

**ÖN ISITMA UYGULAMASININ FARKLI B YOD ZEL  
YAKITLARINDA MOTOR PERFORMANS  
VE EM SYONLARINA ETK S**

**YÜKSEK L SANS TEZ**

**Hicri YAVUZ**

**DANI MAN**

**Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN**

**MAK NA E T M ANAB L M DALI**

**KASIM 2007**

Bu tez çalı ması 06 TEF 03 numaralı proje ile AKÜ BAPK tarafından desteklenmi tir.

**AFYONKARAH SAR KOCATEPE ÜN VERS TES  
FEN B L MLER ENST TÜSÜ**

**YÜKSEK L SANS TEZ**

**ÖN ISITMA UYGULAMASININ FARKLI B YOD ZEL  
YAKITLARINDA MOTOR PERFORMAN S  
VE EM SYONLARINA ETK S**

**Hicri YAVUZ**

**DANI MAN  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN**

**MAK NA E T M ANAB L M DALI**

**KASIM 2007**

## ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN danı manlı ında,  
Hicri YAVUZ tarafından hazırlanan  
**ÖN ISITMA UYGULAMASININ FARKLI B YOD ZEL  
YAKITLARINDA MOTOR PERFORMANS VE EM SYONLARINA  
ETK S**

ba lıklı bu çalı ma, lisansüstü e itim ve ö retim yönetmeli inin ilgili maddeleri  
uyarınca

06 / 11 / 2007

tarihinde a a ıdaki jüri tarafından

Makine Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirli i/oy çoklu u ile kabul edilmi tir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

mza

Ba kan Prof. Dr. Süleyman TA GET REN

Üye Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Üye Yrd. Doç. Dr. Recai KU

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yöneti m Kurulu'nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmı tır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

### ÖN ISITMA UYGULAMASININ FARKLI B YOD ZEL YAKITLARINDA MOTOR PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ

Hicri YAVUZ  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

Yakıt enerjisi krizleri ve dünya enerji rezervinin azalmasına rağmen araç sayıları gün geçtikçe hızla artmaktadır. Bu durumun gelecek yıllarda enerji ve taşıtların kullanımına ilişkin oldukça büyük sıkıntılara sebep olması kaçınılmazdır. Ülkemizin enerji tüketiminin büyük kısmını taşıtlarda kullanılan petrol türevi oluşturmaktadır ve enerji ihtiyacının yaklaşık % 70' e yakını yurt dışından karşılanmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı petrole alternatif olabilecek yakıt türlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Dünyada alternatif yakıt konusunda bitkisel yağlardan esterleştirme yöntemiyle biyodizel adı verilen yakıt türleri araştırmalarına son zamanlarda büyük önem verilmiştir. Biyodizel petrol gibi rezerv ömrü olmayan, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Bu çalışmada kapsamında; soya, kanola, mısırözü ve ayçiçek bitkisel yağlardan metil esterleştirme yöntemi ile biyodizel üretimi yapılmıştır. Bu yakıtlar % 5, % 20, % 50 oranlarında dizel yakıtı ile karıştırılarak % 100 biyodizel kullanılarak, viskozite değerlerini azaltması nedeniyle 50 °C, 70 °C ve 100 °C farklı sıcaklıklarda % 100 biyodizel dizel motorlarında performans ve egzoz emisyonları açısından dizel yakıtı ile tam yük de iken devir aralıklarında karşılaştırılmıştır.

Deneysel sonuçlarda; farklı karıştırma ve sıcaklık oranlarında, motor performans karakteristikleri açısından motor momenti ve efektif güç değerinde bir azalma, özgül yakıt tüketimi ve yakıt hava oranında ise bir artış gözlemlenmiştir. Farklı karıştırma ve sıcaklık oranlarında; CO<sub>2</sub>, CO, HC ve emisyonlarında azalma NO<sub>x</sub> emisyonunda ise bir artış tespit edilmiştir.

**2007, 114 sayfa**

**Anahtar Kelimeler :** Alternatif Yakıt, Biyodizel, Dizel Motoru, Egzoz Emisyonları

## ABSTRACT

### THE IMPACT OF PREHEATING EXPERIMENTS ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS WITH DIFFERENT BIODIESEL FUELS

Hicri YAVUZ

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Afyonkarahisar Kocatepe University  
Institute for the Natural and Applied Sciences

Despite current energy crises and declining energy reserves, the number of vehicles are gradually increasing. This dilemma inevitably will have the way for future challenges in terms of energy requirement and utilizing existing vehicles. In our country, the main part of the energy consumption is oil derivatives which are used in vehicles and the 70 % of energy demand comes from imports. Because of all these reasons, it is an important necessity to improve alternative fuels instead of oil. At a global scale, especially in recent surveys on obtaining alternative fuels such as biodiesel from vegetable oils via esterification are taken into consideration very importantly. Biodiesel unlike oil which have reserve dependency, is a renewable energy resource.

In this study, we have produced biodiesel from soya bean, canola, corn core and sun flower by means of methyl esterification. These fuels have been tested by using biodiesel blends at ratios of 5 %, 20 %, 50 % and 100 % biodiesel. In order to reduce viscosity of 100 % biodiesel, it was increased in the temperature of biodiesel at 50, 70, 100 °C and engine performance and exhaust emissions were measured at the full loads and variable speed.

From experiments, at varied blend and temperature ratios, in terms of engine performance and characteristics we have observed a decrease in engine moment and effective power, an increase in specific fuel consumption and fuel/air ratio. Also, in different blend and temperature ratios we have observed a fall in CO<sub>2</sub>, CO, HC ratios and a rise in NO<sub>x</sub> emissions.

**2007, 114 page**

**Key Words :** Alternative Fuel, Biodiesel, Diesel Engine, Exhaust Emissions

## TE EKKÜR

Tez çalı mamda yardımlarını esirgemeyen tez danı manım Yrd. Doç. Dr. H üseyin BAYRAKÇEKEN hocama, yakıtların fiziksel analizleri konusunda yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. brahim MUTLU' ya, deneylerin yapılmasında ba ta Ar . Grv. Fatih AKSOY olmak üzere A.K.Ü. Teknik E itim Fakültesi Otomotiv An a Bilim Dalındaki tüm ara tırma görevlisi arkada larıma, konu ile ilgili kaynak, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen tüm özel sektör kurulu larına, çalı mamın her a masında yardım ve desteklerini esirgemeyen Üstün Otomotivdeki çalı ma arkada larıma ve aileme te ekkür ederim.

## Ç İNDEK İLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TE EK KÜR .....	iii
S İMGELER VE KISALTMALAR D İZ İN .....	vi
EK İLLER D İZ İN .....	viii
RES İMLER İN D İZ İN .....	xii
Ç İZELGELER D İZ İN .....	xiii
1.G İR .....	1
2.L İTERATÜR B İLG İLER .....	7
2.1.Metil Esterle İirme Yöntemi ile Yapılan Ara İtırmalar .....	7
2.2.Etil Esterle İirme Yöntemi ile Yapılan Ara İtırmalar .....	17
2.3.Saf Bitkisel Ya İ Kullanarak Yapılan Ara İtırmalar .....	17
2.4.Alkol Kullanarak Yapılan Ara İtırmalar .....	22
2.5.Piroliz Yöntemi ile Yapılan Ara İtırmalar .....	24
2.6.Farklı Esterle İirme Yöntemleriyle Yapılan Ara İtırmalar .....	26
2.7.Bitkisel Ya İ lar D İ İnda Alternatif Yakıt Ara İtırmaları .....	27
2.8.Amaç ve Kapsam .....	28
3.B İTKİSEL YA İ LAR VE B İYOD İZELDE İTME YÖNTEMLER .....	29
3.1.Bitkisel Ya İ ların Yakıt Özelliklerini İyile İirme Yöntemleri .....	29
3.2.Bitkisel Ya İ ların Biyodizel Üretimine Hazırlanması .....	30
3.3.Bitkisel Ya İ ların Yakıt Olarak Kullanımında Yapılan İlemler .....	30
3.3.1. İnceltme (Seyreltme) .....	31
3.3.2. Mikroemülsiyon Olu İturma .....	31
3.3.3. İnteresterle İeme (Transesterifikasyon) .....	31
3.3.4. Piroliz.....	32
4.MATERYAL ve METOD .....	33
4.1.Bitkisel Ya İ Metil Esterlerinin Elde Edilmesi .....	33
4.1.1.Metil Ester Üretimi .....	33
4.2.Yakıtların Dizel Motorunda Performans Kar İıla İıtması .....	37
4.3.Deney Donanımı ve Deneylerin Yapılı İ .....	38
5.DENEY SONUÇLARI .....	40

5.1.Deneyler Sonucunda Elde Edilen ve Hesaplanan Değerler.....	40
5.2.Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	42
5.2.1. Farklı Sıcaklık Oranındaki Metil Esterlerle DY Karı İle Tırlmaları .....	42
5.2.1.1. 50 °C' deki Metil Ester Yakıtlarının DY ile Karı İle Tırlması .....	42
5.2.1.2. 70 °C' deki Metil Ester Yakıtlarının DY ile Karı İle Tırlması .....	48
5.2.1.3. 100 °C' deki Metil Ester Yakıtlarının DY ile Karı İle Tırlması .....	54
5.2.2.Farklı Karı İm Oranındaki Metil Esterlerle Dizel Yakıtı Karı İle Tırlmaları 59	
5.2.2.1. % 5 Karı İm Oranındaki Farklı Yakıtların DY ile Karı İle Tırlması .....	59
5.2.2.2. % 20 Karı İm Oranında Farklı Yakıtların DY ile Karı İle Tırlması .....	64
5.2.2.3. % 50 Karı İm Oranında Farklı Yakıtların DY ile Karı İle Tırlması .....	69
5.2.2.4. % 100 Oranında Farklı Yakıtların DY ile Karı İle Tırlması .....	74
6.TARTI MA VE SONUÇLAR .....	82
KAYNAKLAR .....	86
ÖZGEÇM .....	93
EKLER .....	95



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

$b_e$	Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
CO	Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
$d_H$	Lüle akı kesitinin çapı (m)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit
HC	Hidrokarbon
HCl	Hidroklorür
KOH	Potasyum hidroksit
L	Moment kolu uzunluğu (m)
m	Göstergede okunan fren kuvveti değeri (kg)
Motor devri	Döndürme momenti (Nm)
$m_H$	Emme havası debisi (kg/s)
Mtep	Milyon ton eşdeğer petrol
$m_Y$	Tüketilen yakıt miktarı (g)
n	Motor devri (rpm)
N <sub>2</sub>	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
NO <sub>x</sub>	Azotoksitler (ppm)
O <sub>2</sub>	Oksijen
$P_e$	Efektif güç (kW)
$P_{me}$	Ortalama efektif basınç (kPa)
rpm	Dakikada devir sayısı
SO <sub>2</sub>	Sülfür dioksit
V <sub>H</sub>	Toplam strok hacmi (m <sup>3</sup> )
$h_H$	Eşik manometrede okunan basınç farkı (cmss)
t	Zaman aralığı (s)

## 2.Kısaltmalar

AYME	Ayçiçe i Ya ı Metil Esteri
AB	Avrupa Birli i
ASTM	Amerikan Standardı
DY	Dizel Yakıtı
KYME	Kanola Ya ı Metil Esteri
LPG	Sıvıla tırılmı Petrol Gazı
MYME	Mısırözü Ya ı Metil Esteri
OEB	Ortalama Efektif Basınç
OSD	Otomotiv Sanayicileri Derne i
ÖYT	Özgöl Yakıt Tüketimi
SYME	Soya Ya ı Metil Esteri
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜ K	Türkiye statistik Kurumu

## EKLER D Z N

	Sayfa No
ekil 1.1. 1973 ve 2005 yılı ham petrol üretimlerinin bölgesel paylaşımları .....	2
ekil 1.2. Yıllara göre enerji kaynakları ithalatı .....	3
ekil 4.1. Deney tesisatınınematik görünümü .....	39
ekil 5.1. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	44
ekil 5.2. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY efektif güç değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	44
ekil 5.3. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	44
ekil 5.4. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	47
ekil 5.5 Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	47
ekil 5.6. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	47
ekil 5.7. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY HC emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	48
ekil 5.8. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY is emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	48
ekil 5.9. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	50
ekil 5.10. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY efektif güç değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	50
ekil 5.11. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	50
ekil 5.12. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	52
ekil 5.13. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO emisyonu değerilerinin motor devrine göre karşılaştırılması .....	52

ekil 5.14. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	53
ekil 5.15. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	53
ekil 5.16. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	53
ekil 5.17. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	55
ekil 5.18. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY efektif g üç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	55
ekil 5.19. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	56
ekil 5.20. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	57
ekil 5.21. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	58
ekil 5.22. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	58
ekil 5.23. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	58
ekil 5.24. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	59
ekil 5.25. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	60
ekil 5.26. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	61
ekil 5.27. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	61
ekil 5.28. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	63
ekil 5.29. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	63

ekil 5.30. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	63
ekil 5.31. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki me til esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	64
ekil 5.32. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	64
ekil 5.33. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	65
ekil 5.34. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	66
ekil 5.35. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	66
ekil 5.36. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	68
ekil 5.37. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	68
ekil 5.38. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	68
ekil 5.39. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	69
ekil 5.40. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	69
ekil 5.41. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	70
ekil 5.42. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	71
ekil 5.43. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	71
ekil 5.44. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	73
ekil 5.45. Tam yükte % 50 karı m oran larındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	73

ekil 5.46. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	73
ekil 5.47. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	74
ekil 5.48. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	74
ekil 5.49. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	76
ekil 5.50. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY efekt if güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	76
ekil 5.51. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	76
ekil 5.52. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY CO <sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	78
ekil 5.53. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	78
ekil 5.54. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY NO <sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	79
ekil 5.55. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	79
ekil 5.56. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması .....	79

## RESİMLERİN DİZİNİ

Resim 4.1. Metil alkol içerisinde KOH' un çözülmesi .....	34
Resim 4.2. Karı ım öncesi bitkisel ya .....	35
Resim 4.3. Gliserin tabakası çökmü halde ki karı ım .....	35

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Enerji talep-üretim ve ithalatının gelişimi .....	3
Çizelge 1.2. Petrol üretim ve tüketim dengesi .....	4
Çizelge 1.3. Dünya motorlu araçlar pazarı .....	4
Çizelge 1.4. Yıllara göre ülkemizdeki motorlu kara taşıtı sayısı .....	5
Çizelge 4.1. Deneysel işlemlerde kullanılan cihazlar .....	33
Çizelge 4.2. Bitkisel yağ metil esterleri ve dizel yakıtı fiziksel özellikleri .....	37
Çizelge 4.3. Deney motorunun teknik özellikleri .....	38
Çizelge 4.4. Spac gaz analiz cihazı çalışma özellikleri .....	39

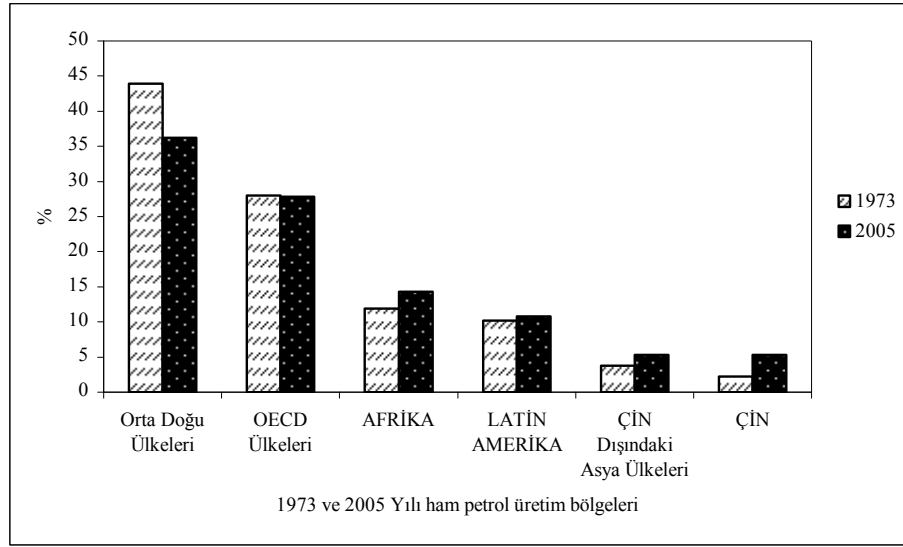


## 1.G R

çten yanmalı motorlarda, genellikle petrol ve türevleri yaygın bir şekilde yakıt olarak kullanılmaktadır. Farklı dönemlerde yaşanan enerji krizleri ve son dönemlerde petrol rezervlerinin neredeyse çok az kalması nedeniyle alternatif yakıt türleri arayışını daha da hızlandırmıştır. Biyodizel bitkisel yağların esterleştirilmesi sonucu elde edilen bir yakıttır. Dizel yakıtına alternatif olarak dikkate alınmakta ve araştırmalar bu yönde devam etmektedir. Dizel motorunda herhangi bir şekilde iklimi iyileştirmeden kullanılabilmesi daha da önemli olmasını sağlamıştır. Farklı bitkisel yağlardan elde edilebilir özelliktedir. Esterleştirilmesinin sebebi dizel yakıtına benzer viskozite değerleri elde edebilmektir. Esterleştirilmesi metil alkol, etil alkol gibi alkol çeşitleri ile farklı yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir.

Dünyada toplam fosil enerji kaynakları rezervi, yaklaşık 900 milyar ton petrol ve doğalgazdır. Bu miktarın % 75'lik kısmı ise, petrol ve doğalgazdan meydana gelmektedir. Kömür rezervlerinin büyük bir kısmı orta Avrupa, petrol rezervlerinin büyük bir kısmı ise Ortadoğu ülkelerinde bulunmaktadır. Orta Asya ülkelerinde de önemli oranda petrol ve doğalgaz rezervlerinin bulunduğu tahmin edilmektedir. Dünya kömür rezervi toplam 1041 milyar ton, petrol rezervi 135,4 milyar ton, doğalgaz rezervinin ise 124 trilyon m<sup>3</sup> olduğu tahmin edilmektedir (Karabektaş, 2002).

Dünyada 1973 yılında ham petrol üretiminin en büyük payı % 44 ile Ortadoğu ülkelerinde iken 2005 yılında bu oran % 37'ye inmiştir. Üretim miktarları o bölgedeki arz durumu ile yakından ilişkilili olduğundan OECD ülkeleri dışındaki diğer coğrafi bölgelerde ise bu oranlar farklı şekilde artış göstermiştir (IEA, 2006).

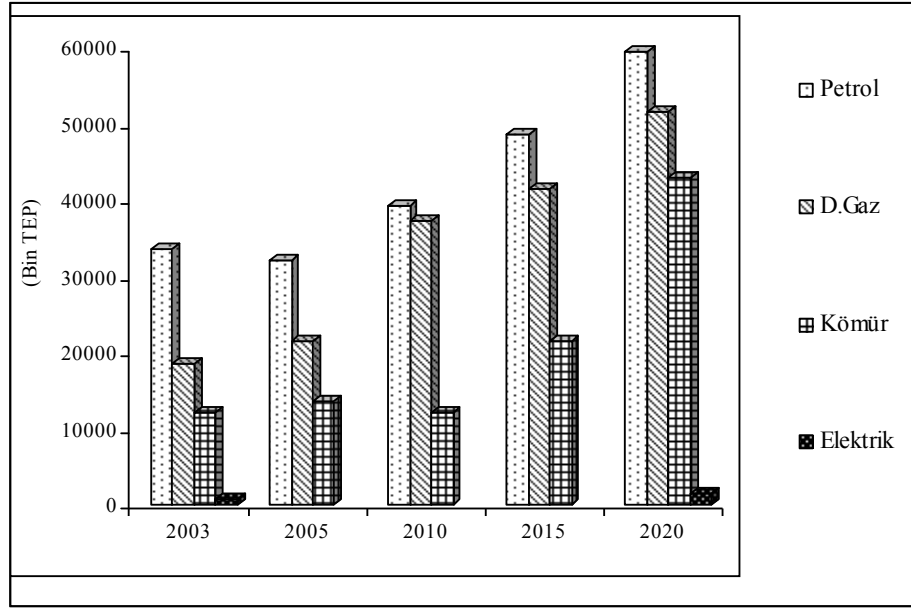


ekil 1.1. 1973 ve 2005 yılı ham petrol üretimlerinin bölgesel payla ımları (IEA, 2006)

Dünya fosil yakıt rezervlerinin % 78' ini katı yakıt % 12' sini petrol %10' unu do algaz olu turmaktadır. Petrol rezervlerinin yakla ık 41 yıl, kömür rezervlerinin 218 yılı l ve do algaz rezervlerinin 63 yıl sonra tükenece i tahmin edilmektedir (Yamık, 2002).

Ülkemizde 2003 yılında yapılan teorik hesaplamada 940,3 milyon ton petrol rezervi olasılı ı bulunmasına kar ın, üretilebilir petrol miktarı 162,4 milyon tondur. Bu rezervin bugüne kadar 119,6 milyon tonu üretilmi olup, rezervuarda kalan 42,8 milyon tonluk petrolünde 2003 yılı üretim miktarı baz alındı ında 18 yıllık bir üretimle tüketilmesi söz konusudur (Anonim, 2005).

ekil 1.2' de görüldü ü gibi 2003 yılında 65,2 Mtep civarında olan toplam enerji ithalatının, 2010 yılında 89,6 Mtep, 2020 yılında 157,3 Mtep olması beklenmektedir . 2003 yılında toplam enerji ithalatında petrol % 52 ile en fazla paya sahip olup, bunu % 29 ile do algaz, % 19 ile ta kömürü takip etmektedir . Bu oranların 2020 yılında petrol % 38, do algaz % 33, ta kömürü % 28 ve elektrik enerjisinin % 1 olması beklenmektedir (Anonim, 2005).



ekil 1.2. Yıllara göre enerji kaynakları ithalatı (2003–2020) (Anonim 2005)

Çizelge 1.1’ den de görüldü ü gibi, enerji kaynaklarımızın ve dolayısıyla üretim miktarlarımızın kısıtlı olması ve bunun sonucunda ithalatın giderek artması nedeniyle 2000 yılında % 35 olan talebin yerli üretimle karşılanma oranının, 2005 yılında % 25, 2010 yılında % 29, 2020 yılında ise % 30 olması beklenmektedir .

Çizelge 1.1. Enerji talep-üretim ve ithalatının gelişimi (Anonim 2005)

Yıllar	2003	2005	2010	2015	2020
Talep	83 804	91 048	125 585	169 486	222 274
Üretim	23 812	23 091	36 690	53 710	65 649
Net İthalat	60 458	67 957	88 894	115 776	156 625
TYÜKO* (%)	28	25	29	32	30

\*TYÜKO: Talebin Yerli Üretimle Karşılanma Oranı

Yıllar itibariyle talebin yerli üretimle karşılanma oranı her ne kadar artırılmaya çalışılsa da bu oranlar oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır.

Çizelge 1.2’ de 1990–2003 yılları arasındaki petrol üretim ve tüketim dengesi görülmektedir. Ham petrol üretimi yıllık ortalama % 3,4’ lük bir azalma ile 3,7 milyon ton’dan 2,4 milyon ton’a düşmüştür. Üretimin aksine, aynı dönemde petrol tüketiminde yıllık ortalama % 2,3’ lük bir artış gerçekleşmiştir. Tüketim 22,7 milyon ton seviyesinden 30,7 milyon ton seviyesine ulaşmıştır.

Çizelge 1.2. Petrol üretim ve tüketim dengesi (Bin Ton)(Anonim 2005)

Yıllar	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003
<b>ÜRETİM</b>	<b>3717</b>	<b>3516</b>	<b>2940</b>	<b>2749</b>	<b>2551</b>	<b>2420</b>	<b>2375</b>
THALAT	22396	27169	29019	30917	29518	31684	32798
HRACAT	2075	1935	2752	1551	2570	3030	3861
HRAK YE*	346	446	565	451	604	1175	616
<b>ARZ</b>	<b>22700</b>	<b>27918</b>	<b>28862</b>	<b>31072</b>	<b>29661</b>	<b>29776</b>	<b>30669</b>
ÇEVRE M SEK.	<b>3320</b>	<b>3725</b>	<b>5080</b>	<b>5528</b>	<b>5320</b>	<b>5386</b>	<b>5181</b>
Santral	1155	1871	2349	2849	2627	2453	2268
Diğer	2165	1854	2731	2679	2693	2933	2913
<b>N HA TÜKETİM</b>	<b>19380</b>	<b>24193</b>	<b>23781</b>	<b>25544</b>	<b>24341</b>	<b>24391</b>	<b>25488</b>
SANAY	5321	6217	5448	6186	6053	6495	6460
ULAŞTIRMA	3688	8292	10501	10675	11271	10737	11670
KONUT ve H ZM.	2851	3688	3093	3377	2713	2639	2495
TARIM	1842	2343	2606	2714	2597	2637	2678
ENERJİ DİĞERİ	1074	1444	1959	1995	1706	1882	2185

\* hrakiye: Ülkenin karasuları ve/veya karasuları bitişinde deniz vasıtalarına veya hava meydanlarında yerli ve yabancı uçaklara vergili veya vergisiz satılan akaryakıt ve madeni yağ

Çizelge 1.3' de 2005 ve 2006 yıllarındaki dünya motorlu araçlar pazarındaki değişimler görülmektedir. 2005 yılında olduğu gibi, 2006 yılında da dünya otomotiv talebi artmıştır. Toplam pazar yüzde 3,72 oranında artarak 105,5 milyon adete yükselmiştir (OSD, 2006).

Çizelge 1.3. Dünya motorlu araçlar pazarı (x1.000) (OSD, 2006)

Bölge / Ülke	2005	2006
Avrupa	20.858	21.395
AB-15	16.890	17.006
AB-Yeni Üyeler	886	644
D.Avrupa	2.327	2.819
Amerika	22.375	22.413
Asya	16.885	18.125
Japonya	5.841	5.741
Çin	5.916	7.356
Hindistan	1.492	1.755
G.Kore	1.136	1.167
Diğer Asya Ülkeleri	843	406
Diğerler Dünya Ülkeleri	6.297	6.708
<b>Toplam</b>	<b>101.746</b>	<b>105.535</b>

Bunun yanında Türkiye’deki araç parkı sayısı ise Çizelge 1.4.’e göre 2007 Haziran sonu itibariyle toplamda 12 590 092 adete ulaşmıştır. Bu kadar araç sayısı ve üretim miktarlarının gün geçtikçe artması ve ilimi göstermesi ileriki yıllarda enerji kaynakları açısından ciddi sorunlar doğuracaktır.

Çizelge 1.4. Yıllara göre ülkemizdeki motorlu kara taşıtı sayısı, 1992–2007(TÜİK,2007)

Yıl	Otomobil <sup>(1)</sup>	Minibüs	Otobüs	Kamyonet <sup>(1)</sup>
1992	2 181 388	145 312	75 592	308 180
1993	2 619 852	159 900	84 254	354 290
1994	2 861 640	166 424	87 545	374 473
1995	3 058 511	173 051	90 197	397 743
1996	3 274 156	182 694	94 978	442 788
1997	3 570 105	197 057	101 896	529 838
1998	3 838 288	211 495	108 361	626 004
1999	4 072 326	221 683	112 186	692 935
2000	4 422 180	235 885	118 454	794 459
2001	4 534 803	239 381	119 306	833 175
2002	4 600 140	241 700	120 097	875 381
2003	4 700 343	245 394	123 500	973 457
2004	5 400 440	318 954	152 712	1 259 867
2005	5 772 745	338 539	163 390	1 475 057
2006	6 140 992	357 523	175 959	1 695 624
2007 <sup>(3)</sup>	6 289 612	364 559	180 682	1 178 6 933

(1) Arazi taşıtı dahildir.

Çizelge 1.4. (Devam) Yıllara göre ülkemizdeki motorlu kara taşıtı sayısı, 1992–2007 (TÜİK, 2007)

Yıl	Kamyon <sup>(2)</sup>	Motosiklet	Özel amaçlı taşıtlar	Traktör	Toplam
1992	379 410	655 347	10 908	828 580	<b>4 584 717</b>
1993	406 398	743 320	12 049	870 559	<b>5 250 622</b>
1994	419 374	788 786	12 964	895 506	<b>5 606 712</b>
1995	432 216	819 922	13 691	937 528	<b>5 922 859</b>
1996	453 796	854 150	15 003	988 142	<b>6 305 707</b>
1997	489 071	905 121	16 993	1 053 381	<b>6 863 462</b>
1998	519 749	940 935	19 252	1 107 457	<b>7 371 541</b>
1999	531 690	975 746	20 319	1 131 626	<b>7 758 511</b>
2000	557 295	1 011 284	21 822	1 159 070	<b>8 320 449</b>
2001	562 063	1 031 221	22 939	1 179 068	<b>8 521 956</b>
2002	567 152	1 046 907	23 666	1 180 127	<b>8 655 170</b>
2003	579 010	1 073 415	24 468	1 184 256	<b>8 903 843</b>
2004	647 420	1 218 677	28 004	1 210 283	<b>10 236 357</b>
2005	676 929	1 441 066	30 333	1 247 767	<b>11 145 826</b>
2006	709 535	1 822 831	34 260	1 290 679	<b>12 227 393</b>
2007 <sup>(3)</sup>	717 206	1 906 073	36 227	1 308 800	<b>12 590 092</b>

(2) Ağırlı yük taşıtlarını da kapsar(Çekici, Damperli Kamyon, Tanker, Çöp Kamyonu vb.)

(3) Veriler Haziran ayı sonu itibariyledir.

Araç sayısındaki artı beraberinde emisyonları önemli bir sorun olarak getirmektedir. Dizel motorlarında ideal yanma sonucu CO<sub>2</sub>, su buharı ve azot (N<sub>2</sub>) olmaktadır. Su buharının havayı kirletici bir özelli i bulunmamasına rağmen yanma sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub>' nin % 50' si atmosferde birikerek CO<sub>2</sub> miktarının giderek artı na sebep olmaktadır. deal bir yanma olmaması durumunda ise yanmamı hidrokarbonlar, karbon monoksitler, azot oksitler ve partikül emisyonları meydana gelmekte ve yakıt içerisinde bulunan kükürt gibi maddelerden dolayı kirletici bile enlerin oluşumu daha da artmaktadır (Dizar, 2003)

Metanol ve etanol gibi alkoller, doğalgaz, biyogaz, hidrojen ve bitkisel yağlar petrole alternatif olabilecek motor yakıtları olarak değerlendirilmektedirler. Ancak bunlar içerisinde biyokütle olarak adlandırılan hayvansal ve bitkisel kökenli yakıtlar diğer yakıt türlerine göre büyük önem taşımaktadır (Kavalcı, 2001).

Üretim rezervlerinin azalması ve egzoz emisyonlarının artması alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Bu alanda devlet ara tırmalar yapılmıştır. Bu ara tırmalarda içten yanmalı motorlarda elektrik enerjisi, hidrojen enerjisi ve farklı enerji türlerinde hareket edebilen araçlar tasarlanmıştır veya deneysel çalışmalar yapılmıştır. içten yanmalı motor sayısı oldukça fazladır. Bunun için petrole alternatif olabilecek yakıt türlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Tarımsal üretim olanakları oldukça fazla olan ülkemizde, alternatif yakıt olarak bitkisel yağların kullanılması avantaj sağlayacaktır. Bitkisel yağlarla ilgili günümüze kadar çok devlet ara tırmalar yapılmıştır. Saf bitkisel kullanımına alternatif olarak esterleştirme yöntemi kullanılmış ve bu yakıtlar farklı oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılmışlardır. Bu şekilde yüksek viskoziteden kaynaklanan problemlerin çözülmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada petrole alternatif olabilecek bitkisel yağlardan biyodizel yakıtı üretilmiştir. Biyodizeller farklı sıcaklık ve farklı karıştırma oranlarında motor performans ve egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır.

## 2.1 TERATÜR B LG LER

Alternatif yakıt olarak çok farklı özelliklere sahip bitkisel ya lardan yakıtlar elde edilmi ve çe itli (Benzin, dizel, enjeksiyonlu vb) motorlar üzerinde deneyler yapılmı tır. Yapılan çalı malarda farklı yakıt üretim yöntemleri ve a amaları, bu yakıtların kullanımı sonucu ta ıt motorları ve ta ıtlardaki etkileri, bitkisel ya lar dı ında alternatif olabilecek enerji türleri gibi farklı ara tırmalar bulunmaktadır. Bu ara tırmalar kendi aralarında gruplandırılarak alt ba lıklar halinde verilmi tir.

### 2.1.1. Metil Esterle tirme Yöntemi ile Yapılan Ara tırmalar

Yücesu vd. (2001) tarafından yapılan çalı mada tek silindirli dizel motorunda alternatif yakıt olarak dizel yakıtı ile beraber dokuz çe it bitkisel ya ın motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmi tir. Performans ve egzoz emisyonları karakteristiklerini belirlemek amacıyla motor tam gaz de i ik devir ve sabit devir de i ik yük deneyine tabi tutmu lardır. Yapılan deneylerden bitkisel ya ların performans de erlerinin dizel yakıtından daha dü ük, duman koyulu unun bitkisel ya lardan daha yüksek, NO<sub>x</sub> emisyonlarının dizel yakıtından daha yüksek oldu u üretilen bitkisel ya metil esterlerinin motor performansı de erlerinin ham ya lardan daha iyi ve dizel yakıtı performans de erlerine daha yakın oldu unu ve bitkisel ya ların ve metil esterlerin alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kısa süreli kullanılabilce ini belirlemi tir.

Çildir (2003) tarafından yapılan çalı mada alternatif dizel motor yakıtı olarak kullanılabilen bitkisel ya lardan ayçiçek mısır ve kolza ya larının metil esterlerinin üretimleri transesterifikasyon kimyasal yöntemi ile laboratuvar artlarında kata lizör miktarı ve alkol miktarı de i tirilerek gerçekleştirilmi ve üretimi yapılan esterlerin esterle me oranları, gliserin miktarları, kinematik viskoziteleri, yo unlukları, akma noktaları, asit numaraları ve parlama noktaları incelenmi tir. Bitkisel ya lardan elde edilen metil esterlerin akma noktasındaki problemin giderilmesinden sonra dizel motorlarında alternatif olarak kullanılabilce i belirtilmi tir.

Çanakçı ve Gerpen (2003) tarafından yapılan çalışmada John Deere 4276 T marka 4 silindirli, 4 zamanlı, turbo arjlı dizel motorunda yüksek derecede serbest yağ asidi içeren soya yağı ve kızartma yağlarının motor performansına ve emisyonlarına etkisini araştırılmıştır. Soya yağı ve % 9 serbest yağ asidi içeren kızartma yağlarından iki farklı biyodizel hazırlanmıştır. Saf yakıt ve % 20 oranında dizel yakıt karışımı kararlı halde çalıştırılan dizel motorunda denenmiştir. Her iki biyodizel de CO ve yanmamış HC oranlarında belirli bir düşüş gözlemlenmiştir. Kızartma yağı metil esteri ve soya yağı metil esterinde sırasıyla, % 11 ve % 13 nitrojen oksit oranı artmıştır. Biyodizel yakıtın enerjisi ile dizel yakıtından elde edilen enerji itidüğü hesaplanmıştır.

Koçak (2005) tarafından yapılan çalışmada fındık yağından metil ester elde edilmiş elde edilen yakıtın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Land Rover marka 4 silindirli dizel motorunda dizel yakıt ile karıştırmalı olarak farklı devir aralıklarında performans ve egzoz emisyon değerleri verilmiştir. Moment ve güç değerlerinin birbirine yakın olduğu fındık yağı metil esterinin CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve duman yoğunluğu emisyonlarının dizel yakıtına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir, fındık yağı metil esterinin motor ayarlarında deşiklik yapmadan kullanılabilmesi, enjeksiyon avansının deşitirilmesi ile performans ve emisyon değerlerinde iyi sonuçlar elde edilebileceği belirtilmiştir.

Labeckas ve Slavinskis (2005) tarafından yapılan çalışmada 4 zamanlı, 4 silindirli, direkt püskürtmeli, modifiye edilmemiş ve doşal emmeli dizel motorlarda kolza tohumu yağı metil esterinin % 100 kullanımı, dizel yakıtta % 5, % 10, % 20 ve % 30 oranlarında karıştırmaları dizel yakıtı ile yüksek devirlerdeki özgül yakıt tüketimi, ısı verim, emisyon içeriklerindeki deşimler ve duman geçirgenlikleri karşılaştırılmıştır. Kolza tohumu yağı metil esterinin maksimum torktaki özgül yakıt tüketimleri dizel yakıttan daha fazladır. Maksimum NO<sub>x</sub> emisyonları oksijenin kütleli artışı ve motor devirlerine göre oransal olarak artmıştır. Tüm yüklerde ve devirlerde biyodizeller de karbonmonoksit, emisyonlar ve görölür duman oranları sırasıyla % 51.6, % 13.5, % 60.3 oranlarına kadar düşmüştür. Yakıt tüketimleri ve gaz sıcaklıkları ile birlikte CO emisyonları B35, B20 karışımlarında ve saf kolza tohumu yağı metil



esterinde biraz daha fazla çıkmı tır. Tüm biyo yakıtlarda yanmamı hidrokarbon emisyon de erleri 5–21 ppm aralı nda dü ük de er vermi tır.

Raheman ve Phadataré (2004) tarafından yapılan çalı mada karanja metil esterinin yakıt özellikleri ile dizel yakıtla % 20' den % 80' e kadar hacimsel karı ımlı yakıtların dizel motorda kullanılmasının sonuçlarını kar ıla tırılmı tır. Motor testleri ile tork, devir, özgül yakıt tüketimi ve CO emisyonları, duman ve NO<sub>x</sub> yo unlukları, kar ıla tırılmı tır. Egzoz emisyonlarında, özgül yakıt tüketimi nde dü me ve ısı verimdeki artı lar karanja esteri karı ımlarını (B20 ve B40) dizel motorlar için uygun birer alternatif haline getirdi i ve hava kirlili inin kontrol altına alınabilece i belirtilmi tır.

Ka ifo lu (2005) tarafından yapılan çalı mada ka yısı ya ından 18 farklı reaksiyon artlarından metil ester üretilmi üretilen yakıt lar yakıt tüketimi ve egzoz karakteristiklerini belirlemek amacıyla dizel yakıtıyla tam gaz de i ik devir ve sabit devir de i ik yüklerde kar ıla tırılmı tır. Alternatif yak ıtın motor performansı ve egzoz emisyonları bakımından fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına yakın olmasından dolayı dizel motorlarında kullanılabilece i belirtilmi tır.

Güner (1990) tarafından yapılan çalı mada kullanılmı kızartma ya ları metil alkol ile alkoliz reaksiyonuna sokulmu ve elde edilen ürünün özellikleri dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır. Yakıt özelliklerinin petrol ofisi garanti spesifikasyonları ile kar ıla tırılması sonucu bu ürünün dizel yakıtı alternatifi olabilece i be lirtilmi tır.

Usta vd. (2006) tarafından yapılan çalı mada kullanılmı ayçiçe i ya ından metil esterle tirme yöntemiyle biyodizel üretilmi tır. Üretilen biyodizel dizel yakıtı ile farklı oranlarda karı tırılarak 4 zamanlı, 4 silindirli indirekt püskürtm eli bir dizel motorunda güç, özgül yakıt tüketimi, termik verim, ya lama ya ı sıcaklı ı, egzoz gazı sıcaklı ı, CO emisyonları, NO emisyonları, SO<sub>2</sub> emisyonları ve duman emisyonları bakımından kar ıla tırılmı tır. Güç farklı karı ım oranlarında çok fazla de i im göstermemi , özgül yakıt tüketiminde biyodizel artma oranına paralel olarak artma, termal verimde % 50 karı ım oranından sonra fazla bir de i im gözlenmemi , ya lama ya ı sıcaklı ı yüksek

devirlerde % 20 ve % 30 karı ım aralı nda maksimum de ere ık mı , egzoz gazı sıcaklı ı % 50 karı ım oranından sonra dü ük de er vermi , CO ve duman emisyonları dü ük devirlerde en yüksek de ere ık mı , NO<sub>x</sub> emisyonları ve SO<sub>x</sub> emisyonları ise yüksek devirlerde maksimum de ere ık mı tır.

Nabi et al. (2005) tarafından yapılan ıalı mada dizel yakıtı ve biyodizel -dizel yakıtı karı ımlarında yanma ve egzoz emisyonları ara tırılmı tır. Önce kullanımı uygun olmayan bitkisel ya dan esterifikasyon yoluyla biyodizel elde edilmi tir. Ara tırmanın ikinci evresinde ise 4 zamanlı, do al emmeli, direkt püskürtmeli dizel motoruyla dizel ve dizel-biyodizel yakıtı karı ımları üzerinde ara tırma yapılmı tır. Dizel yakıtı ile kar ıla tırıldı nda dizel-biyodizel karı ımlarında duman ve CO azalırken NO<sub>x</sub> emisyonları artmı tır. CO ve duman emisyonlarındaki azalma ve NO<sub>x</sub> emisyonlarındaki artı yakıtta oksijen içeri ine ba lanmı tır. Dizel yakıtı ile kar ıla tırıldı nda dü ük adyabatik alev sıcaklı nda bitkisel ya metil esterleri daha dü ük NO<sub>x</sub> emisyonlarına neden olmu tur. Do al olarak yenilenebilir olan bitkisel ya dan elde edilen ester dizel yakıtına alternatif çevre dostu bir yakıt olarak kul lanılabilece i belirtilmi tir.

Al-Widyan et al. (2002) tarafından yapılan ıalı mada atık bitkisel ya ın transesterifikasyonu sonucu yakıt elde edilmi ve de i ik dizel yakıtı ester karı ımları tek silindirli direkt püskürtmeli dizel motorunda motor perfo rmanısı ve egzoz emisyonları açısından kar ıla tırılmı tır. Karı ımlarda motorun hiçbir sorun yaratmadan düzenli ıalı tı ı gözlemlenmi tir. % 100 ester karı ımları da dahil ester karı ımlarının motor performansı açısından dizel yakıtından bir miktar yüksek ık mı tır. Karı ımlar en iyi yakıt ekonomisiyle daha verimli yanmı tır ve daha dü ük CO ve yanmamı HC içeren daha dü ük emisyonlar üretmi tir.

Özsezen vd. (2006) tarafından yapılan ıalı mada palmiye kökenli atık kızartma ya ından üretilen biyodizel ön yanmalı bir dizel motorunda tutu ma gecikmesi, silindir basıncı ve ısı da ılımları yönünden dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır. Üretilen biyodizel referans yakıtı göre daha erken tutu ma e ilimi göstermi bunun sonucunda maksimum silindir basıncı petrol kökenli dizel yakıtına göre üst ölü noktaya biraz daha yakla mı tır. Kontrollü yanma safhası düzgün bir e ilim gösterirken yanma süresinin

daha uzun oldu u ve ani so uma e iliminin dizel yakıtına göre daha yüksek oldu u belirtilmi tir.

Ulusoy ve Tekin (2002) tarafından yapılan çalı mada fiat doblo model ta itta (4 zamanlı, 3 silindirli, 46 kW güçte) kullanılmı ya metil esteri ve dizel yakıtı 4. viteste tam gaz konumunda performans ve egzoz emisyonları bakımından kar ıla tırlımı tir. Tekerlek gücü ve kuvvetinde dizel yakıtı göre % 3 azalma, yakıt tüketiminde artma, HC, CO ve partikül madde miktarında azalma NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> miktarında artma oldu u görülmü tür.

Dizar (2003) tarafından yapılan çalı mada kullanılmı kızartma ya larından metil ester elde edilmi , elde edilen yakıt tek silindirli hava so utmalı, dizel motorunda, performans ve egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtı ile kar ıla tırlımı tir. Dizel yakıtına göre momentin ve gücün azaldı ı özgül yakıt tüketiminin arttı ı efektif verimin ve efektif basıncın azaldı ı CO<sub>2</sub>' nin benzer de erler gösterdi i NO<sub>x</sub> emisyonlarının 1500 rpm devir sonrasındaki devirlerde benzer sonuçlar gösterdi i, i s miktarının ise azaldı ı ölçülmü tür. Yapılan testlerin uzun süreli çalı ma testleriyle daha görülebilir sonuçlar verece i belirtilmi tir.

Özkan vd. (2005) tarafından yapılan çalı mada atık ya dan elde edilmi biyodizel tek silindirli direkt püskürtmeli dizel motorunda tork, güç ve yakıt tüketim de erleri belirli çalı ma ko ulları altında test edilmi tir. Motorun biyo dizel ile hiçbir sorun ortaya çıkarmadan düzgün ekilde çalı tı ı görülmü tür. Dizel yakıtı ile kar ıla tırlı ında biyodizel % 25 enerji kaybına neden olmaktadır. Biyodizelin performans karakteristikleri dizel yakıtına yakın çıkmı tir ve yakıt sistemleri nin yüksek yo unluk ve yapı ma özellikleri nedeniyle biyodizel yakıtları için en uygun hale getirilmesi gerekti i belirtilmi tir.

Ikılıç ve Yücesu (2003) tarafından yapılan çalı mada da tek silindirli 4 zaman lı hava so utmalı dizel motorunda pamuk ya ı metil esteri ile % 50 oranında dizel yakıt ile kar ıtılarak ölçülen egzoz emisyonları dizel yakıtı ile de i ik enjeksiyon basınçlarında kar ıla tırlımı tir. Dü ük enjeksiyon basınçlarında dizel yakıtına göre CO

emisyollarında artma, standart enjeksiyon basınçlarında azalma oldu u CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyollarının tüm enjeksiyon basınçlarında dizel yakıtına göre dü ük de er gösterdi i, O<sub>2</sub> olu umunun tüm enjeksiyon basınçlarında artı gösterdi i egzoz gazı sıcaklı mın dizel yakıtına göre azalma gösterdi i ölçülmü ve pamuk ya ı metil esteri ile dizel yakıtı kar ımının egzoz emisyolları açısında n dizel yakıtına göre daha avantajlı oldu u belirtilmi tir.

Altın ve Salman (1998) tarafından yapılan çalı mada tek silindirli direk püskürtmeli, hava so utmalı dizel motorunda pamuk metil esteri ile dizel yakıtı farklı devir aralıklarında performans ve egzoz emisyolları bakımından kar ıla tırılmı tir. Dizel yakıtına göre moment ve güçte az miktar da azalma, özgül yakıt tüketiminde artı , özgül enerji tüketiminde ve özgül enerji maliyetinde artma, egzoz emisyolları açısından ık absorbasyon katsayısında artı görülmü pamuk metil esterinin yüksek ısı de eri ile fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına benzemesi, pamuk ya ından kolayca elde edilmesi, sülfür oranının çok dü ük olması nedeniyle çevre dostu olması ve yenilenebilir olması gibi avantajlarından dolayı alternatif yakıt olarak kullanılabilce i belirtilmi tir.

Altın ve Yücesu (1999) tarafından yapılan çalı mada tek silindirli direk püskürtmeli, hava so utmalı dizel motorunda filtre edilmi ham pamuk ya ı dizel yakıtı ile kar ıla tırmalı olarak farklı devir aralıklarında performans ve egzoz emisyolları bakımından kar ıla tırılmı tir. Bu çalı mada yakıt sistemine ilave olarak alçak basınç borusuna akı ın kolay olmasını sa lamak amacıyla 0–110 ° C ayarlanabilir ısı de i tirici, yüksek basınç borusuna ise viskoziteyi azaltmak için elektrikli ısıtıcı ilave edilmi tir. Dizel yakıtına göre moment de belirli devirden sonra azalma, güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artma, duman koyulu unda azalma ve ık absorbasyon katsayısında artma görülmü tür.

Ergen ve Karabekta (2006) tarafından yapılan çalı mada rafine pamuk ya ından transesterifikasyon metodu ile üretilen biyodizel performans karakteristikleri ve egzoz emisyolları yönünden dizel yakıtıyla 4 zamanlı tek silindirli bir dizel motorunda deneysel olarak kar ıla tırılmı tir. Dizel yakıtına kıyasla efektif güç ve motor torkunda

ortalama % 3,07 oranında azalma, özgül yakıt tüketiminde ise ortalama % 8 oranında artı gözlenmi tir. Egzoz emisyonları yönünden dizel yakıtına göre CO ve is emisyonlarında azalma, NO<sub>x</sub> emisyonlarında ortalama % 29,51 ve CO<sub>2</sub> emisyonlarında % 7,61 oranında artı oldu u görülmü tür. Pamuk ya ından elde edilen yakıtın elde edilen sonuçlar do rultusunda alternatif bir dizel yakıtı olarak kullanımının mümkün oldu u belirtilmi tir.

Altıparmak vd. (2006) tarafından yapılan çalı mada tall ya ı metil esteri - dizel yakıtı karı ımları alternatif yakıt olarak dizel motorlarda kullanılmı tir. Tall ya ı metil esteri, tall ya ı asidi ile metil alkolün en uygun ko ullarda reaksiyona girmesiyle üretilmi tir. Tall ya ı metil esteri - dizel yakıtı karı ımları tam yükte direkt püskürtmeli dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri test edilmi tir. Tall ya ı metil esteri ve dizel yakıtı karı ımları kullanıldı ında motor torqu ve gücünde sırasıyla % 6,1 ve % 5,9 artı gözlemlenmi tir. Ayrıca, yeni yakıt karı ımları kullanıldı ında CO emisyonlarında % 38,9 azalma ve NO<sub>x</sub> emiyonlarında % 30 artı görülmü tür. Duman yo unlu unda belirgin bir de i im olmadı ı belirtilmi tir.

İkılıç ve Yücesu (2000, 2002) tarafından yapılan çalı malarda tek silindirli direk püskürtmeli, hava so utmalı dizel motorunda % 50 oranında dizel yakıtı ile karı tırılma ayçiçe i ya ı metil esteri ve dizel yakıtı farklı devir aralıklarında performans ve emisyon bakımından ve farklı enjeksiyon basınçlarında performans açısından kar ıla tırılmı tir. Ölçümler sonucunda karı ımın dizel yakıtına göre moment ve gücünde bir miktar azalma, özgül yakıt tüketiminde bir miktar artı CO, CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında azalma ve egzoz gazı sıcaklı ında 2500 rpm' nin altındaki devirlerde artı , üzerindeki devirlerde azalma oldu u, belirli miktarda dizel yakıtı ile karı tırılması durumunda alternatif yakıt olarak kullanılabilce i belirtilmi tir.

çingür ve Yamık (2002, 2003) tarafından yapılan çalı malarda da tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda ayçiçe i ya ı metil esteri ile ayçiçe i ya ı etil ester dizel yakıtı ile kar ıla tırılmalı olarak performans ve egzoz emisyonları bakımından de erlendirilmi tir. Etil ve metil esterin dizel yakıtından daha az güç ve moment de erleri verdi i etil esterin ise en dü ük de erlere sahip oldu u özgül yakıt tüketiminde

dizel yakıtına göre bir artış oldu ve etil esterinin en yüksek derecesine sahip olduğu belirtilmiştir. Kirletici emisyonlar bakımından dizel yakıttan daha iyi sonuçlar verdiği için alternatif olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Usta (2005) tarafından yapılan çalışmada tam ve yarı yük koşullarında tütün tohumu ya da metil esteri kullanılarak turbo arızalı direkt püskürtmeli dizel motorunun egzoz emisyonları ve performansı üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Tüm yüklerde karışımın hem egzoz hem de yalıtım sıcaklıkları dizel yakıtından biraz daha düşük çıkmıştır ayrıca tütün tohumu ya da metil esteri oldukça düşük sülfür oranına sahip olduğu ve bu nedenle dizel yakıtı tütün tohumu ya da metil ester karışımları büyük oranda SO<sub>2</sub> azalmasına neden olmuştur. Kısmi yüklerde ise NO<sub>x</sub> emisyonlarında büyük bir farklılık olmamasına rağmen yüksek yanma sıcaklığına ve tam yükteki yakıt oksijeninin varlığına bağlı olarak NO<sub>x</sub> bir miktar artmıştır. Tütün tohumu ya da metil esterinin yeni bir biyodizel yakıt olarak kısmen dizel motorlarında hiçbir modifikasyona gidilmeksizin ve ön ısıtma olmaksızın kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Kaplan (2001) tarafından yapılan çalışmada ham ayçiçeği yağından metil ester üretilmiş üretilen yakıt 4 silindirli, direkt enjeksiyonlu, 4 kurslu 55 kw gücünde bir turbo dizel motorunda performans ve egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Dizel yakıtına göre güç ve moment değerlerinin benzerlik gösterdiği, özgül yakıt tüketiminin ısıl değerinin az olmasından dolayı arttığını CO<sub>2</sub>, HC, CO ve is miktarlarının azaldığı belirtilmiştir. Bitkisel yağla çalıştırılan motor elemanlarında kirlenme, birikinti, yıpranma probleminin metil ester yöntemi ile azaldığı fakat dizel motorlarının bu yakıtlara göre tasarlanması ile daha iyi sonuçlar alınacağı belirtilmiştir.

Hamolu vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ayçiçeği yağından transesterifikasyon metoduyla biyodizel yakıt üretilmiştir. Üretilen yakıt 4 zamanlı, 4 silindirli direkt püskürtmeli ağırlıklı Mercedes benz motorunda efektif güç, moment, özgül yakıt tüketimi, termik verim ve hacimsel verim bakımından dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Dizel yakıtına göre efektif güç ve döndürme momentinde azalma,

özgül yakıt tüketiminde ortalama % 13 artı , hacimsel verim ve efektif verimde ise artı lar gözlenmi tir.

Karabekta ve Ergen (2006) tarafından yapılan çalı mada ayçiçe i ya ndan transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilmi , üretilen biyodizel tek silindirli 4 zamanlı bir dizel motorunda efektif güç, motor torku, özgül yakıt tüketimi, termik verim CO emisyonları, CO<sub>2</sub> emisyonları, NO<sub>x</sub> emisyonları bakımından motorin ile kar ıla tırılmı tir. Efektif güç ve motor torkunda ortalama % 5,87 azalma, özgül yakıt tüketiminde % 9,07 artma, termik verimde ortalama % 6,51 iyile me , CO emisyonlarında % 10,83 oranında azalma, CO<sub>2</sub> emisyonlarında % 6,73 artı ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise % 24,41 oranında artı oldu u belirtilmi tir.

Silva et al. (2003) tarafından yapılan çalı mada dizel yakıtı ile çalı an otobüs motorunda % 30' lara kadar oluk ayçiçe i metil esteri ile dizel yakıt karı ımlarının teknik olarak test sonuçları ile motor performansı, yakıt tüketimi ve egzozdaki gaz konsantrasyonları (CO ve NO<sub>x</sub>) ve egzoz gaz ı ık geçirmezlikleri kar ıla tırılmı tir. Toplanan veriler göstermi tir ki, oluk ayçiçe i metil esteri kullanımı motorda performans dü üklü üne sebep olmamı tir fakat yakıt tüketimini artırmı tir. Ayrıca, NO<sub>x</sub> ve CO egzoz gaz konsantrasyonlarında ayçiçe i metil esteri kullandı nda belirgin bir artı tespit edilmemi tir. Duman geçirgenli i % 30 oranında ayçiçe i metil esteri kullandı nda biraz dü mü tür. Deneysel testler, sıkı tırma ile ate lemeli motorlarda % 30' lara kadar ayçiçe i metil esterinin dizel yakıtı yerine güvenli bir ekilde kullanılabilece ini göstermi tir.

İkılıç ve Öner (2003) tarafından yapılan çalı mada da tek silindirli, hava so utmalı direk püskürtmeli dizel motorunda de i ik devirlerde ayçiçe i ya ı metil esteri ile % 50 oranlı dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tir. Yapılan kar ıla tırmalarda karı ı mın dizel yakıtına yakın moment ve güç de erleri verdi i egzoz emisyonları göz önüne alındı nda ayçiçe i ya ı metil esterinin dizel yakıtına alternatif olarak kullanılabilece i belirtilmi tir.

Karabekta (2002) tarafından yapılan çalı mada biyodizel ve mo torin yakıtı kullanılarak motor performans parametreleri ve egzoz emisyon de erleri kar ıla tırılmı tır. Çalı ma sonucunda dizel yakıtına göre, ısıl verimde artı efektif güç ve tork da dü ü ler, özgül yakıt tüketiminde artı , CO emisyonlarında azalma, HC emisyonlarında artma, egzoz sıcaklık de erinde benzerlik belirlenmi tir. Motorun rölantide çalı ması, hızlanması, yük altında çalı ması durumlarında biyodizel ile herhangi bir motor çalı ma kusuruna rastlanmamı dizel yakıtı ile benzer özellik gösterdi i belirtilmi tir.

Cansız (2004) tarafından yapılan çalı mada tek silindirli dizel motorundan biyodizel satıcısından temin edilen yakıtla de i ik devir aralıklarında dizel yakıtı performans ve emisyonlar bakımından kar ıla tırılmı tır. Biyodizel dizel yakıtı na göre 2000 rpm ye kadar benzer sonuçları alınımı 2000 rpm den sonra performans ciddi miktarda azalmı , CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC ve is emisyonları dü ü k çıkmı , özgül yakıt tüketiminde benzer sonuçlar vermi ve bu sonuçların uzun süreli motor testleriyle daha görülebilir olabilece i belirtilmi tir.

Kuruçay (2004) tarafından yapılan çalı mada bitkisel ya kökenli bir yakıt olan ve kullanılmı kızartma ya ından transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen biyodizel farklı oranlarda karı tırılarak dört silindirli, dört zamanlı 47 kW güçteki dizel motorunda de i ik devir aralıklarında dizel yakıtı ile egzoz emisyonları bakımından kar ıla tırılmı tır. Karı ımlar içerisinde % 5 karı ımlı yakıtın di er karı ımlara göre daha iyi sonuçlar verdi i egzoz emisyonları bakımından tüm karı ımların dizel yakıt benzer sonuçlar verdi i hatta yüksek devirlerde daha az egzoz emisyonları verdikleri ve dizel yakıtına alternatif yakıt olarak kullanılacakları belirtilmi tir.

Altın ve Yücesu (1999) tarafından yapılan çalı mada dizel mo torunda ham pamuk ya ı ve pamuk metil esteri yakıtı farklı devir aralıklarında performans ve egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır. Esterle tirilen yakıtın motor momenti, motor gücü ve termik verimde dizel yakıtına yakın de erler gösterdi i, yanmadaki iyile meden dolayı ham pamuk ya ına oranla özgül yakıt tüketiminde dü ü gözlendi i,



kısa ve uzun süreli çalı malarda pamuk ya ı metil esterinin dizel yakıtına alternatif olaca ı belirtilmi tir.

## **2.2.Etil Esterle tirme Yöntemi ile Yapılan Ara tırmalar**

Keven (2005) tarafından yapılan çalı mada ham fındık ya ından elde edilen fındık ya ı etil esteri ile motorin ile % 25, % 50, % 75 motorin ile kar ım ile elde edilen yakıtlar; moment, efektif motor gücü, egzoz gazı sıcaklı ı, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> ve CO de erleri motorin de erleri ile kar ıla tırılmı tır. Sonuç olarak % 25, % 50 fındık ya ı metil esteri kar ımlarında motor momenti ve gücünde motorine göre artı görülmü tür. % 75 oranında motorin ile kar ıtırılmı ve % 100 fındık ya ı metil este ri kullanımında ise motorun düzensiz çalı masından dolayı ölçümler yapılamamı tır. Ölçüm yapılamamasının nedeni olarak viskozite de erinin motorine göre daha dü ük olması belirtilmi tir. NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> ve CO de erleri ise % 25 ve % 50 kar ım oranlarında motorine göre oldukça yüksek çıkmı tır.

Puhan et al. (2005) tarafından yapılan çalı mada sülfürik asit katalizör olarak kullanılarak transesterifikasyon yoluyla mahua (Hindistan' a özgü bir a aç) ya ı etil esteri üretilmi ve 4 zamanlı do al emmeli direkt püskürtmeli dizel motorunda 1500 rpm sabit hızında farklı efektif basınçlarda test edilmi tir. Sonuçlar mahua ya ı etil esteri termal verimlili nin dizelin termal verimlili i ile kıyaslanabilir oldu unu göstermi ve dizel için bu de er % 26,36 iken mahua ya ı etil esteri için % 26,42 çıkmı tır. CO emisyonları, hidrokarbonlar, nitrojen oksitleri dizel yakıtı ile kıyaslandı nda mahua ya ı etil esteri için emisyonlar azalmı tır. Bu çalı maya dayanılarak mahua ya ı etil esteri dizele alternatif olarak kullanılabi lece i belirtilmi tir.

## **2.3.Saf Bitkisel Ya Kullanarak Yapılan Ara tırmalar**

Mohammed (1995) tarafından yapılan çalı mada yakıt olarak mısırözü, ayçiçe i ve soya ya larının küçük bir dizel motoru performansı etkileri ve uygulanabilirli i incelenmi tir. Yakıt olarak kullanılan ya lar saf ve dizel yakıtıyla % 50 oranda

karı tırılarak ve son olarak bitkisel ya lar ön ısıtmaya tabi tutularak farklı püskürtme basınçlarında ve farklı devirlerde dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır. 90 ° C ön ısıtmaya tabi tutulan saf bitkisel ya larla çalı mada ve dizel yakıtıyla % 50 oranında karı tırılan ya larla elde edilen performans de erlerinin, dizel yakıtıyla elde edilen de erlere yakın oldu u belirtilmi tir.

Cı ızolu (1996) tarafından yapılan çalı mada bitkisel ya ların direk olarak dizel motorlarında kullanılmasının dezavantajları belirtilmi . Ayçiçek, mısırözü, soya, zeytin ve kullanılmı soya ya ı seyreltme modifikasyon tekni i ile % 20 bitkisel ya motorin karı ımlarının ASTM standartlarına göre kimyasal yapıları ile motor performansı ve egzoz emisyonları dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır. Alternatif yakıtların dizel yakıtına benzer sonuçlar verdi i ve daha dü ük is emisyonu verdikleri belirtilmi tir.

Ulusoy (1999) tarafından yapılan çalı mada ayçiçe i, kolza , pamuk ve soya ya larının dizel yakıt ile % 20, % 50 ve % 75 oranlarındaki karı ımlarının motor devir sayısına ba lı olarak dönme momenti, güç, saatlik yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi, toplam verim, egzoz sıcaklı ı ve gürültü de erleri % 100 dizel yakıtı ile karı tırılmı tır. Bütün karı ımlar dizel yakıtına göre daha az moment ve güç de eri, bitkisel ya oranının artı ı ile do ru orantılı olarak daha fazla yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketiminde de erlerinin benzer oldu u, verimin daha dü ük oldu u, gürültü ve egzoz gazı sıcaklıklarının dizel yakıtına benzer sonuçlar verdi i belirtilmi tir.

Kayı o lu vd. (2006) tarafından yapılan çalı mada tek silindirli 6 LD 360 tipi, direk püskürtmeli, dört zamanlı, 5.52 kW gücünde dizel motorunda deneyler yapılmı . Dizel yakıtı ile kar ıla tırılmalı olarak % 25, % 50 ve % 75 oranlarında ayçiçe i ya ı ile soya ya ı dizel yakıtı karı ımları motor devir sayısı ve zamana ba lı olarak , hava giri ve egzoz gazı sıcaklıkları, yakıt tüketimleri, hacimsel verim, motor ya ba sınıcı de erleri, is kalitesi kar ıla tırılmı tır. Ayçiçe i ya ı karı ımları soya ya ı karı ımlarından daha iyi sonuçlar vermi tir. Ayrıca soya ya ı karı ımlarında motor ya ı daha fazla kirlenmi ve viskozitesi daha çok azalmı tır. % 75 dizel yakıtı + % 25 ayçiçe i ya ı karı ımı kullanıldı nda nerdeyse yalnızca dizel yakıtın kullanıldı ı sonuçları elde etmi ler ve

piston silindir, sekman gibi motor parçaları üzerindeki etkilerinin araştırılması için daha uzun süreli çalışmaları gerektiğini belirtmişlerdir.

Altın (1998) tarafından yapılan çalışmada tek silindirli direk püskürtmeli, hava soğutmalı dizel motorunda tam gazdeki iki hız testi ile hava yakıt ve dizel yakıtı performans ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırılmıştır. Ölçümler sonucunda dizel yakıtına göre moment ve güçte azalmalar, özgül yakıt tüketiminde artış, termik verimde azalma, duman yoğunluğunda artış oldu, filtre yapımı hava yakıtının kısa süreli deneylerde dizel yakıtı ile karşılaştırılabilir derecede kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Huzayyin et al. (2004) tarafından yapılan çalışmada dizel yakıtına alternatif olarak jojoba yağının kullanılmasının deneysel olarak değerlendirilmiştir. Jojoba yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin hesaplanması bu yağın dizel motor yakıtına iyi bir alternatif olduğunu göstermiştir. Jojoba yağının yüksek viskozitesinden dolayı motorda meydana gelen problemlerin azaltılmasında jojoba yağı ile gaz yağı karışımlarının etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Tek silindirli, doğalgaz emmeli, direk enjeksiyonlu dizel motorunda farklı performans parametrelerinin deneysel hesaplamalarda jojoba yağı ile gaz yağı karışımı ve gaz yağı kullanımıdır. Motor hız aralıklarının üzerinde farklı yüklenme durumlarında gaz yağına göre gaz yağı jojoba yağı karışımında motor performans parametrelerinin hesaplanmasıyla motor gücünde önemsenmeyecek bir kayıp, özgül yakıt tüketiminde küçük bir artış ve  $NO_x$  oranında ve is emisyonunda düşüş gözlemlenmiştir. Yakıt karışımındaki jojoba yağı yüzdesi arttıkça motordaki is emisyonunun azaldığı görülmüştür.

Yücesu ve Altın (1999) tarafından yapılan çalışmada tek silindirli direk püskürtmeli, hava soğutmalı dizel motorunda kanola yağı farklı devir ve moment aralıklarında dizel yakıtı ile performans ve emisyonlar bakımından karşılaştırılmıştır. Dizel yakıtına göre moment ve güçte bir miktar azalma özgül yakıt tüketiminde artış, termik verimde azalma, CO emisyonlarının da artış,  $NO_x$  ve duman yoğunluğunda azalma oldu, kanola yağının kısa süreli çalışmalarda yakıt olarak dizel motorunda başarı ile kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Altın ve Yücesu (1999) tek silindirli dört zamanlı dizel motorunda mısır yağı ve dizel yakıtının tam gaz de i ik hız testi ile performans açısından sabit hız de i ik yük testine tabi tutarak egzoz emisyonları açısından karşılaştırmalıdır. Yapılan test sonucunda motor momenti ve motor gücünde benzer sonuçlar ölçülmü özgül yakıt tüketimi nde ise dizel yakıtı daha az de er göstermi tir. Egzoz emisyonları açısından CO emisyonları dizel yakıtından daha yüksek NO<sub>x</sub> emisyonlarının dizel yakıtından daha fazla oldu u ölçülmü ve mısır yağının dizel motorlarında kullanılabilen emisyonlarda bir miktar artışı olmasına karşın standartlara uygun sonuçlar ölçüldü ü belirtilmi tir.

Yanmaz (1995) tarafından yapılan çalışmada pamuk tohumu yağının fueloil ve motorin özellikleri referans yakıt olan fueloil ve motorin ile karşılaştırılmı tir. Deneyler ASTM ve TSE standartlarına göre yapılmı TSE-F-RFI sınıflamasına göre fueloil yakıtına uygun viskozitesi dışında TS3082 EN 590 standartlarına göre motorine alternatif yakıt oldu u belirtilmi tir.

Yücel (1998) tarafından yapılan çalışmada alternatif yakıt çeşitli oranlarda pamuk yağı ile dizel yakıtı karışımları tek silindirli bir dizel motorunda performans ve emisyon etkilerinin tespitiyle dizel motoru elemanlarının durumları incelenmi tir. Motor elemanlarının durumu 100 saatlik çalışması sonrasında , performans ve emisyon de erleri ise farklı devir aralıklarında karşılaştırılmı tir. Artan pamuk yağı yüzdesiyle silindirde kalıntı miktarının artışı CO ve HC emisyonlarında dizel yakıtına göre artışı oldu u NO<sub>x</sub> miktarının azaldığı , motor gücünün yaklaşık aynı seviyede kaldığı özgül yakıt tüketiminin arttığı , motorda herhangi bir de i ikli e gidilmeden pamuk yağı motorin karışımlarının kısa süreli çalışmaları için uygun oldu u, uzun süreli çalışmalarda pamuk yağı oranının % 30–50 oranından fazla olmaması gerekti i belirtilmi tir.

Prasad et al. (2002) tarafından yapılan çalışmada direk püskürtmeli dizel motorunda ham pamuk tohumu yağının motorun süper arj performanslarında, farklı püskürtme basınçlarında motor performansı, özgül yakıt tüketimi, egzoz gaz sıcaklığı ve duman yoğunluğundan dizel yakıtı ile karşılaştırılmı tir. Motorun tavsiye edilen püskürtme basıncında ve 0,4 bar süper arj basıncında Pamuk tohumu yağının yakıt olarak kullanıldığı nda özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtı ile çalıştıran motora göre % 15

oranında dü ü görülmü tür. Yapılan çalı ma sonucunda pamuk tohum ya ından veya genel olarak bitkisel ya lardan, tavsiye edilen püsk ürtme basınçlarında süper arj durumunda en iyi ekilde faydalanılabilece i belirtilmi tir.

Altun (2004) tarafından yapılan çalı mada dizel motor yakıtına alternatif olarak susam ya ı ara tırılmı tır. Bu amaçla; motorin ve susam ya ının motorin ile % 25, % 50 ve % 75 oranlarındaki karı ımları tek silindirli dört zamanlı ve direkt püskürtmeli bir dizel motorunda yakıt olarak kullanılarak, motor performansı, egzoz emisyonları ve motor elemanları üzerindeki etkisi incelenmi tir. Ara tırma sonuçları, susam ya ı ve motorin karı ımlarının deneylerde kullanılan oranları için motor yapısında de i iklik yapılmadan kullanılabilece ini göstermi tir.

Machacon et al. (2001) tarafından yapılan çalı mada do rudan yakıt karı ımları ya da dizel yakıt alternatifleri olarak hindistan cevizi ya ının etkisi tek silindirli direkt püskürtmeli dizel motoru kullanılarak ara tırılmı tır. Motorun çok farklı çalı ma ko ullarında hindistan cevizi ya ı ve hindistan cevizi ya ı-dizel yakıt karı ımları ile yapılan test çalı maları motord a hiçbir modifikasyona gidilmedi i durumda dahi tatmin edici sonuçlar vermi tir. Hindistan cevizi ya ının ısı de eri dü ük oldu u için özgül yakıt tüketimi artmı tır. Di er yandan motorun tüm yük ko ullarında özgül enerji tüketimi çok dü ük bir artı göste rmi tir. Dizel yakıtlarıyla kar ıla tırıldı ında hindistan cevizi ya ı motor çalı maları daha dü ük duman ve NO<sub>x</sub> emisyonlarına neden olmakta buna ra men CO ve toplam hidrokarbon emisyonları artmı tır. Motorun % 100 hindistan cevizi ya ı ile çalı ması durumunda yanma verimindeki dü ü Hindistan cevizi ya ının dü ük atomizasyon özellikleri ve fakir karı ımın sonucu olan daha az ön yanma durumuna ba lanmı tır.

Kalam et al. (2003) tarafından yapılan çalı mada dizel motorunda kullanılan dizel yakıtı ile Malezya hindistan cevizi ya ı karı ımlarının egzoz emisyonları karakteristikleri de erlendirilmi tir. De erlendirme sonucunda dizel yakıtı ile % 30 hindistan cevizi ya ı kullanıldı ında HC, NO<sub>x</sub>, CO, duman ve aromatik HC' ler gibi egzoz emisyonlarında net azalma yla birlikte CO<sub>2</sub>, güç ve yanma sonu ısısında net artı oldu u görülmü tür. % 30 hindistan cevizi ya ı karı ımlarının üzerinde, % 40 ve % 50

oranında karışımlarda, karışımın ısısal değerinin daha düşük olması nedeniyle güç ve yanma sonu ısısı düşmektedir, bununla birlikte daha az emisyonlar gözlenmiştir.

Nwafor (2003) tarafından yapılan çalışmada bitkisel yağ yakıt giri sıcaklığındaki artışın tek silindirli standart dizel motorunda viskozitesi ve performansı üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir. Bütün sonuçlar yakıt ısıtmanın tepe silindir basıncını arttırdığını ve ayrıca düşük hız ve düşük yük koşullarında faydalı olduğunu göstermiştir. Yüksek yük koşullarında ısıtılmış ve ısıtılmamış bitkisel yakıtlar arasında özgül yakıt tüketimleri açısından büyük farklılıklar olmamıştır. Isıtılmış yakıt düşük motor devirlerinde özgül yakıt tüketiminde net azalmalar ve ısıtılmamış bitkisel yakıt yük aralığı boyunca en yüksek termal verim sağlamıştır. Yakıt viskozitesindeki azalışla birlikte sürtünme kuvvetinin artması gözlemlenirken, mekanik verimlilik grafikleri ters bir eğilim göstermiştir. Isıtılmış yakıtın ısıtılmamış ve dizel yakıt diyagramlarıyla karşılaştırıldığında tepe silindir basıncında artış olduğu bulunmuştur. Dizel yakıt kullanırken HC emisyonlarının da büyük bir artış olmuştur ve bütün test sonuçları düşük yük ve devir koşullarında yakıt ısıtmanın faydalı olduğunu göstermiştir.

Ouz ve Öüt (2001) tarafından yapılan çalışmada 3 silindirli, 4 zamanlı, 43 kW gücünde direk enjeksiyonlu traktör motorunda farklı devir aralıklarında ayçiçeği yağı ile dizel yakıtı belli oranlarda seyreltilerek performans bakımından dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Ölçümler sonucunda moment ve güç değerlerinde benzer değerler özgül yakıt tüketiminde ise artışlar olduğu belirtilmiştir.

#### **2.4.Alkol Kullanarak Yapılan Araştırmalar**

Kavalcı (2001) tarafından yapılan çalışmada gerek çevre dostu olan ve gerekse petrole alternatif olabilecek, bitkisel kökenli yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması, termik motorlarda kullanılma olanaklarının araştırılması, bu yakıtların ülkemiz koşullarında çevre kirliliğine etkisi ve üretim maliyeti yönünden diğer yakıtlara göre durumunun ortaya konulması amaçlanmıştır. Yakıt elde edilebilen tarımsal ürünlerin üretim alanlarının genişletilmesi özgül verim artışını sağlayıcı girdilerin

kullanılması te vik edilmesi ve de bitkisel kökenli alkollerin özellikle etil alkol üretimi için gerekli teknolojinin kullanılmasına önem verilerek bunun en kısa zamanda gerçekte tirilmesinin zorunlu oldu u ifade edilmi tir.

Usta vd. (2004) tarafından yapılan çalı mada da 4 silindirli, 4 zamanlı, sıra tipi IDI, turbo arj bir dizel motorunda etanol ve iki farklı biyodizelin özellikleri dizel yakıt ile performans ve emisyonlar açısından kar ıla tırılmı tir. Kullanılan alternatif yakıtlarda CO, SO<sub>2</sub> ve is emisyonları azalmı NO<sub>x</sub> emisyonları artmı tir. Etanol ilavesinin güçle bir miktar dü meye sebep oldu u belirtilmi tir. Kısa süreli çalı malar yanında, uzun süreli çalı maların yapılmasıyla motor dayanımı, a nma, enjektör tıkanması ya lama ya ma etkisi gibi hususlarda bilgi edinilmesi için gerekli oldu u belirtilmi tir.

Can vd. (2005) tarafından yapılan çalı mada 4 zamanlı, sıra tipi, direk püskürtmeli turbo arjlı dizel motorunda % 10–15 oranlarında etanol dizel yakıtı karı ımları ile dizel yakıtı de i ik yük ve devir aralıklarında egzoz emisyonları bakımından kar ıla tırılmı tir. Etanol ilavesinin NO<sub>x</sub>, CO, is ve SO<sub>2</sub> emisyonların da azalma oldu u belirtilmi bu iyile melerin tam yükte kısmi yük lere nispeten daha dikkate de er seviyede oldu u belirtilmi tir.

Çelikten (2004) tarafından yapılan çalı mada indirekt püskürtmeli dizel motorunda (IDI) tam yükte dizel yakıtı ile % 10 oranında etanol dizel yakıtı karı ımı performans ve egzoz emisyonları bakımından kar ıla tırılmı tir. Motor gücü ve torkunda azalma, özgül yakıt tüketiminde artma oldu u, O<sub>2</sub> miktarının arttı ı NO<sub>x</sub> ve CO emisyonlarının kısmen CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve duman emisyonlarında oldukça fazla azalma oldu u tespit edilmi tir.

Yörük (2002) tarafından yapılan çalı mada dört silindirli dört zamanlı benzin motorunda metanol ve etanol alkollerinin, benzin ile ta ıt performansına konstrüktif ve i letme parametrelerine etkileri, egzoz emisyonu, motor gürültüsü, birim yakıt tüketimi yönünden kar ıla tırması yapılmı tir. Yapılan deneylerde gaz kelebe i milinde paslanma görülmü tür. Saf metanol ile ilk harekete geçi zorlu u, dü ük de virlerde motorun çalı tırılmadı ı, yüksek devirlerde motorun düzensiz çalı tı ı, alkolle yapılan

çalı malarda motor ya ve egzoz sıcaklıklarının dü ük de erde yakıt tüketiminin yüksek de erde oldu u ve kimyasal özelliklerinin benzine göre farklı olmasından dolayı, yeni motor tasarımlarına gerek duyulaca ı belirtilmi tir.

Uslu vd. (2006) tarafından yapılan çalı mada hacimsel olarak üç farklı oranda etanol-eurodizel karı mı 4 zamanlı direk püskürtmeli bir dizel motorunda özgül yakıt tüketimi, CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonları bakımından dizel yakıtı ile karşılaştırılmı tir. Etanol oranının artması ile CO ve HC emisyonlarında azalma NO<sub>x</sub> emisyonları ve özgül yakıt tüketiminde artma görülmü tür.

Uurlubilek (1989) tarafından yapılan çalı mada yüksek hızlı hafif hizmet dizel motorunda gazla tırma yöntemi ile yedirilebilecek metil alkol ve alkolün, motor performansına etkileri araştırılmı tır. Motora verilen enerjinin % 35' e kadarının metil alkol ile sağlanabilece i, yüksek hız ve gaz konumlarında motora yedirilebilen alkol miktarını sınırlayan faktörün vuruntu oldu u gözlenmi , diğer bölgelerde ise aırı duman ve dengesiz çalı ma oldu u belirtilmi tir.

## **2.5.Piroliz Yöntemi ile Yapılan Ara tırmalar**

Özdemir (2001) tarafından yapılan çalı mada pirinanın sabit yataklı heinze reaktöründe de i ik ko ullarda elde edilen piroliz sıvı ürünlerinde elementel analizi yapılmı tir. Elde edilen sonuçlara göre, piroliz ko ullarının uygun seçimi ile prinadan petrole e de er sıvı ürünlerinin elde edilebilece i belirtilmi tir.

Atabay (2001) tarafından yapılan çalı mada yeni ve yenilenebilir enerji kayna ı olarak ceviz kabukları iki farklı sabit yatak reaktöründe yava ve hızlı piroliz yapılmı , piroliz sıcaklı ı, ısıtma hızı, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz akı ı gibi piroliz de i kenlerinin piroliz ürün verimlerine etkisi araştırılmı tır. Analizler sonucunda elde edilen sıvı ürünün yenilenebilir enerji ve kimyasal hammadde kayna ı olarak kullanılabilce i belirtilmi tir.



Açıköz (2001) tarafından yapılan çalı mada biyokütle adayı olarak sabit ya bakımından yüksek verim gösteren keten tohumu üç farklı reaktörde yava , hızlı ve ani pirolizi gerçekleştirilmiştir. Piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı, parçacık boyutu ve sürükleyici gaz akı hızı gibi piroliz de i kenlerinin piroliz ürün verimleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Analizler sonucunda, elde edilen sıvı ürünün yenilenebilir enerji ve kimyasal hammadde kayna ı olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Apaydın (2002) tarafından yapılan çalı mada alternatif enerji kayna ı olarak çeltik sapının piroliz yöntemi ile yakıt eldesi araştırılmıştır. Çeltik sapı yataklı reaktörde piroliz sıcaklığının, parçacık boyutunun, sürükleyici gaz ve su buharı akı ının piroliz ürün verimlerine etkileri incelenmiştir. Uygun ko ullarda çalı ıldı ında çeltik sapından piroliz yöntemi ile petrole e de er sıvı ürün elde edilebilece i belirtilmiştir.

Onay (2001) tarafından yapılan çalı mada kolza ya lı tohumlarının dört farklı reaktörde yava , hızlı, ani ve hidrojen piroliz ko ullarında yürütülmü , piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı, parçacık boyutu, sürükleyici gaz akı ı hızı ve hidrojen basıncı gibi piroliz de i kenlerinin piroliz verimine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sıvı ürünlerden yapılan analizlerde kolza ya lı tohumunun piroliz yönteminden sonra yenilenebilir enerji ve kimyasal hammadde kayna ı olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Düzenli (2002) tarafından yapılan çalı mada yenilenebilir enerji kaynakları arasında olan defne çekirde inden termokimyasal dönü üm yöntemi ile günümüzde kullanılan yakıtlara alternatif olabilecek sıvı ürün elde edilme olanakları araştırılmıştır. Deneyler, piroliz ürünleri üzerine son piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı, partikül boyutu ve sürükleyici gaz akı hızı parametrelerinin etkisini belirlemek amacıyla sabit yatak reaktör ve sabit yatak borusal reaktöründe gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sıvı ürünün, günümüzde kullanılan sıvı yakıtlara benzer yenilenebilir bir enerji kayna ı ve çe itli kimyasallar için hammadde olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir.

## 2.6.Farklı Esterle tirme Yöntemleriyle Yapılan Ara tırmalar

ahin (2005) tarafından yapılan çalı mada findık ya ından findık pr opil ester elde edilmi elde edilen yakıt dizel motorunda farklı devir aralıklarında performans ve egzoz emisyonları bakımından dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır. Dizel yakıtına göre moment ve güç azalmı , özgül yakıt tüketimi ile hava tüketimi artmı , ortalama efektif basınç azalmı CO ve HC azalmı HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> ve egzoz gazı sıcaklı ı artmı tır. Yakıtta katkı maddeleri gibi iyile tirmeler yapılacak olursa petrolün yerini alabilecek enerji kaynaklarından biri oldu u belirtilmi tir.

engil (2005) tarafından yapılan çalı mada rafine edilmi yemeklik palm olein -soya kar ımı bitkisel ya ın etil ve metil esterleri ile ticari dizel yakıtı tek silindirli bir dizel motorunda denenmi tir. Deneysel çalı ma sonunda esterlerin yani biyodizellerin kullanılmasıyla motor momentinde ve gücünde bir miktar dü ü , özgül yakıt tüketiminde artı lar görülmü tür. Biyodizellerin emisyon parametreleri açısından avantajlı oldu u, CO ve HC emisyonlarındaki dü me sebebiyle tespit edilmi tir. NO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise, biyodizel kullanımıyla artı oldu u gözlenmi tir. Metil esterin CO<sub>2</sub> emisyonları da dizel yakıtına göre dü ük çıkmı tır ayrıca egzoz dumanının da beyaz çıkt ı gözlemlenmi tir.

Yamık (2002) tarafından yapılan çalı mada ayçiçek ya ından metil ve etil ester üretilmi ve fiziksel özellikleri tespit edilmi tir performans ve emisyon karakteristiklerini dizel yakıtı ile kar ıla tırmak için tek silindirli dizel motorunda tam yük de i ken devir aralıklarında testler yapılmı tır. Etil ester performansının dizel yakıtı ve metil estere göre daha dü ük de erlerde oldu u, emisyon bakımından metil ve etil esterin benzer de erler gösterdi i, ayçiçek ya ı metil esterinin ısıl de er ve özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına benzer de er verdi i, yapılan gürültü ölçümünün sonucunda metil ve etil esterlerin daha sessiz çalı tı ı özgül enerji tüketimi ve özgül enerji maliyetlerinin etil esterde di er yakıtlara göre yüksek oldu u ve bitkisel ya metil esterlerinin dizel yakıtına alternatif olabilece i belirtilmi tir.

## 2.7.Bitkisel Ya lar Dı nda Alternatif Yakıt Ara tırmaları

Güleç (2004) tarafından yapılan çalı mada farklı alternatif enerji kaynakları hakkında teorik bilgiler verilmi , alternatif yakıtların (hidrojen, yakıt pili, metanol, etanol, do algaz ve LPG) benzine göre emisyo n açısından avantajları incelenmi tir. Hidrojenin di er yakıtların sebep oldu u emisyonların aksine sadece su olu turdu u belirtilmi tir.

Kılıçarslan (2002) tarafından yapılan çalı mada içten yanmalı motorlarda kullanılabilen alternatif yakıtlardan, biyogaz bitkisel ya lar hidrojen ve alkolün fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmi tir. Motor performansına etkileri teorik olarak belirtilmi , elektrik enerjisi güne enerjisi, yakıt hücresi, biyogaz bitkisel ya lar, hidrojen ve alkolün ta ıtların tahriki nde kullanılabilen alternatif enerji kaynaklarından oldu u ve kullanılabilirli i ortaya konulmu tur.

Gümü (1998) tarafından yapılan çalı mada do algazın dizel motorlarında kullanılması ara tırmı tir. Do algaz+dizel yakıtı ile çalı an bir motorun do algaz kullanım oranına ba lı olarak yanma ürünlerinin hacimsel kesirlerinin de i imini hesaplayan basic dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmı , deneysel çalı malar DELTEC dönü üm kiti ile çift yakıtlı sisteme dönü türülen RABA MAN 2156 HM6UT motorunda yapılmı tir. Do algaz kullanım oranının artı na ba lı olarak yanma ürünlerindeki CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub>' nin hacimsel kesirlerinde azalma H<sub>2</sub>O ve H<sub>2</sub>' nin hacimsel kesirlerinde artma oldu u, mevcut dizel motorlarının % 100 do algazla çalı an motorlarla de i tirilmesi yerine çift yakıtlı hale dönü türülmesinin orta vadede daha ekonomik oldu u belirtilmi tir.

Batmaz ve Murcak (2004) tarafından yapılan çalı mada tek silindirli direk püskürtmeli, hava so utmalı dizel motorunda motorin ve motorin -hidrojen karı ımları güç, moment, özgül yakıt tüketimi ve volümetrik verim bakımından kar ıla tırmı larıdır. Dü ük devirlerde hidrojen ilaveli yakıtlar daha az de er göstermi , devir arttıkça özgül yakıt tüketimi artmı tir. Volümetrik verim hidrojen oranı artı na göre kötüle mi ve hidrojenli karı ımlarda 2600 rpm devirden sonraki devirlerde iddetli vuruntu oldu u görülmü , tüm bu olumsuz sebeplerin motorda yapılacak bazı yapısal düzenlemelerle giderilebilece i belirtilmi tir.

Temelci (2000) tarafından yapılan çalı mada hidrojen dezavantajlarından bahsedilmi ve mevcut ve geli tirilmekte olan hidrojen üretim ve depolama yöntemleri incelenmi , hidrojenin ta ıtlarda kullanım yöntemleri hakkında bilgi verilmi , daha önce yapılan çalı malar incelenmi tir.

Peker (2000) tarafından yapılan çalı mada 2000 yılı standartlarında kullanımına ba lanmı veya test a amasındaki alternatif yakıt adayları ile kullanılmakta olan petrol kökenli yakıtların özelliklerini geli tirici veya yeni özellikler kazandırıcı yakıt katkı maddeleri, benzin ve dizel motorunda kullanılan yakıtların özellikleri, elde edili yöntemleri, genel özellikleri istenilen özellikler açıklanmı tir. Alternatif yakıt adayı olan alkol yakıtlar, LPG, do al gaz, elektrik ve hidrojen hakkında bilgi verilmi tir. Bazı alternatif yakıtların motor performansı testleri ile benzin ve dizel motorlarında kullanılan yakıt katkı maddeleri hakkında bilgi verilmi tir.

## **2.8.Amaç ve Kapsam**

Günümüzde ya anan enerji krizleri, petrol rezervlerinin azalması ve fosil yakıtların çevreye verdi i zarar nedeni ile alternatif yakıt üzerine ara tırmalar hız kazanmı tir. Alternatif enerji kaynaklarından biride bitkisel ya lardır. Bitkisel ya ların sıkı tırma ile ate lemeli motorlarda kullanımı yakla ık yüz yıl öncesine dayanmaktadır. Ancak bitkisel ya ların do rudan sıkı tırma ile ate lemeli motorlarda kullanımı çe itli problemlere neden olmaktadır. Bu problemleri önlemek amacı ile bitkisel ya larda inceltme, mikro emilsiyon, transesterifikasyon ve piroliz yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu çalı mada soya, kanola, mısırözü ve ayçiçe i ya ları metil esterle tirme yöntemi kullanılarak dizel yakıtı elde edilmi tir. Viskozite de erinin yüksek çıkması nedeniyle % 100 biyodizel yakıtlar ön ısıtma i lemeye tabi tutulmu ve % 5, % 20, % 50 (örn; % 5 biyodizel+ % 95 Dizel yakıtı) dizel yakıtı ile karı m oranlarında deneyler gerçekte tirilmi tir. Deneyler sırasında ön ısıtma yöntemi uygulanmı ve ön ısıtmanın motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri tam yük de i ken devir ko ullarında incelenmi tir.

### **3.B TK SEL YA LAR VE B YOD ZEL ELDE ETME YÖNTEMLER**

Dizel yakıtına alternatif olarak Avrupa ülkelerinde (Avusturya, İngiltere ve Çek cumhuriyeti) ve Kuzey Amerika' da sırasıyla en çok sayıda soya fasulyesi, kolza, ayçiçe i ya ları, Malezya' da Hurma ya ı, Japonya' da atık yemeklik ya lar kullanılmaktadır (Yücesu vd 2001).

Ülkemizde ise kanola, soya, aspir, mısır, ayçiçe i, susam, karı ım (soya+ayçiçe i ya ı), fındık ya ı gibi ya lar kullanılmaktadır. Ticari amaçlı olarak üretilen biyodizelerde ise kanola, soya ve aspir ya ları kullanılmaktadır. Kanola, soya ve aspir ya ının seçilmesindeki etken o an için elde edilebilmeleri ve fiyatlarının dü ük olup olmamasıdır. Bu bitkisel ya lar için kullanılan yakıt elde etme yöntemleri önemli bir farklılık göstermemektedir.

#### **3.1.Bitkisel Ya ların Yakıt Özelliklerini yile tirme Yöntemleri**

Bitkisel ya ların do rudan dizel yakıtı olarak kullanımlarını olumsuz yönde etkileyen ba lıca faktör dizel yakıtının yakla ık 10 katı kadar yüksek viskoziteye sahip olmalarıdır. Modern dizel motorlarının enjeksiyon sistemleri viskozite de i imlerine kar ı hassasiyet gösterirler. Yüksek viskozite yakıtın yanma odasındaki atomizasyonunu bozmakta, damlacık boyutundaki büyüme ile yanma verimini azaltmaktadır. Tamamlanamayan yanma ise yanma odasında kurumlara, enjektörlerde kokla ma ve tıkanmalara ayrıca ya lama ya ına bula maya neden olmakta ve ya lanma ya ında kalınla ma ile jelle me görülmektedir. Ayrıca bitkisel ya ların dü ük sıcaklıklarda katıla ma e ilimi de yakıt olarak kulla nılmasında problem ortaya çıkarmaktadır. Bu problem dizel yakıtla bitkisel ya ların karı ım olu turulması veya ön ısıtma ile giderilebilir (Sa ıro lu, 2004).

### **3.2.Bitkisel Ya ların Biyodizel Üretimine Hazırlanması**

Bitkisel ya ların biyodizel üretimine hazırlanması için iki yol vardır. ihtiyaç fazlası sıvı yemeklik ya ların de erlendirilmesi amacıyla biyodizel üretiminde kullanılması durumundaki hazırlık i lemleri ile yemeklik ya olarak tercih edilmeyen sıvı ya lardan biyodizel üretilmesinde uygulama hazırlık i lemleri farklıdır bu i lemler sa ıro lu tarafından iki gruba ayrılmı tır (Sa ıro lu, 2004) .

Birincisi; süzme, zank ve asit giderme, nötralle tirme, renk, koku giderme, katı trigliserid ve mumsu yapıları uzakla tırma a amalarını kapsayan bu i le mler aynı zamanda yemeklik ya lara uygulanan safla tırma i lemleridir.

İkincisi sanayide veya biyodizel üretiminde kullanılacak bitkisel ya lar için yukarıda yapılan i lemlerin hepsine gerek yoktur. Bunun için elde edilen ham ya , su veya asitli su ile yıkanır. Sulu faz burada çözünebilen trigliserid harici polar yapılı maddeler geçer. Fazlar ayrıldıktan sonra ya lı faz yeniden süzülür ve bu fraksiyon biyodizel reaktif olarak kullanılır (Nas, 1998).

### **3.3.Bitkisel Ya ların Yakıt Olarak Kullanımında Yapılan İ lemler**

Bitkisel ya ların yakıt olarak kullanılabilmelerini sa lamak amacı ile ik i farklı çalı ma yapılmaktadır. Bu iki çalı madan biri, bitkisel ya ların yakıt özelliklerinin iyile tirilmesi di eri motor konstrüksiyonunun iyile tirilmesidir. Yakıt öz elliklerinin iyile tirilmesi konusunda çalı maların a ırlı nı, bitkisel ya ların viskozitelerinin azaltılması olu turmaktadır. Bitkisel ya ların viskozitelerinin azaltılmasında ısıl ve kimyasal yöntem olmak üzere 2 yöntem uygulanmaktadır (Ulusoy, 1999).

Isıl yöntemde bitkisel ya ın viskozitesini azaltmak amacıyla yakıt sistemine giri inden önce ısıtılması amaçlanmaktadır. Fakat bu yöntem özellikle kı artlarında çok zor sa lanaca ndan dolayı uygulanması oldukça güçtür.

Kimyasal yöntem ise dört alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar: nceltme, Mikro emülsiyon olu turma, Piroiliz ve Transesterifikasyon yöntemleridir (Ulusoy, 1999).

### **3.3.1. nceltme (Seyreltme)**

Bu yöntemde uygun bitkisel ya lar belirli oranlarda dizel yakıtına katılmakta ve viskozite dü ürülmektedir. nceltme yöntemi ile literatürde birçok çalı ma yapılmı tır. Bu çalı malarda dizel yakıtı ile kimyasal i lem gerçekleştirilmemi bitkisel ya lar farklı oranlarda karı tırılarak deneyler yapılmı tır. nceltme i lemi ile yakıtların viskozite de erleri dizel yakıtının viskozite de erlerine yakla tırılmı tır. Dizel motorlarında yapılan testlerde dizel yakıt performansına yakın sonuçlar alınmı tır.

### **3.3.2. Mikroemülsiyon Olu turma**

Bu yöntemde, bitkisel ya ların metanol etanol, gibi kısa zincirli alkollerle mikro emülsiyonları olu turularak viskoziteleri dü ürülür. Mikro emülsiyon boyutları 1 -150 nanometre arasında olan optikçe izotropik sıvı mikro yapılarının koloidal denge da ılımı olup, normalde karı mayan iki sıvı ve bir veya daha fazla amfifilin bir ar aya gelmesiyle olu ur. Bu konuda yapılacak çalı malarda kullanılacak ya , alkol, amfifil sisteminde faz dengelerinin, karı abilme limitleri ve di er fiziksel karakteristiklerin geni ölçüde incelenmesi gerekmektedir (Sipahier 1990, Karaosmano lu vd. 1989).

### **3.3.3. nteresterle me (Transesterifikasyon)**

Bu i lemde bir ester, bir alkol, bir asit veya bir di er esterle genellikle katalizör yanında, reaksiyona girerek yeni bir ester veya esterler karı ımı olu turdu u reaksiyonları kapsar. Bitkisel ya ların viskoziteleri, küçük molekül a ırlıklı alkollerle metil veya etil esterlerine dönü türüldükleri alkoliz reaksiyonundan faydalanılarak dü ürülebilir. Ayrıca bu dönü üm reaksiyonunda olu an gliserin gibi yan ürünleri de erlendirmekte olanaklıdır. Reaksiyonlar asidik (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) veya bazik (NaOH, KOH) katalizörler yanında gerçekleştirir. Katalizörler reaksiyon hızlandırıcı, dönü ümü

arttırıcı etki gösterirler. Bazik katalizörler kullanıldı ında reaksiyon daha dü ük sıcaklıklarda gerçeke ebilir. Bu yöntem Transesterifikasyon olarak da ifade edilmektedir (Sipahier 1990, Karaosmano lu 1989).

#### **3.3.4. Piroliz**

Piroliz havasız ortamda inorganik maddelerin ısl bozunmasıdır. Gazla tırma i lemne göre daha dü ük sıcaklıkta uygulanan i lemde katı, sıvı ve gaz ürün elde edilir. Biokütlenin enerjiye ve endüstriyel ürünlere dönü türüldü ü termokimyasal i lemler arasında piroliz en kolay olanıdır. Termokimyasal i lemlerden piroliz ile sıvı ürün verimi artırılabilir. Ayrıca kolay olması, kurulmasının ucuz ve küçük üniteler halinde yapılabilmesi nedeniyle piroliz i lemi daha çekici hale gelmektedir (Düzenli, 2002).

Piroliz de elde edilen ürün miktarları piroliz metoduna ve reaksiyon parametrelerine ba lıdır. Örne in uygulama sıcaklı ına ba lı olarak fla ve hızlı piroliz, sıvı ve gaz ürünün maksimum oranda elde edilebilmesi için, karbonizasyon olarak bilinen yava piroliz metodu ise daha fazla katı ürünü elde etmek için uygulanır (Düzenli, 2002).



#### 4.MATERYAL ve METOD

Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi yapılmı tır. Yöntemin uygulanması için alkol olarak metil alkol kullanılmı tır. Metil alkol kullanılmasının amacı ise etil alkole göre maliyetinin daha az olması ve transesterifi kasyon için etil alkole oranla daha az kullanılmasıdır. Katalizör olarak ise potasyum hidroksit (KOH) kullanılmı tır. Fakat potasyum hidroksit yerine aynı katalizör görevini görebilecek olan muadil olarak kabul edilen sodyum hidroksit (NaOH) de kullanılabilmektedir.

#### 4.1.Bitkisel Ya Metil Esterlerinin Elde Edilmesi

Metil ester elde etme ilemi Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv İlemleri laboratuvarında kurulan düzeneklerle yapılmı tır. Bu ilem için kullanılan cihaz ve aletler Çizelge 4.1' deki gibidir.

Çizelge 4.1. Deneysel ilemlerde kullanılan cihazlar

Marka ve Özellikler
400 w ısıtıcılı, 6 lt kapasiteli, 50–1200 rpm de iken hız ayarlamalı manyetik ısıtıcılı karıştırıcı Falc marka
2 lt kapasiteli balon joje
250 ml kapasiteli ölçekli cam balon
Pipetler
Termometreli Avometre
Akvaryum Pompası yüksek ve düşük hızlı
0,1 hassasiyetinde el tipi ph metre hanna marka
2,5 litre kapasiteli ayırma hunisi benzeri i e

Kullanılan kimyasal malzemeler ise Potasyum hidroksit, farklı bitkisel yağlar (Soya, Mısırozü, Kanola, Ayçiçe i), % 99,5 saflıkta metil alkol ve Sülfürik Asit' dir.

#### 4.1.1.Metil Ester Üretimi

Her yağın 1 litresi için 200 ml metil alkol ve 3,5 gr Potasyum Hidroksit (KOH) kullanılmı tır.

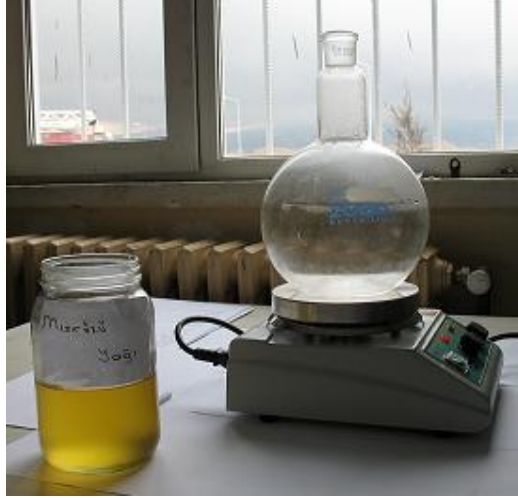
Katalizör olarak kullanılacak KOH havadaki nemden etkilenmeyecek şekilde tartılmıştır. Oranı hazırlanan KOH metil alkol içerisinde çözündürülür. İlemler sırasında metanol karışımı oda sıcaklığında, karışım devri yaklaşık 1200 rpm karıştırma süresi ise 15 dakika kadardır. (Karışımın oluşturulması sırasında güvenlik önlemi olarak gözlük ve maske ile çalışılmalı metanol'ün çıkardığı gaz kesinlikle solunmamalıdır.)



Resim 4.1. Metil alkol içerisinde KOH' un çözülmesi

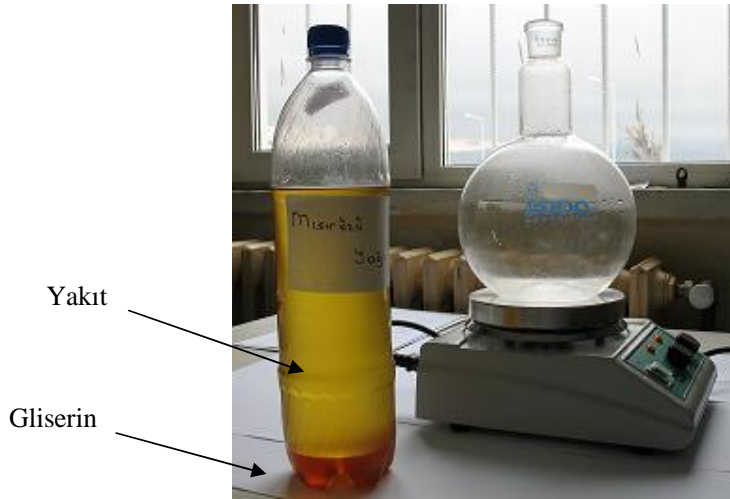
Daha sonra bitkisel yağ reaksiyon sıcaklığına ulaşması için 60 °C' ye kadar ısıtılmıştır. Isıtma sırasında düşük devirlerde bitkisel yağ karıştırılmıştır böylece yağın daha homojen ısıtılması sağlanmaktadır. Bu işlem yaklaşık olarak 15 dakika kadar sürmektedir.

Bitkisel yağın sıcaklığı 60 °C' ye ulaştığı zaman hazırlanmış olan KOH/Alkol karışımı yağ içerisine dökülür. Metil alkol 64,7 °C' de buharlaşan gözleri kör edici ve ölüme sebebiyet verecek çok tehlikeli bir kimyasaldır. Karışım sıcaklığı 60 °C ve karıştırıcı devri 1200 rpm olacak şekilde kimyasallar 1 saat süre ile karıştırılmıştır. Metil alkol 64,7 °C' de buharlaşması için sıcaklık 60 °C' nin üzerine çıkmamalıdır. Kimyasallar karıştırılırken sürekli olarak termometre ile sıcaklık kontrol altında tutulmuştur.



Resim 4.2. Karı ım öncesi bitkisel ya

Reaksiyon tamamlandı karı tırıcı durduruldu unda e er transesterifikasyon i lemi ba arılı oldu sa alt kısma gliserin tabakası çökecektir. Gliserin tabakasının çökmesi için 1 saat kadar beklenmesi yeterlidir bazen bu bekleme süresi daha da kısalmaktadır. E er alt kısma gliserin tabakası çökmemi se esterle tırme i lemi ba arısız oldu tur.



Resim 4.3. Gliserin tabakası çökmü haldeki karı ım

Gliserin tabakası çöktükten sonra karı ım ba ka bir kaba alın mı tır. Karı ımın içerisinde reaksiyondan arta kalan alkol, katalizör, gliserin ve di er farklı maddeler bulunmaktadır bunları uzakla tırmak için ester yıkama i lemine tabi tutulur. Yıkama i lemi nde karı tırma ve havalandırma i lemleri yapılabilmektedir. Yıkama i lemi için ester miktarı kadar saf suya ihtiyaç vardır. Ester miktarı kadar saf su ester içerisinde emülsiyon

olu turmayacak ekilde yava a dökül mü tür. Böylece alt kısımda su üst kısımda biyodizel kalmı tır. Kabın dibine gelecek ekilde akvaryum pompasının borusu yerle tirilmi tir. Havalandırmanın iddeti biyodizel ve su tabakasını birbirine karı tıracak kadar yüksek olmamalıdır bundan dolayı iki kademeli olan akvaryum pompası dü ük kademe de çalı tırılmi tır.

Biyodizel saf su ile 8 saat süre ile yıkanmı tır . Yıkama sürecinde akvaryum pompası sürekli çalı maktadır. E er biyodizel' de köpüklenme varsa ph (sıvının asidikli i veya bazikli i ph=7 ise sıvı nötr) de eri 7 olana kadar biyodizel içerisine asit püskürtülür. Asit püskürtülürken küçük miktarlarda püskürtülmelidir. Çünkü 1 ml asit bile karı mın ph' ının ciddi miktarlarda dü mesine sebep olabilecektir. İem bittikten sonra karı mın ayrı ma sı için 8 saat süre ile beklen mi tir. Bu süre 8 saat' den daha fazla da olabilir ama 8 saat ayrı ma için yeterli bir süredir. Kabarcıklı yıkama i lemi esnasında, yükselen her bir hava kabarcı ı beraberinde suyun bir kısmını biyodizel tabakasına ta ımaktadır. Bu baloncuk ekindeki su kütlesi, yüzeye çıkı ı esnasında ve yüzeye ula tı ında patlayıp tekrar dibe çökerken, beraberinde biyodizel tabakasındaki sabun ve suda çözülebilir bile enleri alarak geri döner ( engil, 2005).

E er transesterifikasyon sırasında kaliteli bir biyodizel elde edilememi se yı kama i lemi sırasında suyla biyodizel karı arak emülsiyon olu tururlar. Bu krema görünü ündeki emülsiyon, her ne kadar de i ik metotlar kullanılarak ayrı tırılabilse de u ra ı gerektirmektedir ( engil, 2005).

Ayrı ma sonrasında en üstte biyodizel ortada s sabun tabakası ve altta saf su yer almaktadır. Ayrıma i esinde sabun ve su biyodizelden ayrı tırılır.

erisindeki arta kalmı olabilecek su ve metil alkol'ün uzakla tırılması için biyodizel yarım saat süreyle suyun kaynama noktasına kadar ısıtıl arak içerisindeki su ve alkol uzakla tırılmi tır.

Yukarıdaki i lemler, her e it bitkisel ya için uygulanmı ve hepsinde de faz de i imlerinde ve esterle tirme sonuçlarında benzer sonuçlar alınmı tır.

Elde edilen bitkisel ya 1 metil esterlerinin (Çizelge 4.2) fiziksel özellik testleri Kahramanmara Sütçü İmam Üniversitesi kimya laboratuvarında yapılmı tır. DY de erleri Yamık (2002) doktora tez çalı masından alınmı tır.

Çizelge 4.2. Bitkisel ya metil esterleri ve dizel yakıtı fiziksel özellikleri

Metil Ester	Yo unluk Kg/m <sup>3</sup>	Viskozite <sup>a</sup> mm <sup>2</sup> /sn	Parlama Noktası °C	Akma Noktası °C	Alt Isıl De er kJ/kg.K
SYME	870	10,4	100>	-4	38.639
MYME	880	11,2	87	-8	38.602
KYME	840	10,0	89	-8	38.840
AYME	880	10,9	100>	-4	38.388
DY	837	3,9	63	-18	43.300

<sup>a</sup> ölçüm sıcaklı ı 40 °C' dir.

#### 4.2. Yakıtların Dizel Motorunda Performans Kar ıla tırması

Esterle tirme yapmanın amacı bitkisel ya ların viskozitesini azaltmaktır. Çünkü bitkisel ya larda viskozitenin yüksek olması dizel motorları için ist enilmeyen bir özelliktir. Bunun için bitkisel ya ların ya esterle tirilmesiyle ya da belirli oranlarda dizel yakıtı ile karı tırılmasıyla viskoziteleri azaltılır. Benzer çalı malarda, alternatif yakıt olarak kullanılan yakıtlar dizel motorlarında performans testleri için esterle tirilmemi olarak dizel yakıtı ile karı tırılarak, esterle tirilip dizel yakıtı ile karı tırılarak, alkollerin dizel yakıtı ile karı tırılmasıyla ve sadece esterle tirmi yakıtlar motorlarda kullanılmı tır.

Avrupa da biyodizel kullanımında ise çe itli oranlar bulunmaktadır bu oranlar ülkeden ülkeye fark göstermekle beraber % 5, % 20, % 50 ve % 100 oranlarında de i kenlik göstermektedir.

Testlerde bu yakıtların yukarıdaki standartlara göre dizel yakıtı ile karı tırılıp dizel motorunda test edilmesi daha uygundur. Ayrıca yüksek viskozitenin azaltılması için yakıt sıcaklı ının artırılması da faydalı olabilecektir.

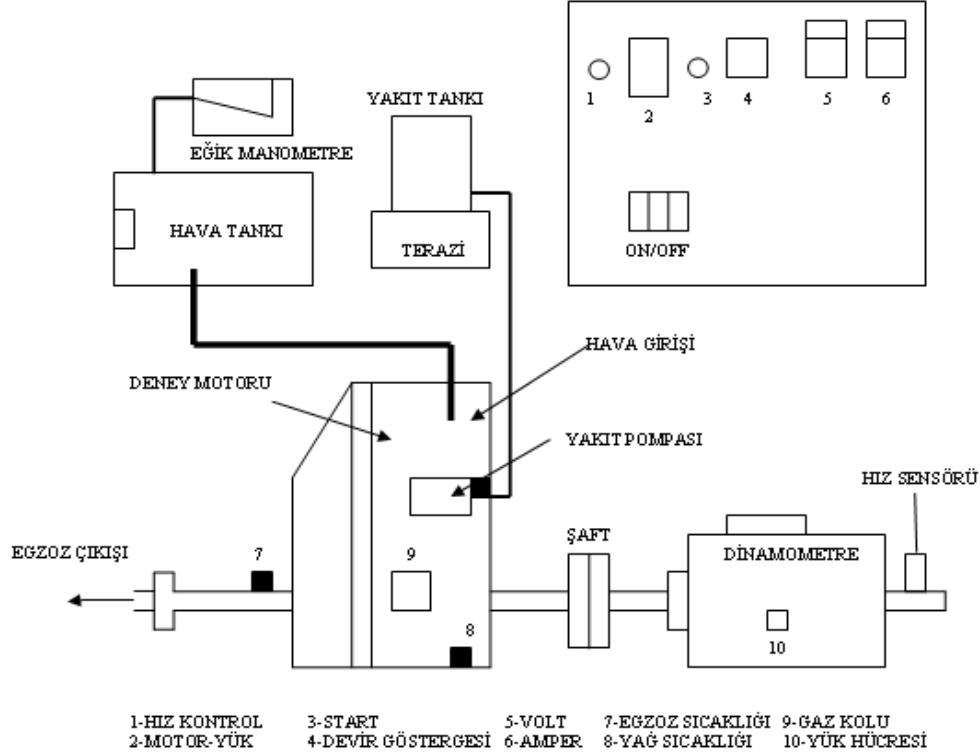
### 4.3.Deney Donanımı ve Deneylerin Yapılı rı

Motor deneyleri Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Mühendislikleri laboratuvarında tek silindirli bir dizel motorunda yapılmıştır. Deneyler % 100 oranındaki bitkisel yağ metil esterlerinin 50 °C, 70 °C ve 100 °C’ deki farklı sıcaklıklarında ve % 5, % 20, % 50, % 100 oranında SYME, MYME, AYME ve KYME metil esterlerinin dizel yakıtına karıştırılması ile yapılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 4.3.’ de verilmiştir. Deney cihazlarının foto rafları ekler bölümünde verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deney motorunun teknik özellikleri

Motorun Markası ve Modeli	Antor 6 LD 400
Silindir Sayısı	1
Silindir Hacmi	395 cm <sup>3</sup>
Silindir Çapı	86 mm
Strok	68 mm
Sıkı tırma Oranı	18/1
Supap Düzenlemesi	Alttan Kamlı, ticili, Supaplı
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	4000 rpm
Maksimum Motor Momenti	2200 rpm’ de 21 Nm
Maksimum Motor Gücü	8 kW

Özellikleri verilen dizel motoru elektrikli tip dinamometre ile beraber çalışmaktadır. Motor miline bağlı ağırlık vasıtasıyla dönen dinamometrenin yüklenmesi yük hücresi ile sağlanmaktadır. Elde edilen kuvvet dinamometrenin 0,38 m mesafesinde çalışmaktadır. İstenildiğinde kalibre edilen 0,01 hassasiyetli dijital yük hücresi yardımıyla ölçülmüştür. 0,025 m orifis giriş çapındaki hava tankından hava tüketimini ölçmek için elektrik manometreden faydalanılmıştır. Yakıt ölçümü gram cinsinden 2 gram hassasiyetli elektronik terazide, yakıt tüketimi ölçümü dijital 0,01 hassasiyetindeki kronometre ile yapılmıştır. Deney tesisatının ematik görünümü ekil 4.1’ de verilmiştir. Yakıtın ısıtılması için yakıt tankı içerisinde bulunan 30–120 °C ayarlanabilen termometreli elektrikli ısıtıcı tarafından yapılmıştır.



ekil 4.1. Deney tesisatının ematik görünümü

CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve HC egzoz emisyonları ölçümü SPAC marka Çizelge. 4.4' de görülen teknik özellikli ölçüm cihazında, is emisyonları Bosch BEA 350 EU model emisyon ölçüm cihazında yapılmı tır.

Çizelge 4.4. Spac gaz analiz cihazı çalı ma özellikleri

Ölçülen gaz	Ölçüm aralı ı	Hassasiyet
CO	0-9,99 (%)	± 0,01 (%)
CO <sub>2</sub>	0-19,99 (%)	± 0,01 (%)
HC	0-2500 (ppm)	± 1 (ppm)
NO <sub>x</sub>	0-2000 (ppm)	± 1 (ppm)

Deneyler motor çalı ma sıcaklı na getirildikten sonra motorun gaz kolu tam gaz konumunda iken dinamometre vasıtası ile yükleme yapılarak yüksek devirlerden dü ük devirlere inilerek 3200, 2800, 2400, 2000, 1600, 1200 rpm devir aralı ndaki ölçüm sonuçları kaydedilmi tır. Farklı karı ım oranlarında yapılan deneylerde yakıt sıcaklı ı 23 °C ölçülmü tür. Farklı sıcaklıklarda yapılan deneylerde ise sıcaklık toleransı ± 2 °C dir. Deney motoru ve deney cihazlarının foto rafları ekler bölümünde verilmi tır.

## 5.DENEY SONUÇLARI

### 5.1.Deneyler Sonucunda Elde Edilen ve Hesaplanan Değerler

Dizel yakıtı ve metil ester karışımları ve farklı sıcaklıklardaki metil ester kullanımı sonucunda elde edilen bulgular ve bu bulgulardan elde edilen sonuçlar ekler kısmında verilmiştir. Elde edilen deneysel verilerden hesaplanan sonuçlara ulaılırken kullanılan formüller aşağıda sıralanmıştır. Her formülün altında DY için 2400 rpm verileri örnek hesaplama olarak verilmiştir.

- **Döndürme Momenti**

$$M_d = m \cdot 9,81 \cdot L \quad (Nm) \quad (5.1)$$

Burada

m(kg) : Göstergede okunan fren kuvveti değeri

L (m) : Moment kolu uzunluğu

$$M_d = 4,99(kg) \cdot 9,81 \cdot 0,38(m) = 18,6(Nm)$$

- **Efektif Güç**

$$P_e = \frac{m \cdot 9,81 \cdot L \cdot n}{9549,3} \quad (kW) \quad (5.2)$$

Burada

m(kg) : Göstergede okunan fren kuvveti değeri

L (m) : Moment kolu uzunluğu

n (rpm) : Motor devri

$$P_e = \frac{4,99(Kg) \cdot 9,81 \cdot 0,38(m) \cdot 2400(rpm)}{9549,3} = 4,697(kW)$$



- **Özgül Yakıt Tüketimi**

$$b_e = \frac{3600 \cdot m_Y}{P_e \cdot \Delta t} (g / kWh) \quad (5.3)$$

Burada

$m_Y(g)$  : Tüketilen yakıt miktarı

$P_e(kW)$  : Efektif güç

$t(s)$  : Zaman aralığı

$$b_e = \frac{3600 \cdot 64(g)}{4,675(kW) \cdot 203(s)} = 241,662(g / kWh)$$

- **Ortalama Efektif Basınç**

$$P_{me} = \frac{120 \cdot P_e}{V_H \cdot n} (kPa) \quad (5.4)$$

Burada

$P_e(kW)$  : Efektif güç

$V_H (m^3)$  : Toplam strok hacmi

$n (rpm)$  : Motor devri

$$P_{me} = \frac{120 \cdot 4,675(kW)}{3,9 \cdot 10^{-4} (m^3) \cdot 2400(rpm)} = 591,79(kPa)$$

- **Emme Havası Debisi**

$$m_H = 7,182 \cdot d_H^2 \cdot \sqrt{\Delta h_H} (kg / s) \quad (5.5)$$

Burada

$d_H(m)$  : Lüle akı kesitinin çapı

$h_H(cmss)$  : Emme manometrede okunan basınç farkı

$$m_H = 7,182 \cdot 0,025(m)^2 \cdot \sqrt{2,6(cmss)} = 0,007238(kg / s)$$

- **Yakıt hava oranı**

$$\frac{yak}{hava} = \frac{m_Y \cdot 10^{-3}}{\Delta_t \cdot m_H} \quad (5.5)$$

Burada

$m_Y(g)$  : Tüketilen yakıt miktarı

$t(s)$  : Zaman aralığı

$m_H(kg/s)$  : Emme havası debisi

$$\frac{yak}{hava} = \frac{64( )10^{-3}}{203(s) \cdot 0,00723(kg/s)} = 0,043558$$

## 5.2. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deney ölçüm sonuçları ve bu sonuçlardan hesaplanan değerler, DY ile aynı sıcaklıktaki ve aynı karışım oranlarındaki farklı bitkisel yağ metil esterleri ile karşılaştırılmıştır.

### 5.2.1. Farklı Sıcaklık Oranındaki Metil Esterlerle DY Karşılaştırmaları

Metil esterler % 100 dizel yakıtına hiç karşılaştırılmadan, dizel motorunda tam yükdeki devir aralıklarında 50 °C, 70 °C ve 100 °C farklı yakıt giriş sıcaklıklarında motor performansı ve egzoz emisyonları açısından oda sıcaklığındaki dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır.

#### 5.2.1.1. 50 °C' deki Metil Ester Yakıtlarının DY ile Karşılaştırılması

##### Motor Momenti

Şekil 5.1' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY motor momentindeki değişimlerinin motor devrine göre karşılaştırılması verilmiştir. Maksimum motor momentinde alınan değerlere göre sırasıyla SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 10, % 10, % 12 ve % 20 oranında DY' ye göre daha az motor moment oranları

elde edilmi tir. Maksimum motor momenti de eri 2400 rpm motor devrinde 18,6 Nm olarak DY' de elde edilmi tir.

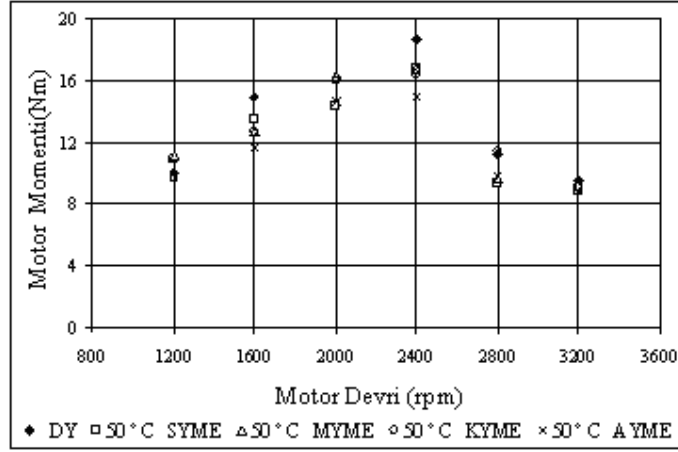
### **Efektif Güç**

ekil 5.2' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm yakıt türleri için maksimum efektif güç de erleri 2400 rpm motor devrinde elde edilmi tir. Maksimum efektif güç devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 10, % 10, % 13 ve % 21 oranında DY' ye göre daha az efektif güç oranları elde edilmi tir. Maksimum efektif güç de eri 2400 rpm motor devrinde 4,7 kW olarak DY' de elde edilmi tir.

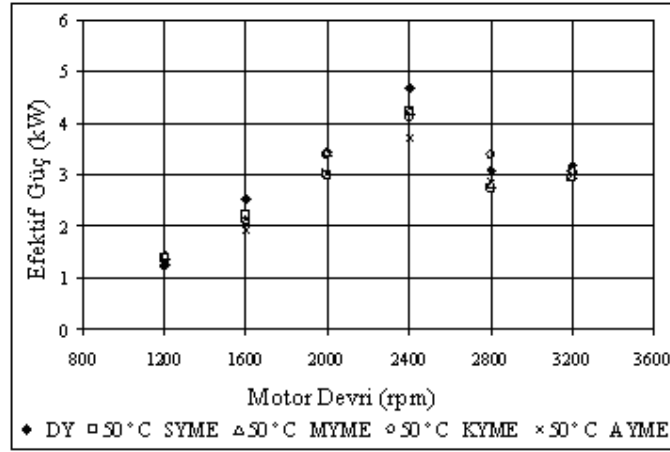
Efektif güç ve motor momenti de erlerinin dizel yakıtı de erlerine göre az çıkmasının nedeni olarak bitkisel ya metil esterlerinin dizel yakıtından daha yüksek viskozite ve yo unlu a sahip olmaları gösterilebilir. Çünkü yüksek viskozite ve yo unluktaki yakıt enjektörlerden iri zerrelere halinde püskürmekte bu durum yanma periyodunun uzamasına ve yanmamı yakıt miktarının artmasına yol açmaktadır. AYME yakıtının, di er yakıtlara göre daha az efektif güç ve motor momenti de erleri vermesinin nedeni yüksek yo unluk ve viskozite de erlerine sahip olmasıdır.

### **Özgül yakıt tüketimi**

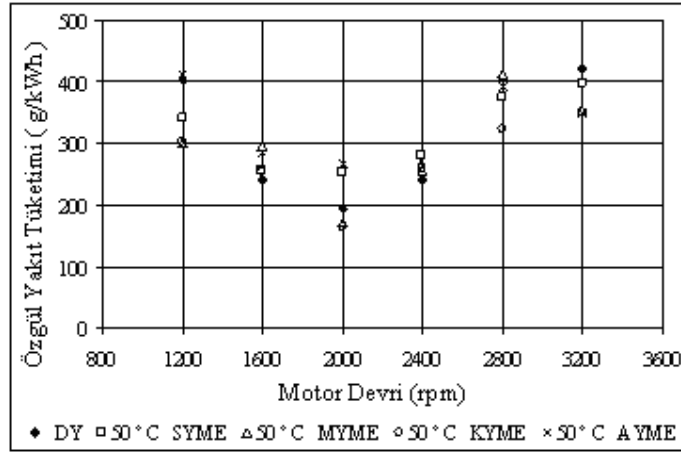
ekil 5.3' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 4, % 11 ve % 17 oranında DY' ye göre daha az özgül yakıt tüketimi oranları elde edilirken AYME' de % 8 oranında daha fazla özgül yakıt tüketimi de eri elde edilmi tir. Özgül yakıt tüketimi de erleri her yakıt türü için maksimum efektif güç devrine kadar azalma e ilimi gösterirken bu devirden sonra artma e ilimi göstermektedirler. Dü ük devirlerde yakıt iyi atomize olamamakta ve yüksek devirlerde hızın artması ile birlikte sürtünme kuvveti de erleri artmaktadır. Özgül yakıt tüketimi de eri en yüksek AYME yakıtında elde edilmi tir. Çünkü bu yakıt yakıtlar içerisinde en az ısıl de ere sahip yakıttır.



ekil 5.1. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.2. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY efektif güç değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.3. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması

## **Egzoz Emisyonları**

ekil 5.4' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tü m devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve AYME' de % 1, % 7 ve % 13 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu oranları elde edilirken KYME' de % 2 oranında daha az CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilmi tir. Maksimum CO<sub>2</sub> emisyonu de eri 2000 rpm motor devrinde DY de elde edilmi tir. DY minimum ve maksimum motor devri de erlerinde en az CO<sub>2</sub> emisyonuna sahip yakıt türü olmu tur. DY dı nda kalan farklı sıcaklıklardaki metil esterler her motor devri de erinde birbirine parale l olan CO<sub>2</sub> emisyonu sonuçları vermi lerdir.

ekil 5.5' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 1, % 12 ve % 5 oranında DY' ye göre daha az CO emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 35 oranında daha fazla CO emisyonu elde edilmi tir. Farklı sıcaklıklardaki metil esterler içerisinde yakla ık olarak her motor devrinde en yüksek CO emisyonu de erine sahip yakıt 50 °C AYME' dir.

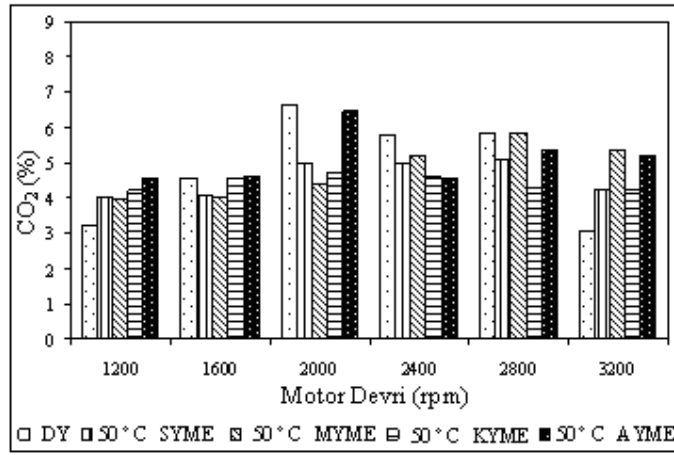
Yakıtların içeri inde oksijen içeri inin DY' ye göre fazla olması nedeni ile CO emisyon de erinin dü tü ü farklı çalı malarda bildirilmi tir. Yanma olayının iyi gerçekleşme sine CO emisyonu miktarının yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Yanma için gerekli hava temin edilemedi inde ve zengin karı m oranlarında CO miktarı artmaktadır. Biyodizellerin içeri inde oksijen miktarı dizel yakıtına göre daha fazla oldu u için CO ve CO<sub>2</sub> emisyonu de erleri DY' den daha az çıkmı tir.

ekil 5.6' da tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 21, % 25 ve % 13 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 10 oranında daha az NO<sub>x</sub> emisyonu elde edilmi tir. Maksimum NO<sub>x</sub> emisyonu de eri 50 °C SYME de 2000 rpm motor devrinde elde edilmi tir.

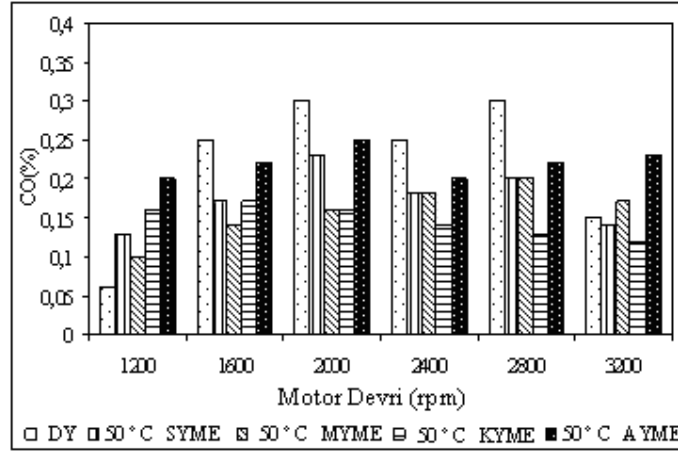
NO<sub>x</sub> miktarını yanma sırasında ula ılan sıcaklık ve kullanılan oksijen miktarı belirlemektedir. Zengin karı ımlarda oksijen miktarının az olması dü ük NO<sub>x</sub> miktarı sa larken yüksek egzoz gazı sıcaklı ı ve fakir karı ım oranı NO<sub>x</sub> oranının yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Yanma veriminin azalması, yanma sonu sıcaklı ının azalması NO<sub>x</sub> miktarının azalmasına neden oldu u benzer çalı malarda belirtilmi tir. Biyodizellerin içeri indeki oksijen miktarının fazla olması ve yanma sonu egzoz sıcaklı ının her yakıt türü için DY' den daha fazla olması NO<sub>x</sub> miktarının biyodizellerde yüksek çıkmasına neden olmu tur.

ekil 5.7' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 21, % 26, % 25 ve %10 oranında DY' ye göre daha az HC emisyonu oranları elde edilmi tir. HC de erlerinin az çıkması, oksijen miktarının fazla olmasından dolayı yanma kalitesinin iyile mesine ba lanabilir. HC de erinin biyodizel yakıtlarında DY' ye göre daha az olmasının nedeni daha fazla oksijen içeri ine sahip olmalarıdır.

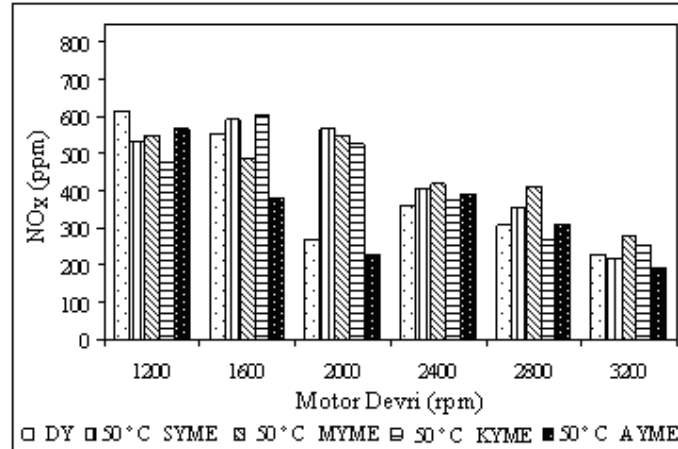
ekil 5.8' de tam yükte 50 °C' deki metil ester yakıtları ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 44, % 47, % 54 ve % 36 oranında DY' ye göre daha az is emisyonu oranları elde edilmi tir. Minimum is emisyonunun elde edildi i yakıt türü 50 °C KYME olmu tur. s emisyonu de erleri maksimum motor momenti ve efektif güç de erlerinin alındı ı 2400 rpm de erine kadar artma e ilimi gösterirken bu devir aralı ından sonra azalma e ilimi göstermektedirler. s miktarının DY' ne göre az çıkmasının nedeni yakıtlar içerisinde yer alan oksijen miktarının yanmayı iyile tirici etki göstermesidir. çten yanmalı motorlarda is olu umunun nedeni olarak yanma esnasında yakıt zerrelere yeteri kadar oksijen bulamamaları veya buharla ması olarak farklı çalı malarda belirtilmi tir. Biyodizel yakıtları DY' den daha fazla oksijen içeri ine sahip oldukları için is miktarları DY' den daha az çıkmı tir.



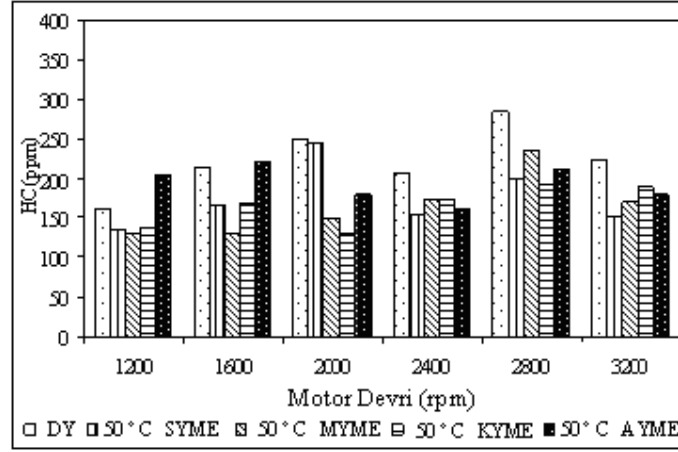
ekil 5.4. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



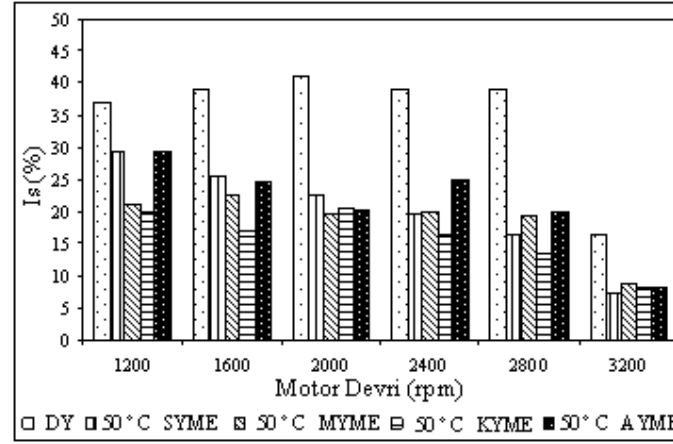
ekil 5.5 Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.6. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.7. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.8. Tam yükte 50 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### 5.2.1.2. 70 °C’ deki Metil Ester Yakıtlarının DY ile Kar ıla tırılması

#### Motor Momenti

ekil 5.9’ da tam yükte 70 °C’ deki metil ester yakıtları ile DY motor momenti de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum motor momenti devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME’ de % 8, % 9, % 6 ve % 3 oranında DY’ ye göre daha az motor momenti oranları elde edilmi tir. Maksimum motor momenti de eri 2400 rpm motor devrinde 18,6 Nm olarak DY’ de elde edilmi tir.



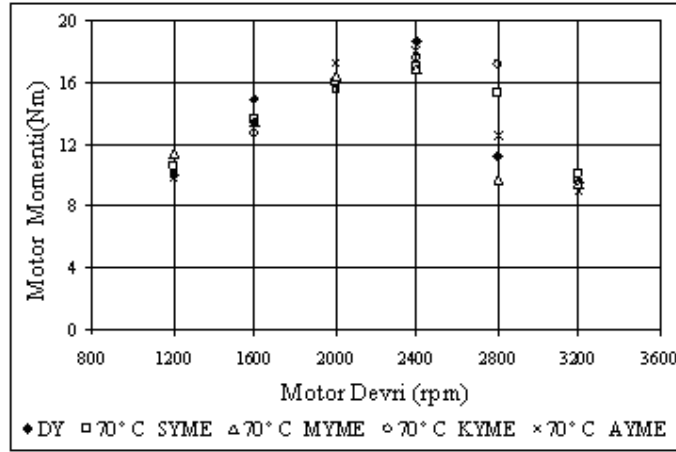
### **Efektif Güç**

ekil 5.10' da tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum efektif güç devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 9, % 9, % 7 ve % 3 oranında DY' ye göre daha az efektif güç oranları elde edilmi tir. 2400 rpm motor devrinden büyük olan devir ara lıklarında 70 °C deki AYME, SYME ve KYME yakıtları DY' den daha fazla güç de erleri vermi lerdir. Yakla ık olarak 2400 rpm motor devrine kadar her yakıt birbirine çok yakın efektif güç de erleri vermi tir.

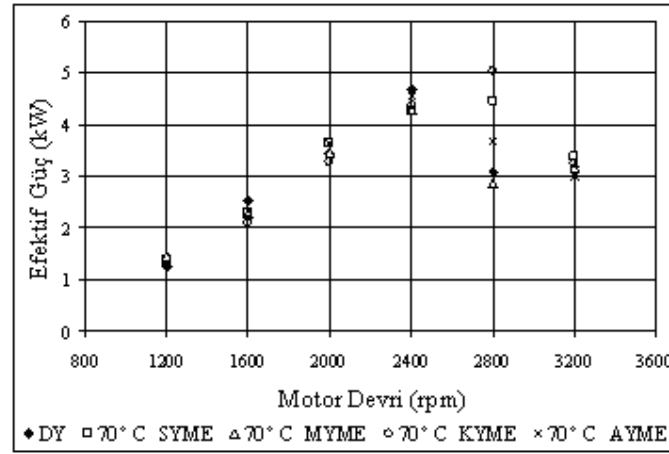
Yakıt ısısının artırılması ile birlikte biyodize l yakıtları DY' ye yakın motor momenti ve efektif güç de erleri vermi lerdir. Çünkü yakıtların viskozite de erleri sıcaklık de erinin artmasına ba lı olarak DY de erlerine yakla mı buda yakıtın atomizasyonunu kolayla tırarak daha iyi yanmasına neden olmu tur. MYME yakıtının DY' ye göre en az motor momenti ve efektif güç de erleri vermesinin nedeni olarak yakıtlar içerisinde en yüksek viskozite de erine sahip olması gösterilebilir.

### **Özgül Yakıt Tüketimi**

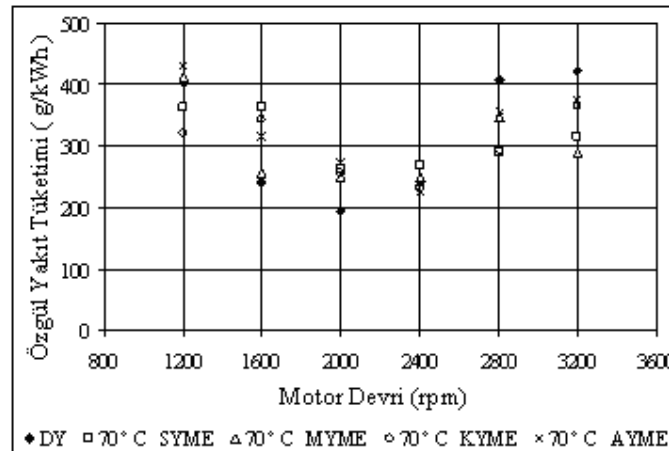
ekil 5.11' de tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 6, % 1, % 2 ve % 8 oranında DY' ye göre daha fazla özgül yakıt tüketimi de erleri elde edilmi tir. AYME yakıtında özgül yakıt tüketimi de erinin en yüksek çıkmasının nedeni en az ısıl verim de erine sahip olmasıdır.



ekil 5.9. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.10. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY efektif güç değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.11. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması

### **Egzoz Emisyonları**

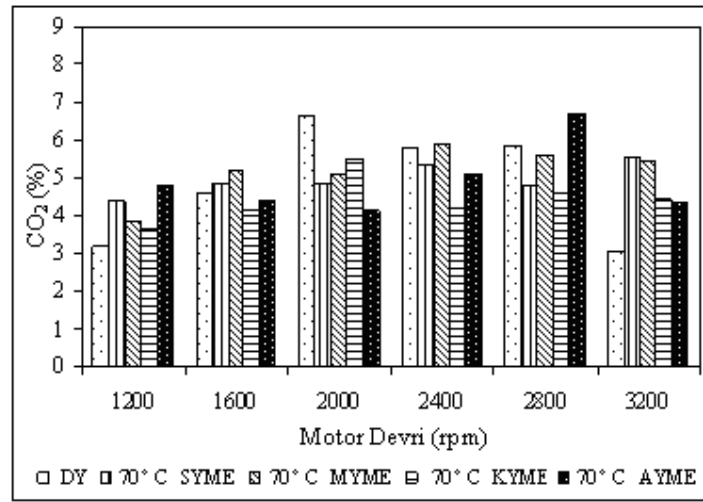
ekil 5.12' de tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve AYME' de % 12, % 14 ve % 9 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu oranları elde edilirken KYME' de % 3 oranında daha az CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilmi tir. Farklı metil esterler arasında kıyaslama yapılacak olursa yakla ık olarak her motor devrinde en fazla CO<sub>2</sub> emisyonu de eri 70 °C MYME' de elde edilirken en az CO<sub>2</sub> emisyonu de eri 70 °C KYME' de elde edilmi tir.

ekil 5.13' de tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME ve AYME' de % 19 ve % 26 oranında DY' ye göre daha fazla CO emisyonu oranları elde edilirken MYME ve KYME' de % 2 ve % 12 oranında daha az CO emisyon oranları elde edilmi tir. Yakla ık olarak her motor devrinde en az CO emisyonu de erleri 70 °C KYME' de elde edilmi tir. Yakıtlardaki CO ve CO<sub>2</sub> miktarının DY' ye göre fazla veya az olmasının nedeni içeriklerindeki oksijen miktarının fazlalı ı veya eksikli i ile ilgilidir.

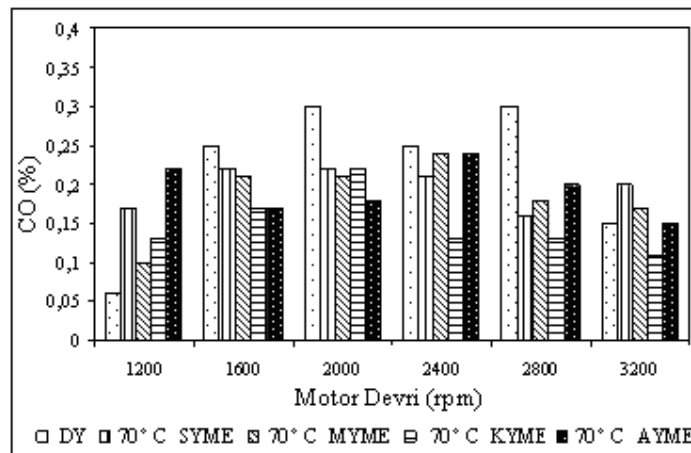
ekil 5.14' de tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 13, % 15 ve % 11 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 11 oranında daha az NO<sub>x</sub> emisyonu elde edilmi tir. Yakla ık olarak 2000 rpm motor devri de erlerinden sonra 70 °C SYME en fazla NO<sub>x</sub> emisyonu de erine sahip yakıt olmu tur. Yanma veriminin azalması yanma sonu sıcaklı ının azalması NO<sub>x</sub> miktarının azalmasına neden olmaktadır.

ekil 5.15' de tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Yakla ık olarak her motor devrinde en yüksek HC emisyonu de erine sahip yakıt türü DY olmu tur. DY' den sonra en fazla HC emisyonu de erleri 70 °C MYME' de elde edilmi tir.

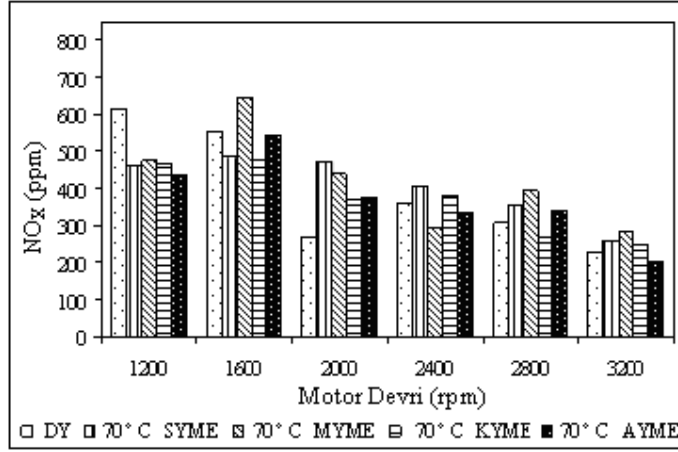
ekil 5.16' da tam yükte 70 °C' deki metil ester yakıtları ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 39, % 41, % 38 ve % 23 oranında DY' ye göre daha az is emisyonu oranları elde edilmi tir. Maksimum is emisyonu de erleri her motor devrinde DY' de elde edilmi tir. s emisyonu de erleri biyodizellerde yakla ık olarak birbirine benzer ve DY' den daha az de er vermi tir. Çünkü biyodizellerin içeri inde oksijen miktarı fazladır. Yakıt içerisindeki karbon taneleri yeterli oksijen ile birle erek yanmayı tamamlamaktadır.



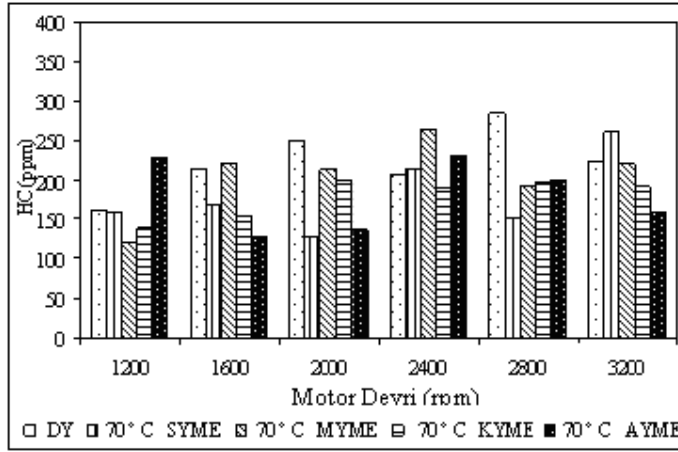
ekil 5.12. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



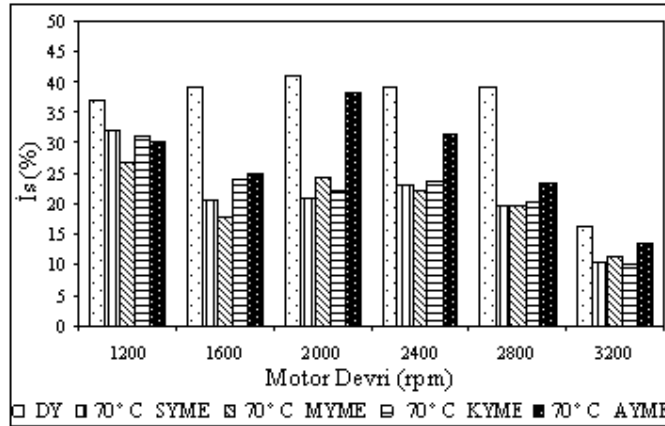
ekil 5.13. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.14. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.15. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.16. Tam yükte 70 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### **5.2.1.3. 100 °C' deki Metil Ester Yakıtlarının DY ile Kar ıla tırılması**

#### **Motor Momenti**

ekil 5.17' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY motor momentinde i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm yakıt türleri için maksimum motor momentide erleri 2400 rpm motor devrinde elde edilmi tir. Maksimum motor momentide vrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 4, % 8, % 15 ve % 9 oranında DY' ye göre daha az motor momentide oranları elde edilmi tir. Maksimum motor momentide eri 2400 rpm motor devrinde 18,6 Nm olarak DY' de elde edilmi tir.

#### **Efektif Güç**

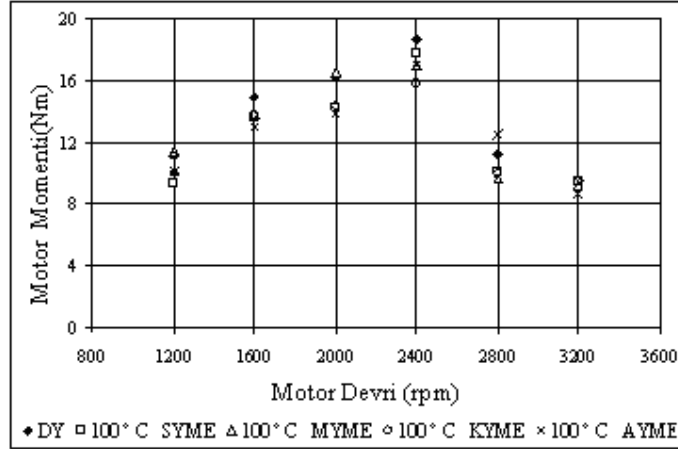
ekil 5.18' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY efektif güçde i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm yakıt türleri için maksimum efektif güçde erleri 2400 rpm motor devrinde elde edilmi tir. Maksimum efektif güçde vrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 6, % 9, % 16 ve % 9 oranında DY' ye göre daha az efektif güçde oranları elde edilmi tir.

Motor momentide ve efektif güçde erleri 70 °C' deki metil ester yakıtlarına oranla çok fazla miktarda artı de erleri göstermemi tir. Bazı yakıtlarda bu de erlerden daha az de er vermi lerdir. Çünkü yakıt giri sıcaklı na ba lı olarak viskozitede erleri azaltılmaya çalı ılsa da yanma istenilen periyotta olmayacaktır. MYME ve KYME yakıtlarının parlama noktaları da 100 °C' den daha az de erdedir. Dolayısı ile bu yakıtların güçde ve momentde erleri yanma periyodunun düzenli olmamasından dolayı daha az çıkmı tir.

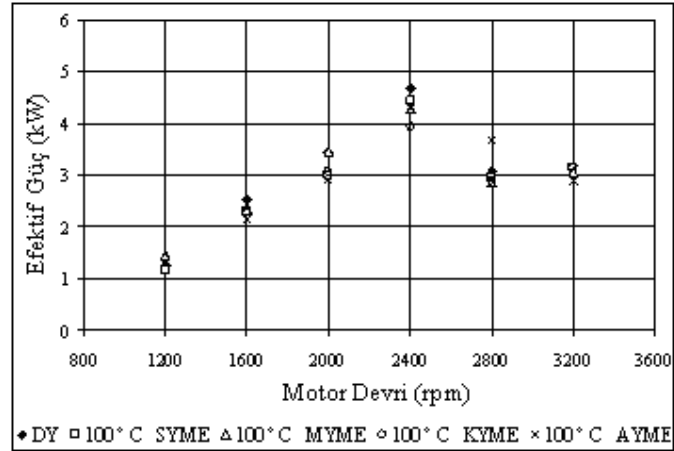
#### **Özgül Yakıt Tüketimi**

ekil 5.19' da tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY özgül yakıt tüketimide i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile MYME ve KYME' de % 5, % 14 oranında DY' ye göre daha az özgül yakıt tüketimide erleri elde edilirken SYME ve AYME' de sırası

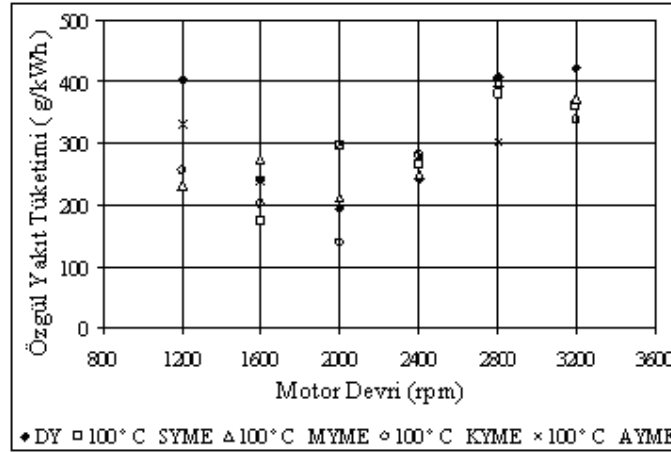
ile % 14, % 18 oranında daha fazla özgül yakıt tüketimi oranı elde edilmiştir. AYME yakıtının en fazla özgül yakıt tüketimi de erine sahip olmasının nedeni yakıtlar içerisinde en az ısıya sahip olan yakıt türü olmasından kaynaklanmaktadır.



ekil 5.17. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.18. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY efektif güç değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.19. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### Egzoz Emisyonları

ekil 5.20' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile MYME, KYME ve AYME' de % 9, % 1 ve % 7 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu oranları elde edilirken SYME' de % 4 oranında daha az CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilmi tir. Minimum ve maksimum motor devri de erleri dı ında kalan motor devri de erlerinde metil esterler kendi aralarında benzer CO<sub>2</sub> emisyonu ve DY' den daha az CO<sub>2</sub> emisyonu vermi lerdir.

ekil 5.21' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 10, % 9 ve % 2 oranında DY' ye göre daha az CO emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 27 oranında daha fazla CO emisyonu elde edilmi tir. Minimum ve maksimum motor devri de erleri dı ında kalan devirlerde maksimum CO emisyonu de eri DY' de elde edilmi tir.

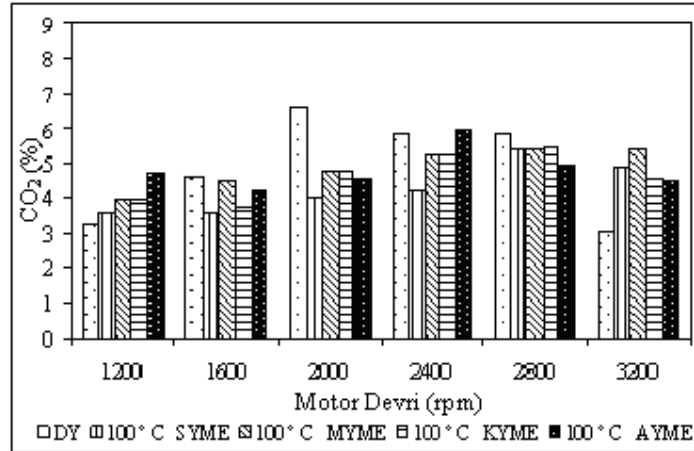
ekil 5.22' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 6, % 3, % 9 ve % 2 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu elde edilmi tir. NO<sub>x</sub>



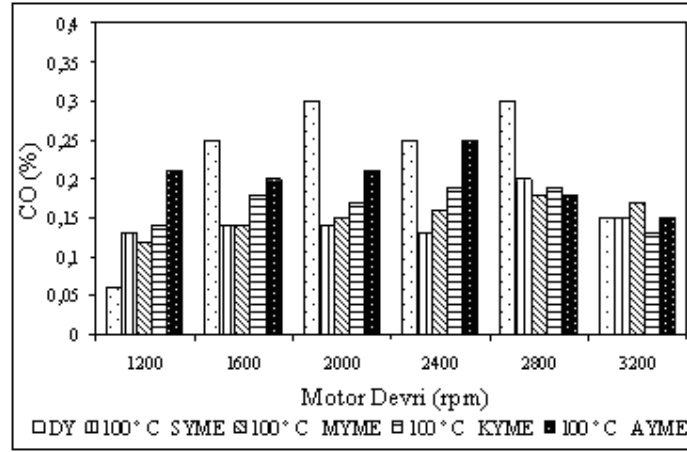
emisyonu de erleri maksimum ve minimum motor devri de erleri dı ında kalan devirlerde metil esterlerde benzer emisyon de erleri vermektedir.

ekil 5.23' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 18, % 21, % 24 ve % 12 oranında DY' ye göre daha az HC emisyonları elde edilmi tir. HC emisyonları her yakıtı göre farklılık göstermekle beraber 100 °C SYME dı ında kalan yakıtlarda 2000 rpm devrinden sonra azalma e ilimi göstermi lerdir. Maksimum efektif güç devrinde en az HC emisyonuna sahip yakıt 100 °C SYME' dir.

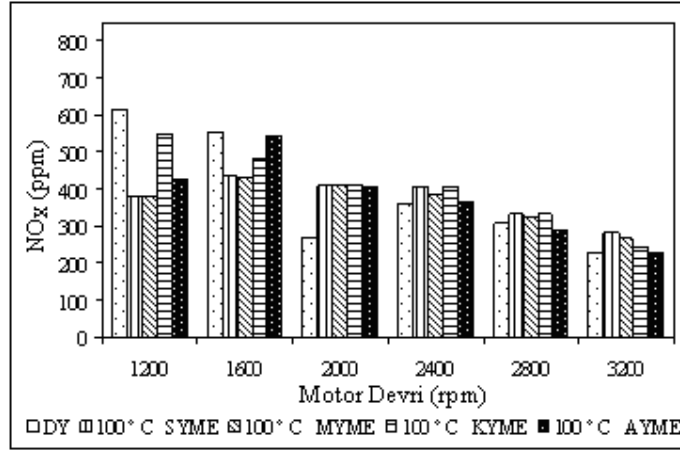
ekil 5.24' de tam yükte 100 °C' deki metil ester yakıtları ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 43, % 51, % 45 ve % 33 oranında DY' ye göre daha az is emisyonları elde edilmi tir. Metil esterler kendi aralarında benzer is emisyonu de erleri vermi lerdir ve DY' den daha az is emisyonu de erlerine sahiptirler. s emisyonu de erleri yakla ık olarak her sıcaklık de erinde DY' den daha az de erler vermi tir ve biyodizeller arasında benzerlik göstermektedir.



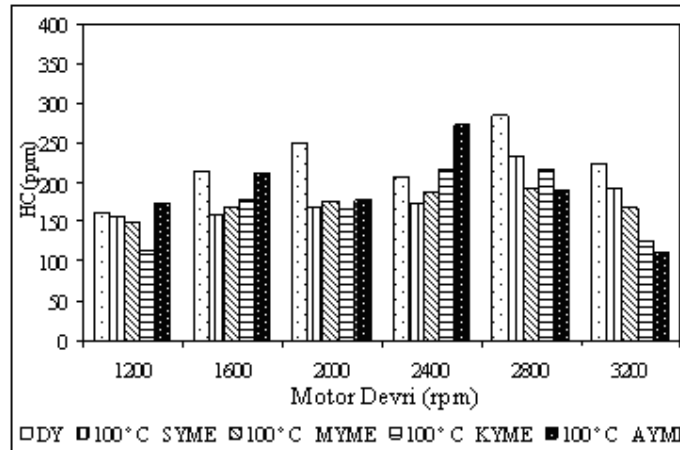
ekil 5.20. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



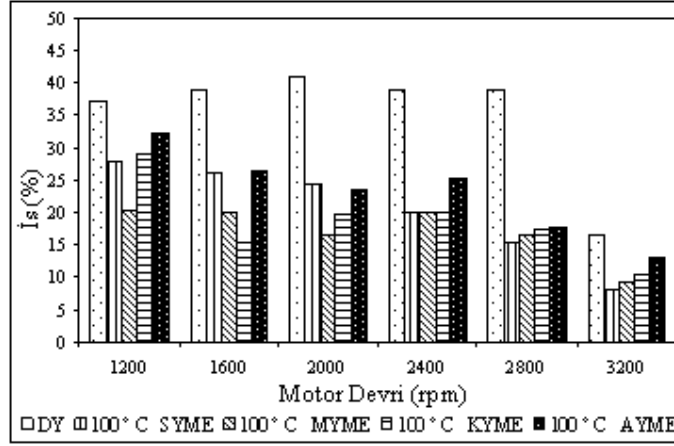
ekil 5.21. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.22. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.23. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.24. Tam yükte 100 °C sıcaklıktaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

## 5.2.2.Farklı Karı ım Oranındaki Metil Esterler ile Dizel Yakıtı Kar ıla tırılmaları

Metil esterler % 5, % 20, % 50 oranlarında dizel yakıtına kar ıtılarak ve % 100 metil esterler dizel motorunda tam yük de i ken devir aralıklarında motor performansı ve egzoz emisyonları açısından aynı karı ım oranlarında farklı yakıtlarda dizel yakıtı ile kar ıla tırılmı tır.

### 5.2.2.1. % 5 Karı ım Oranındaki Farklı Yakıtların DY ile Kar ıla tırılması

#### Motor Momenti

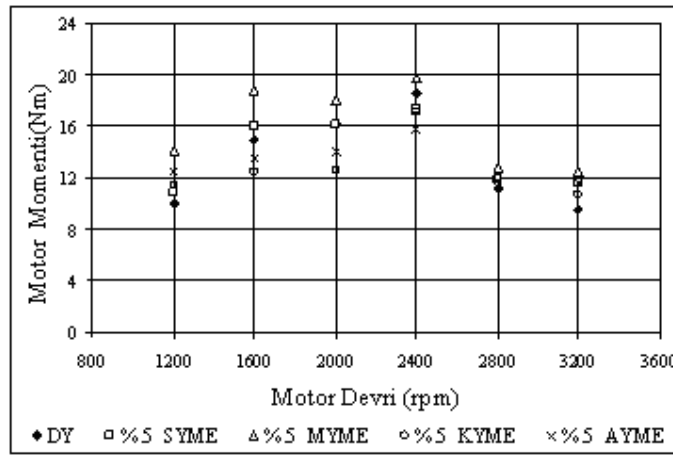
ekil 5.25' de tam yükte % 5 karı ım oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması de i imleri verilmi tir. 2400 rpm motor devrinde sırası ile SYME, KYME ve AYME' de % 6, % 8 ve %15 oranında DY' ye göre daha az motor momentini elde edilirken MYME' de % 6 fazla motor momentini elde edilmi tir. En yüksek motor momentini de erini 2400 rpm motor devrinde % 5 MYME 19,72 Nm olarak vermekte iken bu devirde en dü ük motor momentini de erini 15,86 Nm de eri ile AYME vermektedir.

## Efektif Güç

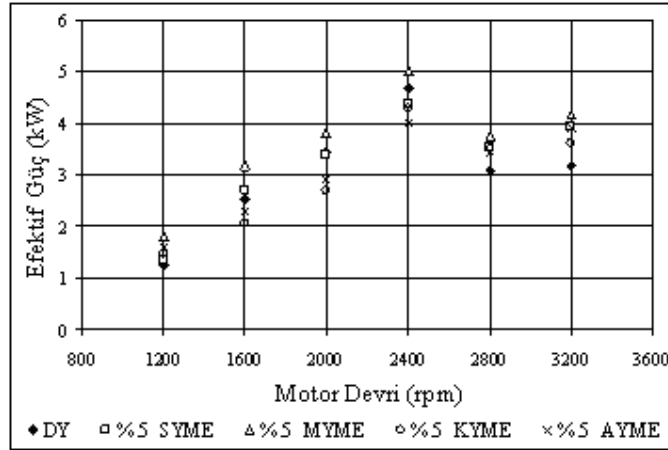
ekil 5.26' da tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. 2400 rpm motor devrinde sırası ile SYME, KYME ve AYME' de % 7, % 9 ve % 15 oranında DY' ye göre daha az efektif güç elde edilirken MYME' de % 6 fazla efektif güç elde edilmi tir. AYME yakıtının motor momenti ve efektif güç de erlerinin di er yakıtlara göre az olmasının nedeni ısıl de eri di er yakıt türlerinden daha azdır ve yo unlu u daha yüksektir.

## Özgül Yakıt Tüketimi

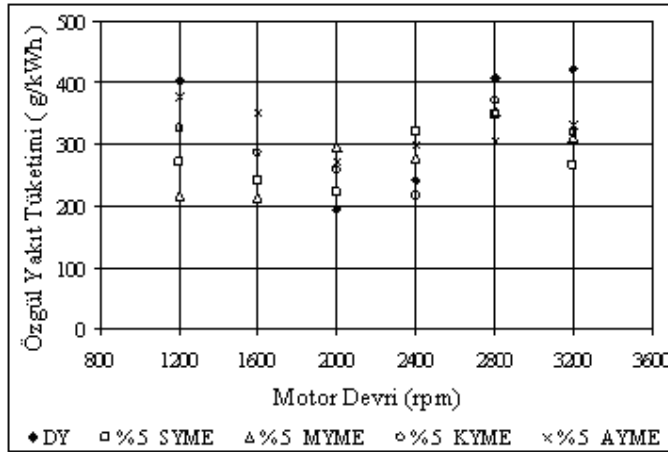
ekil 5.27' de tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerdeki özgül yakıt tüketimi ortalamaları SYME, MYME ve KYME' de sırası ile % 6, % 5 ve % 2 oranında DY' ye göre daha az AYME' de ise % 9 daha fazla de er vermi tir. Maksimum efektif güç de erlerinin sa landı ı 2400 rpm motor devri nde minimum özgül yakıt tüketimi 217,41 g/kWh olarak KYME' de elde edilmi tir. Çünkü KYME yakıtı yakıtlar içerisinde DY' den sonra en yüksek ısıl de ere ve en dü ük yo unluk de erine sahip yakıt türüdür.



ekil 5.25. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.26. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.27. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### Egzoz Emisyonları

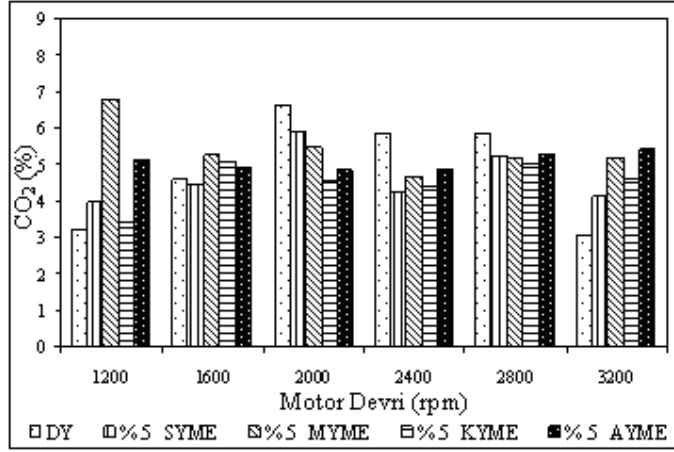
ekil 5.28' de tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve AYME' de % 1, % 25 ve % 15 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilirken KYME' de % 1 az CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilmi tir. Maksimum motor momenti ve efektif güç de erlerinin alındı ı 2400 rpm motor devrinde en fazla CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilen yakıt türü DY olmakta iken en dü ük CO<sub>2</sub> emisyonu de erine sahip yakıt türü % 5 SYME olmaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonunun artı göstermesi püskürtülen yakıt miktarının fazlalı ı ve yakıt ile birlikte karı ma gelen oksijenin daha iyi yanmaya yol açması gösterilebilir.

ekil 5.29' da tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME ve KYME' de % 18 ve % 5 oranında DY' ye göre daha az CO emisyonu elde edilirken MYME ve AYME' de sırası ile % 43 ve % 18 daha fazla CO emisyonu elde edilmi tir. Yakıt türlerinde CO ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının dü ük çıkmasının nedeni farklı çalı malarda oksijen miktarının az olmasına ba lanmı tır.

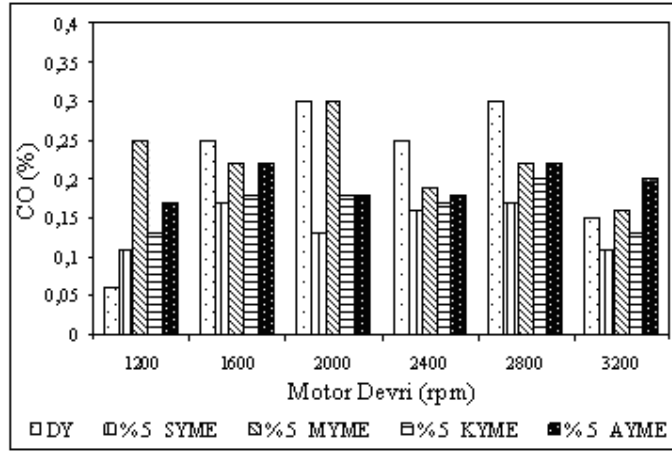
ekil 5.30' da tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 6, % 11, % 7 ve % 14 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu elde edilmi tir. NO<sub>x</sub> miktarının fazla olmasının nedeni olarak farklı çalı malarda yakıt içerisindeki oksijen miktarından ve yanma sonu ısısından kaynaklanabilece i belirtilmi tir. Yapılan deneyler sonucunda bazı devir aralıklarında biyodizel yakıtlarında daha yüksek egzoz çıkı sıcaklı ı elde edilmi tir. biyodizel içeriklerindeki oksijen miktarının da fazla olmasından dolayı NO<sub>x</sub> emisyonları DY' den daha yüksek çıkmı tır.

ekil 5.31' de tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 45, % 15, % 31 ve % 10 oranında DY' ye göre daha az HC emisyonu elde edilmi tir. Maksimum motor momenti ve efektif güç de erlerinin elde edildi i devir olan 2400 rpm motor devri de erinde DY de en yüksek HC emisyon de eri elde edilirken en dü ük HC emisyon de eri % 5 KYME de elde edilmi tir. HC emisyonları açısından en avantajlı yakıt türü tüm motor devri de erlerinde % 5 SYME' dir.

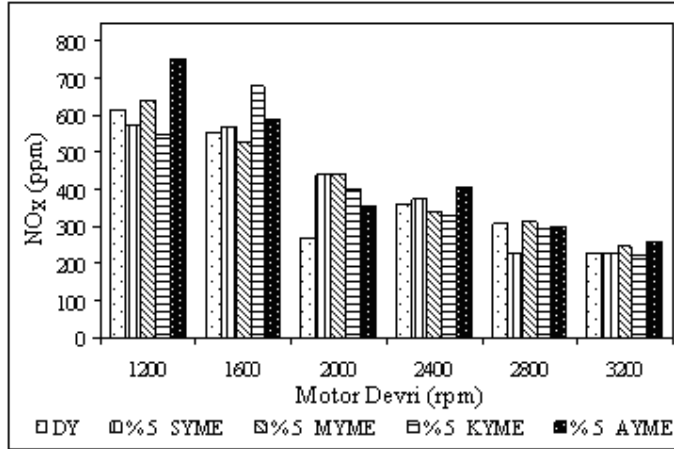
ekil 5.32' de tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 3, % 8, % 7 ve % 3 oranında DY' ye göre daha az is emisyonu elde edilmi tir. s emisyonları en yüksek efektif güç ve motor momenti de erlerinin alındı ı motor devri de erlerinde her yakıt türünde de en yüksek emisyon de erlerini vermi tir.



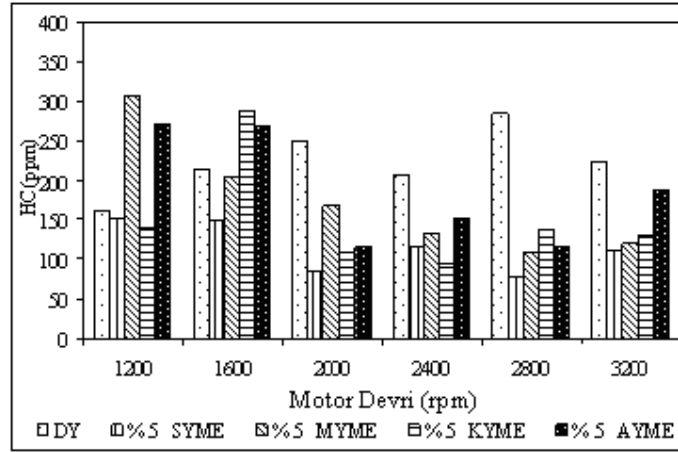
ekil 5.28. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



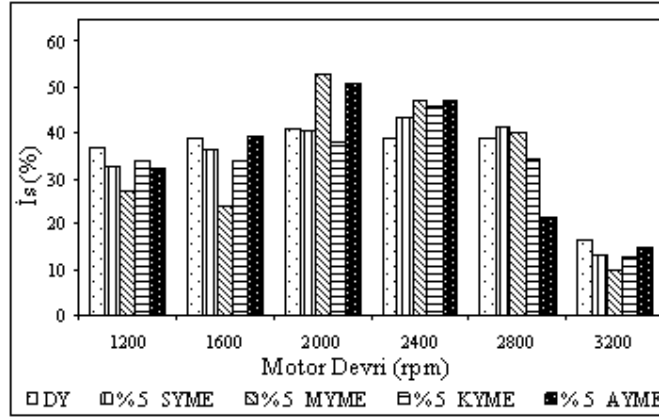
ekil 5.29. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO emi syonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.30. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.31. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.32. Tam yükte % 5 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### 5.2.2.2. % 20 Karı m Oranında Farklı Yakıtların DY ile Kar ıla tırılması

#### Motor Momenti

ekil 5.33' de tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momenti de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum motor momenti devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 8, % 7, % 3 ve % 19 oranında DY' ye göre daha az motor momenti elde edilmi tir. Maksimum motor momenti de eri 2400 rpm motor devri de erinde DY' de 18,6 Nm olarak ölçülmü tür. Tepe noktasına yakın devir noktalarında en az motor momenti de erine sahip yakıt % 20 AYME' dir.

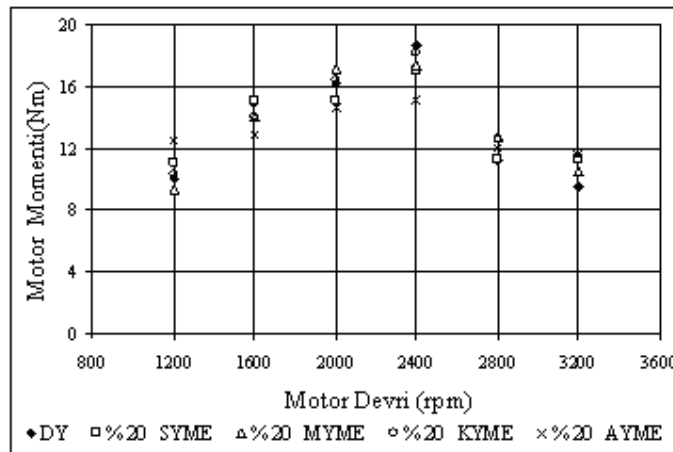


## Efektif Güç

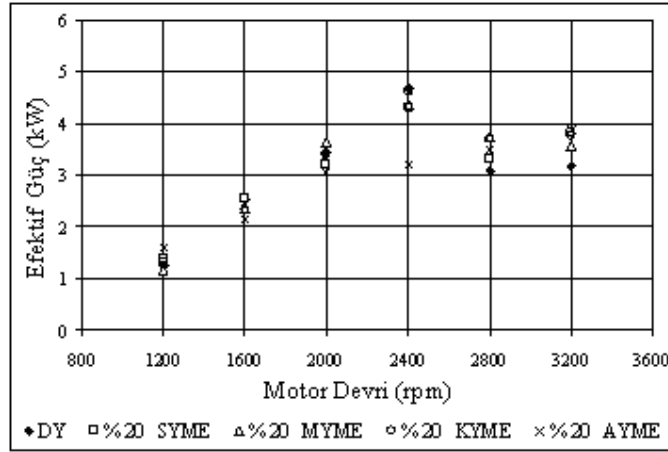
ekil 5.34' de tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum efektif güç devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 8, % 7, % 2 ve % 32 oranında DY' ye göre daha az efektif güç elde edilmi tir. Maksimum efektif güç de eri 2400 rpm motor devrinde 4,7 kW olarak DY' de ölçülmü tür bu devirdeki minimum efektif güç de eri ise 3,2 kW olarak % 20 AYME' de elde edilmi tir. Minimum ve maksimum motor devri de erleri dı ndaki devir aralıklarının tamamında % 20 AYME en az efektif güç de eri vermektedir. AYME yakıtının efektif güç ve motor momenti de erlerinin dü ük olması yüksek yo unluk, dü ük ısıl de er ve yüksek viskozite de erine sahip olmasıdır

## Özgül Yakıt Tüketimi

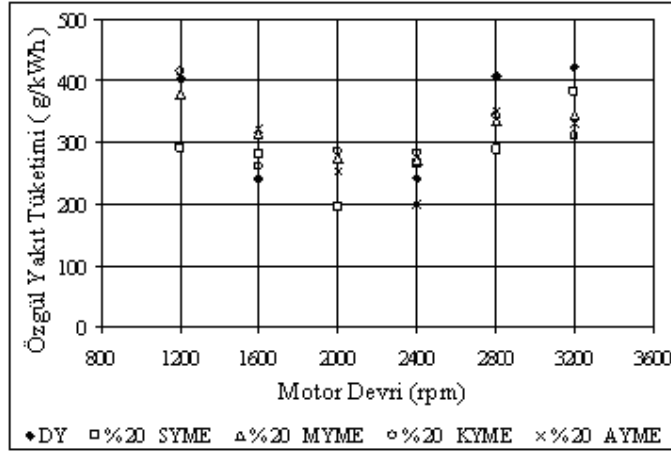
ekil 5.35' de tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile MYME, KYME ve AYME' de % 7, % 6 ve % 9 oranında DY' ye göre daha fazla özgül yakıt tüketimi de erleri elde edilirken SYME' de % 7 daha az elde edilmi tir. AYME yakıtı özgül yakıt tüketimi de erinin yüksek olmasının nedeni yine motor momenti ve efektif güç kıyaslamalarına benzer ekilde yüksek yo unluk ve dü ük alt ısıl de ere sahip olmasından kaynaklanmaktadır.



ekil 5.33. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.34. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.35. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### Egzoz Emisyonları

ekil 5.36' da tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile MYME, KYME ve AYME' de % 6, % 10 ve % 22 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilirken SYME' de % 5 daha az CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilmi tir. Her motor devrinde en az CO<sub>2</sub> emisyonuna sahip yakıt % 20 SYME' dir. % 20 metil ester karı mları arasında en fazla CO<sub>2</sub> emisyon de erine sahip yakıt % 20 AYME' dir.

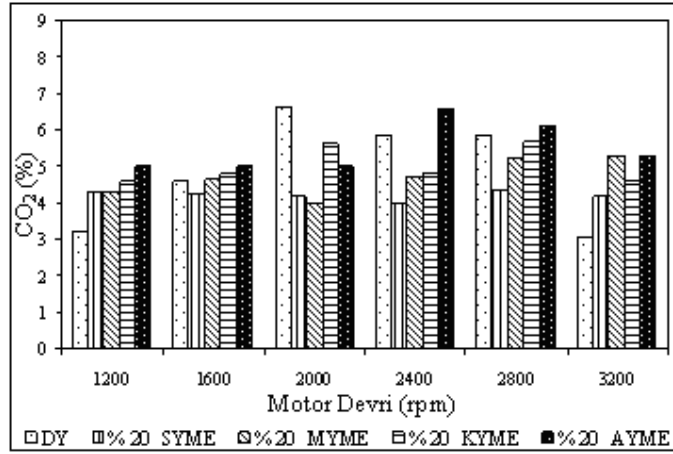
ekil 5.37' de tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile MYME, KYME ve AYME' de % 7, % 1 ve % 26 oranında DY' ye göre daha fazla CO emisyonu elde edilirken SYME' de % 4 daha az CO emisyonu elde edilmi tir.

ekil 5.38' de tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 4, % 3, % 6 ve % 14 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu elde edilmi tir. Yakla ık olarak tüm motor devirlerinde en az NO<sub>x</sub> emisyon de eri veren yakıt DY' dir.

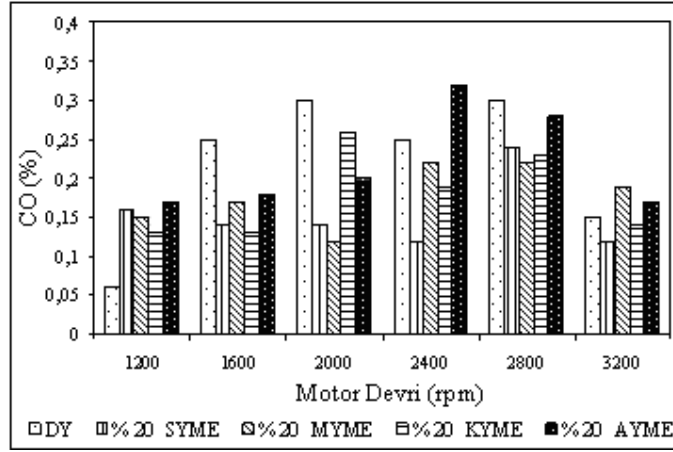
ekil 5.39' da tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 32, % 18 ve % 13 oranında daha az HC emisyonu elde edilirken AYME' de % 17 daha fazla HC emisyonu elde edilmi tir. Tüm motor devirlerinde en az HC emisyon de eri veren yakıt türü ise % 20 SYME' dir. % 20 AYME' den sonra yakla ık olarak her motor devrinde en fazla HC emisyonu veren yakıt DY olmu tur.

ekil 5.40' da tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 29, % 17, % 13 ve % 14 oranında DY' ye göre daha az is emisyonu oranları elde edilmi tir. Emisyon de eri minimum motor devrinden maksimum efektif güç de erine kadar yükselme göstermekte iken bu motor devrinden maksimum motor devrine do ru gidildikçe azalma e ilimi göstermektedir.

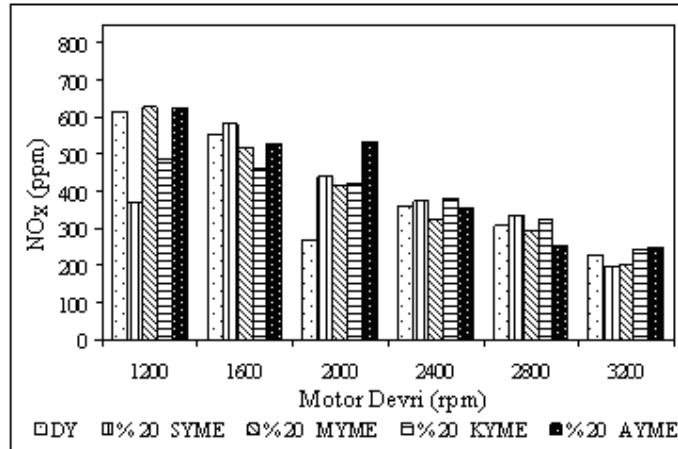
Yakıt türlerinde farklı de erler görülmesinin nedeni yakıt içeriklerinde bulunan oksijen miktarı farklarından kaynaklanmaktadır. Farklı çalı malarda egzoz emisyonu kıyaslamalarında emisyon de erlerinin bu eilde artı veya azalı gösterebilece i belirtilmi tir.



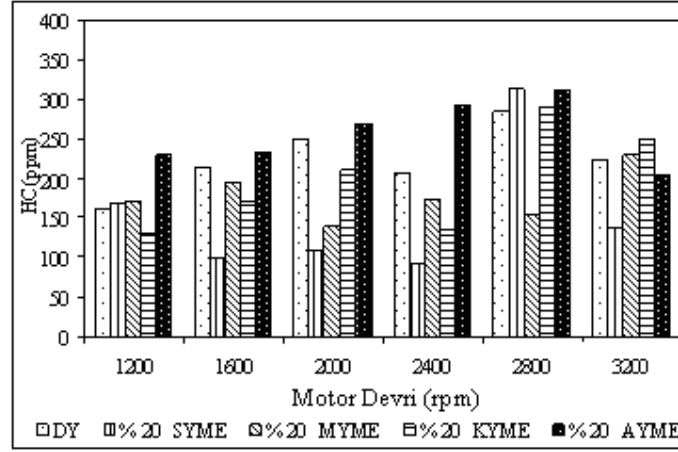
ekil 5.36. Tam yükte % 20 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



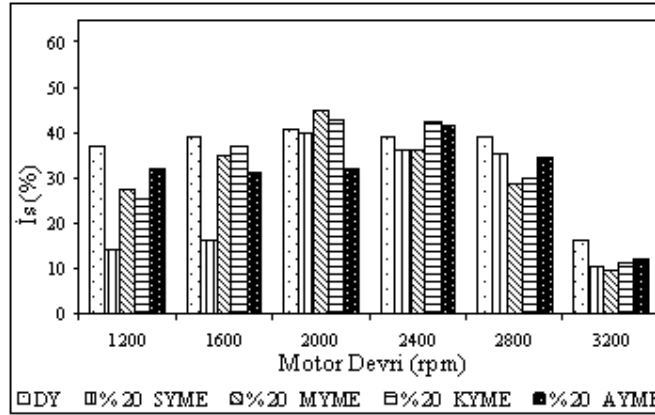
ekil 5.37. Tam yükte % 20 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.38. Tam yükte % 20 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.39. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.40. Tam yükte % 20 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

### 5.2.2.3. % 50 Karı m Oranında Farklı Yakıtların DY ile Kar ıla tırılması

#### Motor Momenti

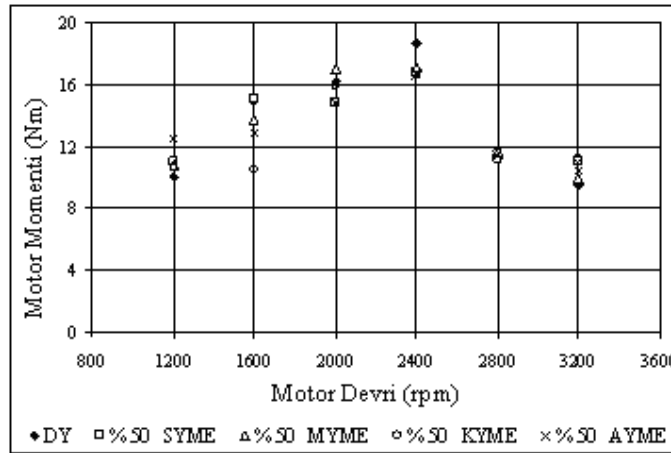
ekil 5.41' de tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentini de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum motor momentini devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 10, % 8, % 11 ve % 10 oranında DY' ye göre daha az motor momentini elde edilmi tir. Maksimum motor momentini DY' de 2400 rpm motor devrinde 18,6 Nm olarak ölçülmü tür.

## Efektif Güç

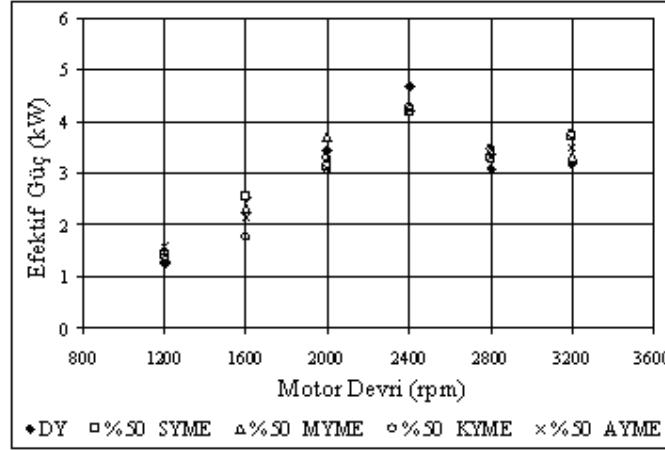
ekil 5.42' de tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum efektif güç devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 11, % 9, % 9 ve % 10 oranında DY' ye göre daha az efektif güç de erleri elde edilmi tir. Tüm motor devirlerinde DY' ye en yakın efektif güç de erini % 50 MYME yakıtı vermektedir. Biyodizel yakıtları efektif güç ve motor momenti de erlerinde dü ük ısıl de er yüksek viskozite ve yo unluk de erlerinden dolayı birbirine yakın fakat DY' den daha az de er vermi lerdir.

## Özgül Yakıt Tüketimi

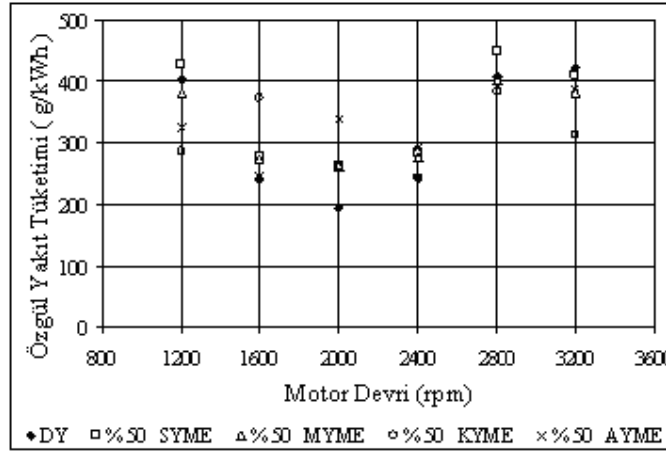
ekil 5.43' de tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 14, % 8, % 5 ve % 11 oranında DY' ye göre daha fazla özgül yakıt tüketimi oranları elde edilmi tir. Maksimum motor momenti ve efektif güç de erinin ölçüldü ü 2400 rpm motor devrinde en az özgül yakıt tüketimi 241,66 g/kWh de eri ile DY' de ölçülmü tür.



ekil 5.41. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.42. Tam yükte % 50 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.43. Tam yükte % 50 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması

### Egzoz Emisyonları

ekil 5.44' de tam yükte % 50 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması verilmiştir. Tüm devirlerde alınan değerlerin ortalamasına göre sırası ile MYME, KYME ve AYME' de % 15, % 8 ve % 22 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu oranları elde edilirken SYME' de % 5 oranında daha az CO<sub>2</sub> emisyonu oranı elde edilmiştir. CO<sub>2</sub> emisyonları maksimum motor momenti ve efektif güç değerlerinin sağlandığı motor devrinde DY' de maksimum değerde ölçülmüştür.

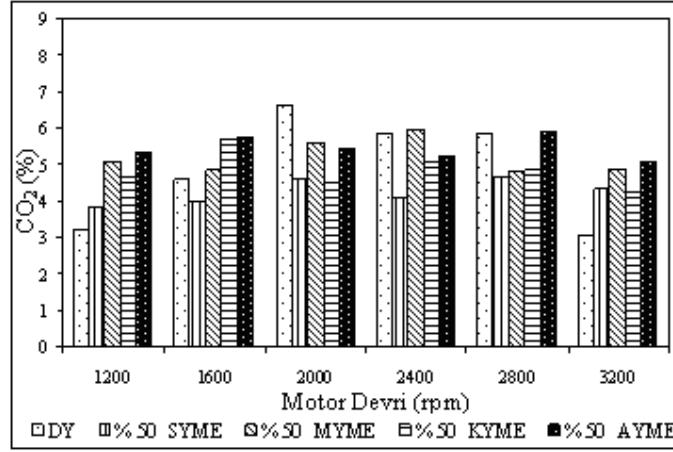
ekil 5.45' de tam yükte % 50 karı ım oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile MYME ve AYME' de % 18 ve % 39 oranında DY' ye göre daha fazla CO emisyonu oranları elde edilirken SYME ve KYME' de % 19 ve % 4 oranında daha az CO emisyonu oranları elde edilmi tir. % 50 AYME' den minimum motor devrinde maksimum CO emisyonu elde edilmi tir. Maksimum motor momenti ve efektif güç devrinde en yüksek CO emisyonu de eri DY' de ölçülürken en dü ük CO de eri % 50 SYME' de elde edilmi tir.

ekil 5.46' da tam yükte % 50 karı ım oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre SYME, MYME, KYME ve AYME' de sırası ile % 9, % 9, % 11 ve % 5 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu oranları elde edilmi tir. Tüm motor devirlerinde yakla ık olarak % 50 KYME di er yakıt türlerine göre maksimum NO<sub>x</sub> emisyonu vermekte iken DY minimum NO<sub>x</sub> emisyon de eri vermektedir. DY' den sonra en az NO<sub>x</sub> emisyon de erini % 50 AYME yakıtı vermektedir.

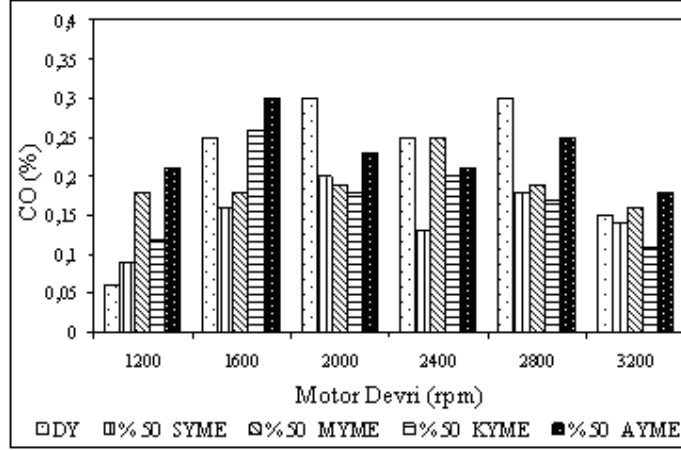
ekil 5.47' de tam yükte % 50 karı ım oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 48, % 19 ve % 18 oranında DY' ye göre daha az HC emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 4 oranında daha fazla HC emisyonu oranı elde edilmi tir. HC emisyonları bakımında n yakla ık olarak her motor devrinde en az emisyon de eri veren yakıt % 50 SYME' dir. DY motor devrine göre farklılık göstermekle beraber di er yakıt türlerine göre daha fazla HC emisyonu içermektedir. DY' den sonra en fazla HC emisyon de erleri içeren yakıt türü % 50 AYME' dir.

ekil 5.48' de tam yükte % 50 karı ım oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre SYME, MYME, KYME ve AYME' de sırası ile % 24, % 16, % 25 ve % 5 oranında DY' ye göre daha az is emisyonu oranları elde edilmi tir.

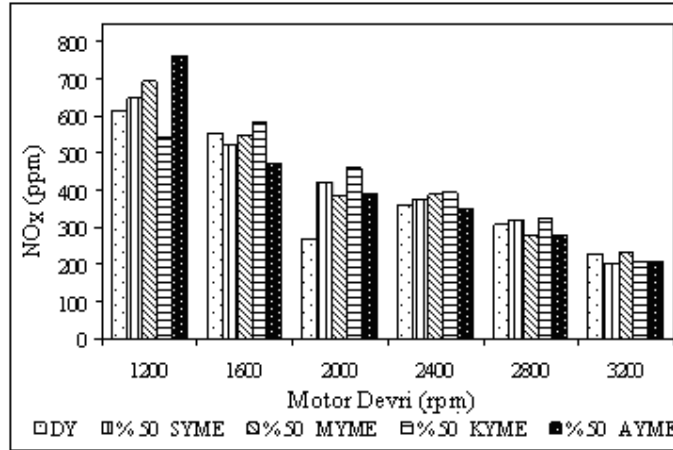




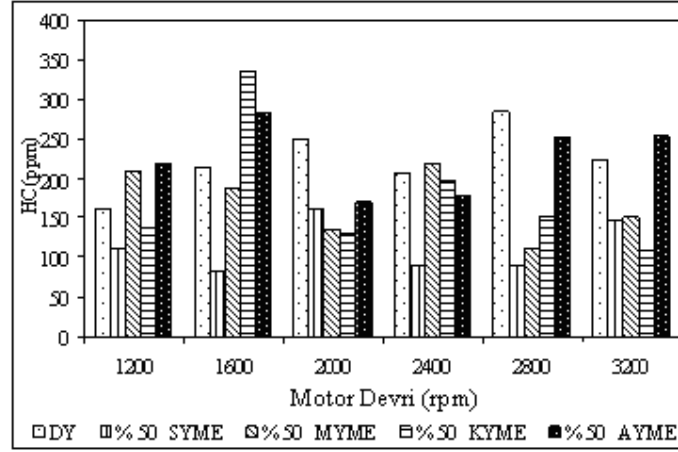
ekil 5.44. Tam yükte % 50 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



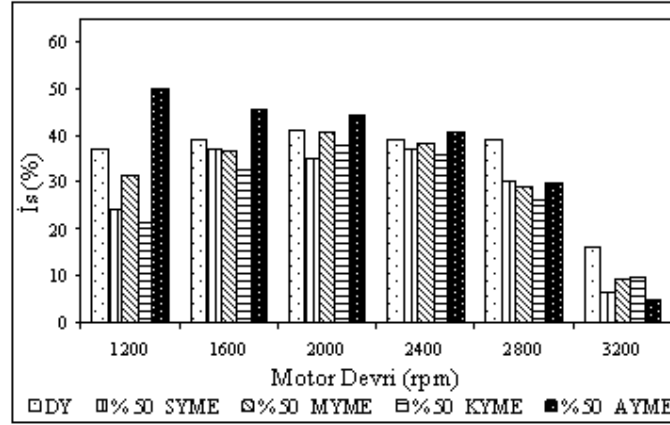
ekil 5.45. Tam yükte % 50 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.46. Tam yükte % 50 karışım oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.47. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.48. Tam yükte % 50 karı m oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

#### 5.2.2.4. % 100 Oranında Farklı Yakıtların DY ile Kar ıla tırılması

##### Motor Momenti

ekil 5.49' da tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY motor momenti de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Maksimum motor momenti devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 10, % 12, % 3 ve % 16 oranında DY' ye göre daha az motor momenti oranları elde edilmi tir. Maksimum motor momenti ise 2400 rpm motor devrinde 18,6 Nm olarak DY' de elde edilmi tir. DY' den sonra maksimum motor momenti 18 Nm olarak

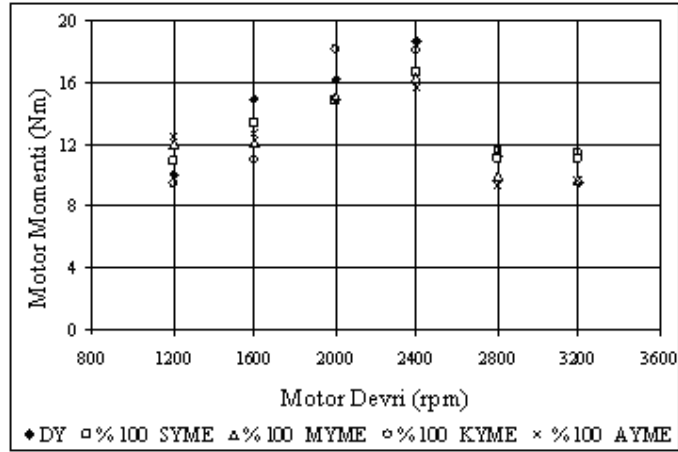
% 100 KYME' de elde edilmi tir. Çünkü KYME yakıtı di er biyodizellere göre dü ük viskozite ve yüksek ısıl de ere sahiptir.

### **Efektif Güç**

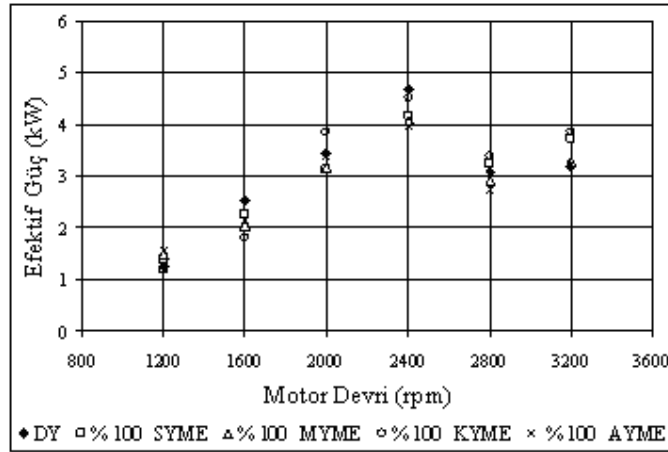
ekil 5.50' de tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY efektif güç de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm yakıt türleri için maksimum efektif güç de erleri 2400 rpm motor devrinde elde edilmi tir. Maksimum efektif güç devrinde alınan de erlere göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 11, % 13, % 4 ve % 16 oranında DY' ye göre daha az efektif güç oranları elde edilmi tir. AYME yakıtının yakıtlar içerisinde en az efektif güç de erine sahip olmasının nedeni, biyodizeller içerisinde yüksek yo unluk ve dü ük alt ısıl de ere sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

### **Özgül Yakıt Tüketimi**

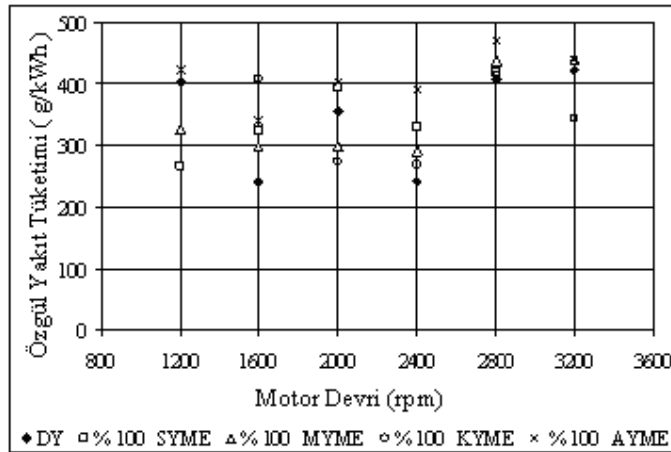
ekil 5.51' de tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 28, % 15, % 25 ve % 39 oranında DY' ye göre daha fazla özgül yakıt tüketimi oranları elde edilmi tir. Maksimum efektif güç ve motor momenti de erlerinin elde edildi i 2400 rpm motor devrinde en az özgül yakıt tüketimi 241,66 g/kWh olarak DY' de elde edilmi tir. Bu devirde DY' den sonra en az özgül yakıt tüketimi de erine sahip yakıt 269,28 g/kWh de eri ile KYME' dir. Çünkü KYME biyodizel yakıtları içerisinde en yüksek ısıl de ere sahip yakıt türüdür. Yaklaşık olarak tüm motor devirlerinde en fazla özgül yakıt tüketimi de erine sahip yakıt türü % 100 AYME' dir. AYME yakıtının ısıl de eri biyodizel yakıtlar içerisinde en dü ük de ere sahip oldu u için özgül yakıt tüketimi de erleri en yüksek de erlerde çıkmı tır.



ekil 5.49. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY motor momentinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.50. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY efektif güç değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması



ekil 5.51. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY özgül yakıt tüketimi değerlerinin motor devrine göre karşılaştırılması

## **Egzoz Emisyonları**

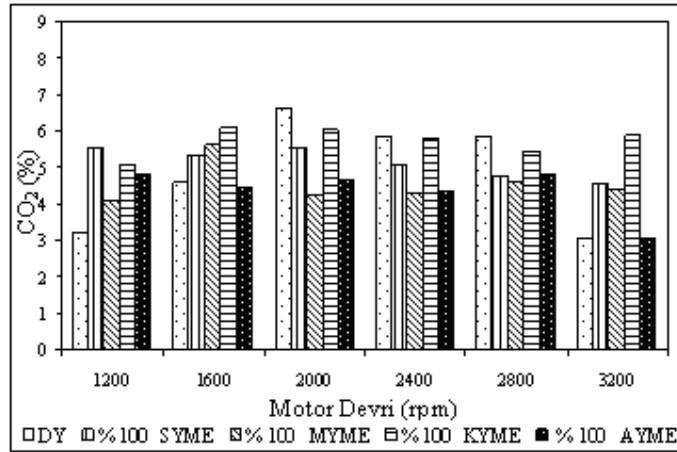
ekil 5.52' de tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 15, % 2 ve % 28 oranında DY' ye göre daha fazla CO<sub>2</sub> emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 5 oranında daha az CO<sub>2</sub> emisyonu oranı elde edilmi tir. Maksimum efektif güç de erinin sa landı ı 2400 rpm motor devrinde CO<sub>2</sub> emisyonu en yüksek DY' de görülmekte iken en dü ük CO<sub>2</sub> oranı % 100 MYME' de görülmektedir. Metil esterler içerisinde ise CO<sub>2</sub> de erinin en fazla oldu u yakıt % 100 KYME' dir.

ekil 5.53' de tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, KYME ve AYME' de % 30, % 36 ve % 18 oranında DY' ye göre daha fazla CO emisyonu oranları elde edilirken MYME' de % 10 oranında daha az CO emisyonu oranı elde edilmi tir. Metil esterler içerisinde ise yakla ık olarak her motor devrinde en yüksek CO de eri % 100 KYME de elde edilirken en dü ük CO de eri % 100 MYME' de elde edilmi tir.

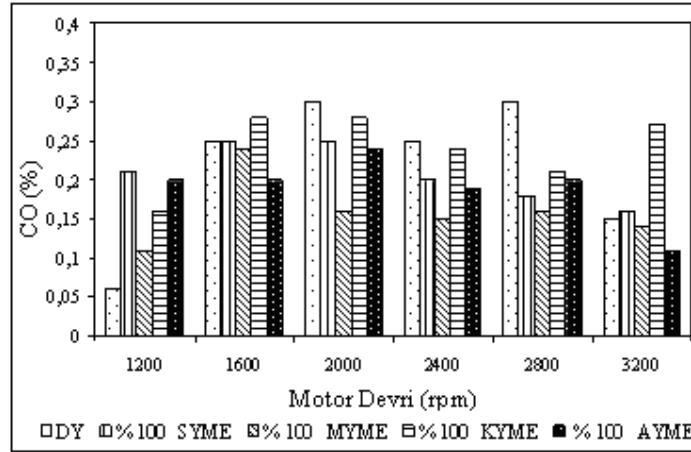
ekil 5.54' de tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve KYME' de % 14, % 9 ve % 18 oranında DY' ye göre daha fazla NO<sub>x</sub> emisyonu oranları elde edilirken AYME' de % 11 oranında daha az NO<sub>x</sub> emisyonu oranı elde edilmi tir.

ekil 5.55' de tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME ve AYME' de % 2, % 36 ve % 27 oranında DY' ye göre daha az HC emisyonu oranları elde edilirken KYME' de % 16 oranında daha fazla HC emisyonu oranı elde edilmi tir. HC de erleri açısından yakla ık olarak her motor devrinde maksimum de erler % 100 KYME' de elde edilirken minimum de erler % 100 MYME' de elde edilmi tir.

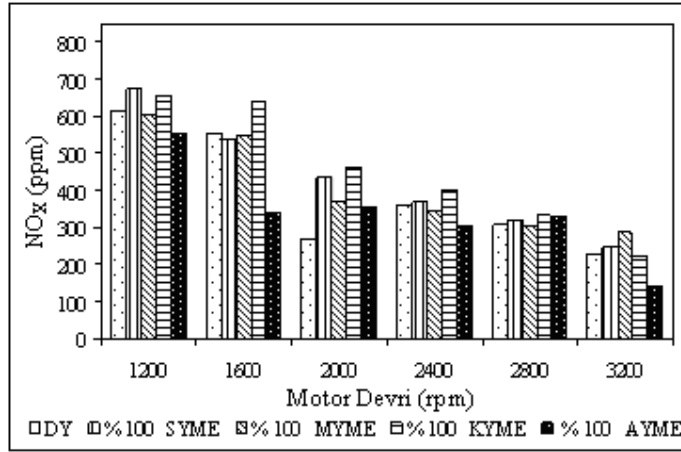
ekil 5.56' da tam yükte % 100 oranındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması verilmi tir. Tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre sırası ile SYME, MYME, KYME ve AYME' de % 35, % 33, % 34 ve % 13 oranında DY' ye göre daha az is emisyonu oranları elde edilmi tir. 1600 rpm motor devri de erlerinde daha yüksek devirlerde maksimum is emisyon de eri DY' de elde edilmi tir.



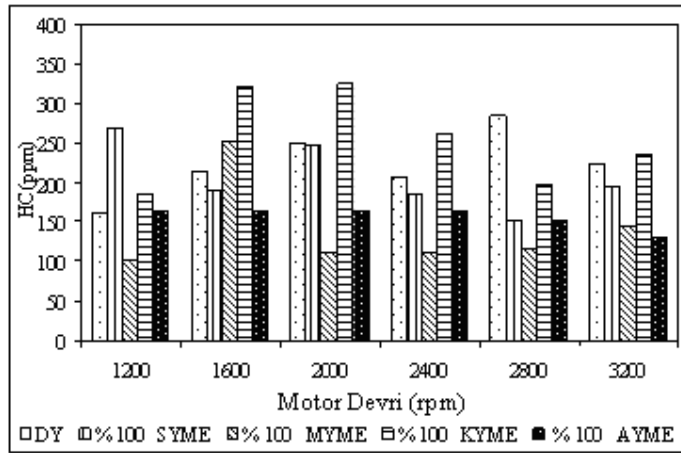
ekil 5.52. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY CO<sub>2</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



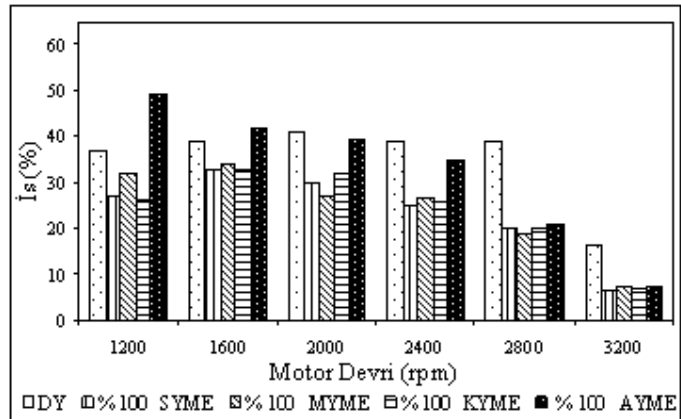
ekil 5.53. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY CO emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.54. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY NO<sub>x</sub> emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.55. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY HC emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması



ekil 5.56. Tam yükte % 100 oranlarındaki metil esterler ile DY is emisyonu de i imlerinin motor devrine göre kar ıla tırılması

Farklı karı ım oranları ve sıcaklıklar içinde aynı yakıt türleri için dizel yakıtı ile kar ıla tırma yapmak mümkündür. Her yakıt için farklı sonuçlar alınmakla birlikte ölçüm sonuçları a a ıdaki eilde alınmı tır.

SYME için farklı karı ım oranlarında DY' ye göre motor p erformansları açısından motor momenti, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre DY' den yakla ık % 1 kadar daha az çıkmı fakat özgül yakıt tüketimi de eri % 3 oranında DY' den daha fazla çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise t üm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> ve HC emisyonları DY' den % 4 oranında fazla çıkarken is emisyonları % 8 oranında daha az emisyon de erleri vermi tir.

MYME için farklı karı ım oranlarında DY' ye göre motor performansları aç ısından motor momenti, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre DY' den yakla ık % 1 kadar daha az çıkmı fakat özgül yakıt tüketimi de eri % 1 oranında DY' den daha fazla çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde al ınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, HC ve is emisyonları DY' den % 7 oranında fazla çıkarken NO<sub>x</sub> emisyonları % 8 oranında daha az emisyon de erleri vermi tir.

KYME için farklı karı ım oranlarında DY' ye göre tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre motor performansları açısından motor momenti, DY' den % 0,04 daha az efektif güç % 1 ve özgül yakıt tüketimi de eri % 3 oranında DY' den daha fazla çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> ve HC emisyonları DY' den % 7 oranında fazla çıkarken is emisyonları % 9 oranında daha az emisyon de erleri vermi tir.

AYME için farklı karı ım oranlarında DY' ye göre motor momenti, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına gör e DY' den % 2 kadar daha az çıkmı fakat özgül yakıt tüketimi de eri % 6 oranında DY' den daha fazla çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC ve is emisyonları DY' den % 3 oranında daha az emisyon de erleri vermi lerdir.



SYME için farklı sıcaklıklarda DY' ye göre motor performansları açısından motor momentini, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre DY' den % 1 kadar daha az çıkmı fakat özgül yakıt tüketimi de eri % 2 oranında DY' den daha fazla çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC ve is emisyonları DY' den % 5 oranında daha az emisyon de erleri vermi lerdir.

MYME için farklı sıcaklıklarda DY' ye göre motor performansları açısından motor momentini, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre DY' den % 1 özgül yakıt tüketimi de eri % 4 oranında DY' den daha az çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO, NO<sub>x</sub>, HC ve is emisyonları DY' den % 7 oranında daha az CO<sub>2</sub> ise % 1 daha fazla emisyon de erleri vermi tir.

KYME için farklı sıcaklıklarda DY' ye göre motor performansları açısından motor momentini, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre DY' den % 2 özgül yakıt tüketimi de eri % 5 oranında DY' den daha az çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, HC ve is emisyonları DY' den % 5 oranında daha az NO<sub>x</sub> ise % 1 daha fazla emisyon de erleri vermi tir.

AYME için farklı sıcaklıklarda DY' ye göre motor performansları açısından motor momentini, efektif güç, tüm devirlerde alınan sonuçların ortalamasına göre DY' den % 0,96 özgül yakıt tüketimi de eri % 1 oranında DY' den daha az çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından ise tüm devirlerde alınan de erlerin ortalamasına göre CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC ve is emisyonları DY' den % 3 oranında daha az emisyon de erleri vermi lerdir.

## 6.TARTI MA VE SONUÇLAR

21. yüzyıl sonlarında yaşanan enerji krizleri ve petrol rezervlerinin azalması farklı alternatif yakıt arayışları konusunda çalışmalarını hızlandırmıştır. İçten yanmalı motorlarda farklı tasarım ve enerji kaynakları önemli değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Bu değişiklikler içten yanmalı motor kullanımının azalmasına sebep olacaktır. Ancak günümüzde kullanılan içten yanmalı motorların sayısının oldukça fazla olması bu motorların yapısında değişiklik yapılmadan kullanılacak enerji kaynaklarını ön plana çıkarmaktadır. Bu tür enerji kaynaklarından birisi bitkisel yağlardır. Bitkisel yağların viskozite değerlerinin yüksek olması dizel motorlarda kullanımını zorlaştırmaktadır. Viskozite değerlerini dizel yakıtına yaklaştırmak için yaygın olarak esterle tirmeye yöntemi uygulanmaktadır.

Bu çalışmada soya, kanola, mısırözü ve ayçiçeği yağları metil esterle tirmeye yöntemi kullanılarak esterleştirilmiştir. Viskozite değerinin yüksek çıkması nedeniyle % 100 biyodizel yakıtlar ön ısıtma yöntemi tabii tutulmuş ve % 5, % 20, % 50 (örneğin % 5 biyodizel+ % 95 Dizel yakıtı) dizel yakıtı ile karışım oranlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında kullanılan Antor 6 LD 400 tipi dizel motorunda hiçbir değişiklik yapılmadan motor performans ve egzoz emisyon değerleri tam yük devir kollarında incelenmiştir.

Motor performansları açısından maksimum devirlerin alındığı 2400 rpm motor devrinde motor momenti ve efektif güç için bir karşılaştırma yapıldığında, karışım oranları ve sıcaklık değerlerinde dizel yakıtına oranla bir miktar azalma görülmektedir. Bu azalma, yakıtların yüksek yoğunluk ve viskozite değerlerinden kaynaklanmaktadır. Yüksek yoğunluk ve viskozite yakıtın iyi atomize olmaması nedeniyle yanma periyodunun ve yanmamış yakıt miktarının artmasına neden olmaktadır. Bu değerlerdeki azalma karışım oranlarında % 5 den % 100 karışım oranına sıcaklık oranında ise 100 °C' den 70 °C' ye kadar artış göstermektedir.

Maksimum efektif güç ve motor momenti değerlerinde, özgül yakıt tüketimleri % 5 karışım oranından % 100 karışım oranına doğru dizel yakıtına göre artma eğilimi

göstermi tir. Ancak farklı yakıt giri sıcaklıklarında bu artı daha azdır. Yakıtların ısıl de erlerinin dü ük olması, yüksek viskozite ve yo unluk de erlerine sahip olmaları özgül yakıt tüketimindeki artmanın ba lıca sebepleri arasında gösterilebilir. Ancak farklı yakıt giri sıcaklıklarında viskozite ve yo unluktaki de i me ba lı olarak özgül yakıt tüketiminde bir artı gözlenmi tir.

Yakıt hava oranı de erleri ise biyodizeller arasında dü ük karı m oranlarından yüksek karı m oranlarına do ru artı göstermi tir. % 5, % 20 ve % 50 karı m oranlarında dizel yakıtına göre yakıt hava oranı de erlerinde bir azalma, % 100 karı m oranlarında ise bir artı gözlenmi tir. Ancak farklı yakıt giri sıcaklıklarında dizel yakıtına göre daha dü ük de erler elde edilmemi tir. Farklı sıcaklıklar için biyodizeller arasında en az yakıt hava oranı de eri 70 °C' de elde edilmemi tir. Yakıt hava oranının yüksek çıkmasının nedeni motorun zengin karı mla çalı masının bir göstergesidir.

CO<sub>2</sub> emisyonu de erleri maksimum ve minimum motor devirleri arasında farklı sıcaklık ve karı m oranlarında dizel yakıtına göre daha azdır. CO<sub>2</sub> emisyonunun dü ük çıkmasının nedeni biyodizel yakıtlarının içeri inde bulunan oksijen miktarının fazla olmasıdır. Bu fazlalık yanma periyodunun daha iyi olmasını sa lamaktadır. Biyodizellerin yanma periyodu her ne kadar iyi olsa da ısıl de erleri ve viskoziteleri dizel yakıtından az oldu u için performans de erleri daha az çıkmı tir.

CO emisyonu de erleri genel olarak minimum motor devri dı nda kalan devirlerde farklı karı m ve sıcaklık oranlarının her ikisinde de dü ük de erler vermektedir. 2800 rpm motor devrinde tüm yakıt türlerinde dizel yakıtına göre en dü ük CO emisyonu de erleri elde edilmemi tir. Biyodizel yakıtlar içeri inde oksijen miktarının fazla olmasından dolayı yanma olayının iyi gerçekleşmesi CO emisyonu de erlerinde azalmaya neden olmaktadır.

NO<sub>x</sub> emisyonu de erleri farklı devirlerde de i klik göstermekle beraber dizel yakıtına göre farklı sıcaklık ve karı m oranlarında minimum motor devri dı nda ki devirlerde artı göstermektedir. NO<sub>x</sub> miktarının fazla çıkmasının nedeni yüksek egzoz gazı çıkı sıcaklı ı ve fakir karı m oranlarıdır.

HC emisyonu de erleri her motor devri nde farklı karı m ve sıcaklık oranları için dizel yakıtına oranla daha dü ük çıkmı tır. HC emisyonlarını n dü ük çıkmasının nedeni biyodizel yakıtı içerisinde oksijen miktarının dizel yakıtına oranla daha fazla olmasıdır. Bu fazlalık yanma periyodunun daha iyi olmasını sa lamaktadır.

s emisyonu de erleri farklı karı m oranlarında % 5 oranından % 100 oranına kadar dizel yakıtına göre belirgin olarak azalma e ilimi göstermi tir. Farklı sıcaklık oranlarında ise dizel yakıtına göre daha az de er vermi tir. s miktarının az olması biyodizel yakıtların içeri indeki oksijen miktarının fazla olmasından dolayı yanmanın daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır.

Soya, ayçiçe i, kanola ve mısırözü metil esterlerinden elde edilen biyodizel yakıtları motor performansı ve egzoz emisyonları bakımından birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Biyodizel yakıtları motor performansı ve egzoz emisyonu bakımından dizel yakıtına göre bir azalma e ilimi göstermektedir. Ancak biyodizel yakıtlarının ısıl de erlerinin dizel yakıtına oranla daha az olması özgül yakıt tüketiminin artmasına sebep olmaktadır.

Günümüzde biyodizel yakıtları açısından en önemli problemlerden birisi yüksek viskozitedir. Viskozite ortam sıcaklı mın azalması ile artma e ilimi göstermektedir. Bu durum özellikle so uk iklim artlarının hakim oldu u bölgelerde alternatif enerji kayna ı olarak biyodizelin kullanılmasını engellemektedir. Bu çalı mada di er çalı malardan farklı olarak yakıt giri sıcaklıkları artırılmı tır. Farklı giri sıcaklıklarındaki motor performansı ve egzoz emisyonları karı m oranlarına ve dizel yakıtına nazaran daha dü ük çıkmı tır. Bu sonuçta viskozitenin biyodizel için en önemli parametrelerden biri oldu unu göstermektedir. Yakıt giri sistemine bir ön ısıtıcı konularak so uk havalarda bile alternatif enerji kayna ı olarak biyodizelin kullanılması mümkün kılınabilir.

Biyodizel konusunda yapılacak olan çalı malarda metil esterle tirme yöntemi dı nda piroliz yöntemi ile yakıtlar elde edilip bu yakıtların motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri ara tırılabilir. Biyodizel yakıtlarda NO<sub>x</sub> emisyonları yüksek

de erde çıkmı tır. Egzoz emisyonları açısından NO<sub>x</sub> emisyonları önemli bir kirleticidir. Bu kirletici oranının daha aza indirilmesi için farklı motor tasarımları ve yakıt katkı maddeleri ile ilgili çalı malar yapılabilir. Yakıtın n ısıtma i lemene tabi tutulması performans de erlerinde artı a yol amı tır. Dizel motorların yakıt sistemlerine ön ısıtma devresi gibi kısımlar ilave edilmesi biyodizel yakıtların kullanımına katkı sa layabilir.

## KAYNAKLAR

- Açıkgöz, Ç., 2001, “Keten Tohumunun Alternatif Enerji Kayna ı Olarak ncelenmesi”, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.
- Altın, R., 1998, “Ha ha Ya ının Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanılmasının Ara tırılması”, Politeknik Dergisi, C.1, S.3 -4, 83–89.
- Altın, R., Salman, S., 1998, “Alternatif Yakıt Olarak Pamuk Metil Esterin Üretilmesi ve Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması”, Pol iteknik Dergisi, C.1, S.1-2, 85–92.
- Altın, R., Yücesu, H, S., 1999, “Ham Pamuk Ya ı Metil Esterleri Yakıtlarının Dizel Motorlarında Kullanılabilirli inin Deneysel Olarak Ara tırılması”, 6 . Uluslararası Yanma Sempozyumu, stanbul, 43–57.
- Altın, R., Yücesu, H, S., 1999, “Mısır Ya ının Alternatif Ya kıt Olarak Dizel Motorlarında Kullanımının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel ncelenmesi”, 6. Uluslararası Yanma Sempozyumu, stanbul, 409–422.
- Altın, R., Yücesu, H, S., 1999, “Pamuk Ya ının Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması ve Motor Performansının Belirlenmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, C.12, S.1, 117 –131.
- Altıparmak, D., Keskin, A., Koca, A., Gürü, M., 2006, “Alternative Fuel Properties of Tall Oil Fatty Acid Methyl Ester–Diesel Fuel Blends”, Bioresource Technology, 1-6.
- Altun, ., 2004, “Motorin ve Susam Ya ı Karı ımlarının Dizel Motorlarında Kullanılabilirli i”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazı .
- Al-Widyan, M., Tashtoush, G., Abu-Qudais, M., 2002, “Utilization of Ethyl Ester of Waste Vegetable Oils as Fuel in Diesel Engines”, Science Direct Fuel Processing Technology, Vol.76, pp.91-103.
- Anonim, 2005, “Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalı ma Grubu Raporu” Ankara, 24–59.
- Apaydın, E., 2002, “Çeltik Sapından Yapay Yakıt Üretiminin Ara tırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.
- Atabay, E., 2001, ”Ceviz Kabuklarının Yenilenebilir Enerji Kayna ı Olarak De erlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üni versitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.

- Batmaz, ., Murcak, A., 2004, “Dizel Motorlarında Hidrojenin Ek Yakıt Olarak Kullanımının Motor Performansına Etkisinin ncelenmesi”, Politeknik Dergisi, C.7, S.2, 119-128.
- Can, Ö., Çelikten, ., Usta, N., 2005, “Etanol Karı ımlı Motorin Yakıtın Dizel Motoru Egzoz Emisyonlarına Etkisi” Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, C.11, S.2, 219 -224.
- Cansız, .B., 2004, “Bitkisel Ya Esterinin Dizel Yakıtı Olarak Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Cı ızolu, B., 1996, “Dört Çe it Bitkisel Ya ın Motorin Alternatifi Olarak Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Çanakçı, M., and Van Gerpen, J., 2003, “Comparsion of Engine Performance and Emissions for Petroleum Diesel Fuel, Yellow Grease Biodiesel, and Soybean Oil Biodiesel”, Transactions of the ASAE, vol.46, no.4, pp.937-944.
- Çelikten, ., 2004, “Tam Yükte Çalı an ndirekt Püskürtmeli Bir Dizel Motorunda, Dizel ve Dizel-Etanol Yakıt Karı ımlarının Performans ve Emisyon De i imlerine Etkisi”, Teknoloji. Z.K.Ü. Karabük Teknik E itim Fakültesi Dergisi, C.7, S.1, 11 – 18.
- Çildir, O., 2003, “Bitkisel Ya Metil Esteri nden Dizel Motorlar çin Yakıt Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Dizar, Ö., 2003, “Kullanılmı Kızartma Ya ı Metil Esterinin Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Tekn ik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Düzenli, D., 2002, “Yenilenebilir Enerji Kayna ı Olarak Defne Çekirde inden Sıvı Yakıt Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.
- Ergen, G., Karabekta , M., 2006, “Pamuk Ya ından Üretilen Biyodizel Yakıtının Bir Dizel Motorda Kullanımı”, 9. Uluslararası Yanma Sempozyumu , Kırıkkale, 51– 59.
- Güleç, E., 2004, “Alternatif Yakıt Sistemlerinin Emisyona Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Gümü , M., 1998, “ çten Yanmalı Motorlarda Do algazın Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.

- Güner, F., 1990, “Kullanılmı Kızartma Ya ı Ester Ür ününün Dizel Yakıtı Olarak De erlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Ha imo lu, C., Ciniviz, M., Ergen, G., Özsert, ., Parlak, A., 2006, “A ırı Doldurulmalı Bir Dizel Motorda Biyodizel Kullanımının Motor Performansına Etkileri”, 9. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Kırıkkale, 255–263.
- Huzayyin, A, S., Bawady, A, H., Rady, M, A., Dawood, A., 2004, “Experimental Evaluation of Diesel Engine Performance and Emission Using Blends of Jojoba Oil and Diesel Fuel”, Energy Conversion and Management, Vol.45, pp.2093–2112.
- çingür Y., Yamık, H., 2003, “Metil ve Etil Esterin Dizel Yakıtı Olarak Kullanılma mkanlarının Deneysel Olarak Ara tırılması”, Politeknik Dergisi, C.6, S.2, 459 – 464.
- lkılıç, C., Öner, C., 2003, “Bir Dizel Motorunda Ayçiçe i Ya ı Metil Esteri ile Motorin Karı ımı Kullanarak Egzoz Gazı Emisyonlarının ncelenmesi”, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, C.15 S.4, 579 -588.
- lkılıç, C., Yücesu, H, S., 2000, “Ayçiçe i Ya ı Metil Esteri ile Dizel Yakıtı Karı ımının Bir Dizel Motoru Performansına Etkisi”, Teknoloji. Z.K.Ü. Karabük Teknik E itim Fakültesi Dergisi, C.3 S.2–3, 257–265.
- lkılıç, C., Yücesu, H, S., 2002, “Ayçiçe i Ya ı Metil Esteri ile Dizel Yakıtı Karı ımının Farklı Enjeksiyon Basınçlarında Motor Performansına Etkisinin ncelenmesi”, 7. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Ankara, 129–139.
- lkılıç, C., Yücesu, H, S., 2002, “De i ik Enjeksiyon Basınçlarında Ayçiçe i Ya ı Metil Esteri ile Dizel Yakıt Karı ımlarının Dizel Motoru Egzoz Emisyonlarına Etkisinin ncelenmesi”, 7. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Ankara, 182–193.
- lkılıç, C., Yücesu, H, S., 2003, “Pamuk Ya ı Metil Esterinin Dizel Motoru Egzoz Emisyonlarına Etkisi”, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, C.15 S.4, 569 - 578.
- International Energy Agency, 2006, “Key World Enegy Statics”, 10
- Kalam, A. M., Husnawan, M., Masjuki, H, H., 2003, “Exhaust Emission and Combustion Evaluation of Coconut Oil -Powered Indirect Injection Diesel Engine” Science Direct Renewable Energy Vol. 28 pp.2405-2415.
- Kaplan, C., 2001, “Ayçiçe i Ya ı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.



- Karabekta , M., 2002, "Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Karabekta , M., Ergen, G., 2006, "Ayçiçek Yağından Metil Ester Üretimi, Motor Performans Ve Emisyon Özelliklerinin İncelenmesi ", 9. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Kırıkkale, 688–696.
- Karaosmano lu, F., Tuna, A.I., Aksoy, H, A., 1989, "Bitkisel Yağların Dizel Yakıt Alternatifi Olarak Kullanımı", 7. Ulusal Isı Bilimi Kongresi, İzmir.
- Ka lıfo lu, S., 2005, "Dizel Motorlarında Kayısı Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavalcı, D., 2001, "Bazı Bitkisel Kökenli Alternatif Yakıtların Dizel Motorlarda Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kayı o lu, B., Ülger., P. Akdemir., B. Aytaç, S., 2006, "A Research on Determining Some Performance Values by Using Proportional Mixture of Vegetable Oils and Diesel Fuel at a Diesel Engine", Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, V.3, N.1, pp.16-24.
- Keven, A., 2005, "Dizel Motorunda Fındık Yağı Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanılabilirliği", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kılıçarslan, G., 2002, "Tağlıların Tahriki için Kullanılabilecek Alternatif Enerji Kaynakları", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Koçak, M.S., 2005, "Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımının Deneysel Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kuruçay, K., 2004, "Kullanılmı Kızartma Yağlarından Biyomotorin Elde Edilmesi ve Dizel Motorlarında Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Labeckas, G., Slavinkas, S., 2005, "The Effect of Rapeseed Oil Methyl Ester on Direct Injection Diesel Engine Performance and Exhaust Emissions ", Energy Conversion and Management, pp.1–14.
- Machacon, C, T, H., Matsumoto, Y., Ohkawara, C., Shigab, S., Karasawa, T., Nakamura, N., 2001, "The Effect of Coconut Oil and Diesel Fuel Blends on Diesel Engine Performance and Exhaust Emissions", JSAE Review, Vol.22 pp.349-355.

- Mohammed, A.A., 1995, "Yakıt Olarak Bazı Bitkisel Ya ların Di zel Motor Performansına Etkileri", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Nabi, N., Akhter, S., Masjuki, H. H., Shahadat, Z, M, M., 2005, "Improvement of Engine Emissions with Conventional Diesel Fuel and Diesel –Biodiesel Blends", Science Direct Bioresource Technology, pp.1 -7.
- Nas, S., Ünsal, M., 1998, "Bitkisel Ya Teknolojisi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ders kitapları, Yayın No:005, Den izli.
- Nwafor, I, M, O., 2003, "The Effect of Elevated Fuel Inlet Temperature on Performance of Diesel Engine Running on Neat Vegetable Oil at Constant Speed Conditions", Science Direct Renewable Energy, Vol.28, pp. 171 -181.
- O.S.D. "2006 Yılı De erlendirme Raporu" 2006, stanbul.
- O uz, H., Ö üt, H., "Tarım Traktörlerinde Bitkisel Kökenli Ya ve Yakıt Kullanımı", 2001, Selçuk Teknik Online Dergisi, C.2, S.2, ISSN 1302 -6178.
- Onay, Ö., 2001, "Kolza Ya lı Tohumunun Yava , Hızlı ve Hidrojen Pirolyzi", Doktor a Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.
- Özdemir, ,A., 2001, "Yenilenebilir Enerji Kayna ı Olarak Prinanın Ara tırılması", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eski ehir.
- Özkan, M., Ergenç, T, A., Deniz, O., 2005, "Experimental Performance Analysis of Biodiesel, Traditional Diesel and Biodiesel with Glycerine", Turkish J. Eng. Envir Sci., Vol.29, pp.89-94.
- Özsezen, A, N., Çanakçı, M., 2006, "Atık Kızartma Ya ı Kökenli Biyodizelin Ön Yanma Odalı Bir Dizel Motorda Yanma Karakteristiklerinin ncelenmesi", 9.Uluslararası Yanma Sempozyumu, Kırıkkale, 11–20.
- Peker, A., 2000, "Benzin ve Dizel Motorların Performansına Alternatif Yakıtların ve Katkı Maddelerinin Etkisinin ncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Puhan, S., Vedaraman, N., Sankaranarayanan, G., Rama, B, V, B., 2005, "Performance and Emission Study of Mahua oil (madhuca indica oil) Ethyl Ester in a 4 -Stroke Natural Aspirated Direct Injection Diesel Engine", Science Direct Renewable Energy, Vol.30, pp.1269–1278.
- Raheman, H., Phadatare, A, G., 2004, "Diesel Engine Emissions and Performance From Blends of Karanja Methyl Ester and Diesel", Biomass and Bioenergy, Vol.27, pp.393–397.

- Rao, A. P., Mohan, R. P., 2002, "Effect of Supercharging on the Performance of a DI 3 Diesel Engine with Cotton Seed Oil", Energy Conversion and Management, pp1 - 8.
- Sarıoğlu, A., 2004, "Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Katalizörleri", Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, C.5, S.1, 25 -32.
- Silva, N. F., Prata, S. A., Rady, M. A., Teixeira, R. J., 2003, "Technical Feasibility Assessment of Oleic Sunflower Methyl Ester Utilisation in Diesel Bus Engines", Energy Conversion and Management, Vol.44, pp.2857-2878
- Sipahier, A. N., 1990, "Kullanılmı Kızartma Yağının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ahın, M.S., 2005, "Fındık Propil Esterle Çalışan Bir Dizel Motorunun Performans ve Emisyon Açısından İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Engil, M., 2005, "Karışım Bitkisel Yağ Etil ve Metil Esterlerinin Dizel Motorlarında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- TÜK 2007, "Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri", Ankara.
- Temelci, F.E., 2000, "Taşıtlarda Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Urbilek, R., 1989, "Yüksek Hızlı Hafif Hizmet Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Metil Alkolün Kullanılması", Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Ulusoy, Y., 1999, "Ayçiçeği, Kolza, Pamuk ve Soya Yağlarının Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma", Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Ulusoy, Y., Tekin, Y., 2002, "Kullanılmı Yağ Metil Esterinin Türkiye'de Taşıtlarda Dizel Bir Araçta Kullanımı ve Emisyon Sonuçları", IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, C. 2, ISBN 975-92794-8-7.
- Uslu, K., Sayın, C., Çanakçı, M., 2006, "Dizel Motorlarında Çift Yakıt (etanol - dizel) Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisi", 9. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Kırıkkale, pp. 273-283.
- Usta, N., 2005, "An Experimental Study on Performance and Exhaust Emissions of a Diesel Engine Fuelled with Tobacco Seed Oil Methyl Ester", Energy Conversion and Management, Vol.46, pp.2373-2386.

- Usta, N., Can, Ö., Öztürk, E., 2006, "An Experimental Study on Performance and Exhaust Emissions of a Diesel Engine Fuelled with Diesel Fuel no. 2 / Waste Sunflower Oil Methyl Ester Blends", 9<sup>th</sup> International Combustion Symposium, Kırıkkale, pp. 89–103.
- Usta, N., Can, Özer., Öztürk E., 2005 "Alternatif Dizel Motor Yakıtı Olarak Biyodizel ve Etanolün Karı ıla tırılması", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, C.11, S. 3, 325-334.
- Yamık, H., 2002, "Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Ya Esterlerinin Kullanılma mkanlarının Ara tırılması", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yamık, H., çingür, Y., 2002, "Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Ya Esterlerinin Kullanımı", 7. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Ankara, 172–181.
- Yanmaz, S., 1998, "Pamuk Tohumu Ya ının Alternatif Motorin ve Fueloil Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya .
- Yörük, S., 2002, "çten Yanmalı Motorlarda Alternatif Yakıt Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul.
- Yücel, H.L., 1998, "Dizel Yakıtına Belirli Oranlarda Karı tırılmı Pamuk Ya ının Motor Performansı ve Emisyon Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerinin Ara tırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazı .
- Yücesu, H.S., Altın, R., 1999, "Kanola Ya ının Alternatif Yakıt Olarak Dizel Motorlarında Kullanımının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel Olarak ncelenmesi", G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, C.12, S.4, 1045 –1059.
- Yücesu, H.S., Altın, R., Çetinkaya, S., 2001, "Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Ya Kullanımının Deneysel ncelenmesi ", Turk J. Engin Environ Sci , S.25, 39-45.

## ÖZGEÇM

Adı Soyadı : Hicri YAVUZ

Do um Yeri : Afyon

Do um Tarihi : 18.02.1980

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E itim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Merkez Endüstri Meslek Lisesi / 1996

Lisans : Gazi Üniversitesi Teknik E itim Fakültesi / 2005

Yüksek Lisans : Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

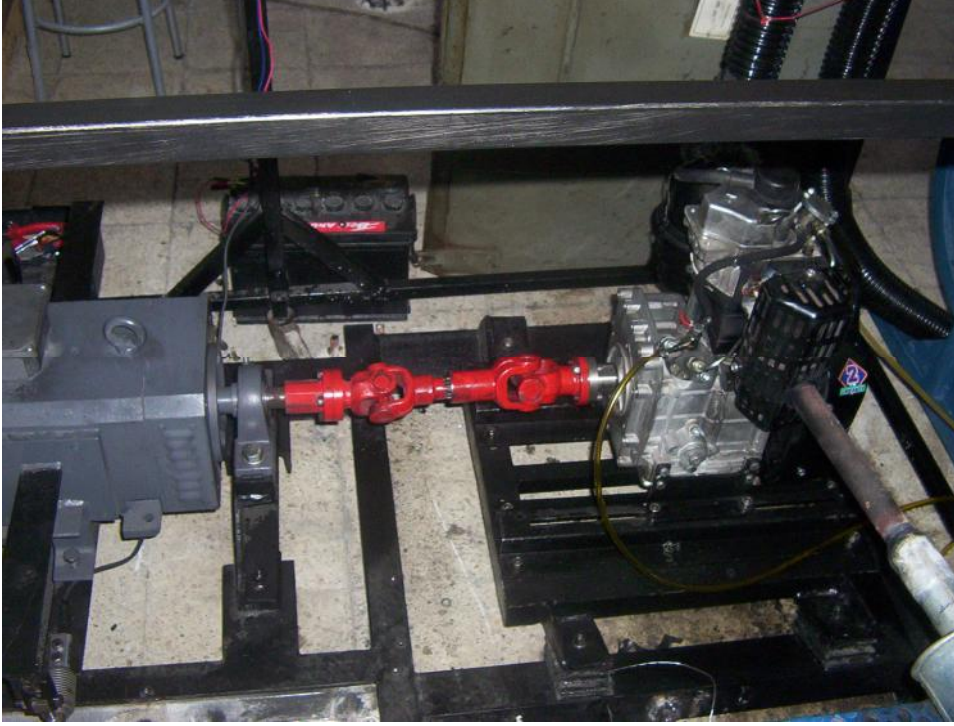
Çalı tı ı Kurum : Üstün Otomotiv / 2006

## **EKLER L STES**

- Ek 1. Deney Motoru ve Dinamometre
- Ek 2. Dinamometre Kontrol Paneli
- Ek 3. Yakıt Isıtma Düzenleyici ve Terazi
- Ek 4. Hava Akı Ölçer
- Ek 5. Egzoz Emisyonları Test Cihazı
- Ek 6. Sıcaklık Emisyonu Test Cihazı
- Ek 7. Dizel Yakıtı Ölçüm Değerleri
- Ek 8. Dizel Yakıtı Hesaplama Değerleri
- Ek 9. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki SYME Ölçüm Değerleri
- Ek 10. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki SYME Hesaplama Değerleri
- Ek 11. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki MYME Ölçüm Değerleri
- Ek 12. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki MYME Hesaplama Değerleri
- Ek 13. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki KYME Ölçüm Değerleri
- Ek 14. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki KYME Hesaplama Değerleri
- Ek 15. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki AYME Ölçüm Değerleri
- Ek 16. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki AYME Hesaplama Değerleri
- Ek 17. Farklı Karışım Oranlarındaki SYME Ölçüm Değerleri
- Ek 18. Farklı Karışım Oranlarındaki SYME Hesaplama Değerleri
- Ek 19. Farklı Karışım Oranlarındaki MYME Ölçüm Değerleri
- Ek 20. Farklı Karışım Oranlarındaki MYME Hesaplama Değerleri
- Ek 21. Farklı Karışım Oranlarındaki KYME Ölçüm Değerleri
- Ek 22. Farklı Karışım Oranlarındaki KYME Hesaplama Değerleri
- Ek 23. Farklı Karışım Oranlarındaki AYME Ölçüm Değerleri
- Ek 24. Farklı Karışım Oranlarındaki AYME Hesaplama Değerleri

## EKLER

Ek 1. Deney Motoru ve Dinamometre



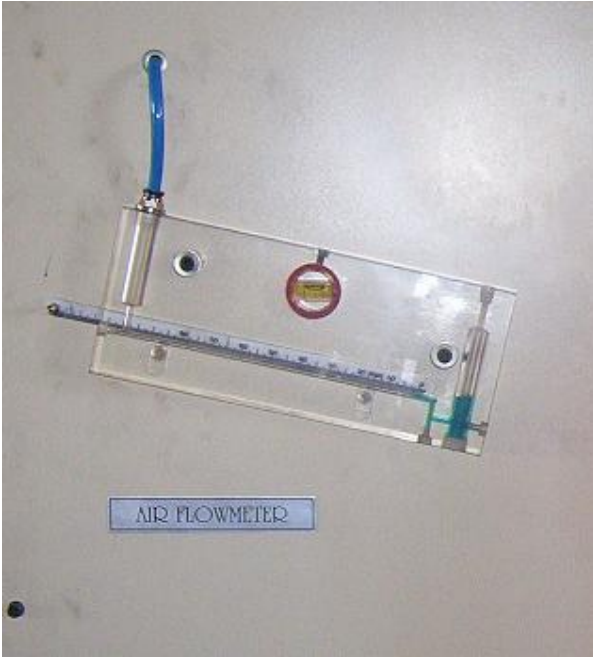
Ek 2. Dinamometre Kontrol Paneli



Ek 3. Yakıt Isıtma Düzene i ve Terazi



Ek 4. Hava Akı Ölçer





Ek 5. Egzoz Emisyonları Test Cihazı



Ek 6. s Emisyonu Test Cihazı



Ek 7. Dizel Yakıtı Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	İs	Hava tüketimi
DY	1200	1192	2,69	8	57	255	96,8	3,21	0,06	616	160	37	12
	1600	1613	4,01	28	166	234	111,1	4,58	0,25	553	215	39	17,5
	2000	2016	4,35	12	65	220	115	6,62	0,3	272	250	41	20
	2400	2411	4,99	64	203	303	110	5,82	0,25	360	207	39	26
	2800	2618	3,01	32	92	314	104,8	5,84	0,3	309	284	39	36
	3200	3188	2,55	34	91	279,3	97	3,06	0,15	228	224	16,3	45

Ek 8. Dizel Yakıtı Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
DY	1200	1192	10,028	1,252	403,653	319,021	0,004917	0,0285
	1600	1613	14,948	2,525	240,488	475,567	0,005938	0,0284
	2000	2016	16,216	3,423	194,138	515,889	0,006348	0,0291
	2400	2411	18,602	4,697	241,662	591,790	0,007238	0,0436
	2800	2618	11,221	3,076	407,050	356,972	0,008517	0,0408
	3200	3188	9,506	3,174	423,839	302,418	0,009522	0,0392

Ek 9. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki SYME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kurvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	İs	Hava tüketimi
50 °C SYME	1200	1212	2,91	10	77	246,9	104,1	4,05	0,13	535	135	29,5	12,5
	1600	1583	3,6	10	63	266,2	103,8	4,11	0,17	591	167	25,4	20
	2000	2000	3,85	18	85	288,1	107,8	5	0,23	566	244	22,6	22
	2400	2398	4,51	22	67	282,7	104,8	5	0,18	407	155	19,6	26
	2800	2801	2,51	20	70	261,2	101,4	5,1	0,2	356	200	16,4	35
	3200	3197	2,36	28	86	253,1	99,9	4,26	0,14	217	152	7,4	44,5
70 °C SYME	1200	1232	2,84	12	87	227,9	102,3	4,4	0,17	460	159	32,1	12,5
	1600	1621	3,63	16	69	221,2	105,1	4,85	0,22	486	168	20,7	20
	2000	2185	4,28	22	82	223,1	103,9	4,85	0,22	471	128	20,9	22,5
	2400	2387	4,57	20	63	265,8	102,2	5,35	0,21	405	213	23	26
	2800	2793	4,09	32	89	277	101,5	4,81	0,16	358	152	19,6	35
	3200	3197	2,7	18	61	292,6	102,8	5,58	0,2	260	260	10,6	41
100 °C SYME	1200	1185	2,5	14	64	220,8	106,4	3,6	0,13	382	157	27,9	12
	1600	1615	3,65	16	144	245,6	109,5	3,61	0,14	435	159	25,9	17,5
	2000	2015	3,81	22	89	266,8	108,1	4,02	0,14	409	168	24,3	20
	2400	2378	4,77	18	55	284,6	108,6	4,23	0,13	405	173	20,1	26
	2800	2789	2,7	42	135	278,6	109	5,43	0,2	333	233	15,4	35
	3200	3196	2,53	24	76	277	104,1	4,86	0,15	285	192	8,1	42,5

Ek 10. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki SYME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö.Y.T.	O.E.B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
50 °C SYME	1200	1212	10,848	1,377	339,575	345,112	0,005019	0,0259
	1600	1583	13,420	2,225	256,861	426,943	0,006348	0,0250
	2000	2000	14,352	3,006	253,620	456,592	0,006658	0,0318
	2400	2398	16,812	4,222	279,991	534,865	0,007238	0,0454
	2800	2801	9,357	2,745	374,772	297,674	0,008398	0,0340
	3200	3197	8,798	2,945	397,948	279,885	0,009469	0,0344
70 °C SYME	1200	1232	10,587	1,366	363,542	336,811	0,005019	0,0275
	1600	1621	13,532	2,297	363,415	430,501	0,006348	0,0365
	2000	2185	15,955	3,651	264,567	507,588	0,006733	0,0398
	2400	2387	17,036	4,258	268,375	541,980	0,007238	0,0439
	2800	2793	15,247	4,459	290,260	485,055	0,008398	0,0428
	3200	3197	10,065	3,370	315,252	320,207	0,009089	0,0325
100 °C SYME	1200	1185	9,320	1,156	680,944	296,488	0,004917	0,0445
	1600	1615	13,606	2,301	173,826	432,873	0,005938	0,0187
	2000	2015	14,203	2,997	296,930	451,848	0,006348	0,0389
	2400	2378	17,782	4,428	266,073	565,700	0,007238	0,0452
	2800	2789	10,065	2,940	381,000	320,207	0,008398	0,0370
	3200	3196	9,431	3,157	360,157	300,046	0,009254	0,0341

Ek 11. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki MYME Ölçüm Değerleri

Yakit	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakit tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	İs	Hava tüketimi
50 °C MYME	1200	1223	2,98	8	67	235,4	102,9	3,95	0,1	549	130	21	12,5
	1600	1385	3,39	10	58	232,2	102,7	4,04	0,14	488	131	22,5	20
	2000	2012	4,37	14	85	286,3	101,9	4,4	0,16	549	148	19,6	19
	2400	2412	4,51	58	192	277	102,6	5,2	0,18	419	174	20,1	28
	2800	2812	2,58	24	74	262,4	98,3	5,87	0,2	410	235	19,2	36
	3200	3191	2,47	38	126	230,3	94,1	5,4	0,17	278	170	8,7	43
70 °C MYME	1200	1224	3,04	10	60	225	102,8	3,83	0,1	476	122	27	13
	1600	1616	3,59	14	87	235,2	100,2	5,2	0,21	643	220	18	20
	2000	2015	4,39	24	100	223,9	106	5,12	0,21	441	213	24,4	19
	2400	2413	4,53	42	142	260,6	107	5,92	0,24	295	263	22	27,5
	2800	2800	2,6	14	51	278,8	108,5	5,6	0,18	396	193	19,7	36
	3200	3212	2,53	12	47	265,2	106,1	5,48	0,17	282	221	11,5	40
100 °C MYME	1200	1222	3,06	6	64	228,9	107,9	3,97	0,12	382	148	20,4	14
	1600	1613	3,7	14	79	273,3	110,1	4,52	0,14	432	168	20,1	20
	2000	1998	4,43	12	59	262,4	108,1	4,75	0,15	412	176	16,5	20
	2400	2412	4,55	22	74	282,1	105,3	5,2	0,16	385	188	20,1	28,5
	2800	2812	2,59	24	76	273,5	104,6	5,42	0,18	325	194	16,4	35
	3200	3191	2,46	26	82	284,6	105,6	5,38	0,17	265	168	9,4	40

Ek 12. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki MYME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
50 °C MYME	1200	1223	11,109	1,423	302,130	353,414	0,005019	0,0238
	1600	1585	12,637	2,098	295,913	402,038	0,006348	0,0272
	2000	2012	16,290	3,432	172,751	518,261	0,006187	0,0266
	2400	2412	16,812	4,247	256,091	534,865	0,007511	0,0402
	2800	2812	9,618	2,832	412,255	305,976	0,008517	0,0381
	3200	3191	9,208	3,077	352,867	292,930	0,009308	0,0324
70 °C MYME	1200	1224	11,333	1,453	413,062	360,530	0,005118	0,0326
	1600	1616	13,383	2,265	255,796	425,757	0,006348	0,0253
	2000	2015	16,365	3,453	250,203	520,633	0,006187	0,0388
	2400	2413	16,887	4,267	249,532	537,237	0,007444	0,0397
	2800	2800	9,692	2,842	347,735	308,348	0,008517	0,0322
	3200	3212	9,431	3,172	289,740	300,046	0,008978	0,0284
100 °C MYME	1200	1222	11,407	1,460	231,207	362,902	0,005311	0,0177
	1600	1613	13,793	2,330	273,833	438,803	0,006348	0,0279
	2000	1998	16,514	3,455	211,910	525,377	0,006348	0,0320
	2400	2412	16,961	4,284	249,818	539,609	0,007578	0,0392
	2800	2812	9,655	2,843	399,856	307,162	0,008398	0,0376
	3200	3191	9,170	3,064	372,494	291,744	0,008978	0,0353

Ek 13. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki K YME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakıt tüketimini	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	İs	Hava tüketimini
50 °C KYME	1200	1223	2,59	10	96	222,7	104,7	4,22	0,16	475	138	19,7	14
	1600	1592	3,38	12	81	239,7	103,9	4,56	0,17	602	168	17,1	19
	2000	2028	4,28	14	91	268	110,7	4,68	0,16	525	129	20,5	20
	2400	2386	4,4	22	75	277,1	105,1	4,62	0,14	372	173	16,4	26
	2800	2830	3,05	30	99	276,7	106,8	4,32	0,13	265	192	13,4	36
	3200	3203	2,44	30	101	282,4	109,7	4,22	0,12	255	189	8,2	42,5
70 °C KYME	1200	1198	2,67	8	72	206,8	103,9	3,65	0,13	468	140	31	12
	1600	1587	3,39	12	60	208,6	102,4	4,13	0,17	476	154	24	20
	2000	2015	4,15	20	86	221	104,9	5,5	0,22	370	199	22	22,5
	2400	2382	4,7	24	85	242,6	106,3	4,18	0,13	382	189	23,6	26
	2800	2798	4,61	28	68	275,7	104,9	4,57	0,13	266	198	20,2	35
	3200	3194	2,59	20	61	280,6	108,1	4,41	0,11	252	192	10,2	42
100 °C KYME	1200	1193	2,97	8	81	226,4	101,1	3,95	0,14	551	114	29	12
	1600	1583	3,68	8	63	257,3	109,1	3,75	0,18	482	177	15,4	20
	2000	2031	3,85	8	68	261,7	105,8	4,74	0,17	409	167	19,6	20
	2400	2389	4,23	20	65	277,6	102,1	5,2	0,19	405	216	20,1	27,5
	2800	2774	2,65	20	62	268,7	104,3	5,46	0,19	331	216	17,5	35
	3200	3198	2,53	32	108	283,9	99	4,55	0,13	242	125	10,6	42,5

Ek 14. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki K YME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Öçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
50 °C KYME	1200	1223	9,655	1,237	303,266	307,162	0,005311	0,0196
	1600	1592	12,600	2,101	253,897	400,852	0,006187	0,0239
	2000	2028	15,955	3,388	163,454	507,588	0,006348	0,0242
	2400	2386	16,402	4,098	257,668	521,819	0,007238	0,0405
	2800	2830	11,370	3,370	323,739	361,716	0,008517	0,0356
	3200	3203	9,096	3,051	350,489	289,372	0,009254	0,0321
70 °C KYME	1200	1198	9,953	1,249	320,340	316,649	0,004917	0,0226
	1600	1587	12,637	2,100	342,827	402,038	0,006348	0,0315
	2000	2015	15,470	3,264	256,466	492,170	0,006733	0,0345
	2400	2382	17,521	4,370	232,581	557,398	0,007238	0,0390
	2800	2798	17,185	5,035	294,389	546,724	0,008398	0,0490
	3200	3194	9,655	3,229	365,500	307,162	0,009199	0,0356
100 °C KYME	1200	1193	11,072	1,383	257,057	352,228	0,004917	0,0201
	1600	1583	13,718	2,274	201,021	436,431	0,006348	0,0200
	2000	2031	14,352	3,052	138,730	456,592	0,006348	0,0185
	2400	2389	15,769	3,945	280,790	501,658	0,007444	0,0413
	2800	2774	9,879	2,870	404,676	314,278	0,008398	0,0384
	3200	3198	9,431	3,158	337,714	300,046	0,009254	0,0320



Ek 15. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki A YME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	İs	Hava tüketimi
50 °C AYME	1200	1216	2,66	10	69	225	104,1	4,55	0,2	565	205	29,5	16
	1600	1590	3,12	10	65	275,3	107	4,61	0,22	380	220	24,5	20
	2000	1982	3,93	13	58	280,3	108	6,46	0,25	228	180	20,4	21
	2400	2377	4	28	100	283,3	108,3	4,57	0,2	392	163	25	28
	2800	2800	2,62	20	64	277,1	100,5	5,38	0,22	307	211	20	37
	3200	3223	2,38	16	55	278,4	103,7	5,2	0,23	193	180	8,2	42,5
70 °C AYME	1200	1243	2,62	14	92	220,8	108,2	4,83	0,22	437	228	30,3	14
	1600	1585	3,57	12	62	218,9	101,5	4,38	0,17	543	128	24,9	21
	2000	2015	4,62	16	58	229,5	104	4,14	0,18	378	138	38,2	20
	2400	2394	4,85	16	56	250,4	103,9	5,1	0,24	335	230	31,3	26
	2800	2792	3,36	26	72	283,4	105,6	6,67	0,2	339	199	23,4	36
	3200	3187	2,4	20	64	296,7	104,1	4,32	0,15	203	158	13,4	41
100 °C AYME	1200	1212	2,7	10	85	227	107,4	4,68	0,21	429	174	32	15
	1600	1592	3,46	10	70	242,4	107,6	4,23	0,2	540	211	26,5	19
	2000	2006	3,71	20	83	267,5	107,7	4,55	0,21	407	178	23,5	20
	2400	2401	4,56	20	60	292,1	107,9	5,93	0,25	366	273	25,2	29
	2800	2813	3,35	28	91	289,8	106,6	4,93	0,18	289	190	17,6	37,5
	3200	3194	2,32	30	73	296,4	104	4,46	0,15	232	113	13,1	45

Ek 16. Farklı Sıcaklık Oranlarındaki A.YME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O.E.B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
50 °C AYME	1200	1216	9,916	1,263	413,197	315,463	0,005678	0,0255
	1600	1590	11,631	1,937	285,994	370,017	0,006348	0,0242
	2000	1982	14,650	3,041	265,363	466,079	0,006505	0,0345
	2400	2377	14,911	3,712	271,575	474,381	0,007511	0,0373
	2800	2800	9,767	2,864	392,837	310,720	0,008634	0,0362
	3200	3223	8,872	2,994	349,737	282,257	0,009254	0,0314
70 °C AYME	1200	1243	9,767	1,271	430,913	310,720	0,005311	0,0287
	1600	1585	13,308	2,209	315,438	423,385	0,006505	0,0298
	2000	2015	17,222	3,634	273,273	547,910	0,006348	0,0435
	2400	2394	18,080	4,533	226,928	575,187	0,007238	0,0395
	2800	2792	12,525	3,662	354,983	398,480	0,008517	0,0424
	3200	3187	8,947	2,986	376,772	284,629	0,009089	0,0344
100 °C AYME	1200	1212	10,065	1,277	331,540	320,207	0,005498	0,0214
	1600	1592	12,898	2,150	239,169	410,340	0,006187	0,0231
	2000	2006	13,830	2,905	298,585	439,989	0,006348	0,0380
	2400	2401	16,999	4,274	280,765	540,794	0,007644	0,0436
	2800	2813	12,488	3,679	301,109	397,294	0,008692	0,0354
	3200	3194	8,648	2,893	511,443	275,141	0,009522	0,0432

Ek 17. Farklı Karışım Oranlarındaki SYME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	İs	Hava tüketimi
% 5 SYME	1200	1185	2,91	10	99	232	107,3	3,96	0,11	576	150	32,8	15
	1600	1616	4,28	12	66	279	107,8	4,45	0,17	570	148	36,4	19
	2000	2011	4,31	14	67	294	105,4	5,92	0,13	441	85	40,4	20
	2400	2414	4,65	30	77	310	103,8	4,23	0,16	372	115	43,6	27,5
	2800	2818	3,2	28	82	300	100	5,19	0,17	225	77	41,3	37,5
	3200	3211	3,14	30	103	260	96	4,12	0,11	232	111	13,3	45
% 20 SYME	1200	1183	2,98	6	54	245,6	114,6	4,29	0,16	370	168	14,3	11
	1600	1606	4,02	12	61	268,8	110,8	4,26	0,14	582	98	16,1	18
	2000	2023	4,04	10	58	285,3	109,1	4,16	0,14	441	109	39,7	22,5
	2400	2417	4,58	24	75	214	107,5	4	0,12	374	92	36	27,5
	2800	2802	3,03	26	98	271,6	104,1	4,34	0,24	337	314	35,4	35
	3200	3219	3,03	26	64	235	102,6	4,17	0,12	199	138	10,4	42,5
% 50 SYME	1200	1206	2,95	14	85	254	105,1	3,85	0,09	647	111	24,5	11,5
	1600	1616	4,02	12	61	279,8	102,9	4,02	0,16	523	83	37	17,5
	2000	2012	3,98	32	140	292	100,6	4,58	0,2	421	160	35	20
	2400	2390	4,49	26	79	321	99,3	4,08	0,13	376	89	37	27,5
	2800	2812	2,99	34	83	277,4	99,1	4,68	0,18	319	90	30	38,5
	3200	3215	2,95	40	95	217,8	103,4	4,35	0,14	203	147	6,4	45
% 100 SYME	1200	1195	2,93	8	79	258,3	107,8	5,56	0,21	675	268	27	11,5
	1600	1612	3,58	18	89	285,5	102	5,34	0,25	539	190	33	19
	2000	2017	3,96	24	70	291,6	104,8	5,56	0,25	435	248	30	22,5
	2400	2385	4,47	28	73	287,4	104,3	5,03	0,2	368	186	25	27,5
	2800	2785	2,97	36	96	257,3	101,3	4,73	0,18	321	152	20	38
	3200	3210	2,98	34	62	215	100,4	4,55	0,16	246	196	6,4	43

Ek 18. Farklı Karışım Oranlarındaki SYME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
% 5 SYME	1200	1185	10,848	1,346	270,131	345,112	0,005498	0,0184
	1600	1616	15,955	2,700	242,423	507,588	0,006187	0,0294
	2000	2011	16,067	3,384	222,323	511,146	0,006348	0,0329
	2400	2414	17,334	4,382	320,082	551,468	0,007444	0,0523
	2800	2818	11,929	3,520	349,200	379,505	0,008692	0,0393
	3200	3211	11,705	3,936	266,401	372,389	0,009522	0,0306
% 20 SYME	1200	1183	11,109	1,376	290,655	353,414	0,004708	0,0236
	1600	1606	14,986	2,520	280,997	476,753	0,006022	0,0327
	2000	2023	15,060	3,190	194,543	479,125	0,006733	0,0256
	2400	2417	17,073	4,321	266,581	543,166	0,007444	0,0430
	2800	2802	11,295	3,314	288,176	359,344	0,008398	0,0316
	3200	3219	11,295	3,808	384,106	359,344	0,009254	0,0439
% 50 SYME	1200	1206	10,997	1,389	426,934	349,856	0,004814	0,0342
	1600	1616	14,986	2,536	279,258	476,753	0,005938	0,0331
	2000	2012	14,837	3,126	263,228	472,009	0,006348	0,0360
	2400	2390	16,738	4,189	282,829	532,493	0,007444	0,0442
	2800	2812	11,146	3,282	449,299	354,600	0,008808	0,0465
	3200	3215	10,997	3,702	409,407	349,856	0,009522	0,0442
% 100 SYME	1200	1195	10,922	1,367	266,716	347,484	0,004814	0,0210
	1600	1612	13,346	2,253	323,188	424,571	0,006187	0,0327
	2000	2017	14,762	3,118	395,853	469,637	0,006733	0,0509
	2400	2385	16,663	4,162	331,788	530,121	0,007444	0,0515
	2800	2785	11,072	3,229	418,091	352,228	0,008750	0,0429
	3200	3210	11,109	3,734	528,673	353,414	0,009308	0,0589

Ek 19. Farklı Karışım Oranlarındaki MYME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kurvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	İs	Hava tüketimi
% 5 MYME	1200	1219	3,78	8	74	258,7	100	6,8	0,25	639	307	27	12
	1600	1601	5,06	12	64	282	93,4	5,26	0,22	527	205	24	19
	2000	2020	4,83	20	64	289	97,1	5,45	0,3	443	168	53	20
	2400	2422	5,29	22	57	317	93,3	4,66	0,19	342	134	47	26
	2800	2780	3,45	36	98	296,8	90	5,18	0,22	313	108	40	35
	3200	3190	3,34	38	106	263,1	76	5,18	0,16	246	120	10,2	43
% 20 MYME	1200	1193	2,51	8	65	256,9	93,6	4,28	0,15	629	171	27,3	12,5
	1600	1617	3,76	14	68	269,2	111,5	4,62	0,17	517	196	35	19
	2000	2019	4,61	18	65	288	102,3	3,95	0,12	415	140	45,2	20
	2400	2395	4,66	22	67	286,7	103,8	4,69	0,22	323	172	36	25
	2800	2785	3,43	26	75	261,9	98,9	5,2	0,22	297	154	28,7	35
	3200	3215	2,82	26	77	231	96,3	5,28	0,19	201	230	9,6	42,5
% 50 MYME	1200	1219	2,88	10	69	369,6	110,8	5,08	0,18	696	208	31,4	12,5
	1600	1610	3,67	14	80	303	104,3	4,82	0,18	547	188	36,6	20
	2000	2078	4,56	22	82	323	100,4	5,59	0,19	384	135	40,5	22,5
	2400	2392	4,58	22	67	330	104,1	5,94	0,25	390	218	38,2	27,5
	2800	2796	3,14	28	73	247,4	99,1	4,81	0,19	280	110	29	37,5
	3200	3210	2,65	34	96	236,6	97,3	4,86	0,16	234	150	9,2	42,5
% 100 MYME	1200	1195	3,21	10	74	255,1	101,4	4,08	0,11	604	101	32,2	11
	1600	1606	3,24	12	71	291,9	104,9	5,62	0,24	547	251	34,1	19
	2000	2012	4,06	18	68	300	106,1	4,25	0,16	370	110	27	18
	2400	2388	4,37	22	67	300	108,4	4,29	0,15	344	111	26,7	28
	2800	2817	2,66	32	90	277,7	104,7	4,58	0,16	305	116	18,6	36
	3200	3216	2,6	26	65	232,3	101,3	4,43	0,14	289	145	7,1	42,5

Ek 20. Farklı Karışım Oranlarındaki MYME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
% 5 MYME	1200	1219	14,091	1,799	216,364	448,290	0,004917	0,0220
	1600	1601	18,863	3,162	213,442	600,092	0,006187	0,0303
	2000	2020	18,005	3,809	295,374	572,815	0,006348	0,0492
	2400	2422	19,720	5,002	277,805	627,369	0,007238	0,0533
	2800	2780	12,861	3,744	353,211	409,154	0,008398	0,0437
	3200	3190	12,451	4,159	310,286	396,108	0,009308	0,0385
% 20 MYME	1200	1193	9,357	1,169	379,039	297,674	0,005019	0,0245
	1600	1617	14,017	2,373	312,279	445,918	0,006187	0,0333
	2000	2019	17,185	3,633	274,374	546,724	0,006348	0,0436
	2400	2395	17,372	4,357	271,318	552,654	0,007097	0,0463
	2800	2785	12,786	3,729	334,668	406,782	0,008398	0,0413
	3200	3215	10,512	3,539	343,458	334,439	0,009254	0,0365
% 50 MYME	1200	1219	10,736	1,370	380,694	341,554	0,005019	0,0289
	1600	1610	13,681	2,307	273,129	435,245	0,006348	0,0276
	2000	2078	16,999	3,699	261,108	540,794	0,006733	0,0398
	2400	2392	17,073	4,277	276,403	543,166	0,007444	0,0441
	2800	2796	11,705	3,427	402,893	372,389	0,008692	0,0441
	3200	3210	9,879	3,321	383,953	314,278	0,009254	0,0383
% 100 MYME	1200	1195	11,966	1,497	324,875	380,691	0,004708	0,0287
	1600	1606	12,078	2,031	299,539	384,249	0,006187	0,0273
	2000	2012	15,135	3,189	298,835	481,497	0,006022	0,0440
	2400	2388	16,290	4,074	290,171	518,261	0,007511	0,0437
	2800	2817	9,916	2,925	437,583	315,463	0,008517	0,0417
	3200	3216	9,692	3,264	441,156	308,348	0,009254	0,0432

Ek 21. Farklı Karışım Oranlarındaki KYME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	İs	Hava tüketimi
% 5 KYME	1200	1215	3,07	12	91	262,3	106,4	3,4	0,13	545	140	34	15
	1600	1585	3,35	16	97	285,2	103,3	5,06	0,18	677	288	34	20
	2000	2015	3,39	14	73	295,8	102,8	4,56	0,18	403	108	38	22,5
	2400	2390	4,58	16	62	290,7	100	4,42	0,17	327	94	46	26,5
	2800	2785	3,22	22	61	282,9	103,1	5,02	0,2	293	137	34,5	36
	3200	3215	2,88	24	75	232,8	101,3	4,58	0,13	223	130	12,9	40
% 20 KYME	1200	1215	2,76	18	119	260,3	104	4,58	0,13	486	130	25,3	12
	1600	1587	3,77	12	71	304	105,1	4,78	0,13	466	170	37,2	18
	2000	1978	4,39	18	67	286,3	105,6	5,61	0,26	425	210	42,7	19
	2400	2426	4,86	28	77	302	104,2	4,79	0,19	382	136	42,3	27
	2800	2811	3,37	18	51	294	102,2	5,66	0,23	325	289	30	36
	3200	3212	2,99	32	99	272	102	4,58	0,14	244	250	11,3	42,5
% 50 KYME	1200	1220	2,85	8	74	267,4	105,6	4,63	0,12	540	138	21,2	12
	1600	1580	2,82	16	89	291,8	105,5	5,71	0,26	584	335	32,4	19
	2000	1979	4,26	16	67	301	105,6	4,51	0,18	458	129	38	21
	2400	2462	4,45	20	69	297,8	102,8	5,07	0,2	394	197	35,9	28
	2800	2827	3,14	24	65	280,6	103,4	4,83	0,17	323	150	26	36
	3200	3230	2,99	24	73	243,4	100,8	4,23	0,11	208	108	9,6	42,5
% 100 KYME	1200	1183	2,53	18	93	273,2	105	5,07	0,16	656	186	26,4	15
	1600	1580	2,94	22	107	282,6	107,8	6,07	0,28	641	320	33	19
	2000	2020	4,86	18	62	290,9	107,2	6,05	0,28	462	325	32,3	21
	2400	2390	4,83	30	89	286,5	105,9	5,8	0,24	403	260	26	29
	2800	2782	3,11	26	67	263,1	106,4	5,42	0,21	334	198	20	37,5
	3200	3200	3,08	26	71	248,6	105	5,87	0,27	221	236	7	42,5

Ek 22. Farklı Karışım Oranlarındaki KYME Hesaplama Değerleri

Yakt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B	Hava Tüketimi	Yakt Hava Oranı
% 5 KYME	1200	1215	11,444	1,456	326,022	364,088	0,005498	0,0240
	1600	1585	12,488	2,073	286,481	397,294	0,006348	0,0260
	2000	2015	12,637	2,667	238,912	402,038	0,006753	0,0285
	2400	2390	17,073	4,273	217,413	543,166	0,007307	0,0353
	2800	2785	12,004	3,301	370,880	381,877	0,008517	0,0423
	3200	3215	10,736	3,615	318,712	341,554	0,008978	0,0356
% 20 KYME	1200	1215	10,289	1,309	415,970	327,323	0,004917	0,0308
	1600	1587	14,054	2,336	260,511	447,104	0,006022	0,0281
	2000	1978	16,365	3,390	285,317	520,633	0,006187	0,0434
	2400	2426	18,117	4,603	284,421	576,373	0,007376	0,0493
	2800	2811	12,563	3,698	343,584	399,666	0,008517	0,0414
	3200	3212	11,146	3,749	310,377	354,600	0,009254	0,0349
% 50 KYME	1200	1220	10,624	1,357	286,731	337,997	0,004917	0,0220
	1600	1580	10,512	1,739	372,088	334,439	0,006187	0,0291
	2000	1979	15,880	3,291	261,223	505,216	0,006305	0,0367
	2400	2462	16,589	4,277	243,980	527,749	0,007511	0,0386
	2800	2827	11,705	3,465	383,587	372,389	0,008517	0,0434
	3200	3230	11,146	3,770	313,932	354,600	0,009254	0,0355
% 100 KYME	1200	1183	9,431	1,168	596,356	300,046	0,005498	0,0352
	1600	1580	10,960	1,813	408,184	348,670	0,006187	0,0332
	2000	2020	18,117	3,832	272,719	576,373	0,006305	0,0446
	2400	2390	18,005	4,306	269,282	572,815	0,007644	0,0441
	2800	2782	11,593	3,378	413,621	368,831	0,008692	0,0446
	3200	3200	11,482	3,848	342,638	365,273	0,009254	0,0396



Ek 23. Farklı Karışım Oranlarındaki A YME Ölçüm Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Kuvvet	Yakıt tüketimi	Zaman	Egzoz sıcaklığı	Yağ sıcaklığı	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	HC	İs	Hava tüketimi
% 5 AYME	1200	1212	3,36	14	84	315	101,5	5,13	0,17	753	270	32,3	12
	1600	1615	3,62	14	63	299	102,8	4,93	0,22	586	268	39,3	22
	2000	1985	3,74	14	64	300	101,6	4,82	0,18	352	115	50,9	25
	2400	2419	4,24	34	102	331	98,6	4,86	0,18	407	153	47	27,5
	2800	2789	3,16	38	130	331	96,9	5,31	0,22	299	115	21,5	37,5
	3200	3203	3,11	38	106	277,5	94,3	5,4	0,2	260	188	15	44
% 20 AYME	1200	1223	3,34	14	54	269,4	104	5,02	0,17	625	230	32,3	15
	1600	1615	3,44	6	31	279,4	105	4,98	0,18	525	234	31	22
	2000	2000	3,91	22	102	281	107,3	5	0,2	533	269	32	22,5
	2400	2025	4,05	12	68	275,4	102,4	6,56	0,32	358	291	41,7	29
	2800	2787	3,22	32	94	266,7	98,8	6,07	0,28	254	312	34,5	37,5
	3200	3181	3,11	28	79	222,5	97,5	5,3	0,17	252	205	12	45
% 50 AYME	1200	1215	3,34	10	70	240,1	103,8	5,35	0,21	759	219	49,9	12
	1600	1612	3,44	8	54	247	103,7	5,75	0,3	472	282	45,3	18
	2000	1992	3,97	18	62	306	102,4	5,4	0,23	392	170	44,2	20
	2400	2412	4,47	20	59	293,7	101,4	5,2	0,21	350	178	40,7	28
	2800	2784	3,05	26	72	259,4	101	5,9	0,25	278	252	29,9	37,5
	3200	3215	2,78	46	122	215,6	99,3	5,09	0,18	211	253	4,7	45
% 100 AYME	1200	1185	3,34	10	55	255	104	4,8	0,2	553	165	49	13,5
	1600	1616	3,39	28	138	258	101,3	4,45	0,2	342	165	42	20
	2000	2181	3,96	26	69	268	104,7	4,65	0,24	352	165	39,4	22,5
	2400	2414	4,2	34	79	275,7	108,2	4,32	0,19	303	165	35	29
	2800	2800	2,5	30	84	261	101,1	4,8	0,2	329	152	21	36
	3200	3189	2,59	26	66	295	97,9	3,05	0,11	138	132	7,1	42,5

Ek 24. Farklı Karışım Oranlarındaki A YME Hesaplama Değerleri

Yakıt	Devir	Ölçülen Devir	Moment	Efektif Güç	Ö. Y. T.	O. E. B.	Hava Tüketimi	Yakıt Hava Oranı
% 5 AYME	1200	1212	12,525	1,590	377,423	398,480	0,004917	0,0339
	1600	1615	13,495	2,282	350,532	429,315	0,006658	0,0334
	2000	1985	13,942	2,898	271,730	443,546	0,007097	0,0308
	2400	2419	15,806	4,004	299,708	502,844	0,007444	0,0448
	2800	2789	11,780	3,440	305,862	374,761	0,008692	0,0336
	3200	3203	11,593	3,889	331,881	368,831	0,009416	0,0381
% 20 AYME	1200	1223	12,451	1,595	585,306	396,108	0,005498	0,0472
	1600	1615	12,824	2,169	321,277	407,968	0,006658	0,0291
	2000	2000	14,576	3,053	254,353	463,708	0,006733	0,0320
	2400	2025	15,098	3,202	198,433	480,311	0,007644	0,0231
	2800	2787	12,004	3,503	349,825	381,877	0,008692	0,0392
	3200	3181	11,593	3,862	330,391	368,831	0,009522	0,0372
% 50 AYME	1200	1215	12,451	1,584	324,639	396,108	0,004917	0,0291
	1600	1612	12,824	2,165	246,374	407,968	0,006022	0,0246
	2000	1992	14,799	3,087	338,550	470,823	0,006348	0,0457
	2400	2412	16,663	4,209	289,944	530,121	0,007511	0,0451
	2800	2784	11,370	3,315	392,187	361,716	0,008692	0,0415
	3200	3215	10,363	3,489	389,039	329,695	0,009522	0,0396
% 100 AYME	1200	1185	12,451	1,545	423,637	396,108	0,005215	0,0349
	1600	1616	12,637	2,139	341,554	402,038	0,006348	0,0320
	2000	2181	14,762	3,372	402,342	469,637	0,006733	0,0560
	2400	2414	15,657	3,958	391,459	498,100	0,007644	0,0563
	2800	2800	9,320	2,733	470,506	296,488	0,008517	0,0419
	3200	3189	9,655	3,224	439,842	307,162	0,009254	0,0426