

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

ÖN ISITMA UYGULANMIŞ NANOPARTİKÜL KATKILI
ALTERNATİF YAKITIN BİR DİZEL MOTORUNDA ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Tez Yazarı
Burkay UYAR

Danışman
Prof. Dr. Hanbey HAZAR

ARALIK 2022
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı:	Ön Isıtma Uygulanmış Nanopartikül Katkılı Alternatif Yakıtın Bir Dizel Motorunda Etkilerinin Araştırılması
Yazarı:	Burkay UYAR
İlk Teslim Tarihi:	06.12.2022
Savunma Tarihi:	28.12.2022

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Hanbey HAZAR Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Cumali İLKILIÇ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	Onayladım
Üye:	Dr. Öğr. Üyesi Tahsin YÜKSEL Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza
Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Ön Isıtma Uygulanmış Nanopartikül Katkılı Alternatif Yakıtın Bir Dizel Motorunda Etkilerinin Araştırılması ” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

28.12.2022

Burkay UYAR



ÖNSÖZ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile enerji ihtiyacı artmaktadır. Bununla beraber fosil kaynağının azalması otomotiv sektörü için alternatif yenilenebilir enerji kaynağı olan biyodizele ilgiyi arttırmıştır. Biyodizel bitkisel yağlardan ve hayvansal atıklardan yapılabildiği için maliyeti ucuz ve yapısı bakımından doğada kolay bozulabildiği için çevre dostudur. Dizel motorlarda kullanılabilirliği ise günümüz hava kirlenme çalışmaları için cezbedici bir yakıt kaynağı haline gelmektedir. Biyodizel yakıtına çeşitli katkıları yapılarak dizel yakıtı verimine yaklaşmak mümkündür. Bu tez çalışmasında farklı ham yağlardan biyodizel üretimi yapılarak dizel yakıtında kullanımı ve ön ısıtma ile nanopartikül katkısı yapılarak motor performansı ile egzoz emisyonları geliştirilmeye çalışılmıştır.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Hanbey HAZAR hocama desteklerinden dolayı teşekkürlerimi bildirmek isterim. Deneysel çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Hüseyin SEVİNÇ hocama ve Prof. Dr. Sinan SAYDAM hocama teşekkür eder ve şükranlarımı sunarım. Bunların yanı sıra çalışmalarımı yaparken benden maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme minnet borçluyum.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından **TEKF.21.17** protokol numaralı proje ile desteklenmiştir.

Burkay UYAR
ELAZIĞ, 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. BİYODİZEL.....	4
2.1. Biyodizelin Özellikleri	5
Yoğunluk	5
Kinematik Viskozite	6
Ester İçeriği	6
Parlama Noktası.....	6
Kükürt İçeriği	7
Karbon Kalıntısı	7
Su İçeriği	7
Setan Sayısı ve İndisi.....	8
Sülfatlanmış kül İçeriği	8
Soğuk Akış Özellikleri	9
Biyodizelin Toksik Etkileri	9
Biyodizelin Biyobozunabilirliği	9
2.2. Biyodizel Üretim Yöntemleri	10
2.2.1. Seyreltme (İnceltme).....	11
2.2.2. Mikroemülsiyon Oluşturma	12
2.2.3. Piroliz (Isıl Parçalanma).....	12
2.2.4. Transesterifikasyon Yöntemi (İç Ester Değişim Reaksiyonu)	12
2.2.5. Transesterifikasyon Reaksiyonuna Etki Eden Parametreler.....	12
3. PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYONLARI	16
3.1. Karbon Monoksit (CO).....	16
3.2. Karbon Dioksit (CO ₂).....	16
3.3. Hidrokarbonlar (HC)	17
3.4. Azot Oksitler (NO _x).....	17
3.5. Duman (İs) Yoğunluğu.....	17
3.6. Özgül Yakıt Tüketimi (FÖYT).....	18
3.7. Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS)	18
3.8. Titreşim	19
4. NANOPARTİKÜL	20
5. MATERYAL VE METOT	23
5.1. Havuç Tohumu Metil Ester Üretimi.....	23
5.2. Tatlı Badem Tohumu Metil Esteri.....	24

5.3. Motor Deney Düzenegi	26
5.4. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı	27
5.5. Gürültü Ölçüm Cihazı	28
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
6.1. CO Emisyonlarının Değerlendirilmesi	30
6.1.1. Tatlı Badem Biyodizel	30
6.1.2. Tatlı Badem Ham Yağı	33
6.1.3. Havuç Yağı Biyodizel	35
6.1.4. Havuç Ham Yağı	38
6.2. HC Emisyonlarının Değerlendirilmesi	40
6.2.1. Tatlı Badem Biyodizel	40
6.2.2. Tatlı Badem Ham Yağı	43
6.2.3. Havuç Yağı Biyodizel	45
6.2.4. Havuç Ham Yağı	48
6.3. NOx Emisyonlarının Değerlendirilmesi	50
6.3.1. Tatlı Badem Biyodizel	50
6.3.2. Tatlı Badem Ham Yağı	53
6.3.3. Havuç Yağı Biyodizel	55
6.3.4. Havuç Ham Yağı	58
6.4. Duman (İs) Yoğunluğunun Değerlendirilmesi	60
6.4.1. Tatlı Badem Biyodizel	60
6.4.2. Tatlı Badem Ham Yağı	63
6.4.3. Havuç Yağı Biyodizel	66
6.4.4. Havuç Ham Yağı	68
6.5. EGS Sonuçlarının Değerlendirilmesi	71
6.5.1. Tatlı Badem Biyodizel	71
6.5.2. Tatlı Badem Ham Yağı	73
6.5.3. Havuç Yağı Biyodizel	76
6.5.4. Havuç Ham Yağı	78
6.6. Fren Özgöl Yakıt Tüketimi Değerleri	81
6.6.1. Tatlı Badem Biyodizel	81
6.6.2. Tatlı Badem Ham Yağı	83
6.6.3. Havuç Yağı Biyodizel	86
6.6.4. Havuç Ham Yağı	88
6.7. Tork Sonuçlarının Değerlendirilmesi	91
6.7.1. Tatlı Badem Biyodizel	91
6.7.2. Tatlı Badem Ham Yağı	93
6.7.3. Havuç Yağı Biyodizel	96
6.7.4. Havuç Ham Yağı	98
6.8. Titreşim Sonuçlarının Değerlendirilmesi	101
6.8.1. Tatlı Badem Biyodizel	101
6.8.2. Tatlı Badem Ham Yağı	103
6.8.3. Havuç Yağı Biyodizel	106
6.8.4. Havuç Ham Yağı	108
6.9. Gürültü Sonuçlarının Değerlendirilmesi	111
6.9.1. Tatlı Badem Biyodizel	111
6.9.2. Tatlı Badem Ham Yağı	113

6.9.3. Havuç Yağı Biyodizel	115
6.9.4. Havuç Ham Yağı.....	118
7. SONUÇLAR.....	121
8. ÖNERİLER.....	128
KAYNAKLAR.....	129
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Ön Isıtma Uygulanmış Nanopartikül Katkılı Alternatif Yakıtın Bir Dizel Motorunda Etkilerinin Araştırılması

Burkay UYAR

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2022, Sayfa: xiii + 136

Günümüzde insan nüfusu artışı ve beraberinde artan enerji ihtiyacının aksine bu ihtiyacı karşılayan fosil kaynakların azalması sonucu alternatif enerji kaynaklarının artışı hızlanmıştır. Bu kaynakların başında bitkisel yağlardan, hayvansal yağlardan ve atık yağlardan elde edilen biyodizel gelmektedir. Çalışmada, badem ve havuç ham yağlarından transesterifikasyon yöntemi ile badem metil ester (BME) ve havuç metil ester (HME) üretimi yapılmıştır. Üretilen metil esterler dizel yakıt ile farklı oranlarda (%20, %60, %100) karıştırılarak, nanopartikül katkısı ve ön ısıtma yapılarak sabit devir ve farklı yük (1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw) koşulları altında test edilmiştir. Deneyler, tek silindirli hava soğutmalı bir dizel motorda yapılmıştır. Ayrıca aynı ham yağlar dizel yakıtı ile farklı oranlarda (%10, %20, %40) karıştırılarak nanopartikül katkısı ve ön ısıtma yapılarak aynı deney şartları uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; metil ester kullanımında motor performansında düşüş ve emisyonlarda iyileşme görülmüştür. Ancak yapılan ön ısıtma işlemi ve nanopartikül katkıları sayesinde motor performansında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Badem biyodizel, Badem ham yağ, Havuç biyodizel, Havuç ham yağ, Nanopartikül, Ön Isıtma

ABSTRACT

Investigation of The Effects of Preheated Nanoparticle Additive Alternative Fuel In A Diesel Engine

Burkay UYAR

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Automotive Engineering

December 2022, Pages: xiii + 136

Today, the increase in alternative energy sources has accelerated as a result of the increase in human population and the decrease in fossil resources that meet this need, contrary to the increasing energy need. Biodiesel is obtained from vegetable oils, animal fats and waste oils. In the study, almond methyl ester (BME) and carrot methyl ester (HME) were produced from almond and carrot crude oil. Produced methyl esters are mixed in different ratios (20%, 60%, 100%) with nanoparticle additive and preheating at different loads (1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw) at constant speed (2000 dv/min) conditions with single cylinder air cooling. Performance and exhaust emission values of a diesel engine were investigated. In addition, the same experimental conditions were applied by mixing the same crude oils with diesel fuel at different rates (10%, 20%, 40%) by adding nanoparticles and preheating. According to the results obtained; In the use of methyl ester, a decrease in engine performance and an improvement in emissions were observed. However, it has been observed that there is an increase in engine performance thanks to the thermal and nanoparticle additives.

Keywords: Almond biodiesel, Almond crude oil, Carrot biodiesel, Carrot crude oil, Nanoparticle, Preheat

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Sırasıyla Kolza, Ayçiçeği, Soya, Aspir.....	4
Şekil 5.1. Havuç tohumu yağı transesterifikasyon reaksiyonu	23
Şekil 5.2. Biyodizel yıkama işlemi	24
Şekil 5.3. Badem tohumu yağı transesterifikasyon reaksiyonu.....	24
Şekil 5.4. Badem metil ester yıkama işlemi.....	25
Şekil 5.5. Motor test düzeneği şematiği.....	26
Şekil 5.6. Egzoz emisyon ölçüm cihazı	27
Şekil 5.7. Testo marka gürültü cihazı	28
Şekil 6.1. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem yağı biyodizel yakıtları CO emisyon değerleri	31
Şekil 6.2. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtların CO emisyon değerleri	32
Şekil 6.3. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtların CO emisyon değerleri.....	33
Şekil 6.4. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtların CO emisyon değerleri.....	34
Şekil 6.5. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların CO emisyon değerleri	36
Şekil 6.6. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların CO emisyon değerleri.....	37
Şekil 6.7. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların CO emisyon değerleri.....	38
Şekil 6.8. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların CO emisyon değerleri.....	39
Şekil 6.9. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri.....	41
Şekil 6.10. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri	42
Şekil 6.11. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri.....	43
Şekil 6.12. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri.....	44
Şekil 6.13. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri	46
Şekil 6.14. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri.....	47
Şekil 6.15. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri	48
Şekil 6.16. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri	49
Şekil 6.17. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri	51
Şekil 6.18. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının NOx emisyon değerleri	52
Şekil 6.19. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının NOx emisyon değerleri	53
Şekil 6.20. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının NOx emisyon değerleri	54
Şekil 6.21. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri.....	56
Şekil 6.22. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri.....	57
Şekil 6.23. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri	58

Şekil 6.24.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı biyodizel yakıtların NO _x emisyon değerleri	59
Şekil 6.25.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının İS emisyonu değerleri	61
Şekil 6.26.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının İS emisyon değerleri	62
Şekil 6.27.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının İS emisyon değerleri	64
Şekil 6.28.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının İS emisyon değerleri	65
Şekil 6.29.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtlarının İS emisyonu değerleri	66
Şekil 6.30.	Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtlarının İS emisyonu değerleri	67
Şekil 6.31.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların İS emisyon değerleri	69
Şekil 6.32.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların İS emisyon değerleri	70
Şekil 6.33.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının EGS değerleri	72
Şekil 6.34.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının EGS değerleri	72
Şekil 6.35.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının EGS değerleri	74
Şekil 6.36.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının EGS değerleri	75
Şekil 6.37.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtlarının EGS değerleri	76
Şekil 6.38.	Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtlarının EGS değerleri	77
Şekil 6.39.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların EGS emisyon değerleri	79
Şekil 6.40.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların EGS emisyon değerleri	80
Şekil 6.41.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının FÖYT değerleri	82
Şekil 6.42.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının FÖYT değerleri	82
Şekil 6.43.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının FÖYT değerleri	84
Şekil 6.44.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının FÖYT değerleri	85
Şekil 6.45.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların FÖYT emisyon değerleri	86
Şekil 6.46.	Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların FÖYT emisyon değerleri	87
Şekil 6.47.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların FÖYT emisyon değerleri	89
Şekil 6.48.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların FÖYT emisyon değerleri	90
Şekil 6.49.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının tork değerleri	91
Şekil 6.50.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının tork değerleri	92
Şekil 6.51.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının tork değerleri	94
Şekil 6.52.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının tork değerleri	95
Şekil 6.53.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç biyodizel yakıtlarının tork değerleri	96
Şekil 6.54.	Ön ısıtma uygulanmış havuç biyodizel yakıtlarının tork değerleri	97
Şekil 6.55.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağ yakıtlarının tork değerleri	99
Şekil 6.56.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağ yakıtlarının tork değerleri	100
Şekil 6.57.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri	101

Şekil 6.58.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri	102
Şekil 6.59.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının titreşim değerleri	104
Şekil 6.60.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının titreşim değerleri	105
Şekil 6.61.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri	107
Şekil 6.62.	Ön ısıtma uygulanmış havuç biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri	107
Şekil 6.63.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtlarının titreşim değerleri.....	109
Şekil 6.64.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtlarının titreşim değerleri.....	110
Şekil 6.65.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri.....	111
Şekil 6.66.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri.....	112
Şekil 6.67.	Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının gürültü değerleri	114
Şekil 6.68.	Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının gürültü değerleri	114
Şekil 6.69.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri	116
Şekil 6.70.	Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri	117
Şekil 6.71.	Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtlarının gürültü değerleri	119
Şekil 6.72.	Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtlarının gürültü değerleri	119

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Tek kademeli homojen baz katalizörlü transesterifikasyon yöntemi için önerilen serbest yağ asidi seviyeleri	13
Tablo 5.1. Yakıtların Özellikleri	25
Tablo 5.2. Deney motoru özellikleri	27
Tablo 5.3. Egzoz emisyon ölçüm cihazı teknik özellikleri	27
Tablo 5.4. Testo marka gürültü ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	28



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

AlO ₂	: Alüminyum oksit
C ₁₆	: Palmitik asit
C ₁₆	: Palmitik asit
C ₁₈	: Stearik asit
CaO	: Kalsiyum oksit
CeO ₂	: Seryum oksit
CH ₂	: Metilen
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbon dioksit
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
HC	: Hidrokarbon
HCl	: Hidroklorik asit
HF	: Hidrojen florür
KOH	: Potasyum hidroksit
mg	: miligram
MgO	: Magnezyum oksit
NaOCH ₃	: Sodyum metoksit
NaOH	: Sodyum hidroksit
NO _x	: Azot oksit
PM	: Partikül madde
SnO ₂	: Kalay dioksit
SO ₂	: Kükürt dioksit
TiO ₂	: Titanyum oksit
ZrO ₂	: Zirkonyum dioksit

Kısaltmalar

ASTM	: Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu
B100	: Hacimsel bazda %100 biyodizel %0 dizel karışımı
B20	: Hacimsel bazda %20 biyodizel %80 dizel karışımı
B60	: Hacimsel bazda %60 biyodizel %40 dizel karışımı
BME	: Badem yağı metil ester
BY	: Biyodizel yakıtları
DY-Ti	: Seryum oksit katkılı dizel yakıtı
HB-Ce	: Seryum oksit katkılı ham badem yağ
IHB-Ce	: Seryum oksit katkılı ön ısıtma uygulanmış ham badem yağ
DY	: Normal dizel yakıtı
IBME	: Ön ısıtma uygulanmış badem metil ester
IHB	: Ön ısıtma uygulanmış ham badem yağ
BME-Ti	: Titanyum oksit katkılı badem metil ester
DY-Ti	: Titanyum oksit katkılı dizel yakıtı
IBME-Ti	: Titanyum oksit katkılı ön ısıtma uygulanmış badem metil ester

1. GİRİŞ

Enerji artık ülkelerin bağımsızlığını gösteren bir faktör olmaktadır. Ülkenin sosyal kalkınması, ekonomik gücü enerji üretimi arttıkça artmaktadır [1]. Dünyada sanayinin gelişimi ile makine ve araç çeşitliliğinin artması enerjiye duyulan ihtiyacı gün geçtikçe artırmaktadır [2].

Günümüzde enerji çeşitli kaynaklardan üretilmektedir. Bu kaynaklardan petrol, kömür ve doğalgaz üretilen enerjinin %87'lik kısmını oluşturmaktadır. Özellikle ulaştırma sektörünün enerji ihtiyacı birincil enerji kaynağı olarak petrolü kullanmaktadır. Petrol 2013 yılı sonu ile enerji ihtiyacının %33'ünü, doğalgaz %24'ünü karşılamıştır. Enerji kaynaklarının ihtiyacı 2012 yılından 2040'a kadar; petrolde %13.5, kömürde %14.6, doğalgazda %55, nükleerde %88.5, yenilenebilir kaynaklarda ise (su dahil) %317 olacağı tahmin edilmektedir [3].

Çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşlar (Uluslararası Enerji Ajansı, ABD Enerji İdaresi, British Petroleum, ExxonMobil vb.) tarafından yapılan araştırmalar sonucu petrolün birincil enerji kaynağı sıralamasında yerini uzun süre koruyacağını belirtmektedir [3].

Dünyada petrol üretimi 2013 yılında 90.08 milyon varil/gün iken 2014 yılında %2.3 artarak 92.15 milyon varil/gün olmuştur. 2014 yılında petrol üretimi birinciliği 12.43 milyon varil/gün ile ABD'dir. Üretilen petroller dünya çapında alınıp satılmaktadır. 2012 yılında petrol ticareti 54.7 milyon varil/gün'dür. 2013 yılında %1.7 artış göstererek 55.7 milyon varil/gün olmuştur. 2013 yılında petrol ticareti birinciliği 9.793 milyon varil/gün ile ABD'de bulunmaktadır. Sonraki sıralarda ise Çin, Japonya, Hindistan, Singapur bulunmaktadır [3].

Petrol rezerv ömrünü hesaplamak için mevcut üretimi ispatlanmış rezervlerin ve mevcut üretimin bilinmesi gerekir ve bu bilgilerin bölünmesiyle ömür bulunur. Dünya petrol rezervi 2011 yılında %0.9 artış vardır. 2011 yılında petrol üretimi artışı petrol rezerv ömrünü 53.8 yıla yükseltmesine karşın 2012 yılında bu durum 52.9 yıla düştüğü görülmektedir [3,4]. 2013 yılında yeni rezerv keşifleri sayesinde rezerv ömrü 53.3 olduğu görülmektedir [3].

Türkiye'de 2013 yılında toplam enerji tüketimi 120.9 milyon ton petrol olmasına karşın üretilen petrol 31.94 milyon tondur. Bu durum geri kalan ihtiyacı dışa bağımlı olarak petrol ve doğalgaz kullanımı oluşturmaktadır. Toplam verilen değerler petrole eşdeğer değerlerdir. Toplam enerji tüketimi payları, %31 ile doğalgaz, %29 ile kömür, %28 ile petrol ve %4 ile hidroliktir [5]. Şekil 1.3'te 2014 yılı öncesi Türkiye petrol tüketimi verilmektedir. Türkiye 2014 yılında 49 bin varil/gün petrol üretirken 718 bin varil/gün tüketim yapmaktadır. Bu açığın büyük bölümü ithalat ile karşılanmaktadır. 2014 yılında 359 bin varil/gün ham petrol ve 310bin varil/gün işlenmiş ürün ithalatı yapıldığı görülmektedir. Türkiye %93 oranında petrol için dışa bağımlılığı vardır.

Türkiye'nin petrol ithal ettiği ülkeler, ilk sırada %31 ile Irak, Irak'ı %30 ile İran, %11 ile Suudi Arabistan, %10 ile Nijerya ve %9 ile Kazakistan izlemektedir [3].

Fosil kaynakların yakın zamanda azalması ve gelecek yıllarda sınırlı hale gelmesi insanları enerji kaynaklarını kullanırken tasarrufa zorlamaya yöneltceğinden yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları aramaya başlanmıştır [6]. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları içinde biyokütle büyük potansiyele sahiptir. Güneş enerjisini kimyasal enerji olarak kendilerine bağlayan bitkiler yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmak istenmiştir. Biyokütle, bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yaparak kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması ile oluşmaktadır. Odun, yağlı tohumlu bitkiler, karbon-hidrat bitkileri, elyaf bitkileri, protein bitkileri, bitkisel atıklar, hayvansal atıklar ile şehirselle ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji kaynaklarından kabul edilmektedir [7,8]. Her yıl doğada 150 milyar ton biyokütle üretilmekte bunun sadece %10'luk kısmı ticari olarak kullanılmakta olup artık bu potansiyel enerjiyi dünya kullanma yolları aramakta ve biyokütle enerjisi önem kazanmaktadır [9]. Biyokütle doğrudan yakıt olarak kullanılmakla birlikte işlemlerden geçerek sıvı (biyodizel) ve gaz (biyogaz, hidrojen) enerji ürünlerine dönüştürülerek de kullanılabilir. Bu işlemler sayesinde biyokütle ulaşım, ısı ve elektrik gibi enerji tüketimleri için üretim kaynağı olarak kullanılabilir. Ayrıca bu üretim kırsal kesimin ekonomisini geliştirmek için önemli rol oynamaktadır. Bu durum ekonomisi güçlü ülkelerde (ABD ve AB ülkeleri) kırsal kalkınma için değerlendirilmeye alınmıştır [10]. Biyokütle olarak en önemli alternatif enerji kaynağı ise biyodizel, biyomotorin olarak adlandırılan yakıt yer almaktadır [11].

Biyodizel tanımı ASTM (American Society for Testing Material) tarafından bitkisel veya hayvansal yağlardan türetilen yağ asidi zincirinin mono alkil esteri olarak tanımlanmaktadır. "biyo" yenilenebilir biyolojik kaynaklı olduğunu ve "dizel" ise dizel motorlarda kullanılabilirliğini belirtmektedir [12,13].

Biyodizeli gündeme getiren durumlar;

- Fosil yakıtlara göre çevreye daha az zarar vermesi,
- Dizel motorlarda kullanıldığında oluşan emisyon değerleri dizel yakıtı göre daha az olması ve aromatik bileşikler ile kükürt oranı neredeyse yok denilebilecek kadar az olması,
- Enerjide dışa bağımlılığı azaltması,
- Dünyadaki petrol fiyatlarının dalgalanması ve ekonomik krizlere çözüm olabilecek kapasiteye sahip olması,
- Küresel ısınma etkisini azaltma potansiyeli olması,
- Zorunlu durumlarda (savaş gibi) stratejik yakıt olması,
- Ülkenin tarımsal kalkınmasını sağlaması,
- Setan sayısının dizele göre yüksek olması,

- Parlama noktası yüksek olduğundan taşırken ve depolama yaparken tehlikeli olmaması
- Biyolojik olarak ayrışabildiğinden zehirli sayılmaması olabilir [9,14–16].

Çalışmada içten yanmalı motorlarda alternatif olarak kullanılabilecek olan yakıtların farklı oranlarının ve farklı oranlara eklenen katkı maddelerinin motor performansına ve egzoz emisyonuna etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Deneysel çalışmada NO_x, CO, HC, İS, Fren Özgöl Yakıt Tüketimi (FÖYT), Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS) ve Titreşim ölçümleri deney sırasında uygulanan farklı yüklerde her bir yük için alınmıştır.



2. BİYODİZEL

Biyodizel hayvansal yağların baz ve alkolle karıştırılması ile dizel yakıtı çevrilerek elde edilen üründür. Şekil 2.1’de Kolza, ayçiçeği, soya, aspir bitkilerden alınan yağlarla veya hayvansal yağların katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol ve etanol) tepkimesi sonucu oluşan yakıt olarak kullanılan ürünler gösterilmiştir [17].



Şekil 2.1. Sırasıyla Kolza, Ayçiçeği, Soya, Aspir

Dünyada yaklaşık 250000 bitki türü olduğu bilinmektedir. Bunlardan 4500 adedinin yağları incelenmesine rağmen sadece 100 kadarının ticari açıdan kullanılabileceği tespit edilmiştir. Ülkemizde tropik bitkiler dışında bütün yağlık bitkiler yetişmektedir. Bitkisel yağlar, yağlı bitki tohumlarından (ayçiçeği, çğit, susam, kolza, aspir, soya fasulyesi) sağlanan ve yağlı meyvelerden (zeytin, badem, fındık, palm meyvesi, hindistan cevizi, ceviz, avokado) sağlanan olarak ikiye ayrılmaktadır [18]. Dünyada birçok yağlı tohum üretimi olduğu bilinmektedir. Bunlardan en fazla üretimi yapılanlar, soya, yerbıstığı, ayçiçeği, kolza, mısır, zeytin, susam, palmiye tohumu, keten tohumu, aspir ve hindistan cevizi olduğu bilinmektedir [19]. Hayvansal yağlar genellikle atık yağlardan oluşmaktadır. Hayvansal yağlar çok olmamakta ve bugüne kadar yaklaşık 1500 deniz ve kara hayvan yağı incelenmiştir. Hayvansal yağlar, kara hayvanlarının iç yağları (çöz yağları), kuyruk yağları (özellikle koyun, sığır ve domuz gibi hayvanlardan elde edilen yağlar), sütünden elde edilen yağlar (koyun, inek gibi hayvanların sütünden elde edilen tereyağlar), deniz hayvanlarından elde edilen yağlar (çeşitli balıklardan elde edilen yağlar ve balina iç yağları ile karaciğerlerinden elde edilen yağlar) olmak üzere gruplara ayrılmaktadır.

İnsanoğlunun kullandığı bilinen en eski biyoyakıt Mısırlıların da aydınlatma amaçlı kullandığı Hint tohumu yağıdır[20]. İlk bitkisel kaynaklı dizel motor denemeleri 1893’te Rudolph Diesel tarafından Almanya’da gerçekleştirilmiştir. 1898’te Paris Dünya Fuarında dizel motorunda kullandığı yer fıstığı yağını sergilemiştir. 1911’de ülkelerin bitkisel yağları biyoyakıt olarak kullanmaları durumunda tarımda ve ülkelerinin gelişiminde büyük katkılar sağlayacağını

belirtmiştir. 1912’de biyoyakıtların o zamanlarda değerli gözükmese de ilerleyen yıllarda petrolün değeriyle eşit görüleceğini vurgulamıştır. Biyodizele ilk 1937 yılında Belçika’da patent alınmıştır. Biyodizel adı ilk olarak 1992 yılında Amerika Ulusal Dizel Geliştirme Kuruluşu tarafından kullanılmıştır. Ülkemizde petrole alternatif yakıt çalışmaları ise 1934 yıllarında, ticari olarak ise 1998 yıllarında başlamıştır.

2.1. Biyodizelin Özellikleri

Biyodizel yapı olarak dizelden farklıdır. Biyodizel C_{16} - C_{18} yağ asidi olan orta uzunluktaki metil ve etil ester yakıttır. Biyodizelin dizelden farklı olması oksijenli yapı içermesidir. Daha çok 16 ile 20 karbona sahip hidrokarbonlardan meydana gelir. Ağırlığının %11’lik kısmı oksijenden meydana gelmektedir. Biyodizel yanma verimi olarak olumsuz emisyonları yani kükürt, aromatik karbonlar, metaller, petrol artıklarını içermez. Biyodizelin ısı değeri, yoğunluk ve viskozite değerleri dizele yakındır ve yağlama özelliği ile az toksik olması dizel yakıtına göre daha iyi özelliklerindendir [17].

Yoğunluk

Yoğunluk, maddenin kütlesinin birim hacmine oranıdır. Yoğunluk, setan sayısı ve ısı değeri gibi yakıt özellikleriyle doğrudan alakalıdır [21]. Yanma olayının modellenmesi, süreçlerinin kontrolü, operasyonu ve tasarımı da kullanılır [22]. Biyodizellerin yoğunlukları genellikle dizellerden yüksektir. Biyodizelin yoğunluğu saflığına ve yağ asidinin kompozisyonuna göre değişir. Yağ asidinin zincir uzunluğunun azaltılması ve çift bağ sayısının artışı yoğunluğu artırırken, metanol gibi artıklar yoğunluğu azaltmaktadır [23]. Yoğunluk yakıtın enerjisiyle alakalı bir özelliktir. Hacimsel olarak yüksek yoğunluk, yüksek potansiyel enerji demektir. Biyodizel enerji bakımından dizelden düşük olmasına karşın hacimsel olarak düşünüldüğünde enerjisi daha yüksek olduğundan aradaki enerji farkı azalmaktadır [24]. Yoğunluğun yüksek olması transesterifikasyon üretim şeklinde gliserolün yeterince uzaklaştırılmadığının göstergesidir [25]. Yüksek yoğunluk zengin karışıma neden olur. Zengin karışım da yanma odası sıcaklığını artırarak tutuşmayı geciktirir. Dizelerde güç artışı istenmesi durumu yakıt miktarı artırılarak karşılanır. Güç artışı istemi sonucu yakıt arttığında oluşan hava-yakıt karışımının homojenliği azalır ve yanma sonu oluşan karbon birikintileri artar [26,27]. Yoğunluğu yüksek biyodizel karışımları dizel ile karıştırıldığında enjeksiyon pompasında yakıt kütle debisi artışı olmuştur [28]. Setan sayısı, viskozite, ısı değeri ve yoğunluk motor performansı ve emisyonlara etki eden özelliklerden biridir. Dizel yakıtına %3 biyodizel katılması viskozite ve yoğunluğu artırarak pompalama kaçaklarını düşürür [26]. Biyodizelin TS EN 14214 standardına göre yoğunluğu 15°C’de 0.860-0.900 g/cm³ arasında olmalıdır.

Kinematik Viskozite

Biyodizel için en önemli yakıt özelliklerinden birisidir. Kinematik viskozite, bir akışkanın akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Bitkisel ve hayvansal yağların yakıt özelliklerinin iyileştirmek için motor ayarlarında değişiklikler yapılması ve yağların viskozitelerinin azaltılması gerekir [14]. Azaltma gerçekleşmesi yağların viskozitesini kimyasal yöntemlerle reaksiyona sokarak yapılmıştır. Bu yöntemlerden en çok tercih edileni transesterifikasyondur. Bu yöntem ile yabani hardal, aspir, ayçiçeği ve keten yağları kullanılarak sırasıyla 7.76, 4.02, 6.95 ve 6.30 kat düşürülmüştür. Transesterifikasyon tam gerçekleşmez ise biyodizel içinde gliserol kalmakta ve kinematik viskozitenin yüksek çıkmasına neden olmaktadır [14]. Biyodizelin viskozitesi dizelden 1,6 kat fazladır ve düşük sıcaklıklarda bu oran artmaktadır [29]. Kinematik viskozite kendisini gösterdiği birkaç durum vardır. Bunlar kullanılan yakıtın atomizasyon kalitesi, motor içinde gerçekleşen yanma olayı ve motor çalışma süresince gerçekleşen aşınmalarda görülebilmektedir. Yüksek viskoziteye sahip yakıtlar, atomizasyon kalitesinin düşmesine, segmanlarda karbon birikmesine, enjektörlerin tıkanmasından kaynaklı hava ile karışım süresinin uzamasına ve yanma odasına giren yakıtın fakirleşmesine neden olur. Bu durumda yakıt tüketimini artırmaya sebebiyet verir. Düşük kinematik viskozite ise yakıt sisteminde sızıntılara yol açmaktadır [26,29,30]. Motorlarda biyodizel kullanım sonunda motor gücü ve torkunda artış görülmüştür. Bu durum biyodizel viskozitesinin dizele göre daha yüksek olduğu için olduğu, yüksek viskozitenin de yakıt püskürtme penetrasyonunu artırdığını ve böylece hava-yakıt karışım oranının iyileştiğini belirtmişlerdir [31,32]. Bazı kötü yakıt enjeksiyonu sonucu verim düşüşünü ve bunun sonucunda gücün azalmasını yüksek viskoziteye olarak düşünen araştırmacılar da vardır [33]. Biyodizelin kinematik viskozitesi TS EN 14214 standardında 40°C’de 3.50-5.00 mm²/s olarak belirlenmiştir.

Ester İçeriği

Ester içeriği biyodizelin saflığını göstermekte olup üretilen içeriğe göre değişmektedir [14,31]. Biyodizelde esterin düşüklüğü reaksiyon koşulları veya üretilen yağda bulunan bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Steroller, artık alkoller, gliserit parçaları, ayrıştırılamayan gliserol ve yüksek oranda sabunlaşmayan madde miktarı ester içeriğini sınır değerlere getiren etkenler olsa da yapılan distilasyon işlemi ile yakın ester içeriği yükseltilerek etkenlerin birçoğu giderilebilmektedir. [23,34]. Biyodizelin ester içeriği TS EN 14214 standardına göre en az %96,5 (m/m) olmalıdır.

Parlama Noktası

Sıvı buharının parladığı en düşük sıcaklıktır. Parlama noktası yakıtlar için taşıma, depolama ve kullanım güvenliği için önemli özelliktir. Biyodizel üretimi esnasında yakıttaki alkol

uzaklaştırılmaz ise parlama noktası düşük kalır [14]. Biyodizeldeki metanol varlığı parlama noktası ile görülebilir [23]. Biyodizelin parlama noktası TS EN 14214 standardına göre en az 101°C olmalıdır.

Kükürt İçeriği

Kükürt içeriği zengin olan yakıtlar insan sağlığına zararlı olan SO₂ ve Pm emisyonlarını yüksek değerlerde egzoz gazı salınım yaptıklarından dolayı ulusal düzeyde sınırlandırılmaktadır. Motorinin yağlayıcı özelliğini iyileştiren parametre olan kükürt bu sınırlandırmadan dolayı azaltılmaktadır. Bu durum motorinin yağlayıcı özelliğini etkileyeceği için alternatif yakıt olan biyodizelin yağlayıcı özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Ayrıca kükürt içeriği yüksek olan yakıtların motorda kullanımları motor parçalarını yorarak aşındırmaya sebebiyet vererek tortu oluşumunu attırmaya neden olduğundan dolayı motorun kullanım süresini ve verimliliğini düşürür. Alternatif yakıt olan biyodizeller kükürt içeriği neredeyse yok denilecek kadar azdır [23]. TS EN 14214 standardında biyodizelin kükürt içeriği en fazla 10 mg/kg olarak verilmiştir.

Karbon Kalıntısı

Karbon kalıntısı yanma sonu yüksek sıcaklıktan dolayı buharlaşan yakıtın arta kalan maddelerin miktarı şeklinde adlandırılır. Arta kalan bu kalıntılar sadece karbondan oluşmasa da karbon kalıntısı olarak standartların neredeyse tümünde yaygın olarak terimleşmiştir. Karbon kalıntısı yakıtın gliserit miktarına, serbest yağ asidine ve katalizör türüne göre birikintileri değişmektedir. Birikintiler yüksek miktarlara ulaşması durumunda enjektör uçlarında birikerek tıkanmalara neden olmaktadır [14,23]. TS EN 14214 standardında biyodizelin karbon kalıntısı çıkarılmıştır. ASTM D6751 standardında ise biyodizelin karbon kalıntısı en fazla %0.05 (m/m) olarak sınırlandırılmıştır.

Su İçeriği

Biyodizel üretimi esnasında birçok işlemten geçmektedir. İşlemler arasında yıkama ve kurulama bölümü biyodizelin su oranını belirleyen faktördür [14]. Kurutma işlemi koşulları sağlamaması durumunda biyodizel yakıtının içerisindeki su miktarı istenilen oranlardan yüksek çıkabilmektedir. Yüksek su oranı biyodizel içerisinde bulunurken kullanım amaçlı yakıt deposu içerisine konulduğunda belirli süre sonunda depo içerisinde bakteri oluşumuna neden olabilmektedir [31], Ayrıca yüksek su oranı ısı değerini düşmesine ve yakıttan alınması gereken gücün azalmasına neden olur. Genel olarak ise su içeriği motorun çalışırken zorlanmasına, yakıt deposu içerisinde ve yakıt pompasında korozyona diğer bir değişle motorun ömrünün azalmasına, biyodizelin soğuk akış özelliklerini kötüleştirmesine ve özgül yakıt tüketimini arttırmasına neden

olur. Kısaca biyodizelin kalitesini kötüleştiren bir durumdur. Yakıtta su bulunması her zaman kötü durum yaratmaz. Yakıtta bir miktar su bulunması egzoz emisyonlarını düşürdüğü, uygun yakıt-su oranının NO_x emisyonlarını ve yanma sıcaklığını azalttığı görülmüştür [11]. Biyodizelin su içeriği TS EN 14214 standardına göre en fazla 500 mg/kg olmalıdır.

Setan Sayısı ve İndisi

Setan sayısı, dizel yakıtında tutuşma kalitesinin karşılığı olan, setan motoru yardımıyla ölçümü yapılan biyodizel yakıtında tutuşma kalitesidir [35]. Biyodizel yakıtı dizel yakıtına kıyasla daha fazla setan sayısına sahip olduğundan biyodizel yakıtını dizel motorda kullanımı sonucu tutuşma kabiliyeti yüksek olacaktır. Biyodizel içinde bulundurduğu yağ asidi ve bununla beraber ester grupları ne kadar fazla sayıda ise setan sayısı da artmaktadır. Bu duruma zıt olarak çift bağlı zincir gruplarının fazlalığı setan sayısında düşüslere neden olmaktadır [34]. Yüksek setan değerine sahip biyodizel yakıtların emisyon değerleri daha düşük seviyelerde olmaktadır. Bunun yanı sıra gürültü düşüşü ve egzoz gaz çıkışında oluşan beyaz renkli duman oluşumunu engelleyicidir. Ayrıca kış aylarında düşük sıcaklıklarda motorun performansını arttıran etkiye sahiptir [34,35]. Biyodizeldeki setan sayısı optimum seviyenin altına düştüğü durumlarda HC ve PM emisyon oranlarında artışa sebep olmaktadır. Biyodizelin setan sayısı TS EN 14214 standardına göre 51'den yüksek olmak zorundadır. Günümüz şartlarında daha çok etkisini gördüğümüz setan sayısı ölçümünün yüksek fiyatlarda olması nedeniyle setan indisi kavramı daha göz önüne çıkmaktadır. Setan indisi yakıtın fiziksel özelliklerine göre sayısal değeri değişen tutuşma kalitesi anlamına gelmektedir.

Sülfatlanmış kül İçeriği

Kül içeriği, karbon kalıntısına benzer bir ifade ile yakıtta bulunan aşındırıcı kimyasallar ve katalizör artıklarına benzer yapıda inorganik olarak bulunan kirletici ve çözünümü gerçekleşebilen metal parçaların miktarına denk gelen sayısal değer olarak söylenebilir. Yakıt içinde bulunan bileşimler yanma başladığından sonuna kadar oksitlenmesi sonucu kül formuna girer. Küle dönüşen bileşimler yanma boyunca enjektörden püskürtme işlemine devam etme eyleminde olurlar. Bunun sonucunda enjektör tıkanması, yakıt pompası içinde aşınma ve piston ile segmanlarda tortu oluşumu gibi arıza durumları oluşmaktadır. Yanma olayında oluşan kül belli bir süre sonra motor yağına karışma eylemi gerçekleştirir ve sonuç olarak yağ filtresi tıkanma durumuna gelir. Bu durum yağ filtresinin daha sık değiştirilmesine neden olur [14,31]. TS EN 14214 standardına göre biyodizelin sülfatlanmış kül içeriği en fazla %0.02 (m/m) olmalıdır.

Soğuk Akış Özellikleri

Biyodizellerin üretimi ham yağlardan sağlandığından her bir yağın sıcaklık derecelerine tepkisi farklıdır. Bu durum biyodizeller için kullanımını kısıtlayan faktörlerdendir. Soğuk akış özellikleri yakıtların düşük sıcaklıklara verdiği tepkilerdir [36]. Yakıt kıyaslaması yaptığımızda biyodizel yakıtının kristalleşme sıcaklığı dizel yakıtının kristalleşme sıcaklığından genellikle yüksektir. Yüksek sıcaklıklarda oluşan kristalleşme soğuk hava koşullarında kullanılan biyodizel yakıtlarının yakıt pompasında ve bununla beraber motor performansında istenmeyen arızalara sebep olmaktadır [37]. Biyodizel yakıtların soğuk kış hava koşullarına karşı akış özelliklerinden en önemli 3 tanesi bulutlanma, akma, soğuk filtre tıkanma noktalarıdır [36]. Bu 3 özellik üzerinde oldukça fazla öneme sahip çalışmalar vardır [14]. Biyodizel üretiminde ana madde olarak kullanılan bitkisel, hayvansal ve atık kızırtma yağları arasından ticari fiyatlandırma olarak satın alımı en uygun olanlar hayvansal ve atık kızırtma yağlarıdır. Bu yağlar doymuş yağ asidi içeriği yüksek oranda olduğu için derecesi yüksek sıcaklıklara çıkıldığında kristalize olabilmektedir [36].

Biyodizelin Toksik Etkileri

Ana maddesi bitkisel, hayvansal veya atık kızırtma yağları olduğundan biyodizel yakıtlarının herhangi bir toksik etkiye sahip olması söz konusu değildir [36]. Açıklayıcı örnek vermek gerekirse biyodizelin öldürücü bir etkiye sahip olabilmesi için 1,75 g biyodizel/kg vücut ağırlığı ile hesaplanırken sofra tuzu 17,4 g tuz/vücut ağırlığı olarak hesaplanmaktadır. Özetlemek gerekirse sofra tuzu biyodizel yakıtından 10 kat öldürücü özelliğe sahiptir [16]. Biyodizel yakıtının herhangi bir toksik durumu olmamasına rağmen dizel yakıtı ile karışımı sonucunda insan sağlığına zarar verebilecek duruma gelmesinden kaynaklı zorunlu olarak standart koşulları sağlanmak gerekmektedir [36].

Biyodizelin Biyobozunabilirliği

Biyodizel yapısı bakımından C_{16} - C_{18} içermektedir. İçeriğinin doğada kirletici etki yaratmadan hızlı ve kolay bozunabilir metil ester kaynakları 10000mg/L'ye kadar mikrobiyolojik etki göstermediği bilinmektedir [16]. Biyodizelin bozunabilirliğine örnek vermek gerekirse şekere benzemesidir [36]. Avrupa'nın ülkelerinde uygulanan sisteme göre hassas tarım arazisinde işlem yapan kişiler dizel veya benzin yakıtı ile araç kullanarak tarım arazisine hasar vermek yerine biyodizel yakıt kullanarak biyodizelin bozunabilirlik özelliğinin önemini göstermektedirler [36].

Biyodizel Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları

Biyodizel kullanımının avantajları;

- Biyodizel genel olarak kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından motorlarda yanma verimini iyileştirmektedir,
- Biyodizel kullanımı sonucu CO ve SO_x egzoz emisyonlarının ölçümlerinde azalma görülmektedir,
- Biyodizel-dizel karışımı kullanılması sonucu PM, HF, SO_x, CO ve CH₄ emisyonlarının azaldığı; HCl, C_xH_y ve NO_x emisyonlarının arttığı görülmüştür,
- Biyodizel karışım olarak ya da %100 biyodizel olarak kullanılabilir, kullanılmaktadır,
- Biyodizel yapısındaki C₁₆-C₁₈ metil esterleri hızlı ve kolay çözülür, biyolojik yapısı çözülür, toksik etkisi bulunmadığı görülmektedir,
- Doğaya zarar vermeyen alternatif enerji kaynağıdır,
- Dizel yakıtlarla karşılaştırıldığında yanma sonucu karbondioksit (CO₂) salınımı olmadığı için sera etkisi yaratmamaktadır,
- Biyodizelin tutuşma sıcaklığı dizellerden fazla olduğundan depolamada ve taşınmada güvenlidir [38].

Biyodizel kullanımının dezavantajları;

- Bitkisel yağların viskozitesi yüksek olması [39],
- Biyodizel yağlarının tohumları ekstrakte işleminde tohum zarının çıkarılmamasından kaynaklanan filtre ve egzoz borularında tıkanma yaşanmaktadır,
- Yakıt olarak kullanılan bitkisel yağlarda doymamış yağ içermesinden polimerizasyonu artırdığı için motora hasar vermektedir ve viskozite artışı görülmektedir [40],
- Biyodizel soğuk hava şartlarından kolay etkilenmektedir. Bulutlanma noktası dizellere göre düşüktür. Isıl miktarı dizellerden yüksek olması sonucu yanma sonu enerji kaybı oluşmaktadır [41],
- Biyodizel yakıtı %100 biyodizel olarak kullanılırsa motorlarda tahribata yol açmaktadır. Bu durum motor parçası değişimine neden olacağından maliyet artmaktadır [42].

2.2. Biyodizel Üretim Yöntemleri

Biyodizel yakıtların üretimi çoğunlukla yağlı tohumu olan bitkilerden sağlanır. Bitkisel yağların ve yağ atıklarının motorlarda kullanılmasıyla, yağlı tohumlu bitkilerin üretimi desteklenmesi sağlanmalıdır.

Ülkemizde tarımsal faaliyet yüksek olmasına rağmen üretilen gıda yağları istenilen kapasiteyi karşılamamaktadır [43].

Türkiye’deki restoran ve otellerden çıkan yaklaşık 300 bin ton atık kızartma yağı vardır. Bu atık yağlarda biyodizel üretiminde kullanılabilir [30].

Türkiye’de atık yağ toplayan ve geri kullanıma dönüştüren birçok kuruluş vardır. Kullanılan yağları tekrar kullanmak insan sağlığına zararlı olmakla birlikte çöpe atmakta çevreyi kirletmektedir. Bu durumu engellemek için şehirlerde atık yağları toplamak amaçlı firmalarla yıllık sözleşme yapma çalışmaları başlatılmıştır [44].

Bitkisel yağlar kimyasal yapı olarak dizel yakıtlardan farklı oldukları için direk dizel motorlarda kullanılırsa motorda bazı sorunlara neden olabilir [45]. Bitkisel yağlarda bulunan fosfatid, mum ve gliseritler depolama ve yanma odasında oluşan oksidasyon ve polimerizasyonlar, viskozite artışı ve kristallenmeye bağlı piston ve enjektör tıkanıklığına, motorda karbon kalıntısının fazla olmasına ve atomizasyonun zayıflığına neden olmaktadır [46]. Kısa süreli direk olarak kullanılan biyodizelerde yağlama yağlarında partikül oluştuğu ve yağların bozulduğu görülmüştür. Isıtılarak kullanılması sonucunda ise püskürtme iyileşmesi ve setan sayısı artışı görülmüştür. Ama bu duruma karşı uzun süreli kullanımda değişik sorunlar meydana gelmiştir. Bu sorunlar enjektörlerde karbon birikintisi, delik çapında küçülme, püskürtme karakteristiğinde bozulma, atomizasyon sorunu, enjeksiyon başlangıç ve bitiş sürelerinin belirsizliği, yağın yapışkanlaşması; yağlama yağının seyrelmesi, asit sayısının ve viskozitesinin artması, yanma artıkları ve yanmamış yakıt karışması ile kirlenmesi, katı madde içeriğinin artması ve temas yüzeylerinde birikinti oluşturması; motorda aşınma, yanma odası, subap, piston, segman bölgesinde ve manifoldda karbon birikmesi nedeniyle hareketliliğin azalması, segmanlarda yapışkanlaşma, vuruntu, ilk hareketin zorlukları ve yağ filtresinin tıkanması; motor karakteristik değerlerinde ve egzoz emisyonlarında olumsuz değişiklikler şeklinde sıralanabilir [36]. Bu nedenlerden dolayı direk kullanım yerine viskozite azaltıldıktan sonra kullanılması gerekmektedir.

Bitkisel yağları motorlarda yakıt olarak kullanabilmek için iki şekilde çalışma vardır. İlki bitkisel yağları motor yakıtı kullanmaya yönelik çalışmalar. İkincisi motorları bitkisel yağların çalışmasına uygun geliştirmek [47]. Bitkisel yağlarda viskozite iyileştirmeleri ısı ve kimyasal yöntem olarak iki yöntemle yapılmaktadır [12]. Isıl yöntem, ön ısıtma ile viskozitenin iyileştirilmesidir. Kimyasal yöntem ise seyreltme (inceltme), piroliz (ısı parçalanma), mikroemülsiyon oluşturma ve transesterifikasyon (yeniden esterleştirme) olarak ayrılmaktadır [48].

2.2.1. Seyreltme (İnceltme)

Bitkisel yağ ve dizel yakıt karıştırılarak yapılan yöntemdir. Bu yöntemde amaç karıştırma sonucu viskoziteyi iyileştirmektir. Bu yöntemde en çok tercih edilen yağlar ayçiçek yağı, soya yağı, aspir yağı, kanola yağı, pamuk yağı, yer fıstığı yağı ve atık kızartma yağlarıdır [49].

2.2.2. Mikroemülsiyon Oluşturma

Mikroemülsiyon, birbirine karışmayan 1-150 nm boyutlarında iki sıvının iyonik ve iyonik olmayan organik karışımların kendiliğinden dengeli şekilde kolloidal dağılımı oluşturmalarıdır [50]. Bitkisel yağları metanol, etanol veya 1-bütanol gibi kısa zincirli alkollerle mikroemülsiyona sokarak viskozite düşürülür. Bu yöntem birbirine karışmayan iki sıvının amfifil ile bir araya gelmesi ile oluşur. Böylece bu yöntem ile petrolden bağımsız dizel yakıtları oluşabilmektedir [51]. Mikroemülsiyonlar, alkol içerdiklerinden dizel yakıtlara göre ısı değerleri düşüktür. Ama alkollerin gizli buharlaşma ısıları yüksek olduğu için enjektörde tıkanmayı azdır ve yanma odasını soğuturlar [52].

2.2.3. Piroliz (Isıl Parçalanma)

Tanım olarak piroliz, yüksek sıcaklıklara sahip yüksek moleküllerin daha düşük seviyeli moleküllere dönüşmesi işlemidir. Başka bir ifadeyle bitkisel yağların oksijen varlığında ısı etkisiyle alkanlar, alkenler, alkadienler, karboksilik asitler, aromatik bileşikler ve az miktarda gaz bileşik vermek suretiyle termal olarak bozunması işlemidir. Basit ifadeyle piroliz gaz, sıvı ve gaz ürün elde etmek amacıyla havasız ortamda inorganik maddelerin ısı bozunmasıdır [36]. Genel olarak piroliz işlemi iki şekilde yapılır. Birinci yöntemde, bitkisel yağlar kapalı bir kap içerisinde ısı etkisiyle parçalanır. İkinci yöntemde ise, standart olarak hazırlanan maddeler kullanılarak damıtma işlemiyle bitkisel ve atık yağlar ısı olarak parçalanır. İkinci metot ile elde edilen biyodizel, dizel yakıtlara daha yakın özellikler gösterir [53].

2.2.4. Transesterifikasyon Yöntemi (İç Ester Değişim Reaksiyonu)

Transesterifikasyon yöntemi 1853 yılında Dufy ve Patrick tarafından geliştirilmiştir [54]. Transesterifikasyon, katalizör ve alkolün bitkisel yağlarla reaksiyonu sonucu alkali esterleri oluşturmalarıdır [55]. Biyodizel bu reaksiyon sonucu oluşan estere verilen isimdir [36]. Trigliseritlerin %95 kadarı normal yağlardır. Geri kalanı mono- ve di-gliseritler, serbest yağ asitleri, steroller, fosfatidler, yağda çözünen vitaminler ve yağ alkolleridir [50]. Kimyasal yöntemle biyodizel üretiminde en çok transesterifikasyon tercih edilir [56,57].

2.2.5. Transesterifikasyon Reaksiyonuna Etki Eden Parametreler

Transesterifikasyon reaksiyonunu etkileyen en önemli parametreler serbest yağ asitleri ve su miktarı, katalizör türü ve miktarı, alkol türü ve alkol yağ molar oranı, reaksiyon sıcaklığı, reaksiyon süresi ve karıştırma hızıdır.

Serbest Yağ Asidi ve Su Miktarının Etkisi

Transesterifikasyon üretim yöntemi bitkisel yağların sahip olduğu serbest yağ asidine ve su miktarına göre değişik sonuçlar vermektedir [36]. Su miktarı serbest yağ asidine kıyasla daha olumsuz sonuç vermektedir [58]. Bitkisel yağlarda genellikle su yoktur [11,14]. Ama biyodizel üretiminde kullanılan atık kızartma yağları ve hayvansal yağlar bol miktarda suya sahiptir [59]. Su miktarının fazla olması reaksiyon tamamlanmamasına, sabun oluşumuna ve ester veriminin düşmesine sebep olur. Sabun oluşumu biyodizelin verimini azaltıp gliserolün oluşumuna engel olur [60].

Hammadde bir katalizör ile reaksiyona girdiğinde yüksek oranda serbest yağ asidine sahipse çok fazla katalizör harcadığı için sabun oluşumuna neden olur ve su da yan ürün olarak oluşur. Suyun oluşumu reaksiyona zarar vereceğinden uzaklaştırılması gerekir [14]. Tablo 2.1’de Tek kademeli homojen baz katalizörlü transesterifikasyon yöntemi için önerilen serbest yağ asidi seviyeleri gösterilmektedir. Fazla olan serbest yağ asidi ön iyileştirme işleminden sonra transesterifikasyon üretim yönteminde kullanılması önerilir.

Tablo 2.1. Tek kademeli homojen baz katalizörlü transesterifikasyon yöntemi için önerilen serbest yağ asidi seviyeleri

Önerilen serbest yağ asidi içeriği (%ağırlıkça)	Referans
<0.5	[59]
<1	[61]
<2	[62]
<3	[63]

Bitkisel yağların serbest yağ asidi yüksek olduğu durumlarda transesterifikasyon yöntemi sonucunda oluşan biyodizelin verimi düşük olduğu görülmektedir.

Ön iyileştirme yapılan serbest yağ asidi yüksek yağların biyodizel üretimi sonucu verimi yükseldiği görülmektedir. Ön iyileştirme yapılan biyodizellerin verimi %84.5-99.65 arası olduğu görülmektedir.

Katalizör Türü ve Miktarının Etkisi

Katalizör türü ve miktarı transesterifikasyon üretim reaksiyonunu etkileyen önemli parametrelerdendir. Biyodizel üretmek için reaksiyon hızını artıran katalizör kullanılarak bitkisel yağdan trigliseritleri ayırmaya çalışılmaktadır. Reaksiyon sonunda trigliseritler esterlerden ayrılıp, ayrılan esterler alkol molekülleri ile bağ yapması sağlanmaktadır [55].

Transesterifikasyon reaksiyonunda bazik, asidik ve enzimatik katalizörler kullanılmaktadır [48]. Bazik ve asidik katalizörler kendi aralarında homojen ve heterojen olarak ikiye ayrılmaktadır. Homojen baziklere örnek olarak sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH); heterojen bazik katalizörlere örnek olarak kalsiyum oksit (CaO) ve magnezyum oksit (MgO) verilebilir. Homojen asitlere ise sülfürik asit (H_2SO_4) ve hidroklorik asit (HCl) örnek verilebilir. Heterojen asitlere örnek olarak zirkonyum dioksit (ZrO_2), kalay dioksit (SnO_2) ve titanyum dioksit (TiO_2) verilebilir. Enzimatik katalizörlere örnek olarak mucor miehei (Lipozym IM 60), Pseudomonas cepacia (PS 30), C. antarctica (Novozym 435), Bacillus subtilis, Rhizopus oryzae ve Penicillium expansum verilebilir.

Alkol Türü Ve Alkol Yağ Molar Oranının Etkisi

Transesterifikasyon reaksiyonu 1 mol gliserin için 3 mol alkol, 1 mol trigliserit ve 3 mol yağ asidi alkali esterine ihtiyaç duymaktadır [36,64]. Ama bazı araştırmacılar [65,66] alkol oranının yetersiz olduğunu ve daha fazla alkol kullanılması gerektiğini bildirmiştir. Araştırmalar sonucu kullanılması gereken alkol oranının 6:1 alkol yağ molar oranı olarak tespit etmişlerdir [67–69]. Bu oranın üzerine çıkıldığında biyodizel veriminin arttığı, ancak biyodizel-gliserol ayrışması zorlaştığı belirtilmiştir [60,70,71]. Alkol kullanımında genellikle metanol, etanol, propanol, bütanol ve pentanol kullanılmıştır [50,72–74]. Şanlı [52] ayçiçek yağını kullandığı transesterifikasyon yönteminde birbirinden farklı alkol molar oranlarında metanol (3:1, 6:1), etanol (6:1, 9:1, 12:1, 15:1, 20:1), 2-propanol (6:1, 9:1, 12:1, 15:1, 30:1, 45:1, 60:1, 70:1) ve 1-bütanol (6:1, 9:1) kullanarak yaptığı çalışmada, etanolün saflığı yeterli olmadığından üretim olmadığını, 2-propanol ve 1-bütanolün sıcaklığının yeterli olmadığından su tutma fazla olduğunu suyu uzaklaştırmak için daha fazla işlem gerektiğini ve bu durumun daha fazla maliyet ve istediğini belirterek transesterifikasyon yöntemi için metanolün en uygun olanı olduğunu belirtmiştir. Meneghetti ve ark. [75] hint yağını kullandığı transesterifikasyon yönteminde metanol ve etanolü kullanmış ve sonuç olarak metanolün biyodizel verimi %90, etanolün biyodizel üretimi %80 olduğunu belirtmişlerdir. Metanol üretimi kolay ve ucuz olduğu, polar olduğu, en kısa zincirli alkol olduğu ve trigliseritle reaksiyonu daha kolay olduğu için transesterifikasyon reaksiyonunda kullanılan en yaygın alkol olmuştur [50,52].

Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi Reaksiyon

Transesterifikasyon hızını ve verimini etkileyen faktörlerdendir. Reaksiyon kullanılan alkol ve yağa göre farklı sıcaklıklarda olabilir. Reaksiyon sıcaklığı genellikle alkolün kaynama sıcaklığına yakın seçilir [76]. Reaksiyon sıcaklığı $10^{\circ}C$ arttığında reaksiyon hızının 2-3 kat arttığı görülmüştür [77]. Reaksiyon sıcaklığı alkol kaynama noktası üzerine çıkarılırsa buharlaşma sonucu alkol azalımı olmaktadır. Bu durumdan dolayı biyodizel verimi de düşmektedir [78].

Reaksiyon Süresinin Etkisi

Transesterifikasyon reaksiyonunda ilk dakikalar alkol yağa geçişi görülmekte ve bu süreç yavaş olmaktadır. 5 dakikadan sonra reaksiyon hızı arttığı belirtilmektedir [61]. İlk yarım saatte reaksiyon dönüşümü %80 olduğu ve bir saat sonra artışın çok olmadığı belirtilmiştir [54].

Karıştırma Hızının Etkisi

Transesterifikasyon reaksiyonu başında karışmayan iki sıvı yağ ve alkol ilk baş karıştırılıp reaksiyon başlamasına bırakıldıktan sonra daha fazla karıştırmaya gerek kalmamaktadır [36]. Transesterifikasyon reaksiyonunda üretilen biyodizelin tasarımı ve ölçeği için karıştırma hızının bilinmesi oldukça önem kazanmaktadır [79]. Ünsal [79] metanol yağ mol oranı 6:1, reaksiyon süresi 90 dakika, reaksiyon sıcaklığı 55°C ve %1 sodyum metoksit (NaOCH_3) katalizörü kullandığı reaksiyonda karıştırmayı farklı hızlarda deneyerek karıştırma hızının etkisini incelemek istemiştir. Deneylerinde karıştırma hızı artışı verimi artırdığını görmüş, ancak 600d/d'den yukarıya çıkan karıştırma hızında verimin azaldığını analiz etmiştir.

3. PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYONLARI

Dizel motorlarda yanma oluşumu basit olarak silindir içinde oksijenin yüksek basınçlarda sıkıştırılmasıyla yükselen ısı daha sonra yakıtın küçük tanecikler şeklinde silindir içine püskürtülmesi sonucu açığa çıkan kimyasal olaydır. Fizik kurallarındaki enerji dönüşümü ile ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülerek aracın iş yapması sağlanmaktadır.

Dizel yakıt içten yanmalı motorlarda kullanılan çoğu yakıt gibi karbon ve hidrojen içeriği olan yakıttır. Kimyasal olarak tam yanma olayında açığa çıkması beklenen CO₂ ve H₂O bir çok farklı olayların etkileşimiyle yanlarında zararlı ürün olan CO, HC, NO_x ve PM emisyonlarıyla açığa çıkmaktadır [80].

3.1. Karbon Monoksit (CO)

Dizel motorlarda farklı sebepler sonucu ürün olarak çıkan CO emisyonu genellikle oksidasyon sürecinde eksik yanma sonucu ürün olarak açığa çıkmaktadır. Bunun önemli sebeplerinden biri hava-yakıt karışımı zengin olması sonucu görülmektedir [81].

Dizel motorlarda yanmanın sağlayıcısı olarak hava sıkışması kullanıldığından hava-yakıt oranı her zaman yüksek değerlerde yani fakir karışım olmaktadır. Bu sebepten benzinli motorlarda CO ürünü dizel motorlara göre fazlalık göstermektedir. Dizel motorlarda CO emisyonu oluşumu genellikle yanma için gereken yeterli hava akışı olmadığında ve yanması beklenen yakıt taneciklerinin yanma odası içerisinde büyük tanecikler haline gelmesi sonucu ürün olarak çıkmaktadır [82].

3.2. Karbon Dioksit (CO₂)

İnsanların nefes alıp vermesi sonucu olarak da ortaya çıkan karbondioksit insan sağlığına zarar vermediği gibi araçlardan çıkan da zarar vermemektedir. Ancak atmosferde biriken CO₂ yoğunluğu giderek artmasında büyük pay yanma sonucu oluşan %50'lik kısımdır. Günümüzde her türlü imkanlar sonucu CO₂ miktarı artışı sanayi devrimi ile en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Ormanların giderek azalması ve fosil yakıt kullanımı artışından kaynaklı son 20 yılda yıllık %0,4 CO₂ artışı olmuştur. Bunun sonucunda kuzey yarımküredeki kar örtüsü ve buzul dağların miktarı giderek azalmıştır. Deniz seviyesindeki artış küresel düzeyde yüzyıl içerisinde 20 cm kadar artış göstermiştir [83].

3.3. Hidrokarbonlar (HC)

Yanma olayının sonucunda ortaya hidrokarbon çıkması durumunda birkaç neden olsa da direk akla gelen neden eksik yanmadır. Başka nedenler bahsetmek gerekirse oksijen yetersizliği veya silindir içindeki sıcaklığın yetersizliğidir [84].

Dizel motorlarda genellikle yanma sırasında oksijen seviyesi yeterli olduğundan HC emisyonu değeri düşük seviyelerdedir. Ancak düşük devirlerde ve yüksek devirlerde ideal devirlere göre hava-yakıt karışımı farklılığı HC emisyon oluşumunu arttırmaktadır. Düşük devirlerde, hava-yakıt karışımı fakir karışım olmaktadır. Bunun sonucunda iş zamanı tamamlanması için gerek süre içinde alev hızı düşük kalmaktadır ve yanma gerçekleşmesi olmayabilmektedir. Yüksek devirlerde, hava-yakıt karışımı zengin karışım olmaktadır. Bunun sonucunda yakılmadan dışarı atılan yakıt olabilmektedir. HC emisyonları oluşumu artışı bu durumlar sonucu görülmektedir [85].

Atmosferde bulunan toplam HC emisyonlarının %60 kadarı egzoz gazı salınımından oluşmaktadır 80. İnsan sağlığına verdiği zararlar birlikte çevreye verdiği hasarla oldukça zararlı bir ürün olan HC emisyonları diğer kirletici emisyonlarla sera etkisi yaratmaktadır [86].

3.4. Azot Oksitler (NO_x)

Dizel araç motorlarında yakıt tutuşması havanın yüksek basınçlarda sıkışarak sıcaklığının arttırılması ile sağlanmaktadır. İçinde nitrojen ve oksijen bulunan hava yanma odası içerisinde piston yardımıyla sıkıştırıldıktan sonra yanma odası içine yakıt püskürtülmektedir. Sıcaklığı artmış olan yanma odası içine püskürtülen yakıt tutuşarak ısı açığa çıkmakta ve yanmaktadır. Yanma olayı sırasında nitrojen reaksiyona girmeyerek motor dışına salınmaktadır. Nitrojen ve oksijen reaksiyona girebilmesi için yüksek sıcaklıklara gereksinim duyar. Yaklaşık 1600 °C'nin üzerinde sıcaklık meydana gelmesi durumunda gerçekleşen bu reaksiyon NO_x emisyonlarının oluşmasına sebebiyet vermektedir. Yani NO_x emisyonlarının oluşmasında en önemli faktörler sıcaklık ve oksijen yoğunluğudur.

NO_x en yüksek oluşum ve salınım değerlerini pistonun üst ölü noktaya en yakın zamanda basıncın en yüksek olduğu yani sıcaklığın en yüksek olduğu durumlarda olmaktadır. Yanma olayının sonunda her zaman sıcaklıklar aynı değerde olmayabilir ve yükselen sıcaklık değerlerinde NO_x artışı da görülmektedir. Sıcaklık artışı her 100 °C olduğunda NO_x üç kat artabilmektedir [87].

3.5. Duman (İs) Yoğunluğu

Dizel motorlar siyah kurum salınımı yapmasından dolayı çevre ve sağlık açısından büyük dezavantaja sahiptir. Yakıtın tam okside olmadığı yanma odası içindeki bölgelerde kötü buharlaşma sonucu büyük tanecikler halinde yakıt damlacıkları lokal soğuk noktalar oluşumuna

sebebiyet verebilmektedir. Yoğunlaşan yakıt daha az havaya sahip olduğundan yanma olayı kısmen gerçekleşmekte ve nihayetinde pirolize olarak kurum oluşmasına neden olan karbon yatağı oluşumu olmaktadır. Dizel yakıtında kurum emisyonu artışı poliaromatik hidrokarbonları oluşturan aromatik birimlerin yoğunlaşmasıyla oluşurken alifatiklerin hidrojen çıkarması yoluyla ve ardışık asetilen eklenmesi yoluyla mekanizmanın büyümesi desteklenmektedir [88].

PM emisyonlarının oluşumu dizel motorlarda benzinli motorlara göre yaklaşık 8 kat daha fazladır. İs en basit anlatımla yanmamış karbon emisyonudur. Yanma olayı çok hızlı gerçekleşen bir dizi halindedir. Yanma odası içerisinde yakıt damlaları H_2 moleküllerine sahiptir. Reaksiyon için gereken O_2 yakıtta bulunan H_2 ile hızlı bir reaksiyona girmekte ve yakıtta bulunan C için yeterli O_2 kalmamaktadır. Bu sebepten yanamayarak is emisyonu şeklinde dışarı atılmaktadır. Kısa anlatımla is oluşumu yanma sırasında yeterli hava olmaması veya yanma sırasında hava ile etkileşimi hızlı olmamasında olmaktadır.

Partikül madde solunumunun sonucunda yenidoğan ölümü, astım ve akciğer kanseri gibi hastalıkların yanı sıra hava, su ve toprağı kirleterek tarım verimliliğine verdiği hasarla küresel olarak da iklim değişikliğine sebebiyetiyle etkisini belirlemek için çalışmalar yapılmıştır [89].

3.6. Özgül Yakıt Tüketimi (FÖYT)

Özgül yakıt tüketimi güç birimi üretimi için gereken yakıtın miktarının birim zamandaki kullanımıdır. Motorun kullanımının atmosferik düzeyde ölçüsüdür. Diğer bir tanımla kullanılan motor şartlarında ağırlıkça yakıt miktarının saatte tüketilmesi sonucu oluşan güce oranıdır. FÖYT'nin formülü Denklem 3.1' de verilmiştir.

$$be = B \times 1000 / Ne \quad (3.1)$$

Burada;

be: Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh),

B: Ölçülen saatlik yakıt tüketimi (gr/h),

Ne: Efektif motor gücüdür.

3.7. Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS)

Egzoz gaz sıcaklığı içten yanmalı motorlarda yanma sırasında gerçekleşen verim hakkında bilgi veren önemli bir parametredir. Egzoz gaz sıcaklığı ölçümü araçların egzoz çıkışında veya motorun egzoz manifoldunda ya da motor yanma odası çıkışında ölçülebilir. Egzoz gaz sıcaklığı yanma odası içindeki gösterdiği değer ile yanma olayının iyileşmesi veya kötüleşmesi hakkında ve egzoz emisyonları oluşumu hakkında yorumlama sağlayabilecek bilgiler verebilmektedir.

3.8. Titreşim

İçten yanmalı motorlarda yanma olayı sırasında pistonlar durmadan döngüsel hareket izlemektedir. Bu hareketin oluşumu ivmelenerek artmakta veya azalmakta ve titreşim oluşturmaktadır. Yanma sırasında oluşan yüksek basınçlar her döngüde aynı olmayabilmektedir. Bu durumlarda motor döngüsü değışmesi sonucu titreşimler oluşmaktadır. Her iki titreşim kaynağı için üç çeşit titreşim üretimi gerçekleşmektedir. Bunlar; dikey sallanmayla birlikte veya yalnız olarak yatay sallanma, dalgalı tork reaksiyonu ve krank milinin burulma salınıdır.

Herhangi bir makinede veya bir araç motorunda titreşim oluşumu mekanik stresler, malzeme yorulması, enerji kayıpları ve ses seviyesi gibi durumların oluşumu nedeniyle oluşan titreşimler genellikle beklenmeyen titreşimler olmaktadır [90].



4. NANOPARTİKÜL

Nanoakışkan, nanometre boyutunda parçacıklar veya karbon nanotüpler içeren bir sıvıdır[91]. Nanopartikül ilavesi, orijinal akışkanın ısı transfer özelliklerini geliştirir. Benzer şekilde, nanopartiküller dizel yakıtlara baz yakıt olarak eklenmiştir. Bu yeni yakıt türü nanodizel olarak adlandırılır. Alümina (Al_2O_3), titanyum oksit (TiO_2) ve bakır oksit (CuO) gibi metalik bazlı ve oksijen içeren bileşikler, hidrokarbon yakıtlar için bir yanma katalizörü görevi görür ve ısı transfer özelliklerini geliştirir. Bu nedenle nanodizel, yanma verimliliğini artırma ve hava kirleticileri karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC) ve nitrik oksitleri (NO_x) azaltma potansiyeline sahiptir. Yanma verimliliği artırılırsa, bu, azaltılmış yakıt tüketimi nedeniyle dolaylı olarak CO_2 ve SO_2 'nin azalmasına yol açacaktır [92–99]. Dizel, başlıca fosil yakıtlardan biridir ve genellikle içten yanmalı motorlarda tüketilir. Dizel yakıt ayrıca ısı ve elektrik üretimi için de kullanılmaktadır. Nanopartiküllerin boyutları 100 nm'den küçüktür. Nano boyutlu parçacık, mikron boyutlu parçacıklara kıyasla yakıtta önemli bir avantaj sağlar; çünkü mikron boyutundaki partiküllerde olduğu gibi yakıt enjektörü ve filtrenin tıkanma şansı yoktur. Kuo ve ark. [92] itici gazlara ve katı yakıtlara nanopartikül eklemenin kısa tutuşma gecikmesi, enerji yoğunluğunda artış ve yüksek yanma oranları gibi birçok avantajı olduğunu göstermiştir. DeLuca ve ark. [93] sıvı yakıtlardaki nanoparçacık varlığının yüzey alanı-hacim oranını arttırdığını ve böylece potansiyel çıktı üretmek için daha fazla yakıtın oksitleyici ile temas etmesine izin verdiğini inceledi. Shaafi ve ark. [94] motor performans artışı ve emisyon azaltımı için çeşitli nano katkı maddelerinin (Al_2O_3 , TiO_2 , MnO , CuO vb.) dağılımının kullanımında dizel motorlardaki araştırma ilerlemelerine genel bir bakış sunmaktadır. Dizel motor performansının gözle görülür şekilde arttığını, artan pik sıcaklıklar nedeniyle NO_x emisyonlarının arttığını ve yakıtın nano katkılarla tam yanması nedeniyle CO emisyonlarının azaldığını bildirmişlerdir. Sabourin ve ark. [95] nitro metan ve nano ölçekli büyük yüzey alanlı silikon dioksit (SiO_2) ve Al_2O_3 metal oksitlerinden oluşan nanoakışkanların yanma hızlarını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, nanopartiküllerin eklenmesiyle yanma oranlarının arttığını gösterdi. Tyagi ve ark. [96] dizel yakıtın tutuşma özellikleri üzerine Al veya Al_2O_3 nanoparçacıklarının eklenmesini araştırmıştır. Elde ettikleri sonuçlar dizel yakıtın ışımsal ısı ve kütle transfer özelliklerinin nanopartiküllerin eklenmesiyle iyileştirildiğini gösterdi. Ayrıca nanoparçacıkların eklenmesinin dizel yakıtın sıcak plaka tutuşma olasılığını önemli ölçüde arttırdığı sonucuna varmışlardır. Kao ve ark. [97] tek silindirli bir dizel motorda sulu alüminyum nano-akışkan yanmasının motor performansını, egzoz emisyonunu ve yanma özelliklerini deneysel olarak incelemişler ve 1800 rpm'den daha düşük motor devirlerinde dizel yakıtta alüminyum nanoakışkan eklenmesinin yakıt tüketimini ve NO_x emisyonlarını azalttığını belirtmişlerdir. Yetter ve ark. [95] metal parçacık yanması ve nanoteknoloji hakkındaki raporları eleştirel bir şekilde gözden geçirmiştir. Nano enerjili

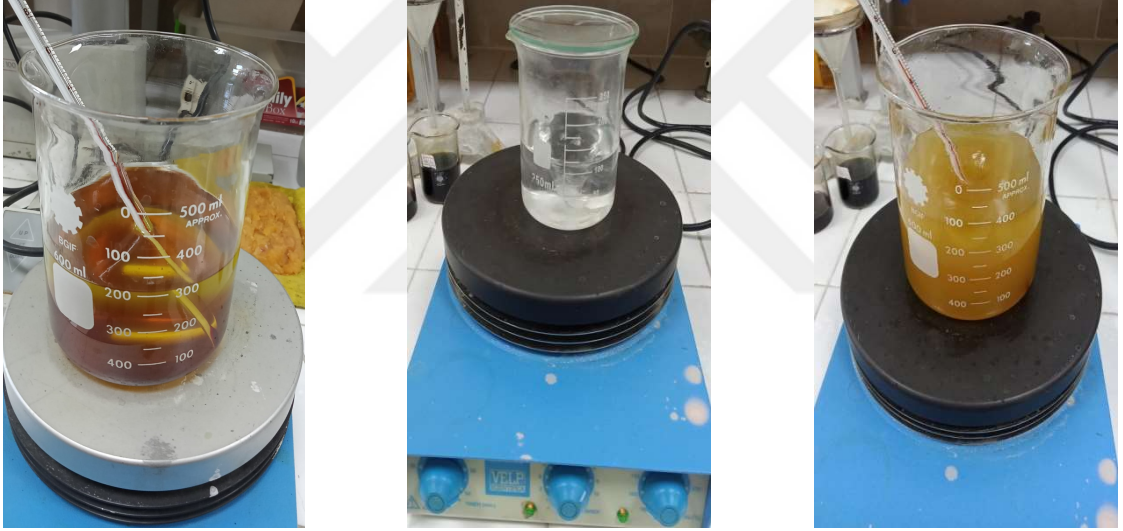
parçacıkların yüksek spesifik yüzey alanına sahip olduğu ve yüksek reaktiviteye yol açabileceği sonucuna varmışlardır. Gan ve Qiao [98] nano ve mikron boyutlarında alüminyum partikülleri içeren n-dekan ve etanol yakıt damlacıklarının yanma özellikleri üzerine araştırma yapmışlardır. Nano süspansiyonların daha yüksek yüzey-hacim oranı nedeniyle mikron süspansiyonlardan çok daha uzun süre stabil kaldığını iddia ettiler. Ayrıca, aynı partikül konsantrasyonu ve yüzey aktif madde konsantrasyonu için mikron boyutlu süspansiyonun bozulması ve mikro patlama işlemi nano boyutlu süspansiyondan daha sonra meydana geldiğini söylemişlerdir. Basha ve Anand [100] %83 Jatropha biyodizel, %15 su ve %2 yüzey aktif maddeden oluşan biyodizel emülsiyon yakıtı hazırlamışlardır. Hazırlanan biyodizel emülsiyon yakıtlarını alümina nanoparçacıkları ile karıştırmışlardır. Yazarlar, hazırlanan biyodizel emülsiyon-alümina nanoparçacık yakıtları ile dizel motorun performans ve emisyon özelliklerinin iyileştirildiğini belirtmişlerdir. Sajeevan ve Sajith [101] seryum oksit nano partiküllerinin dizel motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisi üzerine deneyler yaptılar. Dizel yakıttaki seryum oksit konsantrasyonunun artmasıyla parlama noktası, yanma noktası, kinematik viskozite ve verimliliğin arttığını bildirmişlerdir. Özellikle daha yüksek yüklerde HC ve NO_x emisyonlarında sırasıyla %45 ve %30 azalma gözlemlemişlerdir. Lenin ve ark. [102] mangan oksit ve bakır oksit nano katkı maddelerinin bir dizel motorun performans ve emisyon özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Manganezin %37 CO azaltımı ve %4 NO_x azaltımı sağlayan bakır katkısına göre daha fazla etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Mehta ve ark. [103] deneysel olarak alüminyum, demir ve bor nanoparçacıklarının bu tek silindirli sıkıştırma ateşlemeli bir motorda çalışma özellikleri, motor performansı ve egzoz emisyonları. Alüminyum ve demir nanoparçacıkları kullanarak CO emisyonunda %25-40, hidrokarbon emisyonlarında %8 ve %4 hacimsel azalma ve NO_x emisyonunda marjinal artış gözlemlemişlerdir. Balamurugan ve Sajith [104] dizelde süspanse edilen zirkonyum-seryum oksit (Zr-CeO₂) nanoparçacığının stabilitesi üzerinde bir dağıtıcı olarak Oleik asidin etkilerini araştırmışlardır. Dizelde optimum dağıtıcı konsantrasyonunun hacimce %0.6 olduğunu bulmuşlardır. Özgür ve ark. [105] biyodizele MgO ve SiO₂ nanoparçacık katkılarının eklenmesinin yakıt özellikleri üzerindeki etkilerini ve motor performansı ve emisyon özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Nanopartikül katkı maddelerinin eklenmesiyle NO_x ve CO konsantrasyonunun azaldığını ve motor performans değerlerinin biraz arttığını bildirmişlerdir. Özgür ve ark. [106] da dizel yakıtlı test motorunun NO_x emisyonları üzerine dokuz farklı oksijen içeren nanoparçacık katkı maddesinin eklenmesinin etkilerini araştırmışlardır. Alüminyum oksit (Al₂O₃), magnezyum oksit (MgO), titanyum oksit (TiO₂), çinko oksit (ZnO), silikon oksit (SiO₂), demir oksit Fe₂O₃, nikel oksit (NiO), nikel demir oksit (NiFe₂O₄) gibi nanoparçacık katkı maddeleri kullanmışlardır ve nikel çinko demir oksit Zn_{0.5}Ni_{0.5}Fe₂O₄ 25, 50 ve 100 ppm dozajlarında elde ettikleri sonuçlar nanopartiküllerin eklenmesiyle NO_x emisyonlarının azaldığını göstermiştir. Mirzajanzadeh ve ark. [107] üç

konsantrasyonda (30, 60 ve 90 ppm) iki tip dizel biyodizel harmanı (B5 ve BME20) kullanarak amid-fonksiyonelleştirilmiş çok duvarlı karbon nanotüpler üzerinde seryum oksit içeren hibrit bir nanokatalizörün etkilerini araştırmışlardır. Tüm kirleticilerin, yani NO_x, CO, HC ve kurumun %18,9, %38,8, %71.4 ve %26.3'e kadar azaldığını bulmuşlardır. Basha ve ark. [99] bir dizel motorun çalışma özellikleri üzerinde alümina ve karbon nanotüp nano-parçacıkları harmanlanmış biyodizel yakıtını araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, nano harmanlanmış biyodizel yakıtlarının kullanılmasının saf biyodizel yakıtına kıyasla fren termal verimliliğinde ve kirleticilerde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Gümüş ve ark. [108] sıkıştırma ateşlemeli bir motorda alüminyum oksit ve bakır oksit nanodizel yakıt özelliklerini ve kullanımını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar nanodizelin stabilitesinin pH'ı düzenleyerek ve dağıtıcı kullanılarak artırılabilceğini göstermiştir. Al₂O₃ ve CuO'nun nano katkı maddesi olarak eklenmesi tutuşma olasılığını artırır, tam yanmayı teşvik eder, verimliliği artırır ve kimyasal bileşimleri (oksijen içeriği), katalitik özellikleri ve nano boyutları nedeniyle HC, CO ve NO_x emisyonlarını azalttığını belirtmişlerdir.

5. MATERYAL VE METOT

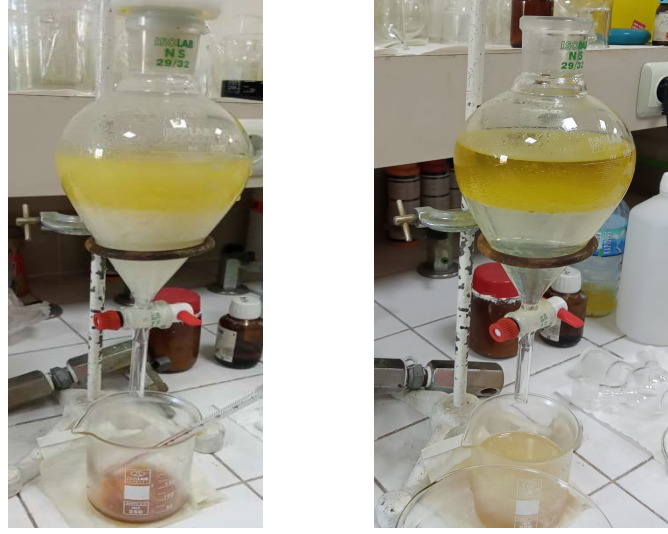
5.1. Havuç Tohumu Metil Ester Üretimi

Biyodizel üretimi yapılırken ham yağdan 1 litre, 3 gr NaOH (sodyum hidroksit) ve 300 ml metil alkol kullanılmıştır. Ham yağın ve metil alkolün ölçümü beherler ile yapılmıştır. NaOH hassas terazi ile tartılmıştır. Metil alkol ve NaOH bir behere koyularak manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Başka bir manyetik karıştırıcıya ham yağ koyulup su partiküllerinin olması ihtimaline karşı 100 °C sıcaklığa ısıtılmıştır. Isıtma işlemi bittiğinde soğuması beklenmiştir ve yaklaşık 55 °C olduğunda metanol ve NaOH karışımı ilave edilerek 2 saat boyunca 60 °C sabit sıcaklıkta 500 d/dk ile manyetik karıştırıcıda transesterifikasyon reaksiyonuna bırakılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Havuç tohumu yağı transesterifikasyon reaksiyonu

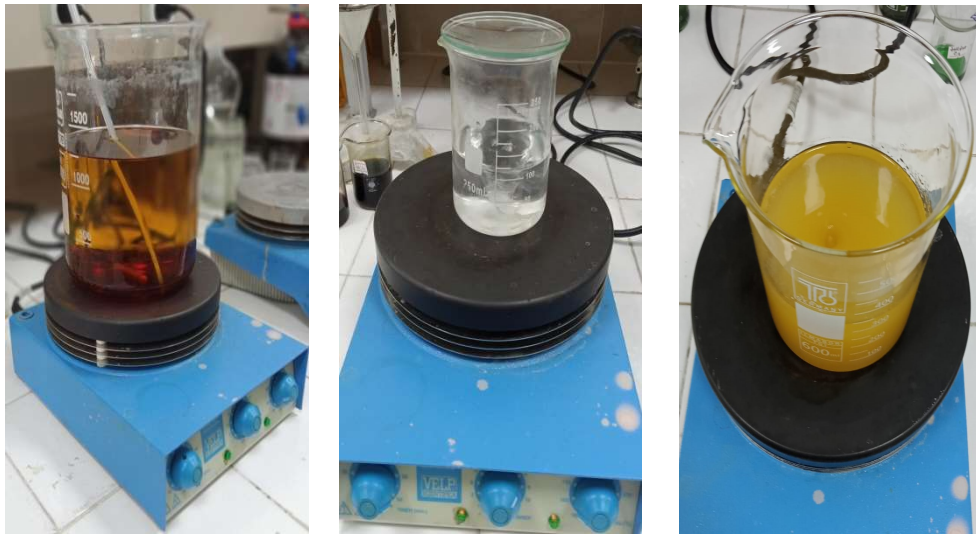
Reaksiyon bittikten sonra biyodizel ve gliserinin birbirinden ayrılma işlemi için ayırma hunisine konulmuştur. Yıkama işlemi için su kullanılmıştır. Bir kaba yıkanması gereken metil ester koyulmuştur ve yaklaşık aynı oranda su koyularak yıkanmıştır. Yıkama işlemi 3 defa tekrar edilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Biyodizel yıkama işlemi

5.2. Tatlı Badem Tohumu Metil Esteri

Biyodizel üretimi yapılırken ham yağdan 1 litre tatlı badem yağı, 3 gr NaOH (sodyum hidroksit) ve 300 ml metil alkol kullanılmıştır. Havuç ham yağının ve metil alkolün ölçümü beherler ile yapılmıştır. NaOH hassas terazi ile tartılmıştır. Metil alkol ve NaOH bir behere koyularak manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Başka bir manyetik karıştırıcıya ham yağ koyulup su partiküllerinin alması ihtimaline karşı 100 °C sıcaklığa ısıtılmıştır. Isıtma işlemi bittiğinde soğuması beklenmiştir ve yaklaşık 55 °C olduğunda metanol ve NaOH karışımı ilave edilerek 2 saat boyunca 60 °C sabit sıcaklıkta 500 d/dk ile manyetik karıştırıcıda reaksiyona bırakılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Badem tohumu yağı transesterifikasyon reaksiyonu

Reaksiyon bittikten sonra biyodizel ve gliserinin birbirinden ayrılma işlemi için ayırma hunisine konulmuştur. Yıkama işlemi için su kullanılmıştır. Bir kaba yıkanması gereken metil ester koyulmuştur ve yaklaşık aynı oranda su koyularak yıkanmıştır. Yıkama işlemi 3 defa tekrar edilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Badem metil ester yıkama işlemi

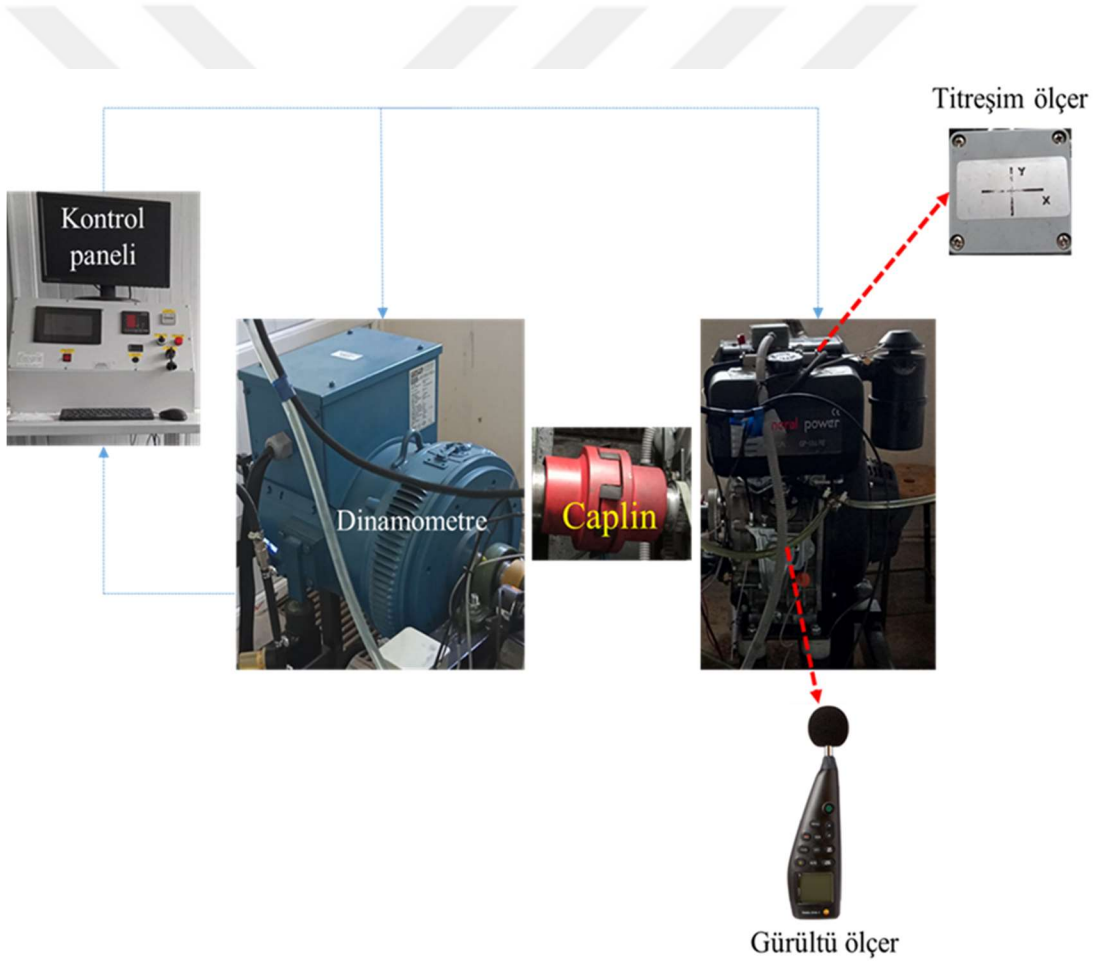
Üretilen biyodizeller ve ham yağ dizel karışımlarının özellikleri (Yoğunluk, Kinematik Viskozite, Parlama Noktası, Üst Isıl Değer, Setan İndisi) Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Yakıtların Özellikleri

Yakıtlar	Yoğunluk 15 °C (kg/m ³)	Kinematik Viskozite 40 °C (cst)	Parlama Noktası (°C)	Üst Isıl Değer (mj/kg)	Setan İndisi
Standartlar	EN ISO 12185	EN ISO 3104	EN ISO 2719	ASTM D 240	EN ISO 4264
Dizel [109]	833,33	2,7	63,0	45,95	-
BME20	830,95	3,13	-	-	-
BME60	864,4	3,47	82,0	42,07	51,5
BME100	888,6	3,82	160,5	39,56	54,3
HB10	826,29	0,98	-	-	-
HB20	828,68	1,15	-	-	-
HB40	853,63	1,48	-	-	-
HME20	844,0	3,32	71,0	44,58	53,4
HME60	867,4	3,69	81,0	41,99	49,7
HME100	893,1	4,03	154,0	39,50	50,5
HH10	825,61	0,97	-	-	-
HH20	827,41	1,19	-	-	-
HH40	858,10	1,54	-	-	-

5.3. Motor Deney Düzeneği

Deneylerde General Power GP186FE tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı direkt enjeksiyonlu dizel motor kullanılmıştır. Test düzeneğinde General Power GP186FE, dinamometre, yakıt deposu, yakıt ölçüm tüpü, kontrol ünitesi bulunmaktadır. Motor test düzeneği Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Motor teknik özellikleri Tablo 5.2’de verilmiştir. Yük, motora bağlı bir elektrikli dinamometre ile motora uygulanmıştır. Tüm sistem bir bilgisayar tarafından kontrol edilmiştir. Deneyler 2000 rpm sabit motor devrinde, 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerde gerçekleştirilmiştir. Analiz ölçümleri yapılmadan önce motor normal çalışma sıcaklığına gelmesi için belirli bir süre dizel yakıt ile çalıştırılmıştır. Deneylerde gürültü ölçümü Testo marka cihazla motora yaklaşık 1 metre uzaklıkta sabit tutarak alınmıştır. Emisyon değerleri Bosch marka emisyon cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 5.5. Motor test düzeneği şematiği

Tablo 5.2. Deney motoru özellikleri

Model	General Power GP186FE
Number of cylinders	1
Bore/stroke (mm)	86/70
Maximum engine power (kW)	6,6
Type of injection	direct injection
Injection Pressure (kg/cm ²)	200
Type of coolant	air coolant
Maximum engine speed (min ⁻¹)	3600

5.4. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Deneylerde test motorunda farklı yüklerde farklı yakıtlar kullanılırken ölçümü sağlanan egzoz emisyon değerleri Bosch marka ölçüm cihazı ile alınmıştır. Cihazda anlık olarak CO, CO₂, NO_x, HC, O₂, Pusluluk değerleri alınabilmektedir. Cihazın teknik özellikleri Tablo 5.3’de verilmiştir. Şekil 5.6’de egzoz emisyon ölçüm cihazı gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Egzoz emisyon ölçüm cihazı teknik özellikleri

Bileşenler	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO	0.00 – 10.00% Hac	0.001 % Hac.
CO ₂	0.00 – 18.00 % Hac.	0.01 % Hac.
HC	0 – 9.999 ppm Hac.	1 ppm Hac.
O ₂	0.00 – 22.00 % Hac.	0.01 % Hac.
Lambda	0.5 00 – 9.999	0.001
NO _x	0 – 5000 ppm Hac.	≤ 1 ppm Hac.

**Şekil 5.6.** Egzoz emisyon ölçüm cihazı

5.5. Gürültü Ölçüm Cihazı

Gürültü ölçümü için Testo marka cihaz kullanılmıştır. Testo marka gürültü ölçüm cihazının teknik özellikleri Tablo 5.4'te ve gürültü ölçüm cihazı ise Şekil 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.4. Testo marka gürültü ölçüm cihazının teknik özellikleri

Ölçüm Aralığı	30 - 130 dB
Hassasiyet	$\pm 1,4$ dB (referans koşullar altında: 94 dB, 1 kHz)
Frekans Aralığı	20 Hz - 8 kHz
Ekran Çözünürlüğü	0,1 dB
Frekans Ağırlıklandırma	A/C
Zaman Ağırlıklandırma	HIZLI 125 msn / YAVAŞ 1 sn
AC/DC Çıkış	AC: 1 V RMS tüm skalada DC: 10 mV/dB
Ölçüm Sıklığı	0.5 sn
Hafıza Kapasitesi	31.000 adet
Güç Kaynağı	4 adet AA pil
Çalışma Sıcaklığı	0 ... +40 °C
Depolama Sıcaklığı	-10 ... +60 °C
Ağırlık	390 gram
Boyutlar	272 x 83 x 42 mm



Şekil 5.7. Testo marka gürültü cihazı

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneysel çalışmada, iki bitkisel yağ kullanılmıştır. Bunlar; tatlı badem yağı ve havuç yağıdır. Bu yağlar badem tohumları ve havuç tohumlarından soğuk sıkım yöntemi ile çıkartılmıştır ve laboratuvar ortamında transesterifikasyon yöntemi ile metil esterleri üretilmiştir. Elde edilen bu yağlardan üretilen biyodizeller, ticari olarak satın alınan dizel yakıt (No 2-D) ile hacimsel olarak %20, %60, %100 oranlarında karıştırılarak kullanılmış, egzoz emisyon ve performans parametreleri (CO, HC, NO_x, İs, Tork, FÖYT, EGS, titreşim, gürültü) değerleri alınmıştır. Ayrıca ham yağlar hacimsel olarak %10, %20, %40 oranlarında dizel yakıtı karıştırılarak deneylerde kullanılmış ve egzoz emisyon ve performans parametreleri (CO, HC, NO_x, İS, Tork, FÖYT, EGS, titreşim, gürültü) değerleri alınmıştır.

Aynı motor şartlarında yine aynı biyodizel yakıtları yine aynı oranda karışımlara 70 °C ön ısıtma uygulanarak deneyler tekrarlanmış ve emisyon değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış ve normal şartlarda çalıştırılan motorda alınan değerlerin karşılaştırılması sağlanmıştır. Ayrıca ham yağ yakıtları yine aynı oranda karışımlara 70 °C ön ısıtma uygulanarak deneyler tekrarlanmış ve emisyon değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış ve ön ısıtma uygulanmamış yakıtlardan alınan değerlerin karşılaştırılması sağlanmıştır.

Aynı motor şartlarında yine aynı biyodizel yakıtları yine aynı oranda karışımlara nanopartikül katkısı (tatlı badem biyodizele titanyum oksit, havuç biyodizele alüminyum oksit) eklenerek deneyler tekrarlanmış ve emisyon değerleri alınmıştır. Nanopartikül katkısının değerleri karşılaştırılması sağlanmıştır. Ayrıca ham yağ yakıtları yine aynı oranda karışımlara nanopartikül katkısı (tatlı badem ham yağına seryum oksit, havuç ham yağına titanyum oksit) eklenerek deneyler tekrarlanmış ve emisyon değerleri alınmıştır. Ham yağlar ve dizel yakıtı arasında nanopartikül katkısı kıyaslanmıştır.

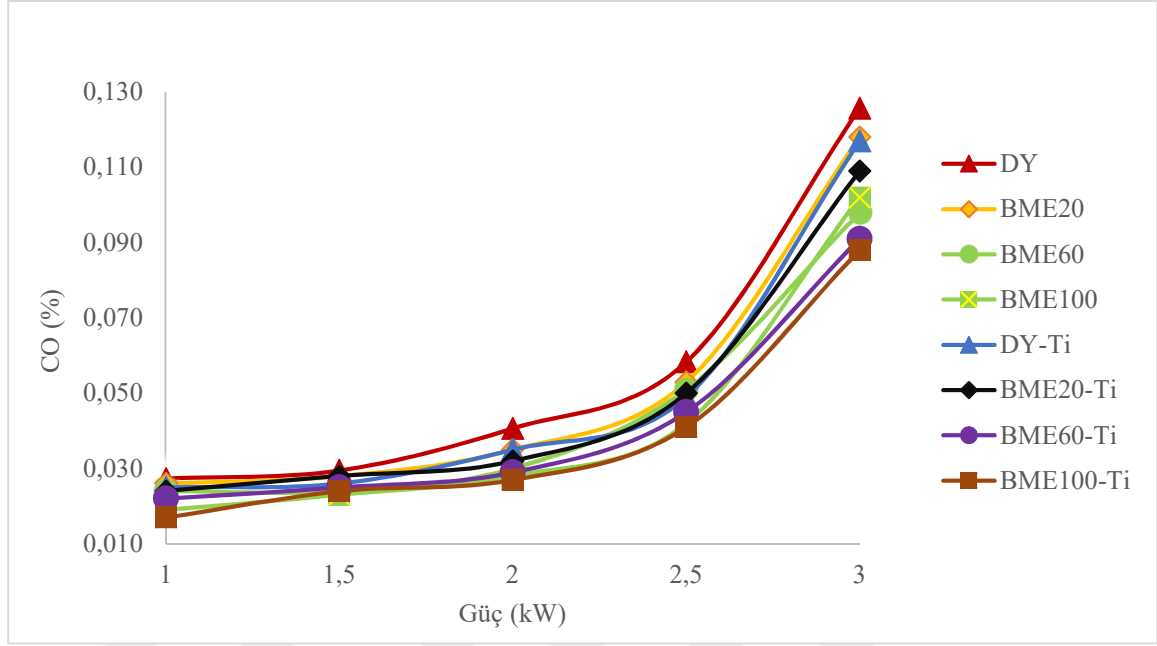
Aynı motor şartlarında yine aynı biyodizel (tatlı badem, havuç) yakıtları yine aynı oranda karışımlara nanopartikül katkısı (tatlı badem biyodizele titanyum oksit, havuç biyodizele alüminyum oksit) eklenerek 70 °C ön ısıtma uygulanarak deneyler tekrarlanmış ve emisyon değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanan nanopartikül katkısının ve nanopartikül katkısı şartlarında çalıştırılan motorda alınan değerlerin karşılaştırılması sağlanmıştır. Ayrıca ham yağ yakıtları yine aynı oranda karışımlara nanopartikül katkısı (tatlı badem ham yağına seryum oksit, havuç ham yağına titanyum oksit) eklenerek 70 °C ön ısıtma uygulanarak deneyler tekrarlanmış ve emisyon değerleri alınmıştır. Nanopartikül katkısının ve ham yağlar arasında ve dizel yakıtı arasındaki değerlerin karşılaştırılması sağlanmıştır.

6.1. CO Emisyonlarının Değerlendirilmesi

Dizel motorunda yanma; yakıttaki karbon ve hidrojenin havadaki oksijen ile tutuşma sıcaklığında buluşması sonucu karbondioksit, su buharı, azot oksitler ve ısı açığa çıkaran reaksiyon ifadesi kullanılabilir. Yanma sırasında reaksiyona giren yakıcı ve yanıcı bütün reaksiyonu etkileyebilmektedir. Yanmayı etkileyen diğer durum ise yanma reaksiyonunun gerçekleşmesi sırasında bulunduğu ortamın fiziksel ve kimyasal yapısının yanma sonu çıkan ürünlerde farklılıklara neden olabilmektedir. Yanma sonu çıkan kirleticiler için yanma odasına giren hava-yakıt oranı belirleyici özellik göstermektedir. Yanma sonunda CO emisyon oluşumunun önde gelen sebeplerinden birisi hava-yakıt oranının düşük oranda olmasıdır. CO oluşumu yakıtın kimyasal özelliklerine bağlı olmasının yanı sıra motorun püskürtme özelliklerine, motorun devrinin ve uygulanan yükün hava-yakıt oranına etkisinden de etkilenmektedir [110].

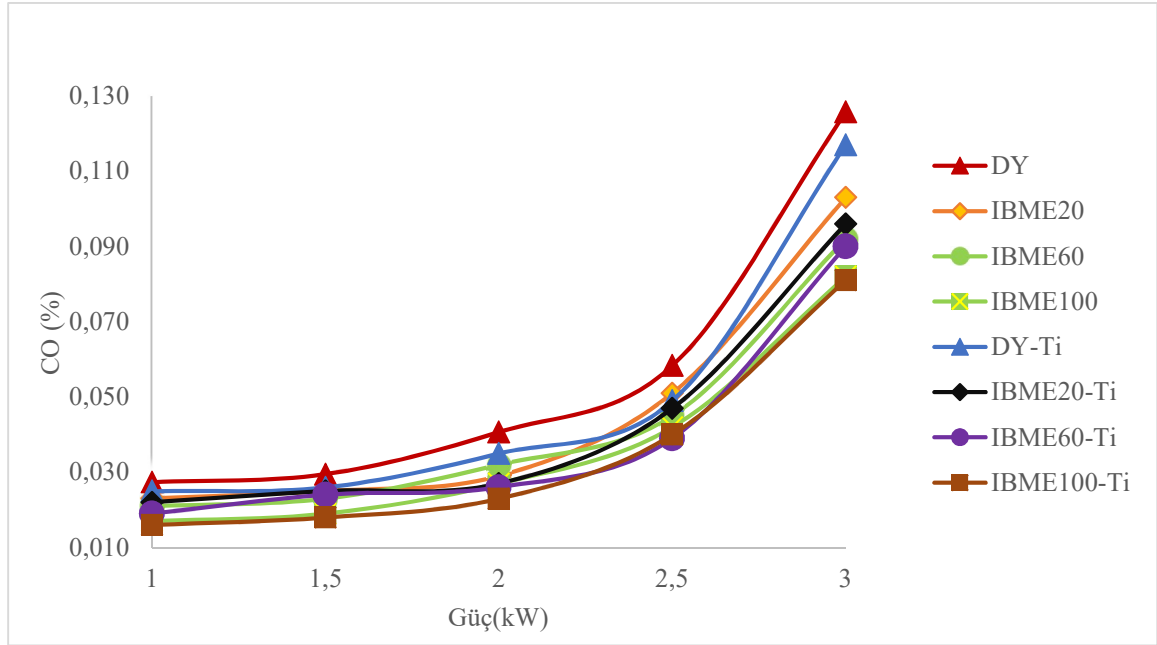
6.1.1. Tatlı Badem Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, CO ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde çalıştırılmıştır ve CO değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem yağından biyodizel (BME20), %60 tatlı badem yağından biyodizel (BME60), %100 tatlı badem yağından biyodizel (BME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak CO değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak CO değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Ön Isıtma uygulanmamış tatlı badem yağı biyodizel yakıtları CO emisyon değerleri

Deney sonucunda BME'nin CO değerleri ile DY'nın CO değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %7.84, BME60 yakıtında %18.34, BME100 yakıtında %26.11 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti'nin CO değerleri ile DY'nın CO değerleri kıyaslandığında %11,45 oranında azalma tespit edilmiştir. BME-Ti'nin CO değerleri ile DY'nın CO değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %13.23, BME60-Ti yakıtında %22.79, BME100-Ti yakıtında %29.95 oranında azalma tespit edilmiştir. BME'nin CO değerleri ile DY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %4.14 oranında artış görülürken, BME60 yakıtında %7.63, BME100 yakıtında %16.53 oranında azalma tespit edilmiştir. BME'nin CO değerleri ile BME-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %5.91, BME60-Ti yakıtında %5.28, BME100-Ti yakıtında %5.17 oranında azalma tespit edilmiştir. BME-Ti'nin CO değerleri ile DY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %1.94, BME60-Ti yakıtında %12.67, BME100-Ti yakıtında %20.73 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.2. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtların CO emisyon değerleri

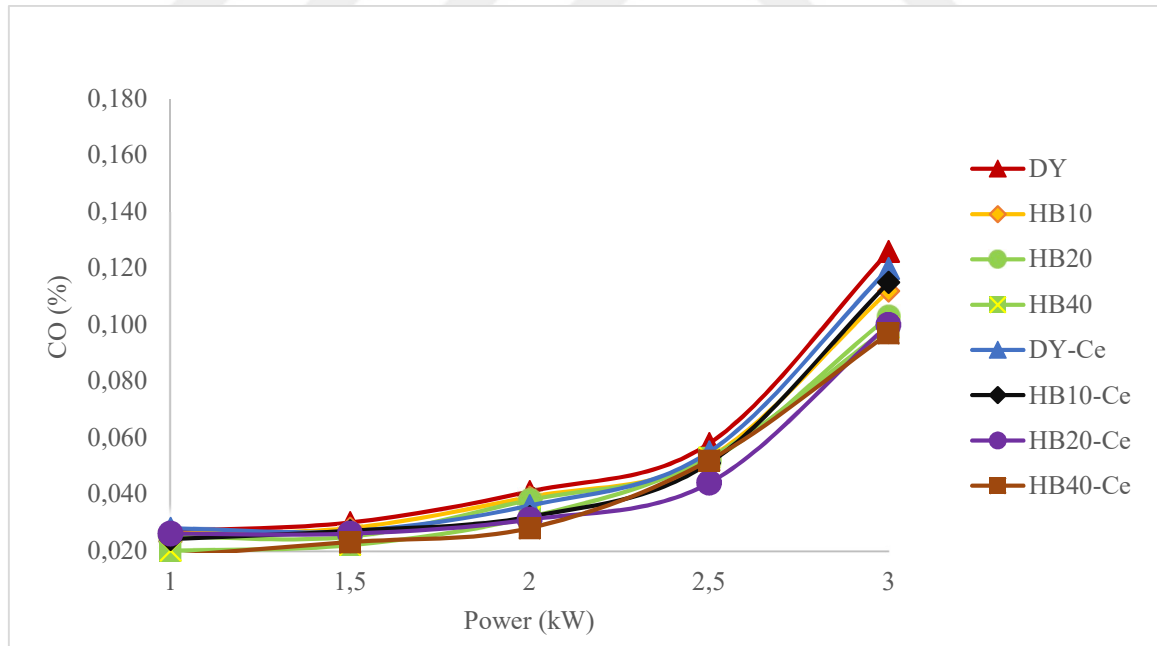
Ön ısıtma uygulanmış deney sonucunda IBME, DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmektedir. IBME'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %18.09, IBME60 yakıtında %23.24, IBME100 yakıtında %33.96 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında %11.45 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME-Ti'nin CO değerleri ile DY'nin CO değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %22.29, IBME60-Ti yakıtında %29.35, IBME100-Ti yakıtında %38.18 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME'nin CO değerleri ile DY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında IBME20 yakıtında %7.37, IBME60 yakıtında %13.13, IBME100 yakıtında %25.20 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME'nin CO değerleri ile IBY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %5.18, IBME60-Ti yakıtında %7.89, IBME100-Ti yakıtında %6.39 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME-Ti'nin CO değerleri ile DY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %12.15, IBME60-Ti yakıtında %20.18, IBME100-Ti yakıtında %30.04 oranında azalma tespit edilmiştir.

Bütün yakıtlar için CO emisyonunun yük değerleri arttıkça, artış gösterdiği ve en yüksek değeri DY yakıtında olduğu belirlenmiştir. En düşük değer ise IBME100-Ti yakıtında görülmüştür. Motor yükü arttıkça CO emisyonları da artmıştır. Yük arttıkça yanma odasına giren yakıt miktarında fazla ihtiyaç olması CO değerinde artışa sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Biyodizelin dizel yağına kıyasla daha yüksek oksijen içeriğine sahip olması, CO oluşumunu azalmasına neden olduğu düşünülmektedir [111]. Nanopartikül katkısının genel olarak biyodizel yakıtlarındaki CO değerlerinde düşüş sağladığı görülmüştür. Nanopartikül yakıtlar tüm

konsantrasyonlarda CO emisyonlarını önemli ölçüde azaltmıştır. CO emisyonlarının azalması iyileştirilmiş yanma koşullarının sonucu olduğu düşünülmektedir [112]. Nanopartiküllerin reaksiyon yüzey alanını artırması, eksik yanma sonucu oluşan CO emisyonunu azaltan yanma reaksiyonunu iyileştirmesi ile açıklanabilir [113].

6.1.2. Tatlı Badem Ham Yağı

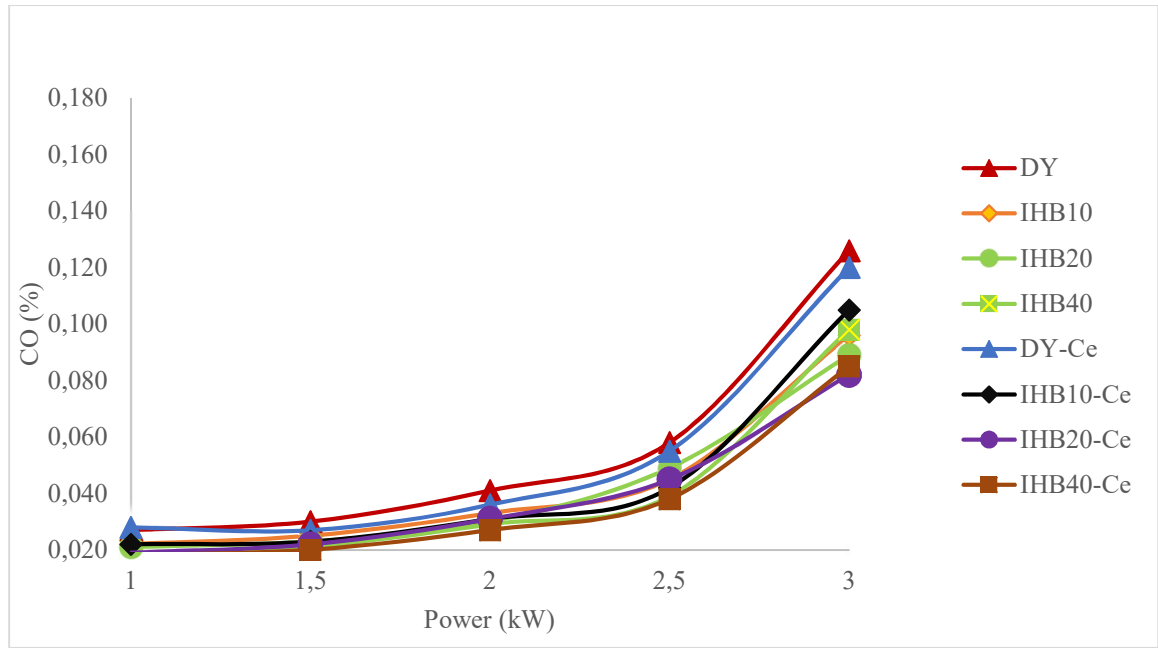
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, CO ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak CO değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.3'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak CO değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtların CO emisyon değerleri

Deney sonucunda HB'nin CO değerleri ile DY'nın CO değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %7, HB20 yakıtında %12, HB40 yakıtında %20.92 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce'nin CO değerleri, DY'nın CO değerlerine kıyasla %5.69 oranında azaldığı tespit edilmiştir. HB-Ce,

DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %12.77, HB20-Ce yakıtında %17.24, HB40-Ce yakıtında %24.35 oranında azalma tespit edilmiştir. HB'nin CO değerleri ile DY-Ce'nin CO değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %1.08, HB20 yakıtında %6.44, HB40 yakıtında %15.87 oranında azalma tespit edilmiştir. HB'nin CO değerleri ile HB-Ce'nin CO değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %6.06, HB20-Ce yakıtında %5.74, HB40-Ce yakıtında %4.37 oranında azalma tespit edilmiştir. HB-Ce'nin CO değerleri ile DY-Ce'nin CO değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %7.37, HB20-Ce yakıtında %12.28, HB40-Ce yakıtında %19.47 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.4. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtların CO emisyon değerleri

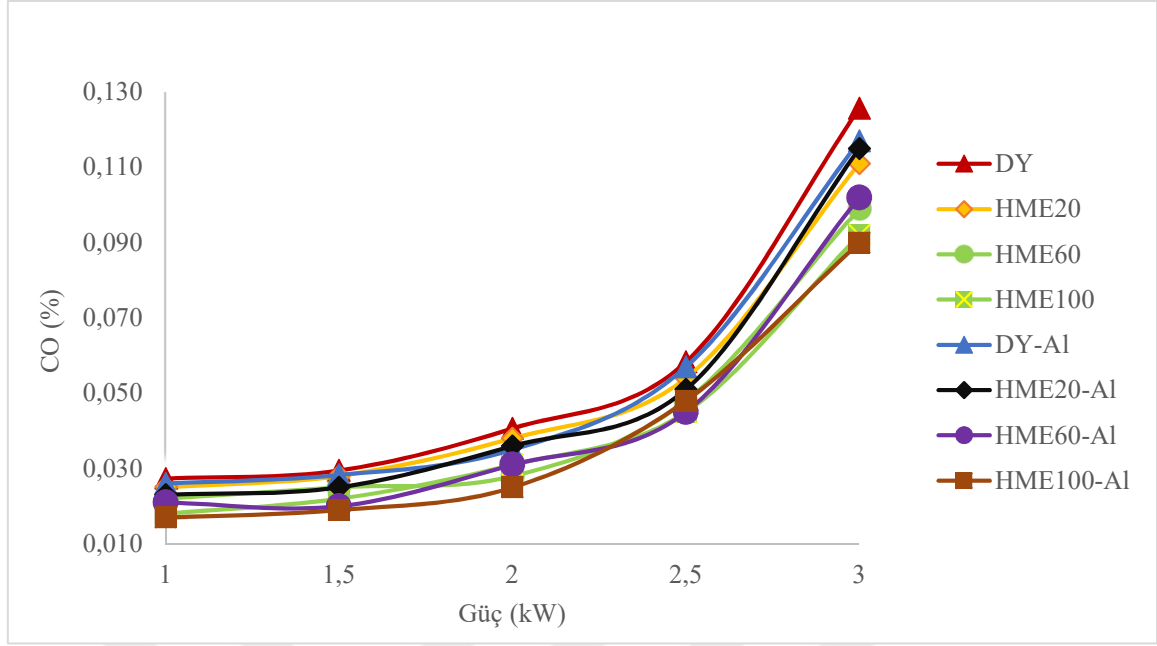
Ön ısıtma uygulanmış deney sonucunda ısıtılmış ham badem yağı (IHB), DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %20.18, IHB20-Ce yakıtında %23.45, IHB40-Ce yakıtında %30.26 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında DY-Ce %5.69 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB-Ce'nin CO değerleri ile DY'nin CO değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %22.10, IHB20-Ce yakıtında %27.60, IHB40-Ce yakıtında %33.57 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB, DY-Ce'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %15.07, IHB20-Ce yakıtında %18.64, IHB40-Ce yakıtında %25.68 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB, IHB-Ce'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %2.27, IHB20-Ce yakıtında %5.31, IHB40-Ce yakıtında %4.32 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB-Ce'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce

yakıtında %17.25 ve IHB20-Ce yakıtında %22.88, IHB40-Ce yakıtında %29.34 oranında azalma tespit edilmiştir.

Karışım yakıtlarında ham yağ oranı arttıkça karbonmonoksit değerlerinin azaldığı görülmektedir. En yüksek CO emisyon değeri dizel yakıtında görülmektedir. Ham yağ oranı arttıkça viskozite de artacağından dolayı ısı değeri düşmektedir. Bununla beraber atomizasyonun kötüleşmesi de beklendiğinden yanma veriminin düştüğü bilinmektedir. Ham yağlar içinde bulunan oksijen miktarlarının yüksekliğinden CO emisyonlarında dizel yakıtına göre düşüş yaşandığı düşünülmektedir. Tutuşma gecikmesindeki azalma, nanoparçacıkların artan kimyasal reaktivitesine bağlanabilir. Seryum oksit katkısı ham yağ yakıtları için paralel olarak CO değerlerinde azalma sağlamıştır. Yakıtın üniform yanması ve nanoparçacıkların varlığından dolayı iyileştirilmiş yakıt-hava karışımı tutuşma gecikmesinin azalmasına katkıda bulunan faktörlerden bazılarıdır. Nanopartikül katkısı yakıt karışımının viskozitesinde azalmaya neden olarak, yakıt atomizasyonunun oluşumuna yardımcı olmaktadır. Geliştirilmiş yakıt atomizasyonu ve viskozitedeki azalma, nanoparçacıkların artan reaktivitesine bağlanabilir. Nanoparçacıkların iyileştirilmiş ateşleme özellikleri ve daha yüksek yüzey temas alanı, katalitik davranışlarına bağlanabilir [114].

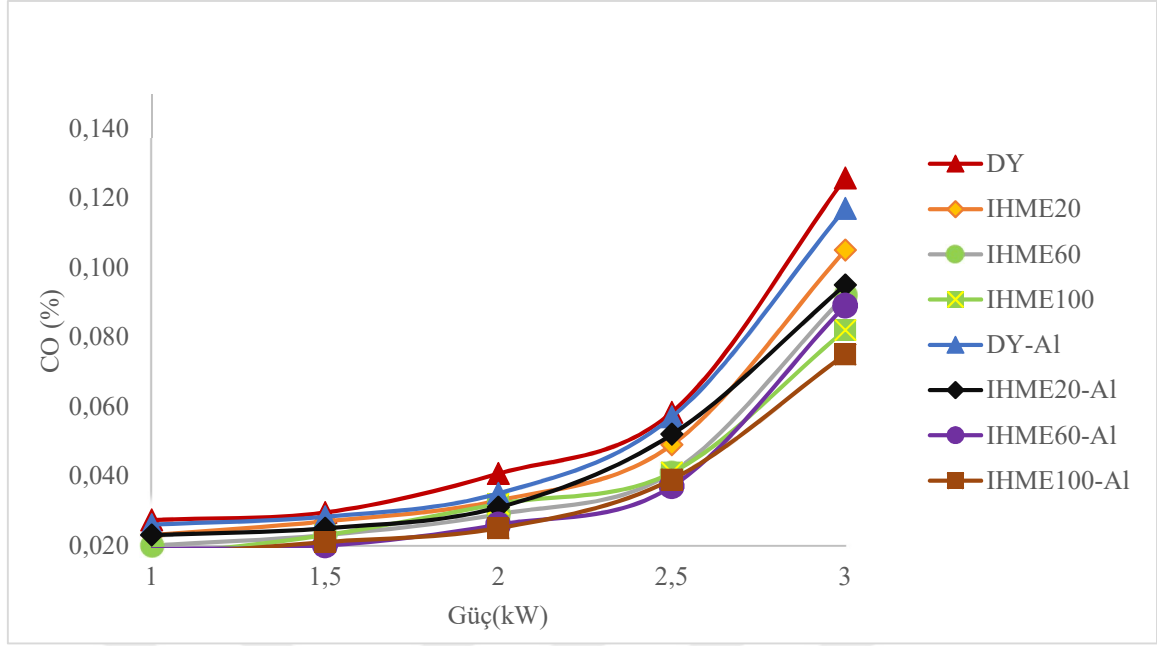
6.1.3. Havuç Yağı Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, CO ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak CO değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.5'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak CO değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.6'de gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların CO emisyon değerleri

Deney sonucunda HME'nin CO emisyon değerleri ile DY'nin CO emisyon değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %7.86, HME60 yakıtında %20.98, HME100 yakıtında %26.60 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al'nin CO değerleri ile DY'nin CO değerleri kıyaslandığında %6.42 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-Al'nin CO değerleri ile DY'nin CO değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %12.74, HME60-Al yakıtında %24.17, HME100-Al yakıtında %31.61 oranında azalma tespit edilmiştir. HME'nin, DY-Al'nin CO değerleri ile kıyaslandığında HME20 yakıtında %1.35, HME60 yakıtında %15.64, HME100 yakıtında %21.38 oranında azalma tespit edilmiştir. HME'nin CO değerleri ile HME-Al'nin CO değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %5.19, HME60-Al yakıtında %3.41, HME100-Al yakıtında %6.81 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-Al'nin CO değerleri ile DY-Al'nin CO değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %6.52, HME60-Al yakıtında %18.77, HME100-Al yakıtında %26.98 oranında azalma tespit edilmiştir.



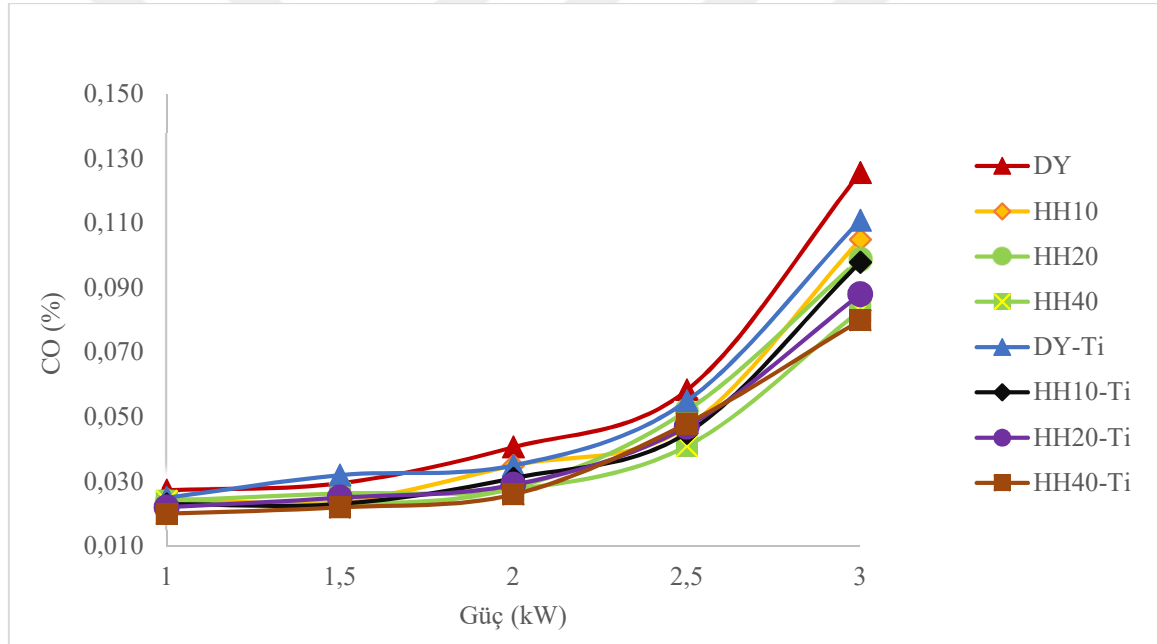
Şekil 6.6. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların CO emisyon değerleri

Deney sonucunda IHME'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %15.13, IHME60 yakıtında %26.82, IHME100 yakıtında %29.13 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında %6.42 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME-Al, DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %18.03, IHME60-Al yakıtında %32.91 ve IHME100-Al yakıtında %35.73 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME'nin CO değerleri ile DY-Al'nin CO değerleri kıyaslandığında IHME20 yakıtında %9.23, IHME60 yakıtında %21.68, IHME100 yakıtında %23.98 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-Al'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %3.37, IHME60-Al yakıtında %8.28 ve IHME100-Al yakıtında %8.80 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al, IHME-Al'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %12.44, IHME60-Al yakıtında %28.20 ve IHME100-Al yakıtında %31.29 oranında azalma tespit edilmiştir.

Bütün yakıt karışımlarının CO emisyonları paralel olarak arttığı ve son yükte en yüksek değerlerini aldığı görülmektedir. Yakıtlar arasında CO emisyonu en yüksek olan yakıt dizel yakıtı ve en düşük CO emisyon değeri IHME100-Al yakıtı olarak görülmektedir. Biyodizel yakıtlar dizel yakıtlarına göre daha yüksek oksijen barındırdıklarından reaksiyona giren oksijenler daha fazla olduğu ve bu durumdan dolayı CO emisyonlarının düştüğü düşünülmektedir [102]. Alüminyum katkıları yakıtların tüm CO emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. CO emisyonlarının azalması iyileştirilmiş yanma koşullarının sonucu olduğu ve ayrıca nanoparçacıkların yanmaya etkisi CO'nun CO₂'ye dönüşümünü geliştirdiği düşünülmektedir [112].

6.1.4. Havuç Ham Yağı

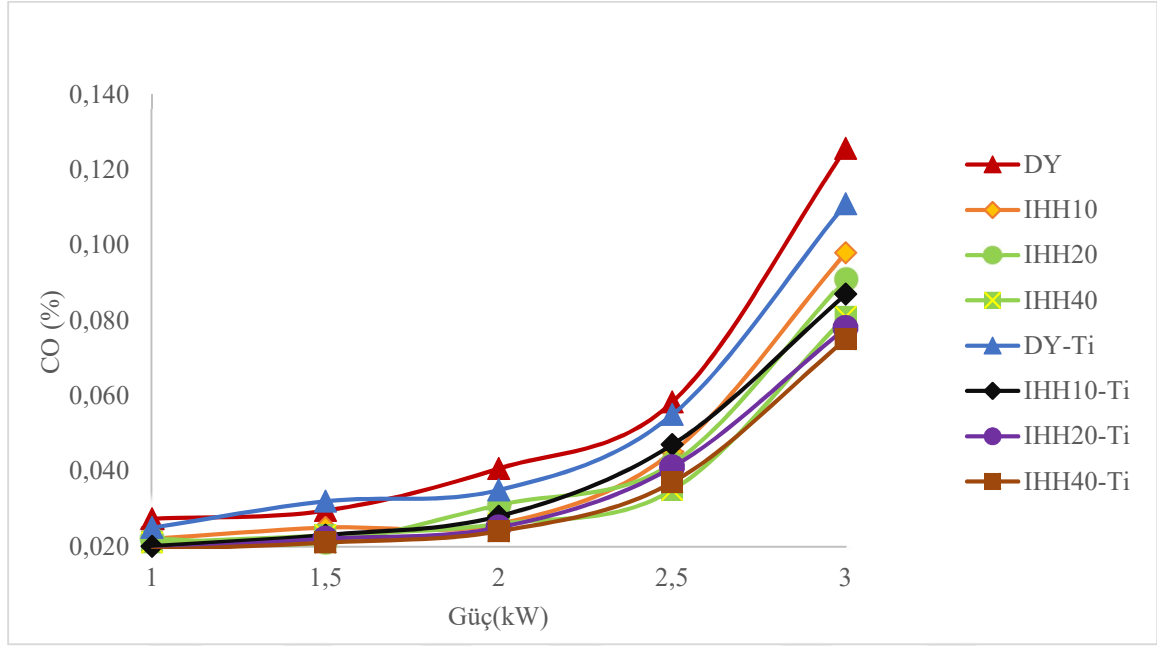
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, CO ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve CO değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak CO değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.7'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak CO değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.8'te gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların CO emisyon değerleri

Deney sonucunda HH'nin CO değerleri ile DY'nın CO değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %15.73, HH20 yakıtında %19.50, HH40 yakıtında %23.80 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti'nin CO değerleri ile DY'nın CO değerleri kıyaslandığında %6.28 oranında azalma tespit edilmiştir. HH-Ti, DY'nın CO değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %21.31, HH20-Ti yakıtında %22.58, HH40-Ti yakıtında %28.48 oranında azalma tespit edilmiştir. HH'nin CO değerleri ile DY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %9.32, HH20 yakıtında %13.68, HH40 yakıtında %18.76 oranında azalma tespit edilmiştir. HH'nin CO değerleri ile HH-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %6.56, HH20-Ti yakıtında %3.36,

HH40-Ti yakıtında %5.02 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, HH-Ti'nin CO değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HH-Ti'nin CO değerleri ile DY-Ti'nin CO değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %15.49, HH20-Ti yakıtında %17.26, HH40-Ti yakıtında %23.52 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.8. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların CO emisyon değerleri

Ön ısıtma uygulaması deney sonucunda IHH'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %23.15, IHH20-Ti yakıtında %25.54, IHH40-Ti yakıtında %31.37 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti'nin CO değerleri DY'nin CO değerleri ile kıyaslandığında %6.28 oranında azalma tespit edilmiştir. IHH-Ti'nin CO değerleri ile DY'nin CO değerleri kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %26.05, IHH20-Ti yakıtında %32.42, IHH40-Ti yakıtında %35.44 oranında azalma tespit edilmiştir. IHH, DY-Ti'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %17.90, IHH20-Ti yakıtında %19.89, IHH40-Ti yakıtında %26.65 oranında azalma tespit edilmiştir. IHH, IHH-Ti'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %3.24, IHH20-Ti yakıtında %8.98, IHH40-Ti yakıtında %5.52 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, IHH-Ti'nin CO değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %20.86, IHH20-Ti yakıtında %27.80, IHH40-Ti yakıtında %30.99 oranında azalma tespit edilmiştir.

Deneyde kullanılan yakıt karışımları CO emisyonları en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür. En düşük değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Ham yağ karışım yakıtları dizel yakıtı göre daha düşük seviyelerde CO emisyonu göstermiştir. Bitkisel yağlar içerisinde

bulundurdıkları oksijen seviyesi yüksek olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Titanyum oksit nanopartikül ham yağ karışımlarına katkı olarak koyulduğunda viskozitede azalmaya yardım etmesi sayesinde yakıt tanecikleri küçüldüğü ve bu sayede CO emisyonları azaldığı düşünülmektedir. Dizel yakıtında ise titanyum oksit metalik özelliği sayesinde ısı kaybını azaltmış ve katkısız dizel yakıta göre CO emisyonu düşmüştür. Ayrıca ham yağlara yapılan ön ısıtma uygulanması viskozite düşüşüne yardım etmektedir ve enjektörden püskürtülen yakıtın atomizasyonu iyileştiği düşünülmektedir. Bu sayede CO emisyonunu azaltmaya yardımcı olmaktadır.

6.2. HC Emisyonlarının Değerlendirilmesi

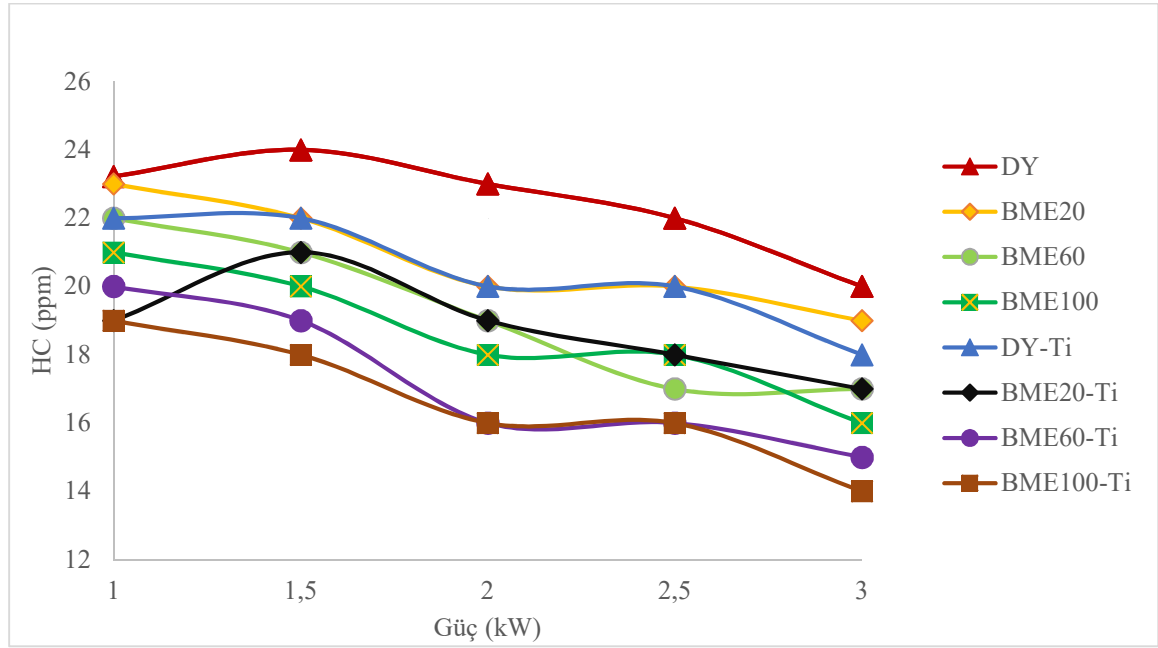
Hidrokarbon (HC) kısaca yanma odasında yanmamış yakıt bulanması şeklinde tanımlanabilmektedir. Yanma sonu oluşan egzoz emisyonlarında HC bulunması yanma sırasında yakıt ya hiç yanmamış şekilde ya da kısmen yanmamış şekilde bulunması anlamına gelmektedir. Dizel motorlarda hava-yakıt oranı artışı yani fakir karışım oranı artışı ile yanma odası içerisinde yanma süresinden önce oluşan erken tutuşmalar yanma alevini söndürebilmektedir. Bu durumdan dolayı HC emisyonlarında artış görülebilmektedir. Ayrıca silindir içi sıcaklık yeteri kadar yüksek olmaması durumu tutuşmayı etkileyeceği için HC emisyonlarında artışa neden olabilmektedir.

Dizel motorlarda yanma başlaması için gereken alevlenme yanma odası duvarları boyunca devam etmesi gerekirken yanma alevi sönmesi durumunda HC emisyonları oluşumu görülmektedir [115]. Önceden yapılan bazı çalışmalarda; silindir içinde soğuk bölge oluşumu ve bu bölgelerde alev sönmesine neden olan gizli buharlaşmanın daha yüksek olması nedeniyle HC oluşmasının önemli nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. HC emisyonlarının oluşmasının diğer nedeninden biri de damlacık çapının artmasıdır. Damlacık çapı artışı sadece HC emisyon artışı değil buharlaşma hızının artmasına bunun yanı sıra tutuşma gecikmesine neden olur. Düşük buharlaşmaya sebebiyet veren hava-yakıt oranı düşük yani zengin karışimli yakıtlar veya yanma olayı sırasında alev sönmelerinin oluşması HC emisyonlarının oluşmasının yanı sıra eksik yanma ürünlerinin de oluşmasına neden olabilmektedir [116]. HC oluşumu ve yanmamış ürünlerin arasında bulunması tutuşma sıcaklığının yakıtı alevlendirememesi, yanma için gerekli olan oksijen seviyesinin düşük seviyede olması sonucunda yakıtta yarı oksitlenme veya hiç oksitlenme olmaması sebepleri gösterilebilmektedir [117].

6.2.1. Tatlı Badem Biyodizel

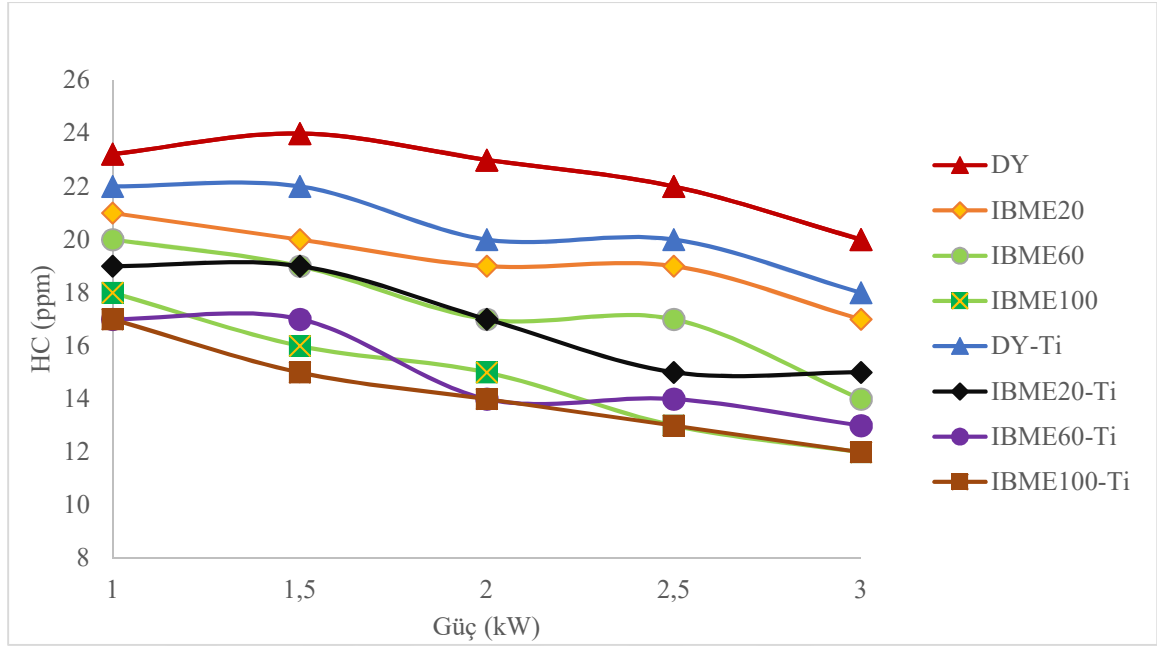
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, HC ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve HC

değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak HC değerleri alınmıştır. Aynı motorda BME20, BME60, BME100 sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan BME20, BME60, BME100 ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak HC değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.9'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak HC değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri

Deney sonucunda BME'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %7.28, BME60 yakıtında %14.58, BME100 yakıtında %17.23 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında %9.15 oranında azalma tespit edilmiştir. BME-Ti'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %16.25, BME60-Ti yakıtında %23.48, BME100-Ti yakıtında %26.18 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, DY-Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %2.02 oranında artış görülürken, BME60 yakıtında %6.02, BME100 yakıtında %8.95 oranında azalma tespit edilmiştir. BME'nin HC değerleri ile BME-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %9.49, BME60-Ti yakıtında %10.41, BME100-Ti yakıtında %10.85 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %7.75, BME60-Ti yakıtında %15.88 ve BME100-Ti yakıtında %18.81 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.10. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri

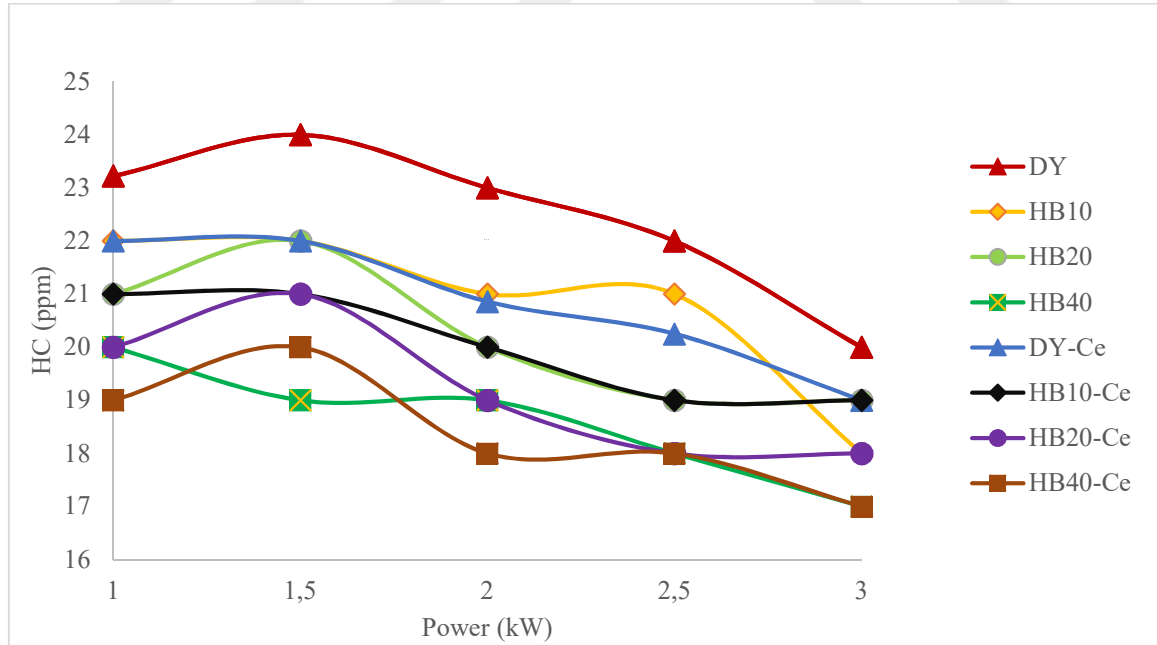
Ön ısıtma uygulaması deney sonucunda IBME'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında IBME20 yakıtında %14.45, IBME60 yakıtında %22.70, IBME100 yakıtında %34.30 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında %9.15 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME-Ti'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %24.38, IBME60-Ti yakıtında %33.29, IBME100-Ti yakıtında %36.87 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME'nin HC değerleri ile DY-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında IBME20 yakıtında %5.84, IBME60 yakıtında %14.99, IBME100 yakıtında %27.76 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME'nin HC değerleri ile IBME-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %11.57, IBME60-Ti yakıtında %13.59, IBME100-Ti yakıtında %3.69 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti'nin HC değerleri ile IBME-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %16.79, IBME60-Ti yakıtında %26.65, IBME100-Ti yakıtında %30.58 oranında azalma tespit edilmiştir.

Yakıtlarda dizel yakıtına kıyasla diğer yakıtlarda HC emisyonunda genel olarak düşüş görülmüştür. HC emisyonunun oluşumu, hava-yakıt karışım bölgelerinin tutuşma sıcaklığının altında kalması ve oksijen eksikliğinden kaynaklanan oksidasyon ile açıklanabilir [117,118]. Karışımlarda BME oranı arttıkça HC emisyonunun azaldığı gözlenmiştir. Test yakıtlarındaki BME oranı arttıkça O₂ içeriği de arttığı ve bunun yanma verimini iyileştirdiği düşünülmektedir. Yakıt karışımlarında artan metil ester oranının daha yüksek setan sayısı ve tutuşma gecikmesi sağladığı, dolayısıyla HC emisyonunu azalttığı benzer çalışmalarda bildirilmiştir [119,120].

Ayrıca test yakıtlarında BME oranı arttıkça yanma odasındaki yakıtça zengin bölgelere daha fazla O_2 taşınacağı için HC emisyonunun azaldığı düşünülmüştür [121]. TiO_2 katkılarının, ekstra oksijen içeriği ve nanopartiküllerin geniş yüzey alanı nedeniyle yanma sürecini iyileştirmesine bağlanabilir [113].

6.2.2. Tatlı Badem Ham Yağ

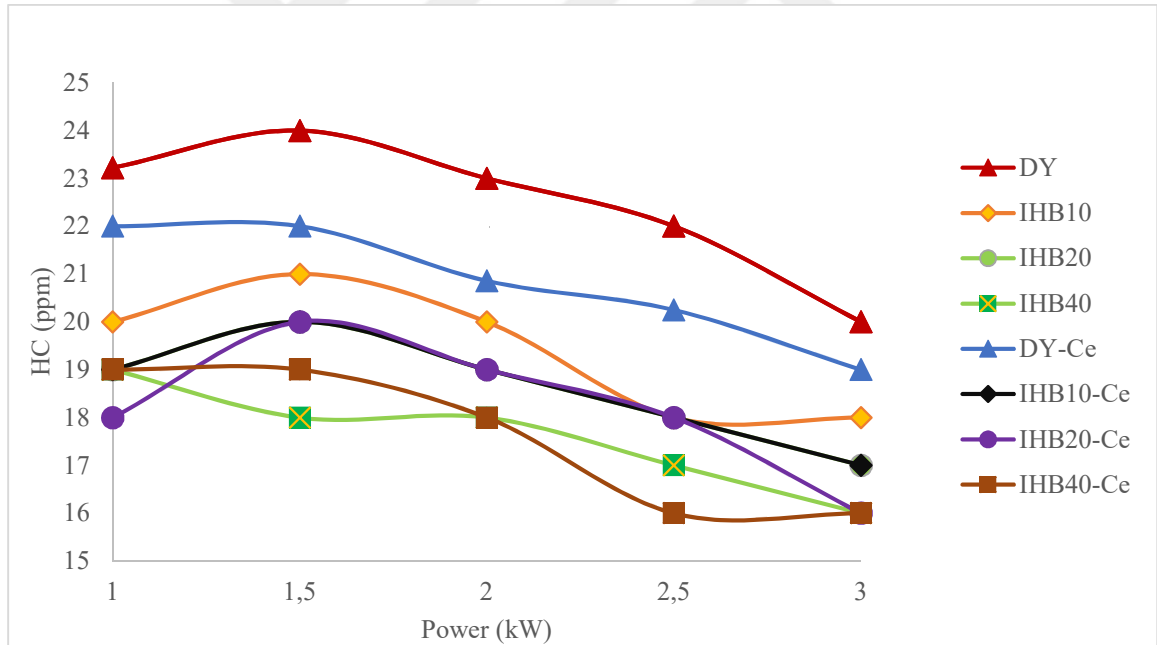
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, HC ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak HC değerleri alınmıştır. Aynı motorda HB10, HB20, HB40 sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak HC değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.11'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak HC değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.12'te gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri

Deney sonucunda HBY, DY HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin HC değerleri ile DY'nın HC değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %7.37, HB20

yakıtında %9.92, HB40 yakıtında %17.06 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ce'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında %7.17 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY-Ce, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %10.75, HB20-Ce yakıtında %14.39, HB40-Ce yakıtında %17.95 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin HC değerleri ile DY-Ce'nin HC değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %0.17, HB20 yakıtında %2.97, HB40 yakıtında %10.65 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin HC değerleri ile HBY-Ce'nin HC değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %3.56, HB20-Ce yakıtında %4.97, HB40-Ce yakıtında %1 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, HBY-Ce'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY-Ce'nin HC değerleri ile DY-Ce'nin HC değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %3.87, HB20-Ce yakıtında %7.78, HB40-Ce yakıtında %11.61 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.12. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri

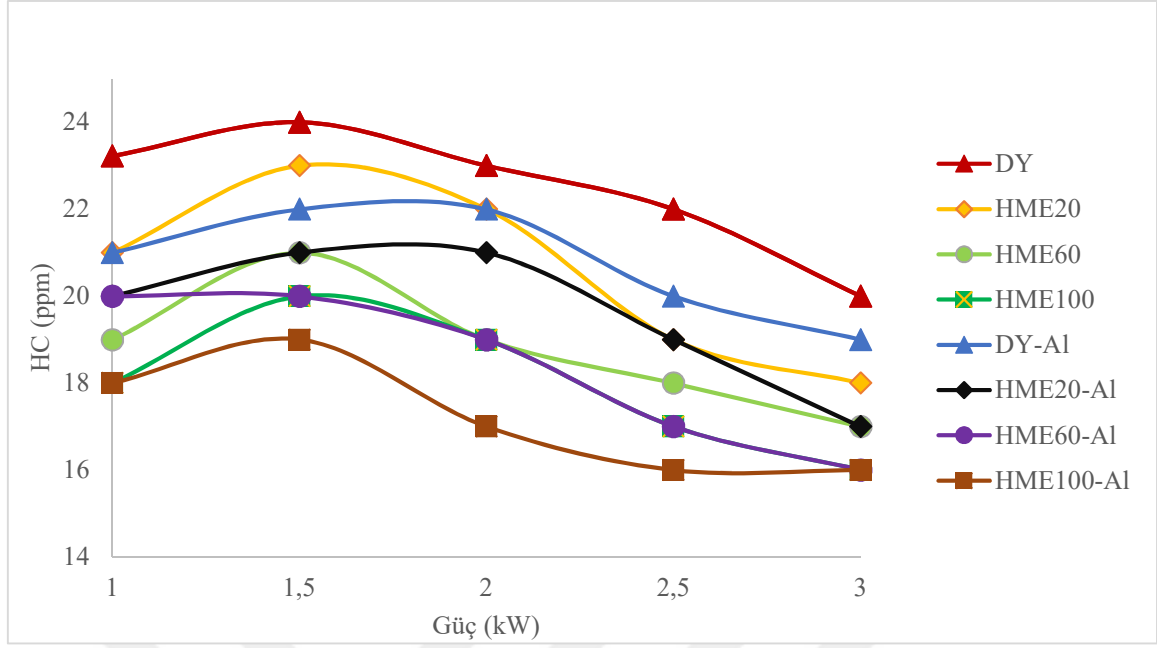
Deney sonucunda IHB40, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %13.52, IHB20 yakıtında %17.08, IHB40 yakıtında %21.53 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında %7.17 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB40-Ce, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %17.08, IHB20-Ce yakıtında %18.95, IHB40-Ce yakıtında %21.61 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB40, DY-Ce'nin HC

değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB Y'nin HC değerleri ile DY-Ce'nin HC değerleri kıyaslandığında IHB10 yakıtında %6.82, IHB20 yakıtında %10.65, IHB40 yakıtında %15.47 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB Y, IHB Y-Ce'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB Y-Ce'nin HC değerleri ile IHB Y'nin HC değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %4.06, IHB20-Ce yakıtında %2.23, IHB40-Ce yakıtında %0.07 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB Y-Ce'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %10.65, IHB20-Ce yakıtında %12.62, IHB40-Ce yakıtında %15.55 oranında azalma tespit edilmiştir.

Tatlı badem ham yağların karışımları ve dizel yakıtların genel olarak HC emisyonları incelendiğinde ham yağ karışımlarında genel olarak HC emisyonları düşük olduğu görülmüştür. En yüksek HC değeri dizel yakıtında görülmekte iken en düşük HC emisyon analizi değeri IHB40-Ce değerinde görülmektedir. Ham yağ yakıtlarına seryum oksit katkısı ve ön ısıtma uygulaması birlikte yapıldığında HC emisyon değerleri düştüğü görülmüştür. Hidrokarbon emisyonları esas olarak tam yanma için gerekli oksijen miktarının bulunmamasından kaynaklanır. Yüksek basınçlardaki tüm yakıt karışımları için, CeO_2 katkılı HC emisyonlarının katkısız duruma göre daha düşük olduğu görülmüştür. CeO_2 partikülleri ayrıca HC konsantrasyonunun azaltılmasında önemli bir rol oynar. Yakıt hazırlama aşamasında, CeO_2 partikülleri, ısının hava ve yakıt ile etkili bir şekilde taşınmasına ve değiştirilmesine yardımcı olarak, ısı transferinin iyileştirilmesine katkıda bulunur. Yanma sırasında da HC'yi azaltmada önemli bir rol oynarlar. Seryum oksit ayrıca bir oksidasyon katalizörüdür, bu nedenle hidrokarbonların oksidasyonunu destekler. Seryum oksit, ciddi oksit oluşturmak için kurum oksidasyonunun yanı sıra hidrokarbonların indirgenmesi için oksijen sağlar. Oksidasyon katalizörü olarak seryum oksit ayrıca karbon yanma aktivasyon sıcaklığını düşürür ve böylece tam yanmayı teşvik ederek hidrokarbon oksidasyonunu artırır [122].

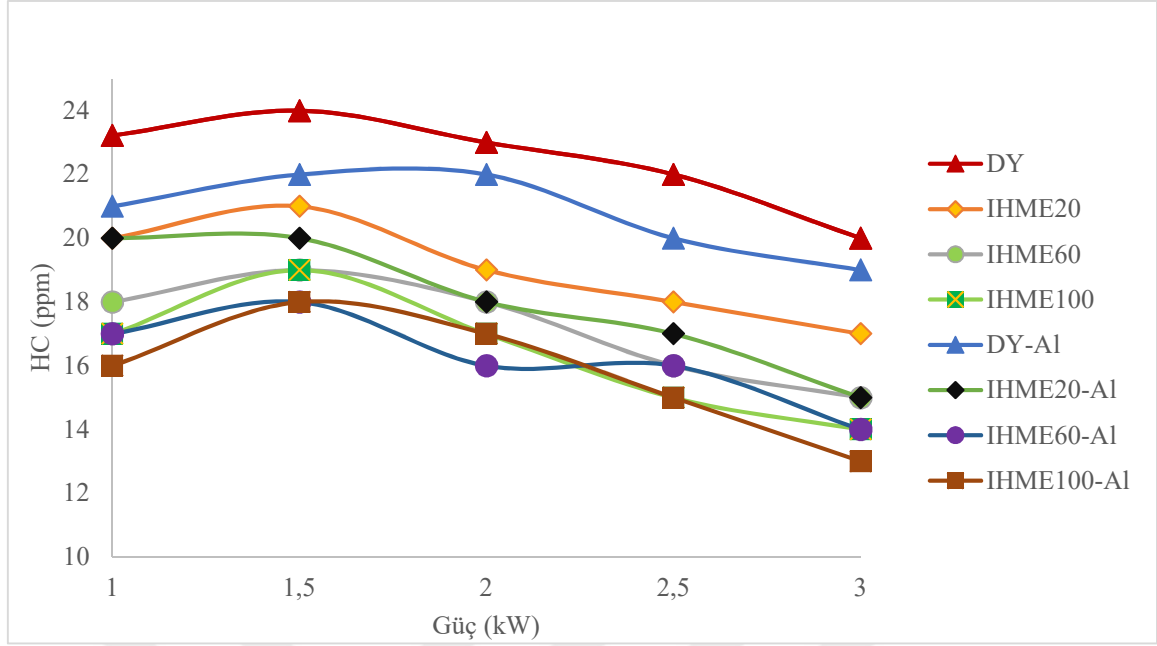
6.2.3. Havuç Yağı Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, HC ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak HC değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.13'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak HC değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.14'de gösterilmiştir.



Şekil 6.13. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri

Deney sonucunda HME'nin HC değerleri ile DY'nın HC değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %8.34, HME60 yakıtında %16.25, HME100 yakıtında %19.85 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nın HC değerleri ile kıyaslandığında %7.27 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-Al'nin HC değerleri ile DY'nın HC değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %12.74, HME60-Al yakıtında %18.13, HME100-Al yakıtında %23.34 oranında azalma tespit edilmiştir. HME'nin HC değerleri ile DY-Al'nin HC değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %1.14, HME60 yakıtında %9.65, HME100 yakıtında %13.56 oranında azalma tespit edilmiştir. HME'nin HC değerleri ile HME-Al'nin HC değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %4.71, HME60-Al yakıtında %2.19, HME100-Al yakıtında %4.28 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-Al'nin HC değerleri ile DY-Al'nin HC değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %5.88, HME60-Al yakıtında %11.66, HME100-Al yakıtında %17.29 oranında azalma tespit edilmiştir.



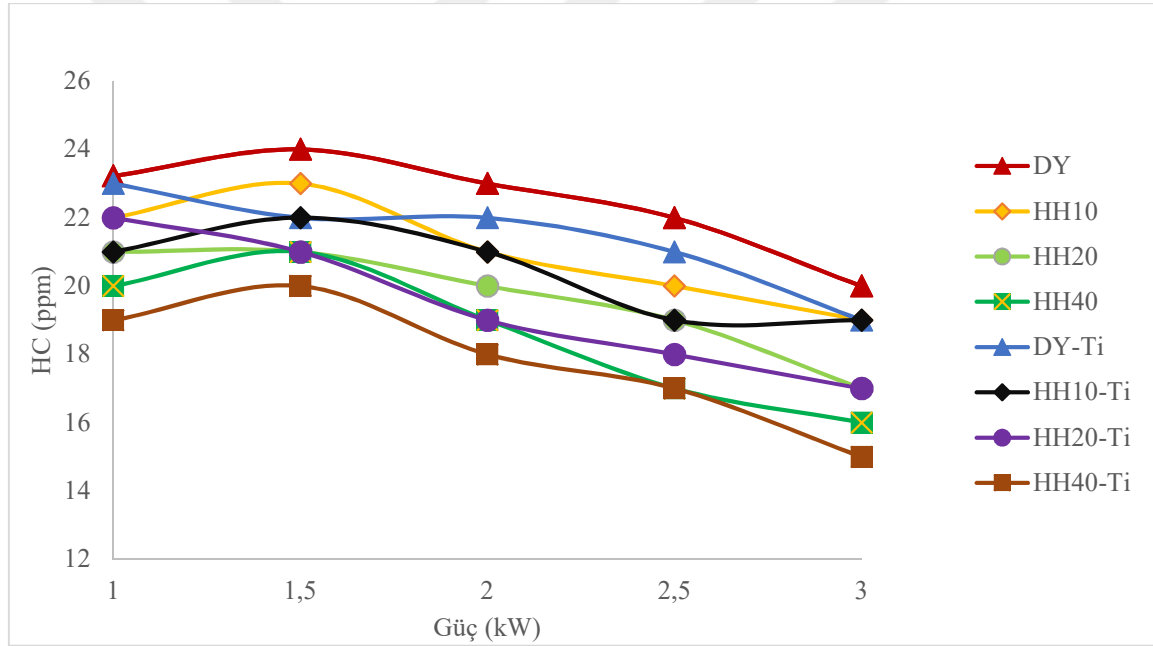
Şekil 6.14. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların HC emisyon değerleri

Ön ısıtma uygulaması deney sonucunda IHME, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %15.39, IHME60 yakıtında %23.47, IHME100 yakıtında %27.11 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında %7.27 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME-Al, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %20, IHME60-Al yakıtında %27.90 ve IHME100-Al yakıtında %29.80 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME'nin HC değerleri ile DY-Al'nin HC değerleri kıyaslandığında IHME20 yakıtında %8.69, IHME60 yakıtında %17.43, IHME100 yakıtında %21.35 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-Al'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %5.47, IHME60-Al yakıtında %5.72 ve IHME100-Al yakıtında %3.66 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al, IHME-Al'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %13.62, IHME60-Al yakıtında %22.16 ve IHME100-Al yakıtında %24.26 oranında azalma tespit edilmiştir.

Havuç yağı biyodizel karışım yakıtları ve dizel karışım yakıtları genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek HC emisyon değeri dizel yakıtında görülmüştür. En düşük HC emisyon verisi ise IHME100-Al yakıtında görülmüştür. Yanma durumu çok zayıf veya çok zengin olduğu için HC emisyonu artacaktır [81]. Alümina söz konusu olduğunda, yakıt enjeksiyonunu iyileştirir ve daha düşük viskozite nedeniyle yakıtın daha iyi atomizasyonuna yol açar, nanoparçacıkların yüzey hacim oranını artırır ve ısı transfer oranını artırır [123]. Ön ısıtma, HME'nin viskozitesini düşürür, dolayısıyla ön ısıtma olmadan HME'ye kıyasla daha iyi atomizasyon gerçekleşir. Ön ısıtmalı biyodizel ön ısıtmaz HME'ye kıyasla daha az HC emisyonu üretir. Benzer değerler başka araştırmada görülmüştür [124].

6.2.4. Havuç Ham Yağı

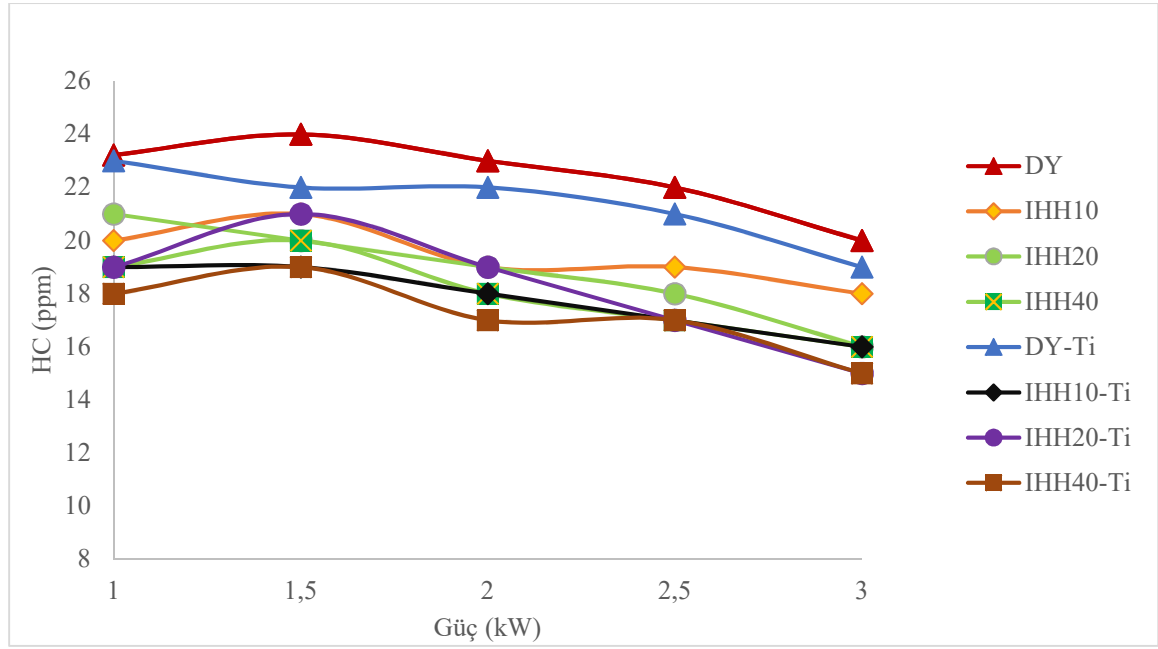
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, HC ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve HC değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak HC değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.15'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak HC değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.15. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri

Deney sonucunda HHY, DY HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %6.44, HH20 yakıtında %12.75, HH40 yakıtında %17.30 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ti'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında %4.64 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY-Ti, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %9.05 oranında azalma görülürken, HH20-Ti yakıtında %13.67, HH40-Ti yakıtında %20.86 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin HC değerleri

ile DY-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %1.82, HH20 yakıtında %8.48, HH40 yakıtında %13.21 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görölmüştür. HHY'nin HC değerleri ile HHY-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %2.78, HH20-Ti yakıtında %1.10, HH40-Ti yakıtında %4.26 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, HHY-Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görölmüştür. HHY-Ti'nin HC değerleri ile DY-Ti'nin HC değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %4.55, HH20-Ti yakıtında %9.47, HH40-Ti yakıtında %16.95 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.16. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağ yakıtların HC emisyon değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %13.48, IHH20-Ti yakıtında %16.36, IHH40-Ti yakıtında %19.86 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında %4.64 oranında azalma tespit edilmiştir. Havuç yağından elde edilmiş IHHY-Ti, DY'nin HC değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görölmüştür. IHHY-Ti'nin HC değerleri ile DY'nin HC değerleri kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %20.70, IHH20-Ti yakıtında %19.16, IHH40-Ti yakıtında %23.43 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %9.20, IHH20-Ti yakıtında %12.30, IHH40-Ti yakıtında %15.90 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %8.28, IHH20-Ti yakıtında %3.27, IHH40-Ti yakıtında %4.41 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-

Ti'nin HC değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %16.81, IHH20-Ti yakıtında %15.13, IHH40-Ti yakıtında %19.64 oranında azalma tespit edilmiştir.

HC emisyonları içinde en yüksek değer dizel yakıtında görölmüştür. En düşük emisyon değeri ise IHH40-Ti yakıtında görölmüştür. Ham yağlar dizel yakıtına göre daha yüksek oksijen içermesinden dolayı dizel yakıtına göre daha düşük HC emisyonu oluşturduğu düşünölmektedir [125]. Nanopartiköl katkısı ham yağlarda sıcaklık tutucu olarak ve oksijen içeriği sayesinde destek vererek hem viskozite düşüşü sağlamış olduğu hem de yanma verimini artırdığı bu sayede HC emisyonlarında katkısız yakıtlara göre düşüş yaşandığı düşünölmektedir. Ham yağ deney yakıtlarına ön ısıtma uygulaması HC emisyon değerlerinde iyileştirme yaptığı görölmüştür. Yüksek viskozite değerlerine sahip ham yağlar ön ısıtma uygulanarak atomizasyon iyileşmesi göröldüğü bu sayede emisyon değerleri düştüğü düşünölmektedir.

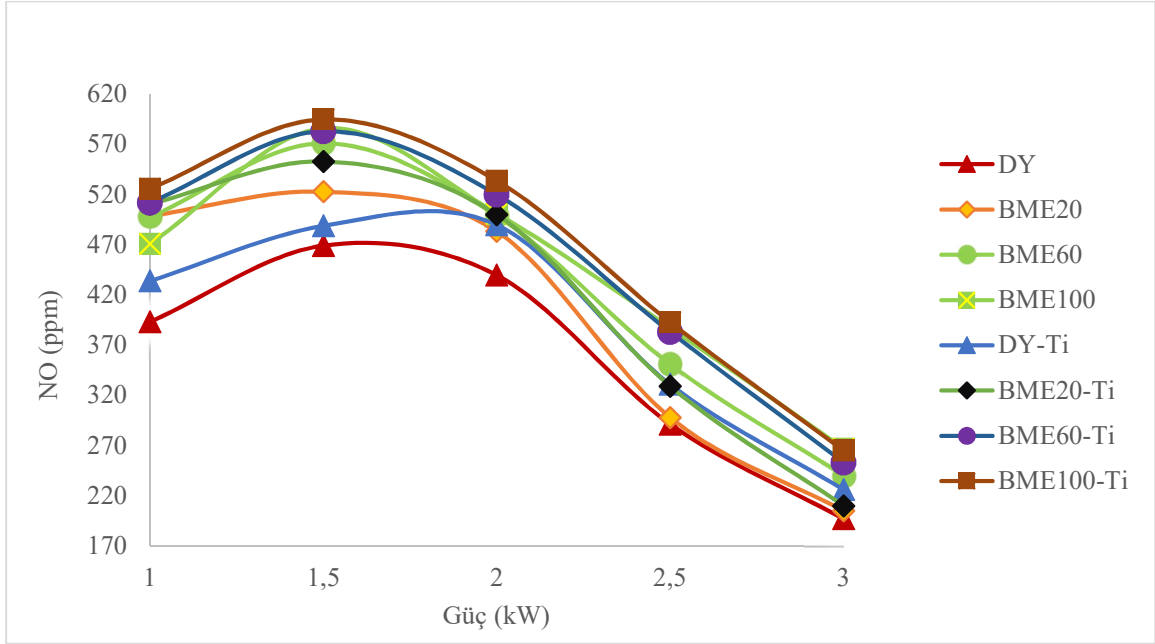
6.3. NOx Emisyonlarının Değerlendirilmesi

NO oluşumu üç kimyasal kinetik süreçle açıklanabilir: termal NOx, ani NOx ve yakıt NOx. Sonuncusu, yakıtın N içeriğinden oluşur ve tüm deneylerde aynı saf dizel yakıtı kullanıldığı için bu çalışma için göz ardı edilebilir. Atmosferik nitrojenin yüksek sıcaklıklarda oksidasyonu ile oluşan termal NOx ve ani NOx, atmosferik nitrojenin yakıttan türetilen C, CH ve CH₂ gibi serbest radikallerle alev cephesinde reaksiyona girmesiyle oluşur [112]. NOx oluşum hızı, öncelikle yanma ve tepe alev sıcaklığının, nitrojenin bu sıcaklıkta kalma süresinin ve yanma odasındaki reaksiyon bölgelerindeki oksijen içeriğinin bir fonksiyonudur [126,127]. Daha yüksek toplam silindir sıcaklığı, daha yüksek NOx oluşumunun bir göstergesi olmasına rağmen, silindir içindeki sıcaklık dağılımının daha önemli olduğu ve bu nedenle bazı durumlarda NOx'nun artmasına ve diğerlerinde azalmasına neden olduğu belirtilmelidir [128]. Motor silindiri içinde, oksijen içeriklerine karşılık gelen birkaç yüksek sıcaklık bölgesi vardır. Dizel motorların NOx emisyonunun oluşumunda adyabatik alev sıcaklığı, ısı yayma oranı, stokiyometrik yanma, tutuşma gecikme süresi, reaksiyon sıcaklığı, bir önceki çevrimden kalan yakıt artıkları ve fazla oksijen etkili belirleyicilerdir [120].

6.3.1. Tatlı Badem Biyodizel

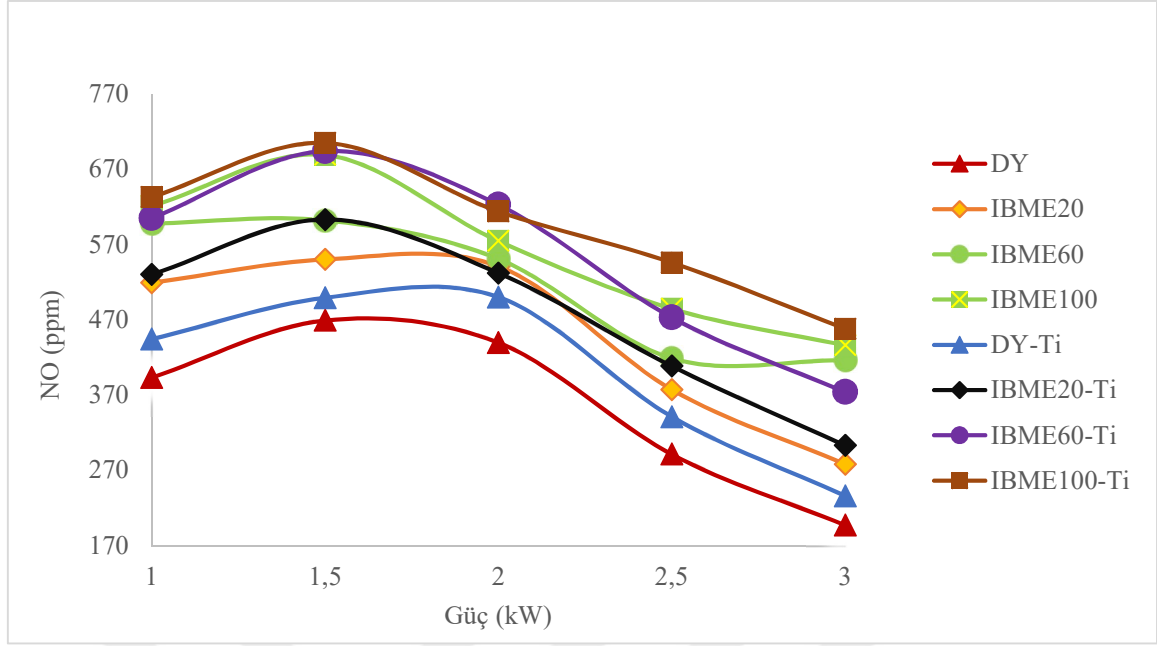
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, NOx ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve NOx değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartiköl katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak NOx değerleri alınmıştır. Aynı motorda BME20, BME60, BME100 yağından elde edilen biyodizel sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw

yüklerinde kullanılmış ve NO_x değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak NO_x değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.17’de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak HC değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.18’de gösterilmiştir.



Şekil 6.17. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtların NO_x emisyon değerleri

Deney sonucunda BME’nin NO_x değerleri ile DY’nin NO_x değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %10.94, BME60 yakıtında %20.84, BME100 yakıtında %25.40 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY’nin NO_x değerleri ile kıyaslandığında %10.88 oranında artış tespit edilmiştir. BME-Ti’nin NO_x değerleri ile DY’nin NO_x değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %16.19, BME60-Ti yakıtında %26.53, BME100-Ti yakıtında %30.29 oranında artış tespit edilmiştir. BME, DY-Ti’nin NO_x değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %0.27, BME60 yakıtında %9.12, BME100 yakıtında %13.13 oranında artış tespit edilmiştir. BME’nin NO_x değerleri BME-Ti’nin NO_x değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %4.86, BME60-Ti yakıtında %4.72, BME100-Ti yakıtında %4.12 oranında artış tespit edilmiştir. BME-Ti’nin NO_x değerleri ile DY-Ti’nin NO_x değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %5.02, BME60-Ti yakıtında %14.19, BME100-Ti yakıtında %17.57 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.18. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının NOx emisyon değerleri

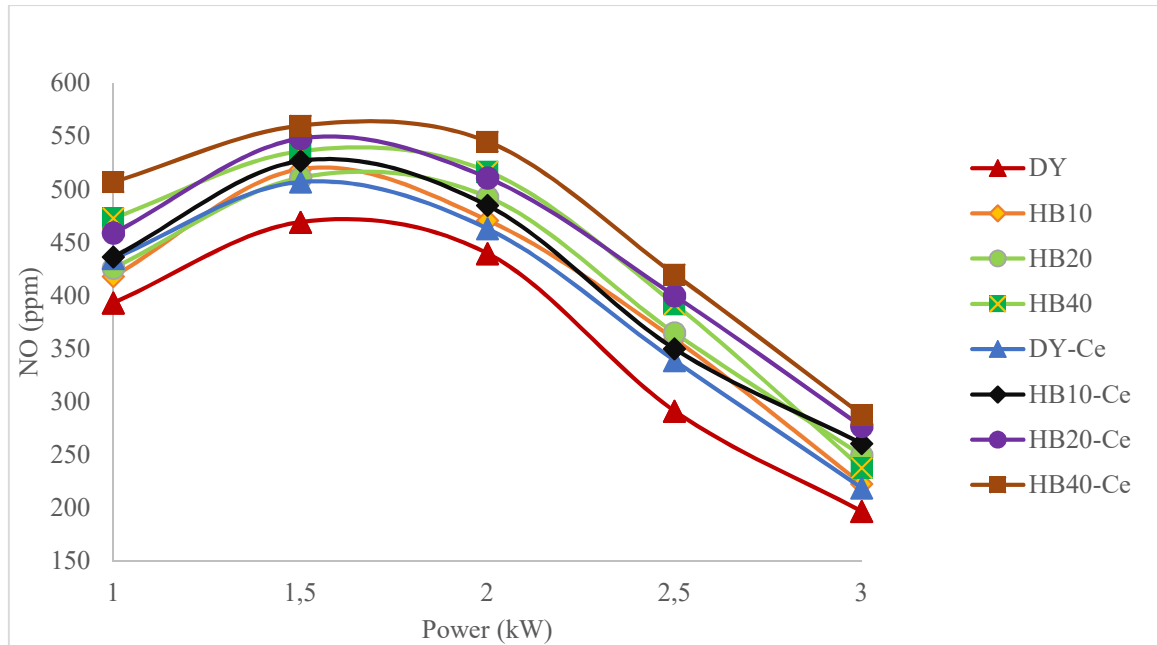
Ön ısıtma uygulaması deney sonucunda IBME'nin NOx değerleri DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %28.56, BME60 yakıtında %52.13, BME100 yakıtında %64.64 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında %13.97 oranında artış tespit edilmiştir. IBME-Ti'nin NOx değerleri DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %35.67, IBME60-Ti yakıtında %59.14, IBME100-Ti yakıtında %74.16 oranında artış tespit edilmiştir. IBME'nin NOx değerleri DY-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %12.73, IBME60 yakıtında %32.92, IBME100 yakıtında %43.95 oranında artış tespit edilmiştir. IBME'nin NOx değerleri IBME-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %5.49, IBME60-Ti yakıtında %6.48, IBME100-Ti yakıtında %5.76 oranında artış tespit edilmiştir. IBME-Ti'nin NOx değerleri DY-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %18.96, IBME60-Ti yakıtında %39.42, IBME100-Ti yakıtında %52.17 oranında artış tespit edilmiştir.

Karışım yakıtları ve dizel yakıtları NOx emisyonlarının analizleri sonucunda en yüksek değer IBME100-Ti yakıtında görülmüş ve en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtları incelendiğinde BME ve karışımlarının NOx emisyonu açısından D2 yakıtına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Metil ester yakıtlarının dizel yakıtına göre daha fazla oksijen içermesi [129], BME yakıtında bulunan doymamış yağ asitleri ve yanma sırasında oluşan yüksek adyabatik alev sıcaklığının [130] yüksek NOx emisyon değerleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Katkı olarak titanyum oksit kullanımı ise; NOxx oluşumu yanma sıcaklığına bağlıdır ve sıcaklık arttıkça oluşan NOxx miktarı da artar. Bu, nitrojen oksit emisyonlarındaki aşamalı artışla gösterilir. Hemen hemen her yükte, ilgili yakıtlarda oksijen moleküllerinin

bulunması nedeniyle, nano yakıt karışımlarından çıkan NO_x emisyonu dizelinkini geçmektedir. TiO₂'nin daha yüksek yüzey alanına bağlı olarak yüksek reaktivitesi, silindir içi basınç ve sıcaklık açısından iyileştirilmiş yanma özelliklerine yol açarak yüksek NO_x değerleri ile sonuçlanır [113].

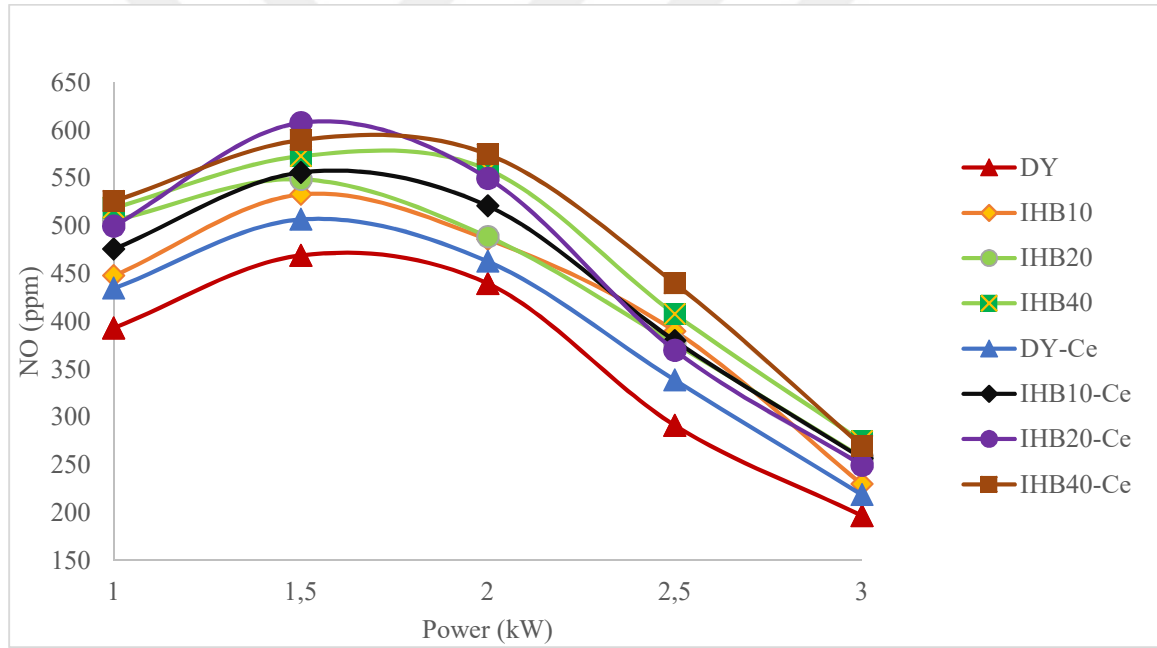
6.3.2. Tatlı Badem Ham Yağ

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, NO_x ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve NO_x değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak NO_x değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham yağı (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve NO_x değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak NO_x değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.19'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak NO_x değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.20'de gösterilmiştir.



Şekil 6.19. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının NO_x emisyon değerleri

Deney sonucunda HBY'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %12.09, HB20 yakıtında %16.31, HB40 yakıtında %21.50 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında %10.30 oranında artış tespit edilmiştir. HBY-Ce'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %17.26, HB20-Ce yakıtında %25.53, HB40-Ce yakıtında %32.52 oranında artış tespit edilmiştir. HBY'nin NOx değerleri ile DY-Ce'nin NOx değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %1.58, HB20 yakıtında %5.40, HB40 yakıtında %10.09 oranında artış tespit edilmiştir. HBY'nin NOx değerleri ile HBY-Ce'nin NOx değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %4.70, HB20-Ce yakıtında %7.81, HB40-Ce yakıtında %9.05 oranında artış tespit edilmiştir. HBY-Ce'nin NOx değerleri ile DY-Ce'nin NOx değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %6.30, HB20-Ce yakıtında %13.69, HB40-Ce yakıtında %20.02 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.20. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının NOx emisyon değerleri

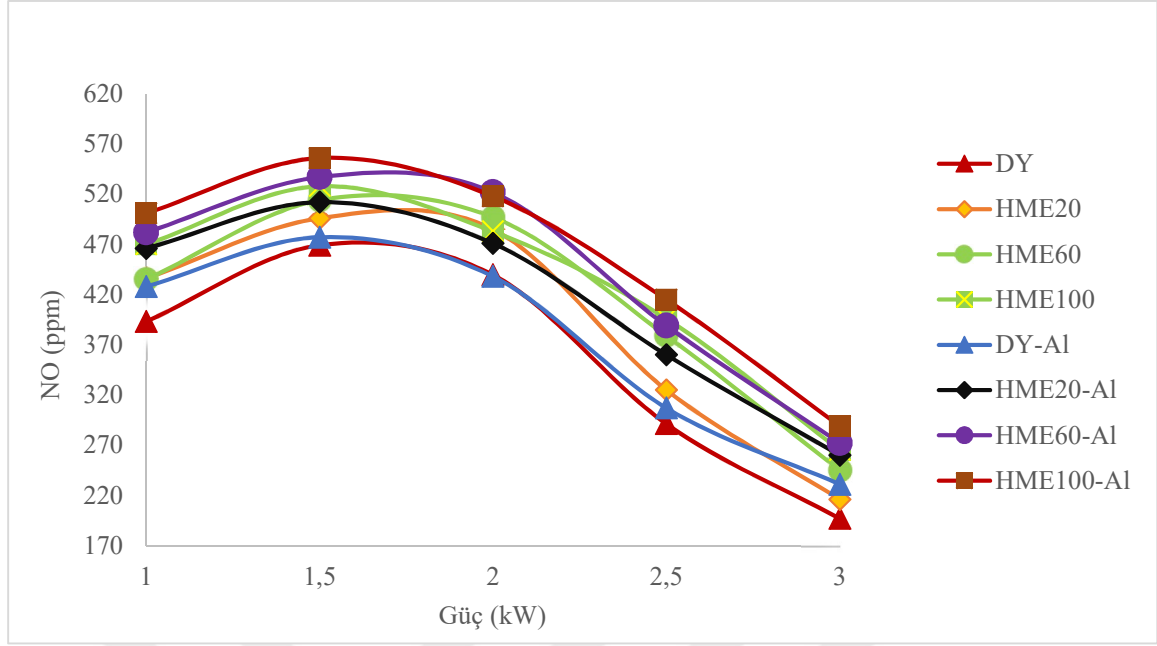
Deney sonucunda IHBY'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında IHB10 yakıtında %17.74, IHB20 yakıtında %23.46, IHB40 yakıtında %32.18 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında %10.30 oranında artış tespit edilmiştir. IHBY-Ce'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %23.79, IHB20-Ce yakıtında %27.15, IHB40-Ce yakıtında %35.68 oranında artış tespit edilmiştir. IHBY'nin NOx değerleri ile DY-Ce'nin NOx değerleri kıyaslandığında IHB10 yakıtında %6.63, IHB20 yakıtında %11.85, IHB40 yakıtında %19.80 oranında artış tespit edilmiştir.

edilmiştir. IHB-Y-Ce'nin NO_x değerleri ile IHB-Y'nin NO_x değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %5.39, IHB20-Ce yakıtında %3.42, IHB40-Ce yakıtında %2.64 oranında artış tespit edilmiştir. IHB-Y-Ce'nin NO_x değerleri ile DY-Ce'nin NO_x değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %12.21, IHB20-Ce yakıtında %15.39, IHB40-Ce yakıtında %22.91 oranında artış tespit edilmiştir.

Deney yakıt karışımları ve dizel yakıt karışımları NO_x emisyonları değerleri en yüksek IHB40-Ce yakıtı görülmektedir. En düşük NO_x emisyon değeri dizel yakıt olmuştur. NO_x değerleri artan yükte belli bir yükselme noktasına ulaştıktan sonra düşüş yaşamaya başlamıştır. En yüksek yükte NO_x emisyonları en düşük değerlerini aldığı görülmektedir. Ham badem yağı oranları arttıkça NO_x emisyonlarında azalma görülmektedir. Çevrim sıcaklığındaki düşüşten dolayı NO_x azalmaları olması söz konusu olması ile açıklanabilir [131]. Yakıt karışımlarına genel olarak bakıldığında seryum oksit nanopartikül katkılı yakıtların katkı yapılmayan yakıtlara göre NO_x emisyon değerlerinde artış olduğu görülmektedir. CeO₂ harmanlanmış yakıtlar için NO_x emisyonunun daha fazla olduğu keşfedilmiştir. Ön ısıtma uygulaması da aynı şekilde ön ısıtma uygulanmayan yakıtlara göre yüksek NO_x emisyonları göstermiştir. Bu, yakıt karışımlarındaki yüksek oksijen içeriğinin yanı sıra yanma odası içindeki yüksek sıcaklıktan kaynaklanabilir. Termal mekanizmaya göre, oksijen ve nitrojen arasındaki etkileşim, bir dizi kimyasal eylem kullanıldığında yanma odası içinde yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir. CeO₂ nanopartiküllü ilave oksijen içeriklerinin yanı sıra oksidasyon sürecini iyileştiren nanopartikülün katalitik etkisinin NO_x emisyonunu arttırması muhtemeldir [132].

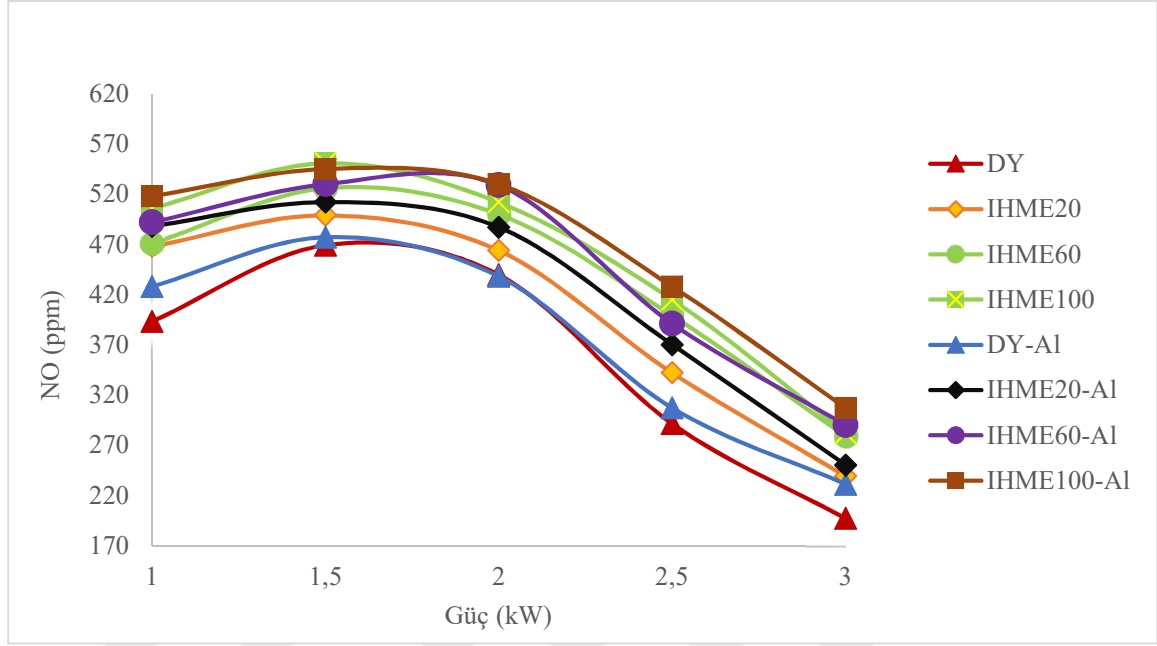
6.3.3. Havuç Yağı Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, NO_x ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve NO_x değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve NO_x değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak NO_x değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.21'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak NO_x değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.22'de gösterilmiştir.



Şekil 6.21. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri

Deney sonucunda HME, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında HME20 yakıtında %19.62 HME60 yakıtında %17.54, HME100 yakıtında %22.47 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında %6.55 oranında artış tespit edilmiştir. HME-Al, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %18.06, IHME60-Al yakıtında %25.47 ve IHME100-Al yakıtında %30.58 oranında artış tespit edilmiştir. HME'nin NOx değerleri ile DY-Al'nin NOx değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %3.19, HME60 yakıtında %10.48, HME100 yakıtında %14.90 oranında artış tespit edilmiştir. HME'nin NOx değerleri ile HME-Al'nin NOx değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %7.67, HME60-Al yakıtında %6.79, HME100-Al yakıtında %6.60 oranında artış tespit edilmiştir. HME-Al'nin NOx değerleri ile DY-Al'nin NOx değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %10.71, HME60-Al yakıtında %17.77, HME100-Al yakıtında %22.43 oranında artış tespit edilmiştir.

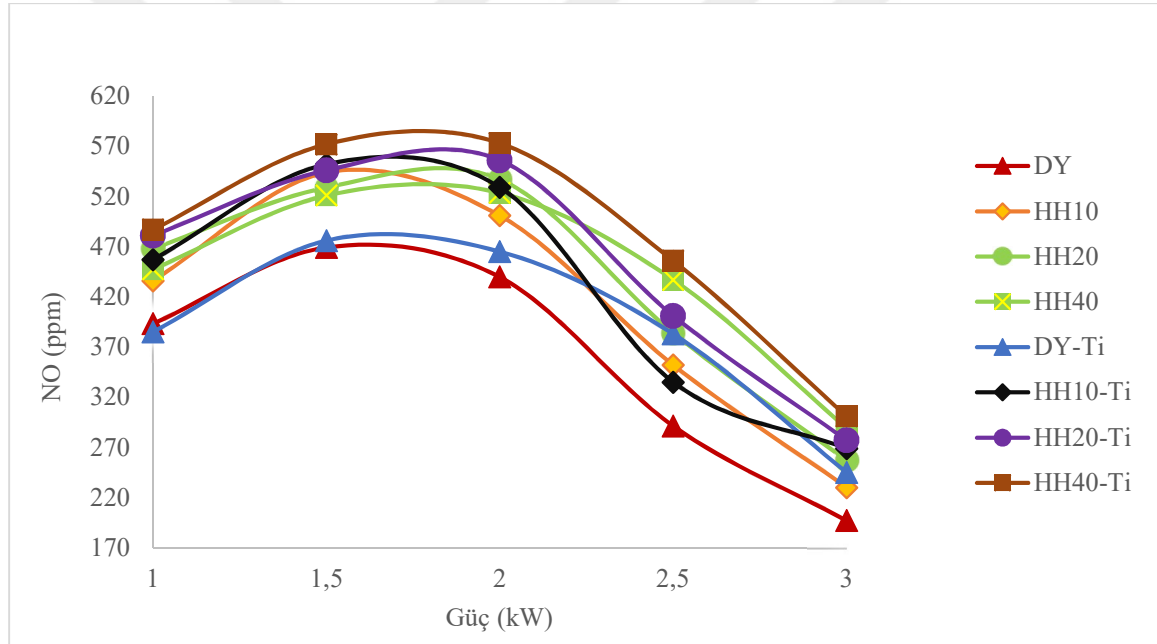


Şekil 6.22. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri

Ön ısıtma uygulanmış deney sonucunda IHME, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %13.92, IHME60 yakıtında %24.84, IHME100 yakıtında %29.63 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında %6.55 oranında artış tespit edilmiştir. IHME-Al, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %19.58, IHME60-Al yakıtında %27.96 ve IHME100-Al yakıtında %34.24 oranında artış tespit edilmiştir. IHME'nin NOx değerleri ile DY-Al'nin NOx değerleri kıyaslandığında IHME20 yakıtında %6.95, IHME60 yakıtında %17.04, IHME100 yakıtında %21.58 oranında artış tespit edilmiştir. IHME, IHME-Al'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %4.93, IHME60-Al yakıtında %2.59 ve IHME100-Al yakıtında %3.36 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Al, IHME-Al'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %12.26, IHME60-Al yakıtında %19.95 ve IHME100-Al yakıtında %25.72 oranında artış tespit edilmiştir. Karışım yakıtları ve dizel yakıtları NOx emisyon değerleri arasında en yüksek değer IHME100-Al yakıtında ve en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür. NOx emisyonları paralel olarak dizel yakıtı göre artış göstermiştir. Biyodizel yakıt oranları arttıkça NOx emisyon oranlarında da artışların yaşandığı görülmüştür. Biyodizelde oksijenin mevcudiyeti NOx emisyonundaki artışı açıklayabilir, çünkü NOx oluşumu için ek oksijen yakıt oksijeni tarafından sağlanabilir [133]. Alüminyum oksit katkıları genel olarak NOx emisyonları yükseltmiştir. Ön ısıtma uygulaması karışım yakıtlarına uygulandığında NOx emisyonlarını yükseltmiştir. Kıyas olarak nanopartikül katkısı ön ısıtma uygulamasına göre etkisi daha az görülmüştür. Alüminyum oksit nanopartikülleri eklendiğinde, dizele kıyasla NOx seviyeleri artmış, yanma sırasında nanopartikül tarafından daha fazla oksijen ve ısı tutulmuştur [134].

6.3.4. Havuç Ham Yağ

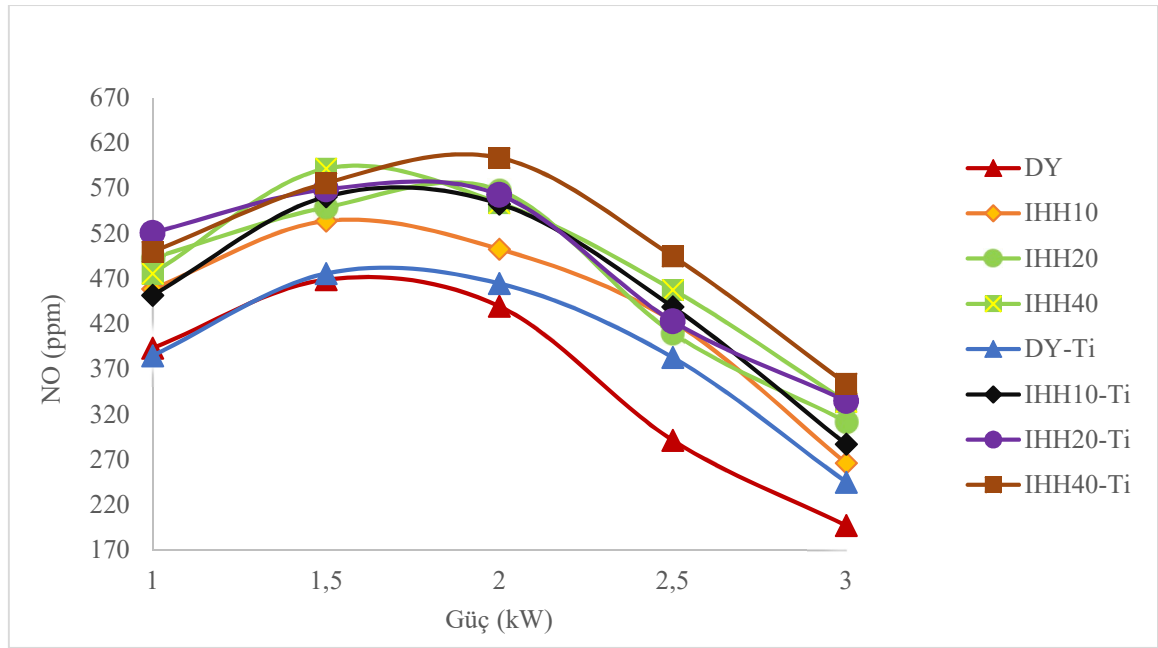
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, NOx ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve NOx değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve NOx değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak NOx değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.23'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak NOx değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.24'te gösterilmiştir.



Şekil 6.23. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri

Deney sonucunda HHY, DY NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %15.67, HH20 yakıtında %23.23, HH40 yakıtında %28.13 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. DY-Ti'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında %12.19 oranında artış tespit edilmiştir. HHY-Ti, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %21.15, HH20-Ti yakıtında %28.68, HH40-Ti yakıtında %37.08 oranında artış tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin NOx değerleri ile DY-Ti'nin NOx

değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %4.21, HH20 yakıtında %10.67, HH40 yakıtında %14.07 oranında artış tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin NOx değerleri ile HHY-Ti'nin NOx değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %4.80, HH20-Ti yakıtında %4.35, HH40-Ti yakıtında %7.31 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, HHY-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY-Ti'nin NOx değerleri ile DY-Ti'nin NOx değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %9.14, HH20-Ti yakıtında %15.39, HH40-Ti yakıtında %22.36 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.24. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı biyodizel yakıtların NOx emisyon değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %25.03 artış görülürken, IHH20-Ti yakıtında %34.14, IHH40-Ti yakıtında %40 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. DY-Ti'nin NOx değerleri DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında %12.19 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IHHY-Ti'nin NOx değerleri ile DY'nin NOx değerleri kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %31.33, IHH20-Ti yakıtında %39.41, IHH40-Ti yakıtında %47.38 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %11.72 oranında artış görülürken, IHH20-Ti yakıtında %19.99, IHH40-Ti yakıtında %24.61 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin NOx değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %5.03, IHH20-Ti yakıtında %3.80, IHH40-Ti yakıtında %5.09 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti,

IHHY-Ti'nin NO_x değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %17.19, IHH20-Ti yakıtında %24.62, IHH40-Ti yakıtında %30.90 oranında artış tespit edilmiştir.

Deney yakıtları NO_x emisyon değerleri en yüksek değer IHH40-Ti yakıtında görölmüştür. En düşük NO_x değeri ise dizel yakıtında görölmüştür. Genel olarak bitkisel yağlar ile motorin karışımları karşılaştırıldığında dizel yakıtın daha düşük NO_x emisyonlarına neden olduğu görölmüştür. Bitkisel yağların kullanımındaki yüksek oksijen içeriği nedeniyle yüksek yanma sonu sıcaklıkları NO_x emisyonlarının artmasına neden olur. Ayrıca tüm test yakıtları için motorun orta devrinde, yani ideal çalışma koşullarında, maksimum sıcaklıklarda ve yeterli sürede yüksek NO_x emisyonları elde edilmiştir [125]. Titanyum oksit nanopartiköl katkısı ham yağ karışımlarında NO_x emisyon değerlerini yükseltmiştir. Nanopartiköl oksijen tutuculuğu bakımından ve ham yağ yakıtının viskozitesini düşürerek yanma verimini iyileştirmiş olduğu düşünölmekte ve bununla beraber yanma sonu sıcaklığı yükseldiği düşünölmektedir. Bunların sonucu olarak NO_x emisyonlarında katkısız yakıtı göre yükselme göröldüğü düşünölmektedir. Al₂O₃ nano parçacıklarının, daha yüksek NO_x emisyonu ile sonuçlanan yanmayı geliştiren bir oksijen katkı maddesi olarak hareket ettiği düşünölmektedir [135].

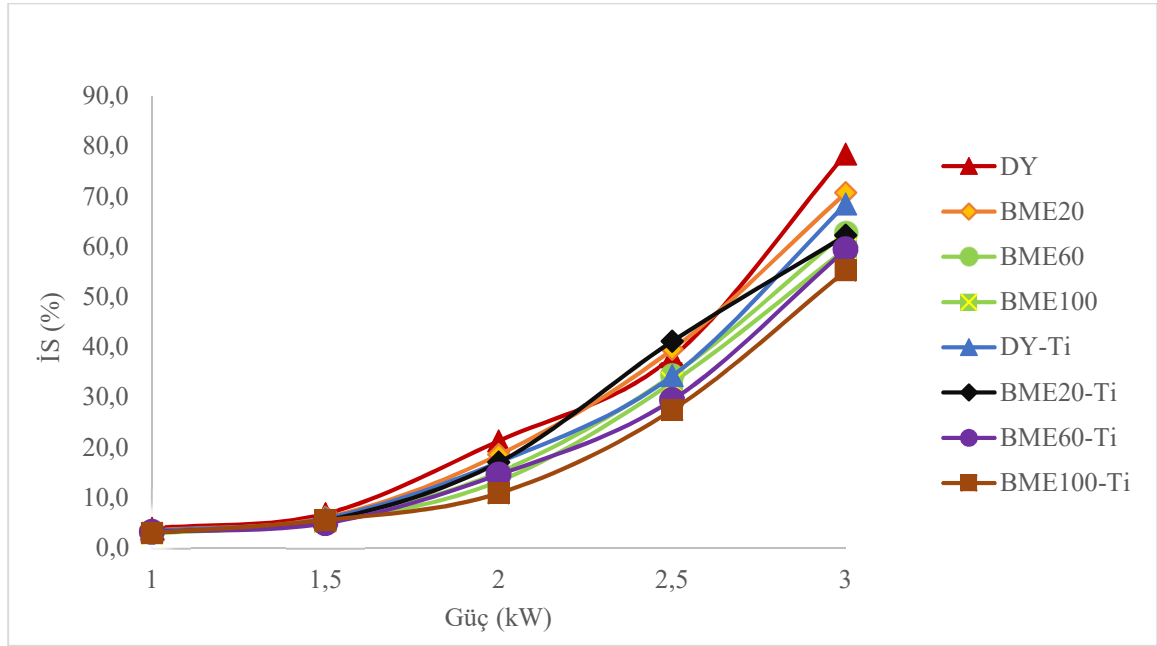
6.4. Duman (İs) Yoğunluğunun Değerlendirilmesi

Yanma odasında yanma sırasına püskürtölen yakıt damlacıkları içinde barındırdığı hidrojen molekülleri ile sıkıştırılmış havanın içindeki oksijen molekülleri reaksiyona girmesinden sonra geriye kalan karbon atomlarının reaksiyona gireceği oksijen miktarı yeterli olmadığında direk is partikölü olarak dışarıya atılmaktadır. Duman oluşumu genellikle oksijen yetersizliği ile anlatılrsa da yakıtın cinsi, yakıtın yanma esnasında yeterli türbölans oluşmamasından oksijen ile iyi karışamaması ve buharlaşmanın yeterli olmaması gibi nedenlerden etkilenmektedir. Oksijen yanma odası içerisinde türbölansın kötü olması sebebiyle belirli bölgelerde birikerek bazı bölgelerde yanma oluşmamasına sebebiyet verebilir. Zengin karışım olması yani hava-yakıt oranının azalması ile is oluşumu artar [136].

6.4.1. Tatlı Badem Biyodizel

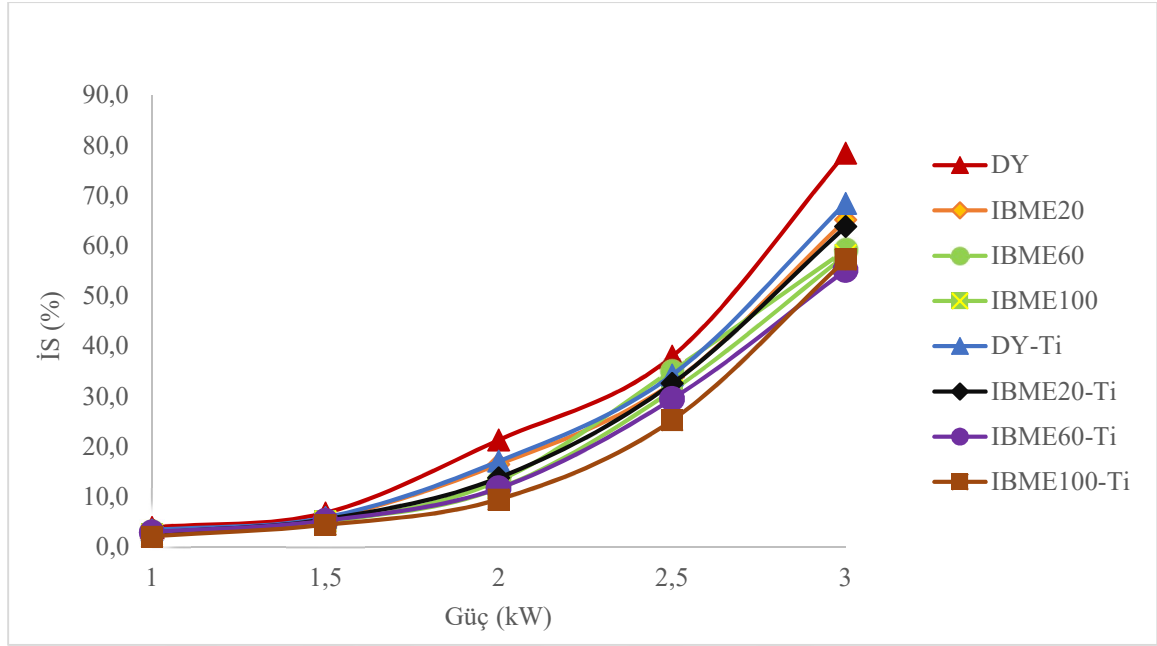
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, İS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartiköl katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak İS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem biyodizel (BME20), %60 tatlı badem biyodizel (BME60), %100 tatlı badem biyodizel (BME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri tekrar alınmıştır.

Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak İS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.25'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak İS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.26'te gösterilmiştir.



Şekil 6.25. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının İS emisyonu değerleri

Deney sonucunda BME, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin İS değerleri DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %7.78, BME60 yakıtında %18.61, BME100 yakıtında %24.81 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında %13.67 oranında azalma tespit edilmiştir. BME-Ti, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %14.33, BME60-Ti yakıtında %24.80, BME100-Ti yakıtında %29.65 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %6.78 oranında artış görülürken, BME60 yakıtında %5.86, BME100 yakıtında %13.12 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, BME-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin İS değerleri BME-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %7.46, BME60-Ti yakıtında %7.38, BME100-Ti yakıtında %6.54 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME-Ti'nin İS değerleri DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %0.91, BME60-Ti yakıtında %12.92, BME100-Ti yakıtında %18.78 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.26. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının İS emisyon değerleri

Ön ısıtma uygulanma deney sonucunda IBME, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME'nin İS değerleri DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %18.55, IBME60 yakıtında %23.70, IBME100 yakıtında %29.96 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında %13.67 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME-Ti'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %23.09, IBME60-Ti yakıtında %29.27, IBME100-Ti yakıtında %39.46 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME'nin İS değerleri DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %5.63, IBME60 yakıtında %11.91, IBME100 yakıtında %19.14 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME'nin İS değerleri IBME-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %5.78, IBME60-Ti yakıtında %6.93, IBME100-Ti yakıtında %13.80 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, IBME-Ti'nin İS değerleri kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME-Ti'nin İS değerleri DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %11.09, IBME60-Ti yakıtında %18.31, IBME100-Ti yakıtında %30.14 oranında azalma tespit edilmiştir.

Deney yakıt karışımları ve dizel yakıt karışımları İS emisyonları genel olarak artış eğilimi göstermişlerdir ve en yüksek yükte en fazla İS emisyonu değerleri görülmüştür. Deney yakıtları

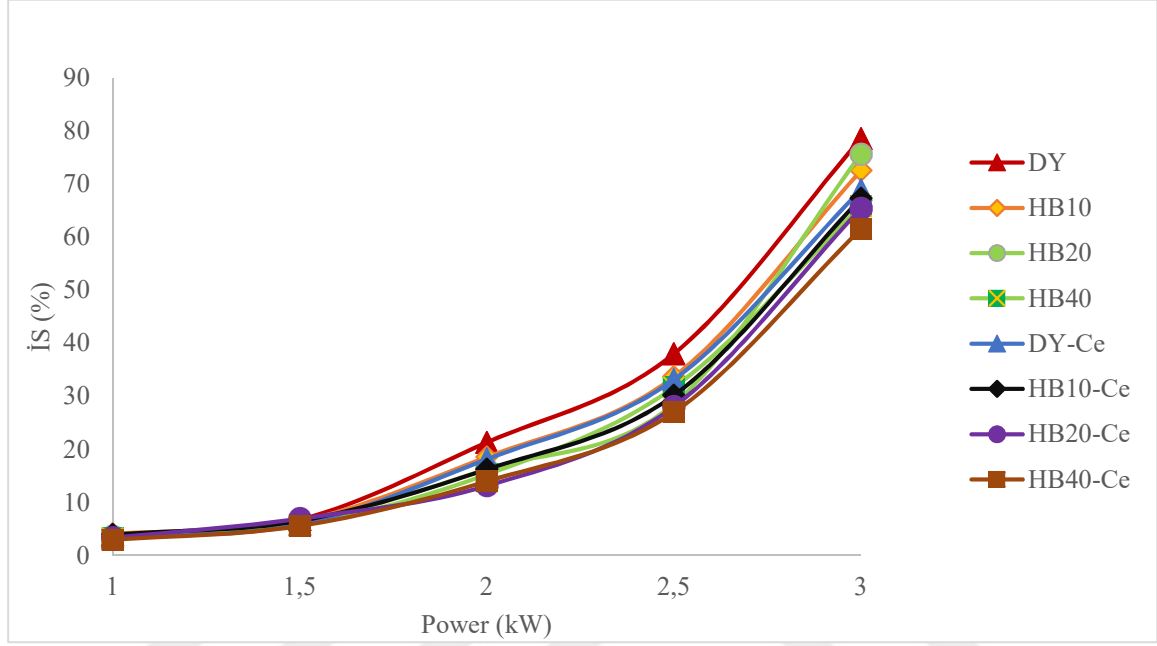
içinden en yüksek İS oranı DY yakıtında görülmüştür. En düşük İS emisyon değeri ise IBME100-Ti yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtlarında oran yükseldikçe İS emisyon değeri azalmıştır. Karışım yakıtları genel olarak dizel yakıtından düşük İS değerleri göstermiştir. Duman emisyonlarındaki azalma, temel olarak biyodizelin oksijen içeriğine ve daha düşük aromatikliğe ve kükürt içeriğine bağlıdır [137]. Silindir içi sıcaklığı belirli bir seviyeye geldiğinde, difüzyon yanması sırasında yakıt spreyinin yakıt açısından zengin bölgelerinde yakıt pirolizasyon işlemi ile kurum oluşumu başlar. Biyodizelin yanması ile birlikte, yakıta bağlı oksijen bu bölgelerde yakıt oksidasyonunu artırır ve bu da kurum öncüllerinin oluşumunda bir azalmaya yol açar [138]. Ancak biyodizel yakıt karışımlarına yapılan ön ısıtma uygulaması ve nanopartikül katkısıyla biyodizel İS emisyonları azalma eğilimi göstermiştir. Nanopartikül eklendikten sonra oksijen/yakıt oranının iyileştirilmesi, yakıtın oksidasyonunu artırmış ve kurum oluşumunu baskılayarak dumanın azalmasına yol açmıştır [139]. Nanoparçacıkların bir duman bastırma katkı maddesi olarak işlev görebileceği araştırmacılar tarafından beyan edilmiştir. Daha da önemlisi, nanopartiküllerin oksijen bileşenlerini serbest bıraktığı tam yanmayı kolaylaştırdığı bulunmuştur [140].

6.4.2. Tatlı Badem Ham Yağ

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, İS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak İS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham yağı (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak İS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.27'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak İS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.28'da gösterilmiştir.

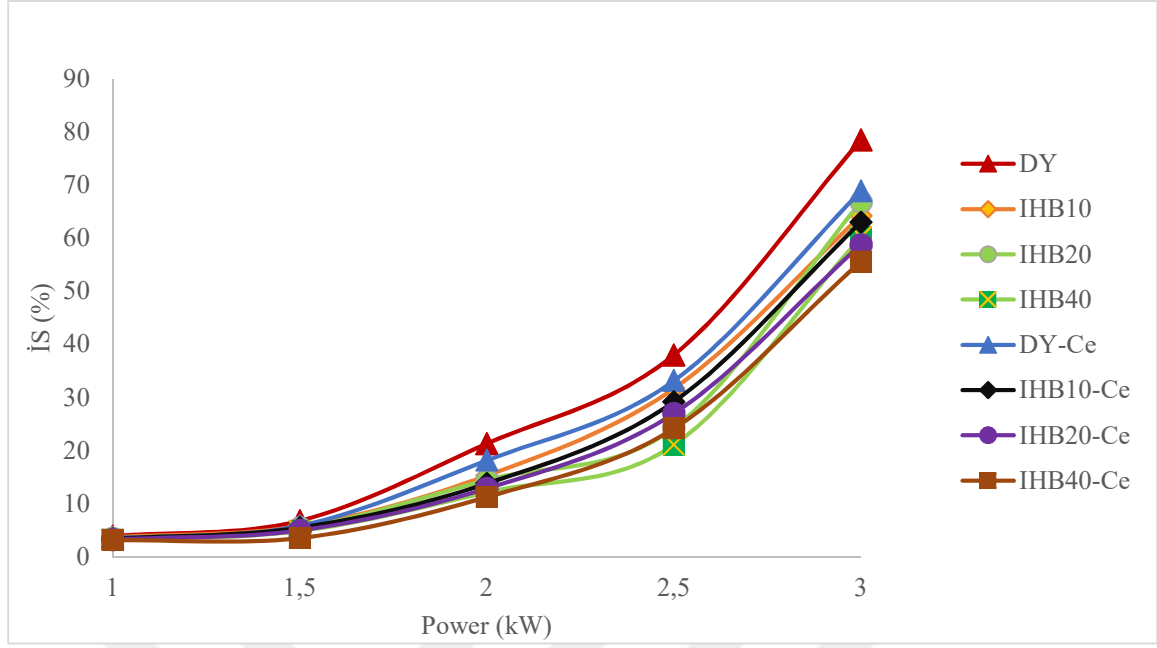
Deney sonucunda HBY, DY İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %6.20, HB20 yakıtında %12.89, HB40 yakıtında %18.22 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ce'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında %12.60 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY-Ce, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %11.74, HB20-Ce yakıtında %18.14, HB40-Ce yakıtında %25.13 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce'nin İS değerleri ile kıyaslandığında HB10 yakıtında %7.25 oranında artış görülürken, HB20 yakıtında %0.42, HB40

yakıtında %6.47 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin İS değerleri ile HBY-Ce'nin İS değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %6.16, HB20-Ce yakıtında %6.25, HB40-Ce yakıtında %8.48 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.27. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının İS emisyon değerleri

DY-Ce, HBY-Ce'nin İS değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %0.87 oranında artış görülürken, HB20-Ce yakıtında %6.43, HB40-Ce yakıtında %14.37 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.28. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının İS emisyon değerleri

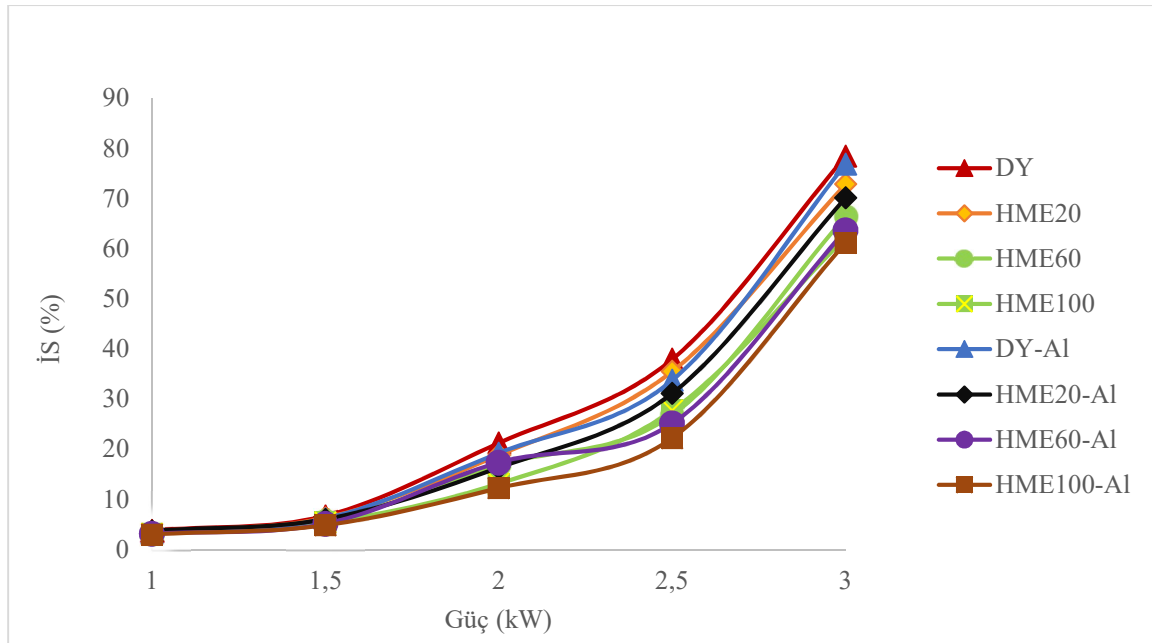
Ön ısıtma uygulama deney sonucunda IHB10, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %16.57, IHB20 yakıtında %22.46, IHB40 yakıtında %31.29 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ce'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında %12.60 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB10-Ce, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB10-Ce'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %22.02, IHB20-Ce yakıtında %27.08, IHB40-Ce yakıtında %35.50 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB10, DY-Ce'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB10'nun İS değerleri ile DY-Ce'nin İS değerleri kıyaslandığında IHB10 yakıtında %4.65, IHB20 yakıtında %11.39, IHB40 yakıtında %21.51 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB10, IHB10-Ce'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB10-Ce'nin İS değerleri ile IHB10'nun İS değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %6.57, IHB20-Ce yakıtında %5.34, IHB40-Ce yakıtında %5.37 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB10-Ce'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %10.88, IHB20-Ce yakıtında %16.68 ve IHB40-Ce yakıtında %26.38 oranında azalma tespit edilmiştir.

Karışım yakıtlarında İS emisyon değerleri arasında en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür. En düşük İS değeri ise IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtı İS emisyonları bitkisel yağ karışımlarından yüksek oranda çıkmıştır ve yük arttıkça İS emisyon değerleri yükselmiştir. Ayrıca karışım oranları arttıkça İS emisyon değerleri düşmüştür. İlk olarak bitkisel yağlar içlerinde bulundurduğu oksijen içerik olarak dizel emisyonlarından düşük değer çıkması beklenen bir durumdur. İkinci olarak ise yük arttıkça ihtiyaç duyulan hava-yakıt karışım oranı düştüğünden

yani daha fazla yakıt püskürtüldüğünden oksijen seviyesi gittikçe azalmaktadır ve yanma kötüleşmektedir. Bu durumdan yüksek devirlerde İS emisyonu artış gösterdiği düşünülmektedir [125,126,141]. Ham badem yağ karışımlarına ve dizel yakıtına seryum oksit nanopartikül katkısı viskozite iyileştirmesi, oksijen tutuculuğu ve metalik özelliği sayesinde yanma verimini yükselttiği ve böylece katkısız yakıtlara göre İS emisyonunu düşürdüğü düşünülmektedir [142–144].

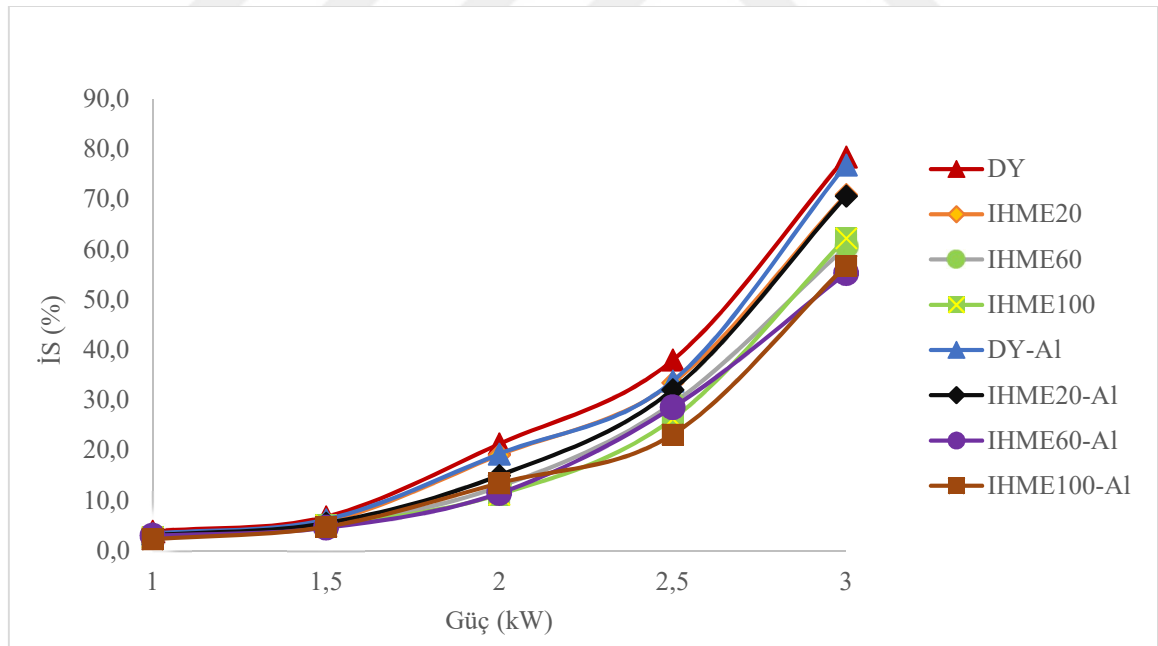
6.4.3. Havuç Yağı Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, İS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak İS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.29'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak İS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.30'de gösterilmiştir.



Şekil 6.29. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtlarının İS emisyonu değerleri

Deney sonucunda HME, DY İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %7.16, HME60 yakıtında %19.36, HME100 yakıtında %24.01 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-AI'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında %8.84 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-AI, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-AI'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %12.88, HME60-AI yakıtında %22.48, HME100-AI yakıtında %30.82 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, DY-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında HME20 yakıtında %2.02 oranında artış görülürken, HME60 yakıtında %11.48, HME100 yakıtında %16.51 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, HME-AI İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME'nin İS değerleri ile HME-AI'nin İS değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %6.26, HME60-AI yakıtında %3.87, HME100-AI yakıtında %9.07 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, HME-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-AI'nin İS değerleri ile DY-AI'nin İS değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %4.26, HME60-AI yakıtında %14.89, HME100-AI yakıtında %24.10 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.30. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtlarının İS emisyonu değerleri

Deney sonucunda IHME, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHME'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında IHME20 yakıtında %12.38, IHME60 yakıtında %26.70, IHME100 yakıtında %30.93 oranında azalma tespit

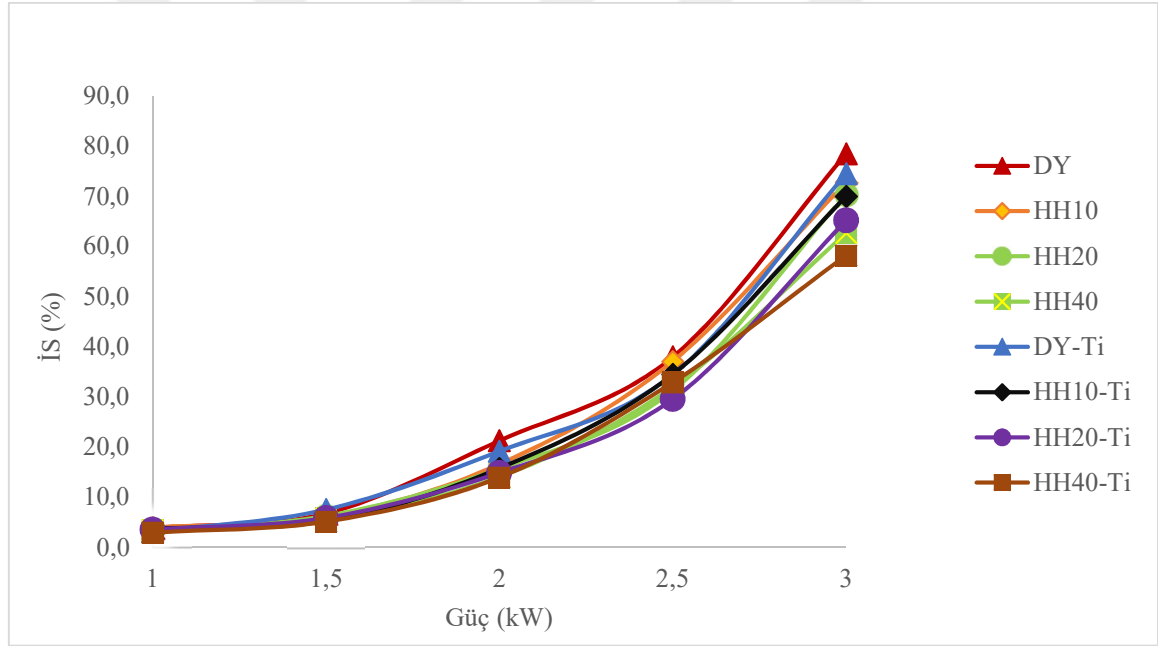
edilmiştir. DY-AI, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-AI'nin İS değerleri DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında %8.84 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME-AI, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHME-AI'nin İS değerleri DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %18.95, IHME60-AI yakıtında %31.16, IHME100-AI yakıtında %34.74 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, DY-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHME'nin İS değerleri ile DY-AI'nin İS değerleri kıyaslandığında IHME20 yakıtında %3.80, IHME60 yakıtında %19.48, IHME100 yakıtında %24.29 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHME'nin İS değerleri IHME-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %7.46, IHME60-AI yakıtında %6.29, IHME100-AI yakıtında %4.16 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, IHME-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-AI'nin İS değerleri IHME-AI'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %11.10, IHME60-AI yakıtında %24.29 ve IHME100-AI yakıtında %28.50 oranında azalma tespit edilmiştir.

Karışım yakıtları genel olarak artış eğilimi göstermiş ve en yüksek yükte en yüksek İS emisyonu göstermişlerdir. Bunun nedeni yüksek yüklerde yakıt ihtiyacı artışı nedeniyle hava-yakıt oranı zengin karışım olmaya başlamasından oksijen yetersizliği yanmayı etkileyerek fazladan İS emisyonunu arttırması olduğu düşünülmektedir. Deney yakıtları içinde en yüksek İS emisyonu değeri DY yakıtında ve en düşük Değer IHME100-AI yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtlarının oranları arttıkça İS emisyonu değerlerinde azalma görülmüştür. Yakıtlara ön ısıtma uygulaması ve nanopartikül katkıları normal yakıtlara göre daha düşük seviyelerde emisyon üretimi gerçekleştirmiştir. Al_2O_3 daha yüksek oksijen içeriğine ve iyi çözünme yeteneğine sahiptir. Oksijen içeriği nedeniyle, tüm yükleme koşullarında duman yüzdesi biraz azalm [134].

6.4.4. Havuç Ham Yağ

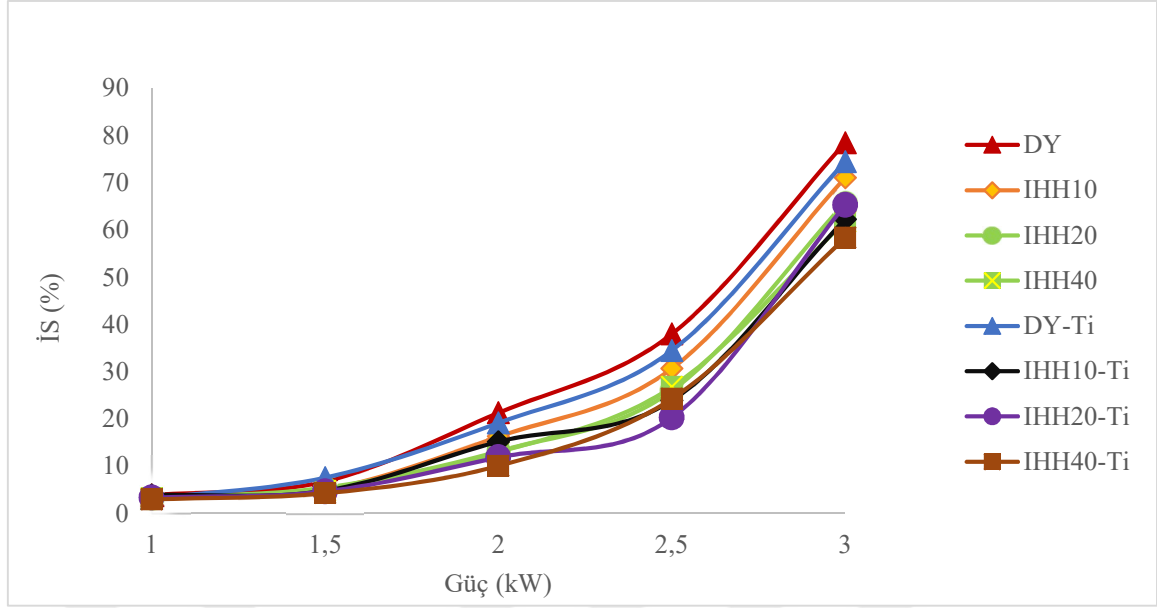
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, İS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve İS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak İS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.31'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak İS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.32'te gösterilmiştir.

Deney sonucunda HHY, DY İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin İS değerleri ile DY'nın İS değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %7.90, HH20 yakıtında %14.38, HH40 yakıtında %18.66 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nın İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ti'nin İS değerleri ile DY'nın İS değerleri kıyaslandığında %6.09 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY-Ti, DY'nın İS değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %14.11, HH20-Ti yakıtında %18.02, HH40-Ti yakıtında %24.05 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin İS değerleri ile DY-Ti'nin İS değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %0.60, HH20 yakıtında %8.15, HH40 yakıtında %12.53 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin İS değerleri ile HHY-Ti'nin İS değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %6.76, HH20-Ti yakıtında %4.28, HH40-Ti yakıtında %6.24 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.31. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların İS emisyon değerleri

DY-Ti, HHY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY-Ti'nin İS değerleri ile DY-Ti'nin İS değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %7.05, HH20-Ti yakıtında %11.79, HH40-Ti yakıtında %18.29 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.32. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların İS emisyon değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %17.49, IHH20-Ti yakıtında %24.07, IHH40-Ti yakıtında %27.43 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında %6.09 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin İS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHHY-Ti'nin İS değerleri ile DY'nin İS değerleri kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %23.17, IHH20-Ti yakıtında %30.25, IHH40-Ti yakıtında %34.83 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %10.84, IHH20-Ti yakıtında %18.41, IHH40-Ti yakıtında %21.70 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %7.15, IHH20-Ti yakıtında %8.81, IHH40-Ti yakıtında %10.76 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-Ti'nin İS değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %16.58 ve IHH20-Ti yakıtında %24.69 oranlarında azalma görülürken, IHH40-Ti yakıtında %29.65 oranında artış tespit edilmiştir.

Deney yakıtları İS emisyonları kıyaslandığında en yüksek değer dizel yakıtında ve en düşük değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Ham yağ karışım yakıtları genel olarak dizel yakıtından düşük İS emisyon değeri göstermiş ve karışım oranları arttıkça İS emisyon değerleri azalma göstermiştir. Motora yükü arttıkça deney yakıtlarının değerleri artış göstermiştir. Bitkisel yağlar oksijen içeriği bakımından yüksek içeriğe sahiplerdir. Bu durumdan dizel yakıtına göre İS değerinin daha düşük değerlerde olduğu düşünülmektedir. Yüksek yüklerde hava-yakıt oranı azalarak zengin karışım olması sonucunda yanma sırasında yakıtların yeterli hava ile buluşamaması İS değerlerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir [143]. Dizel yakıtına ve bitkisel yağlara titanyum oksit katkısı yapıldığında emisyon değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Bunun

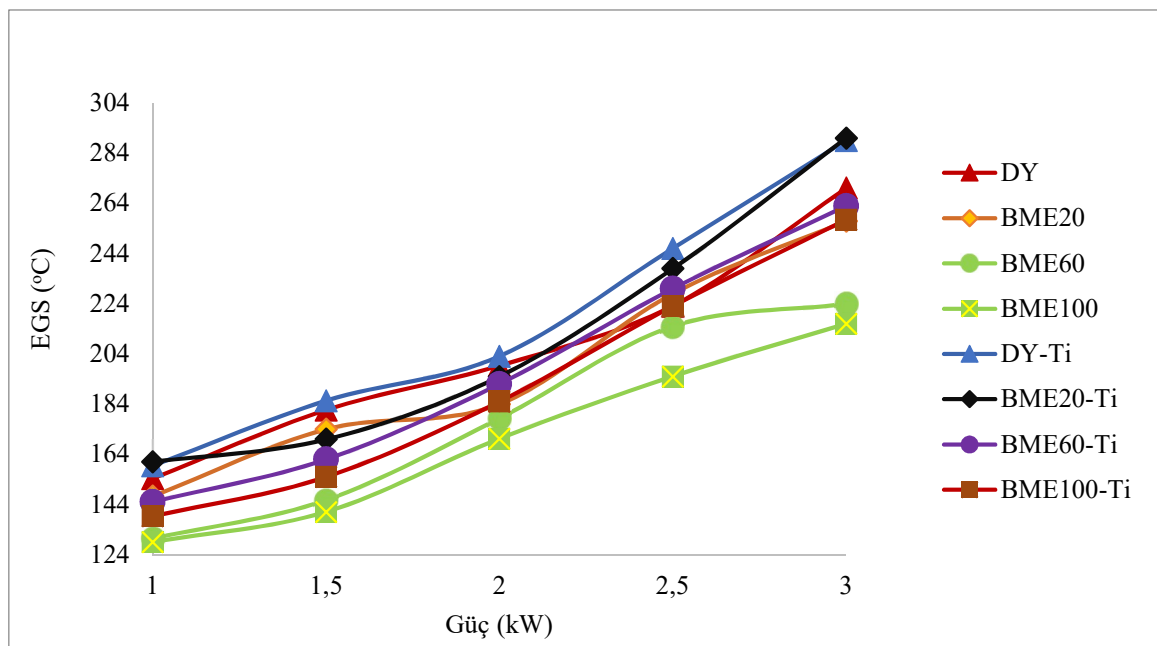
nedeni nanopartiküllerde oksidasyona yardım etmesi sonucu yanma verimi iyileşmesi ve emisyonlarda azalma olduğu düşünülmektedir [113].

6.5. EGS Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Egzoz gazı sıcaklığının (EGT) incelenmesi, motorlarda zararlı emisyonların oluşumu hakkında fikir vermesi açısından son derece önemlidir. Ancak EGT, yanma sonrası aşamadaki sıcaklığın ciddi bir göstergesidir. EGT, yakıt özelliklerine ve motor çalışma koşullarına göre değişir [145].

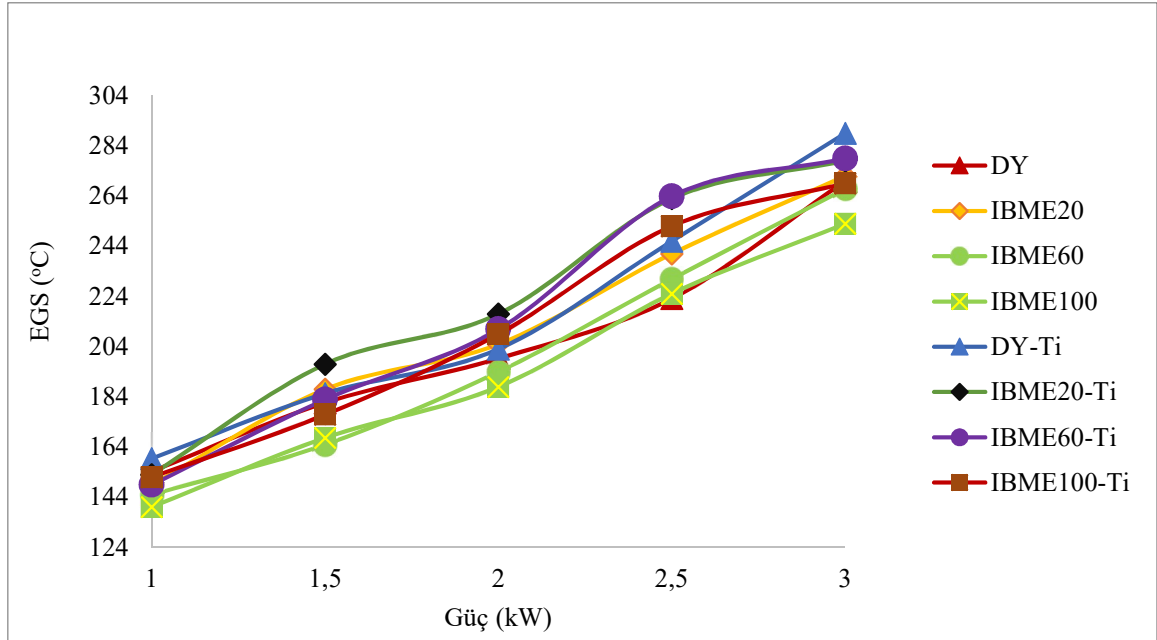
6.5.1. Tatlı Badem Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, EGS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak EGS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem biyodizel (BME20), %60 tatlı badem biyodizel (BME60), %100 tatlı badem biyodizel (BME100) yağından elde edilen biyodizel sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak EGS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.33'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak EGS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.34'de gösterilmiştir.



Şekil 6.33. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının EGS değerleri

Deney sonucunda BME, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. Biyodizel yakıtının dizel yakıtın EGS değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %3.80, BME60 yakıtında %13.28, BME100 yakıtında %17.19 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %4.89 oranında artış tespit edilmiştir. BME-Ti, DY'nin yakıtının EGS değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %1.98 oranında artış görülürken, BME60-Ti yakıtında %4, BME100-Ti yakıtında %7.25 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, DY-Ti EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin EGS değerleri DY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %8.28, BME60 yakıtında %17.35, BME100 yakıtında %21.02 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, BME-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. BME'nin EGS değerleri BME-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %6.03, BME60-Ti yakıtında %10.88, BME100-Ti yakıtında %12.04 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME-Ti'nin EGS değerleri DY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %2.81, BME60-Ti yakıtında %8.50, BME100-Ti yakıtında %11.61 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.34. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının EGS değerleri

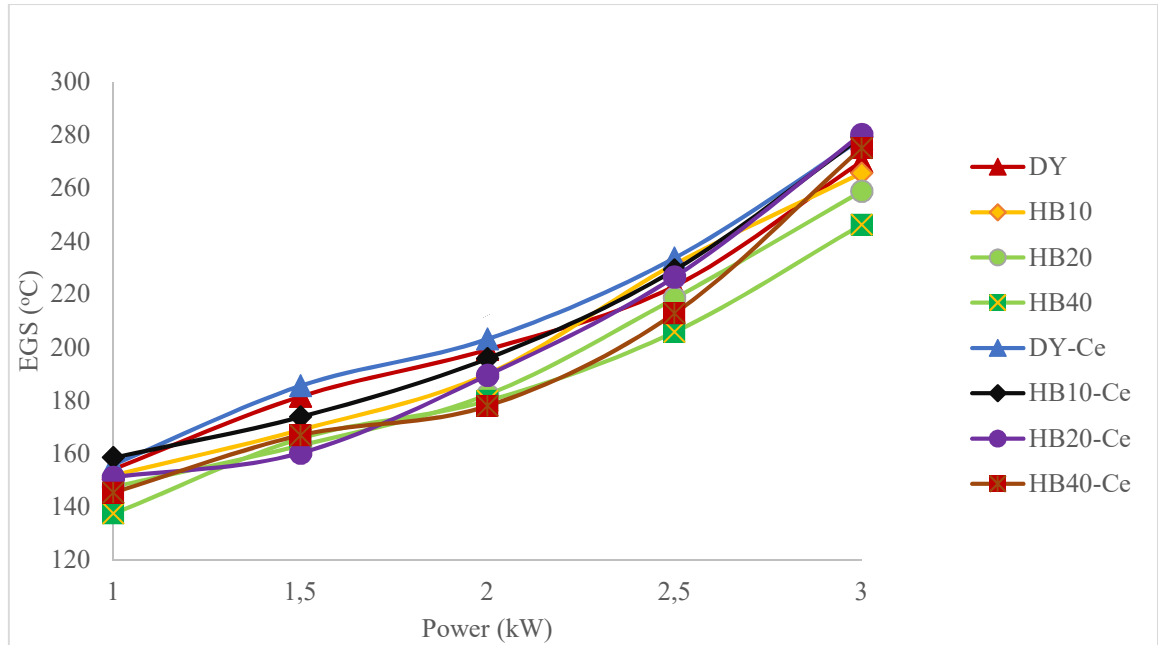
Deney sonucunda IBME, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %2.23 oranında artış görülürken, IBME60 yakıtında %3.08, IBME100 yakıtında %5.60 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %4.89 oranında artış tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME-Ti'nin EGS değerleri ile DY'nin EGS değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %7.47, IBME60-Ti yakıtında %4.97, IBME100-Ti yakıtında %2.68 oranında artış tespit edilmiştir. IBME, DY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME'nin EGS değerleri DY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %2.50, IBME60 yakıtında %7.62, IBME100 yakıtında %9.99 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME'nin EGS değerleri ile IBME-Ti'nin EGS değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %5.04, IBME60-Ti yakıtında %8.24, IBME100-Ti yakıtında %8.70 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IBME-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %2.47 ve IBME60-Ti yakıtında %0.01 oranında artış görülürken, IBME100-Ti yakıtında %2.13 oranında azalma tespit edilmiştir. Karışım yakıtları ve dizel yakıtı EGS değerleri yük arttıkça arttığı görülmektedir. Bu durum, yüksek yüklere ulaşılması nedeniyle tüketilen yakıtın gerekli miktarının artmasına bağlanabilir [146]. Karışım yakıtlarından en yüksek değer IBME20-Ti yakıtında görülmüştür. En düşük değer ise BME100 yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtları genel olarak EGS değeri dizel yakıtına göre düşük çıkmıştır ve karışım oranları arttıkça EGS değerleri de düşmüştür. Enerji içeriği dizel yakıtından düşük olan biyodizel yakıtları yüksek oksijen değerine sahip olsalar bile yanma için gereken ideal hava-yakıt oranı sağlanmadığı sürece yanma verimi düşmektedir. Dizel motorlar dizel yakıtının verdiği enerjiye göre çalıştığı için biyodizel yakıtından da aynı performansı almak ister ve bu durumda silindir içine giren hava miktarı aynı olduğundan yakıt oranı artışı olur bu durumda da zengin karışım oluştuğu için yanma kötüleşmeye başlar. Bu durum sonucunda EGS değerlerinde düşüş görülmesi normal karşılanmaktadır. Karışım yakıtlarına nanopartikül eklenmesi ve ön ısıtma uygulanması, atomizasyon özelliklerini iyileştirir ve böylece daha iyi viskozite ve yoğunluk değerleri nedeniyle yanma verimini artırır. Bu durum silindirde yüksek yanma sıcaklıklarının oluşumunu etkiler [144].

6.5.2. Tatlı Badem Ham Yağ

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, EGS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak EGS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham (HB20), %40 tatlı badem ham yağı (HB40) sabit 2000 dv/dk

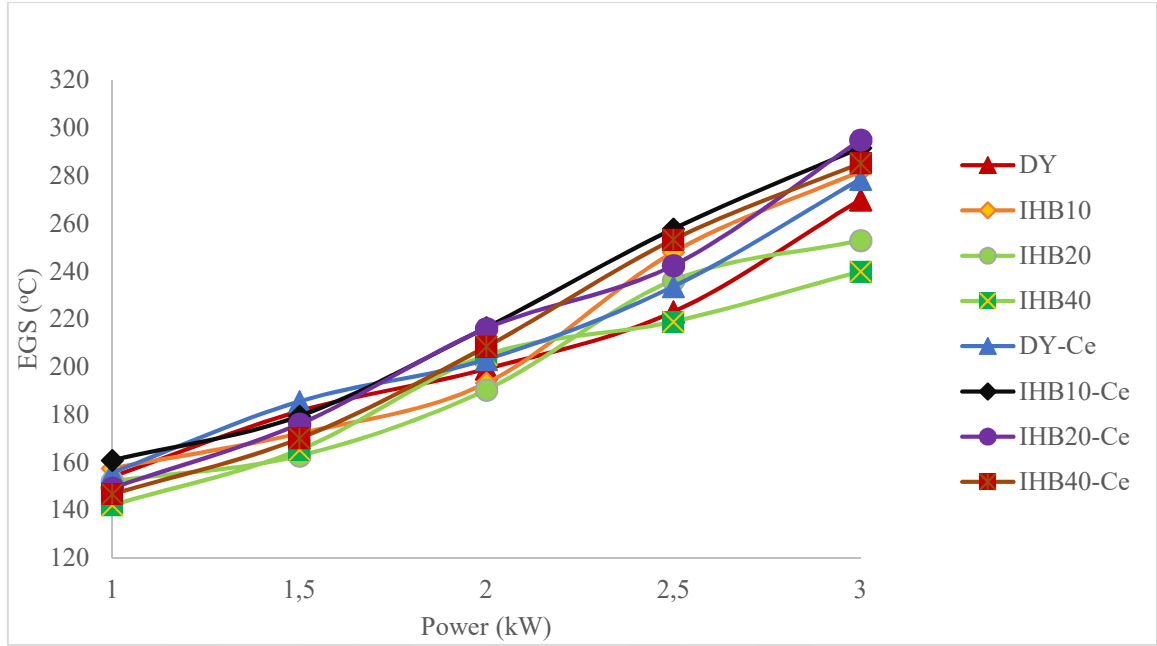
devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak EGS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.35’de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak EGS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.36’de gösterilmiştir.

Deney sonucunda HBY, DY EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY’nin EGS değerleri ile DY’nin EGS değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %2.21, HB20 yakıtında %5.83, HB40 yakıtında %9.15 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY’nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %2.63 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.35. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının EGS değerleri

HB20-Ce, DY’nin EGS değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %0.61 oranında artış görülürken, HB20-Ce yakıtında %2.64 ve HB40-Ce yakıtında %5.44 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce’nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY’nin EGS değerleri ile DY-Ce’nin EGS değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %4.73, HB20 yakıtında %8.24, HB40 yakıtında %11.48 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY’nin EGS değerleri ile HBY-Ce’nin EGS değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %2.93, HB20-Ce yakıtında %3.32, HB40-Ce yakıtında %4.09 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, HBY-Ce’nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY-Ce’nin EGS değerleri ile DY-Ce’nin EGS değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %1.96, HB20-Ce yakıtında %5.15, HB40-Ce yakıtında %7.86 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.36. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının EGS değerleri

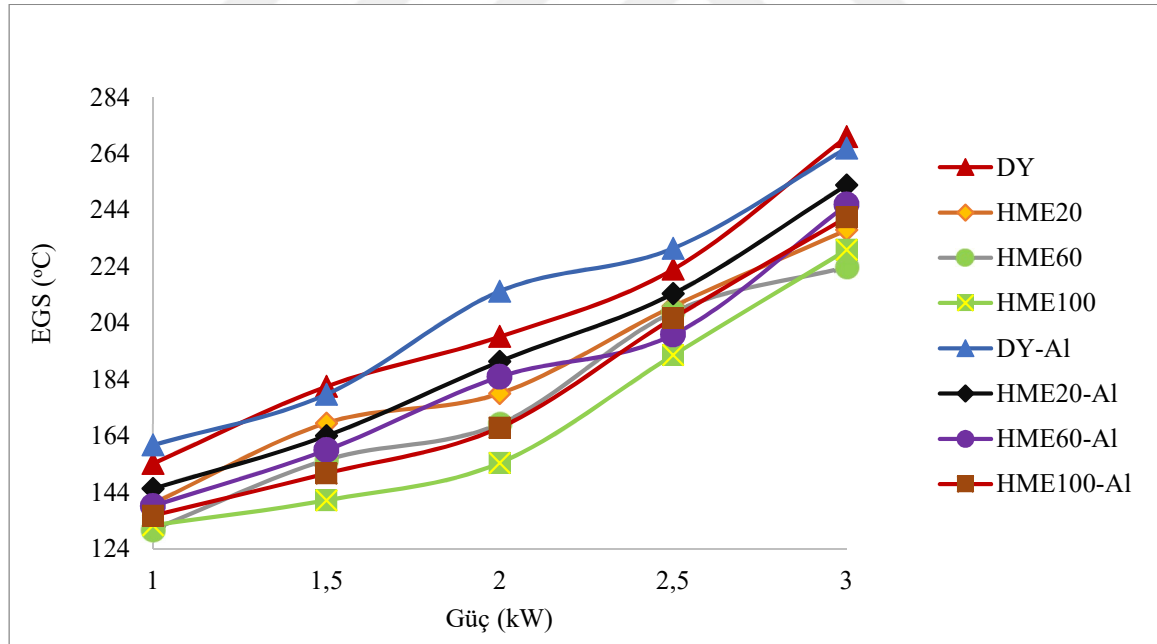
Deney sonucunda IHB40, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %1.94 oranında artış görülürken, IHB20 yakıtında %3.28 ve IHB40-Ce yakıtında %5.36 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %2.63 oranında artış tespit edilmiştir. IHB40-Ce, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %7.10 ve IHB20-Ce yakıtında %4.08, IHB40-Ce yakıtında %2.57 oranında artış tespit edilmiştir. IHB40, DY-Ce'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB40'nin EGS değerleri ile DY-Ce'nin EGS değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %0.71, IHB20-Ce yakıtında %5.77, IHB40-Ce yakıtında %7.77 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB40, IHB40-Ce'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %5.15, IHB20-Ce yakıtında %7.82, IHB40-Ce yakıtında %8.49 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB40-Ce'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %4.33 ve IHB20-Ce yakıtında %1.38 oranında artış görülürken, IHB40-Ce yakıtında %0.12 oranında azalma tespit edilmiştir.

Ham yağ karışımları ve dizel yakıt genel olarak bakıldığında karışım yakıtları dizel yakıtından daha düşük EGS değerleri vermektedir. Bunun nedeni yanma verimi düşük olmasından düşünülmektedir. Ham yağlar viskozitesi ve yoğunlukları dizel yakıtından yüksek olması nedeniyle çevrim başına püskürtülen yakıt tanecikleri büyük olmaktadır. Bu durum yanma verimini düşürerek EGS değerlerini de düşürdüğü düşünülmektedir [131]. En yüksek EGS değeri IHB10-Ce yakıtında görülmüştür. En düşük EGS değeri ise HB40 yakıtında görülmüştür. EGS değeri karışım oranları arttıkça düşmüştür. Karışım yakıtlarına nanopartikül eklenmesi ve ön

ısıtma uygulaması EGS değerlerinde artış yaşattığı görülmüştür. Bunun nedeni ön ısıtma ve nanopartikül katkısının ham yağ viskozitesini düşürdüğü ve tanecik boyutlarını düşürerek atomizasyonun iyileşmesi ile yanma verimini iyileştirmesi sonucu olduğu düşünülmektedir [147].

6.5.3. Havuç Yağı Biyodizel

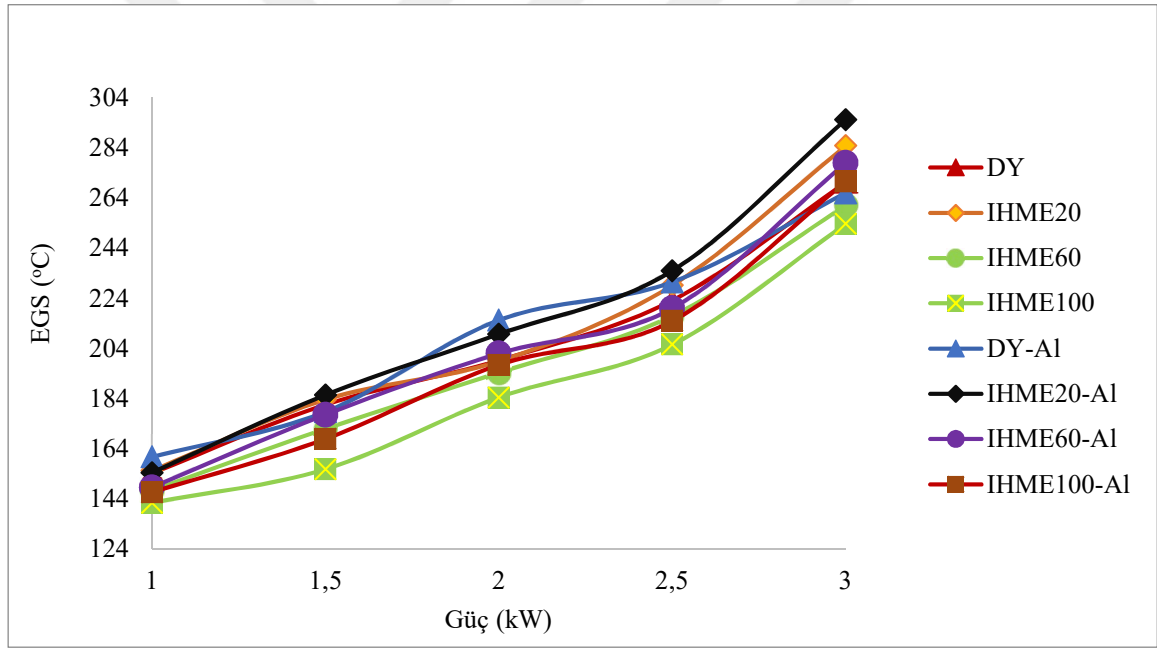
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, EGS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak EGS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.37'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak EGS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.38'de gösterilmiştir.



Şekil 6.37. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtlarının EGS değerleri

Deney sonucunda HME, DY EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME'nin EGS değerleri ile DY'nın EGS değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %8.92, HME60 yakıtında %13.78, HME100 yakıtında %17.47 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nın EGS değerleri ile kıyaslandığında %2.51 oranında artış tespit edilmiştir. HME-Al,

DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-AI'nın EGS değerleri ile DY EGS değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %6, HME60-AI yakıtında %9.73, HME100-AI yakıtında %12.70 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, DY-AI'nın EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME'nin EGS değerleri ile DY-AI'nın EGS değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %11.04, HME60 yakıtında %15.80, HME100 yakıtında %19.37 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, HME-AI EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME'nin EGS değerleri ile HME-AI'nın EGS değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %3.26, HME60-AI yakıtında %4.90, HME100-AI yakıtında %5.84 oranında artış tespit edilmiştir. DY-AI, HME-AI'nın EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-AI'nın EGS değerleri ile DY-AI'nın EGS değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %8.24, HME60-AI yakıtında %11.87, HME100-AI yakıtında %14.72 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.38. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtlarının EGS değerleri

Deney sonucunda IHME, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %1.97 artış görülürken, IHME60 yakıtında %3.64, IHME100 yakıtında %8.63 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %2.51 oranında artış tespit edilmiştir. IHME-AI, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %4.43 oranında artış görülürken, IHME60-AI yakıtında %0.59 ve IHME100-AI yakıtında %3.36 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, DY-AI'nın EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHME'nin EGS değerleri ile DY-AI'nın EGS değerleri

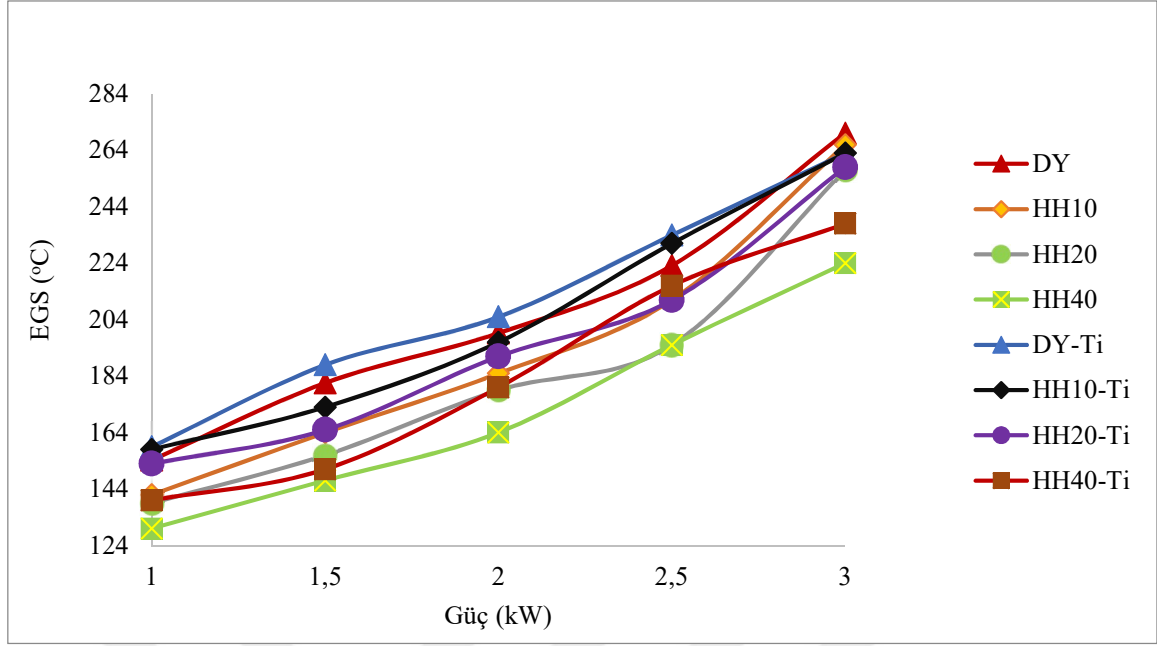
kıyaslandığında IHME20 yakıtında %0.35, IHME60 yakıtında %5.90, IHME100 yakıtında %10.79 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-AI'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %2.40, IHME60-AI yakıtında %3.16, IHME100-AI yakıtında %5.79 oranında artış tespit edilmiştir. DY-AI, IHME-AI'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %2.03 oranında artış görülürken, IHME60-AI yakıtında %2.90 ve IHME100-AI yakıtında %5.63 oranında azalma tespit edilmiştir.

EGS değerleri deney yakıtları içerisinde en yüksek olan IHME20-AI olmuştur ve en düşük olan HME100 yakıtı olmuştur. Karışım yakıtları dizel yakıtına göre EGS değeri düşük çıkmıştır ve karışım oranları arttıkça düşmüştür. Motor yükü arttıkça EGS değerleri yükselmiştir ve en yüksek yükte en yüksek EGS değerleri alınmıştır. Biyodizel yakıtı yoğunluğu dizel yakıtlarından yüksek olduğundan hacim başına düşen kütle miktarı dizel yakıtından fazla olmaktadır. Bu durumdan kaynaklı enjeksiyon işlemi büyük tanecikler olarak gerçekleşmektedir. Bu durum yanmayı kötü etkilemektedir. Alüminyum oksit nanopartikül katkısı ile viskozite düşmekte ve ayrıca oksijen tutucu özelliği sayesinde bir miktar daha fazladan yakıtlarla oksijeni reaksiyona sokmaktadır. Nanopartikül katkıları bu özellikleriyle katkısız yakıtı göre EGS değerleri yükselmiştir [123].

6.5.4. Havuç Ham Yağ

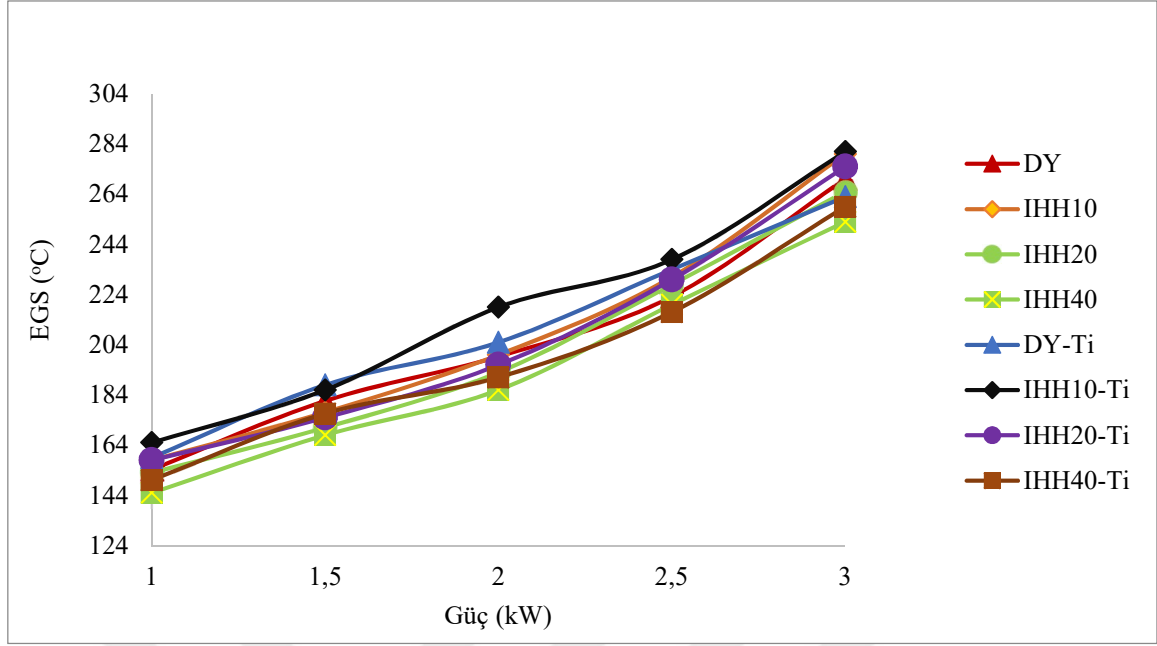
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, EGS ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve EGS değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak EGS değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.39'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak EGS değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.40'te gösterilmiştir.

Deney sonucunda HHY, DY EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin EGS değerleri ile DY'nin EGS değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %6.35, HH20 yakıtında %10.32, HH40 yakıtında %16.43 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %2.35 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.39. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların EGS emisyon değerleri

HHY-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %0.61, HH20-Ti yakıtında %4.80, HH40-Ti yakıtında %10.17 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin EGS değerleri ile DY-Ti'nin EGS değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %8.38, HH20 yakıtında %12.25, HH40 yakıtında %18.31 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin EGS değerleri ile HHY-Ti'nin EGS değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %6.21, HH20-Ti yakıtında %6.23, HH40-Ti yakıtında %7.44 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, HHY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY-Ti'nin EGS değerleri ile DY-Ti'nin EGS değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %2.86, HH20-Ti yakıtında %6.91, HH40-Ti yakıtında %12.20 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.40. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların EGS emisyon değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %1.50 oranında artış görülürken, IHH20-Ti yakıtında %1.90, IHH40-Ti yakıtında %5.57 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında %2.35 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %6, IHH20-Ti yakıtında %0.41 oranında artış görülürken, IHH40-Ti yakıtında %3.31 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %0.74, IHH20-Ti yakıtında %4.09, IHH40-Ti yakıtında %7.70 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %4.47, IHH20-Ti yakıtında %2.36, IHH40-Ti yakıtında %2.45 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-Ti'nin EGS değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %3.62 oranında artış görülürken, IHH20-Ti yakıtında %1.82 ve IHH40-Ti yakıtında %5.47 oranında azalma tespit edilmiştir.

EGS değerleri deney yakıtları arasında en yüksek olan IHH10-Ti yakıtı ve en düşük değer HH40 yakıtlarında görülmüştür. Ham yağ karışımları genel olarak dizel yakıtından düşük EGS değeri göstermiştir ve karışım oranları arttıkça değerler düşmüştür. Motor yükü arttıkça EGS değerleri yükselmiştir. Ham yağlar oksijen bakımından dizel yakıtına göre yüksek içeriğe sahip olduklarından düşük EGS değerleri gösterdiği düşünülmektedir. Yük arttıkça içeriye alınan yakıt karışım oranı zengin yakıt olmaya başlamasından dolayı artan viskozite ile birlikte atomizasyonun kötüleşmesi, yakıtın buharlaşmasının da kötüleşmesine bundan dolayı yanma verimi kötüleşeceğinden yanma sonu sıcaklık düştüğü düşünülmüştür [131]. Karışım yakıtlarına ön ısıtma uygulaması viskozite düşmesi sonucu yanma verimi iyileşmesine bundan dolayı EGS

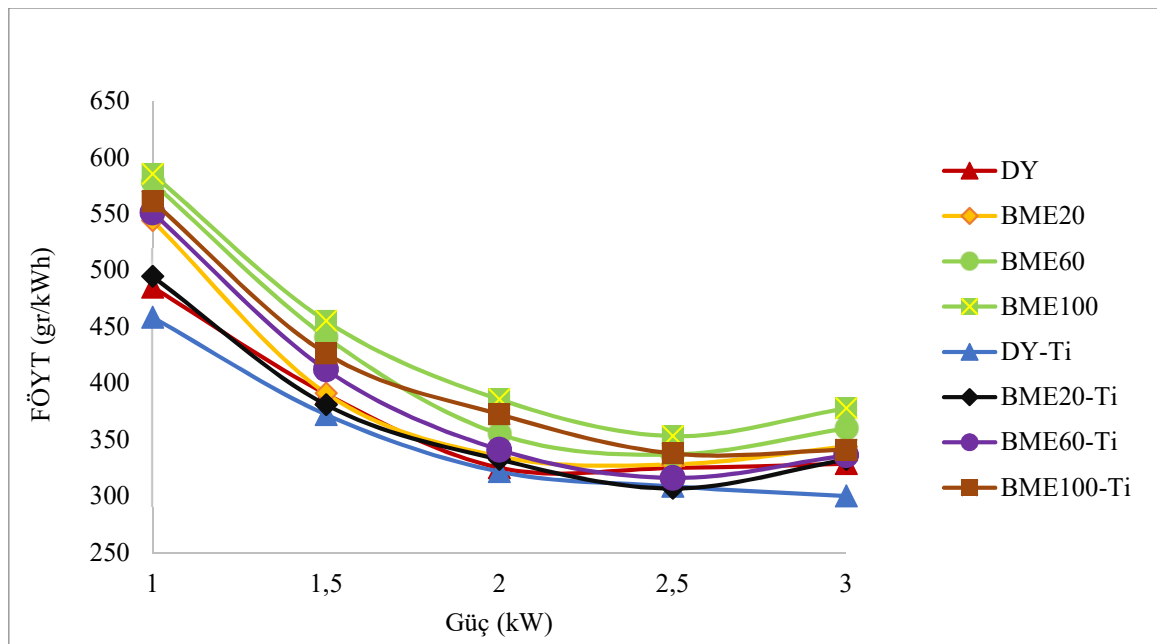
değerinin yükseldiği düşünülmektedir. Bunun yanında nanopartikül katkısı oksijen desteği ve ısı iletimi sağlayarak yanma verimini iyileştirdiğinden EGS artışı olduğu düşünülmektedir [113].

6.6. Fren Özgöl Yakıt Tüketimi Değerleri

Fren Özgöl yakıt tüketimi (FÖYT), içten yanmalı motorlarda kullanılan önemli bir performans parametresidir. FÖYT, birim güç başına birim zamanda tüketilen yakıt miktarı olarak tanımlanmaktadır.

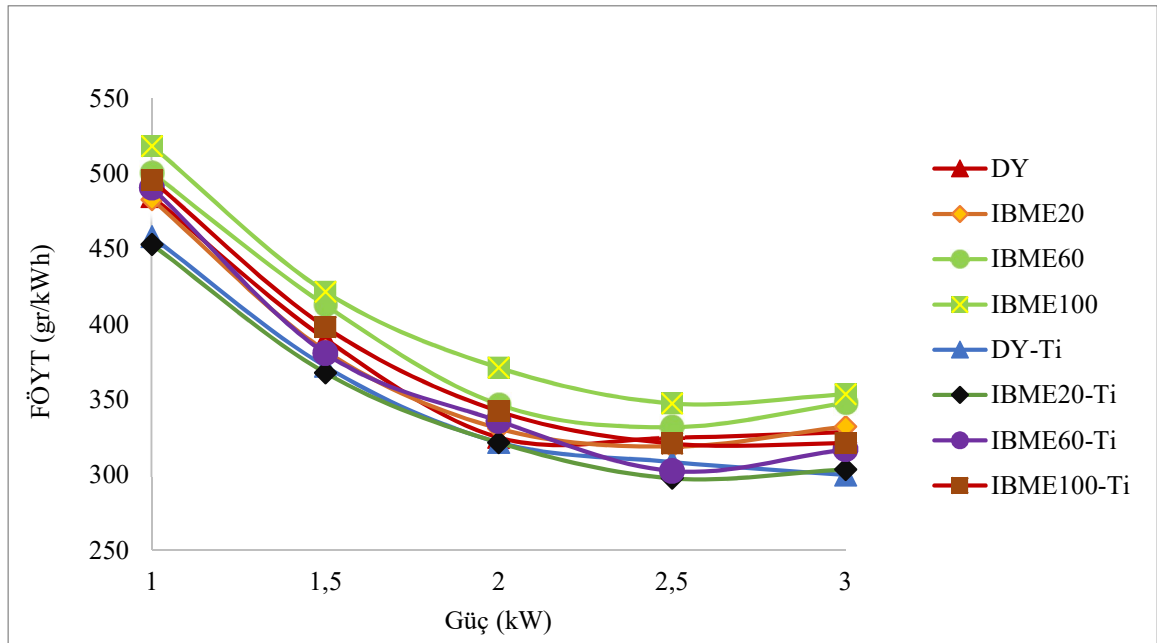
6.6.1. Tatlı Badem Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, FÖYT ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem biyodizel (BME20), %60 tatlı badem biyodizel (BME60), %100 tatlı badem biyodizel (BME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.41'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.42'te gösterilmiştir.



Şekil 6.41. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının FÖYT değerleri

Deney sonucunda BME, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. Biyodizel yakıtının dizel yakıtın FÖYT değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %4.16, BME60 yakıtında %10.86, BME100 yakıtında %15.87 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında %5.01 oranında azalma tespit edilmiştir. BME-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %0.55 azalma görülürken, BME60-Ti yakıtında %4.68, BME100-Ti yakıtında %9.39 oranında artış tespit edilmiştir. BME, DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. BME'nin FÖYT değerleri DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %9.75, BME60 yakıtında %16.79, BME100 yakıtında %22.03 oranında artış tespit edilmiştir. BME, BME-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin FÖYT değerleri BME-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %4.45, BME60-Ti yakıtında %5.59, BME100-Ti yakıtında %5.61 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. BME-Ti'nin FÖYT değerleri DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %4.75, BME60-Ti yakıtında %10.26, BME100-Ti yakıtında %15.15 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.42. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının FÖYT değerleri

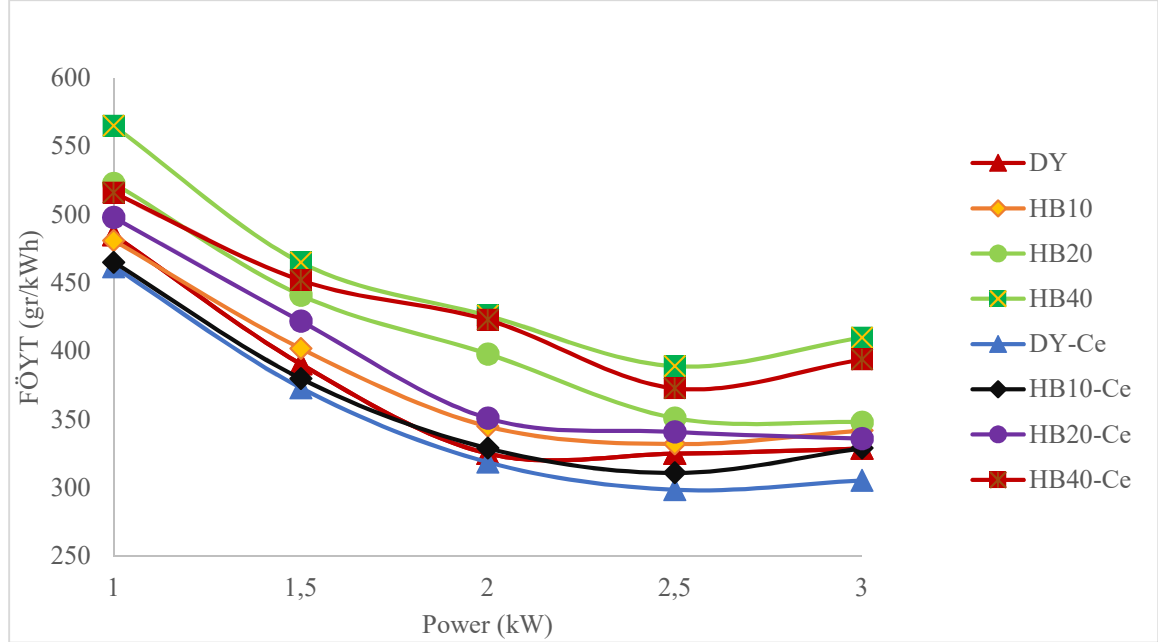
Deney sonucunda IBME, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %0.28 oranında azalma görülürken, BME60 yakıtında %4.75, BME100 yakıtında %8.75 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında %5.01 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %5.85 ve IBME60-Ti yakıtında %1.65 oranında azalma görülürken, IBME100-Ti yakıtında %1.21 oranında artış tespit edilmiştir. IBME, DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME'nin FÖYT değerleri DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %5.05, IBME60 yakıtında %10.33, IBME100 yakıtında %14.51 oranında artış tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME'nin FÖYT değerleri IBME-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %5.59, IBME60-Ti yakıtında %6.11, IBME100-Ti yakıtında %6.92 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, IBME-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %0.88 oranında azalma görülürken, IBME60-Ti yakıtında %3.55, IBME100-Ti yakıtında %6.56 oranında artış tespit edilmiştir.

Karışım yakıtları ve dizel yakıtları FÖYT değerlerinde en yüksek değer IBME100 yakıtında görülürken en düşük FÖYT değeri DY-Ti yakıtında görülmüştür. DY yakıtı ile karşılaştırıldığında karışım yakıtlarının dizel yakıtına göre yüksek FÖYT değerleri üzerinde daha yüksek yakıt yoğunluğunun ve daha yüksek kütle değerlerinin (hacimsel değerler aynı olmasına rağmen) etkili olduğuna inanılıyordu [148]. FÖYT değerlerinin yanma odasında oluşan yüksek sıcaklığı ve yanma sürecindeki fiziksel ve kimyasal reaksiyonların olumlu etkisi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. TiO_2 katkısı FÖYT değerlerini düşmesi reaksiyon yüzey alanının iyileştirilmesi nedeniyle daha iyi yanma kalitesine yol açan TiO_2 'nin yüksek yüzey alanına atfedilir [113]. Karışımlarına tek başına ön ısıtma uygulama ya da nanopartikül katkısı yapmak FÖYT değerlerinde düşüş yaparken ön ısıtma ile nano katkısı arasında çok yüksek farklılık görülmemiştir.

6.6.2. Tatlı Badem Ham Yağ

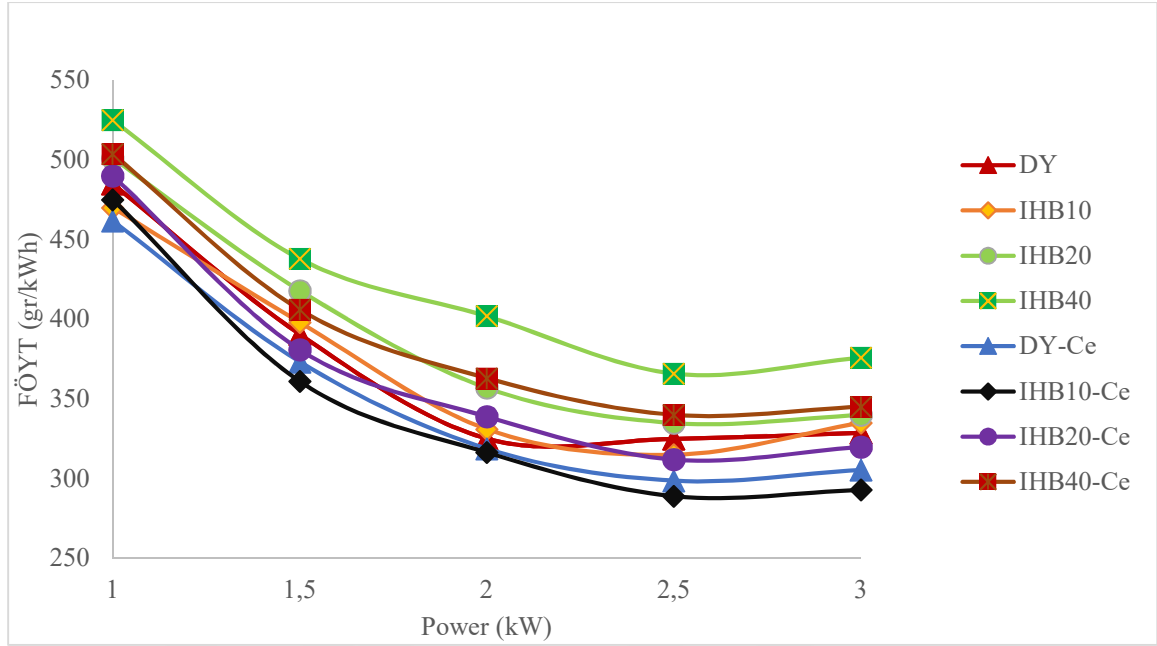
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, FÖYT ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham yağı (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak FÖYT değerleri

alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.43’da gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.44’de gösterilmiştir.



Şekil 6.43. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının FÖYT değerleri

Deney sonucunda HBY, DY FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY’nin FÖYT değerleri ile DY’nın FÖYT değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %2.88, HB20 yakıtında %11.40, HB40 yakıtında %22.19 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY’nın FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ce’nin FÖYT değerleri ile DY’nın FÖYT değerleri kıyaslandığında %5.28 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY-Ce, DY’nın FÖYT değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %1.98 oranında azalma görülürken, HB20-Ce yakıtında %5.16 ve HB40-Ce yakıtında %17.36 oranında artış tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce’nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY’nin FÖYT değerleri ile DY-Ce’nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %8.64, HB20 yakıtında %17.54, HB40 yakıtında %29.01 oranında artış tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY’nin FÖYT değerleri ile HBY-Ce’nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %4.71, HB20-Ce yakıtında %5.44, HB40-Ce yakıtında %4.04 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, HBY-Ce’nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY-Ce’nin FÖYT değerleri ile DY-Ce’nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %3.51, HB20-Ce yakıtında %11.04, HB40-Ce yakıtında %23.88 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.44. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının FÖYT değerleri

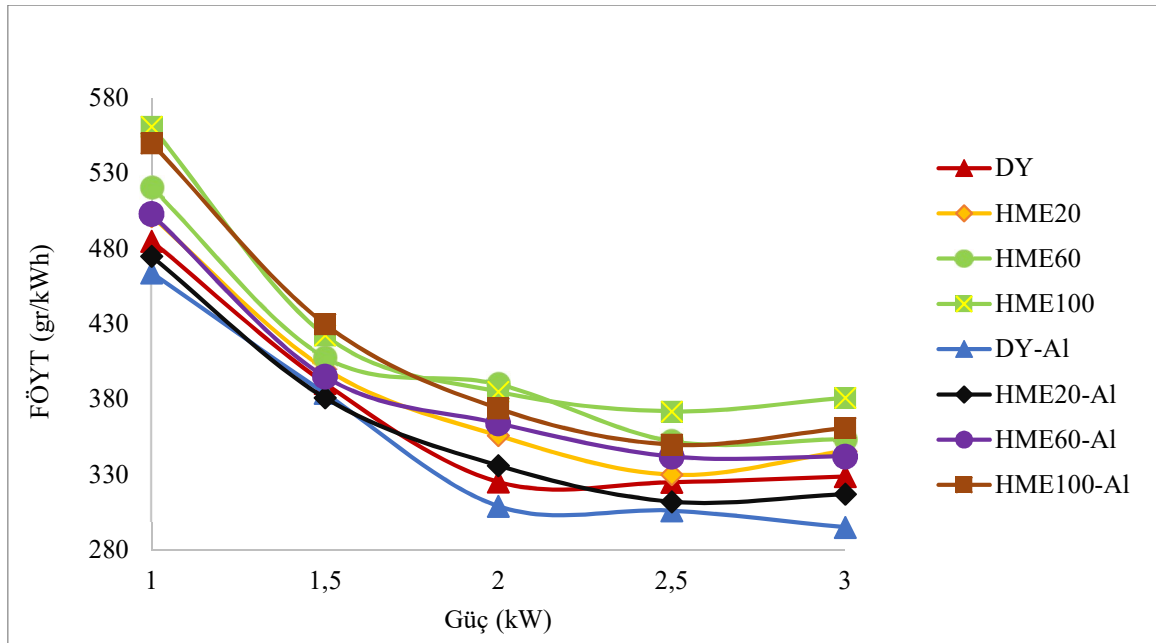
Ön ısıtma uygulama deney sonucunda IHB40, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %0.11 oranında azalma görülürken, IHB20 yakıtında %5.32 ve IHB40 yakıtında %13.84 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ce'nin FÖYT değerleri ile DY'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında %5.28 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB40-Ce, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %6.85 ve IHB20-Ce yakıtında %0.77 oranında azalma görülürken, IHB40-Ce yakıtında %5.80 oranında artış tespit edilmiştir. IHB40, DY-Ce'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IHB40'nin FÖYT değerleri ile DY-Ce'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında IHB10 yakıtında %5.48, IHB20 yakıtında %11.19, IHB40 yakıtında %20.17 oranında artış tespit edilmiştir. IHB40, IHB40-Ce'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB40-Ce'nin FÖYT değerleri ile IHB40'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %6.68, IHB20-Ce yakıtında %5.77, IHB40-Ce yakıtında %6.98 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB40-Ce'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %1.69 oranında azalma görülürken, IHB20-Ce yakıtında %4.75 ve IHB40-Ce yakıtında %11.71 oranında artış tespit edilmiştir.

Ham badem karışım yakıtları ile dizel yakıt FÖYT değerleri en yüksek IHB40 yakıtında görülürken en düşük IHB10-Ce yakıtında görülmüştür. Genel olarak ham yağ karışımları dizel yakıtından yüksek yakıt tüketimi göstermiştir ve karışım oranları arttıkça yakıt tüketimleri arttığı görülmüştür. Karışım oranı artışı ile ısı değeri düşmekte ve viskozite artmakta olduğu

bilinmektedir. Bu durumlar dikkate alındığında yanma verimi düşüşü olacağından özgül yakıt tüketimi artışı normal olarak karşılanmaktadır [131]. Ham yağ karışımlarına ön ısıtma uygulaması ya da nanopartikül katkısı viskozite düşüşü yaşattığı için normal ham yağlara kıyasla FÖYT değerlerinde düşüş görülmesi normal gelmektedir. Katkı maddeli yakıtlar yüksek ısıl değerlere sahip olmakta ve yakıtın viskozitesi ile yoğunluğunu düşürerek daha iyi atomizasyon özellikleri göstererek FÖYT azalmasına yardımcı olmaktadır [144,149].

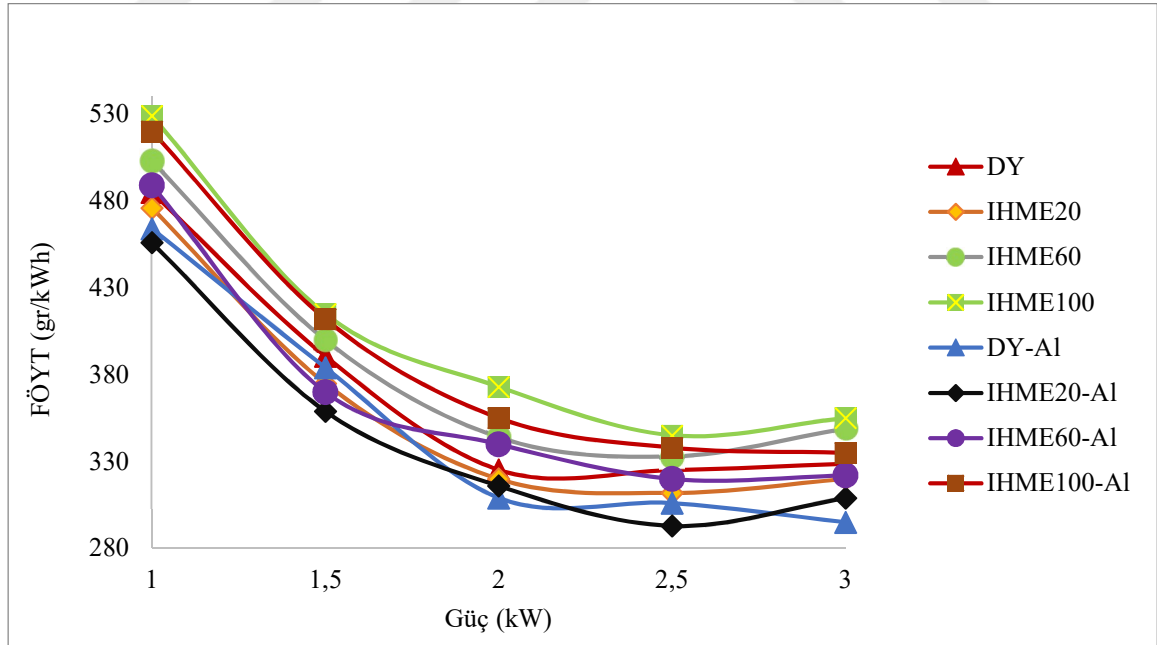
6.6.3. Havuç Yağı Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, FÖYT ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.45'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.46'de gösterilmiştir.



Şekil 6.45. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtların FÖYT emisyon değerleri

Deney sonucunda HME, DY FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME'nin FÖYT değerleri ile DY'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %4.43, HME60 yakıtında %9.54, HME100 yakıtında %14.53 oranında artış tespit edilmiştir. DY-AI, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-AI'nin FÖYT değerleri ile DY'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında %5.42 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-AI, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %1.75 oranında azalma görülürken, HME60-AI yakıtında %5.21, HME100-AI yakıtında %11.20 oranında artış tespit edilmiştir. HME, DY-AI'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME'nin FÖYT değerleri ile DY-AI'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %10.53, HME60 yakıtında %15.93, HME100 yakıtında %21.26 oranında artış tespit edilmiştir. HME, HME-AI FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME'nin FÖYT değerleri ile HME-AI'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %5.91, HME60-AI yakıtında %3.88, HME100-AI yakıtında %2.85 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, HME-AI'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME-AI'nin FÖYT değerleri ile DY-AI'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %3.95, HME60-AI yakıtında %11.35, HME100-AI yakıtında %17.66 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.46. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtların FÖYT emisyon değerleri

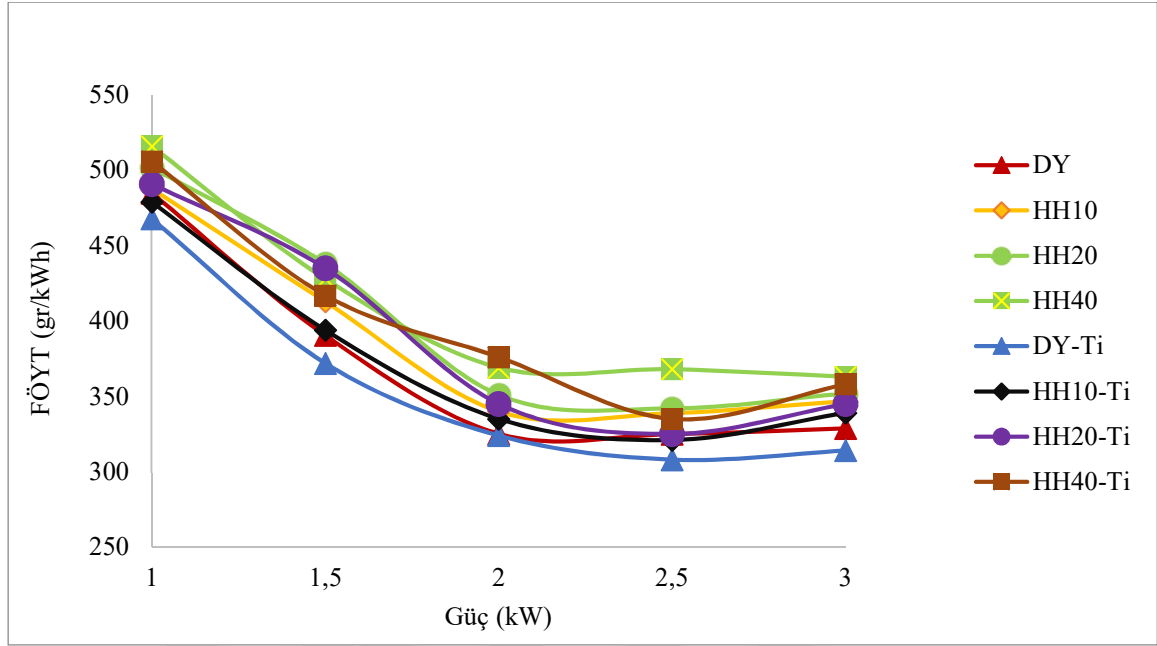
Deney sonucunda IHME, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %2.82 oranında azalma görülürken, IHME60 yakıtında %4.11, IHME100 yakıtında %8.83 oranında artış

tespit edilmiştir. DY-AI, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. DY-AI'nin FÖYT değerleri DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında %5.42 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME-AI, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %6.55 ve IHME60-AI yakıtında %0.69 oranında azalma görülürken, IHME100-AI yakıtında %5.56 oranında artış tespit edilmiştir. IHME, DY-AI'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IHME'nin FÖYT değerleri ile DY-AI'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında IHME20 yakıtında %2.85, IHME60 yakıtında %10.21, IHME100 yakıtında %15.18 oranında artış tespit edilmiştir. IHME, IHME-AI'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %3.85, IHME60-AI yakıtında %4.62 ve IHME100-AI yakıtında %2.98 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, IHME-AI'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %1.09 oranında azalma görülürken, IHME60-AI yakıtında %5.10 ve IHME100-AI yakıtında %11.65 oranında artış tespit edilmiştir.

FÖYT verileri incelendiğinde karışım yakıtları genel olarak dizel yakıtından yüksek çıkmıştır. En yüksek karışım yakıtı HME100 olmuştur. En düşük değer ön ısıtma uygulanması ve nanopartikül katkısı sonucu IHME20-AI yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtlarındaki oran artışı ile FÖYT değerinin beraberinde yükseldiği görülmektedir. FÖYT değerinin artması nedeni dizele göre daha düşük enerji içerikleri nedeniyle HME aynı miktarda güç üretebilmek için yanma odasına püskürtülecek yakıt miktarının artırılması gerekmektedir [150]. Nanopartikül katkısı ve ön ısıtma uygulamak karışım yakıtlarının FÖYT değerlerinde azalma göstermiştir. Daha yüksek oksijen içeriğine sahip biyodizel, daha zayıf yanma sağlar ve bu da daha yüksek FFÖYT değerleri ile sonuçlanır. Nanometrik formdaki metal oksit bazlı nanoparçacıklar, yüksek yüzey hacim oranları sayesinde yüksek katalitik aktivite göstererek yakıt ekonomisinde iyileşme sağlar. Nanoparçacıkların eklenmesi ısıtma değerini artırır ve bu nedenle bu durum test yakıtlarını daha düşük FÖYT sergilemeye teşvik eder [151].

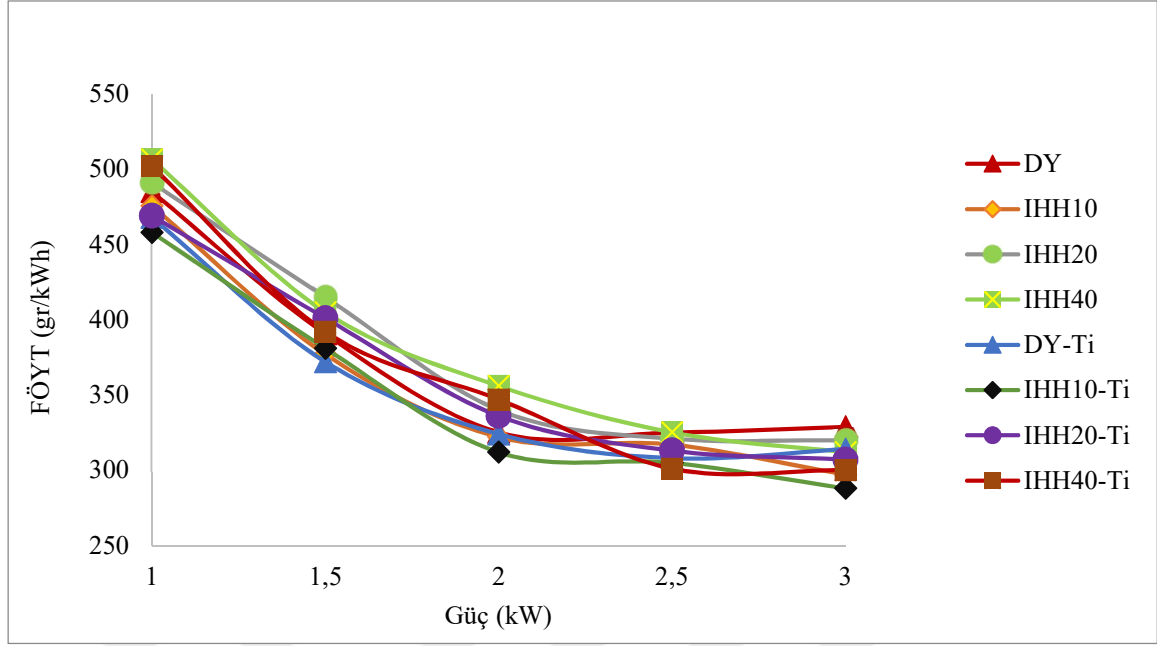
6.6.4. Havuç Ham Yağ

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, FÖYT ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve FÖYT değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.47'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak FÖYT değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.48'te gösterilmiştir.



Şekil 6.47. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtların FÖYT emisyon değerleri

Deney sonucunda HHY, DY FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin FÖYT değerleri ile DY'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %4.16, HH20 yakıtında %7.18, HH40 yakıtında %10.62 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile DY'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında %3.67 oranında azalma tespit edilmiştir. Havuç HHY-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %0.91, HH20-Ti yakıtında %4.73, HH40-Ti yakıtında %7.74 oranında artış tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin FÖYT değerleri ile DY-Ti'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %8.16, HH20 yakıtında %11.30, HH40 yakıtında %14.86 oranında artış tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin FÖYT değerleri ile HHY-Ti'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %3.11, HH20-Ti yakıtında %2.31, HH40-Ti yakıtında %2.59 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, HHY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY-Ti'nin FÖYT değerleri ile DY-Ti'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %4.77, HH20-Ti yakıtında %8.74, HH40-Ti yakıtında %11.81 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.48. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtların FÖYT emisyon değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %3.70 azalma görülürken, IHH20 yakıtında %1.63, IHH40 yakıtında %2.51 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile %3.67 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHHY-Ti'nin FÖYT değerleri ile DY'nin FÖYT değerleri kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %6.12, IHH20-Ti yakıtında %1.52, IHH40-Ti yakıtında %1.11 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %0.03 oranında azalma görülürken, IHH20-Ti yakıtında %5.51, IHH40-Ti yakıtında %6.38 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %2.51, IHH20-Ti yakıtında %3.12, IHH40-Ti yakıtında %3.58 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-Ti'nin FÖYT değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %2.54 oranında azalma görülürken, IHH20-Ti yakıtında %2.22 ve IHH40-Ti yakıtında %2.60 oranında artış tespit edilmiştir.

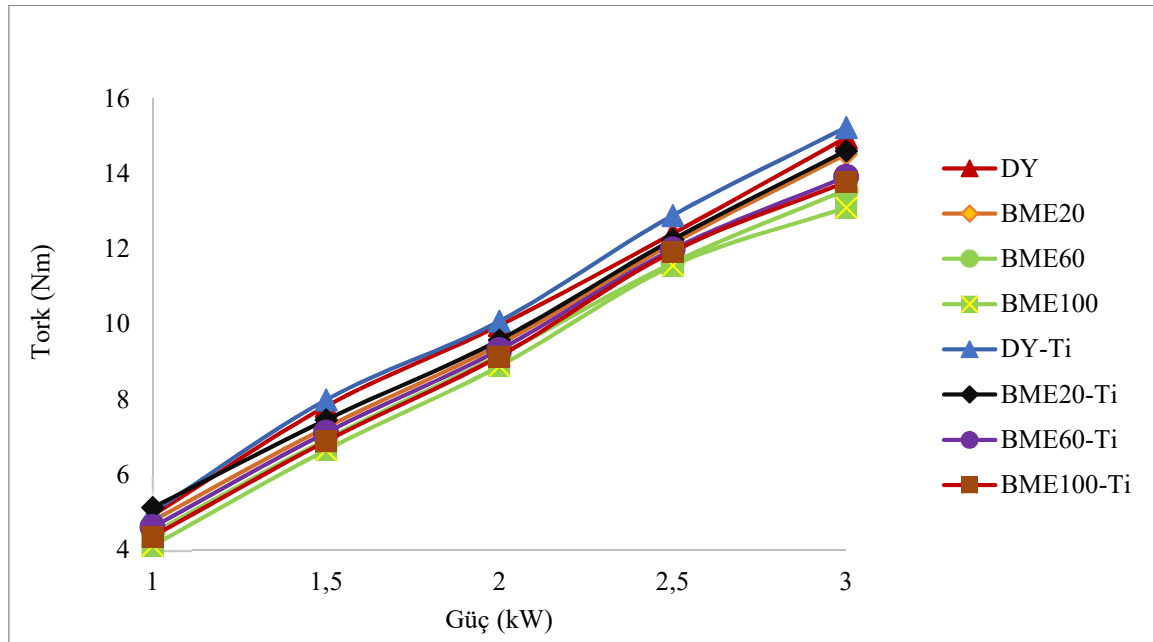
Havuç ham yağ karışım yakıtları içerisinde en düşük FÖYT değeri IHH10-Ti yakıtında görülmüştür. En yüksek değer ise HH40 yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtları genel olarak dizel yakıtından yüksek değerde ve karışım oranları arttıkça artan FÖYT değerleri görülmektedir. Ham yağlar dizel yakıta göre yüksek viskoziteye sahip olduklarından yanma odasına püskürtülme durumunda büyük yakıt taneleri olarak gireceklerinden yanma kötüleşebilmektedir. Bu durumdan kaynaklı FÖYT değerleri yükselecektir. Yanmayı iyileştirmek ve viskoziteyi düşürmek amaçlı nanopartikül katkısı ve ön ısıtma uygulamaları ham yağ karışımlarında iyileştirme

göstermektedir. Nano parçacıklar ısı tutması ve yanma sırasındaki oksijen yardımı sayesinde FÖYT değerlerinde iyileştirme göstermektedir.

6.7. Tork Sonuçlarının Değerlendirilmesi

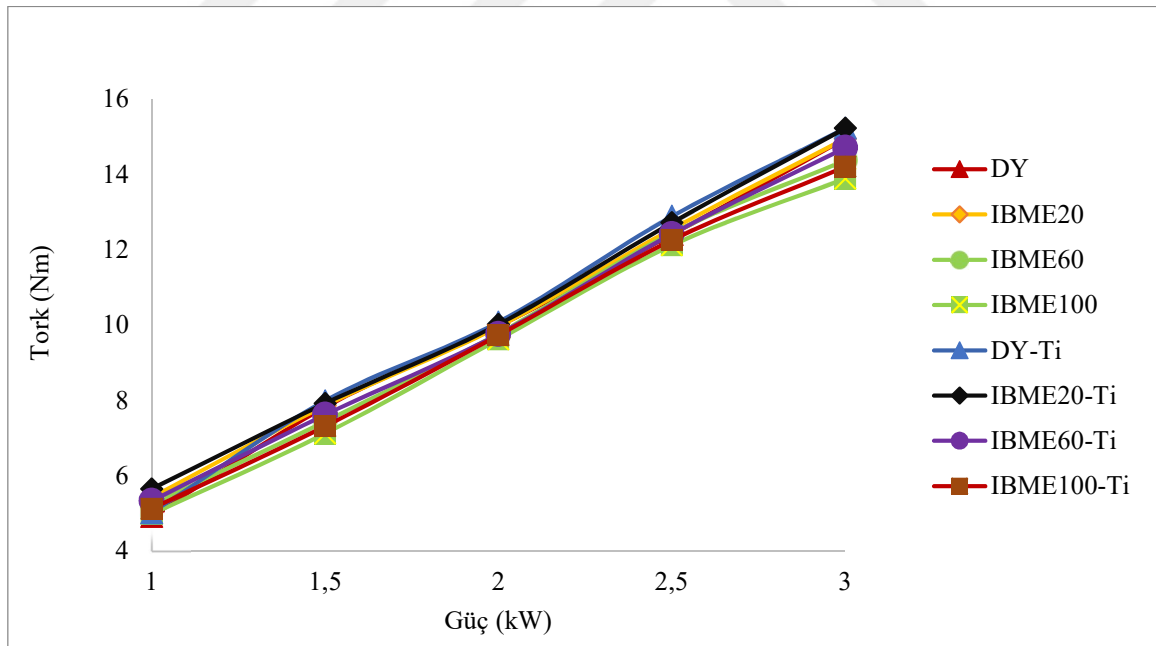
6.7.1. Tatlı Badem Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, tork ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak tork değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem yağından biyodizel (BME20), %60 tatlı badem yağından biyodizel (BME60), %100 tatlı badem biyodizel (BME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak tork değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.49'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak tork değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.50'da gösterilmiştir.



Şekil 6.49. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının tork değerleri

Deney sonucunda BME, DY tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin tork değerleri ile DY'nin tork değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %4.03, BME60 yakıtında %8.82, BME100 yakıtında %12.24 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %2.16 oranında artış tespit edilmiştir. BME-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY'nin tork değerleri ile BME-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %1.57, BME60-Ti yakıtında %6.42, BME100-Ti yakıtında %8.65 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, DY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin tork değerleri ile DY-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %6.06, BME60 yakıtında %10.74, BME100 yakıtında %14.10 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, BME-Ti tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. BME'nin tork değerleri ile BME-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %2.56, BME60-Ti yakıtında %2.63, BME100-Ti yakıtında %4.12 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME-Ti'nin tork değerleri ile DY-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %3.64, BME60-Ti yakıtında %8.40, BME100-Ti yakıtında %10.59 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.50. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının tork değerleri

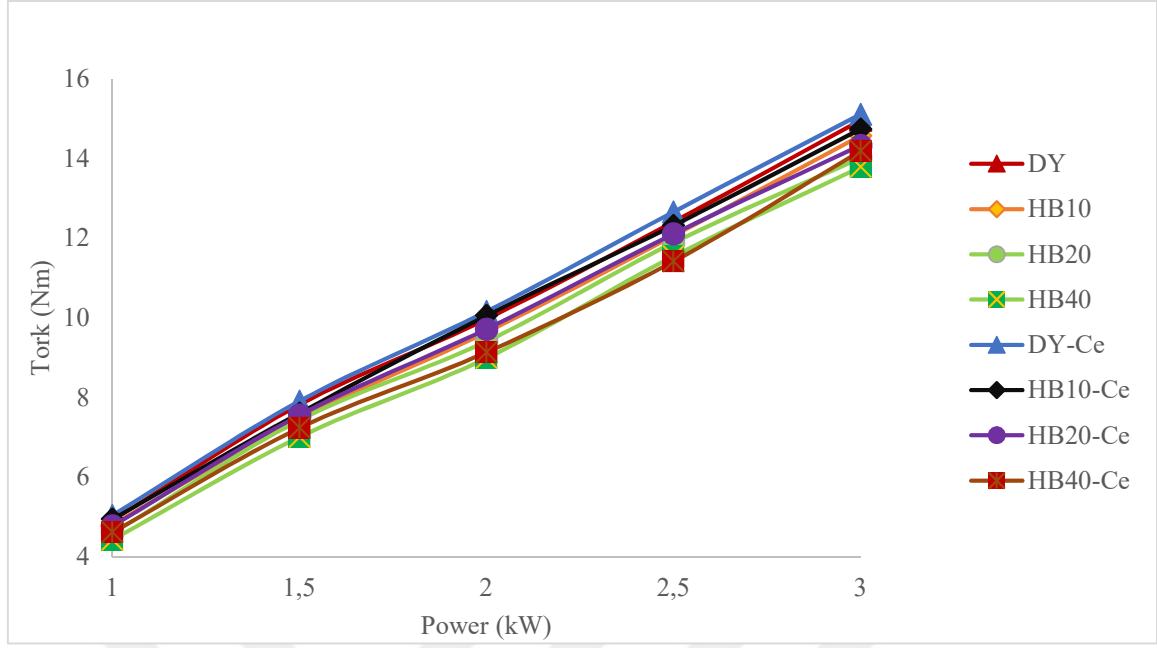
Deney sonucunda IBME, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %2.35 oranında artış görülürken, IBME60 yakıtında %0.80, IBME100 yakıtında %4.15 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %2.16 oranında artış tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %4.18 ve

IBME60-Ti yakıtında %0.42 oranında artış görülürken, IBME100-Ti yakıtında %2.22 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, DY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında %0.20 oranında artış görülürken, IBME60 yakıtında %2.88 ve IBME100 yakıtında %6.16 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME'nin tork değerleri ile IBME-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %1.74, IBME60-Ti yakıtında %1.23, IBME100-Ti yakıtında %2.02 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IBME-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. DY-Ti'nin tork değerleri ile IBME-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %2 oranında artış görülürken, IBME60-Ti yakıtında %1.70, IBME100-Ti yakıtında %4.27 oranında azalma tespit edilmiştir.

Deneyde karışım yakıtları tork değerleri en yüksek olan IBME20-Ti yakıtıdır ve en küçük değer BME100 yakıtında görülmüştür. Bitkisel yağ biyodizel yakıt karışımları, dizel yakıtından düşük tork değerleri göstermiştir ve karışım oranları arttıkça tork değeri de düştüğü görülmüş. Biyodizel yakıtlarının viskozite değerleri dizel yakıtından yüksek olması dizel yakıtına göre daha düşük yanma verimi sağlamıştır. Bundan dolayı tork değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Biyodizelin daha düşük ısıtma değeri nedeniyle motor torku azalır [123]. Çıkış torku, yakıt karışımlarındaki nanoparçacıkların dozajını artırarak artar, bu da yanma tarafından üretilen enerjinin daha eksiksiz olduğunu ve yanma kalitesinin arttığını gösterir. Sonuç olarak ortalama basınç daha fazla olup piston kuvveti ve torkunda artışa neden olur [123]. Ayrıca nanopartiküllerin yüksek yüzey-hacim oranı, yakıt karışımlarının daha iyi oksidasyonunu sağlar. Böylece, maksimum motor fren torku ve gücü artacak şekilde yüksek yanma entalpisi ve enerji yoğunluğu serbest bırakılabilir [152].

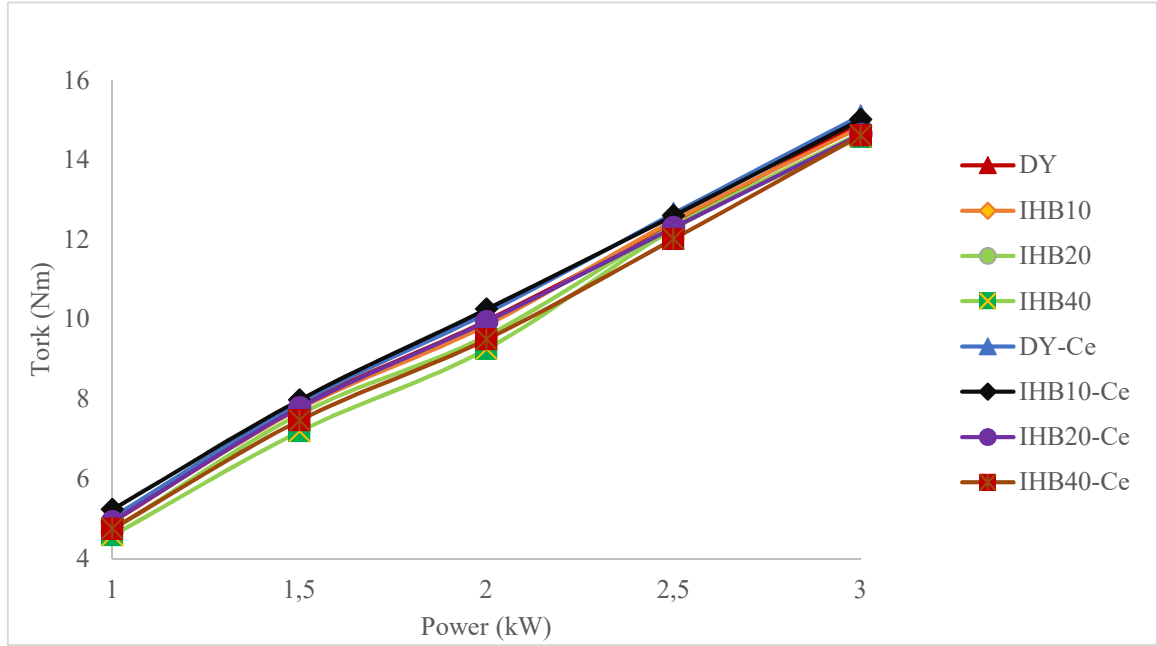
6.7.2. Tatlı Badem Ham Yağ

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, tork ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak tork değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham yağı (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak tork değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.51'da gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak tork değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.52'de gösterilmiştir.



Şekil 6.51. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının tork değerleri

Deney sonucunda HBY, DY tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin tork değerleri ile DY'nin tork değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %3.07, HB20 yakıtında %5.56, HB40 yakıtında %8.98 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. DY-Ce'nin tork değerleri ile DY'nin tork değerleri kıyaslandığında %1.70 oranında artış tespit edilmiştir. HBY-Ce, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %0.67, HB20-Ce yakıtında %3.06 ve HB40-Ce yakıtında %6.99 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY'nin tork değerleri ile DY-Ce'nin tork değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %4.69, HB20 yakıtında %7.13, HB40 yakıtında %10.50 oranında azalma tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY'nin tork değerleri ile HBY-Ce'nin tork değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %2.47, HB20-Ce yakıtında %2.65, HB40-Ce yakıtında %2.20 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, HBY-Ce'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HBY-Ce'nin tork değerleri ile DY-Ce'nin tork değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %2.34, HB20-Ce yakıtında %4.68, HB40-Ce yakıtında %8.55 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.52. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının tork değerleri

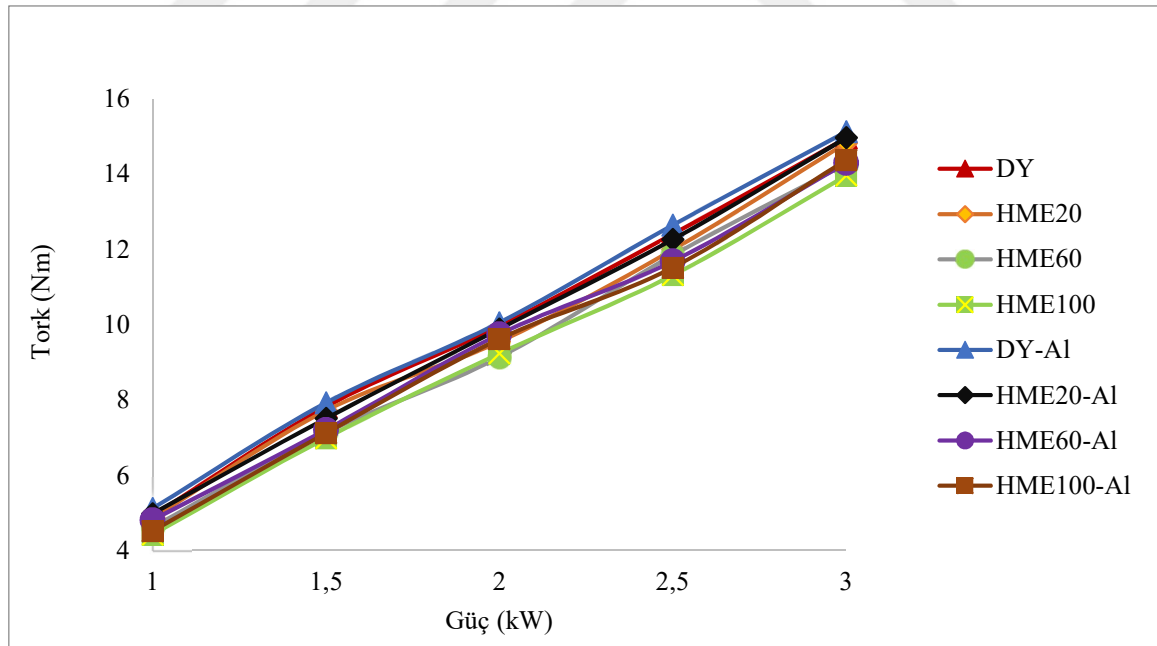
Deney sonucunda IHB40, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %0.31, IHB20-Ce yakıtında %2.56 ve IHB40-Ce yakıtında %5.14 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %1.70 oranında artış tespit edilmiştir. IHB40-Ce, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %2.65 oranında artış görülürken ve IHB20-Ce yakıtında %0.65, IHB40-Ce yakıtında %3.62 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB40, DY-Ce'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IHB40'nin tork değerleri ile DY-Ce'nin tork değerleri kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %1.98, IHB20-Ce yakıtında %4.18, IHB40-Ce yakıtında %6.73 oranında azalma tespit edilmiştir. IHB40, IHB40-Ce'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %2.97, IHB20-Ce yakıtında %1.98, IHB40-Ce yakıtında %1.67 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB40-Ce'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %0.93 oranında artış görülürken, IHB20-Ce yakıtında %2.32 ve IHB40-Ce yakıtında %5.23 oranında azalma tespit edilmiştir.

Deney yakıt karışımları en yüksek değer IHB10-Ce yakıtı ve en düşük HB40 yakıtı tork değerleri göstermiştir. Yük arttıkça tork değerleri de artmıştır. Yüksek yüklerde yakıt karışım oranları da yükseldiği için silindir içi basınç artışı olduğu bundan dolayı da yüksek yüklerde tork değerinin arttığı düşünülmektedir. Ham yağ karışımları genel olarak dizel yakıtından düşük tork değerleri göstermiştir. Bunun nedeni ham yağ yakıtlarının yüksek viskozite değerlerine sahip olduğundan püskürtülen yakıtların büyük tanecik olması sonucu yakıtların yanma veriminin düşmesi ve açığa çıkan basıncın azalması olarak düşünülmektedir [131]. Nanopartikül katkısı genel olarak katkısız yakıtlara göre tork değerinde artış olarak görülmüştür. Deney yakıtlarına seryum oksit

nanopartikül katkısı karışımların viskozitesini ve yoğunluğunu azalttığı diğer yandan ısı değerini yükselttiği bundan dolayı yakıtların atomizasyonlarında iyileşme olduğu bununla beraber yanma veriminin arttığı düşünülmektedir. Yanma verimi artışı ile de tork değerlerinin katkısız yakıtlara göre yüksek değerler gösterdiği düşünülmektedir [153].

6.7.3. Havuç Yağı Biyodizel

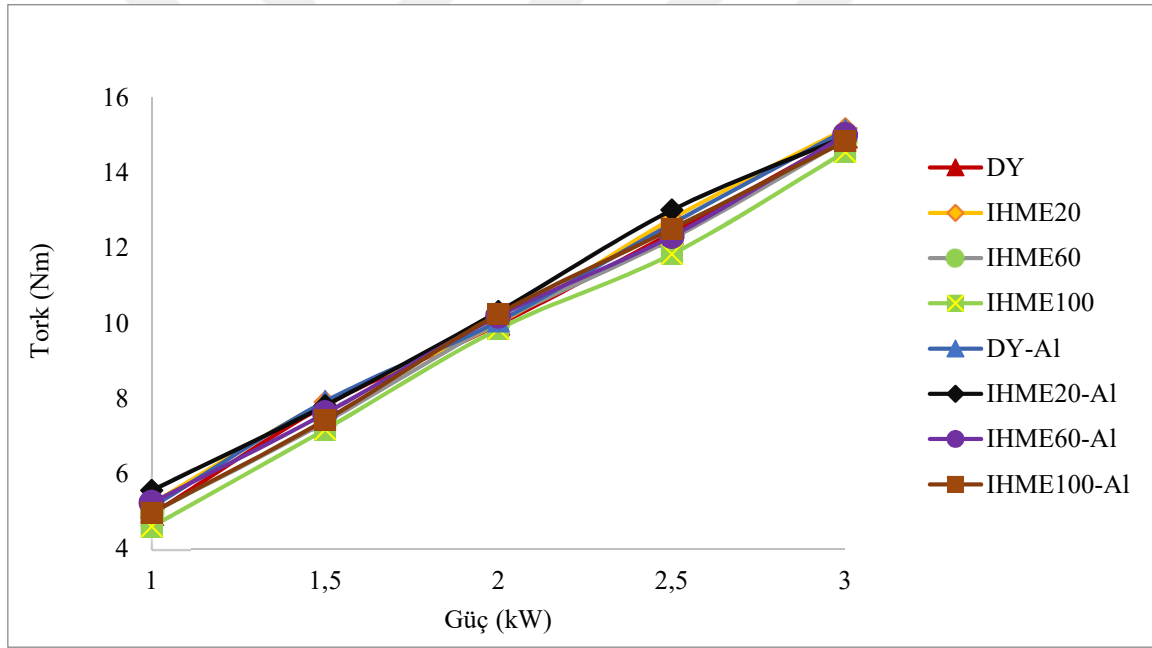
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, tork ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak tork değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.53'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak tork değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.54'de gösterilmiştir.



Şekil 6.53. Ön ısıtma uygulanmamış havuç biyodizel yakıtlarının tork değerleri

Deney sonucunda HME, DY tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmektedir. HME'nin tork değerleri ile DY'nin tork değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %2.15, HME60 yakıtında %6.42, HME100 yakıtında %8.66 oranında azalma tespit

edilmiştir. DY-AI, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %1.89 oranında azalma tespit edilmiştir. HME-AI, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-AI'nın tork değerleri ile DY'nin tork değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %0.93, HME60-AI yakıtında %4.49, HME100-AI yakıtında %6.33 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, DY-AI'nın tork değerleri ile kıyaslandığında HME20 yakıtında %3.96, HME60 yakıtında %8.15, HME100 yakıtında %10.34 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, HME-AI tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME'nin tork değerleri ile HME-AI'nın tork değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %1.27, HME60-AI yakıtında %2.10, HME100-AI yakıtında %2.55 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, HME-AI'nın tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-AI'nın tork değerleri ile DY-AI'nın tork değerleri kıyaslandığında HME20-AI yakıtında %2.76, HME60-AI yakıtında %6.26, HME100-AI yakıtında %8.04 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.54. Ön ısıtma uygulanmış havuç biyodizel yakıtlarının tork değerleri

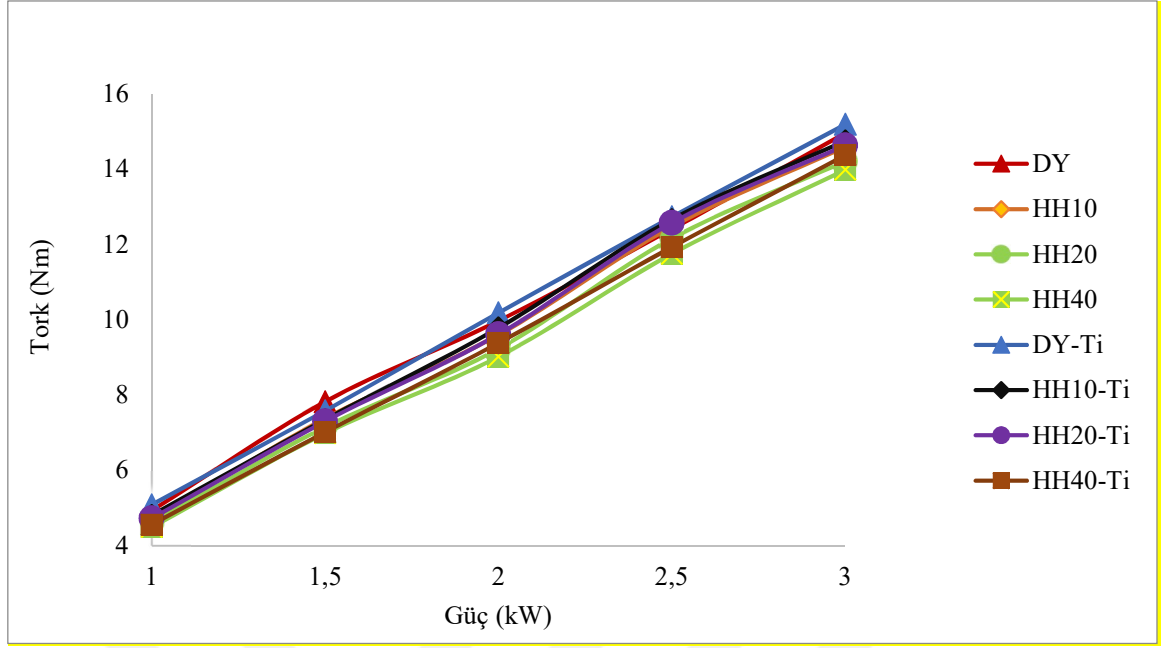
Deney sonucunda IHME, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %2.35 oranında artış görülürken, IHME60 yakıtında %1.24, IHME100 yakıtında %4.63 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-AI, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %1.89 oranında artış tespit edilmiştir. IHME-AI, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHME20-AI yakıtında %4.29 ve IHME60-AI yakıtında %1.09 oranında artış görülürken, IHME100-AI yakıtında %0.22 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, DY-AI'nın tork değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %0.44 oranında artış görülürken, IHME60 yakıtında %3.07, IHME100 yakıtında %6.38 oranında

azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-Al'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %1.86, IHME60-Al yakıtında %2.36 ve IHME100-Al yakıtında %4.64 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Al, IHME-Al'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %2.32 oranında artış görülürken, IHME60-Al yakıtında %0.79 ve IHME100-Al yakıtında %2.07 oranında azalma tespit edilmiştir.

Büyük deney yakıtları arasında en yüksek tork değeri IHME20-Al yakıtında ve en düşük değer IHME100 yakıtında görülmüştür. Genel olarak biyodizel karışımları dizel yakıtından düşük değer göstermiştir ve oranlar arttıkça değerlerde de düşüş olmuştur. Motor yükü arttıkça tork değerlerinde de artış görülmüştür. İlk olarak biyodizel yakıtları viskozite ve yoğunluk olarak dizel yakıtlarından yüksek değerlere sahip olduklarından atomizasyona bağlı yanma verimi düşüşü ve basınç kaybı yaşanmasından tork değerlerinde düşüş olduğu düşünülmektedir. Yük değerleri artışında hem hava-yakıt oranı artışına bağlı hem de türbülans artışıyla karışımların daha iyi karışmasına bağlı deney yakıtlarında tork yükselmesi olduğu düşünülmektedir. Dizel yakıtına ve biyodizel karışım yakıtlarına alüminyum oksit eklenmesi viskozitede düşüşe ve ısı değerinde yükselmeye yardım ettiğinden yanma verimi ve buna bağlı olarak da tork değerlerinde artış olduğu düşünülmektedir [123]. Karışım yakıtlarına ayrıca ön ısıtma uygulanması viskozitenin düşmesine ve püskürtülen yakıtın daha küçük boyutlara gelerek daha iyi oksidasyon sağlamasına yardımcı olduğu bundan dolayı yanma veriminin iyileştiği ve tork değerlerinin ön ısıtma uygulanmayan yakıtlara göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir [124].

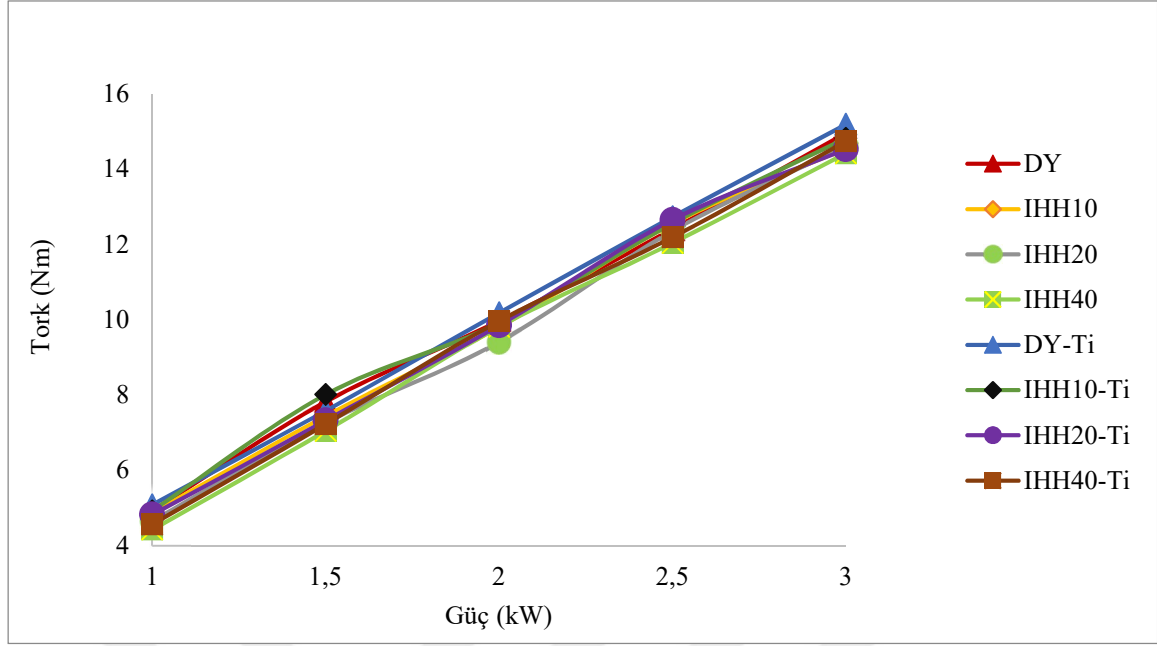
6.7.4. Havuç Ham Yağı

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, tork ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve tork değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak tork değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.55'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak tork değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.56'te gösterilmiştir.



Şekil 6.55. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağ yakıtlarının tork değerleri

Deney sonucunda HHY, DY tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalmış görülmüştür. HHY'nin tork değerleri ile DY'nin tork değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %3.27, HH20 yakıtında %5.86, HH40 yakıtında %8.18 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %1.28 oranında artış tespit edilmiştir. Havuç HHY-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %1.97, HH20-Ti yakıtında %3.05, HH40-Ti yakıtında %6.32 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY'nin tork değerleri ile DY-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %4.47, HH20 yakıtında %7.04, HH40 yakıtında %9.32 oranında azalma tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin tork değerleri ile HHY-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %1.35, HH20-Ti yakıtında %2.99, HH40-Ti yakıtında %2.02 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, HHY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HHY-Ti'nin tork değerleri ile DY-Ti'nin tork değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %3.20, HH20-Ti yakıtında %4.26, HH40-Ti yakıtında %7.50 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.56. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağ yakıtlarının tork değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %1.82, IHH20 yakıtında %4.20, IHH40 yakıtında %5.67 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında %1.28 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %1.32 oranında artış görülürken, IHH20-Ti yakıtında %2.11, IHH40-Ti yakıtında %3.66 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %3.05, IHH20 yakıtında %5.39, IHH40 yakıtında %6.85 oranında azalma tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %3.24, IHH20-Ti yakıtında %2.19, IHH40-Ti yakıtında %2.15 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-Ti'nin tork değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %0.10 oranında artış görülürken, IHH20-Ti yakıtında %3.35 ve IHH40-Ti yakıtında %4.86 oranında azalma tespit edilmiştir.

Deneyde kullanılan karışım yakıtlarında en yüksek değer IHH10-Ti yakıtında ve en düşük değer IHH40 yakıtında görülmüştür. Ham yağ tork değerleri genel olarak dizel yakıtından düşük çıkmıştır ve karışım oranları arttıkça da tork değerleri düşmüştür. Dizel yakıtları bitkisel yağlardan daha yüksek viskozite değerlerine sahip olduğu için yanma esnasında çıkan enerji daha yüksek çıktığı ve bu durumdan daha yüksek tork değerleri gösterdiği düşünülmektedir. Ham bitkisel yağ karışımlarına ön ısıtma uygulaması ve eklenen titanyum oksit nanopartikül katkısı ısı tutuculuğu sayesinde viskozitede düşüşe ve ısıl değerde artışa sebep olarak tutuşma gecikmesi süresini azaltarak yanma verimini yükselttiği böylece de basınç artışı ile tork değerleri artışı katkı yapılmamış yakıtlara göre yüksek çıktığı düşünülmektedir [113].

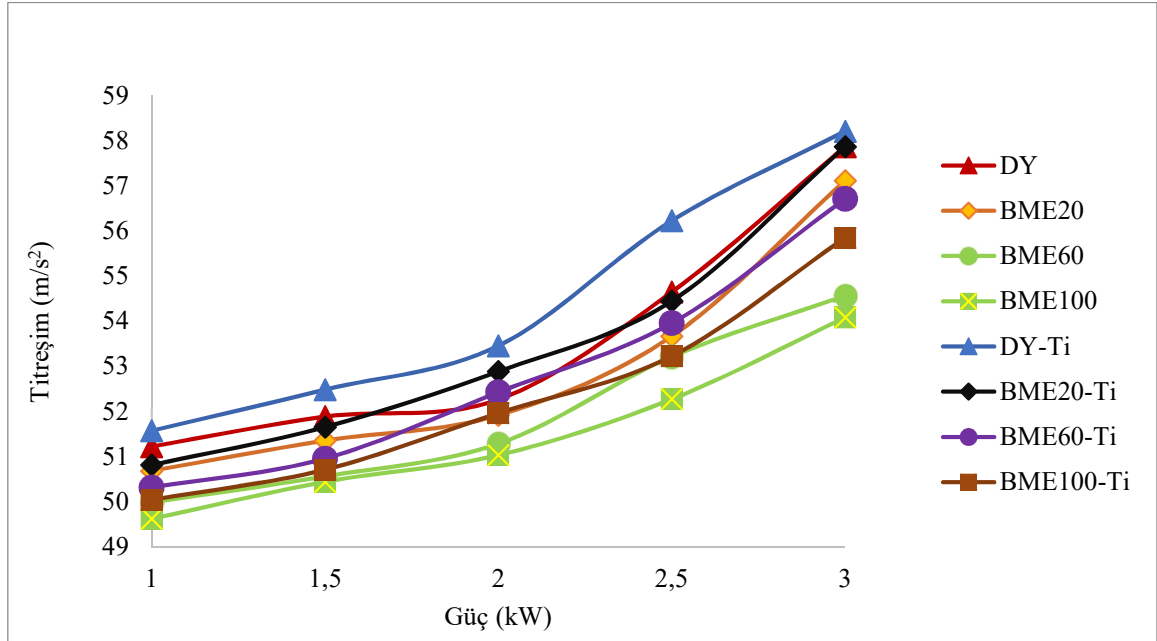
6.8. Titreşim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Titreşim değerlerini ölçmek için gerçekleştirilen testlerde titreşim verileri her bir yük için ayrı ayrı elde edilmiştir. Ortalama karekök alınarak (a_{RMS}) titreşim pulslerinin toplam genlik değerleri belirlenmiştir. a_{RMS} hesaplanırken denklem 6.1'den faydalanılmıştır [154]. Burada a_{RMS} (m/s^2) titreşim sensöründen elde edilen verilerin ortalama karekök değeridir.

$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n a_k^2} \quad (6.1)$$

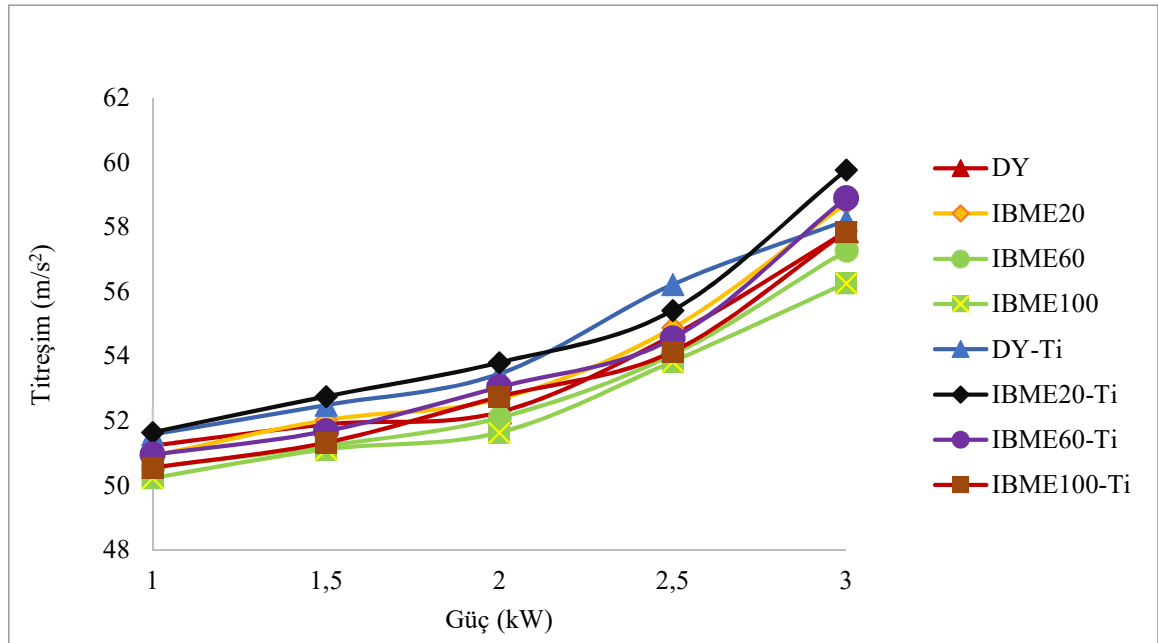
6.8.1. Tatlı Badem Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, titreşim ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak titreşim değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem yağından biyodizel (BME20), %60 tatlı badem yağından biyodizel (BME60), %100 tatlı badem yağından biyodizel (BME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak titreşim değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.57'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak titreşim değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.58'da gösterilmiştir.



Şekil 6.57. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri

Deney sonucunda BME, DY titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin titreşim değerleri ile DY'nın titreşim değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %1.17, BME60 yakıtında %3.03, BME100 yakıtında %3.82 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nın titreşim değerleri ile kıyaslandığında %1.52 oranında artış tespit edilmiştir. BME-Ti, DY'nın titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME-Ti'nin titreşim değerleri ile DY titreşim değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %0.08, BME60-Ti yakıtında %1.31, BME100-Ti yakıtında %2.24 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, DY-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin titreşim değerleri ile DY-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında %2.64, BME60 yakıtında %4.48, BME100 yakıtında %5.26 oranında azalma tespit edilmiştir. BME, BME-Ti titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. BME'nin titreşim değerleri ile BME-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %1.10, BME60-Ti yakıtında %1.79, BME100-Ti yakıtında %1.65 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME-Ti'nin titreşim değerleri ile DY-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında %1.57, BME60-Ti yakıtında %2.78, BME100-Ti yakıtında %3.70 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.58. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri

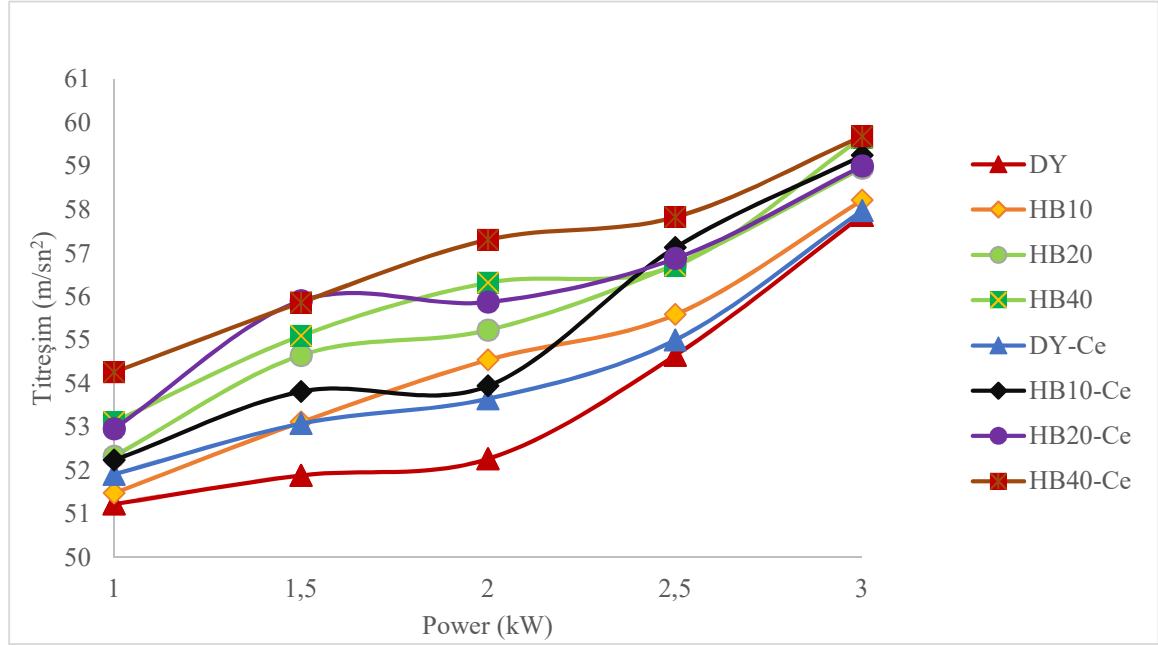
Deney sonucunda IBME, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında %0.49 artış görülürken, BME60 yakıtında %1, BME100 yakıtında %1.78 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında %1.52 oranında artış tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %2.04 ve IBME60-Ti yakıtında %0.44 oranında artış görülürken, IBME100-Ti yakıtında %0.48 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, DY-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. IBME'nin titreşim değerleri ile DY-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında IBME20 yakıtında %1.01, IBME60 yakıtında %2.47, IBME100 yakıtında %3.24 oranında azalma tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME'nin titreşim değerleri ile IBME-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %1.54, IBME60-Ti yakıtında %1.45, IBME100-Ti yakıtında %1.32 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IBME-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında %0.52 oranında artış görülürken, IBME60-Ti yakıtında %1.05, IBME100-Ti yakıtında %1.97 oranında azalma tespit edilmiştir.

Badem yağı biyodizel karışım yakıtları ve dizel yakıtları arasında en yüksek titreşim değeri IBME20-Ti yakıtında ve en düşük titreşim değeri BME100 yakıtında görülmüştür. Artan yüke bağlı olarak titreşim değerlerinin arttığı görülmüştür. Biyodizel yakıt karışımlarının titreşim değerlerinin dizel yakıtına göre düşük olması, yanma veriminin düşük olması ve dolayısıyla silindir içi basıncı düşürmesi ile açıklanabilir. Silindir içi basıncın düşürülmesinin motor parçalarındaki (piston, biyel kolu, krank mili vb.) titreşimi azalttığı düşünülmektedir. Dizel yakıtına ve badem biyodizel karışımlarına nanopartikül katkısı ve ayrıyeten badem biyodizel yakıtına ön ısıtma uygulaması yapmak yakıtlarda viskozite ve yoğunluk düşüşü ve ısı değerlerinin artışı sayesinde yanma verimindeki iyileşmeler sonucu silindir içi basıncın artması ve motor parçaları arasındaki etkileşimin artması sonucu titreşim arttığı düşünülmektedir [155].

6.8.2. Tatlı Badem Ham Yağ

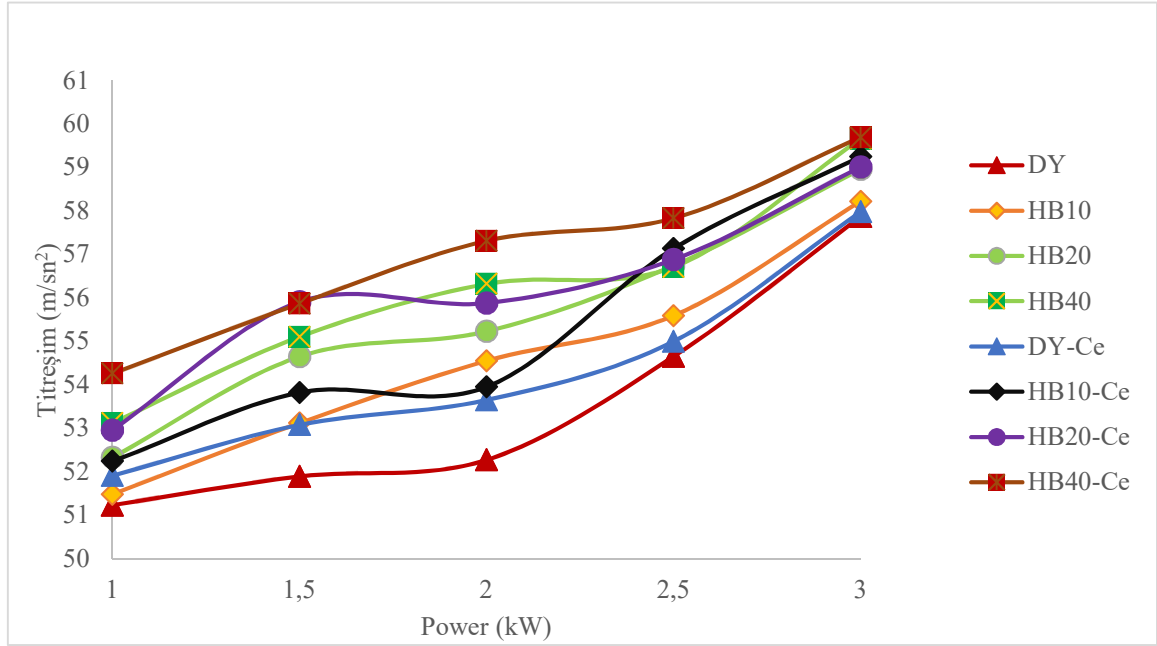
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, titreşim ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak titreşim değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham yağı (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak titreşim değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.59'da gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma

(70 °C) uygulanarak titreşim değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.60'de gösterilmiştir.



Şekil 6.59. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının titreşim değerleri

Deney sonucunda HBY, DY titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY'nin titreşim değerleri ile DY'nın titreşim değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında %1.91, HB20 yakıtında %3.77, HB40 yakıtında %4.90 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nın titreşim değerleri ile kıyaslandığında %1.42 oranında artış tespit edilmiştir. HBY-Ce, DY'nın titreşim değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %3.17, HB20-Ce yakıtında %4.82 ve HB40-Ce yakıtında %6.44 oranında artış tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında HB10 yakıtında %0.48 oranında, HB20 yakıtında %2.31, HB40 yakıtında %3.42 oranında artış tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY'nin titreşim değerleri ile HBY-Ce'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %1.25, HB20-Ce yakıtında %1, HB40-Ce yakıtında %1.46 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, HBY-Ce'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında %1.73, HB20-Ce yakıtında %3.34, HB40-Ce yakıtında %4.94 oranında artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.60. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının titreşim değerleri

Deney sonucunda IHBV, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında %3.61, IHB20 yakıtında %5.73 ve IHB40 yakıtında %6.90 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında %1.42 oranında artış tespit edilmiştir. IHBV-Ce, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %4.71, IHB20-Ce yakıtında %6.14, IHB40-Ce yakıtında %7.76 oranında artış tespit edilmiştir. IHBV, DY-Ce'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %2.16, IHB20-Ce yakıtında %4.24, IHB40-Ce yakıtında %5.40 oranında artış tespit edilmiştir. IHBV, IHBV-Ce'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %1.05, IHB20-Ce yakıtında %0.39, IHB40-Ce yakıtında %0.80 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ce, IHBV-Ce'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında %3.24, IHB20-Ce yakıtında %4.64, IHB40-Ce yakıtında %6.25 oranında artış tespit edilmiştir.

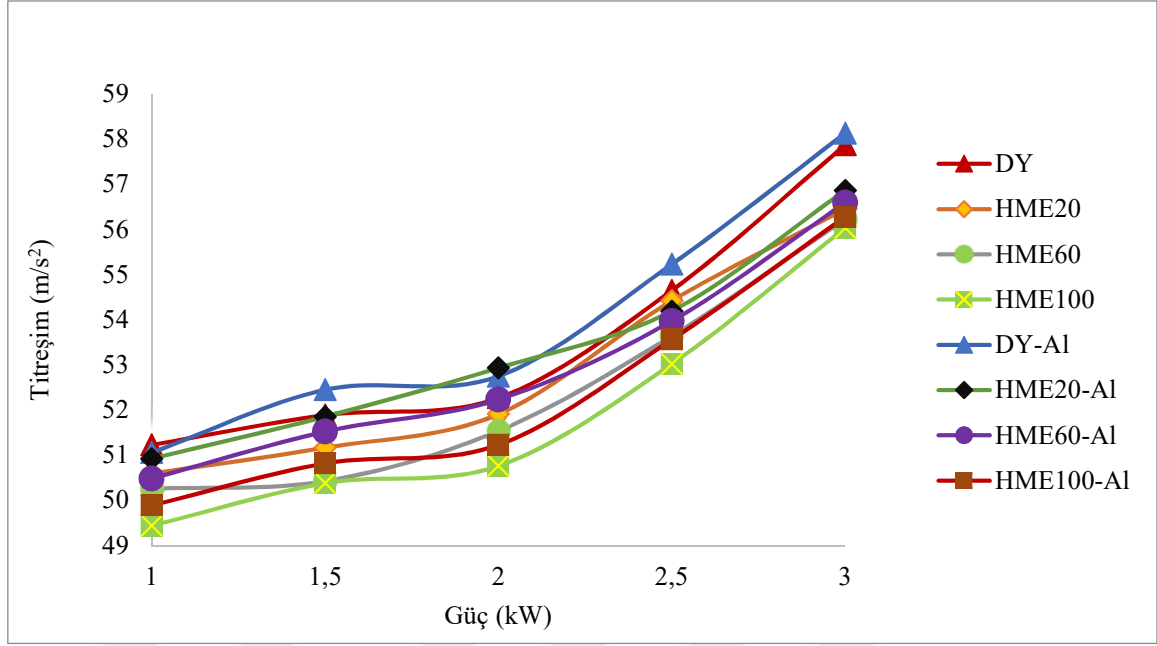
Ham badem yağı karışımları ve dizel yakıt karışımları titreşim değerleri en yüksek olan IHB40-Ce ve en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür. Badem bitkisel yağın karışım yakıtları dizel yakıtından yüksek titreşim değerleri göstermiştir ve karışım oranları arttıkça titreşim değerleri de artmıştır. Bitkisel yağlar yüksek oksijen içeriğine sahip olduklarından yanma sırasında yakıtla buluşan oksijen artmakta olduğu düşünülmekte bu sayede yanma verimi yükseldiği ve silindir içi basıncın artarak titreşimin yükseldiği düşünülmektedir. Dizel yakıtı ve karışım yakıtlarına seryum oksit katkısı ısı tutuculuğu sayesinde tutuşma gecikmesini düşürerek yanma verimini iyileştirdi ve titreşim değerlerinin yükselmesine neden olduğu düşünülmektedir. Aynı şekilde bitkisel yağ karışımlarına ön ısıtma uygulanması viskozite ve yoğunluğu düşürerek püskürtme

taneciklerinin küçülmesine bundan dolayı da yanma veriminin ve titreşimin artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

6.8.3. Havuç Yağı Biyodizel

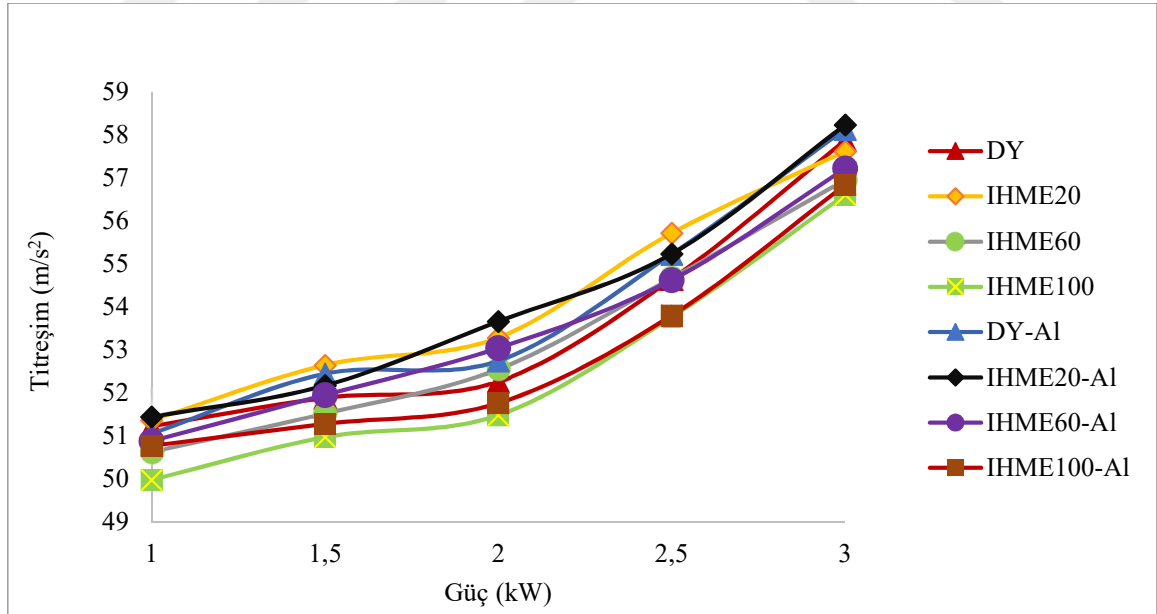
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, titreşim ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak titreşim değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.61'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak titreşim değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.62'de gösterilmiştir.

Deney sonucunda HME, DY titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmektedir. HME'nin titreşim değerleri ile DY'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında %1.24, HME60 yakıtında %2.16, HME100 yakıtında %3.09 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında %0.64 oranında artış tespit edilmiştir. HME-Al, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME-Al'nin titreşim değerleri ile DY'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %0.40, HME60-Al yakıtında %1.14, HME100-Al yakıtında %2.28 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, DY-Al'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında HME20 yakıtında %1.86, HME60 yakıtında %2.77, HME100 yakıtında %3.70 oranında azalma tespit edilmiştir. HME, HME-Al titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME'nin titreşim değerleri ile HME-Al'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %0.85, HME60-Al yakıtında %1.04, HME100-Al yakıtında %0.83 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Al, HME-Al'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür.



Şekil 6.61. Ön ısıtma uygulanmamış havuç biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri

HME-Al'nin titreşim değerleri ile DY-Al'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında %1.03, HME60-Al yakıtında %1.77, HME100-Al yakıtında %2.90 oranında azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.62. Ön ısıtma uygulanmış havuç biyodizel yakıtlarının titreşim değerleri

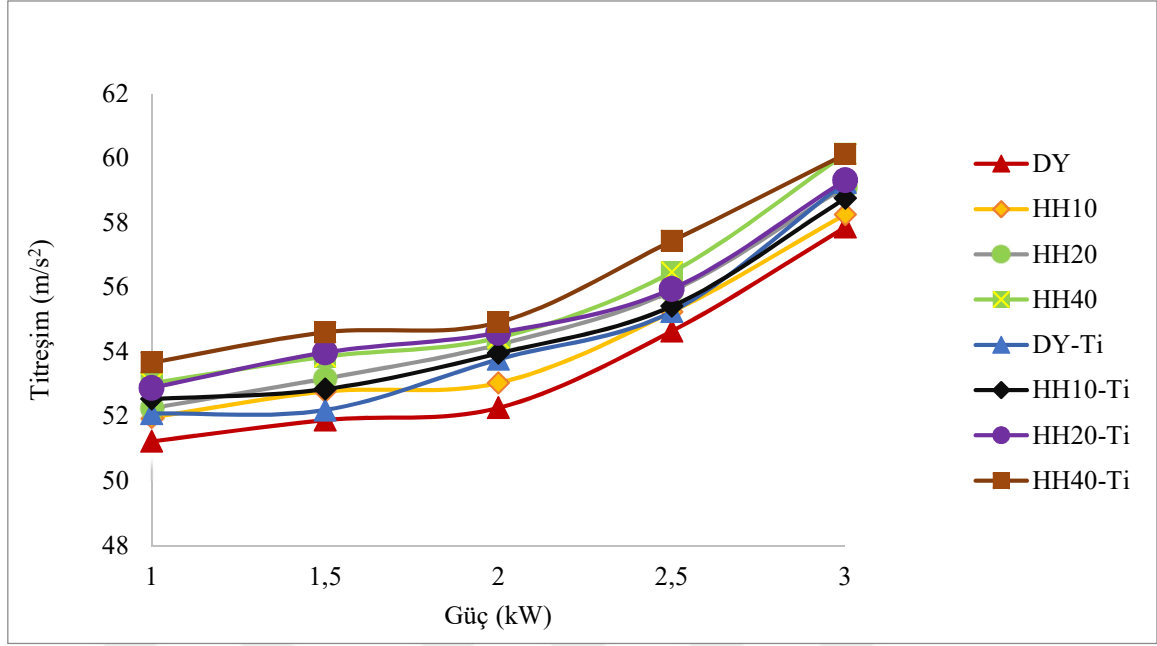
Deney sonucunda IHME, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %1.04 oranında artış görülürken, IHME60 yakıtında %0.56, IHME100 yakıtında %1.89 oranında azalma tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında %0.64 oranında artış tespit

edilmiştir. IHME-Al, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %1.07 oranında artış görülürken, IHME60-Al yakıtında %0.04 ve IHME100-Al yakıtında %1.26 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, DY-Al'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında %0.40 oranında artış görülürken, IHME60 yakıtında %1.19, IHME100 yakıtında %2.51 oranında azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-Al'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %0.03, IHME60-Al yakıtında %0.53 ve IHME100-Al yakıtında %0.64 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Al, IHME-Al'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHME20-Al yakıtında %0.44 oranında artış görülürken, IHME60-Al yakıtında %0.67 ve IHME100-Al yakıtında %1.88 oranında azalma tespit edilmiştir.

Havuç yağı biyodizel karışımları ve dizel yakıt titreşim değerleri en yüksek olan değer IHME20-Al yakıtı ve en düşük değer HME100 yakıtı göstermiştir. Biyodizel karışım yakıtları dizel yakıtına göre düşük değerlerde titreşim göstermiş ve oran arttıkça değer azalmıştır. Bunun nedeni yanma verimi kötü olmasından ve silindir içi basıncın düşük olmasından olduğu düşünülmektedir. Dizel yakıtına ve biyodizel karışım yakıtlarına alüminyum oksit nanopartikül katkısı sağlandığında yanma verimi iyileşmesi ve silindir içi basıncın artması titreşim değerlerini yüklettiği düşünülmektedir. Ayrıca biyodizel karışımlarına ön ısıtma uygulaması yapılması viskoziteyi düşürerek yanma verimini arttırdığı böylece titreşim değerlerinin yükseldiği düşünülmektedir [156].

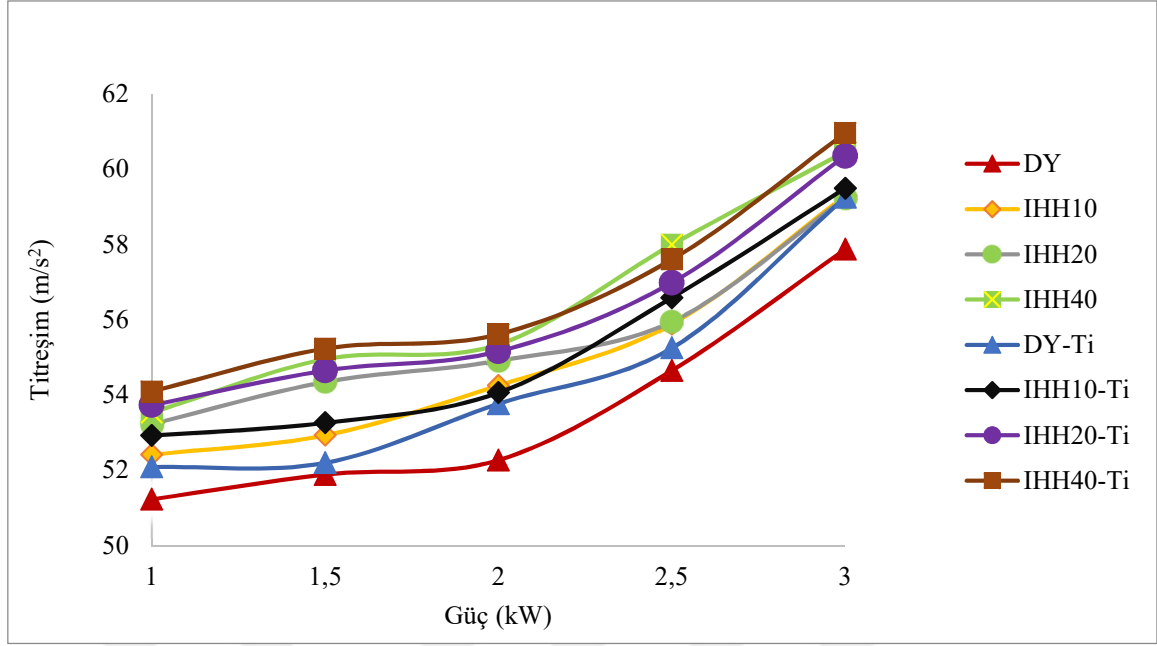
6.8.4. Havuç Ham Yağı

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, titreşim ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve titreşim değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak titreşim değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.63'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak titreşim değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.64'te gösterilmiştir.



Şekil 6.63. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtlarının titreşim değerleri

Deney sonucunda HHY, DY titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin titreşim değerleri ile DY'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında %1.27, HH20 yakıtında %2.54, HH40 yakıtında %3.74 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında %1.73 oranında artış tespit edilmiştir. HHY-Ti, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %2.12, HH20-Ti yakıtında %3.31, HH40-Ti yakıtında %4.82 oranında artış tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin titreşim değerleri ile HH10 yakıtında %0.44 oranında azalma görülürken, HH20 yakıtında %0.80, HH40 yakıtında %1.98 oranında artış tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin titreşim değerleri ile HHY-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %0.83, HH20-Ti yakıtında %0.76, HH40-Ti yakıtında %1.04 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, HHY-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY-Ti'nin titreşim değerleri ile DY-Ti'nin titreşim değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında %0.39, HH20-Ti yakıtında %1.57, HH40-Ti yakıtında %3.05 oranında artış tespit edilmiştir.



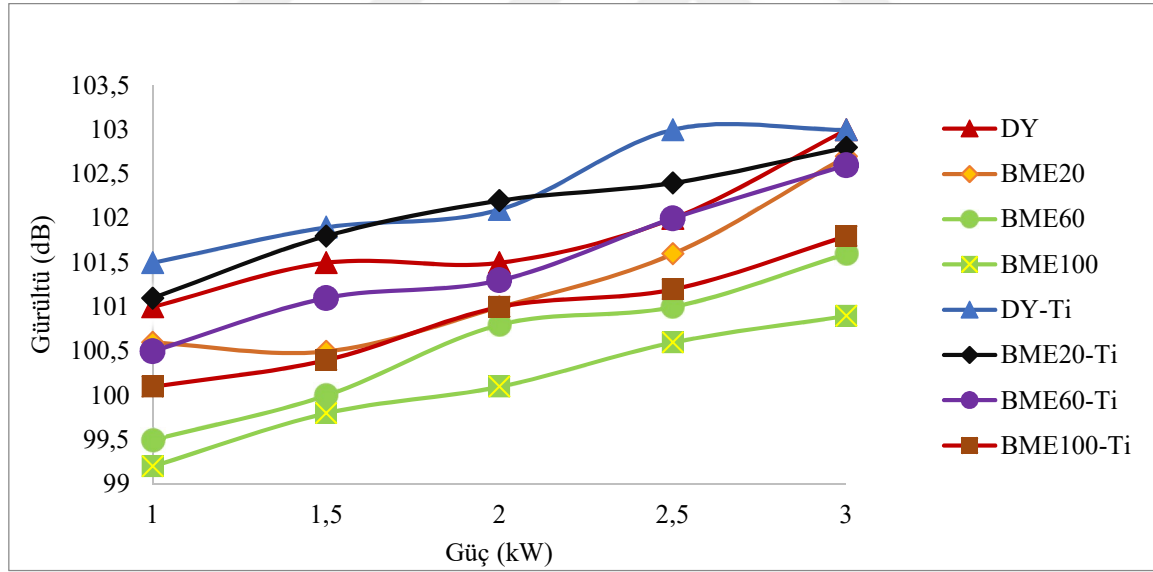
Şekil 6.64. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtlarının titreşim değerleri

Deney sonucunda IHHY, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %2.56, IHH20 yakıtında %3.68, IHH40 yakıtında %5.37 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında %1.73 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %3.14, IHH20-Ti yakıtında %4.86, IHH40-Ti yakıtında %5.83 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında %0.82, IHH20-Ti yakıtında %1.93, IHH40-Ti yakıtında %3.59 oranında artış tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %0.57, IHH20-Ti yakıtında %1.14, IHH40-Ti yakıtında %0.44 oranında artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-Ti'nin titreşim değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında %1.40, IHH20-Ti yakıtında %3.08 ve IHH40-Ti yakıtında %4.04 oranında artış tespit edilmiştir. Havuç ham yağ karışımları ve dizel yakıt titreşim değerleri en yüksek değer DY-Ti yakıtında ve en düşük değer HH40 yakıtında görülmüştür. Deney yakıtları karışımları dizel yakıtından düşük değerler göstermiş ve karışım oranları arttıkça değerler de düşmüştür. Titanyum oksit katkısı dizel ve bitkisel yağ karışımlarının viskozitesini, yoğunluğunu düşürdüğü ve ayrıca ısı değerlerini yükselttiği bundan dolayı yanma verimi iyileşmesi sağlandığından silindir içi basıncın yükselerek titreşimi arttırdığı düşünülmektedir. Aynı şekilde ön ısıtma uygulaması bitkisel ham yağların viskozitesini düşürerek atomizasyonu iyileştirdiği böylece yanma sonu silindir basıncı artarak titreşim verilerini yükselttiği düşünülmektedir.

6.9. Gürültü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

6.9.1. Tatlı Badem Biyodizel

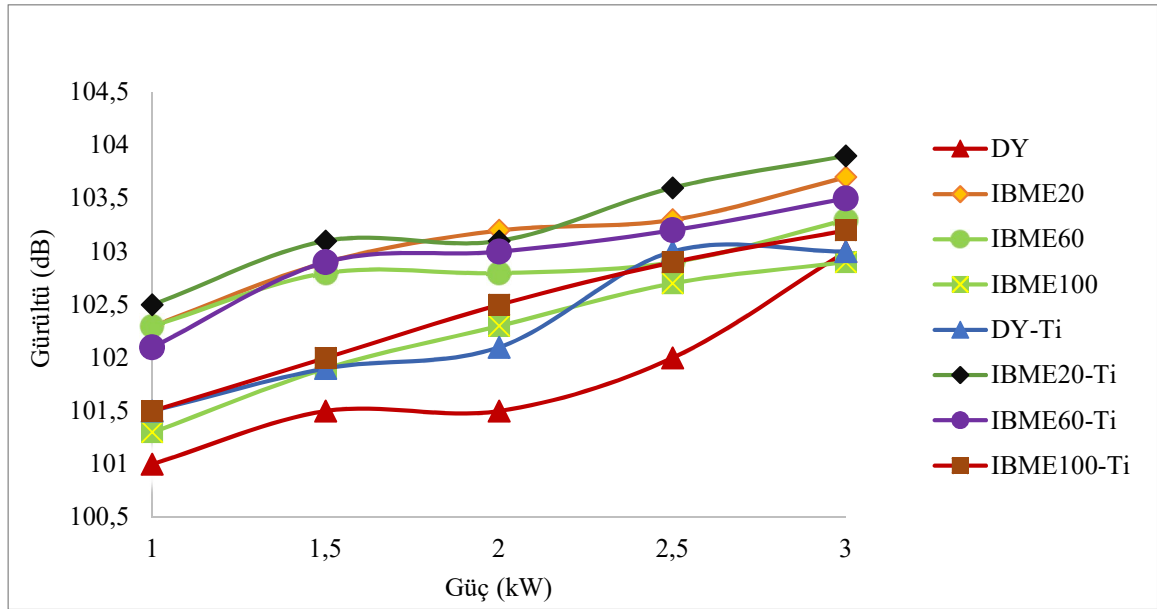
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, gürültü ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak gürültü değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 tatlı badem yağından biyodizel (BME20), %60 tatlı badem yağından biyodizel (BME60), %100 tatlı badem yağı biyodizel (BME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem karışımlarına (BME20, BME60, BME100) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak gürültü değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.65'te gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak gürültü değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.66'da gösterilmiştir.



Şekil 6.65. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; BME, DY gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin gürültü değerleri ile DY'nın gürültü değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında 0.52dB, BME60 yakıtında 1.22dB, BME100 yakıtında 1.68dB azalma tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nın gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.50dB artış tespit edilmiştir. BME-Ti, DY'nın gürültü değerleri ile kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında 0.26dB artış görülürken, BME60-Ti yakıtında 0.30dB,

BME100-Ti yakıtında 0.90dB azalma tespit edilmiştir. BME, DY-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME'nin gürültü değerleri ile DY-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında BME20 yakıtında 1.02dB, BME60 yakıtında 1.72dB, BME100 yakıtında 2.18dB azalma tespit edilmiştir. BME, BME-Ti gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. BME'nin gürültü değerleri ile BME-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında 0.78dB, BME60-Ti yakıtında 0.92dB, BME100-Ti yakıtında 0.78dB artış tespit edilmiştir. DY-Ti, BME-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. BME-Ti'nin gürültü değerleri ile DY-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında BME20-Ti yakıtında 0.24dB, BME60-Ti yakıtında 0.80dB, BME100-Ti yakıtında 1.40dB azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.66. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; IBME, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında BME20 yakıtında 1.28dB, BME60 yakıtında 1.02dB, BME100 yakıtında 0.42dB artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.50dB artış tespit edilmiştir. IBME-Ti, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME-Ti'nin gürültü değerleri ile DY'nin gürültü değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında 1.44dB, IBME60-Ti yakıtında 1.14dB, IBME100-Ti yakıtında 0.62dB artış tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IBME20 yakıtında 0.78dB ve IBME60 yakıtında 0.52dB oranında artış görülürken, IBME100 yakıtında 0.08dB azalma tespit edilmiştir. IBME, IBME-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IBME'nin gürültü değerleri ile IBME-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında 0.16dB, IBME60-Ti yakıtında 0.12dB,

IBME100-Ti yakıtında 0.20dB artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IBME-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. DY-Ti'nin gürültü değerleri ile IBME-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında IBME20-Ti yakıtında 0.94dB, IBME60-Ti yakıtında 0.64dB, IBME100-Ti yakıtında 0.12dB artış tespit edilmiştir.

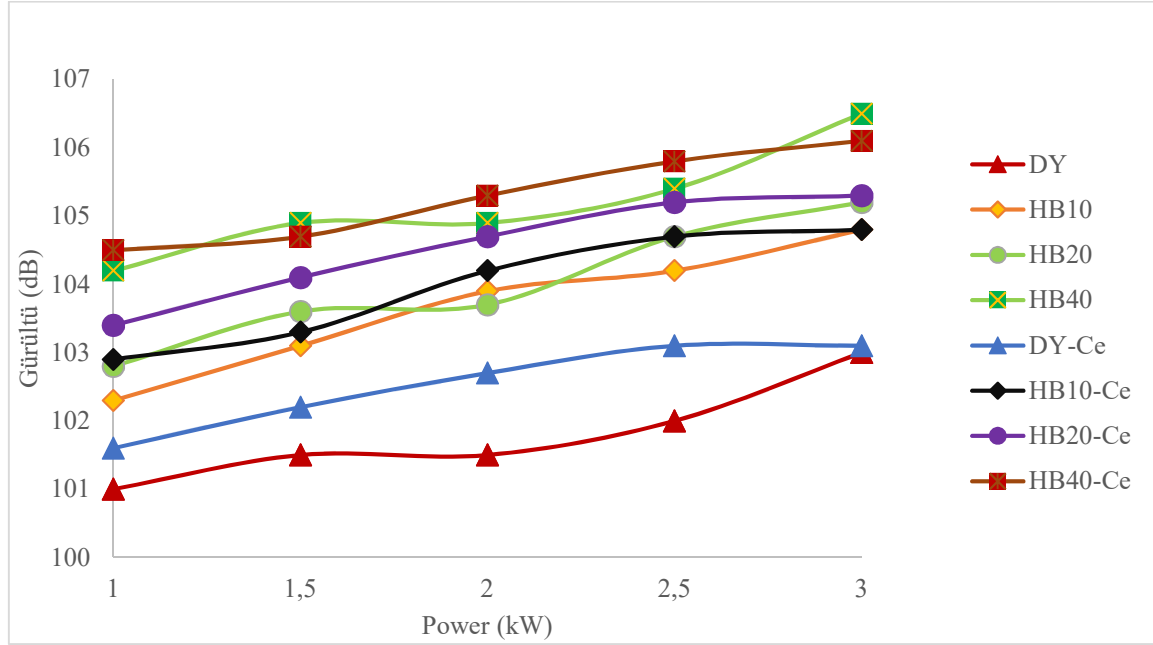
Deney yakıtlarında en yüksek gürültü değeri IBME20-Ti yakıtında ve en düşük değeri BME100 yakıtında görülmüştür. Karışım yakıtları dizel yakıtından düşük gürültü değerleri göstermiş ve karışım oranları arttıkça gürültü değerleri düşmüştür. Motor yükü arttıkça gürültü değerleri de artmıştır. Biyodizel yakıtları dizel yakıtlarına göre viskozite ve yoğunlukları düşük olması püskürtülen yakıtların tanecik boyutunun büyük olmasına ve yanma veriminin düşmesine neden olur. Bu durum sonucunda silindir içi basınç ve bununla beraber gürültü değeri de düştüğü düşünülmektedir [157]. Dizel yakıtına nanopartikül ve karışım yakıtlarına nanopartikül katkısı eklenmesi ayrıca karışım yakıtlarına ön ısıtma uygulanması yanma verimini iyileştirdiği ve böylece gürültü değerini yükselttiği düşünülmektedir.

6.9.2. Tatlı Badem Ham Yağ

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, gürültü ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri alınmıştır. Kullanılan dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenip deneyler tekrarlanarak gürültü değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 tatlı badem ham yağı (HB10), %20 tatlı badem ham yağı (HB20), %40 tatlı badem ham (HB40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan tatlı badem ham yağ karışımlarına (HB10, HB20, HB40) ve dizel yakıtına 100 ppm seryum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak gürültü değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.67'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak gürültü değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.68'de gösterilmiştir.

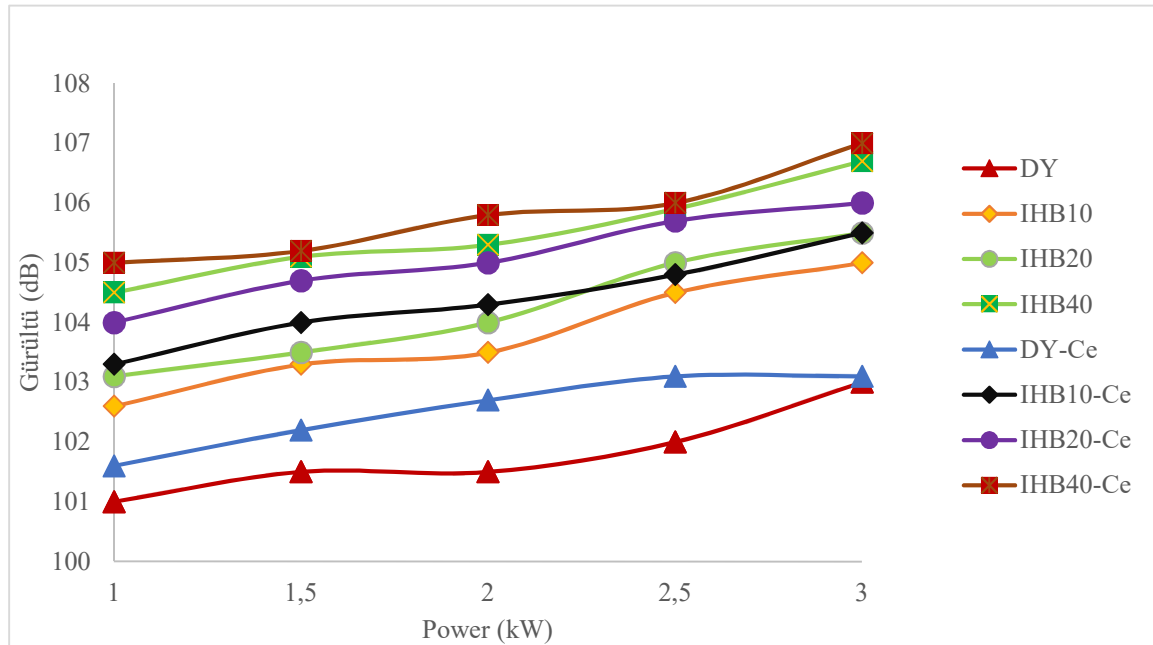
Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; HBY, DY gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY'nin gürültü değerleri ile DY'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HB10 yakıtında 1.86dB, HB20 yakıtında 2.20dB, HB40 yakıtında 3.38dB artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.74dB artış tespit edilmiştir. HBY-Ce, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında 2.18dB, HB20-Ce yakıtında 2.74dB ve HB40-Ce yakıtında 3.48dB artış tespit edilmiştir. HBY, DY-Ce'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HB10 yakıtında 1.12dB, HB20 yakıtında 1.46dB, HB40 yakıtında 2.64dB artış tespit edilmiştir. HBY, HBY-Ce gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HBY'nin gürültü değerleri ile HBY-Ce'nin

gürültü değerleri kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında 0.32dB, HB20-Ce yakıtında 0.54dB, HB40-Ce yakıtında 0.10 artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.67. Ön ısıtma uygulanmamış tatlı badem ham yağ yakıtlarının gürültü değerleri

DY-Ce, HB10-Ce'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HB10-Ce yakıtında 1.44dB, HB20-Ce yakıtında 2dB, HB40-Ce yakıtında 2.74dB artış tespit edilmiştir.



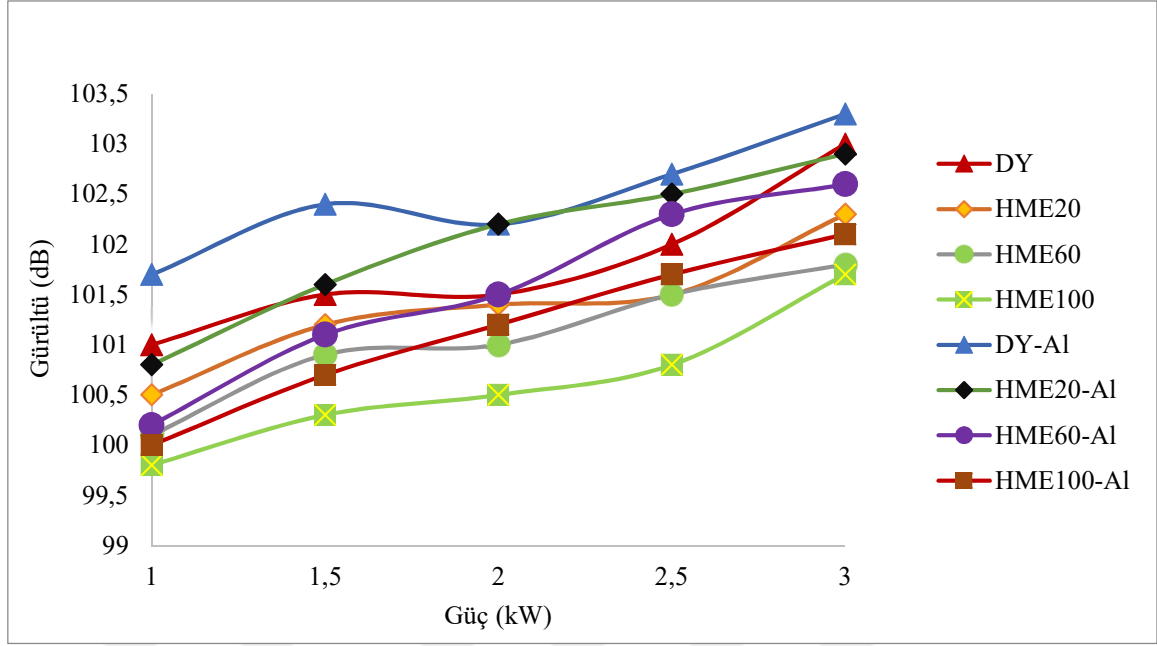
Şekil 6.68. Ön ısıtma uygulanmış tatlı badem ham yağ yakıtlarının gürültü değerleri

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; IHB10, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHB10 yakıtında 1.38dB, IHB20 yakıtında 2.42dB ve IHB40 yakıtında 3.70dB artış tespit edilmiştir. DY-Ce, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.74dB artış tespit edilmiştir. IHB10-Ce, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında 2.58dB, IHB20-Ce yakıtında 3.28dB, IHB40-Ce yakıtında 4dB artış tespit edilmiştir. IHB10, DY-Ce'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında 0.64dB, IHB20-Ce yakıtında 1.68dB, IHB40-Ce yakıtında 2.96dB artış tespit edilmiştir. IHB10, IHB10-Ce'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında 1.20dB, IHB20-Ce yakıtında 0.86dB, IHB40-Ce yakıtında 0.30dB artış tespit edilmiştir. DY-Ce, IHB10-Ce'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHB10-Ce yakıtında 1.84dB, IHB20-Ce yakıtında 2.54dB, IHB40-Ce yakıtında 3.26dB artış tespit edilmiştir.

Gürültü değerleri arasında en yüksek değer IHB40-Ce yakıtında ve en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve karışım oranları yükseldikçe gürültü oranları artmıştır. Motor yükü artışı ile gürültü değerleri paralel olarak artmıştır. Ham bitkisel yağlar içlerinde oksijen değerleri bakımından dizel yakıtı göre yüksek içeriğe sahip olmaları yanma sırasında silindir içi basıncı arttırdığı ve bundan dolayı gürültü değerlerinde artış olduğu düşünülmektedir. Bitkisel yağ karışımlarına ve dizel nanopartikül eklenmesi yanma verimini iyileştirdiği ve bundan dolayı katkısız yakıtlara göre daha yüksek gürültü değerleri görüldüğü düşünülmektedir. Ön ısıtma uygulanan ham yağ karışımları viskozite düşüşü sayesinde yakıt tanecikleri küçülmesi yaşayarak daha iyi yanma verimi sayesinde basınç artışı yaşadığı ve gürültü değerinin yükseldiği düşünülmektedir.

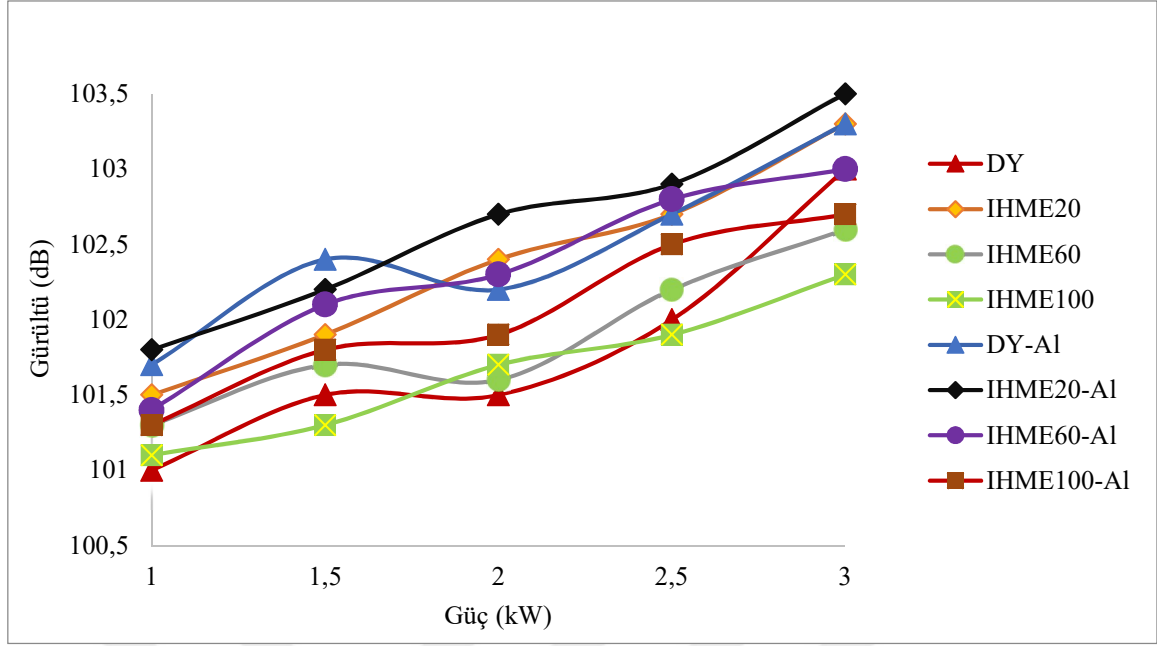
6.9.3. Havuç Yağı Biyodizel

Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, gürültü ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri alınmıştır. Aynı motorda %20 havuç biyodizel (HME20), %60 havuç biyodizel (HME60), %100 havuç biyodizel (HME100) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç karışımlarına (HME20, HME60, HME100) ve dizel yakıtına 100 ppm alüminyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak gürültü değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.69'de gösterilmiştir. Kullanılan biyodizel yakıtlar ön ısıtma (70 °C) uygulanarak gürültü değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.70'de gösterilmiştir.



Şekil 6.69. Ön ısıtma uygulanmamış havuç yağı biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; HME, DY gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak azalma görülmüştür. HME'nin gürültü değerleri ile DY'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HME20 yakıtında 0.42dB, HME60 yakıtında 0.74dB, HME100 yakıtında 1.18dB azalma tespit edilmiştir. DY-Al, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.66dB artış tespit edilmiştir. HME-Al, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HME20-Al yakıtında 0.20dB artış gösterirken, HME60-Al yakıtında 0.26dB, HME100-Al yakıtında 0.66dB azalma tespit edilmiştir. HME, DY-Al'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HME20 yakıtında 1.08dB, HME60 yakıtında 1.40dB, HME100 yakıtında 1.84dB azalma tespit edilmiştir. HME, HME-Al gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HME'nin gürültü değerleri ile HME-Al'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HME20-Al yakıtında 0.62dB, HME60-Al yakıtında 0.48dB, HME100-Al yakıtında 0.52 artış tespit edilmiştir. DY-Al, HME-Al'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HME20-Al yakıtında 0.46dB, HME60-Al yakıtında 0.92dB, HME100-Al yakıtında 1.32dB azalma tespit edilmiştir.



Şekil 6.70. Ön ısıtma uygulanmış havuç yağı biyodizel yakıtlarının gürültü değerleri

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; IHME, DY gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında 0.56dB, IHME60 yakıtında 0.08dB artış görülürken, IHME100 yakıtında 0.14dB azalma tespit edilmiştir. DY-A1, DY'nın gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.66dB artış tespit edilmiştir. IHME-A1, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHME20-A1 yakıtında 0.82dB artış gösterirken, IHME60-A1 yakıtında 0.52dB, IHME100-A1 yakıtında 0.24dB artış tespit edilmiştir. IHME, DY-A1'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHME20 yakıtında 0.10dB, IHME60 yakıtında 0.58dB, IHME100 yakıtında 0.80dB azalma tespit edilmiştir. IHME, IHME-A1 gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IHME'nin gürültü değerleri ile IHME-A1'nin gürültü değerleri kıyaslandığında IHME20-A1 yakıtında 0.26dB, IHME60-A1 yakıtında 0.44dB, IHME100-A1 yakıtında 0.38 artış tespit edilmiştir. DY-A1, IHME-A1'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHME20-A1 yakıtında 0.16dB artış görülürken, IHME60-A1 yakıtında 0.14dB, IHME100-A1 yakıtında 0.42dB azalma tespit edilmiştir.

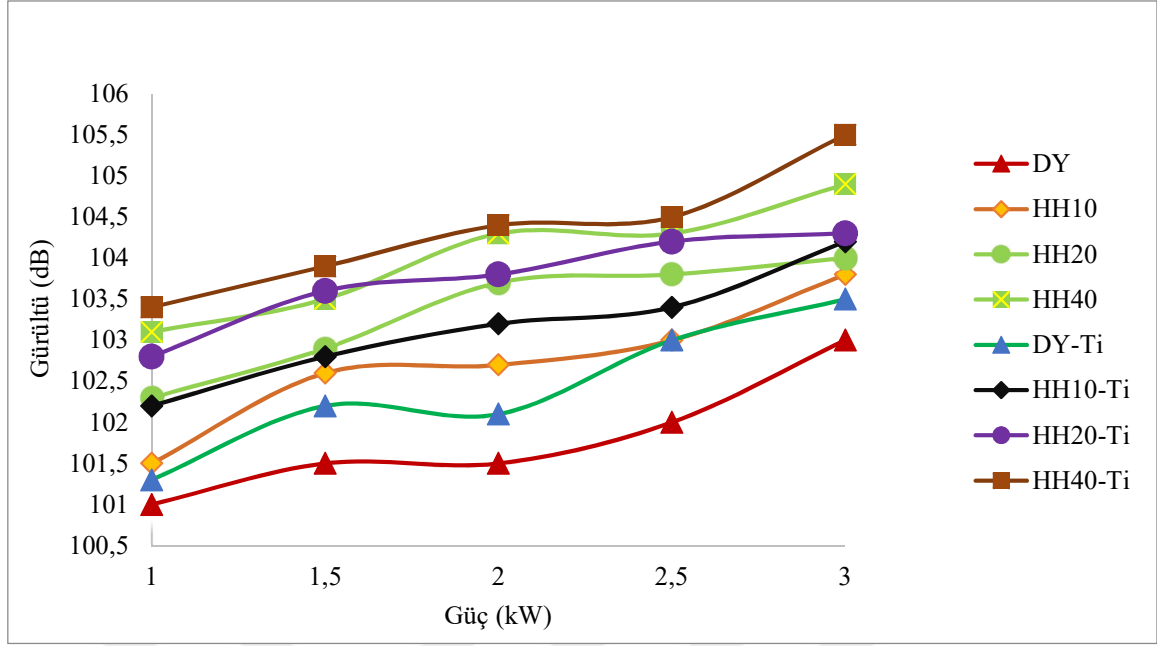
Deney karışım yakıtlarının en yüksek gürültü değeri IHME20-A1 ve en düşük gürültü değeri IHME100 yakıtında görülmüştür. Biyodizel karışım yakıtları dizel yakıtından düşük gürültü değeri göstermiştir ve karışım oranları arttıkça gürültü değerleri düşmüştür. Motor yükü artışı paralel olarak karışım yakıtlarında gürültü değeri artışı olmuştur. Biyodizel karışımlarının yanma verimi dizel yakıtlara göre düşük olduğundan gürültü değerlerinde düşüş olduğu düşünülmektedir. Biyodizel yakıt karışımlarına ve dizel yakıtına nanopartikül katkısı atomizasyon iyileşmesi sonucu yanma verimi iyileştiği ve gürültü değerlerinin katkısız yakıtlara göre yükseldiği düşünülmektedir. Biyodizel yakıt karışımlarına ön ısıtma uygulanması viskozite ve yoğunluk

düşüşüne yardım ettiği ve bu sayede yanma verimi iyileşmesi yaşandığı bundan dolayı da gürültü değerlerinin ön ısıtma uygulanmayanlara göre yükseldiği düşünülmektedir.

6.9.4. Havuç Ham Yağı

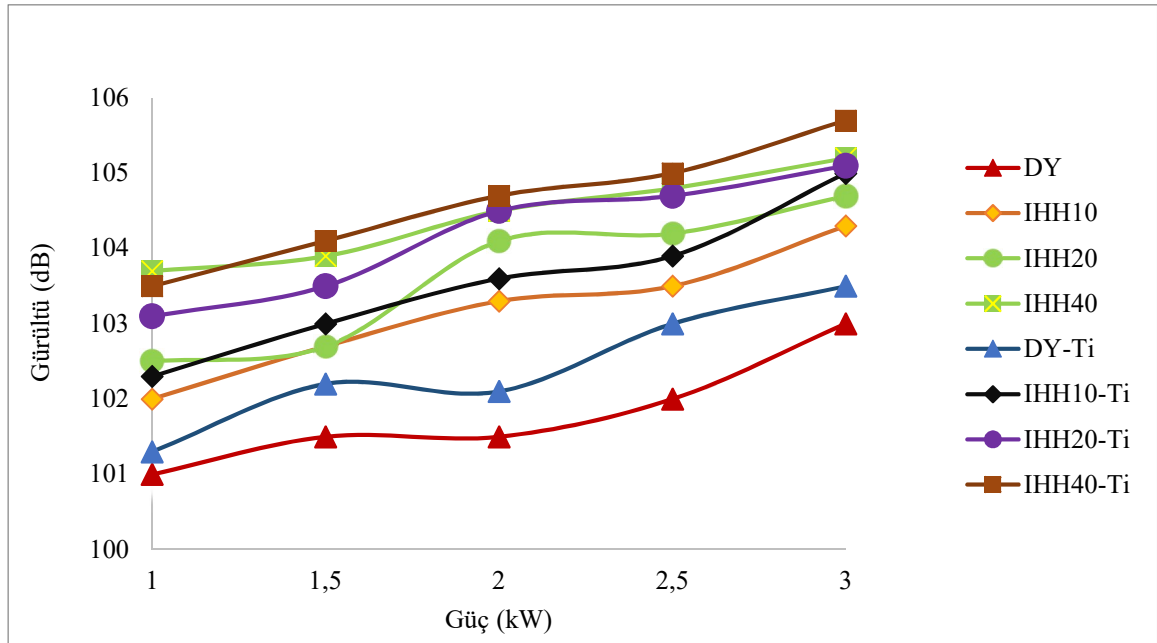
Bu çalışmada motor sabit devirde, farklı yüklerde çalıştırılmıştır, gürültü ölçümü yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma şartlarına getirilen motorun önce dizel yakıt ile sabit 2000 dv/dk'da devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw farklı yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri alınmıştır. Aynı motorda %10 havuç ham yağı (HH10), %20 havuç ham yağı (HH20), %40 havuç ham yağı (HH40) sabit 2000 dv/dk devrinde 1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw yüklerinde kullanılmış ve gürültü değerleri tekrar alınmıştır. Kullanılan havuç ham yağ karışımlarına (HH10, HH20, HH40) ve dizel yakıtına 100 ppm titanyum oksit nanopartikül katkısı eklenerek deneyler tekrarlanarak gürültü değerleri alınmıştır. Deney sonuçları Şekil 6.71'te gösterilmiştir. Kullanılan ham yağ yakıtları ön ısıtma (70 °C) uygulanarak gürültü değerleri alınmıştır. Ön ısıtma uygulanmış deney sonuçları Şekil 6.72'te gösterilmiştir.

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; HHY, DY gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin gürültü değerleri ile DY'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında 0.92dB, HH20 yakıtında 1.54dB, HH40 yakıtında 2.22dB artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.62dB artış tespit edilmiştir. HHY-Ti, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında 1.36dB, HH20-Ti yakıtında 1.94dB, HH40-Ti yakıtında 2.54dB artış tespit edilmiştir. HHY, DY-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin gürültü değerleri ile DY-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HH10 yakıtında 0.30dB, HH20 yakıtında 0.92dB, HH40 yakıtında 1.60dB artış tespit edilmiştir. HHY, HHY-Ti gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY'nin gürültü değerleri ile HHY-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında 0.44dB, HH20-Ti yakıtında 0.40dB, HH40-Ti yakıtında 0.32dB artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.71. Ön ısıtma uygulanmamış havuç ham yağı yakıtlarının gürültü değerleri

DY-Ti, HHY-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. HHY-Ti'nin gürültü değerleri ile DY-Ti'nin gürültü değerleri kıyaslandığında HH10-Ti yakıtında 0.74dB, HH20-Ti yakıtında 1.32dB, HH40-Ti yakıtında 1.92dB artış tespit edilmiştir.



Şekil 6.72. Ön ısıtma uygulanmış havuç ham yağı yakıtlarının gürültü değerleri

Deney sonucunda büyük yük değerlerinin ortalamaları kıyaslandığında; IHHY, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında 1.36dB, IHH20 yakıtında 1.84dB, IHH40 yakıtında

2.62dB artış tespit edilmiştir. DY-Ti, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında 0.62dB artış tespit edilmiştir. IHHY-Ti, DY'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında genel olarak artış görülmüştür. IHHY-Ti'nin gürültü değerleri ile DY'nin gürültü değerleri kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında 1.76dB, IHH20-Ti yakıtında 2.38dB, IHH40-Ti yakıtında 2.80dB artış tespit edilmiştir. IHHY, DY-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHH10 yakıtında 0.74dB, IHH20-Ti yakıtında 1.22dB, IHH40-Ti yakıtında 2dB artış tespit edilmiştir. IHHY, IHHY-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında 0.40dB, IHH20-Ti yakıtında 0.54dB, IHH40-Ti yakıtında 0.18dB artış tespit edilmiştir. DY-Ti, IHHY-Ti'nin gürültü değerleri ile kıyaslandığında IHH10-Ti yakıtında 1.14dB, IHH20-Ti yakıtında 1.76dB, IHH40-Ti yakıtında 2.18dB artış tespit edilmiştir.

Havuç ham yağ yakıt karışımları ve dizel yakıtı gürültü değerleri en yüksek olan IHH40-Ti yakıtı ve en düşük dizel yakıtında görülmektedir. Karışım yakıtları genel olarak dizel yakıtından yüksek gürültü değerleri vermektedir ve karışım oranları arttıkça gürültü değerleri de artmaktadır. Ham bitkisel yağlar içeriğinde yüksek miktarda oksijen bulundurmakta ve yük artışı ile karışım zenginleşmesi ile türbülans artışı ham yağ karışımlarında yüksek yüklerde silindir içi basıncın artması sonucu gürültü değerlerinin yükseldiği düşünülmektedir. Titanyum oksit nanopartikül katkısı ve ön ısıtma sonucu viskozite düşüşü yanmayı iyileştireceği ve gürültü değerini yükselttiği düşünülmektedir.

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada dizel motorlarda kullanılabilecek olan ham yağlar ve bu ham yağlardan üretilen biyodizel yakıtları dizel yakıtı ile karıştırılarak (biyodizel oranları B20, B60, B100; ham yağ oranları HY10, HY20, HY40) ek olarak ham yağlara ve üretilen biyodizel yakıtlarına ön ısıtma uygulaması ve nanopartikül katkısı uygulanarak motor performansı artışı ve egzoz emisyon değerlerini azaltmak hedeflenmiştir. Yapılan motor deneyleri, sabit 2000dv/dk devrinde ve farklı yük seviyelerinde (1kw, 1.5kw, 2kw, 2.5kw, 3kw) gerçekleştirilmiştir.

CO emisyonları; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IBME100-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %7.84, BME60 yakıtında %18.34, BME100 yakıtında %26.11 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %5.91, BME60-Ti yakıtında %5.28, BME100-Ti yakıtında %5.17 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %11.18, IBME60 yakıtında %5.28, IBME100 yakıtında %10.22 oranında azalma göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer dizel yakıtında ve en düşük değer IHME100-Al yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %7.86, HME60 yakıtında %20.98, HME100 yakıtında %26.60 oranında azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %5.19, HME60-Al yakıtında %3.41, HME100-Al yakıtında %6.81 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %7.88, IHME60 yakıtında %7.03, IHME100 yakıtında %3.51 oranında azalma göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %7, HB20 yakıtında %12, HB40 yakıtında %20.92 oranında azalma olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %6.06, HB20-Ce yakıtında %5.74, HB40-Ce yakıtında %4.37 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %14.17, IHB20 yakıtında %12.88, IHB40 yakıtında %11.27 oranında azalma göstermiştir.

Havuç ham yağı için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %15.73, HH20 yakıtında %19.50, HH40 yakıtında %23.80 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %6.56, HH20-Ti yakıtında %3.36, HH40-Ti yakıtında %5.02 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %8.54, IHH20 yakıtında %6.73, IHH40 yakıtında %9.53 oranında azalma göstermiştir.

HC emisyonları; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IBME100-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %7.28, BME60 yakıtında %14.58, BME100 yakıtında %17.23 oranında azalma

olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %9.49, BME60-Ti yakıtında %10.41, BME100-Ti yakıtında %10.85 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %7.66, IBME60 yakıtında %9.36, IBME100 yakıtında %20.75 oranında azalma göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer dizel yakıtında ve en düşük değer IHME100-Al yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %8.34, HME60 yakıtında %16.25, HME100 yakıtında %19.85 oranında azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %4.71, HME60-Al yakıtında %2.19, HME100-Al yakıtında %4.28 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %7.58, IHME60 yakıtında %8.59, IHME100 yakıtında %9.07 oranında azalma göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %7.37, HB20 yakıtında %9.92, HB40 yakıtında %17.06 oranında azalma olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %3.56, HB20-Ce yakıtında %4.97, HB40-Ce yakıtında %1 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %6.54, IHB20 yakıtında %7.88, IHB40 yakıtında %5.39 oranında azalma göstermiştir.

Havuç ham yağı için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %6.44, HH20 yakıtında %12.75, HH40 yakıtında %17.30 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %2.78, HH20-Ti yakıtında %1.10, HH40-Ti yakıtında %4.26 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %7.51, IHH20 yakıtında %4.18, IHH40 yakıtında %3.01 oranında azalma göstermiştir.

NO_x emisyonları; tatlı badem yağı biyodizel için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IBME100-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %10.94, BME60 yakıtında %20.84, BME100 yakıtında %25.40 oranında artış olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %4.86, BME60-Ti yakıtında %4.72, BME100-Ti yakıtında %4.12 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %7.92, IBME60 yakıtında %6.20, IBME100 yakıtında %8.19 oranında artış göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en düşük değer dizel yakıtında ve en yüksek değer IHME100-Al yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %9.62, HME60 yakıtında %17.54, HME100 yakıtında %22.47 oranında artış olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %7.67, HME60-Al yakıtında %6.79, HME100-Al yakıtında %6.60 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %3.90, IHME60 yakıtında %6.07, IHME100 yakıtında %5.85 oranında artış göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %12.09, HB20 yakıtında

%16.31, HB40 yakıtında %21.50 oranında artış olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %4.70, HB20-Ce yakıtında %7.81, HB40-Ce yakıtında %9.05 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %4.97, IHB20 yakıtında %6.38, IHB40 yakıtında %8.88 oranında artış göstermiştir.

Havuç ham yağı için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %15.67, HH20 yakıtında %23.23, HH40 yakıtında %28.13 oranında artış olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %4.80, HH20-Ti yakıtında %4.35, HH40-Ti yakıtında %7.31 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %7.93, IHH20 yakıtında %8.61, IHH40 yakıtında %9.23 oranında artış göstermiştir.

İS emisyonları; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IBME100-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %7.78, BME60 yakıtında %18.61, BME100 yakıtında %24.81 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %7.46, BME60-Ti yakıtında %7.38, BME100-Ti yakıtında %6.54 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %11.49, IBME60 yakıtında %6.62, IBME100 yakıtında %7.11 oranında azalma göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer dizel yakıtında ve en düşük değer IHME100-Al yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %7.16, HME60 yakıtında %19.36, HME100 yakıtında %24.01 oranında azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %6.26, HME60-Al yakıtında %3.87, HME100-Al yakıtında %9.07 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %5.53, IHME60 yakıtında %8.69, IHME100 yakıtında %9.20 oranında azalma göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %6.20, HB20 yakıtında %12.89, HB40 yakıtında %18.22 oranında azalma olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %6.16, HB20-Ce yakıtında %6.25, HB40-Ce yakıtında %8.48 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %11.13, IHB20 yakıtında %11.16, IHB40 yakıtında %16.15 oranında azalma göstermiştir.

Havuç ham yağı için en yüksek değer dizel yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %7.90, HH20 yakıtında %14.38, HH40 yakıtında %18.66 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %6.76, HH20-Ti yakıtında %4.28, HH40-Ti yakıtında %6.24 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %10.06, IHH20 yakıtında %11.56, IHH40 yakıtında %10.54 oranında azalma göstermiştir.

EGS emisyonları; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer IBME20-Ti yakıtında görülmüştür ve en düşük değer BME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %3.80, BME60 yakıtında %13.28, BME100 yakıtında %17.19 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %6.03, BME60-Ti yakıtında %10.88, BME100-Ti yakıtında %12.04 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %6.31, IBME60 yakıtında %11.97, IBME100 yakıtında %14.10 oranında artış göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer IHME20-Al yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %8.92, HME60 yakıtında %13.78, HME100 yakıtında %17.47 oranında azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %3.26, HME60-Al yakıtında %4.90, HME100-Al yakıtında %5.84 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %12.05, IHME60 yakıtında %11.93, IHME100 yakıtında %10.88 oranında artış göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en yüksek değer IHB10-Ce yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HB40 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %2.21, HB20 yakıtında %5.83, HB40 yakıtında %9.15 oranında azalma olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %2.93, HB20-Ce yakıtında %3.32, HB40-Ce yakıtında %4.09 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %4.17, IHB20 yakıtında %2.66, IHB40 yakıtında %2.81 oranında artış göstermiştir.

Havuç ham yağı için en yüksek değer IHH10-Ti yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HH40 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %6.35, HH20 yakıtında %10.32, HH40 yakıtında %16.43 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %6.21, HH20-Ti yakıtında %6.23, HH40-Ti yakıtında %7.44 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %8.42, IHH20 yakıtında %9.51, IHH40 yakıtında %13 oranında artış göstermiştir.

FÖYT değerleri; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer BME100 yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IBME20-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %9.75, BME60 yakıtında %16.79, BME100 yakıtında %22.03 oranında artış olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %4.45, BME60-Ti yakıtında %5.59, BME100-Ti yakıtında %5.61 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %4.12, IBME60 yakıtında %5.33, IBME100 yakıtında %6.05 oranında azalma göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer HME100 yakıtında ve en düşük değer IHME20-Al yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %4.43, HME60 yakıtında %9.54, HME100 yakıtında %14.53 oranında artış olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %5.91, HME60-Al yakıtında %3.88, HME100-Al yakıtında %2.85 oranında azalma

göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %6.89, IHME60 yakıtında %4.78, IHME100 yakıtında %4.94 oranında azalma göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en yüksek değer HB40 yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHB10-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %8.64, HB20 yakıtında %17.54, HB40 yakıtında %29.01 oranında artış olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %4.71, HB20-Ce yakıtında %5.44, HB40-Ce yakıtında %4.04 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %2.90, IHB20 yakıtında %5.32, IHB40 yakıtında %6.55 oranında azalma göstermiştir.

Havuç ham yağı için en yüksek değer HH40 yakıtında görülmüştür ve en düşük değer IHH10-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %4.16, HH20 yakıtında %7.18, HH40 yakıtında %10.62 oranında artış olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %3.11, HH20-Ti yakıtında %2.31, HH40-Ti yakıtında %2.59 oranında azalma göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %7.49, IHH20 yakıtında %5.16, IHH40 yakıtında %7.29 oranında azalma göstermiştir.

Tork değerleri; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer IBME20-Ti yakıtında görülmüştür ve en düşük değer BME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %4.03, BME60 yakıtında %8.82, BME100 yakıtında %12.24 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %2.56, BME60-Ti yakıtında %2.63, BME100-Ti yakıtında %4.12 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %6.66, IBME60 yakıtında %8.81, IBME100 yakıtında %9.37 oranında artış göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer IHME20-Al yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %2.15, HME60 yakıtında %6.42, HME100 yakıtında %8.66 oranında azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %1.27, HME60-Al yakıtında %2.10, HME100-Al yakıtında %2.55 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %4.60, IHME60 yakıtında %5.56, IHME100 yakıtında %4.40 oranında artış göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en yüksek değer IHB10-Ce yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HB40 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %3.07, HB20 yakıtında %5.56, HB40 yakıtında %8.98 oranında azalma olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %2.47, HB20-Ce yakıtında %2.65, HB40-Ce yakıtında %2.20 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %2.84, IHB20 yakıtında %3.18, IHB40 yakıtında %4.19 oranında artış göstermiştir.

Havuç ham yağı için en yüksek değer IHH10-Ti yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HH40 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %3.27, HH20 yakıtında %5.86, HH40 yakıtında %8.18 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında

%1.35, HH20-Ti yakıtında %2.99, HH40-Ti yakıtında %2.02 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %1.52, IHH20 yakıtında %1.76, IHH40 yakıtında %2.73 oranında artış göstermiştir.

Titreşim değerleri; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer IBME20-Ti yakıtında görülmüştür ve en düşük değer BME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında %1.17, BME60 yakıtında %3.03, BME100 yakıtında %3.82 oranında azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında %1.10, BME60-Ti yakıtında %1.79, BME100-Ti yakıtında %1.65 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında %1.67, IBME60 yakıtında %2.12, IBME100 yakıtında %2.15 oranında artış göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer IHME20-Al yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında %1.24, HME60 yakıtında %2.16, HME100 yakıtında %3.09 oranında azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi HME20-Al yakıtında %0.85, HME60-Al yakıtında %1.04, HME100-Al yakıtında %0.83 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında %2.31, IHME60 yakıtında %1.63, IHME100 yakıtında %1.91 oranında artış göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında %1.91, HB20 yakıtında %3.77, HB40 yakıtında %4.90 oranında artış olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında %1.25, HB20-Ce yakıtında %1, HB40-Ce yakıtında %1.46 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında %1.68, IHB20 yakıtında %1.88, IHB40 yakıtında %1.91 oranında artış göstermiştir.

Havuç ham yağı için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında %1.27, HH20 yakıtında %2.54, HH40 yakıtında %3.74 oranında artış olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında %0.83, HH20-Ti yakıtında %0.76, HH40-Ti yakıtında %1.04 oranında artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında %1.27, IHH20 yakıtında %1.12, IHH40 yakıtında %1.57 oranında artış göstermiştir.

Gürültü değerleri; tatlı badem yağı biyodizel için en yüksek değer IBME20-Ti yakıtında görülmüştür ve en düşük değer BME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre BME20 yakıtında 0.52dB, BME60 yakıtında 1.22dB, BME100 yakıtında 1.68dB azalma olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi BME20-Ti yakıtında 0.78dB, BME60-Ti yakıtında 0.92dB, BME100-Ti yakıtında 0.78dB artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IBME20 yakıtında 1.80dB, IBME60 yakıtında 2.24dB, IBME100 yakıtında 2.10dB artış göstermiştir.

Havuç yağı biyodizel için en yüksek değer IHME20-Al yakıtında görülmüştür ve en düşük değer HME100 yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HME20 yakıtında 0.42dB, HME60 yakıtında 0.74dB, HME100 yakıtında 1.18dB azalma olmuştur. Alüminyum oksit katkı etkisi

HME20-A1 yakıtında 0.62dB, HME60-A1 yakıtında 0.48dB, HME100-A1 yakıtında 0.52dB artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHME20 yakıtında 0.98dB, IHME60 yakıtında 0.82dB, IHME100 yakıtında 1.04dB artış göstermiştir.

Tatlı badem ham yağı için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IHB40-Ce yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HB10 yakıtında 1.83dB, HB20 yakıtında 2.16dB, HB40 yakıtında 3.32dB artış olmuştur. Seryum oksit katkı etkisi HB10-Ce yakıtında 0.31dB, HB20-Ce yakıtında 0.52dB, HB40-Ce yakıtında 0.10dB artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHB10 yakıtında 0.12dB, IHB20 yakıtında 0.21dB, IHB40 yakıtında 0.30dB artış göstermiştir.

Havuç ham yağı için en düşük değer dizel yakıtında görülmüştür ve en yüksek değer IHH40-Ti yakıtında görülmüştür. Dizel yakıtına göre HH10 yakıtında 0.92dB, HH20 yakıtında 1.54dB, HH40 yakıtında 2.22 artış olmuştur. Titanyum oksit katkı etkisi HH10-Ti yakıtında 0.44dB, HH20-Ti yakıtında 0.52dB, HH40-Ti yakıtında 0.32dB artış göstermiştir. Ön ısıtma uygulama etkisi IHH10 yakıtında 0.44dB, IHH20 yakıtında 0.30dB, IHH40 yakıtında 0.40dB artış göstermiştir.

8. ÖNERİLER

İçten yanmalı motorda kullanılmak üzere farklı bitkisel yağlardan üretilen biyodizel karışımları ve ham bitkisel yağ karışımları farklı katkı maddeleri eklenerek ve ön ısıtma uygulanarak motor performansı artışı ve egzoz emisyonlarında düşüş amaçlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmada egzoz emisyon değerleri ve motor performansında iyileşmeler sağlanmıştır. Yapılan çalışmada motorda herhangi bir değişiklik yapılma ihtiyacı duyulmadan karışım yakıtlarının kullanılabileceği görülmüştür.

Sonuçlar göz önüne alınarak aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir;

- ✓ Bitkisel yakıtlar sorunsuz şekilde deney motorunda kullanılmıştır ve yapılan deneyler sonucunda egzoz emisyonları genel olarak düşük çıkmıştır. Bitkisel yağ kaynaklı yakıtlar üzerine farklı yağ çeşitleriyle içten yanmalı motor deneyleri yapılabilir.
- ✓ Deneyde kullanılan bitkisel yakıtların viskozitesi ve yoğunluğu yüksek olması performansı etkilemiştir. Ancak ön ısıtma işlemi uygulanarak viskozite ve yoğunluk değerleri düşürülebilmektedir.
- ✓ Bitkisel yakıtlar motor performansı bakımından dizel yakıtına göre düşük kalmıştır. Ama emisyon değerleri açısından dizel yakıtından iyi değerler görülmüştür. Ön ısıtma işlemi ve katkı maddesi sayesinde performans ve egzoz emisyonları iyileşmeleri görülmüştür. Performans artırmaya ve emisyon değerlerini düşürmeye yönelik katkı maddeler üzerine çeşitli çalışmalar yapılabilir.
- ✓ İçten yanmalı motorlarda uzun süreli bitkisel yakıt kullanımı enjektörlerde tıkanmaya ve korozyona neden olabileceğinden yakıtların kullanımına uygun motor üretimi ve geliştirilmesi daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] M.C. Koç, E., Şenel, Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-Genel değerlendirme, Mühendis ve Makina. 54 (2013) 32–44.
- [2] E. Koç, E., Kaplan, Dünyada ve Türkiye’de genel enerji durumu-I Dünya değerlendirmesi, Termodin. Derg. 187 (2009) 70–80.
- [3] TPAO, Ham petrol ve doğalgaz sektör raporu, (2015).
- [4] H. bp. com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-revie.-2014/BP Statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf, No Title, (n.d.).
- [5] O. Türkyılmaz, Türkiye enerji görünümü, TMMOB Makine Mühendisleri Odası. (2015).
- [6] D. Eliçin, A.K., Saçılık, K., Erdoğan, Haşhaş yağı esterlerinin bir diesel motorda kullanım olanaklarının belirlenmesi, Tarım Makinaları Bilim. Derg. 3 (2007) 137–144.
- [7] F. Karaosmanoğlu, Türkiye için çevre dostu yenilenebilir bir yakıt adayı: Biyomotorin, Ekojenereasyon Dünyası-Kojenereasyon Dergisi, ICCI Özel Sayısı. (2002) 50–56.
- [8] N. Çalışkan, Ö., Odabaş, M.S., Çamaş, Tütün (Nicotiana tabacum L.) tohumunun Biyoyakıt olarak değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg. 4 (2009) 46–55.
- [9] S. Şahin, Keten yağı biyodizelinin ve motorinle karışımlarının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması, Selçuk Üniversitesi, 2013.
- [10] Enerji ekipmanları yerli üretimi durum değerlendirmesi ve öneriler, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No MMO/621. (n.d.).
- [11] H. Oğuz, Tarım kesiminde yaygın olarak kullanılan dizel motorlarında fındık yağı biyodizelinin yakıt olarak kullanım imkanlarının incelenmesi, Selçuk Üniversitesi, 2004.
- [12] E. Alptekin, M. Çanakçı, Biyodizel ve Türkiye’deki durumu, Mühendis ve Makine. 47 (2006) 57–64.
- [13] M. Çildir, O., Çanakçı, Çeşitli bitkisel yağlardan biyodizel üretiminde katalizör ve alkol miktarının yakıt özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg. 21 (2006) 367–372.
- [14] T. Eryılmaz, Hardal Yağı Biyodizeline Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, (2009) 130. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- [15] T. Eryılmaz, Motorin-biyodizel karışım oranlarının motor performansına etkisi, Biyoyakıt Dünyası. 6 (2006) 54–57.
- [16] A. Sürmen, M.. Karamangil, R. Arslan, Motor termodinamiği, Alfa Akad. Baım Yayım Dağıtım Ltd. Şti. (2004).
- [17] H. Öztürk, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Birsan Yayınevi, Ankara, 2013.
- [18] F. Başoğlu, Yemeklik yağ teknolojisi, Dora Yayınları. (2004).
- [19] Ö. Kolsarıcı, Biyodizel üretiminde değerlendirilebilecek yağlı tohumlu bitkilerimizin potansiyeli, Biyoyakıt Dünyası Derg. 2 (2006) 56–58.
- [20] F. Karaosmanoğlu, Long term CI engine test of sunflower oil. Renewable Energy, (2000).
- [21] M. Gülüm, A. Bilgin, Density , fl ash point and heating value variations of corn oil biodiesel – diesel fuel blends, Fuel Process. Technol. 134 (2015) 456–464. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.02.026>.
- [22] C.I. Rocabrundo-valdés, L.F. Ramírez-verduzco, J.A. Hernández, Artificial neural network models to predict density , dynamic viscosity , and cetane number of biodiesel, 147 (2015) 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.01.024>.
- [23] R.. Ferrari, A.L.M.. Pighinelli, K.. Park, Biodiesel production and quality, InTech Open Access Publisher, 2011.

- [24] M. Ozcanli, C. Gungor, K. Aydin, M. Ozcanli, C. Gungor, K. Aydin, Environmental Effects Biodiesel Fuel Specifications : A Review Biodiesel Fuel Specifications : A Review, 7036 (2013). <https://doi.org/10.1080/15567036.2010.503229>.
- [25] T. Eryılmaz, S. Bacak, E. Ozrahat, Comparison of some fuel properties of biodiesels produced from vegetable oils, in: Energy Educ. Sci. Technol. Part A Energy Sci. Res., 2012: pp. 1073–1082.
- [26] İ. Örs, Biyoyakıt kullanan bir dizel motorunun performans, yanma ve emisyon analizi, Selçuk Üniversitesi, 2014.
- [27] M. Özdemir, Bir dizel motorda biyodizel ve etanol kullanımının motor performansına ve emisyonlara etkisinin araştırılması, Karabük Üniversitesi, 2011.
- [28] K. Cheikh, A. Sary, L. Khaled, L. Abdelkrim, T. Mohand, Experimental assessment of performance and emissions maps for biodiesel fueled compression ignition engine, Appl. Energy. 161 (2016) 320–329. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.042>.
- [29] B. Tesfa, R. Mishra, F. Gu, N. Powles, Prediction models for density and viscosity of biodiesel and their effects on fuel supply system in CI engines, 35 (2010) 2752–2760. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.04.026>.
- [30] A. Keskin, M. Özcanlı, Y. Yılmaz, A. Abdulvahitoğlu, K. Aydın, D. Altıparmak, Ülkemizdeki Kullanılmış Atık Yağı Potansiyeli, Çevreye Olan Etkileri ve Biyodizel Üretiminde Kullanılmas. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyum Kitabı, Kayseri, 2006.
- [31] A. Erol, F. Kemanoglu, Değişik yağlardan elde edilen biyodizellerin karşılaştırılması, (2006).
- [32] C. Öner, Biodiesel production from inedible animal tallow and an experimental investigation of its use as alternative fuel in a direct injection diesel engine, 86 (2009) 2114–2120. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.01.005>.
- [33] H. Aydın, H. Bayindir, Performance and emission analysis of cottonseed oil methyl ester in a diesel engine, 35 (2010) 588–592. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.08.009>.
- [34] A. Sarin, Biodiesel: Production and properties, Royal Society of Chemistry, (2012).
- [35] M. Öcal, Setan sayısı hakkında 6 soru, in: Mühendis ve Makine, 2006: pp. 24–25.
- [36] A. Onurbaş Avcioğlu, Tarımsal kökenli yenilenebilir enerjiler biyoyakıtlar, in: Nobel Akad. Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Kızılay, Ankara, 2011.
- [37] G. Yaman, M. Çanakçı, Biyodizel üretimi ve yakıt problemleri, II. Ulus. Ege Enerj. Sempozyumu ve Sergisi. (2004).
- [38] R. Chattopadhyay, S., and Sen, Fuel properties, Engine performance and environmental benefits of biodiesel produced by a green process, Appl. Energy. 105 (2013) 319–326.
- [39] G. Verma, P., Sharma, M. P., and Dwivedi, Evaluation and enhancement of cold flow properties of palm oil and its biodiesel, Energy Reports. 2 (2016) 8–13.
- [40] Z. Yusuf, N. N. A. N., Kamarudin, S. K., and Yaakub, Overview on the current trends in biodiesel production, Energy Convers. Manag. 52 (2011) 2741–2751.
- [41] B.R. Moser, Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks, In Biofuels. (2011) 285–347.
- [42] D. Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, S., and Mingdong, Opportunities and challenges for biodiesel fuel, Appl. Energy. 88 (2011) 1020–1031.
- [43] T. Şentürk, Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretim Hedefleri ve Destekleme Politikaları, (2005).
- [44] P. Elmas, Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği Yürürlüğe Girdi, (2006).
- [45] F. Aksoy, H. Bayrakçeken, Ş.A. Baydır, H. Yavuz, Kanola yağı metil esterine ön ısıtma uygulamasının motor performans ve emisyonlarına etkisi, Taşıt Teknol. Elektron. Derg. 1 (2009) 25–33.
- [46] A. Tekin, Bitkisel yağların gıda dışı yeni kullanım alanları, 23 (1998) 229–233.
- [47] Y. Ulusoy, K. Alibaş, Diesel Motorlarda Biodiesel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Olarak İncelenmesi, Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg. 16 (2002) 37–50.

- [48] E. Çengelci, Bayrakçeken, F. H., Aksoy, Hayvansal ve bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin dizel yakıtı ile karşılaştırılması, *Taşıt Teknol. Elektron. Derg.* 3 (2011) 41–53.
- [49] H. Oğuz, Diesel yakıtı-ayçiçek yağı karışımlarının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılma imkanlarının araştırılması, Selçuk Üniversitesi, 1998.
- [50] L. Aksoy, Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel ve üretim prosesleri, *Taşıt Teknol. Elektron. Derg.* 2 (2010) 45–52.
- [51] F. Balo, İ. Kurtbaş, H.L. Yücel, Bitkisel yağların dizel yakıt özellikleri, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.* (2006) 6.
- [52] H. Şanlı, Farklı alkol ve katalizör kullanımının biyodizel üretimindeki etkileri, Kocaeli Üniversitesi, 2005.
- [53] C. Zhenyi, J. Xing, L. Shuyuan, L. Li, Thermodynamics Calculation of the Pyrolysis of Vegetable Oils, *Energy Sources.* 26 (2004) 849–856.
- [54] A. Dağdelen, Y. Yüksel, Yağlı Tohum Çeşidi ve Transesterifikasyon Yöntemlerinin Biyoyakıt Üretimine ve Kalitesine Etkileri, *Nevşehir Bilim ve Teknol. Derg.* (2016) 107–117. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.210972>.
- [55] A. Altuntaş, Hardal yağı biyodizeline depolama süresi ve şartlarının yakıt özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması, Selçuk Üniversitesi, 2006.
- [56] X. Lang, A.K. Dalai, N.N. Bakhshi, M.J. Reany, P.B. Hertz, Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils, *Ioresource Technol.* 80 (2001) 53–62.
- [57] M.A. Ceviz, F. Koncuk, F. Yüksel, Ö. Küçük, A.C. Gören, Beş farklı bitkisel yağdan üretilen biyodizeller ile dizel yakıtının motor performansı ve emisyon karakteristiklerinin karşılaştırmalı analizi, *Mühendis ve Makine Derg.* 50 (2009) 20–26.
- [58] F. Ma, L.D. Clements, M.A. Hanna, The effects of catalyst, free fatty acids, and water on transesterification of beef tallow, *Trans. ASAE.* 41 (1998) 1261–1264.
- [59] Y. Zhang, M.A. Dube, D. McLean, M. Kates, Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment, *Bioresour. Technol.* 89 (2003) 1–16.
- [60] H. Karabaş, Tütün tohumu yağı metil esterinin dizel motorlarında yakıt olarak kullanılma imkanlarının araştırılması, Sakarya Üniversitesi, 2009.
- [61] F. Ma, M.A. Hanna, Biodiesel production: A review, *Bioresour. Technol.* 70 (1999) 1–15.
- [62] A.S. Ramadhas, S. Jayaraj, C. Muraleedharan, Biodiesel production from high FFA rubber seed oil, *Fuel,* 84 (2005) 335–340.
- [63] M.P. Dorado, E. Ballesteros, J.A. De Almeida, C. Schellert, H.P. Löhrlein, R. Krause, An alkali-catalyzed transesterification process for high free fatty acid waste oils, *Trans. ASAE.* 45 (2002) 525–529.
- [64] H. İlkılıç, C., Çılğın, E., Aydın, Terebinth oil for biodiesel production and its diesel engine application, *J. Energy Inst.* 83 (2015) 292–303.
- [65] S. Sinha, S., Agarwal, A.K., Garg, Biodiesel development from rice bran oil: Transesterification process optimization and fuel characterization, *Energy Convers. Manag.* 49 (2008) 1248–1257.
- [66] K.Y. Ong, H.C., Masjuki, H.H., Mahlia, T.M.I., Silitonga, A.S., Chong, W.T., Leong, Optimization of biodiesel production and engine performance from high free fatty acid *Calophyllum inophyllum* oil in CI diesel engine, *Energy Convers. Manag.* 81 (2014) 30–40.
- [67] T.L. Freedman, B., Pryde, E.H., Mounts, Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61 (1984) 1638–1643.
- [68] R. Srivastava, A., Prasad, Triglycerides-based diesel fuels, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 4 (2000) 111–133.
- [69] F.U. Sultana, S., Khalid, A., Ahmad, M., Zuhairi, A.A., Teong, L.K., Zafar, M., Hassan, The production, optimization, and characterization of biodiesel from a novel source: *Sinapis alba* L., *Int. J. Green Energy.* 11 (2014) 280–291.

- [70] B.S. Gandhi, S.S. Chelladurai, D.S. Kumaran, Process optimization for biodiesel synthesis from *Jatropha curcas* oil, *Distrib. Gener. Altern. Energy J.* 26 (2011) 6–16.
- [71] H. Muniyappa, P.R., Brammer, S.C., Noureddini, Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product, *Bioresour. Technol.* 56 (1996) 19–24.
- [72] B. Yumak, Tavuk yağı metil ester üretiminin optimizasyonu ve motor performansı üzerine etkisi, Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2016.
- [73] A.K. Özgün, Atık kızartma yağı ve nötralize atık kızartma yağından üretilen biyodizel ve karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonlarının karşılaştırılması olarak incelenmesi, Bozok Üniversitesi, 2014.
- [74] J. Sánchez, M., Bergamin, F., Peña, E., Martínez, M., Aracil, A comparative study of the production of esters from *Jatropha* oil using different short-chain alcohols, *Optim. Charact. Fuel.* 143 (2015) 183–188.
- [75] L.G. Meneghetti, S.M.P., Meneghetti, M.R., Wolf, C.R., Silva, E.C., Lima, G.E.S., Silva, L.L., Serra, T.M., Cauduro, F., Oliveira, Biodiesel from castor oil: A comparison of ethanolysis versus methanolysis, *Energy and Fuels.* 20 (2006) 2262–2265.
- [76] E. Çılgın, Menengiç (*Pistacia Terebinthus* L.) yağının bir dizel motorunda kullanılabilirliğinin deneysel araştırılması, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2011.
- [77] L. Aksoy, Opium poppy (*Papaver somniferum* L.) oil for preparation of biodiesel, *Optim. Cond. Appl. Energy.* 88 (2011) 4713–4718.
- [78] H. Aysal, F.E., Aksoy, F., Şahin, A., Aksoy, L., Yıldırım, Hardal yağından biyodizel üretiminin optimizasyonu ve motor performans testleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Derg.* 14 (2014) 1–9.
- [79] M. Ünsal, Kesikli proseste biyodizel üretiminin optimizasyonu ve en uygun teknikle üretilmesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 2010.
- [80] R. Prasad, V.R. Bella, A review on diesel soot emission, its effect and control, *Bull. Chem. React. Eng. & Catal.* 5 (2010) 69–86. <https://doi.org/10.9767/bcrec.5.2.794.69-86>.
- [81] C.W. Wu, R.H. Chen, J.Y. Pu, T.H. Lin, The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels, *Atmos. Environ.* 38 (2004) 7093–7100. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.01.058>.
- [82] D. DeMers, G. Walters, Guide to Exhaust Emission Control Options, ” Ser. CIMAC Comm. (1999).
- [83] A. Diler, Şehir içi toplu taşımacılıkta kullanılan otobüslerde doğal gaz kullanımının karbon dioksit emisyonlarına etkileri, 2010.
- [84] S. Machado Corrêa, G. Arbilla, Carbonyl emissions in diesel and biodiesel exhaust, *Atmos. Environ.* 42 (2008) 769–775. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.073>.
- [85] M. Zheng, M.C. Mulenga, G.T. Reader, M. Wang, D.S.K. Ting, J. Tjong, Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion, *Fuel.* 87 (2008) 714–722. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.05.039>.
- [86] D. Diaz-Sanchez, The role of diesel exhaust particles and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease, *Allergy.* 52 (1997) 52–56.
- [87] T. Lee, J. Park, S. Kwon, J. Lee, J. Kim, Variability in operation-based NO_x emission factors with different test routes, and its effects on the real-driving emissions of light diesel vehicles, *Sci. Total Environ.* 461–462 (2013) 377–385. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.015>.
- [88] B. Frank, M.E. Schuster, R. Schlögl, D.S. Su, Emission of highly activated soot particulate - The other side of the coin with modern diesel engines, *Angew. Chemie - Int. Ed.* 52 (2013) 2673–2677. <https://doi.org/10.1002/anie.201206093>.
- [89] N. Englert, Fine particles and human health - A review of epidemiological studies, *Toxicol. Lett.* 149 (2004) 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.12.035>.
- [90] C.R. Fuller, S.J. Elliott, P.A. Nelson, Introduction to Mechanical Vibrations, *Act. Control Vib.* (1996) 1–24. <https://doi.org/10.1016/b978-012269440-0/50001-7>.

- [91] S.U. Choi, J.A. Eastman, Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles (No. ANL/MSD/CP-84938; CONF-951135-29), Argonne Natl. Lab.(ANL), Argonne, (United States). (1995).
- [92] K.K. Kuo, G.A. Risha, E. Evans, B. J., & Boyer, Potential usage of energetic nano-sized powders for combustion and rocket propulsion, *MRS Online Proc. Libr.* (2003) 800.
- [93] V.A. DeLuca, L. T., Galfetti, L., Severini, F., Meda, L., Marra, G., Vorozhtsov, A. B., Babuk, Burning of nano-aluminized composite rocket propellants. *Combustion, Explosion and Shock Waves*, 41 (2005) 680–692.
- [94] R. Shaafi, T., Sairam, K., Gopinath, A., Kumaresan, G., & Velraj, Effect of dispersion of various nanoadditives on the performance and emission characteristics of a CI engine fuelled with diesel, biodiesel and blends—a review., *Renew. Sustain. Energy Rev.* 49 (2015) 563–573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.086>.
- [95] V.S. Sabourin, J. L., Yetter, R. A., & Parimi, Exploring the effects of nanostructured particles on liquid nitromethane combustion, *J. Propuls. Power.* 26 (2010) 1006–1015.
- [96] P. Tyagi, H., Phelan, P. E., Prasher, R., Peck, R., Lee, T., Pacheco, J. R., & Arentzen, Increased hot-plate ignition probability for nanoparticle-laden diesel fuel., 8 (2008) 1410–1416.
- [97] T.T. Kao, M. J., Ting, C. C., Lin, B. F., & Tsung, Aqueous aluminum nanofluid combustion in diesel fuel., *J. Test. Eval.* 36 (2008) 503.
- [98] L. Gan, Y., & Qiao, Combustion characteristics of fuel droplets with addition of nano and micron-sized aluminum particles., *Combust. Flame.*, 158 (2011) 354–368.
- [99] R.B. Sathik Basha, J., & Anand, The influence of nano additive blended biodiesel fuels on the working characteristics of a diesel engine, *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.* 35 (2013) 257–264. <https://doi.org/10.1007/s40430-013-0023-0>.
- [100] R.B. Basha, J. S., & Anand, Role of nanoadditive blended biodiesel emulsion fuel on the working characteristics of a diesel engine., *J Renew Sust Energy.* 3 (2011).
- [101] A.C. Sajeevan, V. Sajith, Diesel engine emission reduction using catalytic nanoparticles: an experimental investigation., *J. Eng.* (2013).
- [102] M.A. Lenin, M.R. Swaminathan, G. Kumaresan, Performance and emission characteristics of a DI diesel engine with a nanofuel additive, *Fuel.* 109 (2013) 362–365. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.03.042>.
- [103] R.N. Mehta, M. Chakraborty, P.A. Parikh, Nanofuels: Combustion, engine performance and emissions, *FUEL.* 120 (2014) 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.12.008>.
- [104] S. V. Balamurugan S, Stabilization studies of zirconium-cerium oxide nanoparticle-diesel suspension., *Adv Mater Res* 2013;685128e33. (n.d.).
- [105] A. T, Özgür, M, Özcanlı ve K, Investigation of Nanoparticle Additives to Biodiesel For Improvement of The Performance and Exhaust Emissions in a Compression Ignition Engine, *Int. J. Green Energy.* 12 (2015) 51–56.
- [106] K.A. Tayfun Ozgur, Gökhan Tuccar, Erinc Uludamar, Ali Can Yilmaz, Ceyla Güngör, Mustafa Ozcanlı, Hasan Serin, Effect of nanoparticle additives on NOx emissions of diesel fuelled compression ignition engine, *Int. J. Glob. Warm.* 7 (2015) 487–498. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2015.070051>.
- [107] M. Mirzajanzadeh, M. Tabatabaei, M. Ardjmand, A. Rashidi, A novel soluble nano-catalysts in diesel – biodiesel fuel blends to improve diesel engines performance and reduce exhaust emissions, *Fuel.* 139 (2015) 374–382. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.09.008>.
- [108] S. Gumus, H. Ozcan, M. Ozbey, B. Topaloglu, Aluminum oxide and copper oxide nanodiesel fuel properties and usage in a compression ignition engine, *Fuel.* 163 (2016) 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.09.048>.
- [109] M. Gülüm, A. Bilgin, A. Çakmak, Sodyum hidroksit (naoh) ve potasyum hidroksit (koh) kullanılarak üretilen mısır yağı biyodizellerinin optimum reaksiyon parametrelerinin karşılaştırılması, *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.* 30 (2015) 503–511.

- [110] İ. Sugözü, F. Aksoy, Ş.A. Baydır, Bir dizel motorunda ayçiçeği metil esteri kullanımının motor performans ve emisyonlarına etkisi, *Makine Teknol. Elektron. Derg.* 6 (2009) 49–56.
- [111] M.M. Yıldız, Ketencik biyodizelinin ve eurodiesel karışımlarının taşıt performansına ve emisyonlarına etkisi, (2021).
- [112] B. Sungur, B. Topaloglu, H. Ozcan, Effects of nanoparticle additives to diesel on the combustion performance and emissions of a flame tube boiler, *Energy*. 113 (2016) 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.040>.
- [113] I. Örs, S. Sarıkoç, A.E. Atabani, S. Ünal, S.O. Akansu, The effects on performance, combustion and emission characteristics of DIC engine fuelled with TiO₂ nanoparticles addition in diesel/biodiesel/n-butanol blends, *Fuel*. 234 (2018) 177–188. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.07.024>.
- [114] A. Y, J. Earnest, A. Raghavan, R. George, C.P. Koshy, Study of Engine Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine Using Cerium Oxide Nanoparticles Blended Orange Peel Oil Methyl Ester, *SSRN Electron. J.* 8 (2022). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4134184>.
- [115] Heywood, John B, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw Hill Int. Ed. 5 (1988) 491–566.
- [116] A. Atmanli, E. Ileri, B. Yüksel, Experimental investigation of engine performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with diesel-n-butanol-vegetable oil blends, *Energy Convers. Manag.* 81 (2014) 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.02.049>.
- [117] B. Challen, R. Baranescu, *Diesel engine reference book*, Oxford: Butterworth-Heinemann. 682 (1999).
- [118] F. Payri, V.R. Bermúdez, B. Tormos, W.G. Linares, Hydrocarbon emissions speciation in diesel and biodiesel exhausts, *Atmos. Environ.* 43 (2009) 1273–1279. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.11.029>.
- [119] C. Sayin, M. Gumus, M. Canakci, Influence of injector hole number on the performance and emissions of a di diesel engine fueled with biodiesel-diesel fuel blends, *Appl. Therm. Eng.* 61 (2013) 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.07.038>.
- [120] H. Hazar, T. Telceken, H. Sevinc, An experimental study on emission of a diesel engine fuelled with SME (safflower methyl ester) and diesel fuel, *Energy*. 241 (2022) 122915. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122915>.
- [121] M.M. Rashed, H.H. Masjuki, M.A. Kalam, A. Alabdulkarem, M.M. Rahman, H.K. Imdadul, H.K. Rashedul, Study of the oxidation stability and exhaust emission analysis of Moringa olifera biodiesel in a multi-cylinder diesel engine with aromatic amine antioxidants, *Renew. Energy*. 94 (2016) 294–303. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.043>.
- [122] S. Kumar, P. Dinesha, M.A. Rosen, Effect of injection pressure on the combustion, performance and emission characteristics of a biodiesel engine with cerium oxide nanoparticle additive, *Energy*. 185 (2019) 1163–1173. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.124>.
- [123] S.H. Hosseini, A. Taghizadeh-Alisaraei, B. Ghobadian, A. Abbaszadeh-Mayvan, Effect of added alumina as nano-catalyst to diesel-biodiesel blends on performance and emission characteristics of CI engine, *Energy*. 124 (2017) 543–552. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.109>.
- [124] N.V.K. Reddy, S.G. Sangashetty, N.R. Banapurmath, Performance and emissions evaluation of diesel engine fueled with exhaust gas energy preheated CAOME biodiesel, *Mater. Today Proc.* 45 (2020) 290–293. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.649>.
- [125] H. Hazar, H. Sevinc, Investigation of the effects of pre-heated linseed oil on performance and exhaust emission at a coated diesel engine, *Renew. Energy*. 130 (2019) 961–967. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.003>.
- [126] D.H. Qi, C. Bae, Y.M. Feng, C.C. Jia, Y.Z. Bian, Combustion and emission characteristics of a direct injection compression ignition engine using rapeseed oil based micro-emulsions, *Fuel*. 107 (2013) 570–577. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.01.046>.
- [127] S. Fernando, S., Hall, C., & Jha, NO_x reduction from biodiesel fuels, *Energy & Fuels*. 20 (2006)

- [128] E. Rajasekar, A. Murugesan, R. Subramanian, N. Nedunchezian, Review of NO_x reduction technologies in CI engines fuelled with oxygenated biomass fuels, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 14 (2010) 2113–2121. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.005>.
- [129] C. İlkiliç, S. Aydin, R. Behcet, H. Aydin, Biodiesel from safflower oil and its application in a diesel engine, *Fuel Process. Technol.* 92 (2011) 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.09.028>.
- [130] M. El-Kasaby, M.A. Nemit-Allah, Experimental investigations of ignition delay period and performance of a diesel engine operated with *Jatropha* oil biodiesel, *Alexandria Eng. J.* 52 (2013) 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.12.006>.
- [131] C. Öner, İ. Can, A. Koca, Ham findık yağının dizel motorlarda kullanılabilirliği, *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Derg.* 5 (2007) 129–137.
- [132] K. Kalaimurugan, S. Karthikeyan, M. Periyasamy, G. Mahendran, Emission analysis of CI engine with CeO₂ nanoparticles added neochloris oleoabundans biodiesel-diesel fuel blends, *Mater. Today Proc.* 33 (2020) 2877–2881. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.777>.
- [133] K.W. Scholl, S.C. Sorenson, Combustion of soybean oil methyl ester in a direct injection diesel engine, *SAE Tech. Pap.* 102 (1993) 1450–1462. <https://doi.org/10.4271/930934>.
- [134] A. Backiyaraj, M. Parthasarathy, N. Murugu Nachippan, P.B. Senthilkumar, T. Kumaran, Influence of nano Al₂O₃ on compression ignition engine characteristics fuelled with Mahua biodiesel, *Mater. Today Proc.* (2022). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.210>.
- [135] T.J. Thomas, N. Thangapandian, D. Sakthivel, S.M.S.F. Mohideen, S. Basha, K. Brindhadevi, G. Ramya, Experimental analysis of C.I. engine using pyrolyzed plastic oil blended with alumina nano additive, *Fuel.* 312 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122929>.
- [136] A.O. Emiroğlu, M. Şen, Combustion, performance and emission characteristics of various alcohol blends in a single cylinder diesel engine, *Fuel.* 212 (2018) 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.10.016>.
- [137] M. Canakci, Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel, *Bioresour. Technol.* 98 (2007) 1167–1175. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.024>.
- [138] D.R. Tree, K.I. Svensson, Soot processes in compression ignition engines, *Prog. Energy Combust. Sci.* 33 (2007) 272–309. <https://doi.org/10.1016/j.peccs.2006.03.002>.
- [139] Baste SV, Bhonsale AV, Chavan SB, Emission Characteristics of *Pongamia Pinnata* (Karanja) Biodiesel and Its Blending up to 100% in a C.I. Engine, *Res. J. Agric. For. Sci. Res. J. Agric. For. Sci.* 1 (2013) 2320–6063.
- [140] P. Mei, D., Li, X., Wu, Q., & Sun, Role of cerium oxide nanoparticles as diesel additives in combustion efficiency improvements and emission reduction, *J. Energy Eng.* 142 (2016).
- [141] S. Senthur Prabu, M.A. Asokan, S. Prathiba, S. Ahmed, G. Puthean, Effect of additives on performance, combustion and emission behavior of preheated palm oil/diesel blends in DI diesel engine, *Renew. Energy.* 122 (2018) 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.068>.
- [142] J. Wei, C. He, C. Fan, S. Pan, M. Wei, C. Wang, Comparison in the effects of alumina, ceria and silica nanoparticle additives on the combustion and emission characteristics of a modern methanol-diesel dual-fuel CI engine, *Energy Convers. Manag.* 238 (2021) 114121. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114121>.
- [143] M. Sekar, T.R. Praveenkumar, V. Dhinakaran, P. Gunasekar, A. Pugazhendhi, Combustion and emission characteristics of diesel engine fueled with nanocatalyst and pyrolysis oil produced from the solid plastic waste using screw reactor, *J. Clean. Prod.* 318 (2021) 128551. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128551>.
- [144] M. Celik, C. Bayindirli, M.İ. İlhak, Investigation of the Performance and Emissions of an Engine Operated with CeO₂ Nano Additive Doped Biodiesel, 6 (2022) 113–119.
- [145] M.K. Yesilyurt, A. Cakmak, An extensive investigation of utilization of a C8 type long-chain alcohol as a sustainable next-generation biofuel and diesel fuel blends in a CI engine – The effects

- of alcohol infusion ratio on the performance, exhaust emissions, and combustion characte, *Fuel*. 305 (2021) 121453. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121453>.
- [146] A. Çakmak, A., & Bilgin, Exergy and energy analysis with economic aspects of a diesel engine running on biodiesel-diesel fuel blends, *Int. J. Exergy*. 24 (2017) 151–172.
- [147] B. Aydın, M. Çelik, Investigation of Performance and Emissions Effect of Biodiesel-Diesel (B20) Mixture Added Cerium Oxide (CeO₂) Nanoparticle, *Afyon Kocatepe Univ. J. Sci. Eng.* 22 (2022) 689–702. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.1098431>.
- [148] M. Gürü, A. Koca, Ö. Can, C. Çınar, F. Şahin, Biodiesel production from waste chicken fat based sources and evaluation with Mg based additive in a diesel engine, *Renew. Energy*. 35 (2010) 637–643. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.08.011>.
- [149] R.K. Das, S.K. Sharma, Blend of jatropha biodiesel and tyre pyrolysis oil mixed with cerium oxide—an alternative to diesel fuel, *Biofuels*. 9 (2018) 739–744. <https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1316139>.
- [150] D.H. Qi, H. Chen, L.M. Geng, Y.Z. Bian, Experimental studies on the combustion characteristics and performance of a direct injection engine fueled with biodiesel/diesel blends, *Energy Convers. Manag.* 51 (2010) 2985–2992. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.042>.
- [151] Ü. Ağbulut, A.E. Gürel, S. Sarıdemir, Experimental investigation and prediction of performance and emission responses of a CI engine fuelled with different metal-oxide based nanoparticles–diesel blends using different machine learning algorithms, *Energy*. 215 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119076>.
- [152] V. Saxena, N. Kumar, V.K. Saxena, A comprehensive review on combustion and stability aspects of metal nanoparticles and its additive effect on diesel and biodiesel fuelled C.I. engine, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 70 (2017) 563–588. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.067>.
- [153] V.S. Yaliwal, N.R. Banapurmath, S. Revenakar, P.G. Tewari, Effect of mixing chamber or carburetor type on the performance of diesel engine operated on biodiesel and producer gas induction, *Int. J. Automot. Eng. Technol.* 5 (2016) 25. <https://doi.org/10.18245/ijaet.02009>.
- [154] Ü. Ağbulut, M. Karagöz, S. Sarıdemir, A. Öztürk, Impact of various metal-oxide based nanoparticles and biodiesel blends on the combustion, performance, emission, vibration and noise characteristics of a CI engine, *Fuel*. 270 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117521>.
- [155] M. Karagöz, Dizel-Metanol-Nanopartikül ile Çalışan Bir Dizel Motorda Titreşim ve Gürültü Değişimlerinin İncelenmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg.* 9 (2021) 278–292.
- [156] Ö. Büyükdipi, G. Tüccar, H.S. Soyhan, Experimental investigation and artificial neural networks (ANNs) based prediction of engine vibration of a diesel engine fueled with sunflower biodiesel – NH₃ mixtures, 304 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121462>.
- [157] E. Uludamar, E. Tosun, K. Aydın, Experimental and regression analysis of noise and vibration of a compression ignition engine fuelled with various biodiesels, 177 (2016) 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.03.028>.

ÖZGEÇMİŞ

Burkay UYAR

[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]