklerini muhafaza etmeleri daha kolaydır. Ticari jet yakıtı F35'in temini bütün dünya ülkelerinde daha kolaydır ve F34'e çevrimi ilave katkı maddeleriyle (antioksidan, yakıt sistemi buzlanmayı geciktirici inhibitör, metal deaktivatör, statik dissipater katkısı, korozyon inhibitörü ve DIEGME) mümkündür. F34, F35'e nazaran mikrobiyolojik koruma ve yağlayıcılık özelliğinin daha fazla olmasına ilaveten düşük sıcaklıklarda donmaya karşı koruma sağlar. Çok uçucu olan benzin ve F40 (JP4)'ın bu çalışmada tercih edilmemesi yangın riski nedeniyle [51,56,59].

Sadece tek bir yakıt kullanımı, dünya çapında ürün temin problemlerini ortadan kaldırması ve lojistik temin zincirini basitleştirilmesi, güç çalışma ortamlarında kullanıcılar arasında kullanıma imkân tanınması (acil durumda uçak ve diğer destek teçhizatlarının aynı tankerden yakıt ikmali yapması), alt yapı maliyetini düşürmesi, aynı miktar depolama hacmi için daha az bölme gerektirmesi ve temizleme maliyetinin az olması, taşıma ve dağıtım maliyetinin düşük olması (bir tek ürünün sevk ve idaresinin daha kolay ve basit olması), ve çok farklı tipte yakıt için gerekli tek bir alt yapıyla depolama alanı tasarrufu sağlanacak olması, konunun önemini bir kere daha ortaya koymaktadır.

F34'ün tek yakıt olarak kullanımının, bu yakıtta olan gereksinimi arttırması ve buna bağlı olarak maliyetin artması, bazı durumlarda ekipmanlarda küçük modifikasyonlar yapmak ya da katkı maddeleri kullanmak zorunluluğu da konunun ufak ama düşünülmesi gereken noktaları olarak önümüze çıkmaktadır.

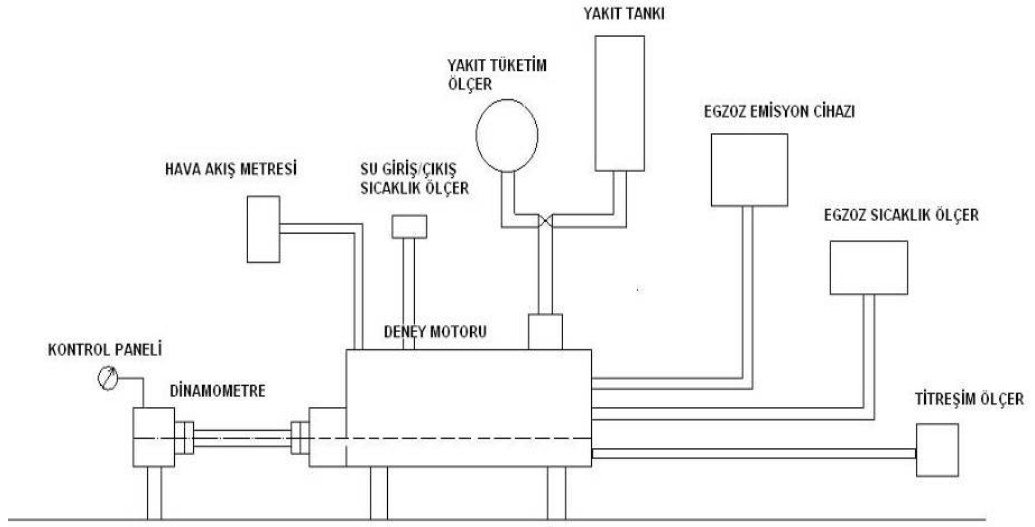
Jet yakıtlarının kara taşıtlarında kullanımına yönelik olumsuz görüşlerin başında tıkanma ve yakıt filtreleri gelmektedir. Bu görüş normalde doğrudur. Sadece tıkanma değil, bunun yanında düzenli bir şekilde yapılmayan bakımlarda enjektörlerde tıkanmaya bağlı problemlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu da jet yakıtlarının temizleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bazı araştırmacılar da; yakıt pompa ve filtrelerindeki problemlerin yetersiz yağlamanın bir sonucu olduğunu savunmaktadırlar.

Dizel motorlarda jet yakıtı kullanmanın faydalarını maddeler halinde sıralayacak olursak;

- Motor bünyesindeki yanmaya bağlı parçaların aşınması azalır.
- Dizel motordaki enjektörde oluşan karbon kalıntılara bağlı problemler azalır.
- Yakıt filtre değişim süreci artar.
- Egzoz emisyonlarının düşmesine neden olur.
- Yağ ve filtre değişim periyodu artar.

4.MATERYAL ve METOD

Deneyler İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarında yapılmıştır. Deney düzeneğinin genel görünüşü Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1: Deney düzeneğinin genel görünüşü

4.1.Deney Malzemeleri

Deneyler 4 silindirli, 4 zamanlı, doğal emişli, direkt püskürtmeli “Başak WD 408” marka bir dizel motorda gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.2’de motorun resmi ve Tablo 4.1’de motorun fabrika tanımlı teknik özellikleri verilmektedir.



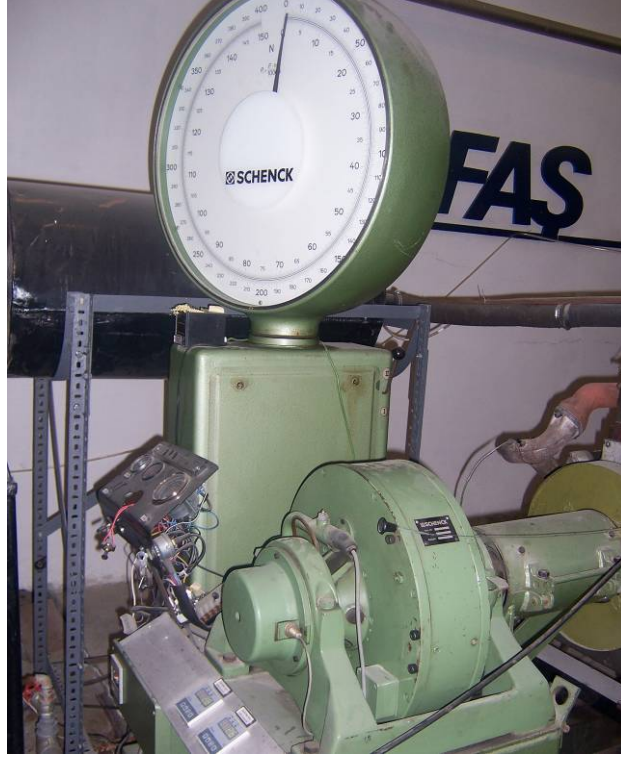
Şekil 4.2: Deney motoru

Tablo 4.1: Deney motorunun teknik özellikleri

Markası	Başak WD 408
Silindir Sayısı	4
Silindir Çapı	100 mm
Strok	100 mm
Toplam Strok hacmi	3140 cc
Sıkıştırma oranı	16,1
Devir sayısı	2400 d/d
Güç	45 –47,5 kW
Maksimum Yükte Özgül Yakıt Sarfiyatı	250 g/kWh
Minimum Yükte Özgül Yakıt Sarfiyatı	229 g/kWh
Maksimum Yük Devri	2400 d/d
Maksimum Moment Devri	1600 d/d

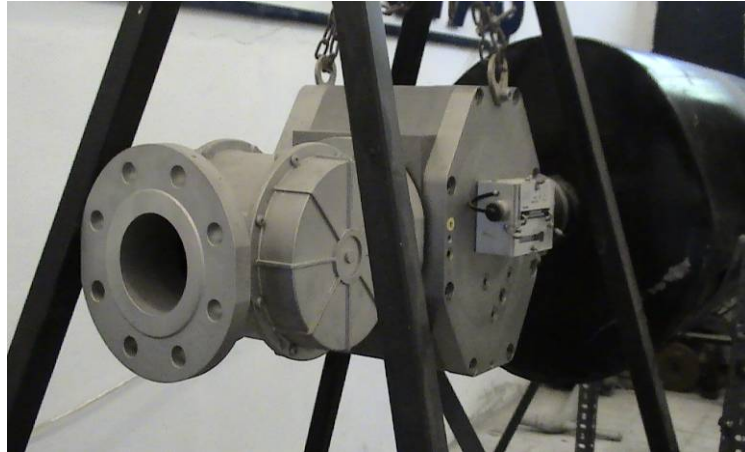
Motoru test şartlarına hazırlamak için silindir cidarları, piston yüzeyleri, segmanlar, silindir kapağı, enjektörler gibi motor parçaları ve kısımları kontrol edilmiştir. Gerekli görülen parçaları değiştirilmiştir. Motor deney şartlarına hazırlanırken, fabrika değerleri dışında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Deneylerde Şekil 4.3'de görülen SCHENK, WS 130 hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır. Deney motoru bir kaplin vasıtasıyla dinamometreye bağlanmıştır. Motor çalıştırılıp, tam gaz verildikten sonra kontrol paneli üzerindeki yük düğmesi vasıtasıyla motor yüklenmektedir. Yük dinamometrenin üzerindeki göstergeden okunmaktadır.



Şekil 4.3: Dinamometre

Hava akış metresi rotary tip bir akış metredir. Akış metre ile hava giriş manifoldu arasında sabit bir akış sağlanması için dalgalanmayı önleyici bir tank konulmuştur. Hava girişinin süresi verilen birim hava miktarı için bir süreölçer ile ölçülmüştür. Şekil 4.4'de hava akış metresinin resmi ve Tablo 4.2'de teknik bilgileri görülmektedir.

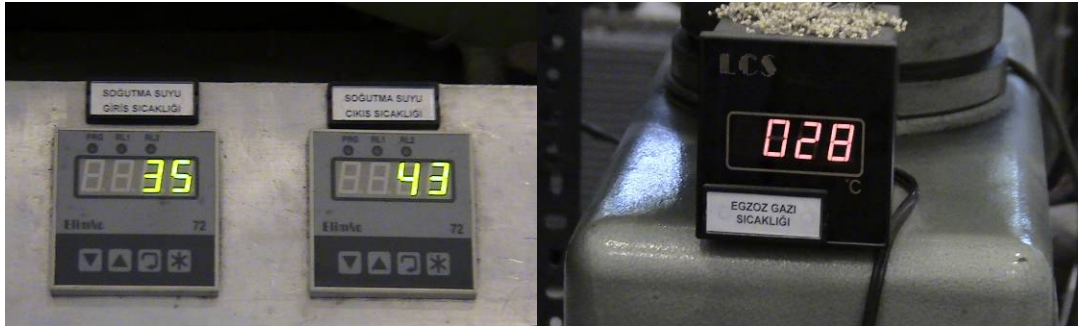


Şekil 4.4: Hava akış metresi

Tablo 4.2: Hava akış metresi teknik özellikleri

Model	INSTROMET
Tipi	IRM-3
Maksimum Basınç	16 bar
Hacim	3,469 dm ³
Maksimum Debi	250 m ³ /h
Doğruluk	<% 1
Çalışma Aralığı	-30°C/+60°C

710-800 mmHg sütunu aralığında ölçüm yapabilen ve 1 mmHg sütunu hassasiyetinde analog bir barometre kullanılmıştır. Yakıt tüketiminin tespitinde de dijital süre ölçer kullanılmıştır. Hava girişindeki ortam sıcaklığını ölçmek için standart bir sıcaklık ölçer kullanılmıştır. Egzoz sıcaklığını ve motor soğutma suyu giriş/çıkış sıcaklıklarını ölçmek için radyatör giriş/çıkışlarına monte edilen Platin dirençli “Pt 100” tipi termometreler kullanılmıştır. Şekil 4.5’de Hava girişindeki ortam sıcaklığını, egzoz sıcaklığını ve motor soğutma suyu giriş/çıkış sıcaklıklarını ölçmek için kullanılan termometreler görülmektedir.



Şekil 4.5: Termometreler

Titreşim ölçümleri “dB” cinsinden ölçüm yapabilen bir cihaz ile ölçülmüştür. Teknik özellikleri Tablo 4.3’de ve resmi de Şekil 4.6’da görülmektedir.

Tablo 4.3: Titreşim ölçer teknik özellikleri

Model	Integrated Vibration Meter
Tipi	2513
Besleme Kaynağı	3 adet AA pil
Ölçüm Çubuğu Modeli	4384
Doğruluk	10^{-6} mm/sn
Çalışma Aralığı	0-500 VdB



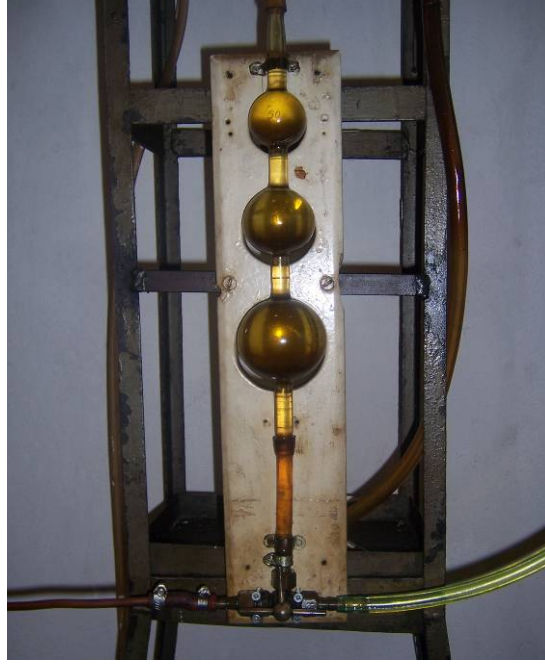
Şekil 4.6: Titreşim ölçer

Şekil 4.7’de dinamometreye bağlı olan kontrol paneli görülmektedir. Motorun hızı ve yüklemesi kontrol paneli üzerinden yapılmaktadır.

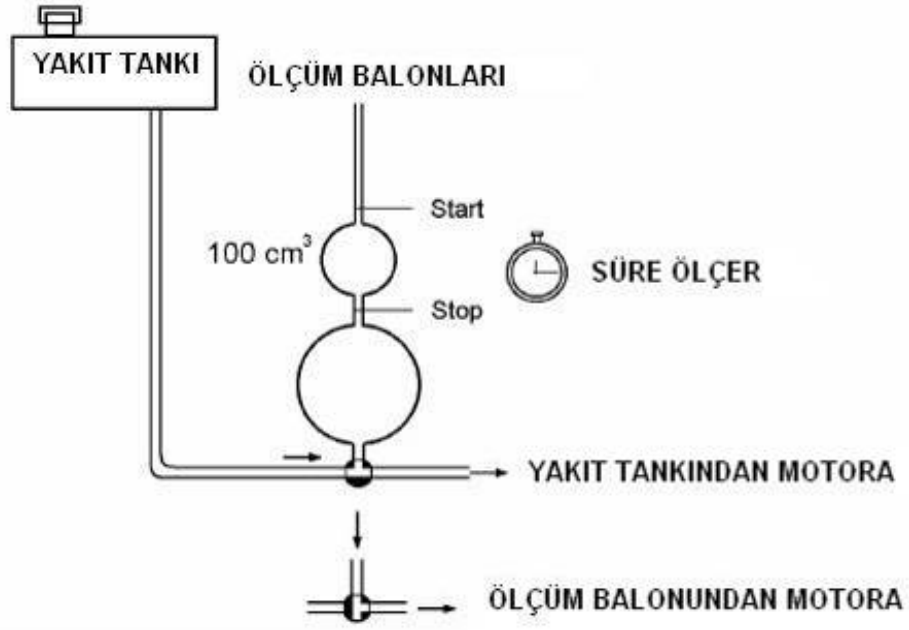


Şekil 4.7: Kontrol paneli

Tüketilen yakıt miktarını ölçmek için Şekil 4.8'de görülen cihaz kullanılmıştır. Yakıt akış hattı Şekil 4.9'da görülmektedir. Hacimsel yakıt tüketimi, şekilde görülen belirli hacimden geçen yakıtın geçme süresinin ölçülmesi ile belirlenmektedir.



Şekil 4.8: Yakıt tüketimi ölçer cihazı



Şekil 4.9: Yakıt tüketim ölçüm şeması

Deney yakıtı olarak; Türk Deniz Kuvvetlerindeki muhtelif araçlarda kullanılan MF, JF, D2 ve Çelebi Kimya A.Ş. tesislerinde özel olarak üretilmiş SME (soya yağı metil ester) yakıtları kullanılmıştır. Tablo 4.4'de deneyde kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Tablo 4.4: Deneyde Kullanılan Yakıtların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yakıt Özellikleri	Metod	D2	SME	JF	MF
Yoğunluk (kg/m ³ , 15 °C)	ASTM D1298	840	881	800	830
Viskozite (cSt, 40 °C)	ASTM D 445	2.8	4.173	-	3.7
Viskozite (cSt, -20 °C)	ASTM D 445	-	-	8	-
Isıl Değer (kJ/kg)	ASTM D 4809	42640	37388	42600	44308
Setan Numarası	ASTM D 976	54	-	45	45
	ASTM D 613	-	50	-	-
Kükürt (wt. %)	ASTM D 4294	0.38	-	0.20	0.29
Parlama Noktası (°C)	ASTM D 93	75	105	40	75
Freezing Point (°C)	ASTM D 2386	-	-	-47	-
Bulutlanma Noktası (°C)	ASTM D 2500	-6	-3	-	-6
Parçacık madde (mg/L)	ASTM D 5452	2	-	0.4	0.8

Deneylerde ölçülen NO_x, CO ve CO₂ emisyonlarını belirlemek için Şekil 4.11'de görülen emisyon cihazı kullanılmıştır. NO_x ve CO emisyonları "ppm" CO₂ emisyonları "%" cinsinden ölçülmektedir. Teknik bilgileri Tablo 5.5'de görülmektedir.



Şekil 4.10: HORİBA MEXA 574-GE egzoz emisyon cihazı (NO_x, CO₂, CO)

Egzoz gazlarının duman koyuluğunu ölçmekte Şekil 4.11'de görülen BOSCH marka cihaz kullanılmıştır. Teknik bilgileri Tablo 4.6'da görülmektedir. Işık absorpsiyon katsayısı (k faktörü), egzoz gazı içerisinde bulunan, şeffaf olmayan parçacıkların, gazdan geçen ışığın aydınlatma şiddetini n (aydınlanan birim yüzey için ışık akısının) azaltılması ile ilgili bir katsayıdır ve birimi "m⁻¹"dir.



Şekil 4.11: BOSCH egzoz emisyon cihazı (K)

Tablo 4.5: HORİBA MEXA 574-GE egzoz emisyon cihazı teknik bilgileri

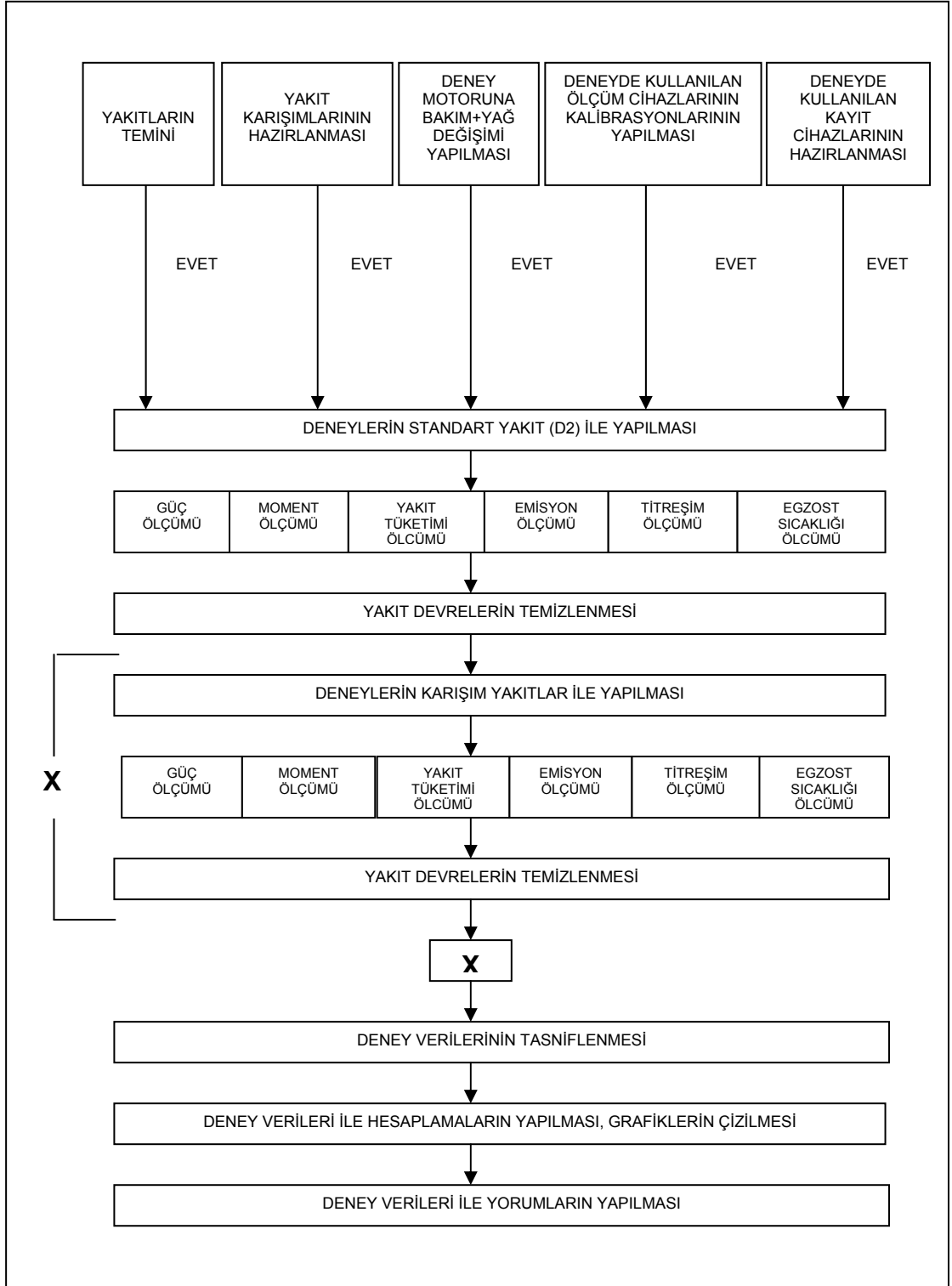
Emisyon	NO _x	CO	CO ₂
Çalışma Aralığı (ppm)	0-5000	0-10	0-20
Doğruluk (ppm)/%	0.050/±1	0.01/±0.05	0.02/±0.1

Tablo 4.6: BOSCH egzoz emisyon cihazı teknik bilgileri

Emisyon (k Faktörü)	İs
Çalışma Aralığı (m ⁻¹)	0-10
Doğruluk	±0.01

4.2.Deney Hazırlığı ve Deneylerin Yapılışı

Tüm testlerde, motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor yağ ve radyatör su seviyesi kontrol edilmiştir. Motorun ilk çalışma anından yaklaşık 10 dakika sonra motor yağ sıcaklığı 70°C-80°C, egzoz sıcaklığı 130°C-140°C ulaştığında motorun kararlı hale geldiği belirlenmiştir. Deneysel çalışma motor kararlı hale geldikten sonra gerçekleştirilmiştir. Motor çalışma sıcaklığına geldikten sonra biyodizel, gemi yakıtı, jet yakıtı ve standart yakıt kullanılarak, rölanti devrinden (1200 d/d) başlayarak 400 d/d aralıklar ile 2400 d/d'ye kadar, tam yükte, motor performans, emisyon ve titreşim ölçümleri yapılmıştır. Her bir testten sonra motor dinlenmeye alınmıştır. Egzoz yağ, yakıt, ortam, radyatör giriş/çıkış sıcaklığı, ortam basıncı, bağıl nem, emisyon değerleri motor kararlı rejime ulaştıktan sonra el ile kayıt edilmiştir. Deney yakıtları (JF, MF ve D2) %5, %20, %50 SME karışım oranlarında, 16 litrelik tenekelerde hacimsel olarak ayrı hazırlanmıştır. Tüm denemeler yapılırken Şekil 4.12'deki deney akış diyagramı kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan yakıtların ölçülen ve hesaplanan değerleri eklerde verilmiştir.



Şekil 4.12: Deney akış diyagramı

4.3. Deney Verileri ile Hesaplanan Performans Değerleri

Motor performansının incelenmesi için döndürme momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, ortalama efektif basınç, volümetrik verim, termik verim, sıcaklık değişimleri, titreşim ölçümleri, mekanik verim grafikleri oluşturulmuştur. Deneylerde elde edilen değerler el ile kaydedilmiştir. Tablo 4.7’de ölçülen parametreler, Tablo 4.8’de deneye ait teknik bilgiler ve Tablo 4.9’da hesaplanan parametreler görülmektedir.

Tablo 4.7: Ölçülen parametreler

Açıklama	Sembol	Birim
Hava Sıcaklığı	T_{hava}	(°C)
Hava Basıncı	P_{atm}	(mbar)
Kuvvet	F	(N)
Devir	N	(d/d)
Yakıt Ölçümünde Kullanılan Ölçüm Tüpünden Geçen Yakıtın Süresi	$\Delta t_{yakıt}$	(saniye)
Su Giriş Sıcaklığı	$T_{su giriş}$	(°C)
Su Çıkış Sıcaklığı	$T_{su çıkış}$	(°C)
Egzoz Sıcaklığı	T_{egzoz}	(°C)
Emisyonlar	NO_x, CO	(ppm)
Emisyonlar	CO_2	(%)
Emisyonlar	I_s	(k ⁻¹)
Hava Giriş Süresi	Δt_{hava}	(saniye)
Titreşim	Vib	(dB)

Tablo 4.8: Deneye ait teknik bilgiler

Açıklama	Sembol	Birim
Dinamometrenin Kol Boyu	b	0.955 m
Silindir Hacmi	V_h	3.14 litre
Ölçülen Yakıt Hacmi	$V_{yakıt}$	150 cm ³
Ölçülen Hava Hacmi	V_{hava}	2 m ³
Su Yoğunluğu	ρ_{su}	1000 kg/m ³
Hava Katsayısı	R_{hava}	0.287 kJ/kg.K
Yakıt Yoğunluğu	$\rho_{yakıt}$ SME	881 kg/m ³
Yakıt Yoğunluğu	$\rho_{yakıt}$ MF	840 kg/m ³
Yakıt Yoğunluğu	$\rho_{yakıt}$ JF	830 kg/m ³
Yakıt Yoğunluğu	$\rho_{yakıt}$ D 2	800 kg/m ³
Yanma Isısı	H_u SME	39800 kJ/kg
Yanma Isısı	H_u MF	44308 kJ/kg
Yanma Isısı	H_u JF	42600 kJ/kg
Yanma Isısı	H_u D 2	44640 kJ/kg

Tablo 4.9: Hesaplanan parametreler

Açıklama	Sembol	Birim
Moment	T_e	(Nm)
Güç	P_e	(kW)
Ortalama Efektif basınç	$BMEP$	(MPa)
Ortalama indike basınç	P_i	(MPa)
Mekanik Kayıplar basınç	P_m	(MPa)
Yakıt Debisi	$m_{yakıt}$	(kg/sn)
Özgül Yakıt Tüketimi	$b_{öf}$	(g/kWsa)
Hava Debisi	m_{hava}	(kg/sn)
Volümetrik Verim	$\eta_{volümetrik}$	-
Termal Verim	η_{termal}	-
Hava-Yakıt Oranı	λ	-
Ekzoz Debisi	m_{egzoz}	(kg/sn)
Su Debisi	m_{su}	(kg/sn)
Duman İçinde Işının Yol Aldığı Fiili Mesafe	L	m
Dumansız Halde Aydınlanan Birim Yüzeydeki Işık Akısı	E_0	lx
Dumanlı Halde Aydınlanan Birim Yüzeydeki Işık Akısı	E	lx
Duman Geçirgenliği	R	%
Duman Koyuluğu	C	%
Işık Absorbsiyon Katsayısı	K	m^{-1}
Tabi Logaritma	l_n	-
Tabi Logaritma Tabanı	e	2.718281828

4.3.1.Moment hesabı

Döndürme momenti bir motorun iş yapabilme yeteneğini göstermektedir. Döndürme momenti mekanik, hidrolik ve elektromanyetik dinamometreler yardımı ile ölçülebilmektedir. Hidrolik dinamometrelerde düşük sürtünmeli yataklarla desteklenmiş rotor, hidrolik sürtünmeli olarak sabit olan statorla birleşiktir [60]. Şekil 4.13’de motor test düzeneğinde momentin ölçülmesinde kullanılan sistemin çalışma prensibi görülmektedir. Statoru döndürmeye çalışan F kuvvetinin oluşturduğu moment;

$$T=F \times b \quad (4.1)$$

Burada;

T= Moment (Nm)

F= Kuvvet (N)

b= Moment Kolu Uzunluğu (m)

Bulunan deđer moment dűzeltme katsayısı (K_d) ile çarpılarak dűzeltilmiřtir. Moment dűzeltme faktűrű ařađıdaki gibi bulunmuřtur [61].

$$T_e = K_d \times T \text{ (Nm)} \quad (4.2)$$

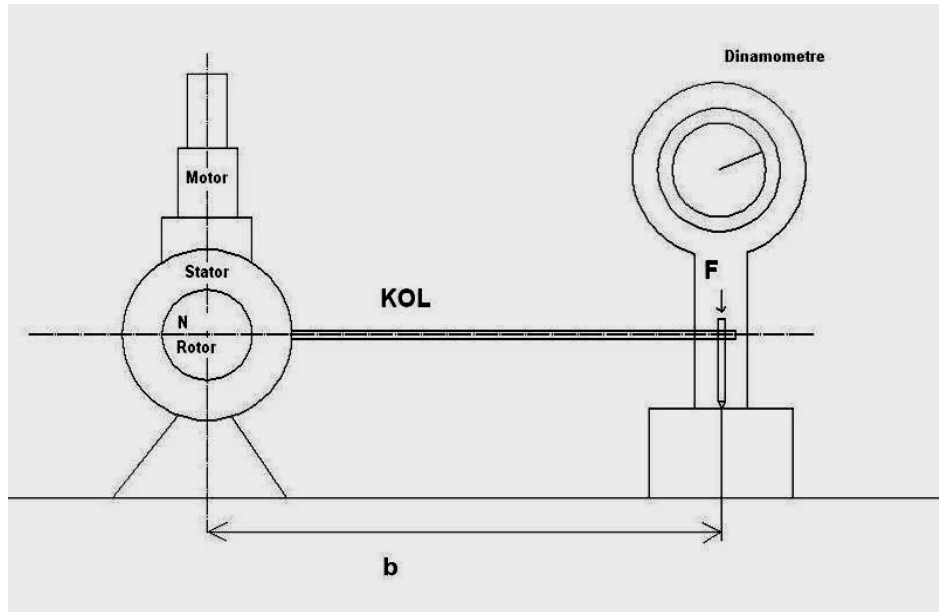
$$K_d = \frac{99}{P_{atm}} \times \frac{T_{hava}^{0.7}}{298} \quad (4.3)$$

Burada;

K_d = Dűzeltme Faktűrű

P_{atm} = Hava Basıncı (kPa)

T_{hava} = Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}$ K)



şekil 4.13: Dinamometrenin şematik resmi

4.3.2.Güç hesabı

Motorun yanma odasında birim zamanda elde edilen iş indike güçtür. İndike gücün bir kısmı egzoz gazlarını dışarı atmak ve taze havayı emmek için kullanılmaktadır. Bir kısmı da yataklar, piston segmanları gibi mekanik aksamaların sürtünmelerini yenmek, diğer bir kısmı ise döner elemanlar için harcanmaktadır [60].

Motor denemeleri sırasında, motor gücü; düzeltilmiş moment değerinin aşağıdaki formülde yerine konulmasıyla tespit edilmiştir.

$$P_e = \omega \times T_e \quad (4.4)$$

Motor devri (N) d/d cinsinden olduğundan açısal hız (ω),

$$\omega = (2 \times \pi \times N) / 60 = (\pi \times N) / 30 \quad (1/sn) \quad (4.5)$$

Açısal hızı, denklem 4.4'de yerine koyup birimi kW cinsine dönüştürürsek,

$$P_e = \frac{\pi \times N}{30} \times T_e \times 10^{-3} \quad (4.6)$$

$$P_e = \frac{N \times T_e}{9549.68} \quad (\text{kW}) \text{ elde edilir.} \quad (4.7)$$

4.3.3.Ortalama Efektif ve İndike Basınç Hesabı

Çevrim esnasında motorun silindir içerisindeki basıncı sürekli değişir. Bu nedenle ortalama efektif basınç tanımını yapmak gerekmektedir. Ortalama efektif basınç, motorun gerçek çevrimdeki bir P_e gücünü vermesi için bir strok boyunca piston üstüne etkimesi gereken ortalama basınç değeri olarak tanımlanmaktadır [60].

$$BMEP = \frac{120 \times P_e}{N \times V_h} \quad (\text{MPa}) \quad (4.8)$$

$$P_{\text{indike}} = BMEP + P_m \quad (\text{MPa}) \quad (4.9)$$

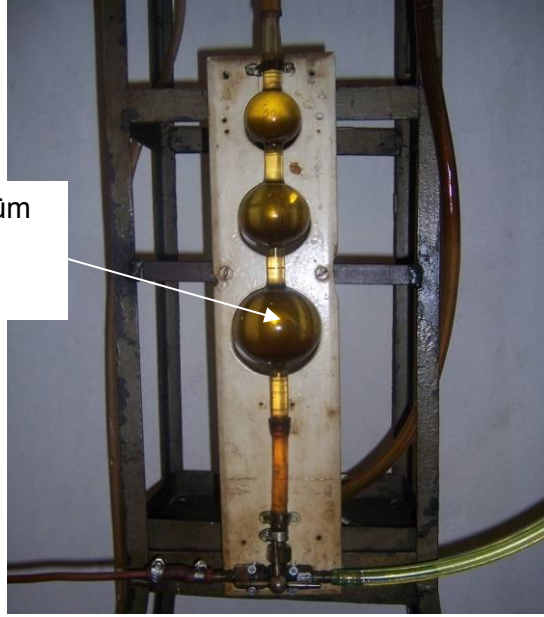
$$P_m = 0.089 + 0.01 \times \left(\frac{N \times 0.1}{30} \right) \quad (\text{MPa}) \quad (4.10)$$

direkt püskürtmeli bir dizel motorda mekanik kayıplar basıncını hesaplamak için hıza bağlı ampirik bir bağıntıdır [64].

4.3.4.Özgül yakıt tüketimi hesabı

Özgül yakıt tüketimi birim güç başına, birim zamanda tüketilen yakıtın miktarını göstermektedir. Test düzeneğinde yakıt tüketiminin ölçülmesinde kullanılan cihaz Şekil 4.14'de görülmektedir. Test düzeneğinde yakıt tüketim miktarının ölçüm yapıldığı hacim 150 cm³'lük ölçüm kabıdır.

150 cm³'lük ölçüm
yapılan balon



Şekil 4.14: Ölçüm balonu

Yakıtın debisinin hesaplandığı formül aşağıda olduğu gibidir.

$$m_{\text{yakıt}} = \frac{P_{\text{üel}} \times V_{\text{yakıt}}}{\Delta t_{\text{yakıt}}} \times 3.6 \left(\frac{\text{kg}}{\text{saat}} \right) \quad (4.11)$$

Özgül yakıt tüketimi ise;

$$bsfc = \frac{m_{\text{yakıt}}}{P_e} \times 1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{kWsaat}} \right) \quad \text{bulunur.} \quad (4.12)$$

4.3.5.Hava debisinin hesabı

Hava debisi, motor performansı ve emisyon karakterinin belirlenmesinde en önemli parametrelerdendir. Hava/yakıt oranı, HFK ve volümetrik verim gibi yanma olayının detayları, emisyon özellikleri ve müsaade edilebilir çalışma sınırları hakkında yeterli bilgi elde edebilmek için hava debisinin ölçülmesi gerekmektedir [60].

Motor deneylerinde hava fazlalık katsayısının hesaplanabilmesi için motorun emdiği havanın debisi bilinmelidir. Motor düzeneklerinde emme havasının debisi, genellikle, emme sistemine eklenen bir orifis ve manometre sistemi ile ölçümlüktedir. Bir iş periyodunun yalnızca bir strokunda emme yapıldığından, özellikle dört zamanlı motorlarda emilen havanın akımında süreksizlikler, titreşimler görülür.

Bu titreşimlerin etkisini azaltmak için motorun emme sistemine büyük bir hava deposu eklenir. Deneyde motorun emiş hattının önüne konulan hava akış metresinin içinden belirli bir hava miktarının ($2m^3$) ne kadar sürede geçtiği ölçülmüştür. İlk olarak havanın yoğunluğu aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\rho_{hava} = \frac{0.1 \times P_{atm}}{R_{hava} \times (T_{hava} + 273)} \text{ bulunur.} \quad (4.13)$$

Daha sonra da, tüketilen hava miktarı;

$$m_{hava} = \frac{\rho_{hava} \times V_{hava}}{\Delta t_{hava}} \text{ olarak hesaplanır.} \quad (4.14)$$

4.3.6.Volümetrik verim

Emme sistemindeki (hava filtresi, emme manifoldu, emme kanalı, emme sübabı gibi) elemanların oluşturduğu direnç, pistonun yer değiştirme hareketi ile emilen hava miktarını sınırlamaktadır. Silindire daha fazla hava girmesi daha fazla yakıtın yanabilmesi ve dolayısıyla daha fazla enerji dönüşümü ile motordan daha fazla çıkış gücü alabilmek anlamına gelmektedir. Volümetrik verim bir motorun emme sürecinin etkinliğini gösteren bir parametredir. Volümetrik verim, motorun belirli çalışma şartlarında emebildiği gerçek hava miktarının aynı çalışma şartlarında emmesi gereken teorik hava miktarına oranıdır [60].

$$\eta_{volümetrik} = \frac{120 \times V_{hava}}{V_s \times \Delta t_{hava} \times N} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.15)$$

4.3.7.Mekanik verim hesabı

Mekanik verim (η_{MEK}) Ortalama efektif basınç değerinin ortalama indike basınç (P_i) değerine oranıdır.

$$\eta_{MEK} = \frac{BMEP}{P_{indk}} \quad \text{olarak hesaplanır.} \quad (4.18)$$

4.3.8.Termal Verim Hesabı

Termik verim (η_{BTE}) motor milinden elde edilen net işin motora verilen enerji miktarına oranıdır. Burada Q_{giren} (kJ), yakıt ile motora sürülen enerji miktarı, H_u yakıtın ısıl değeridir.

$$\eta_{BTE} = \frac{P_e}{Q_{giren}} = \frac{P_e}{m_{yakıt} \times H_u} \quad (4.19)$$

Denklem 4.11, 4.19 yerine konulduğunda birim dönüşümü yapıldığında,

$$\eta_{BTE} = \frac{3,6 \times 10^6}{bsfc \times H_u} \quad \text{sonucu bulunur.} \quad (4.20)$$

4.3.9.Egzoz emisyon analizleri

Dizel bir motorda kullanılan bir yakıt, havada bulunan O_2 ile tam ve kısmen reaksiyona girmesi sonucunda, yanmamış HC, CO, CO_2 , O_2 , NO_x , SO_x ve PM'ler oluşmaktadır. Bunlar içerisinde, CO, NO_x , karbon parçaları, yanmamış HC, egzoz emisyonlarının temelini oluştururlar. Yapılan çalışmada biyodizel ve karışımlarının emisyon karakterleri üzerine etkisini incelemek için biyodizel ve karışımlarının CO, CO_2 , NO_x ve ışık absorpsiyon katsayısı (K) değerleri incelenmiştir.

4.3.10.Işık absorpsiyon katsayısı (K) bağıntıları

Duman koyuluğu, egzoz gazı içerisinde bulunan şeffaf olmayan parçacıkların, gazdan geçen ışığın aydınlatma şiddetini azaltma yüzdesidir. Tam şeffaf gaz için duman koyuluğu %0'dır. Işığı tamamen absorbe eden, yani geçirgen olmayan gaz için duman koyuluğu %100'dür. Doğal emişli bir motorda ışık absorpsiyon katsayısı değeri 2,5'dir [62].

Bir duman içerisinde geçiren ışık ile ilgili olarak;

$$R=100 \times \frac{E}{E_0} = 100 \times e^{-KL} \quad (4.21)$$

$$C=100 \times (1 - e^{-KL}) \quad (4.22)$$

$$K = -\frac{1}{L} \times \ln\left(1 - \frac{C}{100}\right) \quad (4.23)$$

bağıntıları mevcuttur. Geçirgen gaz için $K=0 \text{ m}^{-1}$ ve geçirgen olmayan gaz için $K=\text{sonsuz } \text{m}^{-1}$ 'dir [62].

4.3.11. Titreşim Ölçümü

Titreşim, istenemeyen bir harekettir, çünkü boşa enerji harcar ve istenmeyen ses ve gürültü oluşturur. Örneğin, motorların çalışması esnasındaki hareketi istenmeyen titreşimler meydana getirir. Ses ve titreşim çalışmaları birbirleriyle oldukça yakın şekilde bağıntılıdır. Bu yüzden, gürültüyü azaltmak sıklıkla bir titreşimi azaltma problemidir. Yapılan çalışmada biyodizel ve karışımlarının titreşim değerleri üzerine etkisini incelemek için biyodizel ve karışımlarının titreşim değerleri "VdB" cinsinden incelenmiştir.

5.BULGULAR VE TARTIŞMA

Tezin bu bölümünde, tam yük ve değişken devirler şartlarında (1200, 1600, 2000, 2400 d/d) %100 D2, %100 SME, %100 MF, %100 JF, %95 D2-%5 SME, %80 D2-%20 SME, %50 D2-%50 SME, %95 MF-%5 SME, %80 MF-%20 SME, %50 MF-%50 SME, %95 JF-%5 SME, %80 JF-%20 SME ve %50 JF-%50 SME kullanılarak yapılan denemelerde, moment, özgül yakıt tüketimi, güç, termik verim, mekanik verim, egzoz gaz sıcaklığı, yağlama yağı sıcaklığı, karbon monoksit, karbon dioksit, NO_x emisyonu ve ışık adsorbsiyon katsayısı sonuçları incelenecektir.

5.1.Moment Değişimi ve Özgül Yakıt Tüketimi

D2, JF, MF ve SME yakıtların tam yük değişken devirlerde moment değişimleri Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de görülmektedir. Maksimum motor momenti dizel yakıtı (D2) ile 1600 d/d'de tespit edilmiştir. Bu değerler D2 yakıtında 201 Nm iken, JF yakıtında 196 Nm, MF yakıtında 199 Nm ve SME'de 195 Nm olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki farkın, yakıtların enerji yoğunlukları ile ilişkili olduğunu Graboski bildirmiş olup, denemeler neticesinde de bu bulgu ile paralel bir sonuca ulaşılmıştır [12]. Karışım içerisindeki SME oranı arttıkça moment değerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Aşağıdaki hesaplamalar; sadece %100 D2 yakıtı tam yük değişken devir şartı için hesaplamalar yapıldığı takdirde;

$$F= 182 \text{ N}$$

$$b= 0.954 \text{ m}$$

yukarıdaki değerler 4.1.'de yerine konulduğunda,

$$T= 173.628 \text{ Nm. olarak bulunur.}$$

Bulunan bu değer, moment düzeltme katsayısı (K_d) ile çarpılarak düzeltilir.

Moment düzeltme faktörü denklem 4.3.'ten hesaplandığı takdirde;

$$P_{atm} = 101.2 \text{ kPa}$$

$$T_{hava} = 303 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$K_d = \left(\frac{99}{101,2}\right) \times \left(\frac{303}{298}\right)^{0,7} \quad [61]$$

0.994 bulunur. Elde edilen bu değer, 4.2.'de yerine konulduğunda,

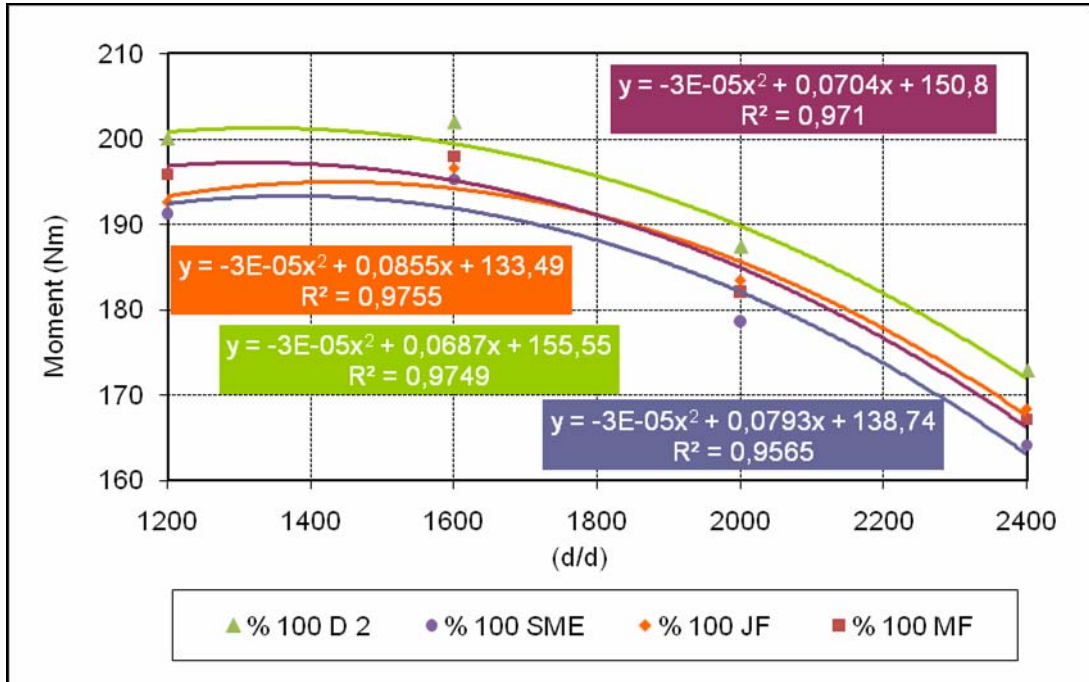
$$T_e = 0.994 \times 173.628$$

$T_e = 172.58 \text{ Nm}$. (2400 d/d için) bulunur. Aynı işlemler tüm devir aralıkları için uygulandığında, %100 D 2 yakıtı için tam yükleme şartlarında moment değerleri;

$$T_e = 187.4 \text{ Nm}$$
. (2000 d/d için),

$$T_e = 201.99 \text{ Nm}$$
. (1600 d/d için),

$T_e = 200.05 \text{ Nm}$. (1200 d/d için) bulunur. Diğer yakıt karışımları için de aynı hesaplamalar yapılır.

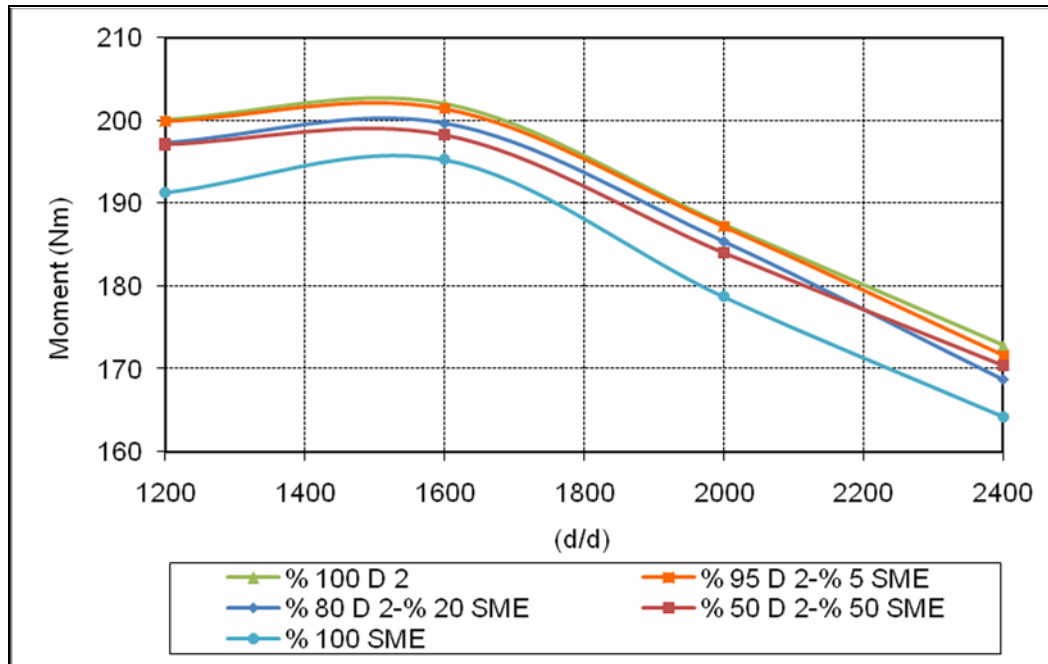


Şekil 5.1: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME moment değişimleri

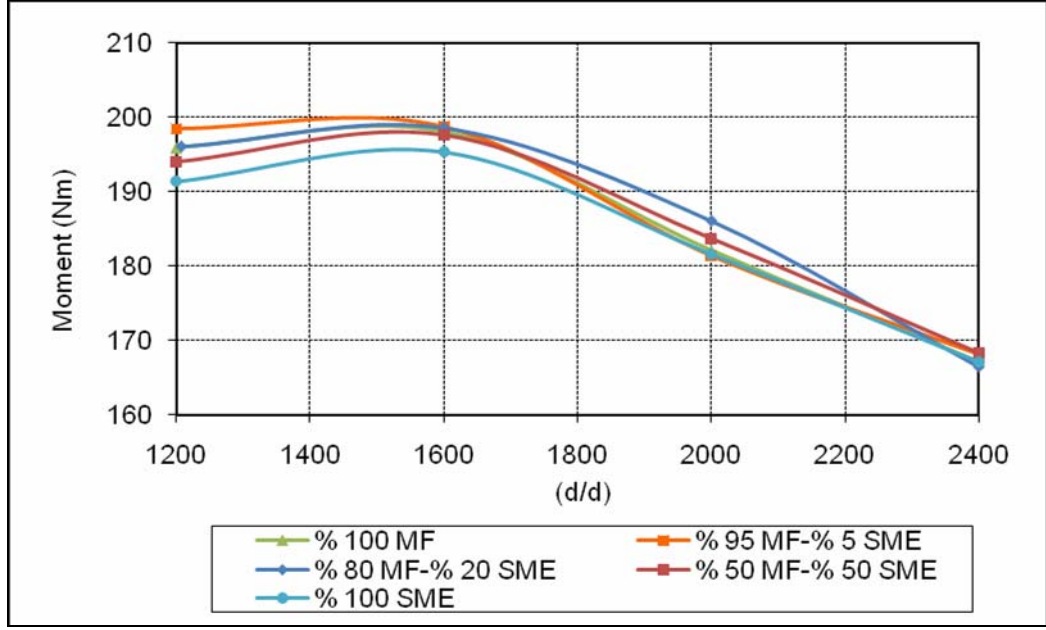
SME'nin setan sayısının diğer yakıtlara göre daha yüksek olması, moleküler yapısında yaklaşık %10 civarında oksijen bulunması, kükürt oranının ve aromatik hidrokarbon oranının daha düşük olması yanma verimini olumlu yönde etkilemiştir.

Özgül yakıt tüketimi, birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak tarif edilmektedir. Motor performans karakterlerinin karşılaştırılmasında iki temel parametre; moment ve birim güç başına tüketilen yakıt kütlesi olan özgül yakıt tüketimidir. Karışım içerisinde biyodizelin artan yüzdesi ile birlikte moment değerinde azalma meydana gelmiştir. Maksimum momentin üretildiği 1600 d/d'de tüm yakıtlar için özgül yakıt tüketiminin en düşük değerde olduğu Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, ve Şekil 5.8'de görülmektedir.

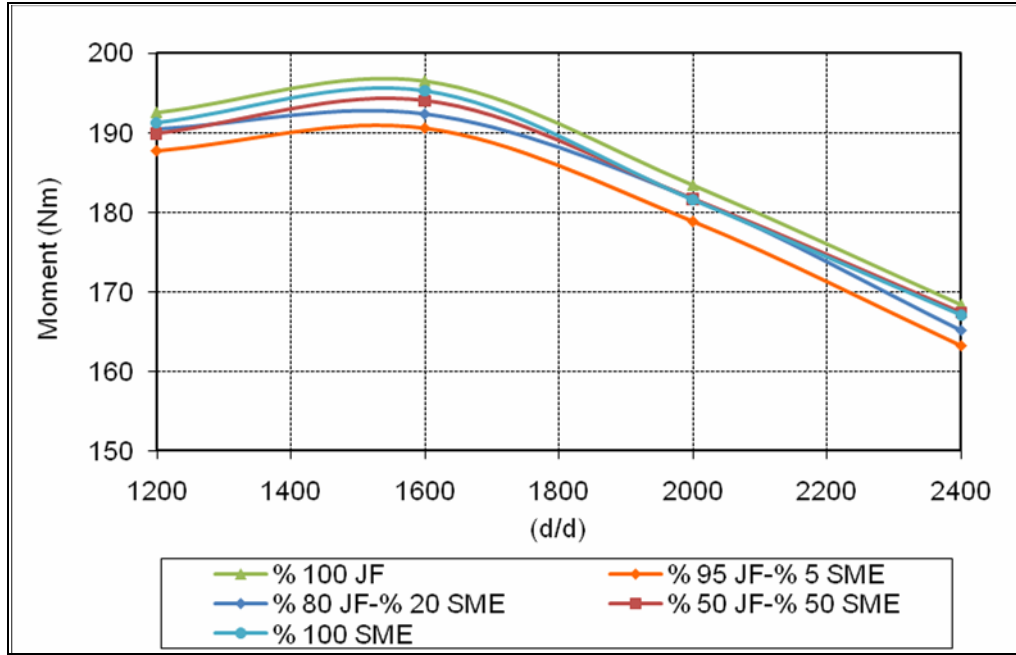
SME'nin özgül yakıt tüketimi, tüm motor devirlerinde diğer yakıtlardan daha yüksektir. Ortalama olarak SME'nin karışım içerisindeki yüzdesi ile ilişkili olarak özgül yakıt tüketiminde artış gözlemlenmektedir. Bunun temel nedeni; Tablo 5.1'de de görüldüğü gibi, SME'nin ısı değerinin diğer yakıtlara göre daha az olmasıdır. Bununla birlikte biyodizel yakıtların yakıt özelliklerindeki avantajları yanma verimini arttırmaktadır. Bu nedenle özgül yakıt tüketimi değerlerindeki artışlar genellikle ısı değer farkından daha az olmaktadır. Bunun yanında Tablo 5.1'de de görüldüğü üzere, SME'nin yoğunluğunun diğer yakıtlara göre yüksek olması, hacimsel olarak püskürtülen yakıt miktarının kütleli olarak daha fazla olmasına neden olmaktadır.



Şekil 5.2: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının moment değişimleri



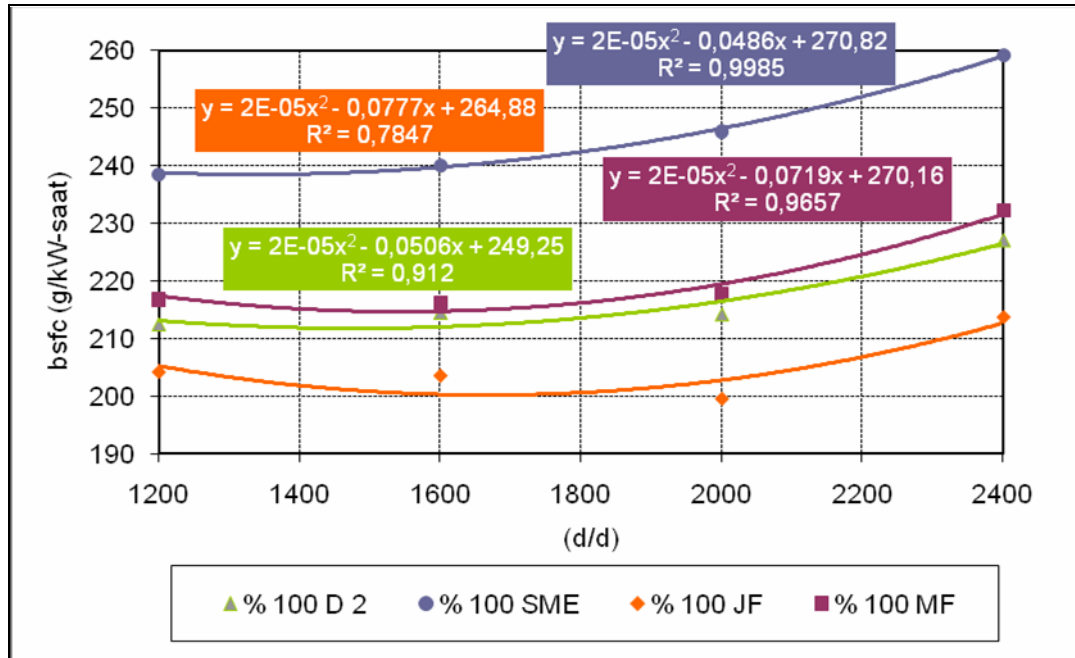
Şekil 5.3: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının moment değişimleri



Şekil 5.4: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının moment değişimleri

Tablo 5.1: Deneme Yakıtlarının Yoğunluk ve Isıl Değerleri

Yakıt Cinsi	Yoğunluk (kg/m ³)	Isıl Değer (kJ/kg)
%100 D2	840	42640
%100 MF	830	44308
%100 JF	800	42600
%100 SME	881	37388
%95 D2-%5 SME	842	42377
%80 D2-%20 SME	846	41589
%50 D2-%50 SME	854	40014
%95 MF-%5 SME	833	43962
%80 MF-%20 SME	836	42924
%50 MF-%50 SME	844	40848
%95 JF-%5 SME	806	42339
%80 JF-%20 SME	816	41557
%50 JF-%50 SME	840	39994



Şekil 5.5: Değişik devir tam yükte D 2, JF, MF ve SME özgül yakıt tüketimi değişimleri

Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de deney yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketimi değerlerindeki değişimleri görülmektedir. Bu değerler; 1600 d/d'de %100 JF için 211 g/kWh, %100 D 2 için 214 g/kWh, %100 MF için 216 g/kWh ve %100 SME için 240 g/kWh olarak belirlenmiştir. JF ve MF yakıtlarının SME ile oluşturduğu karışım oranlarının özgül yakıt tüketim grafiklerine bakıldığında, karışım içerisindeki SME oranı arttıkça özgül yakıt tüketiminin yükseldiği ve bunun literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca düşük devirlerde motorun hareket eden parçalarındaki atalet kuvvetlerinin fazla olması da özgül yakıt tüketimini arttırabilmektedir.

Aşağıdaki hesaplamalar; sadece %100 D2 yakıtı tam yük değişken devir şartı için hesaplamalar yapıldığı takdirde;

Buradan;

$$V_{yakıt} = 150 \text{ m}^3$$

$$\rho_{fuel} = 840 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta t_{yakıt} = 46 \text{ sn}$$

değerlerini 4.12'de yerine koyduğumuzda,

$$m_{yakıt} = \frac{840 \text{ kg/m}^3 \times 150 \text{ m}^3}{46 \text{ sn}} \times 3.6$$

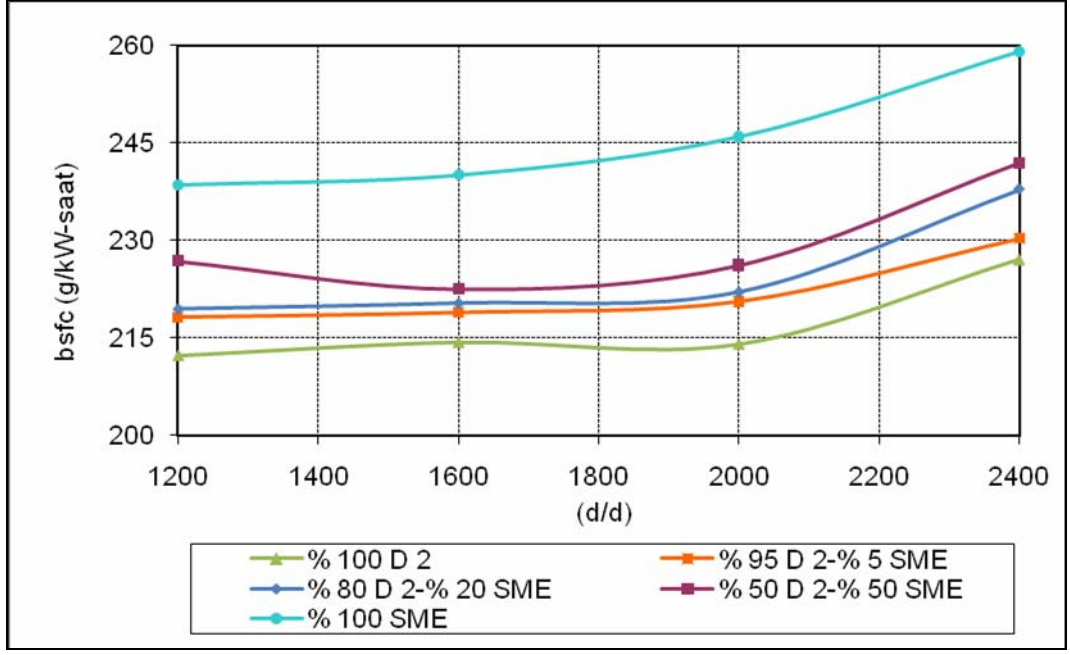
$m_{yakıt} = 9.86 \text{ kg/saat}$ bulunur. Bulunan bu değer 4.13'te yerine konulduğunda,

$bsfc = \frac{9.86}{49.4} \times 1000 = 227 \left(\frac{\text{g}}{\text{kWsaat}} \right)$ (2400 d/d için) bulunur. Aynı işlemler tüm devir aralıkları için uygulandığında, %100 D2 yakıtı için tam yükleme şartlarında özgül yakıt tüketim değerleri;

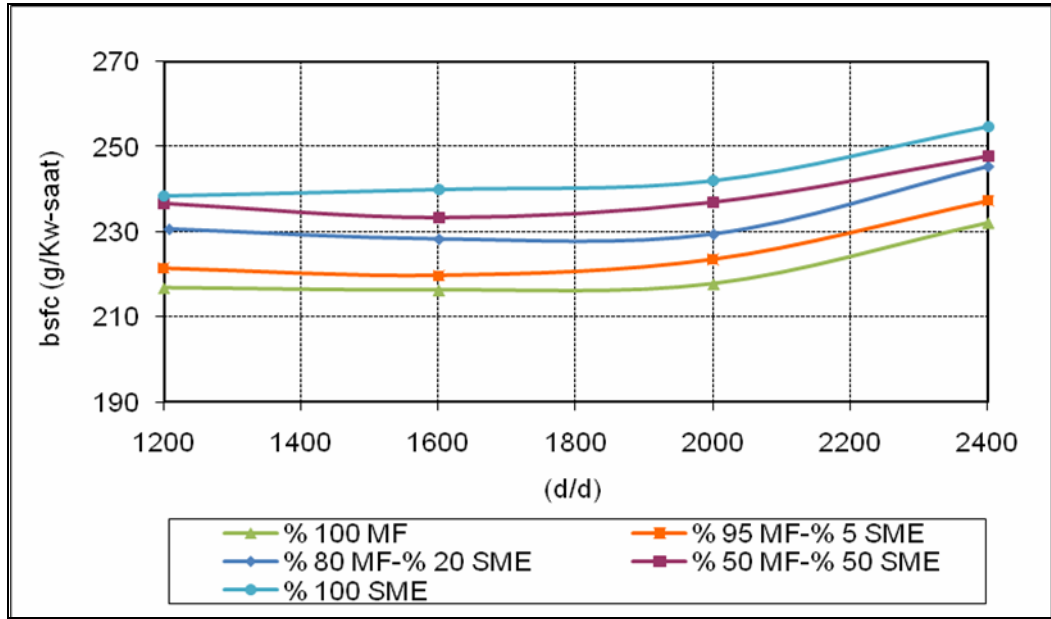
$$bsfc = 214 \text{ g/kWsaat} \quad (2000 \text{ d/d için})$$

$$bsfc = 211 \text{ g/kWsaat} \quad (1600 \text{ d/d için})$$

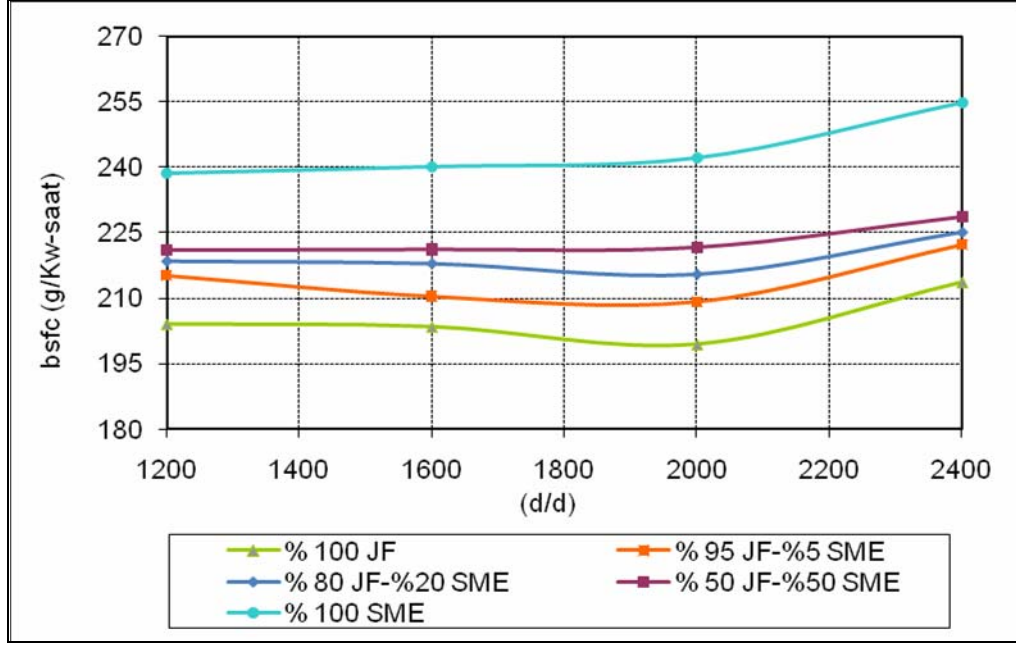
$bsfc = 212 \text{ g/kWsaat}$ (1200 d/d için) bulunur. Diğer yakıt karışımları için de aynı hesaplamalar yapılır.



Şekil 5.6: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının özgül yakıt tüketimi değişimleri



Şekil 5.7: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının özgül yakıt tüketimi değişimleri



Şekil 5.8: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının özgül yakıt tüketimi değişimleri

5.2. Güç ve Termal Verimin Değişimi

Tam yük değişik devirde D2, JF, MF ve SME'nin motor devrine bağlı güç değişimleri Şekil 5.9, Şekil 5.10 Şekil 5.11 Şekil 5.12'de görülmektedir. Maksimum güç D2 yakıtı, JF, MF ve SME ile 2400 d/d'de sırasıyla 43,42 kW, 42,28 kW, 42,70 kW ve 41,25 kW'dır. Her dört yakıtın da maksimum momentin ölçüldüğü 1600 d/d'de güç D2 yakıtı için 33,2 kW, JF için 31,8 kW, MF için 33,2 kW ve SME için 33,0 kW'dır. Tam yük şartlarında güç, karışımlarda artan SME yüzdesi ile azalma göstermiştir. Bu şartlarda SME yüzdesi ile motor gücündeki azalmanın temel nedeni, artan SME oranı ile elde edilen döndürme momentinin düşmesidir. Güç hesaplamasında kullanılan eşitlik önceki bölümde eşitlik 4.7'de verilmiştir. Aşağıdaki hesaplamalar; sadece %100 D2 yakıtı tam yük değişken devir şartı için hesaplamalar yapıldığı takdirde;

$T_e = 172.58 Nm.$ (2400 d/d için) yukarıda bulunmuştu.

Motor devri (N): 2400 d/d

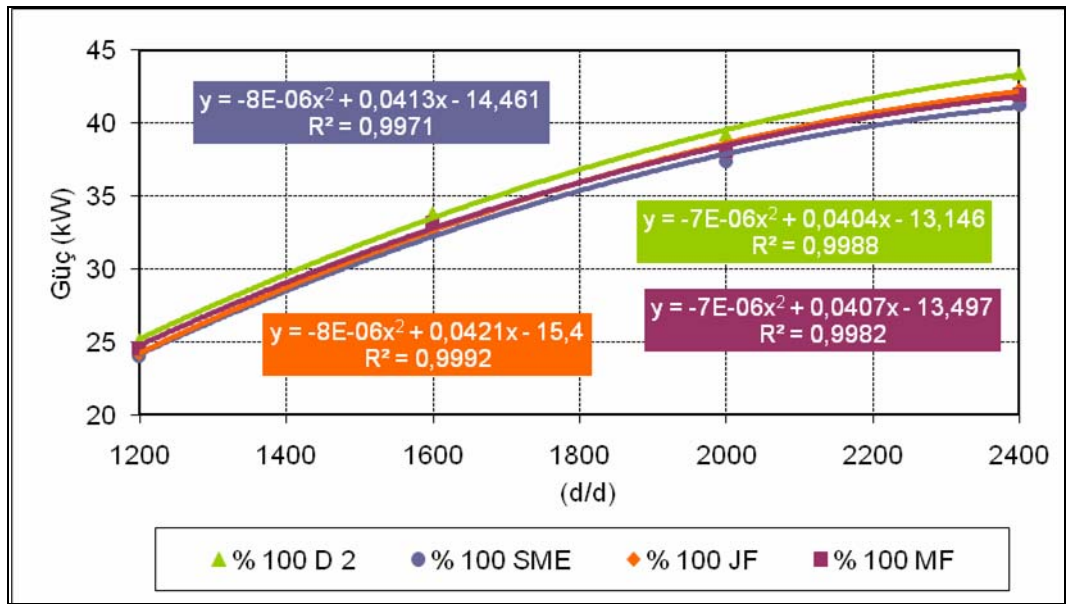
değerleri denklem 4.7'de yerine koyup hesapladığımızda,

$P_e = \frac{2400 \times 172.58}{9549.58} = 43.40$ (kW) (2400 d/d için) elde edilir. Aynı işlemler tüm devir aralıkları için uygulandığında, %100 D2 yakıtı için tam yükleme şartlarında güç değerleri;

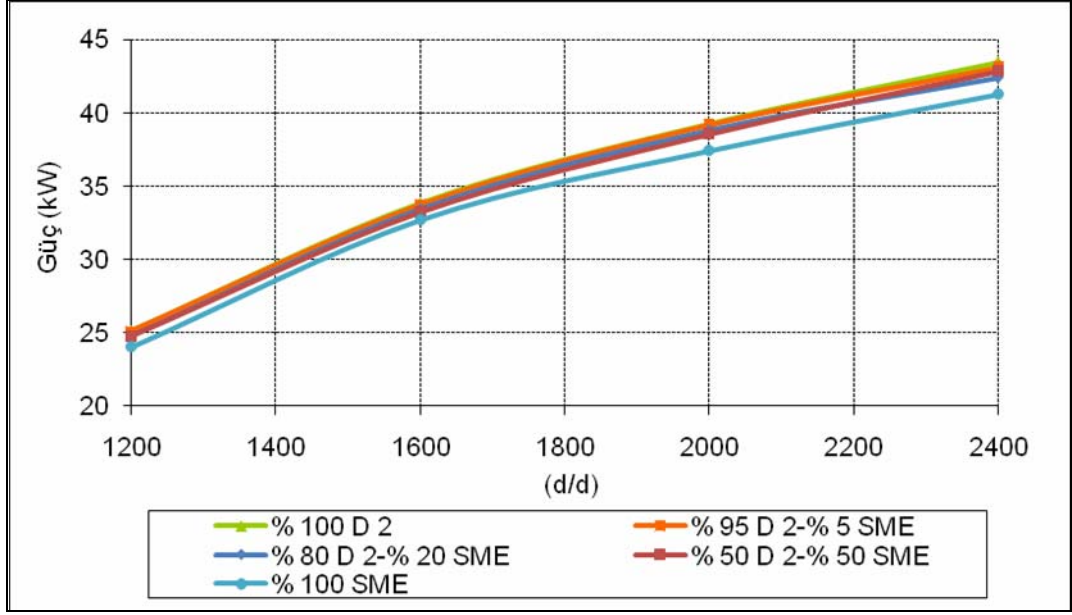
$P_e = 39.2 \text{ kW}$ (2000 d/d için),

$P_e = 33.8 \text{ kW}$ (1600 d/d için),

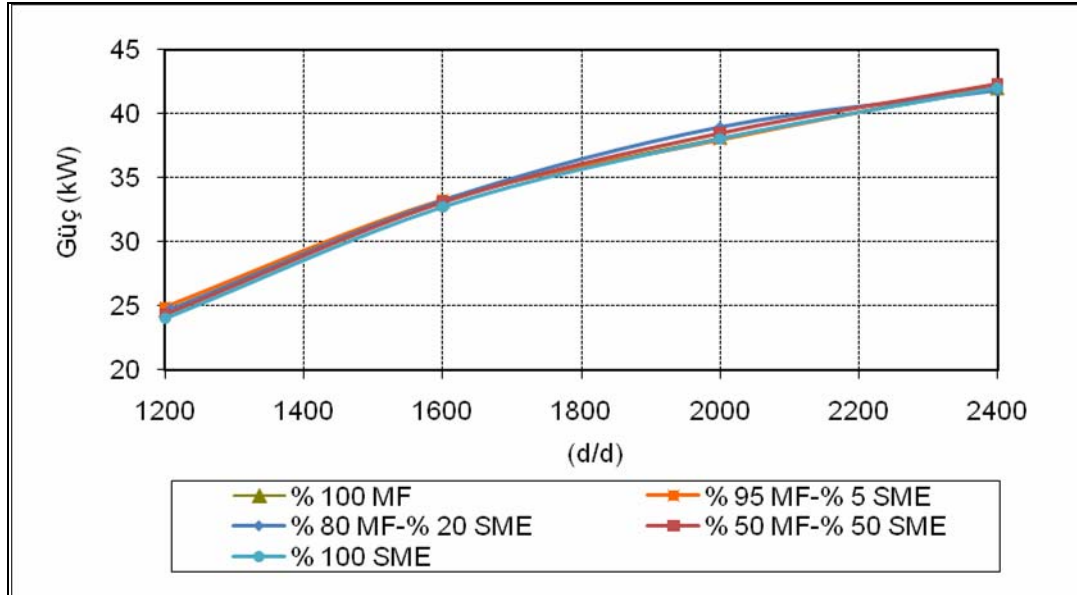
$P_e = 25.1 \text{ kW}$ (1200 d/d için) bulunur. Diğer yakıt karışımları için de aynı hesaplamalar yapılır.



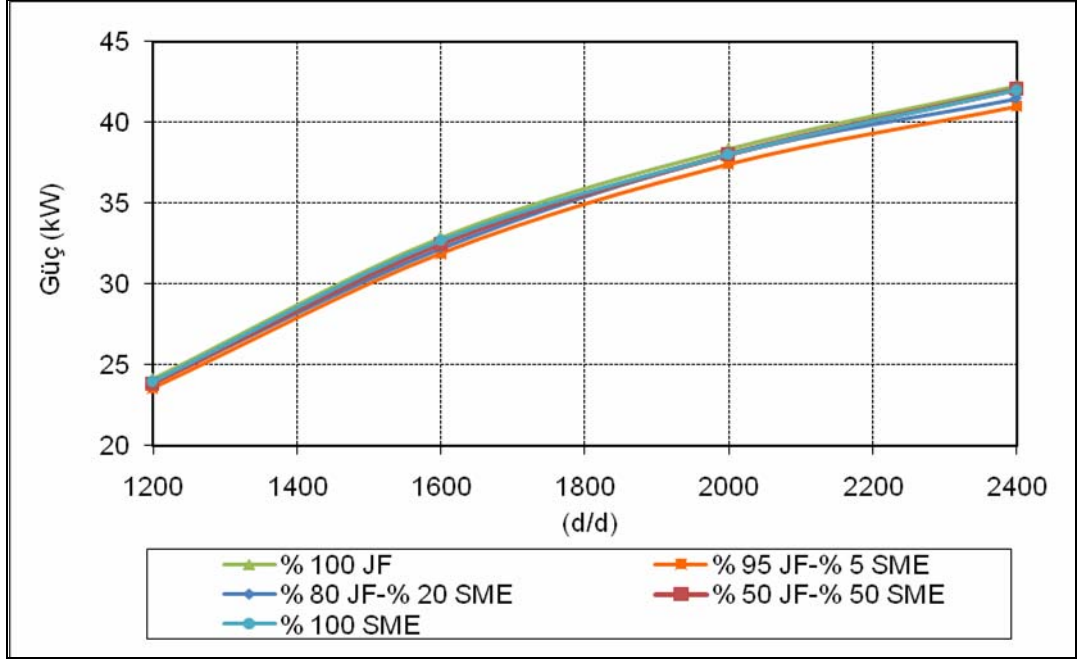
Şekil 5.9: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME güç değişimleri



Şekil 5.10: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının güç değişimleri



Şekil 5.11: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının güç değişimleri



Şekil 5.12: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının güç değişimleri

Motorlarda yanma sonucu elde edilen enerji, ısı transferi kayıpları nedeniyle tam olarak yararlı işe dönüşmemektedir. Termal verim, motor performansının değerlendirilmesi açısından önemli bir parametredir. Hesaplama kullanılan eşitlik, bundan önceki bölümde 4.20'de verilmiştir. Tablo 5.2'de denemelerde kullanılan yakıtların termal verim değişimleri görülmektedir. Termal verim motordan elde edilen gücün motora verilen enerji miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Tam yük değişken devir şartında termal verim %36 ile %41 arasında değişim göstermiştir. Maksimum termal verim JF yakıtında %41,52 ile 1600 d/d'de ölçülmüştür. Bu değerler D2 yakıtında %37,61 iken, MF yakıtında %37,93 ve SME yakıtında ise %37,67 olarak ölçülmüştür. Verimler arasındaki fark yakıtların alt ısı değerleri ile özgül yakıt sarfiyatı farklarından oluşmaktadır. Tüm yakıtlar için maksimum termal verim özgül yakıt tüketiminin minimum olduğu 1600 d/d'de elde edilmiştir.

Tablo 5.2: Termal verim ve özgül yakıt sarfiyatı karşılaştırılması (*1600 d/d)

Yakıt Cinsi	Maksimum Termal Verim (%)	Minimum Özgül Yakıt Sarfiyatı (g/kWsaat)	Alt Isıl Değer (kJ/kg)
%100 D2	37,61	214	44640
%100 SME	37,67	240	39800
%100 MF	37,93	216	44308
%100 JF	41,52	211	42600
%95 D2-%5 SME	37,03	219	44398
%80 D2-%20 SME	37,41	220	43672
%50 D2-%50 SME	38,32	223	42220
%95 MF-%5 SME	36,01	224	43962
%80 MF-%20 SME	36,32	228	42924
%50 MF-%50 SME	36,67	230	42054
%95 JF-%5 SME	40,29	210	42640
%80 JF-%20 SME	39,28	218	42040
%50 JF-%50 SME	39,48	221	41200

Burada; sadece %100 D2 yakıtı için hesaplamalar yapıldığı takdirde;

$$bsfc = 227 \left(\frac{g}{kWsaat} \right) \text{ (2400 d/d için) yukarıda bulunmuştur.}$$

$$H_u = 44640 \text{ kJ/kg} \text{ (%100 D2 için)}$$

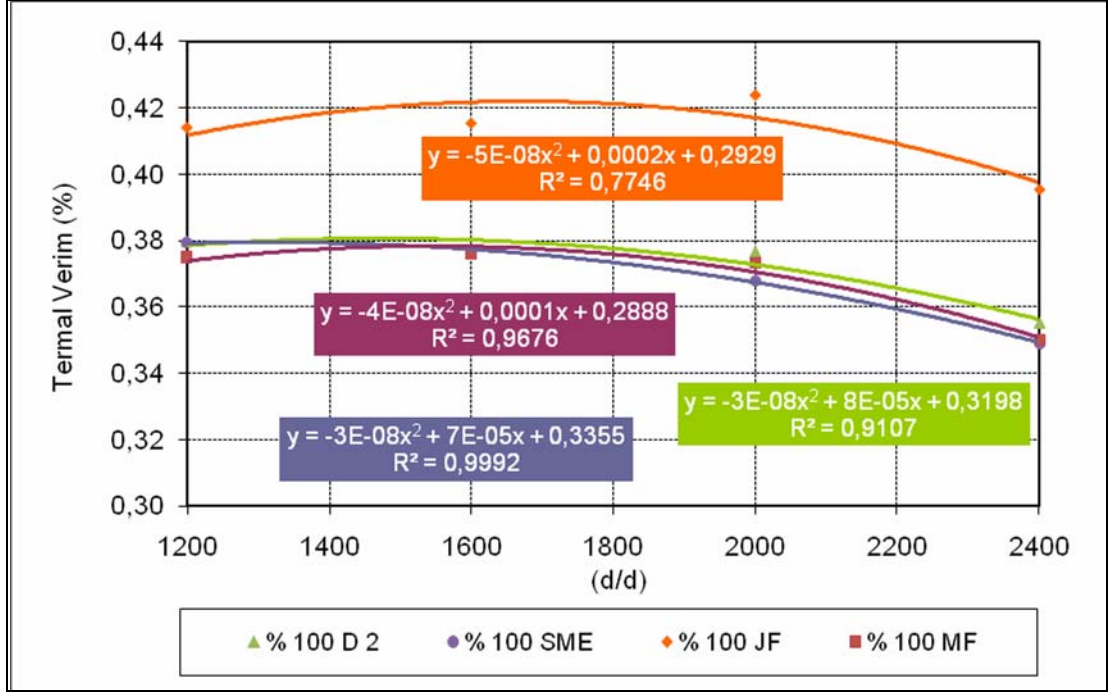
değerleri denklem 4.20'de yerine koyup hesapladığımızda,

$$\eta_{BTE} = \frac{3,6 \times 10^6}{227 \times 44640} = 0.3551 \text{ (2400 d/d için) sonucu bulunur. Aynı işlemler tüm devir aralıkları için uygulandığında, %100 D2 yakıtı için tam yükleme şartlarında termal verim değerleri;}$$

$$\eta_{BTE} = 0.3766 \text{ (2000 d/d için),}$$

$$\eta_{BTE} = 0.3761 \text{ (1600 d/d için),}$$

$\eta_{BTE} = 0.3797$ (1200 d/d için) bulunur. Diğer yakıt karışımları için de aynı hesaplamalar yapılır.



Şekil 5.13: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME termal verim değişimleri

5.3.Mekanik Verim

Mekanik verim (η_{MEK}) ortalama efektif basınç değerinin ortalama indike basınç (P_i) değerine oranıdır. Eşitlik 4.18'de formül gösterilmiştir. Mekanik verim; piston üzerinden elde edilen gücün krank mili ucundan alıncaya kadar olan kaybını gösterir. Çünkü silindir içinde yanan yakıtın meydana getirdiği iç güç, krank milinden faydalı güç olarak alıncaya kadar birçok mekanik kayıplara uğrar. Bunun nedeni; silindir duvarlarına dayanan piston ve segmanların sürtünmeleri, yataklardaki sürtünmeler, supap sistemleri su, yağ ve yakıt pompaları, fan ve aşırı doldurma düzenlerine yapılan harcamalardır. Bu kayıplar bazen sürtünme beygir gücü olarak da ifade edilir. Grafiklerden SME'nin diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında, aynı değerlerde verim değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Burada; sadece %100 D2 yakıtı için hesaplamalar yapıldığı takdirde;

$P_e = 43.4 \text{ kW}$ (2400 d/d için) yukarıda bulunmuştu.

$V_h = 3.14 \text{ lt}$ (strok hacmi)

değerleri denklem 4.8'de yerine koyup hesapladığımızda,

$BMEP = \frac{120 \times 43.4}{3.14 \times 2400} = 0.6910$ (MPa) sonucu bulunur. Daha sonra denklem 4.10'dan mekanik kayıplar basıncı hesaplanır.

$Mekanik\ kayıplar\ basıncı = 0.089 + 0.01 \times \left(\frac{2400 \times 0.1}{30}\right) = 0.177$ (MPa) bulunur. Son olarak ortalama indike basınç değeri denklem 4.9'dan hesaplanır [64]

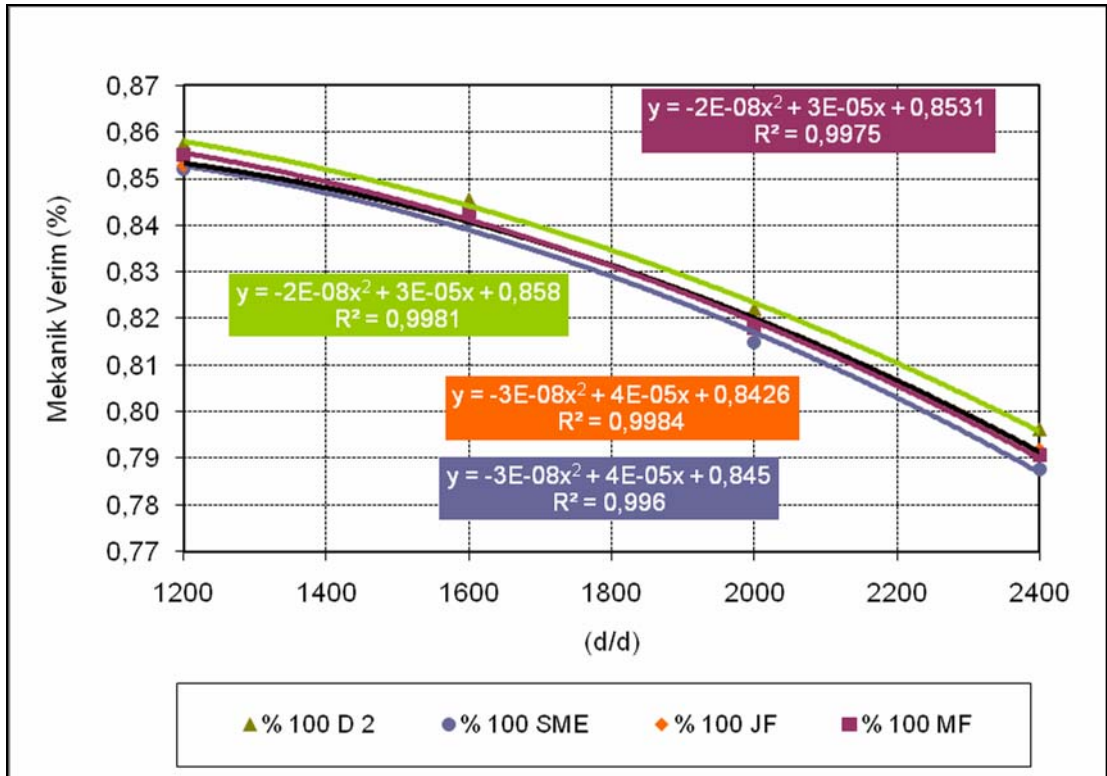
$P_{indike} = 0.6910 + 0.177 = 0.868$ (MPa) bulunur. Bu değerler denklem 4.18'de yerine konulur.

$\eta_{MEK} = \frac{0.6910}{0.868} = 0.7961$ (2400 d/d için) bulunur. Aynı işlemler tüm devir aralıkları için uygulandığında, %100 D2 yakıtı için tam yükleme şartlarında termal verim değerleri;

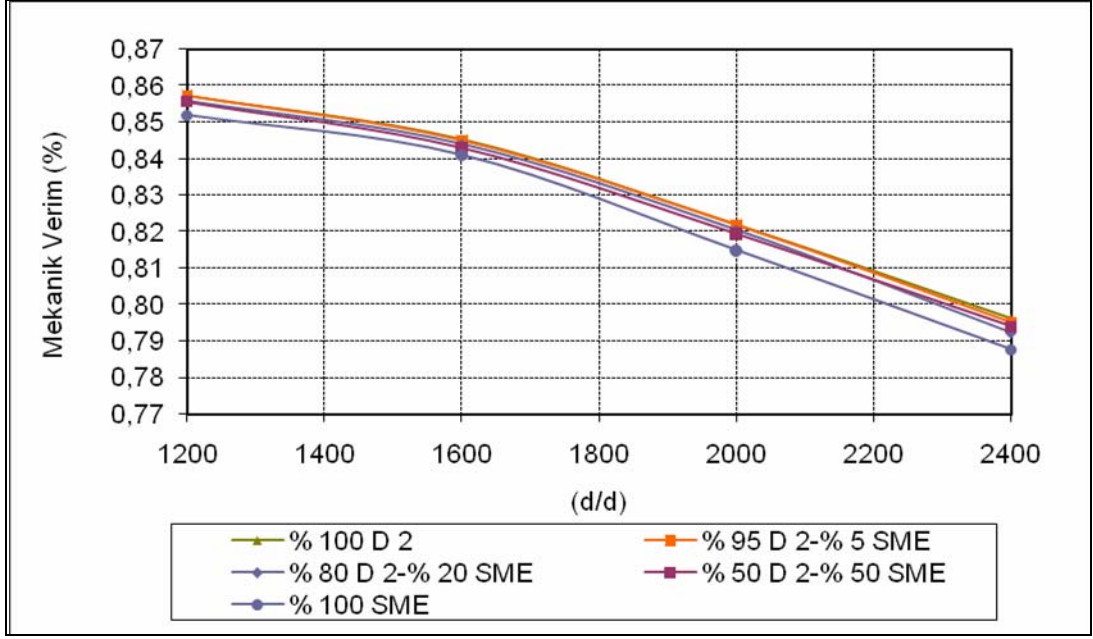
$\eta_{MEK} = 0.8219$ (2000 d/d için),

$\eta_{MEK} = 0.8454$ (1600 d/d için),

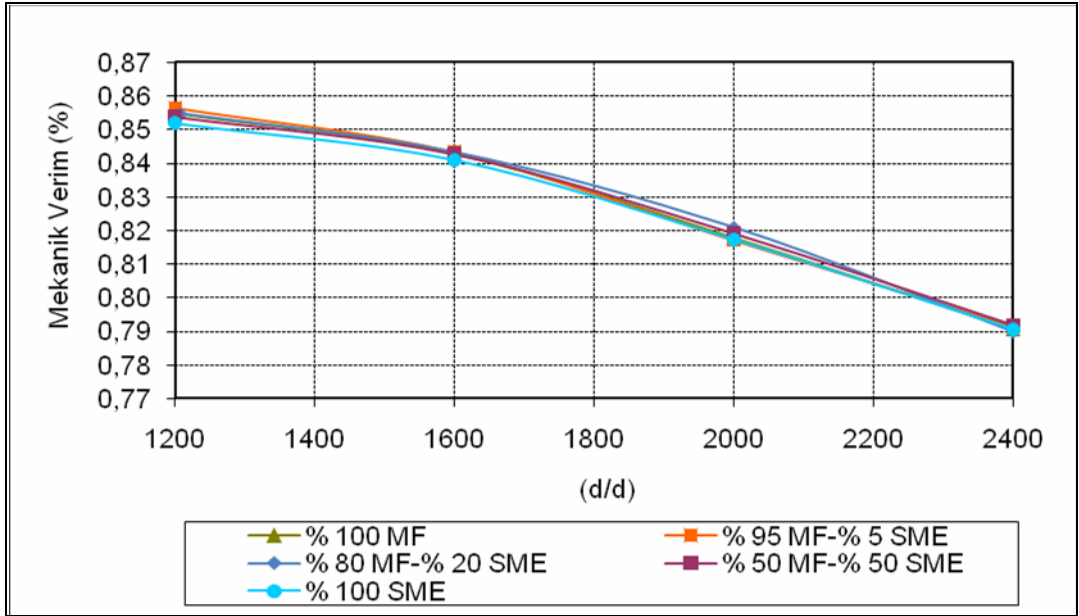
$\eta_{MEK} = 0.8574$ (1200 d/d için) bulunur. Diğer yakıt karışımları için de aynı hesaplamalar yapılır.



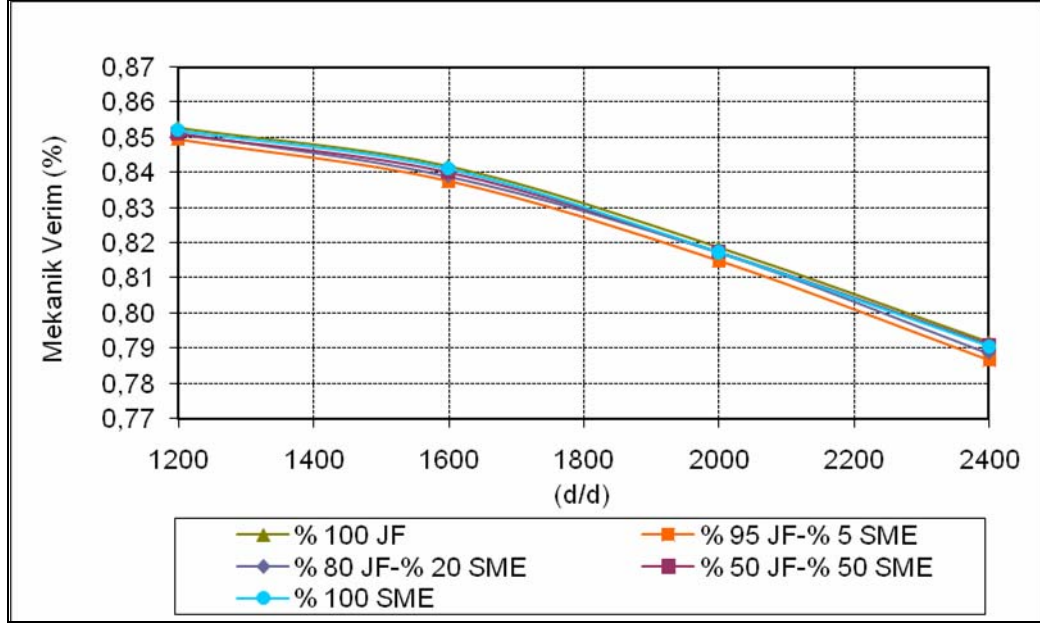
Şekil 5.14: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME mekanik verim değişimleri



Şekil 5.15: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının mekanik verim değişimleri



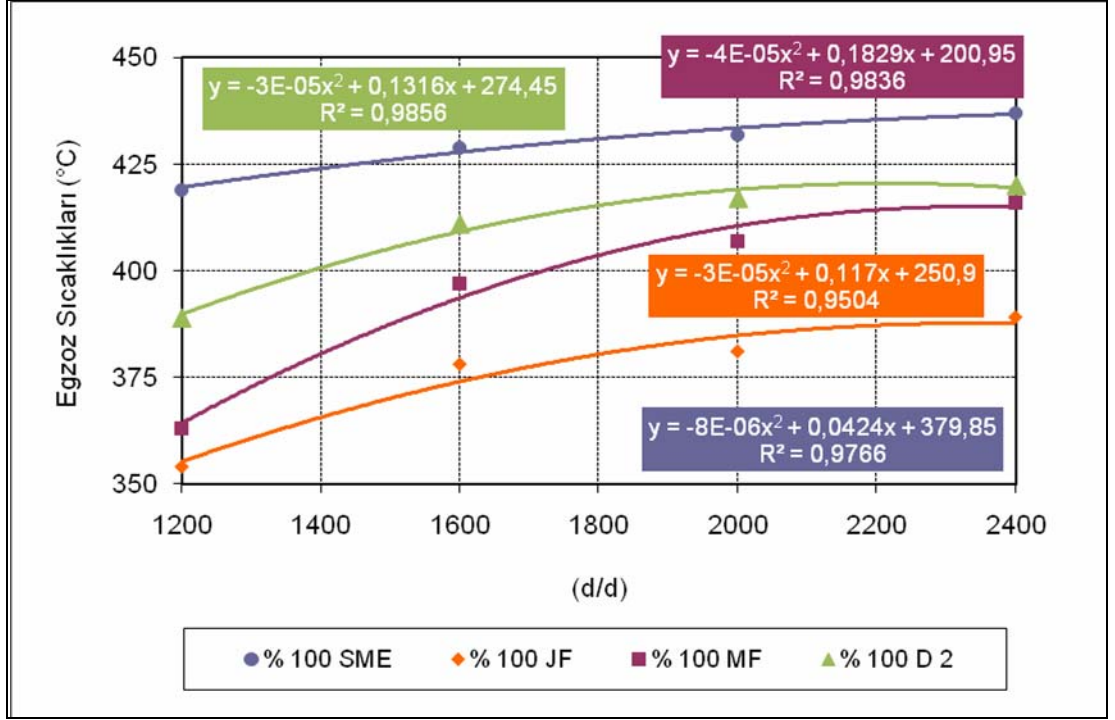
Şekil 5.16: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının mekanik verim değişimleri



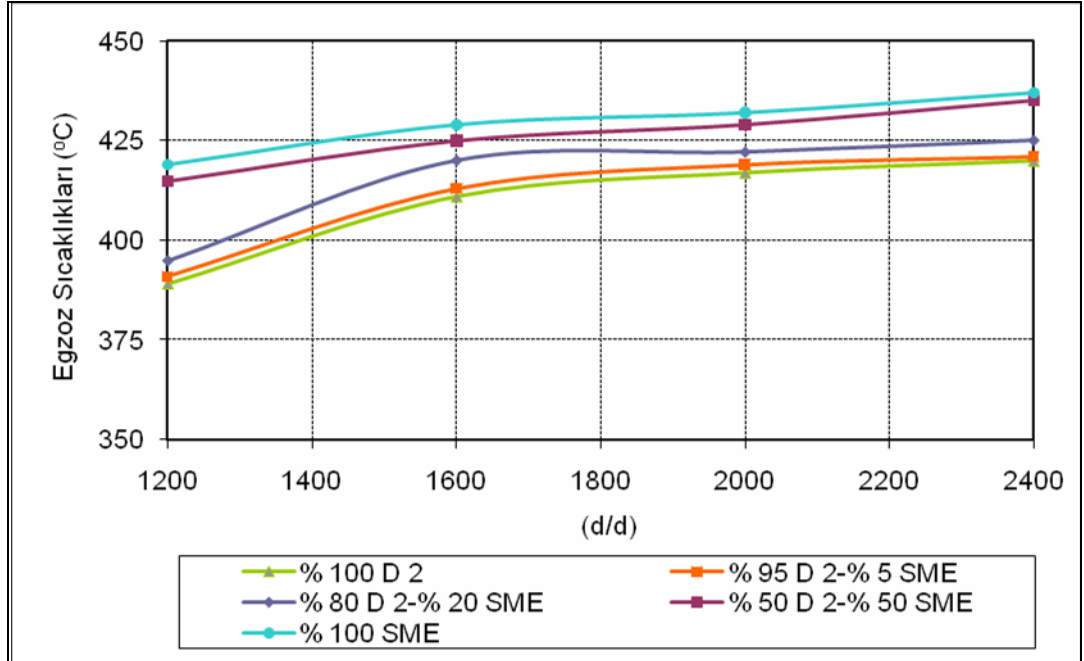
Şekil 5.17: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının mekanik verim değişimleri

5.4.Egzoz ve Yağlama Yağı Sıcaklıkları

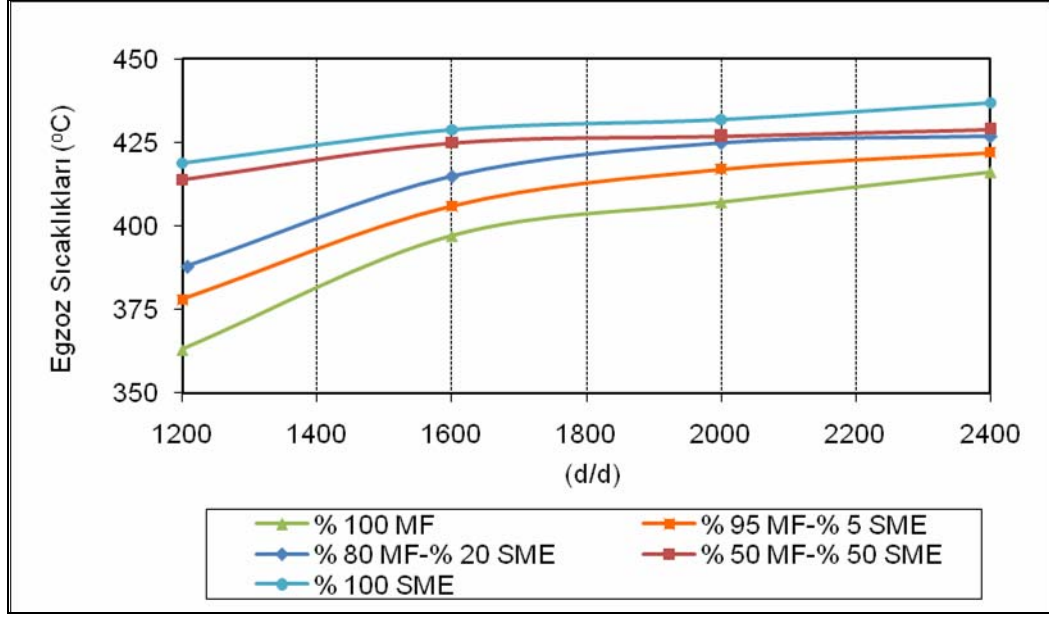
Egzoz sıcaklıkları, deneme yakıtlarının yanma esnasındaki sıcaklıklarının bir göstergesi olduğundan ölçüm yapılarak tespit edilmiştir. Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de tam yük ve değişik devirlerde ölçülen egzoz gaz sıcaklıklarının değişimi görülmektedir. Maksimum sıcaklık değişimleri SME yakıtı ile 2400 d/d'de 437°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler D2 yakıtında 435°C iken, JF yakıtında 389°C, MF yakıtında 416°C olarak ölçülmüştür. Genel olarak egzoz sıcaklıkları, tutuşma gecikmesinden etkilenmektedir. Biyodizel yakıtının setan sayısının yüksek olması ve içeriğinde oksijen bulunması tutuşma gecikmesi süresini kısaltırken, biyodizelin kaynama noktası yüksek bazı bileşikler içermesi ana yanma fazında yeterince buharlaşamaması ve yanmanın genişleme periyoduna kaymasına neden olmaktadır. Bu ise egzoz gaz sıcaklıklarının artmasına ve buna bağlı olarak, Şekil 5.22'de görüldüğü gibi daha yüksek yağlama yağı sıcaklıkları elde edilmektedir. Karışım yakıtlarda, karışım oranı arttıkça sıcaklıklar yükselmekte ve silindir içinde oluşan ve buna bağlı olarak egzozdan elde edilen sıcaklıklar artmaktadır. Bu durumun da literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.



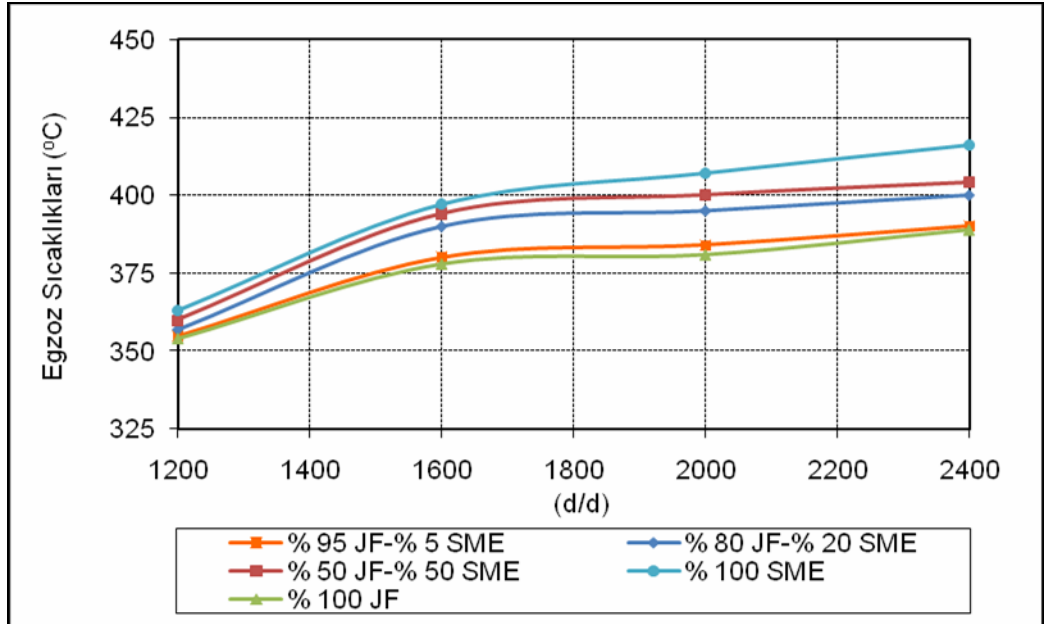
Şekil 5.18: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME egzoz sıcaklık değişimleri



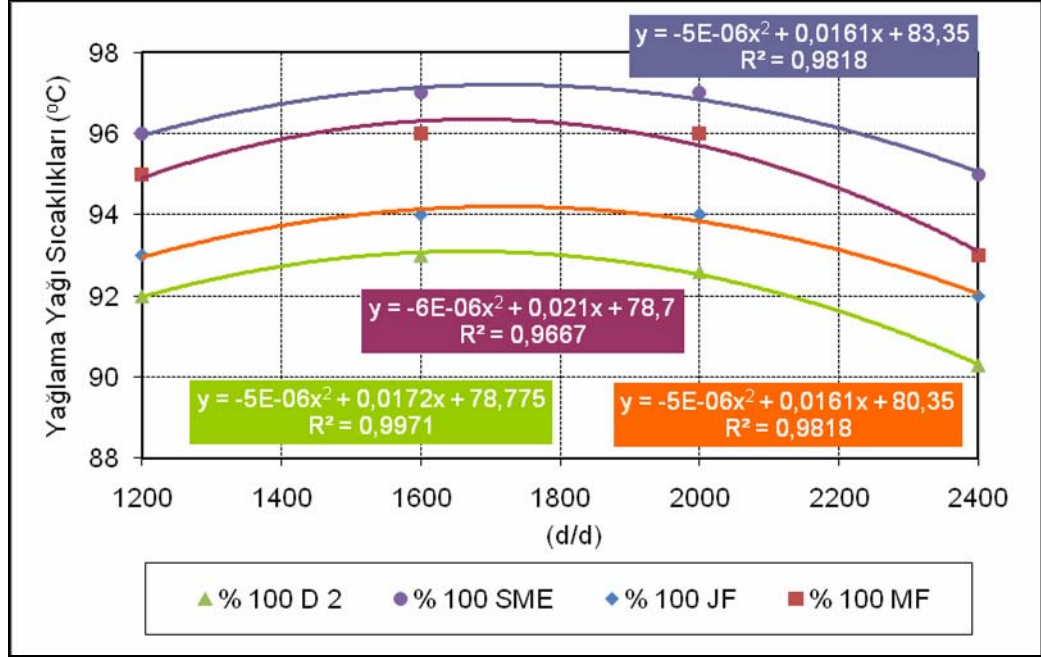
Şekil 5.19: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının egzoz sıcaklık değişimleri



Şekil 5.20: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının egzoz sıcaklık değişimleri



Şekil 5.21: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının egzoz sıcaklık değişimleri



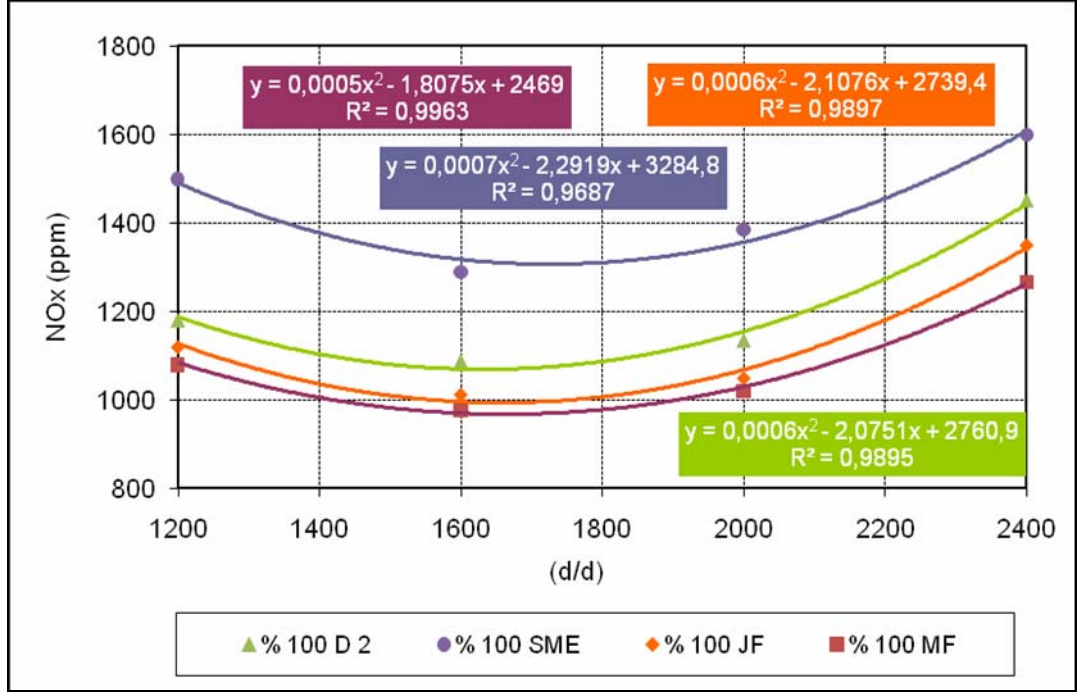
Şekil 5.22: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME yağlama yağı sıcaklık değişimleri

5.5.NO_x Emisyonları

Nitrojen oksitler (NO_x) esas olarak NO'lerden oluşurlar. NO, nitrojenin oksidasyonundan meydana gelir. Bu reaksiyon şu şekilde gösterilebilir;

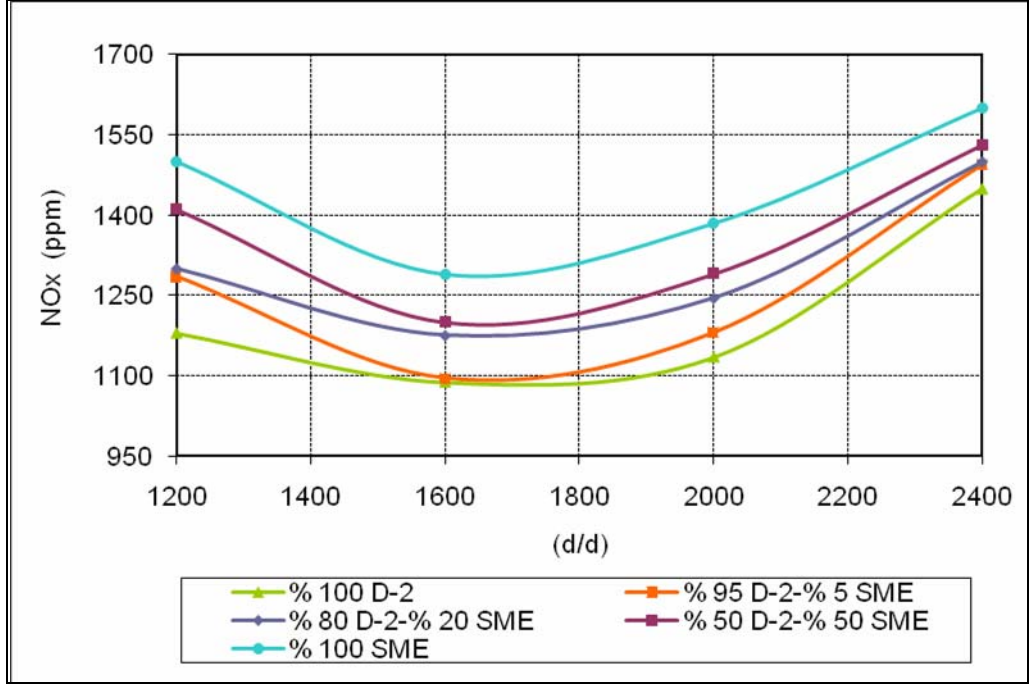


NO emisyonunun oluşabilmesi için, ilk olarak nitrojenin oksijenle reaksiyona girmesinin, hem yüksek bir sıcaklık (yaklaşık 1800°K) hem de yüksek bir oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Dışarı atılan NO_x gazını azaltmanın en iyi yolu, hem yanma odası içerisindeki sıcaklığın 1800°K'ye ulaşmasını engellemek, hem de yüksek sıcaklıklara ulaşılan süreyi kısa tutmaktır. Bunun yanında oksijen konsantrasyonunu da azaltmak ta mümkündür. Ayrıca maksimum alev sıcaklığını azaltmak için, egzoz gaz geri dönüşümü (EGR) uygulanabilir.



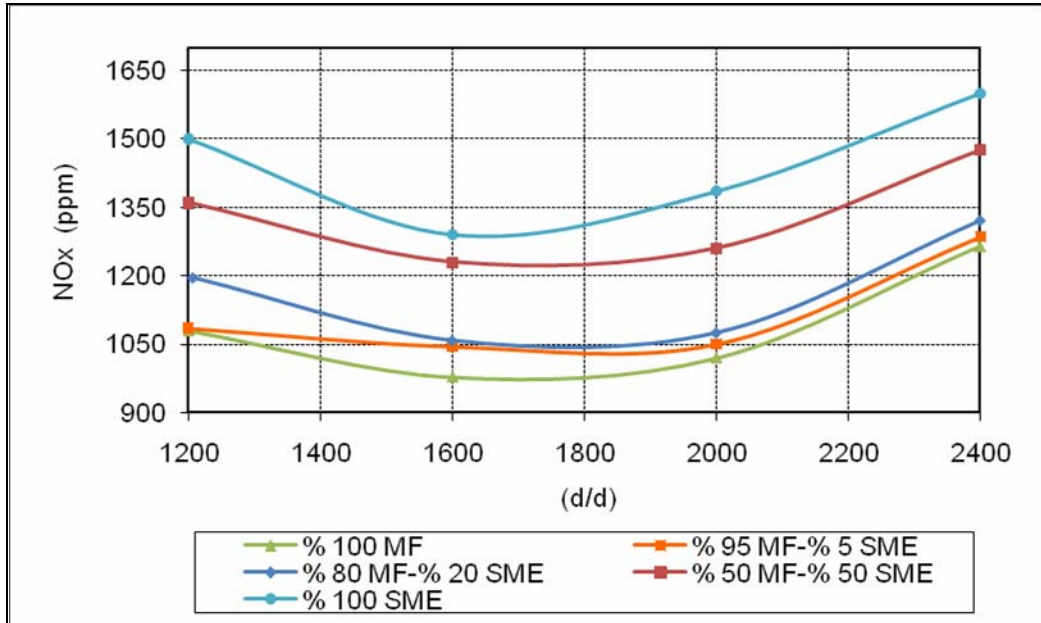
Şekil 5.23: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME NO_x değişimleri

D2, JF, MF ve SME yakıtların devire bağlı NO_x değişimleri Şekil 5.23'te görülmektedir. Maksimum NO_x emisyonu 1600 ppm ile SME yakıtında 2400 d/d'de ölçülmüştür. Bu değerler D2 yakıtında 1450 ppm iken, JF yakıtında 1650 ppm, MF yakıtında 1266 ppm olarak ölçülmüştür. Biyodizel yakıtların özgül yakıt tüketiminin petrol kökenli yakıtlara göre daha fazla olması ve içerisinde oksijenin yakıtça zengin bölgelerde gerekli oksijeni sağlaması, yanma bölgelerinde artışa sebep olmuş, yanma verimini arttırmıştır. Böylece yüksek sıcaklıklar elde edilen bölgelerin sayısı artmıştır. Bu nedenle; NO_x emisyonlarında artış gözlemlenmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere karışım oranlarındaki SME'nin artışına bağlı olarak NO_x oranı da artmaktadır. Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'de görüldüğü gibi artan oksijen oranına bağlı olarak NO_x emisyonlarında kademeli bir artış görülmektedir. En düşük NO_x emisyonları tüm karışımlarda maksimum torkun elde edildiği 1600 d/d'de elde edilmiştir. Elde edilen verilerin literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

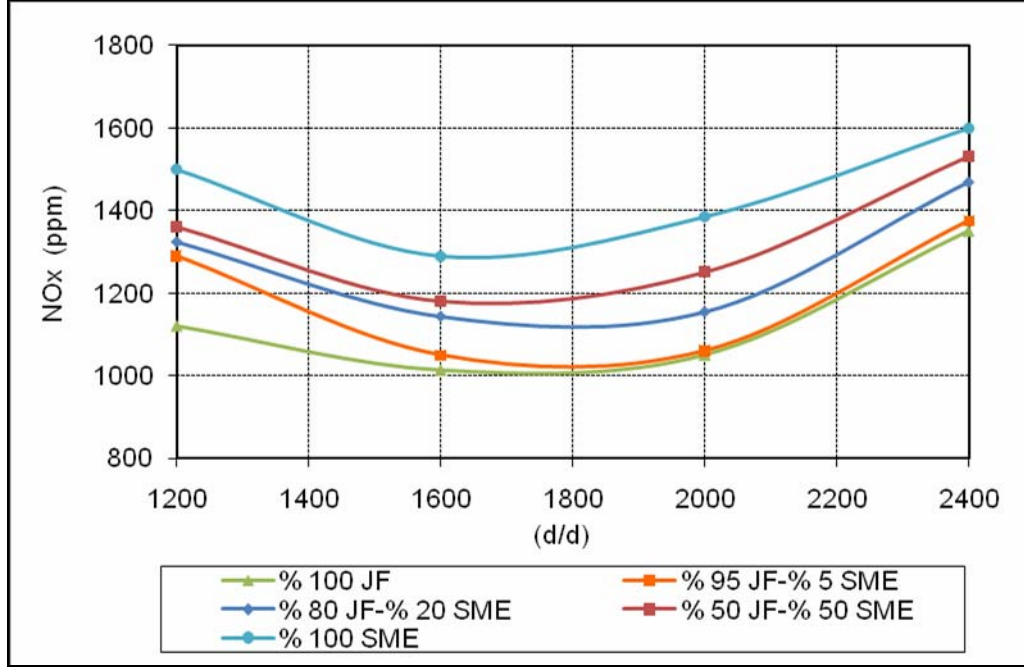


Şekil 5.24: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının NO_x değişimleri

Bir çevrimde kullanılan hava miktarı sabit olup, makinenin gücü, püskürtülen yakıt miktarı azaltılarak küçültülür. Bunun sonucu güç azaldıkça teorik hava yüzdesi çoğalır. Böylece hava miktarının fazla olduğu düşük devirlerde hava içerisinde bulunan azot miktarı yüksek sıkıştırma oranlarında yüksek sıcaklık ve sonucunda yüksek NO_x emisyonu vermektedir.



Şekil 5.25: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının NO_x değişimleri



Şekil 5.26: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının NO_x değişimleri

5.6.CO Emisyonları

Yanma odası içinde yetersiz oksijen bulunması nedeniyle, yakıtın tam yanmaması sonucunda (zengin karışım) CO oluşur. Silindirde üst ölü noktadan sonra CO değeri maksimum değerine ulaşmaktadır. Bunun bir miktarı genişleme (iş) stroku esnasında, su buharı ile indirgenmektedir. Teorik olarak, teorik hava-yakıt oranından daha fakir karışımlarında, CO emisyonu olmamalıdır. Ancak; bu karışımlardaki şu sebeplerden CO emisyonu oluşması;

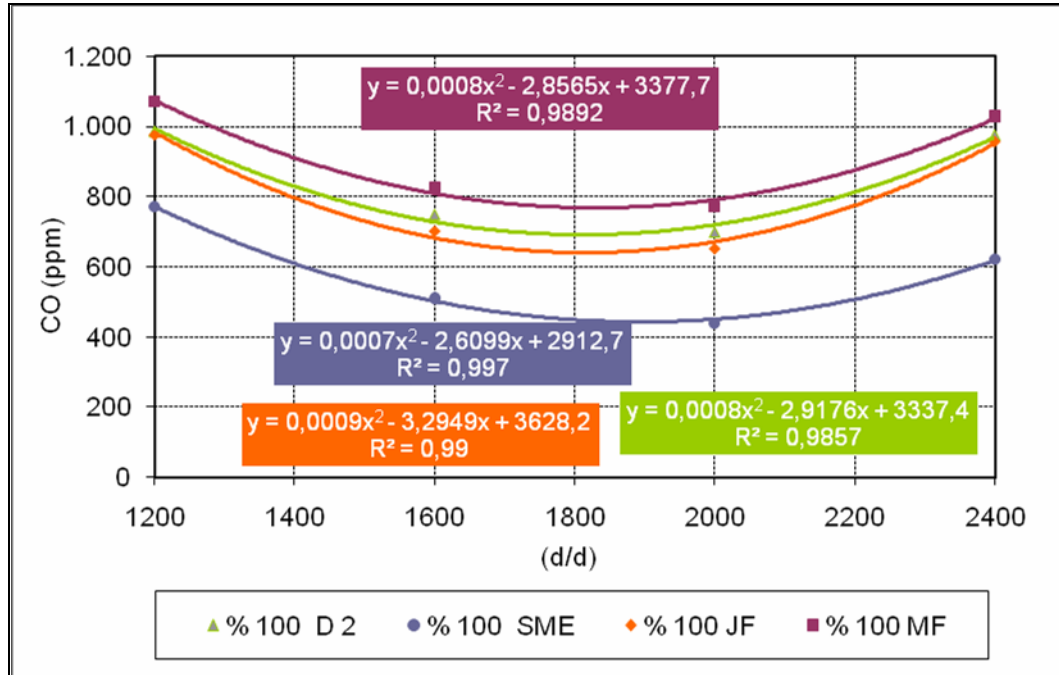
- Hava fazlalık katsayısının 1 civarında CO oluşması, daha çok CO₂'in ısıl parçalanması ile oluşur.



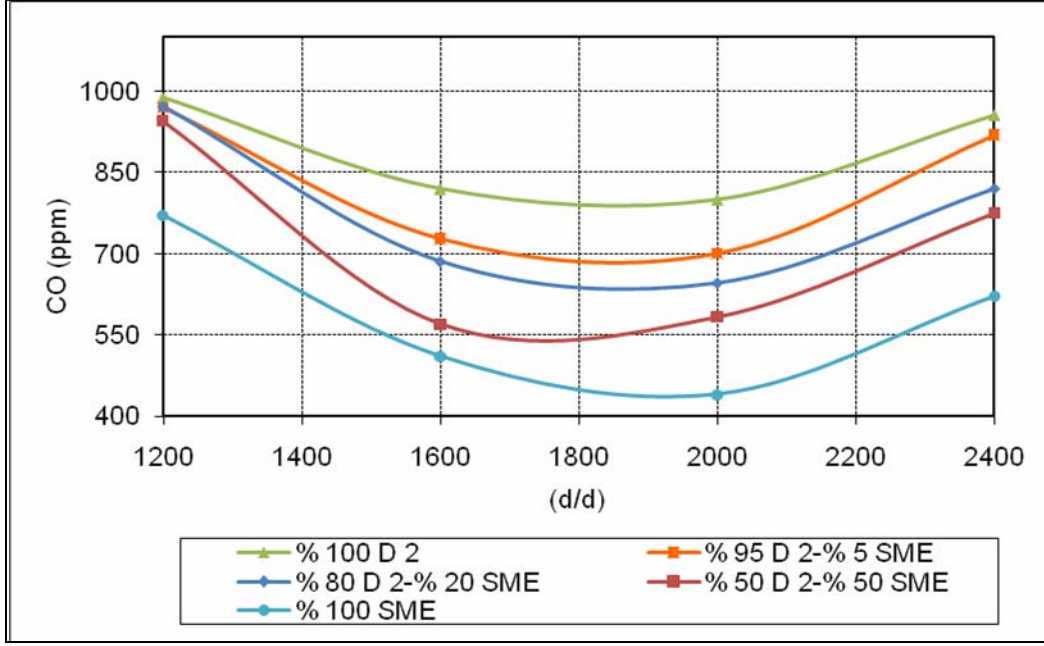
- Silindir iç cidarlarındaki sıcaklık daha azdır. Yanmanın gerçekleşebilmesi için, sıcaklık çok düşüktür. Dolayısıyla, alev silindir bu bölgesine ulaşamaz.

Şekil 5.27, Şekil 5.28, Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'da görüldüğü gibi zengin karışım bölgelerinde (1200-2400 d/d) CO oranının yüksek olduğu daha sonra düştüğü görülmektedir. Egzoz gazları içerisindeki CO konsantrasyonunu azaltmanın en iyi yolunun, mümkün olabildiğince fakir karışım sağlanması olduğu görülmektedir. D2,

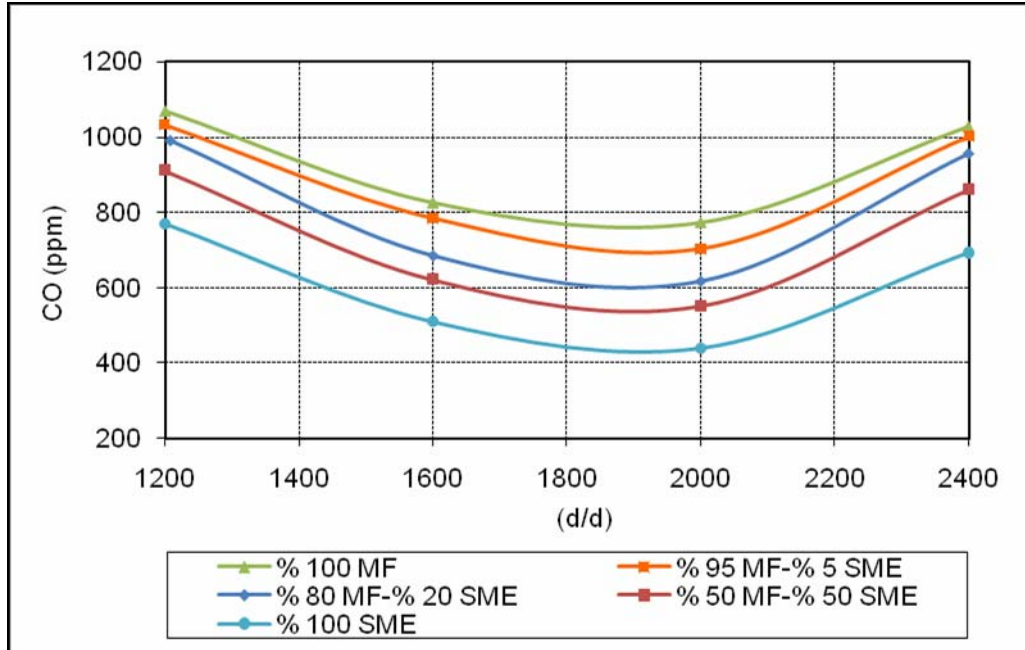
JF, MF ve SME yakıtların devire bağlı CO emisyonu değişimleri Şekil 5.27'de görülmektedir. Yakıt özellikleri, püskürtme karakteristikleri, motor yükü, hava-yakıt oranını önemli derecede etkilemektedirler. CO emisyonu da bu parametrelerden etkilenmektedir. CO emisyonu motordaki kayıp kimyasal enerjinin bir göstergesidir. Tüm devirlerde ve karışımlarda artan SME oranına bağlı olarak yakıt tüketimi artarken CO emisyonu düşmüştür. Bunun temel nedeni SME'nin içeriğindeki yaklaşık %10'luk O₂ ve kükürt içermemesidir. Karışımdaki biyodizel oranı ile CO emisyonundaki azalma nedeni yanma odasında oluşan hava-yakıt oranının gelişmesidir. Bu nedendir ki; minimum CO emisyonu, SME yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketimi daha fazla olmasına rağmen, SME için 2000 d/d'de 440 ppm, D2 yakıtında 630 ppm iken, JF yakıtında 610 ppm, MF yakıtında 772 ppm olarak ölçülmüştür. Şekil 5.27'de görüldüğü üzere JF'nin içeriğinde MF ve D2 yakıtlarına göre daha az oranda kükürt içerdiğinden dolayı, JF'nin üretmiş olduğu CO emisyonları MF ve D2 yakıtlarına göre daha düşüktür.



Şekil 5.27: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME karışımlarının CO değişimleri

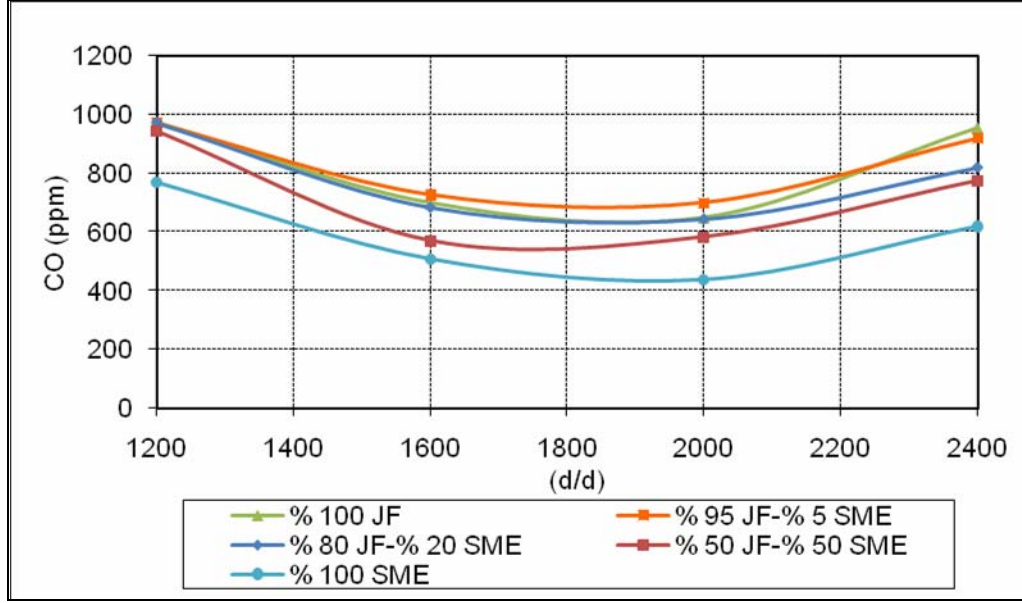


Şekil 5.28: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının CO değişimleri



Şekil 5.29: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının CO değişimleri

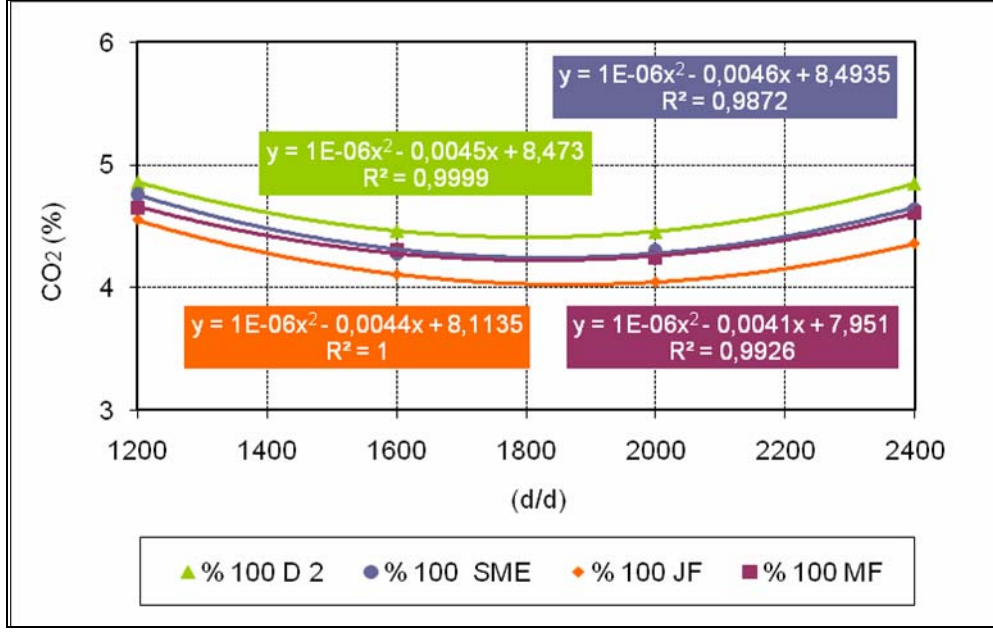
Özellikle yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı orta devirlerde CO emisyonlarında büyük bir azalma söz konusu iken yüksek devirlerde ve düşük devirlerde bu azalma daha az görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, literatür ile uyum sağlamaktadır.



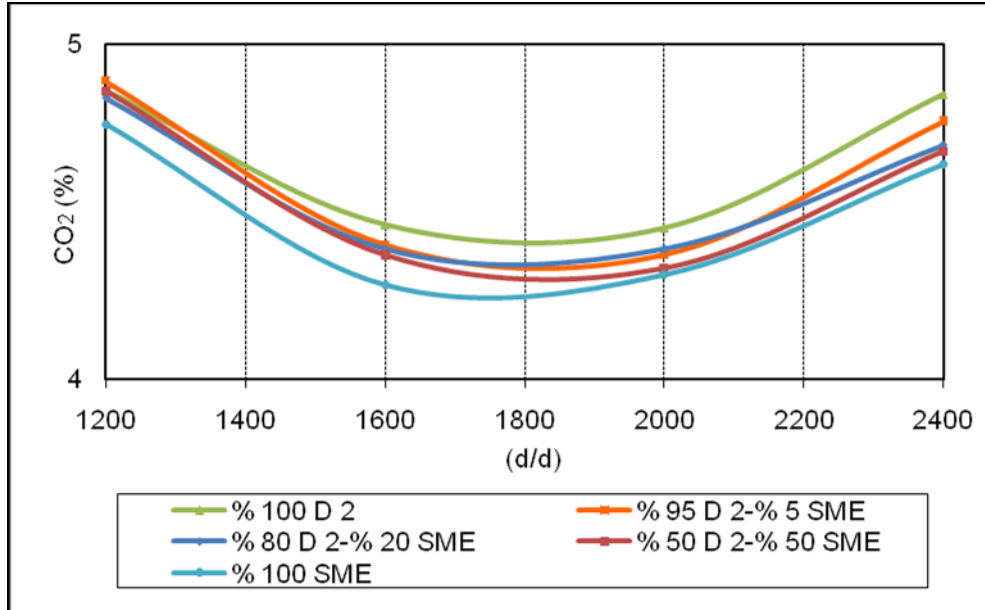
Şekil 5.30: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının CO değişimleri

5.7.CO₂ Emisyonları

Egzoz emisyonları arasında bulunan CO₂ tam yanmayı ifade eden bir parametredir. Dünya üzerinde görülen en önemli çevre sorunlarından biri olan küresel ısınmada temel etkilerden biri, CO₂'nin atmosferdeki sera etkisidir. Biyodizel, atmosferdeki sera etkisi yaratan gazları artırmaz. Biyodizelin hammaddesi bitkiler olduğundan, biyodizel yandığında sadece söz konusu bitkilerin bir süre önce atmosferden soğurmuş olduğu karbondioksit atmosfere geri döner. Biyodizel kullanımı ile CO₂'nin atmosferdeki çevrime katıldığını düşünen birçok araştırmacı bulunmaktadır [65]. Tüm yakıtların ve karışımlarının tam yük değişken devir şartlarındaki CO₂ emisyon değişimleri, Şekil 5.31, Şekil 5.32, Şekil 5.33 ve Şekil 5.34'te görülmektedir.

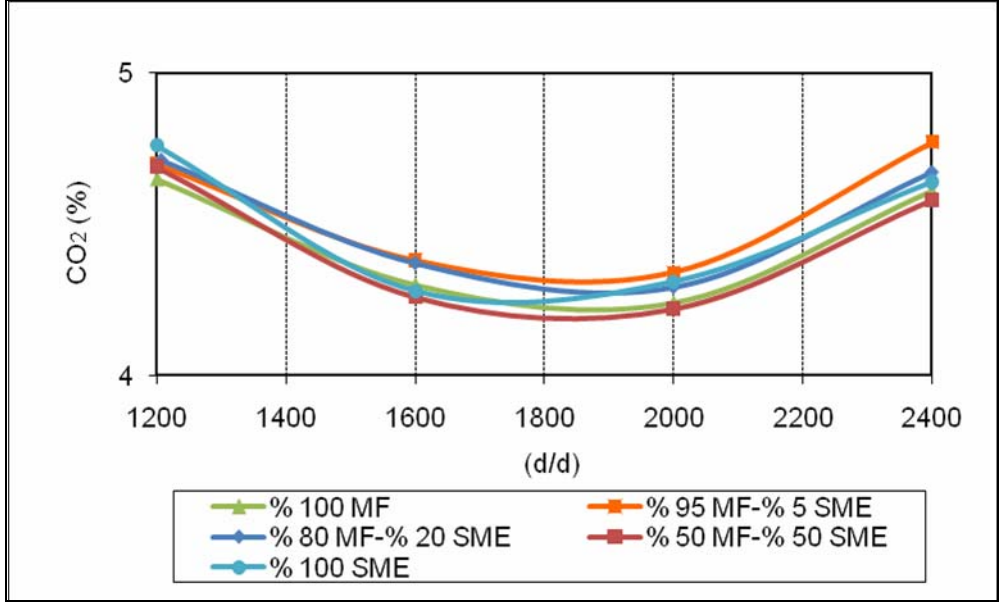


Şekil 5.31: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME karışımlarının CO₂ değişimleri

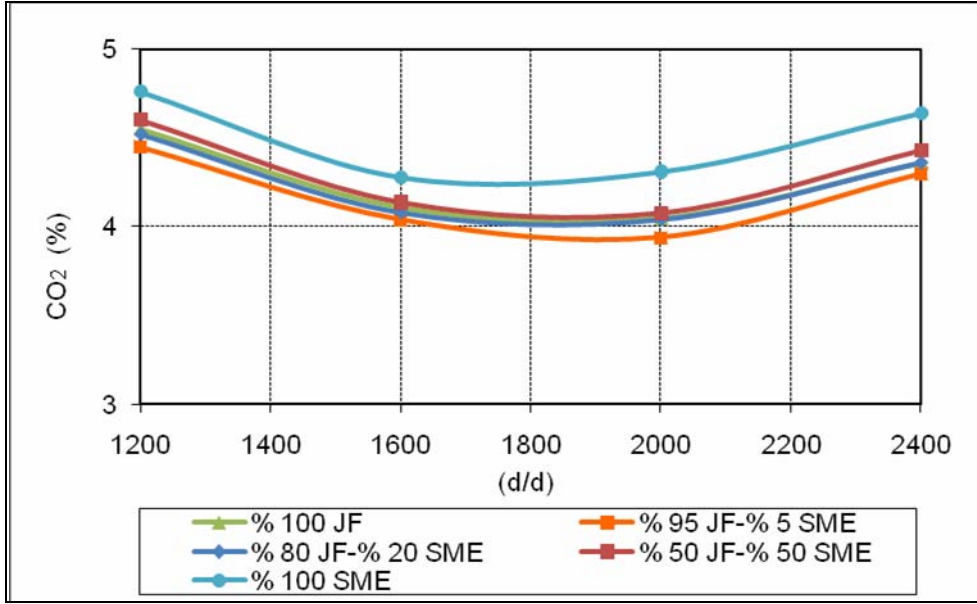


Şekil 5.32: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının CO₂ değişimleri

Tüm denemelerde CO₂ emisyonlarında 1200 ve 1600 d/d'da azalma olurken 2000 ve 2400 d/d'da artış görülmüştür. Motor devri yükseldikçe, SME içindeki oksijen, yanma odasındaki reaksiyonları desteklediği düşünülmüştür. Bunun yanında düşük devirlerde, SME'nin ve diğer yakıtların püskürtme karakteristikleri CO₂ oluşumunu etkilemiştir. Maksimum CO₂ değişimi petrol kökenli yakıtlarda ile 2400 d/d'de ölçülmüştür. Bu değerler D2 yakıtında %4,85 iken, JF yakıtında %4,36, MF yakıtında %4,61 ve SME'de %4,64 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.33: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının CO₂ değişimleri



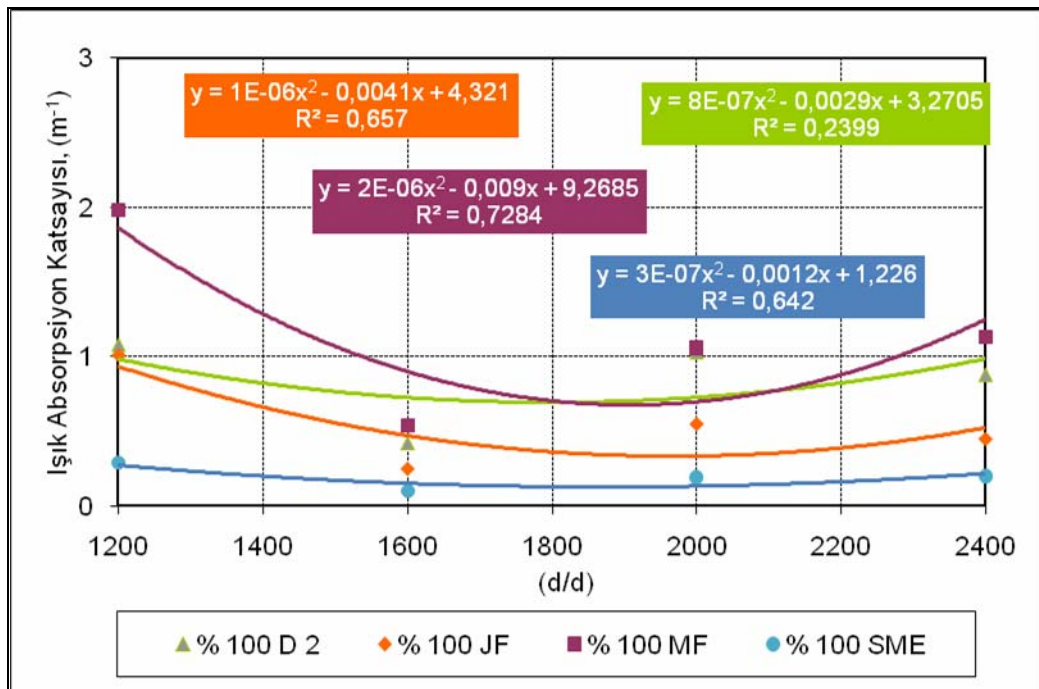
Şekil 5.34: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının CO₂ değişimleri

5.8. Işık Absorbsiyon Katsayısı (K)

SME'nin moleküler yapısında bulunan oksijen ışık absorpsiyon katsayısının oluşumunu etkileyen önemli bir faktördür. Şekil 5.35'te deneme yakıtlarının ışık absorpsiyon katsayıları görülmektedir. Elde edilen değerlerden anlaşılacağı üzere ışık absorpsiyon katsayıları karışımdaki SME yüzdesi arttıkça azalmıştır. SME ve karışımlarının kullanımı ile ışık absorpsiyon katsayılarındaki azalmanın temel nedeni; SME'nin oksijen ve bünyesinde kükürt bulundurmamasıdır.

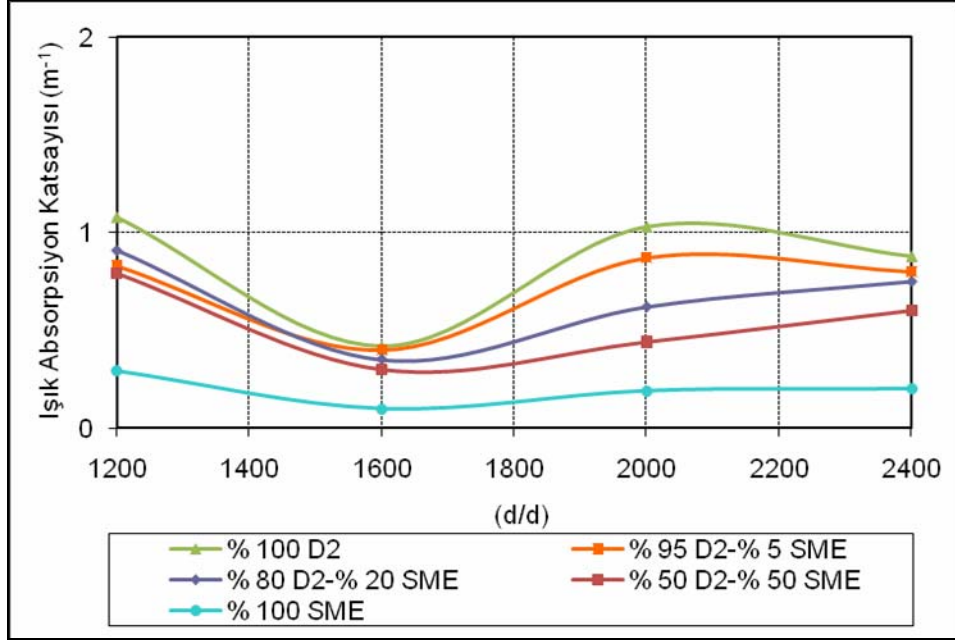
Düşük devirlerde tüm yakıtların özgül yakıt tüketiminin fazla olması ve silindir içerisindeki hava hareketinin daha yavaş olması ışık absorpsiyon katsayılarını arttırmakta ve daha sonra motor devri arttıkça artan hava hareketiyle ışık absorpsiyon katsayıları da azalmaktadır.

D2, JF, MF ve SME yakıtların tam yük değişik devirde, ışık absorpsiyon katsayıları değişimleri Şekil 5.35'te görülmektedir. Tüm yakıt karışımlarında minimum "K" değeri SME ile ölçülmüştür. Bu değerler JF yakıtında 0.25 m^{-1} iken, D2 0.42 m^{-1} , MF yakıtında 0.54 m^{-1} olarak ölçülmüştür.

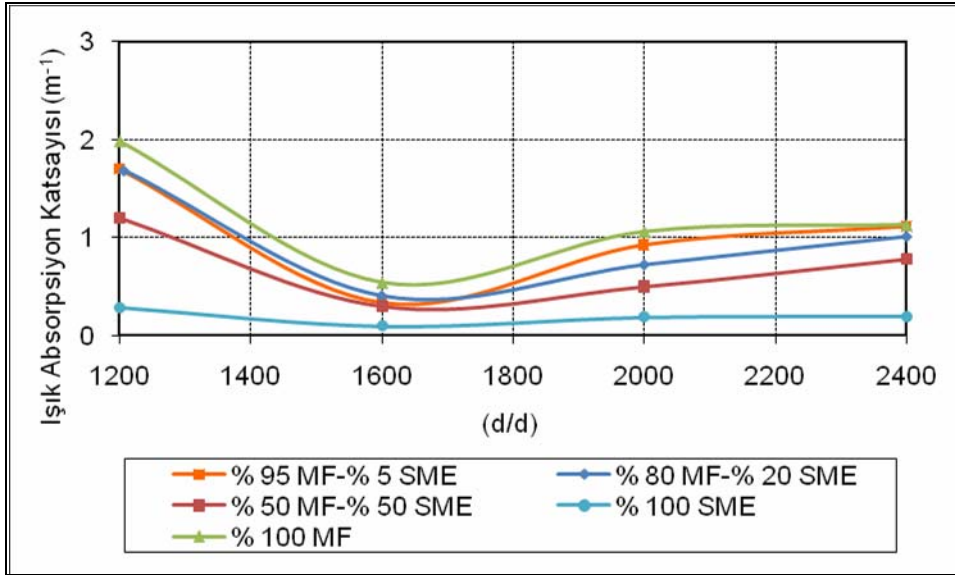


Şekil 5.35: Değişik devir tam yükte D2, JF, MF ve SME ışık absorpsiyon katsayısı değişimleri

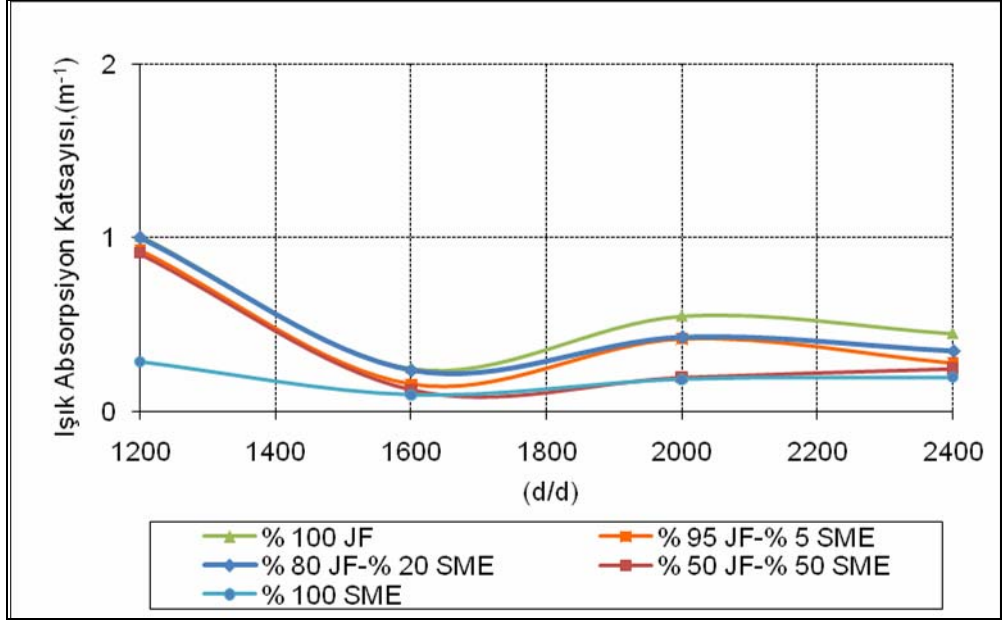
Maksimum momentin sağlandığı 1600 d/d'de tüm yakıtlar için ışık absorpsiyon katsayılarının (K) $0.20 \text{ m}^{-1} - 0.60 \text{ m}^{-1}$ mertebelerinde olduğu görülür. "TSE (11365) Karayolu Taşıtları-Dizel Motorlu Taşıtlar İçin Egzoz Gazı Kirleticileri Ölçme Metodu ve Sınır Değerleri" standartlarına göre hiçbir yakıt karışımında belirlenen sınır değerlerin üzerine çıkılmadığı görülmüştür. Literatürde genel eğilim biyodizelin is ve partikül emisyonlarını azalttığı yönündedir. Bunun yanında, Şekil 5.35'de görüldüğü üzere JF'nin içeriğinde MF ve D2 yakıtlarına göre daha az oranda kükürt içerdiğinden dolayı, JF'nin ürettiği ışık absorpsiyon katsayısı da MF ve D2 yakıtlarına göre daha düşük elde edilmiştir.



Şekil 5.36: Değişik devir tam yükte D2 ve SME karışımlarının ışık absorpsiyon katsayısı değişimleri



Şekil 5.37: Değişik devir tam yükte MF ve SME karışımlarının ışık absorpsiyon katsayısı değişimleri

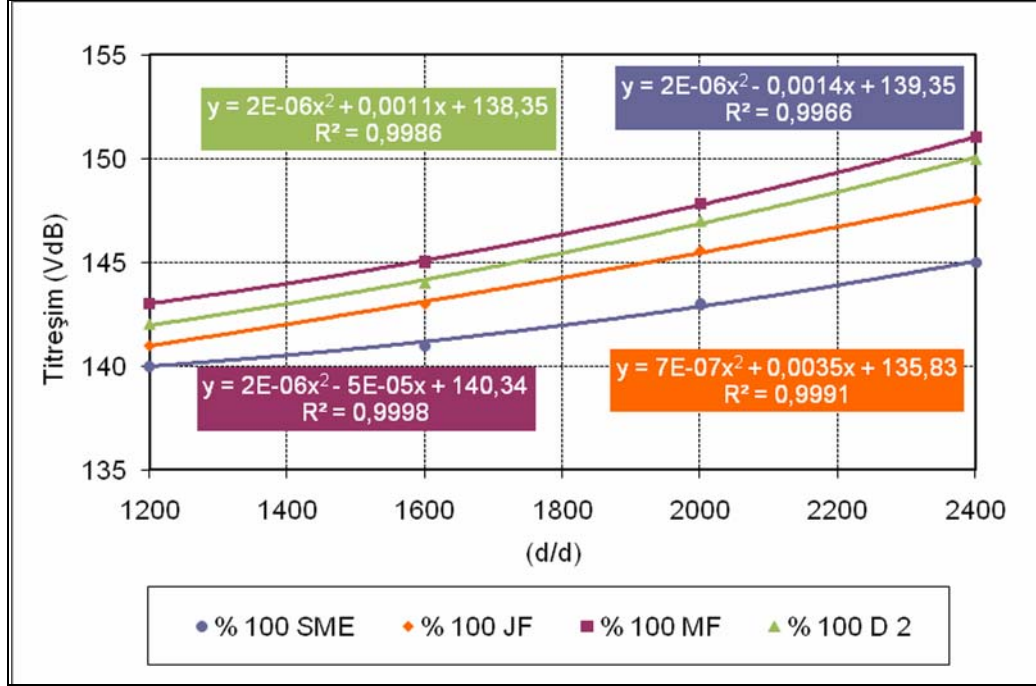


Şekil 5.38: Değişik devir tam yükte JF ve SME karışımlarının ışık absorpsiyon katsayısı değişimleri

5.9. Titreşim

Donanmamızda bulunan yüzer unsurların birçoğunda ana tahrik sistemi olarak dizel motorlar kullanılmaktadır. Bilindiği üzere dizel motor, benzinli motorlara nazaran daha gürültülü çalışmaktadır.

Donanma gemileri için en önemli konu denizaltı bulunan bir sahadan fark edilmeden geçebilmektir. Bu da, su üstü gemisinin gürültüyü ne kadar azalttığı ile orantılıdır. Zira gürültü kaynaklarının minimize edilmesi çok önem arz etmektedir. Şekil 5.39'dan anlaşılacağı üzere SME yakıtının kullanıldığı motorun yaymış olduğu titreşim değeri diğer yakıtlara göre %4-%5 kadar düşüktür.



Şekil 5.39: Değişik devir tam yükte JF, MF ve SME karışımlarının titreşim değişimleri

5.10.Örnek Deniz Aracı Denemeleri

Donanmamızda bulunan yüzer unsurların çoğunda ana tahrik sistemi olarak dizel motor ve bu motorlarda yakıt olarak “MF” kullanılmaktadır. Bahse konu gemilerimizden yayılan egzoz emisyonlarının yoğunluğu ve çevreye olumsuz etkileri düşünüldüğünde, çok önemli bir çevre probleminin içerisinde kendimizi bulmaktayız.

Bununla birlikte petrol ithal eden bir ülke olan Türkiye, son günlerde bir enerji dar boğazından geçmektedir. Bu durumda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok büyük bir önem arz etmektedir. Zira; TSK'nın hâlihazır taşıt potansiyeli düşünüldüğünde, bahsedilen enerji dar boğazının getirdiği kısıtlamalar, bizleri öz kaynaklarımıza yönelik enerji arayışlarına sevk etmektedir. Bu durum TSK'da bir alternatif enerji politikasının oluşması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Donanmamızda mevcut tüm yüzer unsurlarımızı limana emniyetli bir şekilde yanaştırmak, liman içerisindeki manevralar esnasında gemilerimize ilave bir motor gücü sağlamak maksadıyla kullanılan itici/çekici deniz araçları kullanılmaktadır. Bu araçlar iki adet dizel motor ile yapılandırılmış olup, her bir motor ayrı bir pervane ile irtibatlandırılmıştır.

Kullanıldığı yer olarak limana yakın olması ve yavaşırma esnasında sık makine manevrası yapması nedeniyle canlı hayatının ve çevrenin egzoz gazından fazla miktarda etkilenmesi söz konusudur. İtici/çekici deniz araçlarının ana tahrik sisteminde yakıt olarak "MF" kullanılmaktadır. Bu yakıt kara yakıtlarına nazaran fazla miktarda kükürt içermesi ve hâlihazırda kullanılan itici/çekici deniz araçlarının ana tahrik sisteminde motorların çok eski olmasından dolayı, motorun egzozundan fazla miktarda is emisyonu çevreye yayılmaktadır. Bu da, yukarıda bahsedildiği üzere çevreye olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu maksatla yukarıda bahsedilen çevre şartlarının korunumu ve öz kaynakların kullanımına yönelik düşüncelerin gerçekleştirilmesinde ilk basamak olan bu çalışmanın, TSK'nın alternatif enerji politikasının oluşmasına fayda sağlayacağı kıymetlendirilmektedir.

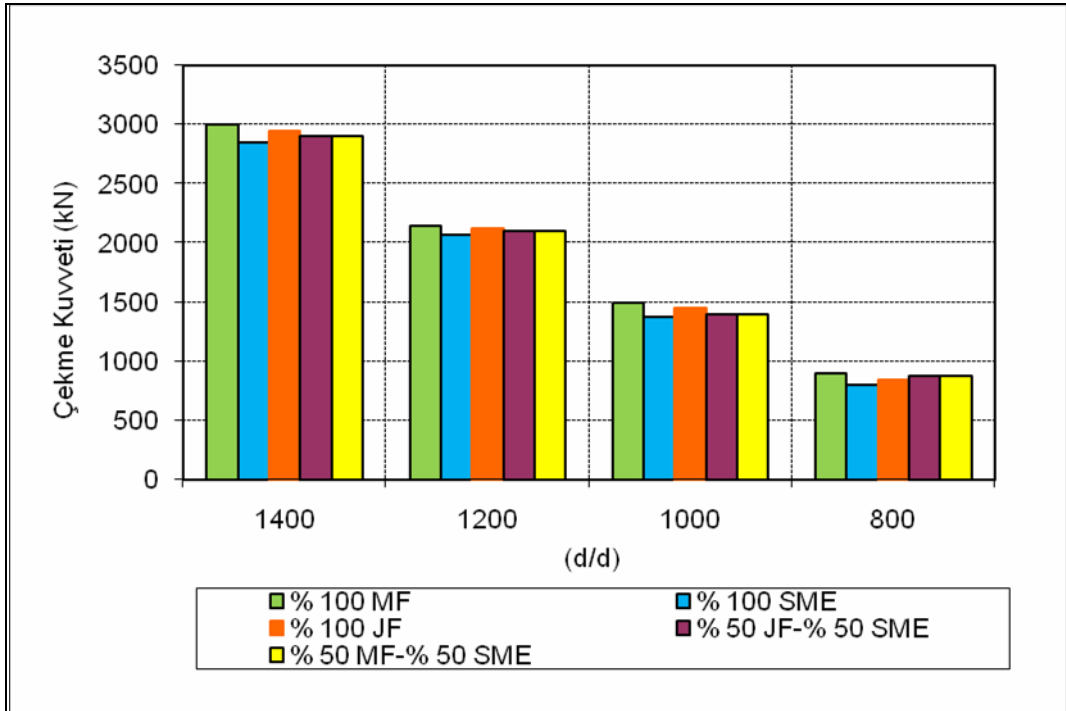
Çalışmada kullanılan motorun üzerinde herhangi bir modifikasyon yapılmamıştır. Her bir deneme 3 kez yapılmış ve bu 3 denemenin aritmetik ortalaması alınmıştır. Denemelerde kullanılan yakıtlar harici bir tank vasıtasıyla motoru beslemiştir. Her yakıt değişiminde yakıt devresi sökölerek devre tamamen temizlendikten sonra diğer yakıt denemeleri yapılmıştır.

5.10.1.Çekme kuvveti

Şekil 5.40'da çekme kuvvetinin ölçüldüğü dinamometre görölmektedir. Resmin sağ tarafından limandaki bağlama yerine, sol taraftan itici/çekici deniz aracının bağlama yerine irtibatlandırılmıştır. Çekme kuvveti "kN" olarak ölçülmüştür. Şekil 5.41'deki, çekme kuvvetleri incelendiğinde; motorda %100 SME kullanıldığında çekme kuvveti 2850 kN, %100 MF kullanıldığında çekme kuvveti 3000 kN ve %100 JF kullanıldığında ise çekme kuvveti 2950 kN bulunmuştur. %50 karışım yakıtlarda ise bu değerler %50 MF-%50 SME'de 2900 kN ve %50 JF-%50 SME'de 2890 kN'dir. Bu da, itici/çekici deniz araçlarında çekme kuvvetleri arasında büyük bir fark olmamasından dolayı "MF" yakıt yerine, diğer yakıt karışımlarının kullanılabilceğini, göstermektedir.



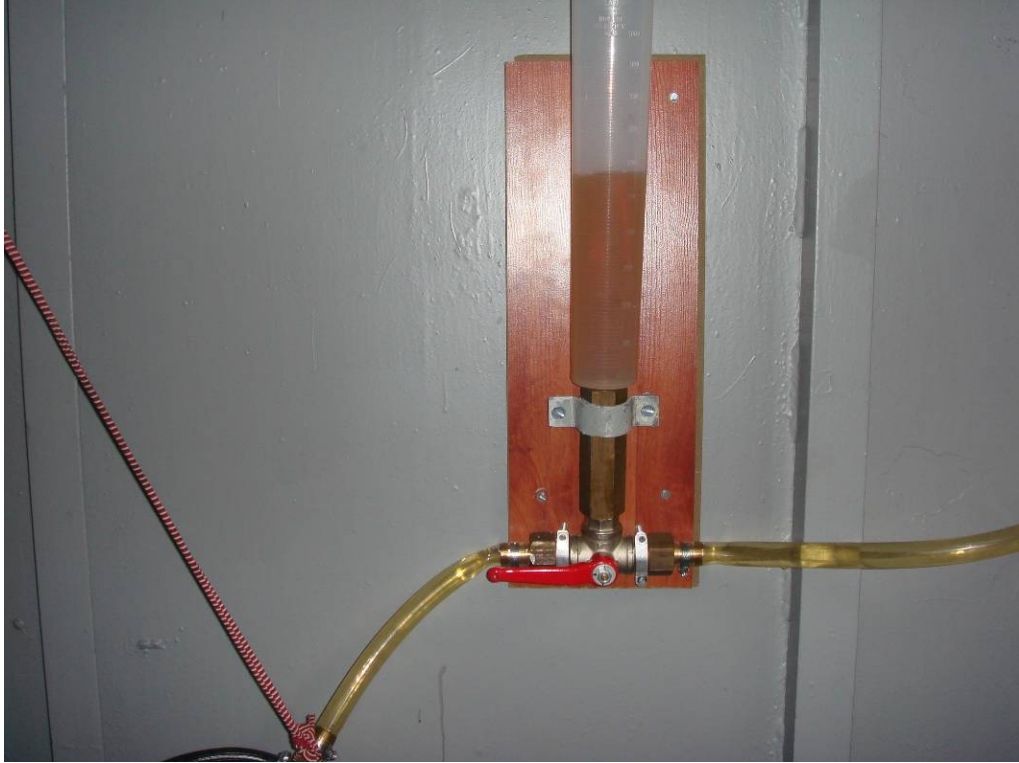
Şekil 5.40: Çekme kuvvetinin ölçüldüğü dinamometrenin görünüşü



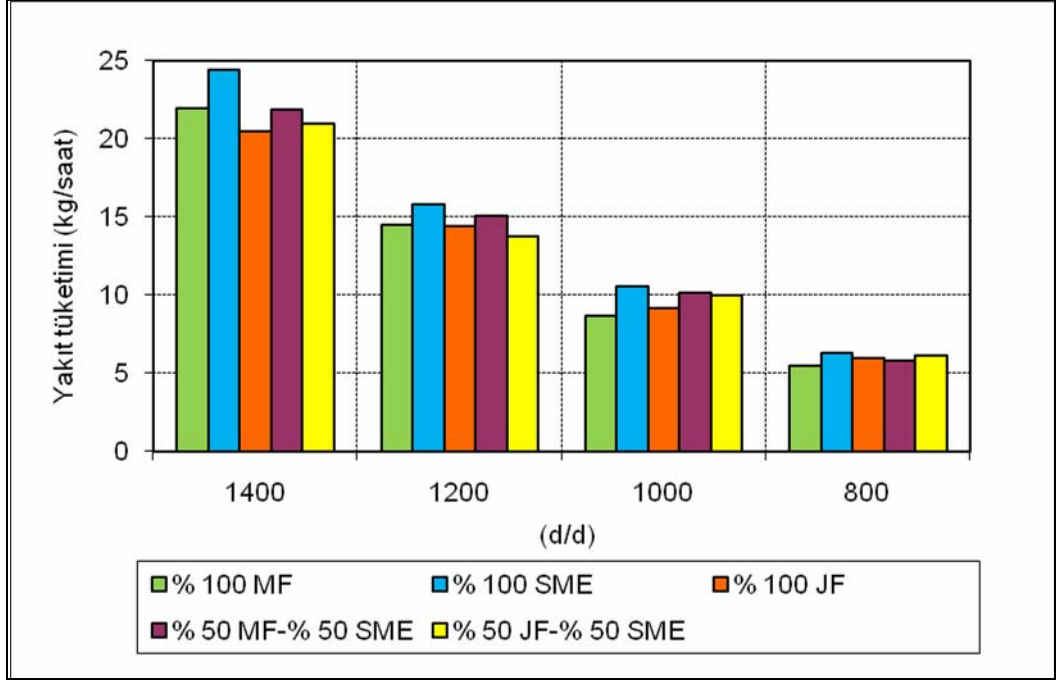
Şekil 5.41: Değişik Devirde MF, JF ve SME karışımlarının çekme kuvveti değişimleri

5.10.2.Yakıt tüketimi

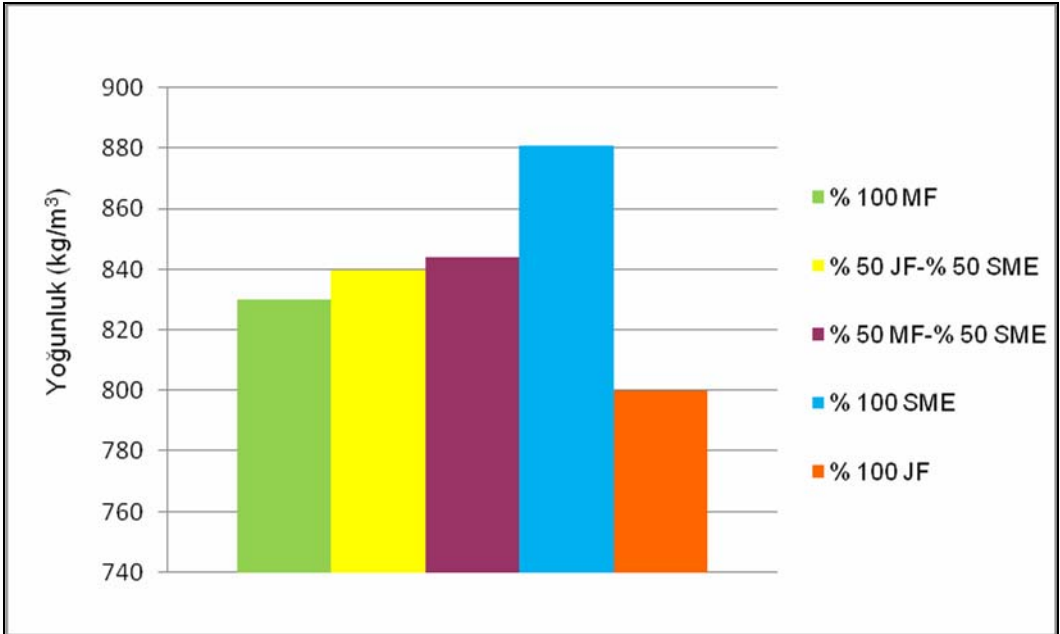
Şekil 5.42’de yakıt tüketiminin ölçüldüğü sistem görülmektedir. Yakıt, resmin sağ tarafındaki boru vasıtasıyla, harici yakıt tankından gelmekte ve sol taraftaki borudan da motora gönderilmektedir. Yakıt tüketimi “kg/saat” olarak ölçülmektedir. Şekil 5.43’deki, yakıt tüketimleri incelendiğinde; motorda %100 SME kullanıldığında yakıt tüketimi 24,40 kg/saat, %100 MF kullanıldığında yakıt tüketimi 22,00 kg/saat ve %100 JF kullanıldığında ise yakıt tüketimi 20,45 kg/saat bulunmuştur. Karışım yakıtlarda ise bu değerler %50 MF-%50 SME’de 21,92 kg/saat ve %50 JF-%50 SME’de 21,00 kg/saat’tır. Bu da, itici/çekici deniz araçlarında yakıt tüketimleri arasında büyük bir fark olmamasından dolayı “MF” yakıt yerine, diğer yakıt karışımlarının kullanılabilceğini göstermektedir.



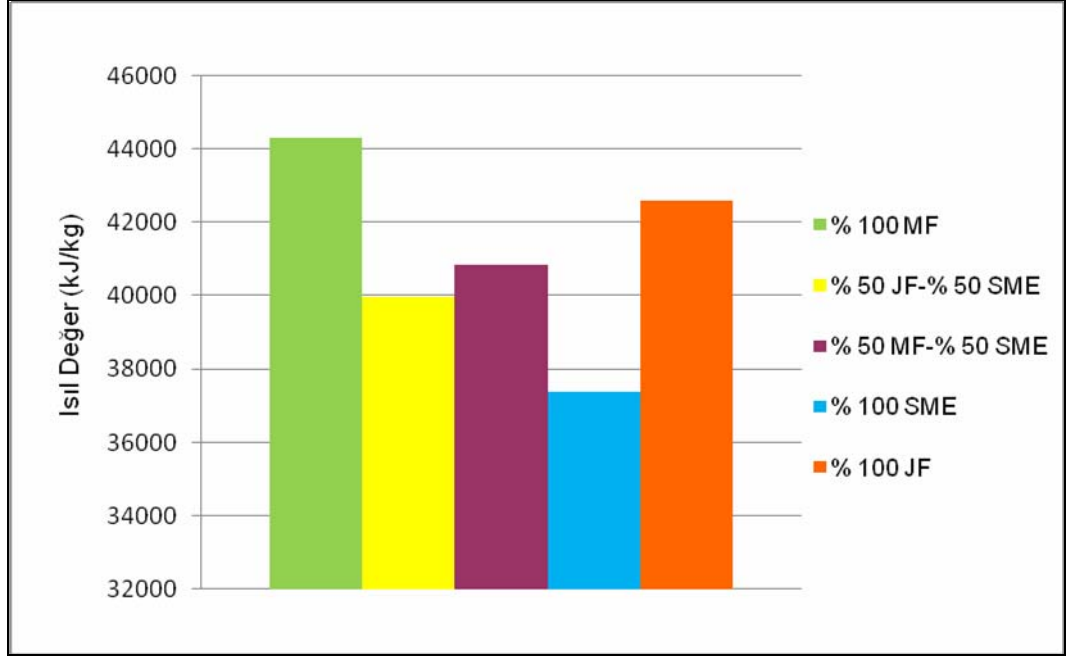
Şekil 5.42: Yakıt tüketiminin ölçüldüğü sistemin görünüşü



Şekil 5.43: Değişik devirde MF, JF ve SME karışımlarının yakıt tüketimi değişimleri



Şekil 5.44: MF, JF ve SME karışımlarının yoğunluk değerleri



Şekil 5.45: MF, JF ve SME karışımlarının ısıl değerleri

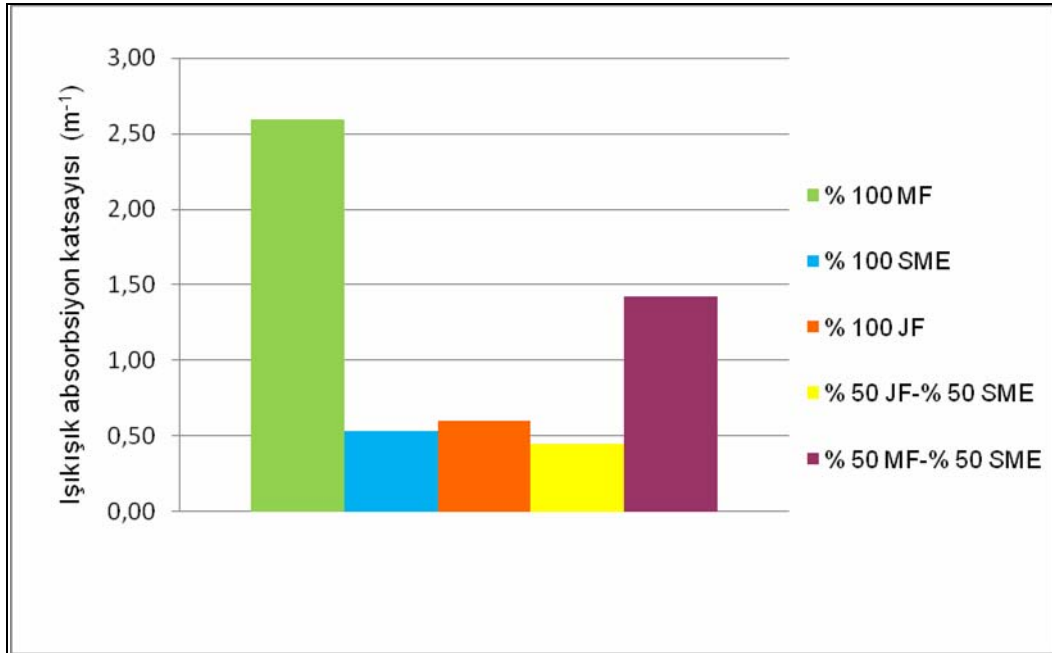
5.10.3. Işık absorpsiyon katsayısı (K)

Şekil 5.46'da ışık absorpsiyon katsayısının ölçüldüğü cihaz görülmektedir. Işık absorpsiyon katsayısı aracın egzozuna takılan bir sonda vasıtasıyla ölçülmekte, resimde görülen cihazın üzerinde bulunan yazıcıdan sonuçlar çıkmaktadır. Işık absorpsiyon katsayısı " m^{-1} " olarak ölçülmektedir. Şekil 5.47 incelendiğinde, motorda %100 SME kullanıldığında ışık absorpsiyon katsayısı $0,59 m^{-1}$, %100 MF kullanıldığında ışık absorpsiyon katsayısı $2,59 m^{-1}$ ve %100 JF kullanıldığında ise ışık absorpsiyon katsayısı $0,63 m^{-1}$ bulunmuştur. Karışım yakıtlarda ise bu değerler %50 MF-%50 SME'de $1,42 m^{-1}$ ve %50 JF-%50 SME'de $0,45 m^{-1}$ 'dir.

%100 SME kullanıldığında %100 MF'ya nazaran K değerinde %80'lik bir azalma görülmektedir. Elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere ışık absorpsiyon katsayıları karışımdaki SME yüzdesi arttıkça azalmıştır. SME ve karışımlarının kullanımı ile ışık absorpsiyon katsayılarındaki azalmanın temel nedeni, JF'nin kükürt miktarının MF'ye oranla daha az olması ve SME'nin oksijen içeriği ve bünyesinde kükürt bulundurmamasıdır.



Şekil 5.46: Işık absorpsiyon katsayısının ölçüldüğü cihazın görünüşü



Şekil 5.47: MF, JF ve SME karışımları ışık absorpsiyon katsayılarının değişimleri

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Tam yük ve değişik devirlerde D2, MF, JF, SME ve karışımlarının kullanılarak doğal emişli bir kara tipi dizel motor ve deniz tipi motorda yapılan testlerde, kısaca aşağıda maddeler halinde belirtilen sonuçlar ve değerlendirmeler elde edilmiştir.

1. Kullanılan yakıtların momentlerine bakıldığında, karışım içerisindeki SME oranı arttıkça moment değerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Maksimum momentin üretildiği 1600 d/d'de tüm yakıtlar için özgül yakıt tüketiminin en düşük değerde olduğu görülmektedir. SME'nin özgül yakıt tüketimi, tüm motor devirlerinde diğer yakıtlardan daha yüksektir. Bunun temel nedeni; SME'nin ısı değerinin diğer yakıtlara göre daha az, viskozitesinin yüksek olmasıdır. Bunun yanında, SME'nin yoğunluğunun diğer yakıtlara göre yüksek olması, hacimsel olarak püskürtülen yakıt miktarının kütleli olarak daha fazla olmasına neden olmaktadır.

2. Yakıtların güç değerleri bakımından karşılaştırmalarında SME ve diğer yakıt karışımlarının arasındaki fark %4 civarındadır. Tam yük şartlarında güç, karışımın artan SME oranı ile azalma göstermiştir. Tam yük şartlarında SME yüzdesi ile motor gücündeki azalmanın temel nedeni, artan SME oranı ile elde edilen döndürme momentinin düşmesidir.

3. Tüm yakıtlar için maksimum termal verim özgül yakıt tüketiminin minimum olduğu 1600 d/d'de elde edilmiştir. Termal verimdeki azalmanın nedeni, SME ve karışımlarının ürettiği işin azalması, özgül yakıt tüketiminin artması ve SME'nin ısı değerinin diğer yakıtlara göre daha az olmasıdır.

4. Maksimum sıcaklık değişimleri SME yakıtı ile 2400 d/d'de 437°C olarak ölçülmüştür. Egzoz sıcaklıkları, tutuşma gecikmesinden etkilenmektedir. Biyodizel yakıtının setan sayısının yüksek olması ve içeriğinde oksijen bulunması tutuşma gecikmesi süresini kısaltırken, biyodizelin kaynama noktası yüksek bazı bileşimler içermesi ana yanma fazında yeterince buharlaşmaması ve yanmanın genişleme periyoduna kaymasına neden olmaktadır. Bu ise egzoz gaz sıcaklıklarının artmasına ve buna bağlı olarak, daha yüksek yağlama yağı sıcaklıkları elde edilmektedir. Denemelerde maksimum egzoz sıcaklığının SME'de elde edilmesinin bir nedeni de,

içeriğinde bulundurduğu yaklaşık 10'luk oksijendir. Karışımlarda görüldüğü gibi karışım oranı arttıkça sıcaklıklar yükselmekte ve silindir içinde oluşan ve buna bağlı olarak egzozdan elde edilen sıcaklıklar artmaktadır.

5. Biyodizel yakıtların özgül yakıt tüketiminin petrol kökenli yakıtlara göre daha fazla olması ve içerisinde oksijenin yakıtça zengin bölgelerde gerekli oksijeni sağlaması, yanma bölgelerinde artışa sebep olmuş, yanma verimini arttırmıştır. En düşük NO_x emisyonları tüm karışımlarda maksimum torkun elde edildiği 1600 d/d'de elde edilmiştir. Elde edilen verilerin literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

6. Minimum CO emisyonu SME yakıt/yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketimi daha fazla olmasına rağmen, SME için 2000 d/d'de 440 ppm, D2 yakıtında 630 ppm iken, JF yakıtında 610 ppm, MF yakıtında 772 ppm olarak ölçülmüştür. Karışım yakıtlara bakıldığında; %100 JF yakıtına %50 oranında SME katıldığında CO emisyonlarında %30, %20 oranında SME katıldığında CO emisyonlarında %21, %5 oranında SME katıldığında CO emisyonlarında %11'lik bir azalma, %100 MF yakıtına %50 oranında SME katıldığında CO emisyonlarında %26, %20 oranında SME katıldığında CO emisyonlarında %17 ile %5 oranında SME katıldığında CO emisyonlarında %6'lık bir azalma gözlemlenmiştir.

Tüm devirlerde ve karışımlarda artan SME oranına bağlı olarak yakıt tüketimi artarken CO emisyonu düşmüştür. Bunun temel nedeni SME'nin içeriğindeki yaklaşık %10'luk O₂ ve kükürt içermemesidir.

7. Tüm denemelerde CO₂ emisyonlarında 1200 ve 1600 d/d'da azalma olurken 2000 ve 2400 d/d'da artış görülmüştür. Motor devri yükseldikçe, SME içindeki oksijen, yanma odasındaki reaksiyonları desteklediği düşünülmüştür. Bunun yanında düşük devirlerde, SME'nin ve diğer yakıtların püskürtme karakteristikleri CO₂ oluşumunu etkilemiştir.

8. Elde edilen değerlerden anlaşılacağı üzere ışık absorpsiyon katsayıları karışımdaki SME yüzdesi arttıkça azalmıştır. SME ve karışımlarının kullanımı ile ışık absorpsiyon katsayılarındaki azalmanın temel nedeni, SME'nin oksijen ve bünyesinde sülfür bulundurmamasıdır. Düşük devirlerde tüm yakıtların özgül yakıt tüketiminin fazla olması ve silindir içerisindeki hava hareketinin daha yavaş olması ışık absorpsiyon katsayılarını arttırmakta ve daha sonra motor devri arttıkça artan hava hareketiyle ışık absorpsiyon katsayıları da azalmaktadır.

9. SME yakıtının yaymış olduğu titreşim değeri diğer yakıtlara göre %4-%5 kadar düşüktür. Bu da hâlihazırda donanma gemilerinde kullanılan MF yakıtı ile birlikte SME kullanmanın titreşim ve buna bağlı olarak gürültü seviyesinin azaltılabileceği ve bahsedilen denizaltı tehdidi için bir önlem olabileceği değerlendirilmektedir.

10. Örnek deniz aracı denemelerinde ise; yukarıdaki yorumlar ile paralellik arz edecek sonuçlar elde edilmiştir. Örnek deniz aracında, %100 SME kullanıldığında %100 MF'ya nazaran %6'lık bir düşüş gözlemlenmiştir. Motorda %100 SME kullanıldığında çekme kuvveti 2850 kN, %100 MF kullanıldığında çekme kuvveti 3000 kN ve %100 JF kullanıldığında ise çekme kuvveti 2950 kN bulunmuştur. %50 karışım yakıtlarda ise bu değerler %50 MF-%50 SME'de 2900 kN ve %50 JF-%50 SME'de 2890 kN'dir. Bunun yanında, %100 SME kullanıldığında %100 MF'ya nazaran yakıt tüketiminde %10'luk bir artış gözlemlenmiştir. Yakıt tüketimleri incelendiğinde; motorda %100 SME kullanıldığında yakıt tüketimi 24,40 kg/saat, %100 MF kullanıldığında yakıt tüketimi 22,00 kg/saat ve %100 JF kullanıldığında ise yakıt tüketimi 20,45 kg/saat bulunmuştur. Karışım yakıtlarda ise bu değerler %50 MF-%50 SME'de 21,92 kg/saat ve %50 JF-%50 SME'de 21,00 kg/saat'tır. Işık absorpsiyon katsayılarına bakıldığında ise; %100 SME kullanıldığında %100 MF'ya nazaran "K" değerinde %80'lik bir düşüş gözlemlenmiştir. Motorda %100 SME kullanıldığında ışık absorpsiyon katsayısı $0,59 \text{ m}^{-1}$, %100 MF kullanıldığında ışık absorpsiyon katsayısı $2,59 \text{ m}^{-1}$ ve %100 JF kullanıldığında ise ışık absorpsiyon katsayısı $0,63 \text{ m}^{-1}$ bulunmuştur. Karışım yakıtlarda ise bu değerler %50 MF-%50 SME'de $1,42 \text{ m}^{-1}$ ve %50 JF-%50 SME'de $0,45 \text{ m}^{-1}$ 'dir.

Örnek deniz aracında MF ile JF yakıtı karşılaştırıldığında, çekme kuvveti ve yakıt tüketimi açısından aralarında önemli bir fark olmadığı ancak ışık absorpsiyon katsayısı açısından JF'nin MF'ye nazaran %70 oranında daha az ışık absorpsiyon katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu da JF'nin MF yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Böylece TSK bünyesindeki dizel motorlu araçlarda, gemilerimizde/kara teşekküllerimizde daha çevreci ve stratejik (dışa bağımlılığı azaltan) bir yakıt kullanabilmemizin yanında tek bir yakıt kullanarak depolama kapasitesi/bakım masrafları ve stratejik açıdan olumlu sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

JF yakıtı diğer yakıtlara nazaran (SME hariç) düşük kükürt oranına sahiptir. Bu nedenle motorlarda kullanımı esnasında motor içerisinde verebileceği aşınmaya bağlı zararların önüne geçilebilmesi maksadıyla, içerisinde belirli oranlarda SME karıştırılmasının yağlayıcılık, emisyon ve SME'nin akma noktasını iyileştirmesi açısından fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

11. İleride yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından, denemelerde kullanılan yakıtlar ile motor dayanıklılık testleri yapılarak motor üzerindeki malzemelerdeki hasar analizinin yapılmasının şu an ki çalışmayı daha da ileriye götürebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] İleri, E., "Kanola yağı metil esterinin dizel motor performansı ve emisyon etkilerinin deneysel incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 52-84, (2005).
- [2] Kaplan, C., "Ayçiçeği yağı metil esterinin dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli, 3-32, (2001).
- [3] Akdere Y., "Soya yağı metil esterlerinin dizel motorlarda yakıt olarak kullanımının deneysel olarak araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, 33-75, (2006).
- [4] Wagner, L.E., Clark, S.J., and Schrock, M.D., "Effects of soybean oil esters on the performance, lubricating oil, wear of diesel engines", **SAE Paper No.841385**, 670-679, (1984).
- [5] Nwafor, O.M.I., "Emission characteristics of diesel engine operating on rapeseed methyl ester", **Renewable Energy**, 29, 119-129, (2004).
- [6] Usta, N., Öztürk, E., Can, Ö., Conkur, E.S., Nas, S., Çon, A.H., Can, A.Ç., Topçu, M., "Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a diesel engine", **Energy Conversion and Management**, 46, 741-755, (2005).
- [7] Altın, R., Çetinkaya, S., Yücesu, H.S., "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engine", **Energy Conversion and Management**, 42, 529-538, (2001).
- [8] Altıparmak, D., Keskin, A., Koca, A., Gürü, M., "Alternative fuel properties of tall oil fatty acid methyl ester-diesel fuel blends", **Biosource Technology** 98, 241-246, (2007).
- [9] Karaosmanoğlu, F., "Ekojenerasyon Dünyası", **Kojenerasyon Dergisi CCI**, 50-56 İstanbul, (2002).
- [10] Lucas, W., "Summary test report for biodiesel fuel evaluation for the us army tactical wheeled vehicles", **US Army Yuma Proving Ground Report, Yuma Arizona**, 3-78, (1995).
- [11] Schlick, M.L., Hamma, M.A., Schinstock, J.L., "Soybean and sunflower oil performance in a diesel engine", **Transactions of the ASAE**, Vol.31, No.5, 1345-1349, (1996).
- [12] Graboski, M.S., McCormick, R.L., "Combustion of fat and vegetable-oil derived fuels in diesel engines", **Prog. Energy Combust Science**, 24, 125-64, (1998).

- [13] Schumacher, L.G., Hires, W.G., Borglet, S.C., "Fueling a diesel engine with methly-ester soybean oil", **Renewable Resources-Proceeding of an Alternative Energy Conference**, ASAE, 124-131, Nashville.
- [14] Gvidonas, L., Stasys, S., "The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions", **Energy Conversion and Management**, 47, 1954-1967, (2006).
- [15] Zang, Y., Gerpen, J.H.V., "Combustion analysis of esters of soybean oil in a diesel engine", **SAE Tech Paper**, 960765.
- [16] Usta, N., "An experimental study on performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with tobacco seed oil methyl ester", **Energy Conversion and Management**, 46, 2373-2386, (2005).
- [17] Altın, R., "Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılmasının deneysel olarak incelenmesi", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 43-52, (1998).
- [18] Arkoudeas, P., Kalligeros, S., Zannikos, F., Anastopoulos, G., Karonis, D., Lois, E., "Study of using JP-8 aviation fuel and biodiesel in CI engine", **Energy Conversion and Management** 44, 1013-1025, (2003).
- [19] Özaktaş, T., Cıgızoglu, K.B., Karaosmanoglu, F., "Alternative diesel fuel study on four different types vegetable oils of Turkish origin", **Energy Sources**, (1999).
- [20] İkılıç, C., "Çeşitli alternatif yakıtların dizel motoru emisyonlarına etkilerinin teorik ve deneysel olarak incelenmesi", Doktora Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 32-41, (1999).
- [21] Culshaw, F., "The Potential of Biodiesel from Oil seed Rape", **IMech**, MEP, London, (1993).
- [22] Korres, D., Karonis, D., Lois, E., Linck, M., Gupta, A., "Aviation fuel JP-5 and biodiesel on a diesel engine", **Fuel**, 87, 70-78, (2008).
- [23] Kalligeros, S., Zannikos, F., Stournas, S., Lois, E., Anastopoulos, G., Teas, Ch., Sakellaropoulos, F., "An Investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary engine", **Biomass and Bio energy**, 24, 141-149, (2003).
- [24] Çetinkaya, M., Ulusoy, Y., Tekin, Y., Karaosmanoğlu, F., "Engine and winter road test performances of used cooking oil originated biodiesel", **Energy Conversion and Management**, 46, 1279-1291, (2005).
- [25] Canakci, M., Van Gerpen, Jon H., "The performance and emissions of a diesel engine fuelled with biodiesel from yellow grease and soybean oil", **An ASAE Meeting Presentation**, Paper Number 01-6050, (2001).

- [26] Silvia, F.N., Prata, A.S., Teixeira, J.R., "Technical feasibility assessment of oleic sunflower methyl ester utilisation in diesel bus engine", **Energy Conversion and Management**, 44, 2857-2878, (2003).
- [27] Purcell, D.L., McClure, B.T., McDonald, J. Basu, H.N., "Transient testing of sy methyl ester fuels in an indirect injection CI engine", **JAOCs**, 73 (3), 381-388, (1996).
- [28] Schumacher, L., Borgelt, S.C., Hires, W.G., Wetherel, W., Nevils, A., "1000 miles of fueling 5,9 L CUMMINS engines with %100 biodiesel", **Journal Automotive Engineers**, 4, 335-364, (1996).
- [29] Yamık, H., "Dizel Motorlarda Bitkisel Yağlar Ve Alkol Karışımlarının Performans Ve Emisyonlara Etkilerinin Araştırılması", **Ulusal Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü Sempozyumu**, Gazi Üniversitesi, 141-149 Elazığ, 19-21 Haziran (2000).
- [30] Canakci, M., "Combustion and characteristics of a turbocharged DI compression engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel", **Bio resource Technology** 98, 1167-1175, (2007).
- [31] Weir, Colonel Donald, "Strategic Implications for a single-fuel concept", **U.S. Army War College Report, Carlisle Pennsylvania**, 4-36, (1996).
- [32] Raheman, H., Phadatore, A.G., "Diesel engine emissions and performance from blends of karanja methyl ester and diesel", **Biomass and Bio energy**, 27, 393-397, (2004).
- [33] Pereira, R., Olivera, C., Olivera, J., Olivera, P., Fellows, C., Piampa, O., "Exhaust emissions and electric energy generation in a stationary engine using blends of diesel and SME", **Renewable Energy**, 32, 2453-2460, (2007).
- [34] Selim, M.Y.E., Radwan, M.S., Elfeyk, S.M.S., "Combustion of jojoba methyl ester in an indirect injection diesel engine", **Renewable Energy**, 28, 1401-1420, (2003).
- [35] Ming Zheng, Mwila C. Mulenga, Graham T. Reader, Meiping Wang, David S-K, Ting, Jimi Tjong., "Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion", **Fuel**, 87, 714-722, (2008).
- [36] Murat Karabektaş, Gökhan Ergen, Murat Hoşöz., "The effects of preheated cottonseed oil methyl ester on the performance and exhaust emissions of a diesel engine", **Applied Thermal Engineering**, 28, 2136-2143, (2008).
- [37] Demirbas A., "Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey", **Energy Conversion and Management**, 44, 2093-2109, (2003).
- [38] Ma, F., Hanna, M.F., "Biodiesel production: A review", **Bio resource Technology**, 70, 1-15, (1999).

- [39] Şahin Ö., İzgi, M., Cennetkuşu, E., Bolgaz, T., “Kanola Bitkisinden Biyodizel Üretimi”, **Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, Süleyman Demirel Üniversitesi, 698-707 Isparta, 26-28 Mayıs (2006).
- [40] Standart Specification for Biodiesel Fuel (B100) Blend Syock for Distillate Fuels. ASTM D6751-02.
- [41] Gerpen, J.V., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., Knothe, G., “Biodiesel production technology”, **NREL National Renewable Energy Laboratory Subcontractor Report, Colorado**, 22-27, (2004).
- [43] Karabektaş, M., Saraç, H.İ., “Alternatif Dizel Motor Yakıtı Olarak Biyodizel Yakıtının Deneysel Olarak İncelenmesi”, **SAÜ Fen Bilimleri Enst. Dergisi**, 6. cilt, 2.sayı, (2002).
- [44] Bilgin, A., Durgun, O., “Taşıt Motorlarında Kirletici Emisyonların Oluşum Mekanizmaları ve Önlenmesi”, **Yanma Sempozyumu**, Uludağ Üniversitesi, 196-208 Bursa, 21-23 Temmuz (1998).
- [45] Rehagen, Donnel, Jobe, Joe Reports Database <http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/viewall.asp>, (**Ziyaret tarihi: 18 Aralık 2008**)
- [46] Enviromental and Energy Study Institute, <http://www.eesi.org> (**Ziyaret tarihi: 18 Aralık 2008**)
- [47] Özcan, M., Oğuz, H., Ögüt, H., “Biyodizel Üretiminde Otomasyon Sistemi Uygulanması”, **International Advanced Technologies Symposium**, 18-21 Konya, 28-30 Eylül (2005).
- [48] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/biyoenenerji/02-biyodizel/bd_nedir.html. (**Ziyaret tarihi: 23 Aralık 2008**)
- [49] Diesel Fuel, Engine Requirements-Lubricating Oil, Fuel and Filters, Detroit Diesel Corporation, 7SE270-0209, USA, (2002).
- [50] ASTM D 975-05 Standard Specification for Diesel Oils.
- [51] Turbine Fuels, Aviation, Kerosene Types NATO F34 (JP8), MIL-DTL-83133E, 1 April (1999).
- [52] ASTM D 2386-05 Standard Test Method for Freezing Point of Aviation Fuels.
- [53] Turbine Fuels, Aviation, Grades JP4 and JP5, NATO STANAG MIL-DTL-5624U, 5 January (2004).
- [54] Performance Specification Fuel, NAVAL DISTILLATE, NATO STANAG MIL-PRF-16884K, 14 November 2002.

- [55] Ünal, S., "JP4 ve JP8 havacılık tipi yakıtlarla metil ester harmanlarının dizel motorlarında kullanılma imkanlarının deneysel analizi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 16-25, (2005).
- [56] Kabak, N., "Dizel motorlarında JP-8 yakıtı uygulamaları", Yüksek Lisans Tezi, **Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, 5-17, (2005).
- [57] Durmuşoğlu, Ş., "Dizel araç motorlarında jet yakıtı (JP-8) uygulamaları", Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, 9-19, (2002).
- [58] Petrol Ofisi A.Ş., "Yakıtlar ve Yağlar", **Madeni Yağ Şube Müdürlüğü**, (1985).
- [59] Deniz, O., Balık, A., Benlidayı, M., "Alternatif Yakıt Olarak Rafine Soya Yağı ve Motorin-Rafine Soya Yağı Karışımlarının Dizel Motorlarında Kullanılması", **Yanma Sempozyumu**, 197-203 İstanbul, (1989).
- [60] Heywood, J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", Second edition, **Mc Graw-Hill Companies**, 42-53, (1988).
- [61] İçten Yanmalı Motorlar-Muayene ve Deney Esasları, TS 1231/Nisan 1991.
- [62] Karayolu Taşıtları-Trafikteki Dizel Motorlu Taşıtlar için Egzoz Gazı Kirleticileri Ölçme Metodu ve Sınır Değerleri, TS 11365/Nisan 1998.
- [63] "The Single Fuel Forward, an information compendium", **U.S. Army Tank-automotive and Armaments Command Research Development and Engineering Center Report**, **Warren Michigan**, 10-37, (2001).
- [64] Kolchin, A., Demidov, V., "Design of Automotive Engines", First edition, **MIR Publishers**, (1984).
- [65] Peterson, C.L., Hustrulid, T., Carbon cycle for rapeseed oil biodiesel fuels, **Biomass and Bioenergy**, 14, 91-101,(1998).

Tablo A.1:%95 JF-%5 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _c		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	F _{gerç} N	F -	N _e kW	N _e BG	M _d Nm	M _d kgfm	150°0,806 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _v [kg/saat]	b _c g/kWh	b _c g/BGsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%
5	95	2400	100	172,0	172,0	0,993	41,0	55,7	163,16	16,63	47,8	37,64	9,11	222	163	390	79	2	38,68	101,0	28,5	38,0
5	95	2000	100	188,0	188,0	0,995	37,4	50,9	178,78	18,23	55,6	38,83	7,83	209	154	384	79	2	46,29	101,0	30,0	38,0
5	95	1600	100	201,0	201,0	0,992	31,9	43,4	190,51	19,42	64,8	41,62	6,71	210	155	380	80	2	57,46	101,0	28,0	38,0
5	95	1200	100	198,0	198,0	0,992	23,6	32,1	187,66	19,13	85,8	41,93	5,07	215	158	355	82	2	74,83	101,0	28,0	36,0

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	HFK	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _{v(ölçülen)}	η _{v(verilen)}	G _h kg/saat	λ	p _e MPa	p _m MPa	p _i MPa	η _m	η _t	η _c	η _i	k m ⁻¹	T _{yağ} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} kg/saat
5	95	2400	100	1,166	217,0	0,823	0,85	224,02	1,64	0,653	0,177	0,830	0,787	0,3816	0,382	0,485	0,28	90,00	919	4,30	233,13
5	95	2000	100	1,160	180,4	0,826	0,85	185,76	1,59	0,715	0,162	0,877	0,815	0,405343	0,406	0,498	0,42	93,00	700	3,94	193,59
5	95	1600	100	1,168	146,3	0,831	0,85	149,60	1,50	0,762	0,148	0,910	0,838	0,402978	0,403	0,481	0,16	93,00	727	4,04	156,31
5	95	1200	100	1,168	112,4	0,851	0,85	112,20	1,53	0,751	0,133	0,884	0,849	0,394055	0,394	0,464	0,93	92,00	970	4,45	117,27

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	150°0,806 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
5	95	2400	100	172,0	47,8	390	64	79	38,68	101,0	28,5	38	0,28	1375	919	4,30	22,72	90
5	95	2000	100	188,0	55,6	384	62	79	46,29	101,0	30,0	38	0,42	1060	700	3,94	23,96	93
5	95	1600	100	201,0	64,8	380	62	80	57,46	101,0	28,0	38	0,16	1050	727	4,04	22,84	93
5	95	1200	100	198,0	85,8	355	62	82	74,83	101,0	28,0	36	0,93	1290	970	4,45	21,25	92

ρ _{yakıt} =	806	kg/m ³
LHV=	42460	kJ/kg

Tablo A.2:%805 JF-%20 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	F _{gerç} N	F -	N _e Kw	N _e BG	M _d N m	M _d kg m	150*0,816 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _y [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/Bgsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%
20	80	2400	100	174,5	174,5	0,990	41,5	56,4	165,12	16,83	47,2	38,61	9,34	225	166	400	80	2	38,87	101,0	27,0	39,0
20	80	2000	100	192,0	192,0	0,990	38,0	51,7	181,67	18,52	53,8	40,66	8,20	216	158	395	80	2	46,55	101,0	27,0	38,0
20	80	1600	100	203,0	203,0	0,992	32,2	43,8	192,40	19,62	62,7	43,55	7,02	218	160	390	82	2	57,01	101,0	28,0	36,0
20	80	1200	100	201,0	201,0	0,992	23,9	32,5	190,51	19,42	84,3	43,23	5,23	219	161	357	82	2	76,18	101,0	28,0	34,0

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. Verim	Volüm. Verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h kg/saat	λ	p _c Mpa	p _m Mpa	p _i Mpa	η _m	η _τ	η _e	η _i	k _i m ⁻¹	T _{yağ} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} kg/saat
20	80	2400	100	1,172	217,0	0,819	0,85	225,14	1,60	0,660	0,177	0,837	0,789	0,38030	0,377	0,478	0,35	85,00	820	4,36	234,48
20	80	2000	100	1,172	181,2	0,821	0,85	187,62	1,53	0,727	0,162	0,889	0,817	0,39726	0,394	0,481	0,43	89,00	645	4,04	195,82
20	80	1600	100	1,168	147,5	0,838	0,85	149,60	1,45	0,770	0,148	0,917	0,839	0,39280	0,389	0,464	0,24	91,00	685	4,08	156,62
20	80	1200	100	1,168	110,4	0,836	0,85	112,20	1,46	0,762	0,133	0,895	0,851	0,39182	0,388	0,456	1,00	91,00	972	4,52	117,43

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 Kw) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	150*0,816 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k _i m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
20	80	2400	100	174,5	47,2	400	64	80	38,87	101,0	27,0	39	0,35	1470	820	4,36	22,12	85
20	80	2000	100	192,0	53,8	395	65	80	46,55	101,0	27,0	38	0,43	1155	645	4,04	23,28	89
20	80	1600	100	203,0	62,7	390	64	82	57,01	101,0	28,0	36	0,24	1144	685	4,08	22,40	91
20	80	1200	100	201,0	84,3	357	61	82	76,18	101,0	28,0	34	1,00	1325	972	4,52	20,82	91

ρ _{yakıt} =	816	kg/m ³
LHV=	42040	kJ/kg

Tablo A.3:%50 JF-%50 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e	Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	F _{gerç} N	F	N _e Kw	N _e BG	M _d N.m	M _d kg.m	150*0,84 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _v [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/Bgsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%
50	50	2400	100	176,0	176,0	0,995	42,0	57,2	167,37	17,06	47,2	39,72	9,61	229	168	404	80	2	38,62	101,0	30,0	32,0
50	50	2000	100	191,0	191,0	0,995	38,0	51,7	181,63	18,52	53,8	41,82	8,43	222	163	400	80	2	46,07	101,0	30,0	32,0
50	50	1600	100	204,0	204,0	0,995	32,5	44,2	193,99	19,78	63,1	44,57	7,19	221	163	394	81	2	57,82	101,0	30,0	32,0
50	50	1200	100	200,0	200,0	0,994	23,8	32,4	189,87	19,36	86,0	43,60	5,27	221	163	360	83	2	75,32	101,0	29,0	32,0

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. Verim	Volüm. Verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h kg/saat	λ	p _e Mpa	p _m Mpa	p _i Mpa	η _m	η _τ	η _e	η _i	k m ⁻¹	T _{yağ} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{gez} kg/saat
50	50	2400	100	1,160	216,3	0,825	0,85	222,91	1,55	0,669	0,177	0,846	0,791	0,38227	0,371	0,469	0,25	93,00	775	4,43	232,53
50	50	2000	100	1,160	181,3	0,830	0,85	185,76	1,48	0,727	0,162	0,889	0,817	0,39404	0,383	0,468	0,20	95,00	583	4,08	194,19
50	50	1600	100	1,160	144,4	0,826	0,85	148,61	1,39	0,776	0,148	0,924	0,840	0,39489	0,383	0,456	0,13	95,00	570	4,14	155,80
50	50	1200	100	1,164	111,3	0,846	0,85	111,83	1,46	0,760	0,133	0,893	0,851	0,39509	0,384	0,451	0,91	94,00	944	4,60	117,10

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 Kw) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	150*0,84 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
50	50	2400	100	176,0	47,2	404	66	80	38,62	101,0	30,0	32	0,04	1530	775	4,43	21,60	96
50	50	2000	100	191,0	53,8	400	65	80	46,07	101,0	30,0	32	0,00	1250	583	4,08	22,68	95
50	50	1600	100	204,0	63,1	394	64	81	57,82	101,0	30,0	32	0,00	1180	570	4,14	21,86	95
50	50	1200	100	200,0	86,0	360	62	83	75,32	101,0	29,0	32	0,00	1360	944	4,60	20,37	94

ρ _{yakıt} =	840	kg/m ³
LHV=	41200	kJ/kg

Tablo A.4:%100 JF Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	F _{gerç} N	F -	N _e Kw	N _e BG	M _d N.m	M _d kgf.m	150°0,80 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _y [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/Bgsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%
0	100	2400	100	177,0	177,0	0,995	42,3	57,5	168,32	17,16	47,8	37,36	9,04	214	157	389	78	2	39,20	101,0	30,0	38,0
0	100	2000	100	193,0	193,0	0,995	38,4	52,2	183,38	18,70	56,4	37,98	7,66	199	147	381	79	2	47,29	101,0	29,5	37,0
0	100	1600	100	207,0	207,0	0,994	32,9	44,8	196,52	20,04	64,5	41,53	6,70	204	150	378	80	2	57,89	101,0	29,0	35,0
0	100	1200	100	203,0	203,0	0,993	24,2	32,9	192,56	19,63	87,5	40,82	4,94	204	150	354	82	2	75,64	101,0	28,5	35,0

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. Verim	Volüm. Verim	Saatteki hava tük.	λ	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h kg/saat	λ	P _e Mpa	P _m Mpa	P _i Mpa	η _m	η _τ	η _e	η _i	k m ⁻¹	T _{yağ} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{yağ} kg/saat
0	100	2400	100	1,160	213,1	0,812	0,85	222,91	1,63	0,673	0,177	0,850	0,792	0,39536	0,397	0,501	0,45	92,00	956	4,36	231,95
0	100	2000	100	1,162	176,9	0,808	0,85	186,07	1,59	0,734	0,162	0,896	0,819	0,42386	0,425	0,519	0,55	94,00	868	4,05	193,73
0	100	1600	100	1,164	144,8	0,825	0,85	149,10	1,49	0,786	0,148	0,934	0,842	0,41525	0,417	0,495	0,25	94,00	820	4,11	155,80
0	100	1200	100	1,166	111,0	0,842	0,85	112,01	1,55	0,770	0,133	0,903	0,853	0,41398	0,416	0,487	1,01	93,00	988	4,55	116,95

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 Kw) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	JF %	n d/dak	%	F _{göst} N	150°0,80 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
0	100	2400	100	177,0	47,8	389	64	78	39,20	101,0	30,0	38	0,45	1350	956	4,36	23,58	92,00
0	100	2000	100	193,0	56,4	381	63	79	47,29	101,0	29,5	37	0,55	1050	868	4,05	24,43	94,00
0	100	1600	100	207,0	64,5	378	63	80	57,89	101,0	29,0	35	0,25	1013	820	4,11	23,10	94,00
0	100	1200	100	203,0	87,5	354	61	82	75,64	101,0	28,5	35	1,01	1120	988	4,55	21,78	93,00

ρ _{yakıt} =	800	kg/m ³
LHV=	42600	kJ/kg

Tablo A.5:%95 MF-%5 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{gost} N	F _{gerç} N	F	N _e kW	N _e BG	M _d Nm	M _d kgfm	150°0,833 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _e [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _y [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/BGsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%
5	95	2400	100	178	178	0,989	42,2	57,4	168,15	17,14	44,90	41,41	10,02	237	174	422	79	2	37,98	101,0	26	60
5	95	2000	100	194	194	0,979	38,0	51,6	181,39	18,49	53,0	42,10	8,49	224	164	417	81	2	46,50	103,0	27,5	54
5	95	1600	100	209,5	209,5	0,993	33,3	45,3	198,74	20,26	61,5	45,35	7,31	220	162	406	82	2	56,20	100,6	27	52
5	95	1200	100	209	209	0,994	24,9	33,9	198,47	20,23	81,49	45,63	5,52	221	163	378	83	2	73,39	100,7	28	50

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	λ	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h kg/saat	λ	p _e MPa	p _h MPa	p _i MPa	η _m	η _τ	η _e	η _i	k m ⁻¹	T _{yag} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} kg/saat
5	95	2400	100	1,176	222,8	0,839	0,85	225,90	1,54	0,673	0,177	0,850	0,792	0,34526	0,358	0,452	1,12	89	1000	4,77	235,92
5	95	2000	100	1,193	184,7	0,822	0,85	191,02	1,50	0,726	0,162	0,888	0,817	0,36376	0,380	0,464	0,93	94	703	4,34	199,50
5	95	1600	100	1,167	149,5	0,850	0,85	149,50	1,41	0,795	0,148	0,943	0,843	0,37264	0,386	0,458	0,34	95	784	4,38	156,82
5	95	1200	100	1,164	114,2	0,868	0,85	111,86	1,43	0,794	0,133	0,927	0,857	0,36982	0,383	0,447	1,70	94	1031	4,70	117,38

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{gost} N	150°0,833 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yag} °C
5	95	2400	100	178	44,90	422	66	79	37,98	101,0	26	60	1,12	1285	1000	4,77	20,65	89
5	95	2000	100	194	51,80	417	65	81	46,50	103,0	27,5	54	1,05	1050	703	4,34	21,78	94
5	95	1600	100	209,5	61,5	406	64	82	56,20	100,6	27	52	0,34	1045	784	4,38	21,50	95
5	95	1200	100	209	81,49	378	62	83	73,39	100,7	28	50	1,7	1085	1031	4,70	19,40	94

ρ _{yakit} =	833	kg/m ³
LHV=	43962	kJ/kg

Tablo A.6:%80 MF-%20 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{göst} N	F _{gerç} N	F	N _e kW	N _e BG	M _d Nm	M _d kgfm	150*0,836 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _y [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/BGsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%
20	80	2400	100	175	175	0,995	41,8	56,9	166,43	16,97	44,0	42,41	10,26	245	180	427	79	2	37,70	100,6	28,5	45
20	80	2000	100	195,5	195,5	0,996	39,0	53,0	186,08	18,97	50,50	44,34	8,94	229	169	425	82	2	45,90	100,6	29	44
20	80	1600	100	208,5	208,5	0,997	33,3	45,2	198,62	20,25	59,44	47,09	7,59	228	168	415	83	2	55,98	100,6	29,5	43
20	80	1207	100	206	206	0,996	24,8	33,7	196,07	19,99	79,0	46,97	5,71	231	170	368	84	2	73,39	100,6	29	42

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	HFK	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h kg/saat	λ	p _c MPa	p _m MPa	p _i MPa	η _m	η _τ	η _e	η _i	k m ⁻¹	T _{yağ} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} kg/saat
20	80	2400	100	1,161	221,8	0,845	0,85	223,14	1,49	0,666	0,177	0,843	0,790	0,341754	0,346	0,438	1,01	94	956	4,67	233,40
20	80	2000	100	1,159	181,8	0,833	0,85	185,64	1,40	0,744	0,162	0,907	0,821	0,36546	0,370	0,450	0,72	97	616	4,29	194,58
20	80	1600	100	1,157	148,9	0,853	0,85	148,27	1,35	0,794	0,148	0,942	0,843	0,367313	0,371	0,441	0,41	97	684	4,37	155,86
20	80	1207	100	1,159	113,7	0,863	0,85	112,03	1,37	0,784	0,133	0,918	0,855	0,363	0,368	0,430	1,68	96	991	4,71	117,75

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{göst} N	150*0,836 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
20	80	2400	100	175	43,55	428	66	79	37,70	100,6	28,5	45	1,01	1320	956	4,67	21,02	94
20	80	2000	100	195,5	50,50	427	66	82	45,90	100,6	29	44	1,15	1075	616	4,29	21,91	97
20	80	1600	100	208,5	59,44	425	66	83	55,98	100,6	29,5	43	0,35	1058	684	4,37	21,47	97
20	80	1200	100	206	75,33	414	64	84	73,39	100,6	29	42	1,68	1195	991	4,71	19,95	96

ρ _{yakıt} =	836	kg/m ³
LHV=	42924	kJ/kg

Tablo A.7:%50 MF-%50 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{gost} N	F _{gerç} N	F	N _e kW	N _e BG	M _d Nm	M _d kgf m	150*0,844 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _y [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/BGsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%
50	50	2400	100	177,6	177,6	0,992	42,3	57,5	168,33	17,16	43,5	43,31	10,48	248	182	429	79	2	38,19	101,0	28,0	44,0
50	50	2000	100	193,5	193,5	0,994	38,5	52,3	183,70	18,73	50,0	45,21	9,12	237	174	427	80	2	46,58	101,0	29,0	41,0
50	50	1600	100	207,8	207,8	0,995	33,1	45,0	197,61	20,15	59,0	47,90	7,72	233	172	425	82	2	58,05	101,0	30,0	40,0
50	50	1200	100	204,0	204,0	0,995	24,4	33,1	193,99	19,78	79,0	47,69	5,77	237	174	414	84	2	76,54	101,0	30,0	38,0

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Egzoz gaz debisi	Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	G _h kg/saat	η _{v(ölçülen)}	η _{v(verilen)}	G _h kg/saat	λ	P _e MPa	P _m MPa	P _i MPa	η _m	η _t	η _e	η _i	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} kg/saat	T _{yağ} °C
50	50	2400	100	0,0	#SAYI/0!	0,85	0,00	0,00	0,673	0,177	0,850	0,792	0,3556871	0,342	0,432	0,78	1475	860	4,58	10,48	88
50	50	2000	100	0,0	#SAYI/0!	0,85	0,00	0,00	0,735	0,162	0,897	0,819	0,371814	0,358	0,437	0,50	1260	550	4,22	9,12	90
50	50	1600	100	0,0	#SAYI/0!	0,85	0,00	0,00	0,790	0,148	0,938	0,843	0,377555	0,363	0,431	0,30	1230	620	4,26	7,72	92
50	50	1200	100	0,0	#SAYI/0!	0,85	0,00	0,00	0,776	0,133	0,909	0,854	0,37222	0,358	0,420	1,20	1360	910	4,69	5,77	91

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{gost} N	150*0,844 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
50	50	2400	100	177,6	44,3	422	65	79	38,19	101,0	28,0	44	0,78	1475	860	4,58	21,73	88
50	50	2000	100	193,5	51,5	417	65	80	46,58	101,0	29,0	41	0,50	1260	550	4,22	22,70	90
50	50	1600	100	207,8	61,2	406	65	82	58,05	101,0	30,0	40	0,30	1230	620	4,26	22,01	92
50	50	1200	100	204,0	81,6	378	63	84	76,54	101,0	30,0	38	1,20	1360	910	4,69	20,71	91

P _{yakit} =	844	kg/m ³
LHV=	40848	kJ/kg

Tablo A.8:%100 MF Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yakıt Tüketimi, b _e		Egzoz sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{göst} N	F _{gerç} N	F -	N _e kW	N _e BG	M _d Nm	M _d kgfm	150*0,83 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _e [mm ³ /çevrim]	Saatteki G _y [kg/saat]	b _e g/kWh	b _e g/BGsaat	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%
0	100	2400	100	175	175	1,000	42,0	57,1	167,12	17,04	46,0	40,28	9,74	232	171	416	83	2	37,84	100,6	31	46
0	100	2000	100	191,5	191,5	0,995	38,1	51,8	182,10	18,57	54,0	41,17	8,30	218	160	407	85	2	46	101	30	44
0	100	1600	100	207	207	1,001	33,2	45,1	198,00	20,19	62,5	44,46	7,17	216	159	397	85	2	57	100,6	32	43
0	100	1200	100	205	205	1,000	24,6	33,5	195,93	19,98	84,01	44,11	5,34	217	159	363	85	2	76,48	100,6	31,5	40

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	MF %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h kg/saat	η _v (öklülen)	η _v (verilen)	G _h kg/saat	λ	p _e MPa	p _m MPa	p _i MPa	η _m	η _τ	η _e	η _i	k m ⁻¹	T _{yağ} °C	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} kg/saat
0	100	2400	100	1,152	219,1	0,842	0,85	221,30	1,55	0,668	0,177	0,845	0,791	0,3500	0,365	0,462	1,13	93	1028	4,61	231,05
0	100	2000	100	1,160	181,6	0,831	0,85	185,76	1,51	0,728	0,162	0,891	0,818	0,3732	0,390	0,476	1,06	96	772	4,24	194,06
0	100	1600	100	1,148	145,0	0,838	0,85	147,05	1,40	0,792	0,148	0,940	0,843	0,3757	0,392	0,465	0,54	96	825	4,30	154,22
0	100	1200	100	1,150	108,2	0,833	0,85	110,47	1,40	0,784	0,133	0,917	0,855	0,3748	0,391	0,458	1,98	95	1069	4,65	115,80

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı	Hava Yakıt Oranı
SME %	MF %	n d/dak	%	F _{göst} N	150*0,83 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	T _{yağ} °C	HYO
0	100	2400	100	175	43,38	438	68	83	37,84	100,6	31	46	1,13	1266	1028	4,61	93	21,65
0	100	2000	100	191,5	52,75	425	67	85	46	101	30	44	0,9	1020	772	4,24	96	22,34
0	100	1600	100	207	62,5	428	68	85	57	100,6	32	43	0,54	978	825	4,3	96	21,11
0	100	1200	100	205	84,01	388	67	85	76,48	100,6	31,5	40	1,98	1080	1069	4,65	95	19,95

ρ _{yakıt} =	830	kg/m ³
LHV=	44308	kJ/kg

Tablo A.9:%95 D2-%5 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _e		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yak. Tük., b _e		Egzoz sıcaklığı	Su sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	F _{göst} [N]	F _{gerç} [N]	F	Ne [kW]	Ne [BG]	Md [N.m]	Md [kgf.m]	150*0,842 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki Gy [kg/saat]	b _e [g/kWh]	b _e [g/BGsaat]	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C
5	95	2400	100	180,5	180,5	0,995	43,1	58,6	171,64	17,50	45,8	41,04	9,93	230	169	421	80	2	38,65	101	30
5	95	2000	100	196,5	196,5	0,997	39,2	53,3	187,17	19,08	52,6	42,88	8,64	221	162	419	81	2	46,95	101	31
5	95	1600	100	211,5	211,5	0,997	33,7	45,9	201,39	20,53	61,58	45,78	7,38	219	161	413	83	2	57,55	101,05	31
5	95	1200	100	209,5	209,5	0,999	25,1	34,1	199,87	20,38	83	45,29	5,48	218	160	391	85	2	79	100,5	30

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Nem	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	HFK	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Egzoz gaz debisi	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h [kg/saat]	η _{v(ölçülen)}	η _{v(verilen)}	G _h [kg/saat]	λ	P _e [MPa]	P _m [MPa]	P _i [MPa]	η _m	η _τ	η _c	η _i	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} [kg/saat]	°C
5	95	2400	100	22	1,16000		0,82399	0,85	222,91	1,50	0,687	0,177	0,864	0,79504	0,35217	0,36842	0,46339	0,8	1494	919	4,77	232,84	93
5	95	2000	100	22	1,15618		0,81398	0,85	185,15	1,42	0,749	0,162	0,911	0,82181	0,36753	0,38448	0,46785	0,87	1180	700	4,37	193,80	97
5	95	1600	100	22,5	1,15676		0,83007	0,85	148,19	1,35	0,806	0,148	0,953	0,84509	0,37038	0,38746	0,45849	0,4	1095	727	4,4	155,58	98
5	95	1200	100	21	1,15426		0,80626	0,85	110,91	1,33	0,799	0,133	0,932	0,85737	0,37157	0,38871	0,45338	0,83	1285	970	4,89	116,38	96

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	F _{göst} N	150*0,842 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	T _{yağ} °C
5	95	2400	100	180,5	45,8	432	67	80	38,65	101,00	30,00	22,00	0,00	1494	919	4,77	93
5	95	2000	100	196,5	52,6	437	67	81	46,95	101,00	31,00	22,00	0,06	1120	700	4,37	97
5	95	1600	100	211,5	61,6	428	66	83	57,55	101,05	31,00	22,50	0,00	1069	727	4,40	98
5	95	1200	100	209,5	85,7	385	66	85	79,00	100,50	30,00	21,00	0,05	1285	970	4,89	96

ρ _{yakıt} =	842	kg/m ³
LHV=	44398	kJ/kg

Tablo A.10:%80 D2-%20 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yak. Tük., b _e		Egzoz sıcaklığı	Su sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	F _{göst} [N]	F _{gerç} [N]	F	Ne [Kw]	Ne [BG]	Md [N.m]	Md [kgf.m]	150°0,846 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki Gy [kg/saat]	be [g/kWh]	be [g/Bgsaat]	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%
20	80	2400	100	177,5	177,5	0,995	42,4	57,7	168,79	17,21	45,3	41,69	10,08	238	175	425	80	2	38,13	101	30	24
20	80	2000	100	195	195,0	0,995	38,8	52,8	185,43	18,90	53	42,76	8,62	222	163	422,1	82	2	47,32	101	30	26
20	80	1600	100	210	210,0	0,995	33,4	45,5	199,70	20,36	62	45,69	7,37	220	162	420	83	2	58,25	101	30	26
20	80	1200	100	207,5	207,5	0,995	24,8	33,7	197,32	20,12	84	44,96	5,44	219	161	395	85	2	77	101	30	26

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. Verim	Volüm. Verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORİBA)			Egzoz gaz debisi	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h [kg/saat]	η _{v(ölçülen)}	η _{v(verilen)}	G _h [kg/saat]	λ	P _c [Mpa]	P _m [Mpa]	p _i [Mpa]	η _m	η _τ	η _c	η _i	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} [kg/saat]	Oc
20	80	2400	100	1,16	219,04	0,83523	0,85	222,91	1,50	0,675	0,177	0,852	0,7923	0,34659	0,35664	0,450139	0,75	1500	820	4,7	233,00	96
20	80	2000	100	1,16	176,5	0,80762	0,85	185,76	1,41	0,742	0,162	0,904	0,82044	0,37123	0,382	0,465607	0,62	1245	645	4,39	194,38	99
20	80	1600	100	1,16	143,382	0,8201	0,85	148,61	1,34	0,799	0,148	0,946	0,84398	0,37414	0,385	0,456168	0,35	1175	685	4,39	155,98	99
20	80	1200	100	1,16	108,468	0,8272	0,85	111,46	1,38	0,789	0,133	0,922	0,85579	0,37565	0,38655	0,451686	0,91	1300	972	4,84	116,90	98

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 Kw) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORİBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	F _{göst} N	150°0,846 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
20	80	2400	100	177,5	45,3	433	66	80	38,13	101,0	30,0	24	0,00	1500	820	4,70	20,93	96
20	80	2000	100	195,0	53,0	430	65	82	47,32	101,0	30,0	26	0,00	1245	645	4,39	21,36	99
20	80	1600	100	210,0	62,0	420	66	83	58,25	101,0	30,0	26	0,00	1175	685	4,39	20,75	99
20	80	1200	100	207,5	85,0	395	65	85	77,00	101,0	30,0	26	0,00	1300	972	4,84	19,57	98

ρ _{yakıt} =	846	kg/m ³
LHV=	43672	kJ/kg

Tablo A.11:%50 D2-%50 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yak. Tük., b _e		Egzoz sıcaklığı	Su sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	F _{gost} [N]	F _{gerç} [N]	F	Ne [kW]	Ne [BG]	Md [N.m]	Md [kgf.m]	150*0,854 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki Gy [kg/saat]	b _e [g/kWh]	b _e [g/BGsaat]	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%
50	50	2400	100	179	179,0	0,997	42,8	58,2	170,50	17,38	44,5	42,84	10,36	242	178	435	80	2	39,37	101	31	26
50	50	2000	100	193,6	193,6	0,995	38,5	52,4	184,10	18,77	52,9	43,24	8,72	226	166	429	81	2	47,38	101	30	24
50	50	1600	100	208,2	208,2	0,997	33,2	45,2	198,31	20,22	62,4	45,82	7,39	223	164	425	84	2	58,34	101	31	24
50	50	1200	100	207	207,0	0,997	24,8	33,7	197,17	20,10	82,1	46,44	5,62	227	167	415	85	2	76	101	31	25

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. verim	Volüm. verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Egzoz gaz debisi	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h [kg/saat]	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h [kg/saat]	λ	p _e [MPa]	p _m [MPa]	p _i [MPa]	η _m	η _τ	η _c	η _i	k m ⁻¹	Horiba NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} [kg/saat]	°C
50	50	2400	100	1,15618	211,44339	0,80891882	0,85	222,18	1,41	0,682	0,177	0,859	0,79395	0,3524	0,35057356	0,44155759	0,6	1530	775	4,68	232,54	95
50	50	2000	100	1,16000	176,27691	0,80659689	0,85	185,76	1,40	0,736	0,162	0,899	0,81938	0,37696	0,37499927	0,45766281	0,44	1290	583	4,33	194,48	97
50	50	1600	100	1,15618	142,68986	0,81883272	0,85	148,12	1,33	0,793	0,148	0,941	0,84306	0,38318	0,38118884	0,45214787	0,3	1200	570	4,37	155,51	98
50	50	1200	100	1,15618	109,53324	0,83808247	0,85	111,09	1,35	0,789	0,133	0,922	0,85570	0,37593	0,37398108	0,43704728	0,79	1410	944	4,86	116,71	96

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	F _{gost} N	150*0,854 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
50	50	2400	100	179,0	45,8	425	66	80	39,37	101,0	31,0	26,0	0,09	1530	775	4,68	1,42	95
50	50	2000	100	193,6	52,9	422	66	81	47,38	101,0	30,0	24,0	0,04	1262	583	4,33	1,46	96
50	50	1600	100	208,2	62,4	414	65	84	58,34	101,0	31,0	24,0	0,00	1170	570	4,37	1,43	98
50	50	1200	100	207,0	82,1	392	65	85	76,00	101,0	31,0	25,0	0,04	1410	944	4,86	19,80	96

ρ _{yakit} =	854	kg/m ³
LHV =	42220	kJ/kg

Tablo A.12:%100 D2 Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _c		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yak. Tük., b _c		Egzoz sıcaklığı	Su sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	F _{göst} [N]	F _{gerç} [N]	F	Ne [Kw]	Ne [BG]	Md [N.m]	Md [kgf.m]	150*0,84 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki Gy [kg/saat]	be [g/kWh]	be [g/Bgsaat]	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%
0	100	2400	100	182	182,0	0,994	43,4	59,1	172,85	17,62	46	40,76	9,86	227	167	420	79	2	37,71	101,2	30	32
0	100	2000	100	197	197,0	0,996	39,2	53,4	187,40	19,11	54	41,67	8,40	214	157	417	83	2	45,63	101,2	31	26
0	100	1600	100	211,5	211,5	1,000	33,8	46,0	201,99	20,59	62,54	44,97	7,25	214	158	411	85	2	58,05	101,1	33	23
0	100	1200	100	209	209,0	1,002	25,1	34,2	200,05	20,40	85	44,12	5,34	212	156	389	86	2	72,67	101	34	21

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. Verim	Volüm. Verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORİBA)			Egzoz gaz debisi	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h [kg/saat]	η _{v(ölçülen)}	η _{v(verilen)}	G _h [kg/saat]	λ	P _c [Mpa]	P _m [Mpa]	p _i [Mpa]	η _m	η _τ	η _c	η _i	k _m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	G _{egz} [kg/saat]	°C
0	100	2400	100	1,162297	221,91829	0,8445275	0,85	223,36	1,55	0,691	0,177	0,868	0,7961778	0,3551	0,3735081	0,4691265	0,88	1450	956	4,85	233,22	90,3
0	100	2000	100	1,1584737	182,79664	0,8375315	0,85	185,52	1,50	0,750	0,162	0,912	0,8219941	0,37663	0,3961549	0,4819437	1,03	1135	800	4,45	193,92	92,6
0	100	1600	100	1,1497647	142,60648	0,8229234	0,85	147,30	1,36	0,808	0,148	0,956	0,8454764	0,37612	0,3956091	0,4679126	0,42	1088	820	4,46	154,55	93
0	100	1200	100	1,144886	113,43304	0,8764864	0,85	110,01	1,47	0,800	0,133	0,933	0,8574837	0,3797	0,3994039	0,465786	1,08	1180	988	4,86	115,34	92

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 Kw) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORİBA)			Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	F _{göst} N	150*0,84 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	P _o kPa	t _o °C	%	k _m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	T _{yağ} °C
0	100	2400	100	182,0	44,1	436	65	79	37,71	101,2	30,0	32	0,88	1450	956	4,85	83
0	100	2000	100	197,0	51,9	437	70	83	45,63	101,2	31,0	26	1,10	1135	800	4,45	90
0	100	1600	100	211,5	62,5	430	74	85	58,05	101,1	33,0	23	0,42	1088	820	4,46	94
0	100	1200	100	209,0	76,2	426	74	86	72,67	101,0	34,0	21	0,00	1180	988	4,36	94

ρ _{yakıt} =	840	kg/m ³
----------------------	-----	-------------------

Tablo A.13:%100 SME Yakıt Karışım Deney Verileri

HESAPLANAN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 kW) Kuvvet, F	Gerçek Değer Kuvvet, F	Güç düzeltme faktörü	Güç, N _e		Moment, M _d		Zaman, t	Yakıt tüketimi		Özgül Yak. Tük., b _e		Egzoz sıcaklığı	Su sıcaklığı	Giren hava miktarı	Hava giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	F _{göst} [N]	F _{gerç} [N]	F	Ne [Kw]	Ne [BG]	Md [N.m]	Md [kgf.m]	150°0,881 gram yakıt için t [s]	Çevrim başına v _c [mm ³ /çevrim]	Saatteki Gy [kg/saat]	be [g/kWh]	be [g/Bgsaat]	°C	°C	V _{hava} m ³	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C
100	0	2400	100	172	172,0	0,999	41,3	56,1	164,23	16,74	44,5	44,19	10,69	259	191	437	79	2	38,65	101	32,5
100	0	2000	100	187	187,0	1,000	37,4	50,9	178,70	18,22	51,7	45,64	9,20	246	181	432	81	2	46,98	101	33
100	0	1600	100	204,5	204,5	0,999	32,7	44,5	195,27	19,91	60,6	48,68	7,85	240	177	429	83	2	58,41	101	32,5
100	0	1200	100	200,5	200,5	0,999	24,0	32,7	191,29	19,50	83	47,39	5,73	239	175	419	83	2	77	101	32

KULLANILAN YAKIT		Devir, n	Yük	Nem	Hava yoğunluğu	Saatteki hava tük.	Volüm. Verim	Volüm. Verim	Saatteki hava tük.	HFk	Ortalama efektif basınç	Mekanik kayıplar basıncı	Ortalama indike basınç	Mekanik verim	BTE	Efektif verim	İndike verim	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)		
SME %	D 2 %	n [d/dak]	%	%	ρ _{hava} kg/m ³	G _h [kg/saat]	η _v (ölçülen)	η _v (verilen)	G _h [kg/saat]	λ	p _c [Mpa]	p _m [Mpa]	p _i [Mpa]	η _m	η _τ	η _e	η _i	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %
100	0	2400	100	22	1,1505	214,324787	0,8240	0,85	221,09	1,38	0,657	0,177	0,834	0,78775675	0,3491	0,32734473	0,41554037	0	1600	621	4,64
100	0	2000	100	22	1,1486	176,034858	0,8135	0,85	183,94	1,32	0,715	0,162	0,877	0,8149327	0,3677	0,34484419	0,42315664	0	1385	440	4,31
100	0	1600	100	20	1,1505	141,81909	0,8179	0,85	147,39	1,25	0,781	0,148	0,929	0,84100463	0,3768	0,353339	0,42013919	0	1290	510	4,28
100	0	1200	100	21	1,1524	107,75627	0,8272	0,85	110,73	1,30	0,765	0,133	0,898	0,85192224	0,3792	0,35556883	0,41737241	0	1500	770	4,76

ÖLÇÜLEN VERİLER

KULLANILAN YAKIT		Motor dönme frekansı, n	Yük	Gösterge Değeri (ölçek II, 130 Kw) Kuvvet, F	Zaman, t	Egzoz sıcaklığı	Su giriş sıcaklığı	Su çıkış sıcaklığı	2 m ³ havanın giriş süresi	Atmosfer basıncı	Oda sıcaklığı	Nem	İs (Bosch)	Emisyonlar (HORIBA)			Hava Yakıt Oranı	Yağ sıcaklığı
SME %	D 2 %	n d/dak	%	F _{göst} N	150°0,881 gram yakıt için t [s]	°C	°C	°C	t _{hava} s	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹	NO _x ppm	CO ppm	CO ₂ %	HYO	T _{yağ} °C
100	0	2400	100	175,0	44,5	416	66	79	38,65	101,0	32,5	22	0,00	1600	621	4,64	21,50	95
100	0	2000	100	190,0	51,7	407	66	81	46,98	101,0	33,0	22	0,00	1385	440	4,31	22,14	97
100	0	1600	100	204,5	60,6	397	65	83	58,41	101,0	32,5	20	0,00	1290	510	4,28	21,69	97
100	0	1200	100	200,5	83,0	363	63	83	77,00	101,0	32,0	21	0,00	1500	770	4,76	20,75	95

D _{yakit} =	881	kg/m ³
LHV=	39800	kJ/kg

Tablo A.14:%100 MF Yakıt Karışım Örnek Deniz Aracı Deney Verileri

KULLANILAN YAKIT		DEVİR	KUVVET	ZAMAN	YAKIT TÜKETİMİ	ATMOSFER BASINCI	ORTAM SICAKLIĞI	NEM	İs (Bosch)
SME %	MF %	n d/dak	$F_{göst}$ [Kn]	100* 0,83gram yakıt için t [s]	[kg/saat]	p_o kPa	t_o °C	%	$k m^{-1}$
0	100	1400	3000,0	6,8	22,00	1012,0	11,0	40,0	2,59
0	100	1200	2150,0	10,3	14,50	1012,0	12,0	38,0	
0	100	1000	1500,0	17,1	8,72	1000,0	11,0	39,0	
0	100	800	900,0	27,1	5,51	1012,0	10,0	41,0	

$\rho_{yakıt} =$	830	kg/m^3
LHV=	44308	kJ/kg

Tablo A.15:%100 SME Yakıt Karışım Örnek Deniz Aracı Deney Verileri

KULLANILAN YAKIT		DEVİR	KUVVET	ZAMAN	YAKIT TÜKETİMİ	ATMOSFER BASINCI	ORTAM SICAKLIĞI	NEM	İs (Bosch)
SME %	MF %	n d/dak	F _{göst} [Kn]	100* 0,881gram yakıt için t [s]	[kg/saat]	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹
100	0	1400	2850,0	6,5	24,40	1010,0	10,0	39,0	0,53
100	0	1200	2075,0	10,0	15,86	1000,0	12,0	37,0	
100	0	1000	1375,0	15,0	10,57	1010,0	10,0	40,0	
100	0	800	800,0	25,1	6,32	1012,0	9,0	41,0	

Yoğunluk	881	kg/m ³
LHV=	37388	kJ/kg

Tablo A.16:%100 JF Yakıt Karışım Örnek Deniz Aracı Deney Verileri

KULLANILAN YAKIT		DEVİR	KUVVET	ZAMAN	YAKIT TÜKETİMİ	ATMOSFER BASINCI	ORTAM SICAKLIĞI	NEM	İs (Bosch)
SME %	JF %	n d/dak	F _{göst} [Kn]	100*0,800 gram yakıt için t [s]	[kg/saat]	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹
0	100	1400	2950,0	7,0	20,45	1010,0	10,0	39,0	0,60
0	100	1200	2125,0	10,0	14,40	1010,0	12,0	37,0	
0	100	1000	1450,0	15,7	9,20	1015,0	9,0	40,0	
0	100	800	850,0	24,0	6,00	1012,0	9,0	40,0	

ρ _{yakit} =	800	kg/m ³
LHV=	42600	kJ/kg

Tablo A.17:%50 MF-%50 SME Yakıt Karışım Örnek Deniz Aracı Deney Verileri

KULLANILAN YAKIT		DEVİR	KUVVET	ZAMAN	YAKIT TÜKETİMİ	ATMOSFER BASINCI	ORTAM SICAKLIĞI	NEM	İs (Bosch)
SME %	MF %	n d/dak	F _{göst} [Kn]	100*0,844 gram yakıt için t [s]	[kg/saat]	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹
50	50	1400	2900,0	6,9	21,92	1010,0	10,0	39,0	1,42
50	50	1200	2100,0	10,1	15,04	1000,0	12,0	37,0	
50	50	1000	1400,0	15,0	10,13	1012,0	11,0	40,0	
50	50	800	875,0	26,0	5,84	1012,0	10,0	38,0	

ρ _{yakıt} =	844	kg/m ³
LHV=	40848	kJ/kg

Tablo A.18:%50 JF-%50 SME Yakıt Karışım Örnek Deniz Aracı Deney Verileri

KULLANILAN YAKIT		DEVİR	KUVVET	ZAMAN	YAKIT TÜKETİMİ	ATMOSFER BASINCI	ORTAM SICAKLIĞI	NEM	İs (Bosch)
SME %	JF %	n d/dak	F _{göst} [Kn]	100*0,840 gram yakıt için t [s]	[kg/saat]	p _o kPa	t _o °C	%	k m ⁻¹
50	50	1400	2880,0	7,2	21,00	1010,0	10,0	39,0	0,45
50	50	1200	2105,0	11,0	13,75	1013,0	12,0	37,0	
50	50	1000	1425,0	15,1	10,01	1015,0	11,0	41,0	
50	50	800	850,0	24,5	6,17	1010,0	11,0	40,0	

ρ _{yakıt} =	840	kg/m ³
LHV=	39994	kJ/kg

Tablo A.19:D2 Yakıt Karışımlarının Eğim Denklemi Ve Katsayıları

YAKIT CİNSİ	% 5 SME-% 95 D 2	% 20 SME-% 80 D 2	% 50 SME-% 50 D 2	% 100 SME	% 100 D 2
MOMENT	$y = -3E-05x^2 + 0,0712x + 153,54$ $R^2=0.9818$	$y = -3E-05x^2 + 0,082x + 142,4$ $R^2=0.9830$	$y = -2E-05x^2 + 0,0594x + 159,8$ $R^2=0.9751$	$y = -3E-05x^2 + 0,0793x + 138,74$ $R^2=0.9565$	$y = -3E-05x^2 + 0,0687x + 155,55$ $R^2=0.9988$
GÜÇ	$y = -7E-06x^2 + 0,0412x - 13,752$ $R^2=0.9993$	$y = -8E-06x^2 + 0,0431x - 15,453$ $R^2= 0.9994$	$y = -6E-06x^2 + 0,0383x - 11,689$ $R^2= 0.9988$	$y = -8E-06x^2 + 0,0413x - 14,461$ $R^2=0.9971$	$y = -7E-06x^2 + 0,0404x - 13,146$ $R^2= 0.9717$
ÖZGÜL YAKIT SARFIYATI	$y = 1E-05x^2 - 0,0407x + 247,37$ $R^2=0.9743$	$y = 2E-05x^2 - 0,0696x + 270,09$ $R^2=0.9614$	$y = 3E-05x^2 - 0,1005x + 302,51$ $R^2=0.9962$	$y = 2E-05x^2 - 0,0486x + 270,82$ $R^2=0.9985$	$y = 2E-05x^2 - 0,0506x + 249,25$ $R^2=0.9120$
EGZOZ SICAKLIKLARI	$y = -3E-05x^2 + 0,1365x + 272,8$ $R^2=0.9873$	$y = -3E-05x^2 + 0,1473x + 269,1$ $R^2=0.9511$	$y = -6E-06x^2 + 0,0385x + 378,2$ $R^2=0.9849$	$y = -8E-06x^2 + 0,0424x + 379,85$ $R^2=0.9766$	$y = -3E-05x^2 + 0,1316x + 274,45$ $R^2=0.9856$
NOX	$y = 0,0008x^2 - 2,657x + 3337,1$ $R^2=0.9988$	$y = 0,0006x^2 - 1,97x + 2808,5$ $R^2=0.9999$	$y = 0,0007x^2 - 2,2919x + 3284,8$ $R^2=0.9818$	$y = 0,0007x^2 - 2,2919x + 3284,8$ $R^2=0.9687$	$y = 0,0006x^2 - 2,0751x + 2760,9$ $R^2=0.9895$
CO₂	$y = 1E-06x^2 - 0,0051x + 9,0105$ $R^2=0.9998$	$y = 1E-06x^2 - 0,0044x + 8,379$ $R^2=0.9936$	$y = 1E-06x^2 - 0,0049x + 8,811$ $R^2=0.9991$	$y = 1E-06x^2 - 0,0046x + 8,4935$ $R^2=0.9872$	$y = 1E-06x^2 - 0,0045x + 8,473$ $R^2=0.9999$
CO	$y = 0,0007x^2 - 2,6438x + 3104,5$ $R^2=0.9992$	$y = 0,0007x^2 - 2,7228x + 3198,2$ $R^2=0.9992$	$y = 0,0009x^2 - 3,3073x + 3628,8$ $R^2=0.9771$	$y = 0,0007x^2 - 2,6099x + 2912,7$ $R^2=0.9970$	$y = 0,0005x^2 - 1,8515x + 2482,2$ $R^2=0.9985$
YAĞLAMA YAĞI SICAKLIĞI	$y = -9E-06x^2 + 0,0312x + 72$ $R^2=0.9998$	$y = -6E-06x^2 + 0,0215x + 79,3$ $R^2=0.9667$	$y = -6E-06x^2 + 0,021x + 81,7$ $R^2=0.9680$	$y = -5E-06x^2 + 0,0161x + 83,35$ $R^2=0.9818$	$y = -5E-06x^2 + 0,0172x + 78,775$ $R^2=0.9971$
MEKANİK VERİM	$y = -2E-08x^2 + 3E-05x + 0,8556$ $R^2=0.9988$	$y = -3E-08x^2 + 4E-05x + 0,8469$ $R^2=0.9989$	$y = -2E-08x^2 + 2E-05x + 0,8613$ $R^2=0.9982$	$y = -3E-08x^2 + 4E-05x + 0,845$ $R^2=0.9960$	$y = -2E-08x^2 + 3E-05x + 0,858$ $R^2=0.9981$
TERMAL VERİM	$y = -2E-08x^2 + 6E-05x + 0,3256$ $R^2=0.9757$	$y = -4E-08x^2 + 0,0001x + 0,297$ $R^2=0.9631$	$y = -5E-08x^2 + 0,0002x + 0,255$ $R^2=0.9978$	$y = -3E-08x^2 + 7E-05x + 0,3355$ $R^2=0.9992$	$y = -3E-08x^2 + 8E-05x + 0,3198$ $R^2=0.9209$
TİTREŞİM	$y = 8E-07x^2 + 0,0041x + 134,88$ $R^2=0.9918$	$y = 8E-07x^2 + 0,0033x + 135,73$ $R^2=0.98$	$y = 8E-07x^2 + 0,0026x + 136,58$ $R^2=0.9581$	$y = -2E-20x^2 + 0,0045x + 134,4$ $R^2=0.9529$	$y = 2E-06x^2 + 0,0011x + 138,35$ $R^2= 0.9986$

Tablo A.20:MF Yakıt Karışımlarının Eğim Denklemi Ve Katsayıları

YAKIT CİNSİ	% 5 SME-% 95 MF	% 20 SME-% 80 MF	% 50 SME-% 50 MF	% 100 SME	% 100 MF
MOMENT	$y = -2E-05x^2 + 0,049x + 171,22$ $R^2=0.964$	$y = -3E-05x^2 + 0,1001x + 126,4$ $R^2=0.9871$	$y = -3E-05x^2 + 0,0841x + 136,6$ $R^2=0.9751$	$y = -3E-05x^2 + 0,0822x + 135,0$ $R^2=0.9697$	$y = -3E-05x^2 + 0,0704x + 150,8$ $R^2=0.971$
GÜÇ	$y = -6E-06x^2 + 0,0372x - 10,292$ $R^2=1$	$y = -9E-06x^2 + 0,047x - 18,755$ $R^2=1$	$y = -8E-06x^2 + 0,0423x - 15,32$ $R^2=0.9991$	$y = -7E-06x^2 + 0,0413x - 14,805$ $R^2=0.9991$	$y = -7E-06x^2 + 0,0407x - 13,497$ $R^2=0.9996$
ÖZGÜL YAKIT SARFIYATI	$y = 2E-05x^2 - 0,0736x + 275,42$ $R^2=0.9947$	$y = 3E-05x^2 - 0,0927x + 301,09$ $R^2=0.9681$	$y = 2E-05x^2 - 0,0701x + 289,21$ $R^2=1$	$y = 2E-05x^2 - 0,0498x + 273,83$ $R^2=0.9691$	$y = 2E-05x^2 - 0,0719x + 270,16$ $R^2=0.9657$
EGZOZ SICAKLIKLARI	$y = -4E-05x^2 + 0,1651x + 232,15$ $R^2=0.9948$	$y = -4E-05x^2 + 0,1758x + 234,4$ $R^2=0.9953$	$y = -1E-05x^2 + 0,0624x + 359,8$ $R^2=0.9699$	$y = -8E-06x^2 + 0,0424x + 379,8$ $R^2=0.9776$	$y = -4E-05x^2 + 0,1829x + 200,95$ $R^2=0.9836$
NOX	$y = 0,0004x^2 - 1,3956x + 2150,3$ $R^2=0.9561$	$y = 0,0006x^2 - 2,0798x + 2828,9$ $R^2=0.9945$	$y = 0,0005x^2 - 1,8469x + 2801,3$ $R^2=0.9992$	$y = 0,0007x^2 - 2,2919x + 3284,8$ $R^2=0.9687$	$y = 0,0005x^2 - 1,8075x + 2469$ $R^2=0.9963$
CO₂	$y = 1E-06x^2 - 0,0042x + 8,0335$ $R^2=0.9875$	$y = 1E-06x^2 - 0,0042x + 8,0856$ $R^2=0.9865$	$y = 1E-06x^2 - 0,0045x + 8,3565$ $R^2=1$	$y = 1E-06x^2 - 0,0046x + 8,4935$ $R^2=0.9872$	$y = 1E-06x^2 - 0,0041x + 7,951$ $R^2=0.9877$
CO	$y = 0,0008x^2 - 3,1035x + 3541,8$ $R^2=0.9711$	$y = 0,001x^2 - 3,7419x + 4021,6$ $R^2=0.9881$	$y = 0,0009x^2 - 3,43x + 3684$ $R^2=0.9863$	$y = 0,0008x^2 - 2,9658x + 3179,1$ $R^2=0.9874$	$y = 0,0008x^2 - 2,8565x + 3377,7$ $R^2=0.9892$
YAĞLAMA YAĞI SICAKLIĞI	$y = -9E-06x^2 + 0,0312x + 72$ $R^2=0.9567$	$y = -6E-06x^2 + 0,0215x + 79,3$ $R^2=1$	$y = -5E-06x^2 + 0,0161x + 81,35$ $R^2=0.9918$	$y = -4E-06x^2 + 0,0141x + 83,31$ $R^2=0.9466$	$y = -5E-06x^2 + 0,0161x + 80,35$ $R^2=0.9711$
MEKANİK VERİM	$y = -2E-08x^2 + 1E-05x + 0,8678$ $R^2=0.9987$	$y = -3E-08x^2 + 5E-05x + 0,8331$ $R^2=0.9978$	$y = -3E-08x^2 + 4E-05x + 0,8443$ $R^2=0.9991$	$y = -2E-08x^2 + 4E-05x + 0,8437$ $R^2=0.9889$	$y = -2E-08x^2 + 3E-05x + 0,8531$ $R^2=0.9999$
TERMAL VERİM	$y = -3E-08x^2 + 1E-04x + 0,2987$ $R^2=0.9995$	$y = -5E-08x^2 + 0,0002x + 0,243$ $R^2=0.9941$	$y = -4E-08x^2 + 0,0001x + 0,282$ $R^2=0.9973$	$y = -3E-08x^2 + 8E-05x + 0,3496$ $R^2=0.9705$	$y = -6E-08x^2 + 0,0002x + 0,2587$ $R^2=0.9995$
TİTREŞİM	$y = 6E-06x^2 - 0,017x + 154,6$ $R^2=0.9724$	$y = 3E-06x^2 - 0,0057x + 144,57$ $R^2=0.9692$	$y = 5E-06x^2 - 0,0121x + 149,95$ $R^2=0.9695$	$y = 6E-06x^2 - 0,016x + 150,3$ $R^2=0.9983$	$y = 2E-06x^2 - 5E-05x + 140,34$ $R^2=0.9986$

Tablo A.21:JF Yakıt Karışımlarının Eğim Denklemi Ve Katsayıları

YAKIT CİNSİ	% 5 SME-% 95 JF	% 20 SME-% 80 JF	% 50 SME-% 50 JF	% 100 SME	% 100 JF
MOMENT	$y = -3E-05x^2 + 0,0825x + 130,69$ $R^2=0.9874$	$y = -3E-05x^2 + 0,0821x + 133,87$ $R^2=0.995$	$y = -3E-05x^2 + 0,0834x + 131,8$ $R^2=0.9743$	$y = -3E-05x^2 + 0,0822x + 135,0$ $R^2=0.0697$	$y = -3E-05x^2 + 0,0855x + 133,4$ $R^2=0.9755$
GÜÇ	$y = -7E-06x^2 + 0,0413x - 15,19$ $R^2=0.9985$	$y = -8E-06x^2 + 0,0419x - 15,414$ $R^2=0.9983$	$y = -7E-06x^2 + 0,041x - 14,888$ $R^2=0.9888$	$y = -7E-06x^2 + 0,0413x - 14,80$ $R^2=0.9978$	$y = -8E-06x^2 + 0,0421x - 15,4$ $R^2=0.9986$
ÖZGÜL YAKIT SARFIYATI	$y = 3E-05x^2 - 0,0949x + 289,67$ $R^2=0.9452$	$y = 2E-05x^2 - 0,0528x + 259,75$ $R^2=0.8221$	$y = 1E-05x^2 - 0,0321x + 244,91$ $R^2=0.9539$	$y = 2E-05x^2 - 0,0498x + 273,83$ $R^2=0.9691$	$y = 2E-05x^2 - 0,0777x + 264,88$ $R^2=0.7847$
EGZOZ SICAKLIKLARI	$y = -3E-05x^2 + 0,1341x + 237,95$ $R^2=0.9628$	$y = -4E-05x^2 + 0,191x + 192,2$ $R^2=0.9654$	$y = -5E-05x^2 + 0,2032x + 184,9$ $R^2=0.9721$	$y = -4E-05x^2 + 0,1829x + 200,9$ $R^2=0.9836$	$y = -3E-05x^2 + 0,117x + 250,9$ $R^2=0.9504$
NOX	$y = 0,0009x^2 - 3,0556x + 3710,8$ $R^2=0.9981$	$y = 0,0008x^2 - 2,6785x + 3428,8$ $R^2=0.9913$	$y = 0,0007x^2 - 2,4425x + 3254$ $R^2=0.9989$	$y = 0,0007x^2 - 2,2919x + 3284,8$ $R^2=0.9687$	$y = 0,0006x^2 - 2,1076x + 2739,4$ $R^2=0.9887$
CO₂	$y = 1E-06x^2 - 0,0045x + 8,0875$ $R^2=0.9932$	$y = 1E-06x^2 - 0,0044x + 8,094$ $R^2=0.9995$	$y = 1E-06x^2 - 0,0047x + 8,4165$ $R^2=1$	$y = 1E-06x^2 - 0,0046x + 8,4935$ $R^2=0.9872$	$y = 1E-06x^2 - 0,0044x + 8,1135$ $R^2=1$
CO	$y = 0,0007x^2 - 2,6438x + 3104,5$ $R^2=0.9992$	$y = 0,0007x^2 - 2,7228x + 3198,2$ $R^2=0.9992$	$y = 0,0009x^2 - 3,3073x + 3628,8$ $R^2=0.9771$	$y = 0,0007x^2 - 2,6099x + 2912,7$ $R^2=0.997$	$y = 0,0009x^2 - 3,2949x + 3628,2$ $R^2=0.9142$
YAĞLAMA YAĞI SICAKLIĞI	$y = -6E-06x^2 + 0,021x + 75,7$ $R^2=0.9667$	$y = -6E-06x^2 + 0,0175x + 79$ $R^2=1$	$y = -5E-06x^2 + 0,0161x + 81,35$ $R^2=0.9818$	$y = -4E-06x^2 + 0,0141x + 83,31$ $R^2=0.9463$	$y = -5E-06x^2 + 0,0161x + 80,35$ $R^2=0.9818$
MEKANİK VERİM	$y = -3E-08x^2 + 4E-05x + 0,8387$ $R^2=0.9994$	$y = -3E-08x^2 + 4E-05x + 0,8408$ $R^2=0.9979$	$y = -2E-08x^2 + 4E-05x + 0,842$ $R^2=0.9977$	$y = -2E-08x^2 + 4E-05x + 0,8437$ $R^2=0.9988$	$y = -3E-08x^2 + 4E-05x + 0,8426$ $R^2=0.9988$
TERMAL VERİM	$y = -5E-08x^2 + 0,0002x + 0,2567$ $R^2=0.9771$	$y = -3E-08x^2 + 9E-05x + 0,3189$ $R^2=0.9655$	$y = -2E-08x^2 + 6E-05x + 0,3542$ $R^2=0.9545$	$y = -3E-08x^2 + 7E-05x + 0,328$ $R^2=0.9678$	$y = -5E-08x^2 + 0,0002x + 0,292$ $R^2=0.9645$
TİTREŞİM	$y = 5E-06x^2 - 0,0101x + 146,35$ $R^2=0.9987$	$y = 3E-06x^2 - 0,0048x + 141,3$ $R^2=0.9977$	$y = 5E-06x^2 - 0,0101x + 145,35$ $R^2=0.9997$	$y = 3E-06x^2 - 0,0048x + 140,3$ $R^2=0.9984$	$y = 7E-07x^2 + 0,0035x + 135,83$ $R^2=0.9918$

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Balıkesir'in Edremit ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğretimini Edremit'te tamamladı. 1993 yılında Deniz Lisesinden, 1997 yılında ise Deniz harp Okulundan mezun olarak Makine Mühendisliği Bölümünden lisans derecesi aldı. 1997-2009 yılları arasında Deniz Kuvvetleri Komutanlığının çeşitli birimlerinde çalıştı. 2003 yılında Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Termodinamik Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılının bahar döneminde yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2005 yılının güz döneminde Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Termodinamik Ana Bilim Dalında doktora eğitimine başladı.