

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PİSTON VE SUPAPLARI Cr_2O_3 KAPLANMIŞ VE FARKLI YAKIT KATKILARI
KULLANILAN BİR DİZEL MOTORDA PERFORMANS VE EMİSYON DEĞERLERİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin SEVİNÇ

(152136102)

Anabilim Dalı: Otomotiv Mühendisliği

Programı: Otomotiv

Danışman: Prof. Dr. Hanbey HAZAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10 Temmuz 2018

TEMMUZ-2018

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİSTON VE SUPAPLARI CR_2O_3 KAPLANMIŞ VE FARKLI YAKIT KATKILARI
KULLANILAN BİR DİZEL MOTORDA PERFORMANS VE EMİSYON
DEĞERLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSEYİN SEVİNÇ

152136102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :10/07/2018

Tezin Savunulduğu Tarih :27/07/2018

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hanbey HAZAR

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Cumali İLKILIÇ

Dr. Öğr. Üyesi Emine ŞAP



TEMMUZ-2018

ÖNSÖZ

Günümüzde insanoğlu ulaşım ihtiyacını içten yanmalı motorlara sahip, motorlu taşıtlar yardımıyla karşılamaktadır. Bu taşıtlar, insan yaşamında kolaylık sağladığı gibi, üretmiş olduğu egzoz emisyonlarıyla da insan ve çevre sağlığı için olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Artan insan nüfusuna paralel olarak, artış gösteren motorlu taşıt sayısı ile hem bu zararlı etkilerin boyutları artmakta, hem de sınırlı miktardaki fosil yakıtların tükenmesine yol açmaktadır. Alternatif yakıt ve yakıt katkılarının kullanımı, içten yanmalı motorlarda egzoz emisyonları azaltmaya yönelik kullanılan etkin yöntemlerden biri olduğu bilinmektedir. Son yıllardaki, içten yanmalı motorlarda kaplama teknolojileri de, emisyon azaltma ve performans artırma hususlarında dikkat çekmektedir. Bununla birlikte dünya çapında gerçekleştirilen bütün deneysel çalışmalarda, insan gücü ve maddi kaynaklar kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte bu çalışmaların sayısı azaltılarak, istenilen sonuçların elde edilmesi günümüzde mümkün hale gelmiştir. Bu tez çalışmasında, yakıt katkıları ve seramik kaplama yöntemleri ile egzoz emisyon ve performans değerleri geliştirilmeye ve yapılan deneysel çalışmaların sayısını azaltabilecek bir program tasarlanmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmam boyunca, sahip olduğu engin tecrübelerini, bilgi birikimini benimle paylaşan ve yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Hanbey HAZAR'a yaptığı tüm katkılarından dolayı teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Hakan GÜL' e ve Tugay TELÇEKEN' e teşekkür eder ve şükranlarımı sunarım. Değerli eşim Hatice SEVİNÇ'e ve aileme bu zorlu süreçte yanımda oldukları için ve beni her konuda destekledikleri için teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca tezime proje kapsamında destekte bulunan FÜBAP birimine teşekkür ederim. Hazırlamış olduğum tezimi, biricik oğlum Erdem SEVİNÇ ve sevgili eşim Hatice SEVİNÇ'e ithaf ederim.

Hüseyin SEVİNÇ

ELAZIĞ-2018

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	XI
TABLolar LİSTESİ	XXVI
KISALTMALAR LİSTESİ	XXVIII
SEMBOLLER LİSTESİ	XXIX
1. GİRİŞ	1
2. TERMAL BARIYER KAPLAMA	5
2.2. Termal Bariyer Kaplama Yöntemleri	8
2.2.1. Atmosferik Plazma Sprey Yöntemi	10
2.2.2. Alev Sprey Yöntemi	12
2.2.3. HVOF (Yüksek Hızlı Oksi Yakıt Püskürtme) Yöntemi	12
2.2.4. Ark Sprey Yöntemi	14
2.2.5. Soğuk Gaz Sprey Yöntemi	14
2.2.6. Elektron Işın Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi	14
2.3. Termal Bariyer Kaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması	15
2.4. Termal Bariyer Kaplama Malzemeleri	16
2.4.1. Krom	17
2.4.2. Krom Oksit	18
2.4.3. Krom Oksit Kaplama	18
2.5. Kaplama Yüzeyinin İşleme Hazırlanması	19
2.5.1. Kaplama Yüzeyinin Temizlenmesi	20
2.5.2. Kaplama Yüzeyinin Pürüzlendirilmesi	20
2.5.3. Maskeleme	20
3. YAKIT KATKILARI	21
3.1. Yakıt Katkı Tipleri	21
3.1.1. Yanma Düzenleyiciler	21
3.1.2. Depozit Kontrol Katkıları	22
3.1.3. Akış Düzenleyiciler	22
3.1.4. Sürüklemeye İndirgeyici Katkılar	23

3.1.5. Anti Statik Katkıları	23
3.2. Dibütil Maleat	24
3.3. Dietilen Glikol Dimetil Eter	25
3.4. Etilheksil Nitrat	26
3.5. Bütanol	27
4. YAPAY SİNİR AĞLARI	28
4.1. Yapay Sinir Hücresi	29
4.2. Yapay Sinir Ağının Yapısı	32
4.3. Yapay Sinir Ağları Türleri	33
4.3.1. Tiplerine Göre YSA	33
4.3.1.1. İleri Beslemeli YSA	33
4.3.1.2. Geri Beslemeli YSA	34
4.3.2. Öğrenme Yöntemlerine Göre YSA	34
4.3.2.1. Danışmanlı Öğrenme	34
4.3.2.2. Danışmansız Öğrenme	35
4.3.2.3. Destekleyici Öğrenme	35
4.3.3. Katman Sayısına Göre YSA	35
4.3.3.1. Tek Katmanlı Algılayıcı (TKA)	35
4.3.3.2. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)	36
4.4. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi	36
5. EGZOZ EMİSYONLARI VE PERFORMANS PARAMETRELERİ	39
5.1. Karbon Monoksit (CO)	39
5.2. Karbon Dioksit (CO ₂)	40
5.3. Hidrokarbonlar (HC)	40
5.4. Azot Oksitler (NO _x)	41
5.5. Duman (İs) Yoğunluğu	42
5.6. Özgül Yakıt Tüketimi (ÖYT)	43
5.7. Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS)	44
5.8. Titreşim	44
6. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	46
7. MATERYAL VE METOT	51
7.1. Motor Test Düzenegi	52
7.1.1. Deney Motoru	53
7.1.2. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı	54
7.1.3. Termometre	55

7.1.4. Titreşim Ölçüm Cihazı	56
7.1.5. Termal Kamera.....	57
7.2. Yakıt Katkıları.....	58
7.2.1. Dibütil Maleat (DBM).....	59
7.2.2. Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE).....	59
7.2.3. Etilheksil Nitrat (EHN)	60
7.2.4. Bütanol (B).....	61
7.3. Deneysel Çalışma.....	61
7.4. Deney Motorlarının YSA' da Modellenmesi	65
7.4.1. Arayüz Tasarımı.....	67
8. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	72
8.1. CO Emisyonlarının Değerlendirilmesi.....	72
8.1.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	75
8.1.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	80
8.1.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	86
8.1.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	92
8.2. CO ₂ Emisyonlarının Değerlendirilmesi.....	98
8.2.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	101
8.2.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	106
8.2.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	113
8.2.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	118
8.3. HC Emisyonlarının Değerlendirilmesi.....	124
8.3.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	127
8.3.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	133
8.3.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	139
8.4. NO _x Emisyonlarının Değerlendirilmesi.....	152
8.4.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	154
8.4.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	165
8.4.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	172
8.5. Duman Yoğunluğunun Değerlendirilmesi	177
8.5.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	179
8.5.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	185
8.5.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	191
8.5.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	197
8.6. EGS Sonuçlarının Değerlendirilmesi	202

8.6.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	204
8.6.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	210
8.6.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	216
8.6.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	222
8.7. ÖYT Sonuçlarının Değerlendirilmesi	228
8.7.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	230
8.7.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	236
8.7.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	242
8.7.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	248
8.8. Titreşim Sonuçlarının Değerlendirilmesi	254
8.8.1 Bütanol Katkısının Etkileri.....	256
8.8.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	262
8.8.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	267
8.8.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	272
8.9. Termal Görüntülerin Değerlendirilmesi.....	278
8.9.1. Bütanol Katkısının Etkileri.....	279
8.9.2. Dibütil Maleat Katkısının Etkileri.....	281
8.9.3. Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri	283
8.9.4. Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri.....	286
9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	289
10. ÖNERİLER.....	291
KAYNAKLAR.....	292
EKLER	305
ÖZGEÇMİŞ	329

ÖZET

Bu tez çalışmasında içten yanmalı motorların; egzoz emisyon ve performans parametrelerinin, Yapay sinir ağı (YSA) kullanılarak, istenilen motor devrindeki değerleri belirlenmiştir. Yapay sinir ağı ile deneysel olarak elde edilen verilerin, matematiksel modeli oluşturularak, deneylerin tekrar edilmesine gerek kalmaksızın sonuçların elde edilmesi ve bu şekilde; vakit, insan iş gücü ve maliyet kazancının sağlanması amaçlanmıştır. Deneylerde, Kaplamalı Motor (KM) ve Normal Motor (NM) olmak üzere 2 farklı dizel motor üzerinde çalışılmıştır, kaplamalı (KM) olarak adlandırılan motorun, yanma odası elemanlarından piston ve supaplarının yanma odasına bakan yüzeyleri kaplanmıştır. Kaplama maddesi olarak; termal bariyer olma özelliğine sahip seramik madde olan Krom oksit (Cr_2O_3) kullanılarak, Plazma Sprey yöntemi ile kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki motorda dizel yakıt katkıları olan; Dibutil Maleat %3, %6, %9, Dietilen Glikol Dimetil Eter %3, %6, %9, etilheksil nitrat %3, %6, %9 ve bütanol ise %6, %12, %18, oranlarında karıştırılarak, KM ve NM’ de yakıt katkısı olarak kullanımlarının, emisyon ve performans parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kaplamalı Motor (KM) ve Normal Motor (NM)’da, NO_x , CO, CO_2 , HC, duman yoğunluğu emisyon değerleri, egzoz gaz sıcaklığı (EGS) ve özgül yakıt tüketimi (ÖYT), titreşim verileri alınmıştır. Ardından, Dibutil Maleat %3, %6, %9, Dietilen Glikol Dimetil Eter %3, %6, %9, Etilheksil Nitrat %3, %6, %9 ve Bütanol ise %6, %12, %18, oranlarında karıştırılarak, Kaplamalı Motor (KM) ve Normal Motor (NM)’dan, NO_x , CO, CO_2 , HC, duman yoğunluğu emisyon değerleri, egzoz gaz sıcaklığı (EGS) ve özgül yakıt tüketimi (ÖYT), titreşim, verileri alınmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler YSA’ ya giriş verileri olarak uygulanarak, MATLAB Programı yardımı ile matematiksel model oluşturulmuştur. YSA’ dan elde edilen veriler ile deneysel veriler karşılaştırılıp, programın doğruluğu kontrol edilmiş ve sonuçların örtüştüğü görülmüştür. YSA’ nın, kullanıcı dostu ve pratik bir kullanıma sahip olması amacıyla, MATLAB GUI’de ara yüz tasarımı yapılmıştır.

Krom oksit (Cr_2O_3) Kaplamalı motorda (KM), Kaplamasız motora (NM) göre; HC, CO, duman yoğunluğu gibi emisyon değerlerinde ve ÖYT değerlerinde düşüş görülmüştür, CO_2 , NO_x emisyonları ve EGS değerinde ise artış görülmüştür.

Bütanol katkısı NM ve KM’ de CO, NO_x , Duman, EGS değerlerini düşürmüştür. Buna karşın HC, CO_2 , Titreşim, ÖYT değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Dibutil Maleat katkısı NM ve KM’ de CO, HC, duman yoğunluğu, EGS, titreşim değerlerinde azalma

göstermesine karşın, diğer parametrelerde artış göstermiştir. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısı, NM ve KM' de CO, HC, duman yoğunluğu, titreşim değerlerinde azalma göstermesine karşın, diğer parametrelerde artış görülmüştür. Etilheksil Nitrat katkısı, NM ve KM' de CO₂, duman yoğunluğu, ÖYT değerlerinde azalma göstermesine karşın, diğer parametrelerde artış görülmüştür.

Çalışma sonunda elde edilen sonuçlara göre, TBK uygulaması ile dizel motorlarda performans kaybına uğramaksızın, emisyon değerlerinde azalma sağlanabileceği görülmüştür. Buna ek olarak, çeşitli dizel yakıt katkı maddeleri kullanılarak, egzoz emisyonlarında azalma sağlanabildiği görülmüştür. Ayrıca YSA yöntemi ile matematiksel modelleme yapılarak elde edilen sonuçlar yardımı ile tekrar deney yapmaya gerek kalmadan, düşük hata oranlarında sonuçlar elde edilmiştir. Bu şekilde, deneysel çalışmalarda harcanan maddi kayıplardan, zamandan ve insan iş gücünden tasarruf edilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Termal Bariyer Kaplama, Yapay Sinir Ağları, Dizel Motor, Bütanol, Dibütil Maleat, Dietilen Glikol Dimetil Eter, Etilheksil Nitrat

SUMMARY

DETERMINATION OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND EMISSION VALUES USING PISTONS AND VALVES Cr_2O_3 COATED AND DIFFERENT FUEL ADDITIVES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

In this thesis study, exhaust emission and performance parameters were determined at the desired engine speed using Artificial Neural Network (YSA). By creating a mathematical model of experimental data obtained with artificial neural network, it is possible to obtain the results without having to repeat the experiments, time, human labor and cost saving. In the experiments, two different diesel engines, namely the Coated Motor (CE) and the Normal Motor (NE), have been studied. The engine, called Coated (CE), has been coated with the surfaces of the combustion chamber elements facing the combustion chamber of the piston and valves. As coating material; (Cr_2O_3), which is a ceramic material with thermal barrier property, has been applied by Plasma Spray method. Both of the motors are diesel fuel additives; Dibutyl Maleate 3%, 6%, 9%, Diethylene Glycol Dimethyl Ether 3%, 6%, 9%, ethylhexyl nitrate 3%, 6%, 9% and butanol 6%, 12%, 18% and NM as fuel additives, and on emission and performance parameters. Vessel density values, NO_x , CO, CO_2 , HC, exhaust gas temperature (EGT) and specific fuel consumption (SFC), vibration data were taken in the Coated Motor (CE) and Normal Motor (NE). Subsequently, Dibutyl Maleate was mixed with 3%, 6%, 9%, Diethylene Glycol Dimethyl Ether 3%, 6%, 9%, Ethylhexyl Nitrate 3%, 6%, 9% and Butanol 6%, 12%, 18% NO_x , CO, CO_2 , HC, smoke intensity emission values, exhaust gas temperature (EGT) and specific fuel consumption (SFC), vibration, data were obtained from the Coated Engine(KM) and Normal Engine(NM). As a result of the experiments, the obtained data was applied as an input to YSA and a mathematical model was created with the help of MATLAB Program. The validity of the program was checked and the results were compared. The interface design is done in MATLAB GUI so that YSA has a user-friendly and practical use.

Chrome oxide (Cr_2O_3) Coated engine (CE), Uncoated engine (NE); Decrease in emission values such as HC, CO, and smoke intensity and in the values of Emissions, CO_2 , NO_x emissions and EGT.

The butanol content decreased CO, NO_x , Smoke, EGT values in NE and CE. On the other hand, HC, CO_2 , Vibration and SFC values increased. Although the dibutyl maleate content of NE and CE showed a decrease in CO, HC, smoke density, EGT, vibration values,

other parameters showed an increase. Diethylene Glycol Dimethyl Ether addition showed decrease in CO, HC, smoke density, vibration values in NE and CE, but other parameters showed an increase. Ethylhexyl Nitrate contribution showed an increase in other parameters although NE, and CE showed a decrease in CO₂, smoke density, and SFC values.

According to the results obtained at the end of the study, it was seen that the emission values could be reduced without the performance loss in the diesel engines with the application of TBC. In addition, it has been shown that exhaust emissions can be reduced by using various diesel fuel additives. In addition, results were obtained at low error rates without the need to re-experiment with the help of the results obtained by mathematical modeling with YSA method. In this way, it can be seen that material losses from experimental work can be saved from time and human labor.

Keywords: Thermal Barrier Coating, Artificial Neural Networks, Diesel Engine, Butanol, Dibutyl Maleate, Diethylene Glycol Dimethyl Ether, Ethylhexyl Nitrate

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tipik bir termal bariyer kaplama sistemi, malzeme seçimi ve işlevi	6
Şekil 2.2. Sıcaklığa bağlı olarak bazı yalıtkan seramiklerin termal iletkenlik değerleri	7
Şekil 2.3. Termal bariyer kaplama prosesi genel görünümü.....	8
Şekil 2.4. Çeşitli termal sprej sistemleri için tipik alev sıcaklığı ve partikül hızı çalışma aralıkları. 9	
Şekil 2.5. Plazma sprej prosesinin şematik diyagramı	10
Şekil 2.6. Plazma sprej uygulaması.....	11
Şekil 2.7. HVOF ve Plazma Sprej yöntemleri kullanılarak, Yttria-stabilize Zirkonya (YSZ), Alüminyum Oksit (Al_2O_3) ve Krom Oksit (Cr_2O_3) kaplamaların, aşınma dirençlerinin karşılaştırılması.	13
Şekil 2.8. Krom.....	17
Şekil 4.1. Biyolojik sinir hücresinin yapısı	29
Şekil 4.2. Yapay sinir hücresinin yapısı.....	30
Şekil 5.1. Her çevrimde, pistonlu komponentlerin döngüsel ivmelenmesi ve gaz basıncından kaynaklanan motor titreşimi.....	45
Şekil 7.1. Cussons P8160 motor test düzeneği	53
Şekil 7.2. Antor 6LD 400 dizel motor	53
Şekil 7.3. Bosch marka emisyon ölçüm cihazı	54
Şekil 7.4. Extech Instruments 421502 Model K/J tipi termometre.....	55
Şekil 7.5. Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazı	56
Şekil 7.6. Motor üzerinde titreşim ölçülerinin alındığı nokta	56
Şekil 7.7. DALI LT3-P marka termal kamera.....	58
Şekil 7.8. Acros Organics %97 Dibütil Maleat.....	59
Şekil 7.9. Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE)	60
Şekil 7.10. Etilheksil Nitrat (EHN)	60
Şekil 7.11. Bütanol (B)	61
Şekil 7.12. Motor test düzeneğinin şematik görünümü.....	62
Şekil 7.13. Kaplanmamış piston	63
Şekil 7.14. Yüzeyleri Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplar.....	64
Şekil 7.16. YSA' nın model yapısı	66
Şekil 7.17. KM için oluşturulan m-file dosyaları.....	67
Şekil 7.18. MATLAB GUI çalışma alanı	68
Şekil 7.19. Tasarımı gerçekleştirilen arayüz' ün yapısı	69
Şekil 7.20. NM ve KM' de, %3 DBM katkılı, 1919 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları.....	69

Şekil 7.21. NM ve KM' de, %6 DEGDE katkılı, 2667 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları.....	70
Şekil 7.22. NM ve KM' de, %9 EHN katkılı, 3000 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları.....	70
Şekil 7.23. NM ve KM' de, %18 Bütanol katkılı, 2999 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları.....	71
Şekil 7.24. NM ve KM' de, katkısız, 2718 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları	71
Şekil 8.1. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış CO Emisyon değerleri.....	73
Şekil 8.2. (a) NM'de katkısız, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM katkısız, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	74
Şekil 8.3. NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri.....	75
Şekil 8.4. (a) NM'de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	77
Şekil 8.5. (a) NM'de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %12B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	77
Şekil 8.6. (a) NM'de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %18B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği	78
Şekil 8.7. (a) KM'de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %6B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	79
Şekil 8.8. (a) KM'de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %12B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği	79
Şekil 8.9. (a) KM'de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %18B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği	80
Şekil 8.10. NM ve KM' deki, DBM katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri	81
Şekil 8.11. (a) NM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği	82
Şekil 8.12. (a) NM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	83
Şekil 8.13. (a) NM'de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği	84
Şekil 8.14. (a) KM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	84
Şekil 8.15. (a) KM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	85

Şekil 8.16. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	85
Şekil 8.17. NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri.....	87
Şekil 8.18. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	88
Şekil 8.19. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	89
Şekil 8.20. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	90
Şekil 8.21. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	90
Şekil 8.22. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	91
Şekil 8.23. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	91
Şekil 8.24. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri.....	93
Şekil 8.25. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	94
Şekil 8.26. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	95
Şekil 8.27. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	96
Şekil 8.28. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	96
Şekil 8.29. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	97
Şekil 8.30. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği.....	97
Şekil 8.31. NM ve KM’deki, katkı kullanılmamış CO ₂ Emisyon değerleri.....	99
Şekil 8.32. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM katkısız, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	100
Şekil 8.33. NM ve KM’deki, Bütanol katkılı ve katkısız CO ₂ Emisyon değerleri.....	101
Şekil 8.34. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %6B katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	103
Şekil 8.35. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %12B katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	103

Şekil 8.36. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %18B katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	104
Şekil 8.37. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %6B katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	104
Şekil 8.38. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %12B katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	105
Şekil 8.39. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %18B katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	106
Şekil 8.40. NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız CO ₂ Emisyon değerleri.....	108
Şekil 8.41. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	109
Şekil 8.42. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	109
Şekil 8.43. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	110
Şekil 8.44. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	111
Şekil 8.45. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	111
Şekil 8.46. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	112
Şekil 8.47. NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız CO ₂ Emisyon değerleri.....	113
Şekil 8.48. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	115
Şekil 8.49. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	115
Şekil 8.50. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	116
Şekil 8.51. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	116
Şekil 8.52. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	117
Şekil 8.53. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	118
Şekil 8.54. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız CO ₂ Emisyon değerleri.....	119

Şekil 8.55. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	120
Şekil 8.56. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	121
Şekil 8.57. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	122
Şekil 8.58. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	122
Şekil 8.59. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	123
Şekil 8.60. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO ₂ emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, CO ₂ emisyonu Regresyon grafiği.....	123
Şekil 8.61. NM ve KM’deki, katkı kullanılmamış HC Emisyon değerleri.....	125
Şekil 8.62. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM katkısız, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	126
Şekil 8.63. NM ve KM’deki, Bütanol katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri.....	128
Şekil 8.64. (a) NM’de %6B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %6B, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	129
Şekil 8.65. (a) NM’de %12B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %12B, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	130
Şekil 8.66. (a) NM’de %18B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %18B, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	130
Şekil 8.67. (a) KM’de %6B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %6B, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	131
Şekil 8.68. (a) KM’de %12B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %12B, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	131
Şekil 8.69. (a) KM’de %18B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %18B, HC emisyonu Regresyon grafiği.....	132
Şekil 8.70. NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri	134
Şekil 8.71. (a) NM’de %3DBM katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %3DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği	135
Şekil 8.72. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %6DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği	136
Şekil 8.73. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %9DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği	137

Şekil 8.74. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %3DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği	137
Şekil 8.75. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %6DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği	138
Şekil 8.76. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %9DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği	138
Şekil 8.77. NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri.....	140
Şekil 8.78. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	142
Şekil 8.79. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	142
Şekil 8.80. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	143
Şekil 8.81. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	144
Şekil 8.82. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	144
Şekil 8.83. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	145
Şekil 8.84. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri	146
Şekil 8.85. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	148
Şekil 8.86. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	148
Şekil 8.87. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	149
Şekil 8.88. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	150
Şekil 8.89. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	150
Şekil 8.90. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği	151
Şekil 8.91. NM ve KM’deki, katkı kullanılmamış NO _x Emisyon değerleri.....	152
Şekil 8.92. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, NO _x emisyon değerleri, (b) NM katkısız, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	153
Şekil 8.93. NM ve KM’deki, Bütanol katkılı ve katkısız NO _x Emisyon değerleri.....	154

Şekil 8.94. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %6B katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	156
Şekil 8.95. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %12B katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	156
Şekil 8.96. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %18B katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	157
Şekil 8.97. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %6B katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	157
Şekil 8.98. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %12B katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	158
Şekil 8.99. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %18B katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	159
Şekil 8.100. NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız NO _x Emisyon değerleri.....	160
Şekil 8.101. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	161
Şekil 8.102. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	162
Şekil 8.103. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	163
Şekil 8.104. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	163
Şekil 8.105. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	164
Şekil 8.106. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	164
Şekil 8.107. NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız NO _x Emisyon değerleri.....	166
Şekil 8.108. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	168
Şekil 8.109. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	168
Şekil 8.110. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	169
Şekil 8.111. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	169
Şekil 8.112. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	170

Şekil 8.113. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	171
Şekil 8.114. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız NO _x Emisyon değerleri	172
Şekil 8.115. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	174
Şekil 8.116. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	174
Şekil 8.117. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	175
Şekil 8.118. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	175
Şekil 8.119. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	176
Şekil 8.120. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA NO _x emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, NO _x emisyonu Regresyon grafiği.....	177
Şekil 8.121. NM ve KM’deki, katkı kullanılmamış Duman yoğunluğu değerleri.....	178
Şekil 8.122. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM katkısız, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	179
Şekil 8.123. NM ve KM’deki, Bütanol katkılı ve katkısız Duman yoğunluğu değerleri.....	180
Şekil 8.124. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6B katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	181
Şekil 8.125. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %12B katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	182
Şekil 8.126. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %18B katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	183
Şekil 8.127. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6B katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	183
Şekil 8.128. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %12B katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	184
Şekil 8.129. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %18B katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	184
Şekil 8.130. NM ve KM’deki, Bütanol katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri.....	186
Şekil 8.131. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	187
Şekil 8.132. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	188

Şekil 8.133. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	188
Şekil 8.134. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	189
Şekil 8.135. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	189
Şekil 8.136. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	190
Şekil 8.137. NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri	192
Şekil 8.138. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	193
Şekil 8.139. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	194
Şekil 8.140. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği.....	194
Şekil 8.141. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, duman emisyonu Regresyon grafiği.....	195
Şekil 8.142. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, duman emisyonu Regresyon grafiği.....	196
Şekil 8.143. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, duman emisyonu Regresyon grafiği.....	196
Şekil 8.144. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri	198
Şekil 8.145. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	199
Şekil 8.146. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	199
Şekil 8.147. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	200
Şekil 8.148. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	201
Şekil 8.149. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	201
Şekil 8.150. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, Duman emisyonu Regresyon grafiği	202
Şekil 8.151. NM ve KM’deki, katkı kullanılmamış EGS değerleri	203

Şekil 8.152. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, EGS değerleri, (b) NM katkısız, EGS değerleri Regresyon grafiği	204
Şekil 8.153. NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız EGS değerleri	205
Şekil 8.154. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği.....	206
Şekil 8.155. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %12B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği.....	207
Şekil 8.156. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %18B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği.....	208
Şekil 8.157. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği.....	208
Şekil 8.158. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %12B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği.....	209
Şekil 8.159. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %18B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği.....	210
Şekil 8.160. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız EGS değerleri	211
Şekil 8.161. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	212
Şekil 8.162. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	213
Şekil 8.163. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	213
Şekil 8.164. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	214
Şekil 8.165. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	215
Şekil 8.166. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	215
Şekil 8.168. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız EGS değerleri	217
Şekil 8.169. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	218
Şekil 8.170. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	218
Şekil 8.171. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	219

Şekil 8.172. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	220
Şekil 8.173. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	220
Şekil 8.174. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	221
Şekil 8.175. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız EGS değerleri	223
Şekil 8.176. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	224
Şekil 8.177. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	224
Şekil 8.178. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	225
Şekil 8.179. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	226
Şekil 8.180. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	226
Şekil 8.181. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği	227
Şekil 8.182. NM ve KM’deki, katkı kullanılmamış ÖYT değerleri	229
Şekil 8.183. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM katkısız, ÖYT değerleri Regresyon grafiği	229
Şekil 8.184. NM ve KM’deki, Bütanol katkılı ve katkısız ÖYT değerleri	231
Şekil 8.185. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	232
Şekil 8.186. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %12B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	233
Şekil 8.187. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %18B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	234
Şekil 8.188. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	234
Şekil 8.189. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %12B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	235
Şekil 8.190. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %18B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	235
Şekil 8.191. NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız ÖYT değerleri.....	237

Şekil 8.192. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	238
Şekil 8.193. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	239
Şekil 8.194. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	239
Şekil 8.195. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	240
Şekil 8.196. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	241
Şekil 8.197. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	241
Şekil 8.198. NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız ÖYT değerleri	243
Şekil 8.199. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	244
Şekil 8.200. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	245
Şekil 8.201. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	245
Şekil 8.202. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	246
Şekil 8.203. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	247
Şekil 8.204. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	247
Şekil 8.205. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız ÖYT değerleri.....	249
Şekil 8.206. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	250
Şekil 8.207. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	251
Şekil 8.208. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	251
Şekil 8.209. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	252
Şekil 8.210. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	252

Şekil 8.211. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği.....	253
Şekil 8.212. NM ve KM’ deki, katkı kullanılmamış Titreşim değerleri	255
Şekil 8.213. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM katkısız, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	256
Şekil 8.214. NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız titreşim değerleri	257
Şekil 8.215. (a) NM’de %6B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6B, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	258
Şekil 8.216. (a) NM’de %12B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %12B, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	258
Şekil 8.217. (a) NM’de %18B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %18B, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	259
Şekil 8.218. (a) KM’de %6B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6B, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	260
Şekil 8.219. (a) KM’de %12B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %12B, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	260
Şekil 8.220. (a) KM’de %18B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %18B, titreşim değerleri Regresyon grafiği.....	261
Şekil 8.221. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız titreşim değerleri.....	262
Şekil 8.222. (a) NM’de %3DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %3DBM, titreşim Regresyon grafiği.....	263
Şekil 8.223. (a) NM’de %6DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6DBM, titreşim Regresyon grafiği.....	264
Şekil 8.224. (a) NM’de %9DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %9DBM, titreşim Regresyon grafiği.....	265
Şekil 8.225. (a) KM’de %3DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %3DBM, titreşim Regresyon grafiği.....	265
Şekil 8.226. (a) KM’de %6DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6DBM, titreşim Regresyon grafiği.....	266
Şekil 8.227. (a) KM’de %9DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %9DBM, titreşim Regresyon grafiği.....	266
Şekil 8.228. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız titreşim değerleri	268
Şekil 8.229. (a) NM’de %3DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %3DEGDE, titreşim Regresyon grafiği.....	269
Şekil 8.230. (a) NM’de %6DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6DEGDE, titreşim Regresyon grafiği.....	269

Şekil 8.231. (a) NM’de %9DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %9DEGDE, titreşim Regresyon grafiği.....	270
Şekil 8.232. (a) KM’de %3DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %3DEGDE, titreşim Regresyon grafiği.....	271
Şekil 8.233. (a) KM’de %6DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6DEGDE, titreşim Regresyon grafiği.....	271
Şekil 8.234. (a) KM’de %9DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %9DEGDE, titreşim Regresyon grafiği.....	272
Şekil 8.235. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız titreşim değerleri.....	273
Şekil 8.236. (a) NM’de %3EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %3EHN, titreşim Regresyon grafiği.....	274
Şekil 8.237. (a) NM’de %6EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6EHN, titreşim Regresyon grafiği.....	275
Şekil 8.238. (a) NM’de %9EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %9EHN, titreşim Regresyon grafiği.....	275
Şekil 8.239. (a) KM’de %3EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %3EHN, titreşim Regresyon grafiği.....	276
Şekil 8.240. (a) KM’de %6EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6EHN, titreşim Regresyon grafiği.....	277
Şekil 8.241. (a) KM’de %9EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %9EHN, titreşim Regresyon grafiği.....	277
Şekil 8.242. (a) NM’nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM’nin %6B katkılı termal görüntüsü..	279
Şekil 8.243. (a) NM’nin %12B katkılı termal görüntüsü, (b) NM’nin %18B katkılı termal görüntüsü.....	280
Şekil 8.244. (a) KM’nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM’nin %6B katkılı termal görüntüsü..	280
Şekil 8.245. (a) KM’nin %12B katkılı termal görüntüsü, (b) KM’nin %18B katkılı termal görüntüsü.....	281
Şekil 8.246. (a) NM’nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM’nin %3DBM katkılı termal görüntüsü.....	281
Şekil 8.247. (a) NM’nin %6DBM katkılı termal görüntüsü, (b) NM’nin %9DBM katkılı termal görüntüsü.....	282
Şekil 8.248. (a) KM’nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM’nin %3DBM katkılı termal görüntüsü.....	282
Şekil 8.249. (a) KM’nin %6DBM katkılı termal görüntüsü, (b) KM’nin %9DBM katkılı termal görüntüsü.....	283

Şekil 8.250. (a) NM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM'nin %3 DEGDE katkılı termal görüntüsü.....	284
Şekil 8.251. (a) NM'nin %6 DEGDE katkılı termal görüntüsü, (b) NM'nin %9 DEGDE katkılı termal görüntüsü.....	284
Şekil 8.252. (a) KM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM'nin %3 DEGDE katkılı termal görüntüsü.....	285
Şekil 8.253. (a) KM'nin %6 DEGDE katkılı termal görüntüsü, (b) KM'nin %9 DEGDE katkılı termal görüntüsü.....	285
Şekil 8.254. (a) NM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM'nin %3 EHN katkılı termal görüntüsü	286
Şekil 8.255. (a) NM'nin %6 EHN katkılı termal görüntüsü, (b) NM'nin %9 EHN katkılı termal görüntüsü.....	287
Şekil 8.256. (a) KM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM'nin %3 EHN katkılı termal görüntüsü	287
Şekil 8.257. (a) KM'nin %6 EHN katkılı termal görüntüsü, (b) KM'nin %9 EHN katkılı termal görüntüsü.....	288

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Cr ₂ O ₃ ‘e ait fiziksel özellikler	19
Tablo 3.1. Dibütil Maleat(DBM)’ nin özellikleri	24
Tablo 3.2. Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE)’ in özellikleri	25
Tablo 3.3. 2-Etilheksil nitrat (2EHN)’ in özellikleri	26
Tablo 3.4. 1-Bütanol(B)’ ün özellikleri	27
Tablo 7.1. Antor 6LD 400 dizel motoruna ait teknik özellikler	54
Tablo 7.2. Bosch BAE 350 egzoz emisyon ölçüm cihazının ölçüm aralığı ve hassasiyeti	55
Tablo 7.3. Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazının teknik verileri	57
Tablo 7.4. DALI LT3-P marka termal kameranın teknik özellikleri.....	58
Tablo 7.5. Plazma sprey işleminin parametreleri.....	63
Tablo 8.1. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları	80
Tablo 8.3. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları	92
Tablo 8.4. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları	98
Tablo 8.5. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki CO ₂ emisyonlarının YSA sonuçları.....	106
Tablo 8.6. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki CO ₂ emisyonlarının YSA sonuçları	112
Tablo 8.7. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki CO ₂ emisyonlarının YSA sonuçları	118
Tablo 8.8. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki CO ₂ emisyonlarının YSA sonuçları	124
Tablo 8.9. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları	133
Tablo 8.10. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları	139
Tablo 8.11. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları	145
Tablo 8.12. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları	151
Tablo 8.13. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki NO _x emisyonlarının YSA sonuçları	159

Tablo 8.14. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki NO _x emisyonlarının YSA sonuçları	165
Tablo 8.15. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki NO _x emisyonlarının YSA sonuçları	171
Tablo 8.16. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki NO _x emisyonlarının YSA sonuçları	177
Tablo 8.17. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki Duman emisyonlarının YSA sonuçları	185
Tablo 8.18. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki duman emisyonlarının YSA sonuçları	191
Tablo 8.19. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki duman emisyonlarının YSA sonuçları	197
Tablo 8.20. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki duman emisyonlarının YSA sonuçları	202
Tablo 8.21. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki EGS değerleri YSA sonuçları	210
Tablo 8.22. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki EGS değerlerinin YSA sonuçları ..	216
Tablo 8.23. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları	221
Tablo 8.24. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları	227
Tablo 8.26. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları .	242
Tablo 8.27. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları	248
Tablo 8.28. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları	254
Tablo 8.29. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları	261
Tablo 8.30. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları	267
Tablo 8.31. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları	272
Tablo 8.32. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları	278

KISALTMALAR LİSTESİ

EGS	: Egzoz Gaz Sıcaklığı
HFK	: Hava fazlalık katsayısı
HVOF	: Yüksek Hızlı Oksi Yakıt Püskürtme
KM	: Kaplanmış Motor
LPG	: Likit Petrol Gazları
MSE	: Ortalama karesel hata
NM	: Normal Motor
ÖYT	: Özgül Yakıt Tüketimi
PPM	: Milyondaki Partikül Miktarı
TBK	: Termal Bariyer Kaplama
YSA	: Yapay Sinir Ağı
B	: Bütanol
DBM	: Dibütil Maleat
DEGDE	: Dietilen Glikol Dimetil Eter
EHN	: Etilheksil Nitrat
IF	: İnorganik Fraksiyon
SOF	: Çözülebilir Organik Fraksiyon

SEMBOLLER LİSTESİ

Al₂O₃	: Alüminyum oksit
C	: Karbon
CaO	: Kalsiyum oksit
CO	: Karbon Monoksit
CO₂	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Cr₂O₃	: Krom Oksit
HC	: Hidrokarbon
MgO	: Magnezyum oksit
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
NO_x	: Azot oksit
SiC	: Silisyum karbür
ZrO₂	: Zirkonyum Oksit
µm	: Tane boyutu

1. GİRİŞ

Gelişmişlik düzeyi yüksek ve gelişmekte olan ülkelerin, en önemli tüketim maddelerinden biri olan enerjinin önemi, sürekli artış göstermektedir. Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin devam etmesi ve insan yaşamının konforlu şekilde devam ettirilebilmesi için doğrudan ve dolaylı olarak enerji tüketimi gerçekleştirilmesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan enerjinin, günümüzde giderek tükenmekte olan fosil yakıtlardan elde edildiği gerçeği düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve mevcut enerji kullanım metotlarının modernizasyonu konuları gittikçe önem kazanmaktadır.

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı petrolden karşılanmaktadır. Petrolün önemli bir kısmı ise motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Petrol rezervleri, artan nüfusa paralel olarak, gelişen teknoloji ve yeniliklerden dolayı aşırı kullanım sonucu hızla tükenmektedir. Ayrıca bu artışa paralel olarak egzoz emisyonları da artış göstermiştir. Bu artış hava kirliliğini etkileyen en önemli etkenlerin başında yer almaktadır[1]. Motorlu taşıtlar, çevreyi; egzoz emisyonu, yakıt yağ buharı, kurşun bileşikleri, asbest ve lastik tozları, aşınma, paslanma ve korozyon sonucu oluşan gaz, sıvı ve katı atıklarla kirlenmektedir. Bu kirleticilerden en etkin, zararlı ve yoğun olanları egzoz gazında bulunan CO, HC, NO_x ve PM (is, duman vb.) emisyonlarıdır[2]. Açığa çıkan bu zararlı emisyonlar, insan ve canlı ekosistemi olumsuz yönde etkilemektedir.

Azalan fosil yakıt kaynakları ve artan emisyon miktarları ile birlikte, insanlık bu sorunların çözümüne yönelik araştırmalara öncelik vermektedir. Günümüzde bu konuda, içten yanmalı motorların; yakıt tüketimini azaltmaya, verimlerini arttırmaya, daha az hammadde ile üretimlerini gerçekleştirmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

İçten yanmalı motorlarda, egzoz emisyon miktarlarındaki artışın sebeplerinden biride, yanma odası içerisinde, yakıtın tam olarak yakılamamasıdır. Yeterli yanma olmaması; yakıt tüketiminin artmasına ve açığa çıkan egzoz gazı miktarının artmasına sebep olmaktadır. Yanma performansının optimizasyon parametreleri genellikle yanma veriminin artırılması veya kirleticiler emisyon miktarının azaltılmasına yöneliktir[3]. Yanma odasında termal verimi artırma amacıyla, yanma odası elemanları yüzey modifikasyon yöntemleri kullanılarak; termal yalıtım, düşük sürtünme ve yüksek aşınma direncine sahip ince bir tabaka şeklinde kaplandığında, enerji kayıpları azaltılıp yüzey deformasyonları minimize edilebilmektedir.

Yüzey modifikasyon yöntemlerinden biri de, malzeme yüzeylerinin kaplanması yöntemidir. İçten yanmalı motorlarda çeşitli yöntemlerle yanma odası elemanları seramik malzemelerle kaplanmaktadır. Bu yöntemlerin başında Termal Bariyer Kaplamalar (TBK) gelmektedir. Termal Bariyer Kaplamalar (TBK), metal bileşenlerin sıcak bölümlerinin güvenilirliklerini ve dayanıklılıklarını artırmak, motorlarda da verim ve performansı yükseltmek için kullanılır[4]. Alternatif taşıt motorlarında, yanma odası elemanlarının termal korunması için; yanma odasındaki piston, supap ve üst gömlek gibi elemanlarda seramik kaplamalar başarı şekilde geliştirilmektedir[5].

Son yıllarda, çeşitli araştırmacılar tarafından mevcut dizel motorlarda yakıt olarak farklı enerji kaynakları kullanmak için ciddi çaba gösterilmektedir. Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak biyodizel, doğal gaz, etanol, metanol, bütanol, hidrojen ve LPG kullanılmaktadır. Özellikle etanol, metanol, bütanol gibi alkoller temiz bir yakıt olmaları nedeniyle dizel motorlarda dizel yakıtına belirli oranlarda katılarak kullanılmaktadır[6]. Alternatif yakıtlara ek olarak, bu yakıtlara; egzoz emisyonlarını azaltmak, yanma verimini yükseltmek ve fosil yakıtlara bağılılığı azaltmak amacıyla eklenmek üzere çeşitli yakıt katkıları üzerine çalışmalar yapılmaktadır[7]. Dizel yakıtı çok farklı hidrokarbonlardan oluştukları için kaynama sıcaklıkları sabit değildir. Buna karşılık alkollerin tek bir kaynama noktaları vardır ve aynı özellikteki yapıya sahip moleküllerden oluşmuş bir maddedir. Bu sebepten dolayı da alkoller, dizel yakıtına oranla daha çok buharlaşır ve temiz yanar. Böylece çevre ve hava kirliliğinin azalmasında olumlu etki yaparlar[6].

Dünya üzerinde yapılan; fosil yakıtların kullanımını ve zararlı emisyon gazlarının salınımlarını azaltmaya yönelik çalışmalar, giderek hız kazanmaktadır. Bu çalışmalar, dünya üzerindeki birçok bilim insanı tarafından aynı anda, yüksek maliyetler kullanılarak, uzun süreçler harcanarak yapılmaktadır. Teknolojik gelişmelerin hızla artması ile yapılan deneysel çalışmaların yerine, çeşitli matematiksel modellemeler ve yazılım programları yardımıyla doğru sonuçlara ulaşılabileceği görülmektedir. Bilgisayar teknolojisinin günümüze kadarki aşamalarında da görülen hep daha mükemmele ulaşma arzusudur. Bilim adamları vardıkları mükemmeliyetin son noktasını hep tabiatta bulmuş ve kendilerine tabiatta var olanları örnek olarak seçmişlerdir. İşte bilgisayar teknolojisinde de ulaşılmak istenen nokta insan beyninin gerçekleştirdiği fonksiyonları ve işlevleri yerine getirebilen bir yazılım ortaya koymaktır. Bunun başlıca nedeni insan beyninin; düşünme, var olan bilgi ve tecrübelerden sonuç çıkarma, karar verme gibi işlemleri yerine getirebilmesi ve bunları mili hatta nano saniyeler mertebesinde gerçekleştirme becerisidir[8]. YSA ile insan beyninin

düşünce yapısı taklit edilerek, verilerle öğrenme ve oluşturulan matematiksel model ile sonuç çıkarma amaçlanmaktadır. Yapay sinir ağı (YSA) tekniği, son derece karmaşık ve tanımlanmamış problemlerin, mühendislik analizinin ve tahmininin modellenmesinde alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. YSA' lar ilgili sorunun fiziksel ilişkisinin kesin bir formülasyonu gerektirmez. Başka bir deyişle, sadece sorunun çözüm örneklerine ihtiyaç duyarlar[9].

Bu çalışmanın amacı, öğrenme yoluyla tahmini değerler üretebilen YSA' ları kullanarak, içten yanmalı bir motorda farklı koşullarda ve farklı yakıtlar ile çalışma koşullarında, motorun matematiksel modellerini oluşturarak, binlerce deneysel çalışma yapmaya gerek duymaksızın, motorun tüm devirlerde istenen parametre değerlerini elde edebilmektir.

Deneysel çalışmada kullanılacak olan motorlar; Normal Motor (NM) ve Kaplamalı Motor (KM) olarak adlandırılmıştır. Kaplamalı Motor (KM) olarak adlandırılan motorda; yanma odası elemanlarından piston ve supapların yanma odasına bakan yüzeyleri, seramik madde olan, krom oksit (Cr_2O_3) ile kaplanarak; aşınmaya, korozyona, yüksek sıcaklığa dayanıklı, termal bariyer özelliğine sahip yüzeyler elde edilmiştir. Kaplama metodu olarak; toz halindeki malzemenin hızlandırılarak kinetik enerji ortaya çıkarılması ve bu enerjiyle kaplanacak yüzeye çarptırılması mantığına dayanan Plazma Sprey tekniği kullanılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada, oksijence zengin dizel yakıt katkılarının farklı oranlarda yakıt katılması ile motor parametreleri üzerindeki etkileri, deneysel olarak belirlenmiştir. Yakıt katkısı olarak; Dibutil Maleat %3, %6, %9, Dietilen Glikol Dimetil Eter %3, %6, %9, Etilheksil Nitrat %3, %6, %9 ve Bütanol %6, %12, %18, oranlarında karıştırılmıştır. Ölçümler hem Kaplamalı Motor (KM), hem de Normal Motor (NM)' da gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışmalar sırasında, NO_x , CO, CO_2 , HC, $\dot{Q}_s$, Özgül Yakıt Tüketim (ÖYT), Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS) ve Motor Titreşimi, ölçüm parametreleri olarak belirlenmiş ve belirlenen devir aralıklarında bu parametrelerin eş zamanlı ölçümleri alınmıştır.

Kaplamalı Motor (KM)' dan ve Normal Motor (NM)' dan alınan tüm deneysel veriler, MATLAB Programında hazırlanan yazılıma girilerek, YSA' da öğrenmeyi gerçekleştirmek amaçlı kullanılmıştır. YSA' da öğrenme işlemi gerçekleştikten sonra, Kaplamalı Motor (KM)' da ve Normal Motor(NM)' da, katkılı ve katkısız yakıt olarak bütün devirlerindeki NO_x , CO, CO_2 , HC, $\dot{Q}_s$, Özgül Yakıt Tüketim (ÖYT), Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS) ve Motor Titreşimi verileri, bilgisayar ortamında, vakit ve maddi bir kayıp olmaksızın, elde edilebilir hale gelmiştir. Kullanıcı tarafından kolayca anlaşılabilir ve sade bir arayüz tasarımı

MATLAB GUI Programında yapılmıştır. Elde edilen deneysel veriler ile YSA' nın tahmin ettiği veriler kıyaslanarak hata analizi yapılmıştır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde tez konusuna giriş yapılmış, ikinci bölümünde TBK, TBK yöntemleri, TBK'larda kullanılan seramik malzemeler anlatılmıştır. Üçüncü bölümde yakıt katkıları, yakıt katkılarının performans ve emisyon üzerindeki etkileri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde; YSA, YSA' nın yapısı, YSA çeşitleri anlatılmıştır. Beşinci bölümde motor emisyonları, motor titreşimi, ÖYT ve EGS anlatılmıştır. Altıncı bölümde literatür taraması yapılmış ve daha önce yapılmış çalışmalarla yapılan çalışma desteklenmiştir. Yedinci bölümde çalışmanın materyal metot kısmı anlatılmıştır; deneysel çalışmalarda kullanılan ölçüm araçları, test prosedürleri anlatılmıştır. Ayrıca bu bölümde YSA'da ve MATLAB GUI'de hazırlanan programların tasarım aşamaları anlatılmıştır. Sekizinci bölümde, deney çalışma bulguları ve MATLAB programından elde edilen bulgular grafik biçiminde oluşturularak yorumlanmıştır ve bu grafikler üzerinden çıkan sonuçlar analiz edilmiştir. Sonuç ve öneriler bölümünde ise yapılan çalışmanın sonuçları özetlenip, çalışma çıktısının faydalı katkılarından bahsedilerek tez sonuçlandırılmıştır.

2. TERMAL BARIYER KAPLAMA

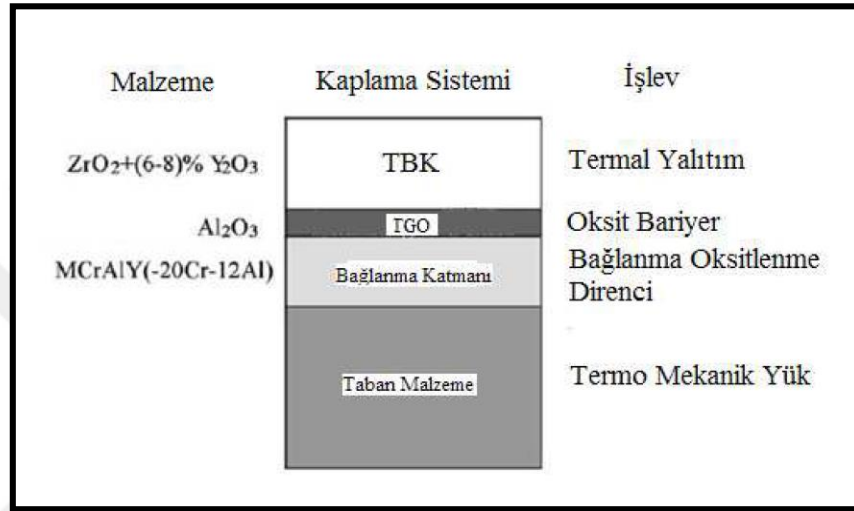
Termal bariyer kaplama malzemeleri yüksek sıcaklık, geniş sıcaklık aralığı, gerilme ve korozyon ortam gibi zorlu çevre koşullarına dayanmak zorundadır. Bu koşulları tek başına karşılayabilecek bir kaplama mümkün olmadığından farklı katmanlardan oluşan termal bariyer kaplama sistemleri geliştirilmiştir. Yüksek sıcaklıklardaki oksitleyici ve korozyon ortamlarda uzun vadede verim sağlayabilmek için araştırmalar, 1970'li yıllardan itibaren kaplanacak parça üzerinde üç ayrı katmandan oluşan kaplama sistemlerine odaklanmıştır. Bu üç katman parça üzerinde sırasıyla parçanın seramik üst katmana tutunmasını sağlayan bağlanma katmanı, seramik üst katman ile bağlanma katmanı arasında yapışmayı sağlayan ince ısıl etkiyle büyüyen oksit katmanı ve düşük termal iletkenliğinden dolayı mükemmel termal yalıtım sağlayan seramik üst katmandır[10].

Termal bariyer kaplamaların temel işlevi gaz türbini, dizel motor gibi yüksek sıcaklık koşullarında çalışan sistemlerin metalik bileşenlerini korumaktır. Termal bariyer kaplamalar sayesinde metalik bileşenlerin yüzey sıcaklığını, kaplamanın kalınlığına ve termal özelliklerine bağlı olarak 100 – 3000 °C civarında düşürmek mümkündür. Sıcaklıktaki bu düşüş, metalik bileşenlerin yüksek sıcaklıklardaki oksitlenme hızı ve mekanik mukavemeti göz önüne alındığında kayda değerdir[11].

Geleneksel termal bariyer kaplamalar genellikle iki katmandan oluşmaktadır. İlk katman bağlanma katmanı olarak adlandırılır. Termal bariyer kaplamalar genel olarak, ana metal üzerine kaplanmış MCrAlY bağ kaplama üzerine oluşturulan, bir oksit tabakası şeklindedir[12]. Günümüzde bağ kaplamaların çoğu MCrAlY kompozisyonu veya nadiren basit alümina ile platin-alümina difüzyon kaplama şeklindedir. Oksit tabakasının kalınlığı, türbin uygulamalarında ~300 µm'den, dizel motorlarda ~2 mm'ye kadar değişebilmektedir. Oksit tabakası (üst kat) malzemesi olarak genellikle zirkonyum oksit (ZrO_2) veya nadiren alümina (Al_2O_3) kullanılmaktadır[13]. Günümüzde kalınlığı 1mm'yi aşan daha kalın termal bariyer kaplamalar ile metalik bileşenlerin çalışma sıcaklığında sağlanan düşüş, geleneksel kaplamaların sağladığı değer olan 1700 °C' den daha yüksek değerlere ulaşmıştır[14]. Şekil 2.1' de tipik bir termal bariyer kaplama sistemi, malzeme seçimi ve işlevi görülmektedir.

Termal bariyer kaplamalar, MCrAlY genel bileşimine sahiptir. Bileşimdeki nikel ve kobalt miktarı değişebilmekle birlikte ağırlıkça toplamaları %55-60 arasındadır. Krom içeriği %30-35 arasında değer alırken alüminyum miktarı %10 civarındadır. İtiryum ise bileşimde

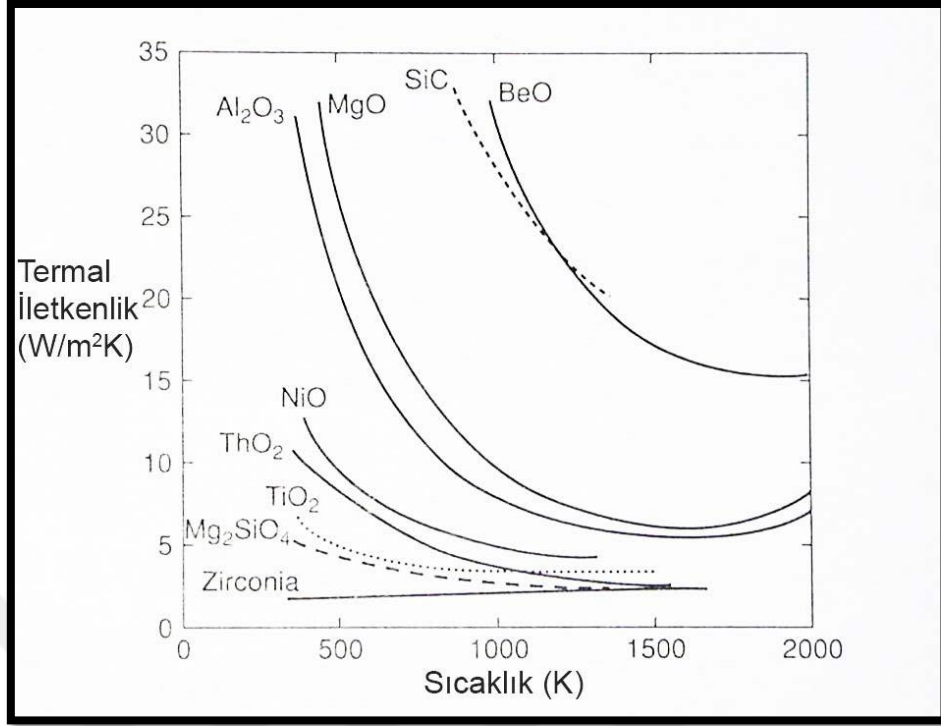
%0,5 dolayında bulunur[15]. Bağlanma katmanının işlevi seramik katman ile taban malzeme arasındaki uyumsuzluğu azaltarak daha iyi bir bağlanma sağlamaktır. Bağlanma katmanının üzerine seramik katman atılması sırasında ara yüzeyde TGO (Sıcaklıkla büyüyen oksit) adı verilen bir oksit tabakası oluşur ve bu tabaka metalik katman ile seramik katmanın bağlanmasını sağlar. Oluşan oksidin bileşimi Al_2O_3 ' tür. Kalınlığı 0,5 ile $10\mu m$ arasında değişir ve kaplama ısıya maruz kaldıkça kalınlığı artar[16].



Şekil 2.1. Tipik bir termal bariyer kaplama sistemi, malzeme seçimi ve işlevi [17]

Sistemde ısı yalıtımını sağlamak seramik katmanın görevidir. Bu amaç doğrultusunda etkin kaplamalar üretebilmek için kullanılan malzemenin düşük termal iletkenliğe sahip olması önemlidir. Günümüzde bu katman için zirkonyum oksit (ZrO_2) kullanılmaktadır. Oksit tabakası olarak kullanılabilecek çeşitli termal yalıtkan seramik malzemelerin çok kristal formda sıcaklığa bağlı termal iletkenlik değişimleri Şekil 2.2’de verilmiştir. Gösterilen bu malzemelerin termal iletkenlik değerleri 1-30 W/mK arasında değişmekte olup, zirkonyum oksit 2 W/mK değeri ile en düşük olanıdır[18].

Isı yalıtımını etkileyen diğer önemli etken ise kaplamanın kalınlığıdır. Sıcaklıktaki düşüş kaplama kalınlığıyla doğru orantılıdır. Bu nedenle daha kalın kaplamalar ısıyı daha iyi yalıtır. Ancak kaplama kalınlığını sınırlayan üç sebep vardır. Bunların ilki kalın kaplamanın sebep olacağı fazla ağırlıktır ki bu fazlalık türbin kanadı gibi dönen parçalar için sakıncalıdır. İkinci olarak kaplama kalınlığıyla kalıntı gerilme artar ve bu artış kaplamayı bozulmaya daha yatkın hale getirir. Üçüncü önemli gerekçe ise kaplamanın yalıtkanlığı arttıkça yüzey sıcaklığının artmasıdır. Bu durum kaplamada muhtemel bir sinterlenmeye ve bununla ilişkili yapısal ve ısısal sorunlara yol açmaktadır[14].

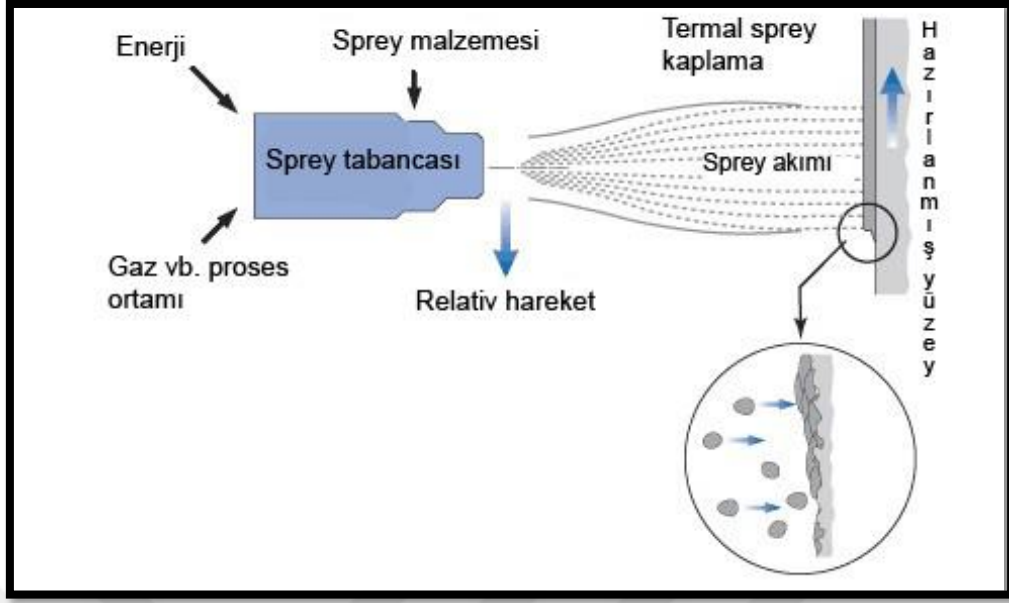


Şekil 2.2. Sıcaklığa bağlı olarak bazı yalıtkan seramiklerin termal iletkenlik değerleri [18]

Termal bariyer kaplamaların faydaları şu şekilde özetlenebilir:

- Daha yüksek gaz sıcaklığı,
- Metalik parça içinde daha az soğutucu akışı,
- Metal yüzeyindeki sıcaklık farkının azaltılması,
- Sıcak korozyona karşı yüksek direnç,
- Metali saldırgan korozif ortamdan iyi bir şekilde koruma,
- Yüksek oksidasyon direnci.

Bu pozitif etkilerin ışığında, termal verimde artış, düşük emisyon salınımına sahip motorlar, düşük yakıt tüketimi, motor parçalarının kullanım ömürlerinde artış gibi önemli sonuçlar elde edilebilmektedir.



Şekil 2.3. Termal bariyer kaplama prosesi genel görünümü

Bir termal bariyer kaplamada, ısı yalıtım görevini yerine getirecek olan katman seramik katmandır. Bu katmanı oluşturacak malzemenin seçimi, kaplama verimini etkileyen en önemli faktördür. Kaplama verimini etkileyen diğer bir faktör ise kaplama prosesinin metodudur. Mevcut yöntemlerden bazıları, elektron ışınli fiziksel buhar çökeltmesi (EB-PVD), yüksek hızlı oksijenli yakıt (HVOF), hava plazma spreyl (APS) ve vakum plazma spreylini (VPS) içerir[19]. Farklı spreyleme teknikleri, ısı kaynağı tarafından sağlanan farklı sıcaklıklar ve farklı parçacık hızlarına sahiptirler, uygulamanın maliyeti, kullanım gereksinimleri, kaplama cinsi gibi faktörlere bağılı olarak uygun teknik seçilmelidir. Şekil 2.3’ de, termal bariyer kaplama prosesi genel görünümü görölmektedir.

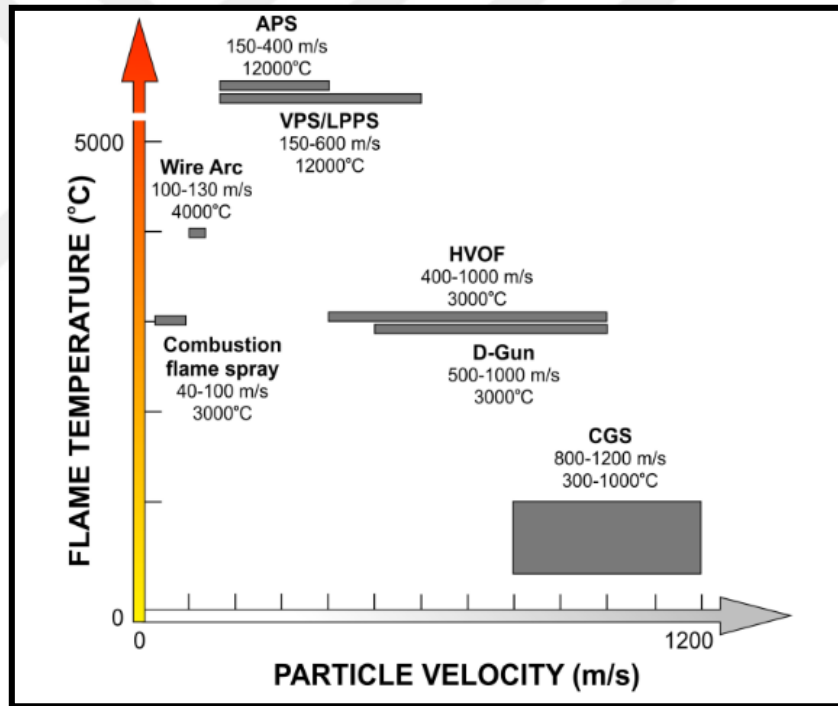
2.2. Termal Bariyer Kaplama Yöntemleri

Termal püskürtme, kaplamanın eritilmiş veya yarı erimiş damlacıklardan oluştuğı tüm yöntemleri tanımlamak için genel bir terimdir. Termal püskürtmede, malzeme bir püskürtme tabancası tarafından üretilen alev içine beslenen toz, tel veya çubuk biçimindedir, burada erir ve oluşan damlacıklar kaplanacak olan alt tabakaya doğru hızlandırılır. Ateşin termal ve kinetik enerjisi ya yakıt gazı ve oksijen karışımlarını yakarak ya da bir elektrik güç kaynağı kullanarak üretilebilir.

Enerji kaynağına bağılı olarak, termal spreyl yöntemleri birkaç ana gruba ayrılabilir:

- Plazma sprej yöntemleri (APS, VPS, LPPS),
- Alev sprej yöntemleri (FPS, FWS)
- Yüksek hız oksijen / hava - Yakıt yöntemleri (HVOF/HVAF)
- Ark sprej yöntemleri
- Soğuk gaz yöntemleri (CGS)

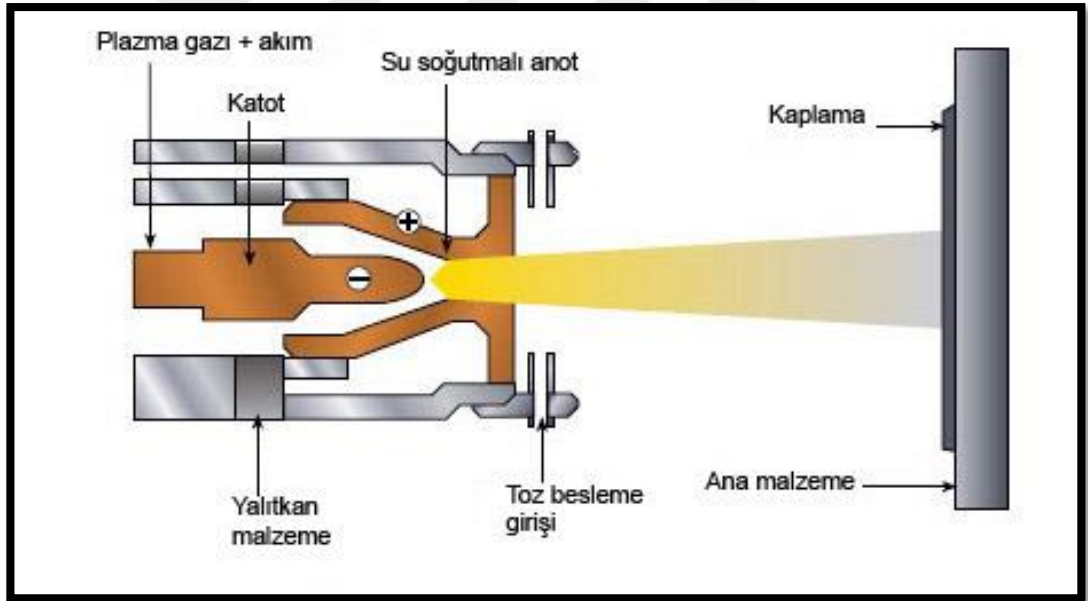
Kaplama yassı, hızlı katılaşmış damlacıklardan oluşturulduğu için hız önemli bir rol oynamaktadır. Elde edilen lamelle yapıları kaplamanın yoğunluğu için, alev sıcaklığı püskürtülecek uygun malzemeler üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Seramik kaplamalar çoğunlukla Atmosferik plazma sprej yöntemi kullanılarak imal edilirken, sermetler gibi ısıya duyarlı malzemeler daha tercihen alev sıcaklığı düşük olan yöntemlerle püskürtülür[20].



Şekil 2.4. Çeşitli termal sprej sistemleri için tipik alev sıcaklığı ve partikül hızı çalışma aralıkları[21]

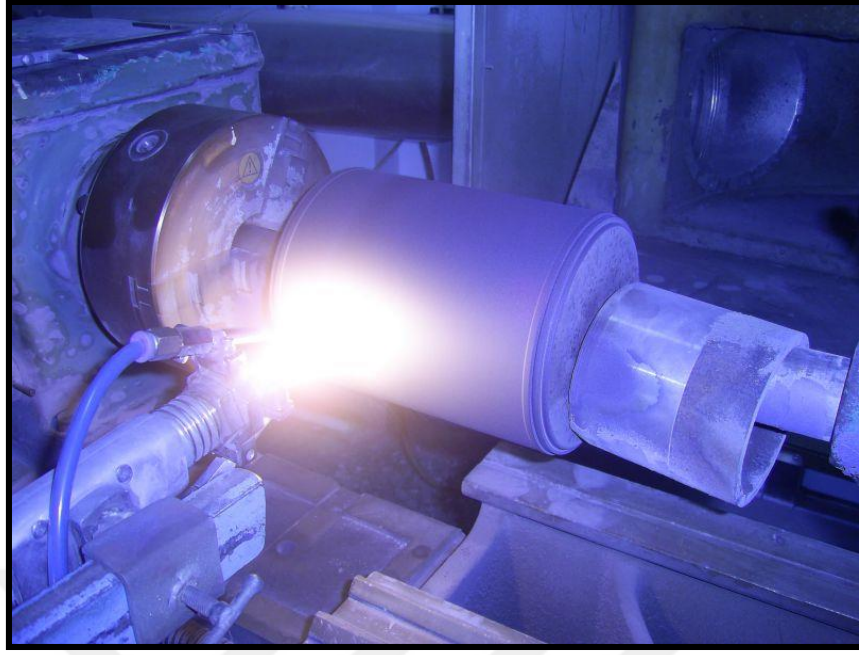
2.2.1. Atmosferik Plazma Sprey Yöntemi

Plazma, eşit sayıda serbest elektron ve pozitif iyon bulunduran, genellikle maddenin dördüncü hali olarak adlandırılan yoğunlaştırılmış bir gazdır. Plazma püskürtme kaplama ise; metallerin çeşitli tozlarla kaplanarak aşınmaya, oksitlenmeye, korozyona ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzeme üretiminde yaygın olarak kullanılan bir ısı püskürtme yöntemidir[22]. Kaplama malzemesi için ısı kaynağı ve itici madde olarak plazma oluşturu bir gaz (tipik olarak argon veya azot) kullanır. Tabancanın içindeki bir anot ve katod arasında yüksek voltajlı bir ark meydana gelir ve bu gaz daha sonra birbirine yakın / farklı uçlu nozul boyunca zorlanır. Gaz memeden çıktığında, doğal haline geri döner ve büyük miktarda ısıyı serbest bırakır. Toz haline getirilmiş kaplama materyali sıcak gaz akımına enjekte edilir, burada, eritilir ve hazırlanmış bir alt katman üzerine yüksek hızda fırlatılır[20]. Şekil 2.5’ de plazma sprej tekniğinin şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 2.5. Plazma sprej prosesinin şematik diyagramı

Bu sistemin kullanılmasındaki esas amaç, yüksek sıcaklıklara ulaşılarak ergime noktası yüksek maddelerin püskürtülebilmesidir. Bu yöntemle kaplaması yapılacak olan maddeler genellikle toz formundadır ve bu tozları yanma odasına ulaştırmak amacıyla taşıyıcı bir gaza ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.6’ da, plazma sprej uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.6. Plazma sprej uygulaması[23]

Plazma sprej tekniği ile elde edilen termal bariyer kaplamanın mikroyapısı proses parametrelerine güçlü bir şekilde bağlıdır. Kaplama, katmanlar arası ve küresel gözenekler, kaplamanın soğuması sırasında meydana gelen termal kalıntı gerilmelerden kaynaklanan kaplama yüzeyine dik katmanlar arası çatlaklar içerir. Oluşan gözenek ağı, ve katmanlar arası paralel çatlaklar, kaplamanın düşük termal iletkenliğe sahip olmasında en etkili rolü oynamaktadır. Seramik katman içerisindeki gözeneklerin artırılması kaplamanın iletkenlik değerini düşürmektedir, buna karşın gözenek miktarının aşırı artırılması kaplama taneleri arasındaki tutunma dayanımını düşüreceğinden mekanik bütünlüğün bozulmasına yol açmaktadır[24].

Plazma sprej yöntemiyle gerçekleştirilen seramik kaplamalar birçok metalden daha iyi aşınma ve erozyon direncine sahiptirler ve dizel motorları da dâhil erozyon ve aşınma dirençli uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar. Plazma sprej işlemi vakum veya düşük basınç altında da gerçekleştirilebilir. Bu durumda süreç düşük basınçta plazma sprej ya da vakum plazma sprej adını alır. Bu yöntemin iki önemli avantajı vardır. Bunlardan birincisi atmosfer ortamından kaynaklanan oksitlenmenin önüne geçilmesidir. İkincisi ise ortaya çıkan zararlı olabilecek gaz ve malzemelerin kapalı ortamda tutulmasıdır [25].

2.2.2. Alev Sprey Yöntemi

Tüm termal sprej kaplamalar içerisinde en eski metottur, keşfi 1911 yılında İsviçre’de gerçekleşmiştir[26]. Bu yöntemde, kaplama malzemesi olarak tel yada toz formunda kullanılabilir ve oksijen yakıt karışımının oluşturduğu gaz alevine sürülür. Atomize yada ergimiş olan parçacıklar, sprej tabancasının nozulundan yönlendirilen akışa aktarılırlar. Parçacık hızının nispeten düşük olması sebebi ile, oksijenle reaksiyon süresi uzamasından dolayı, bu metotla yapılan kaplamalarda oksit miktarı biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.

Alev püskürtme yönteminin düşük ilk yatırım maliyeti, yüksek dolgu oranı ve düşük bakım masrafı en önemli olan üstün özellikleridir. Ancak düşük bağ mukavemeti, kaplama tabakasındaki yüksek boşluk seviyesi ve düşük çalışma sıcaklığı yöntemin olumsuz olan özellikleridir[27].

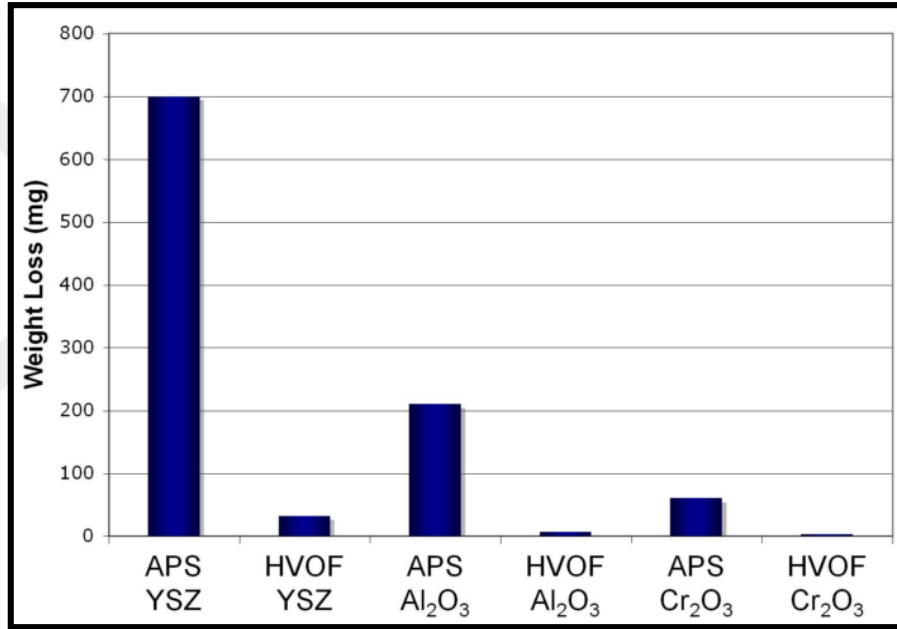
2.2.3. HVOF (Yüksek Hızlı Oksi Yakıt Püskürtme) Yöntemi

HVOF sistemi alev ısıtma yönteminin bir uygulamasıdır ve biriktirilecek malzemelerin yalnızca toz olarak kullanılabilmesine elverişlidir. HVOF termal sprej yönteminde toz halindeki malzeme, yakıt görevi gören bir gazın oksijenle yakılması sonucu ortaya çıkan ısıyla ısıtılır ve basınçlı hava yardımıyla çok yüksek hızlarda kaplanacak yüzeye püskürtülür. Tozlar yanma odasında aleve maruz kalarak, ergime noktalarına ve toz besleme hızına bağlı olarak ergimiş veya yarı ergimiş hale gelirler. HVOF sisteminde işlem sıcaklığı 2300 °C ile 3000 °C arasındadır. Ergimiş veya yarı ergimiş partiküller daha sonra 1350m/s’ ye varan süpersonik hızlarda tabanca nozulünden kaplanacak malzemeye doğru püskürtülürler[25].

Kaplamada kullanılan partiküllerin boyutları 4-4,5 mikron arasında olabilmekle birlikte, 20-120 gr/dk aralığında bir hızla beslenebilmektedir. Kaplama işleminde spreyleme mesafesi 150 ile 300 mm aralığındadır. Taşıyıcı gaz olarak azot ve argon kullanılmaktadır[28].

HVOF metodu ile püskürtülen partiküller son derece yüksek kinetik enerjiyle ve kaplama maddesinin ihmal edilebilir oksidasyonu ile alt tabakayı etkilemektedir. Diğer termal sprej prosesleriyle karşılaştırıldığında, HVOF yöntemi, en yüksek bağ gücü ve en düşük gözenekliliğe sahip kaplamalar üretir. Kaplamalar aynı zamanda düşük iç streslere

sahiptir ve bunlar kalın tabakaların çökmesine ve püskürtme yüzeyi tamamlandıkça ince olmasına izin verir. HVOF, yüksek kaliteli tungsten ve krom-karbür kaplamalar üretmek için çok uygundur[20]. Genellikle, HVOF yöntemi ile kaplanan malzemelerin aşınma direnci, Plazma sprej yöntemi ile kaplanan muadillerine göre daha fazla olduğu bilinmektedir. HVOF yöntemi ile yapılan kaplamalar, Plazma sprej yöntemi ile yapılan kaplamalardan daha iyi yoğunluk ve daha az gözenek ve çatlaklara sahiptir. Kaplama malzemeleri olarak Yttria-stabilize Zirkonya (YSZ), Alüminyum (Al_2O_3) ve Chromia (Cr_2O_3) kullanılarak plazma püskürtme ve HVOF püskürtme oksit seramik kaplamanın karşılaştırması Şekil 2.7'de gösterilmiştir[21].



Şekil 2.7. HVOF ve Plazma Sprej yöntemleri kullanılarak, Yttria-stabilize Zirkonya (YSZ), Alüminyum Oksit (Al_2O_3) ve Krom Oksit (Cr_2O_3) kaplamaların, aşınma dirençlerinin karşılaştırılması[21].

HVOF termal sprej sisteminin en önemli özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Temiz, sert ve yoğun yapıda,
- Yüksek bağ mukavemetine sahip,
- Korozyon ve aşınma direnci yüksek kaplamalar üretilebilmesi,
- Termal kalıntı gerilmelerin oldukça düşük seviyede olması,
- Karmaşık geometrilerin kaplanmasına olanak vermesi ve sistemin tam otomatik olarak kullanılabilir olması[25].

2.2.4. Ark Sprey Yöntemi

Ark sprej kaplama yönteminde, ısı kaynağı olarak kaplama malzemesinden üretilmiş iki tel arasındaki ark kullanılmaktadır. Kaplama malzemesi olarak kullanılan teller, basınçlı hava akımının önünde karşılaşır, arkın oluşturduğu yüksek ısı telleri ergittikçe, basınçlı hava ergiyen damlacıkları ana malzemeye doğru sürükler. Yüksek ark sıcaklığı ve parçacık hızı, alev sprej kaplama yöntemine göre daha yüksek tutunma kabiliyeti ve yoğunluğu sağlar. Bununla birlikte kullanılan basınçlı hava nedeniyle ark sprej kaplamalar daha yüksek oksit içeriğine sahiptir.

2.2.5. Soğuk Gaz Sprey Yöntemi

Soğuk gaz sprej yöntemi diğer termal sprej işlemlerinden farklı olarak, ergime olmaksızın parçacıklar katı formda iken çok yüksek hızda ve düşük sıcaklıkta püskürtülerek daha yoğun kaplama üretilmektedir. Soğuk gaz sprej yöntemi güvenilir ve çevreci bir yöntem olup, özellikle metalik esaslı kaplamaların endüstriyel uygulamalarında birçok açıdan önemli fırsatlar sunmaktadır[29].

Kaplama işleminin fiziksel temeli, püskürtülen parçacıkların, kaplanacak olan malzemenin yüzeyine çarpması sonucunda kinetik enerjisinin mekanik enerjiye dönüşmesi ile yüzey ve parçacıkların arasında meydana gelen termal deformasyon etkisiyle yüzeyde kaplama malzemesinin birikmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntem ile yoğun ve yüksek bağlanma kabiliyetine sahip bir kaplama tabakası elde edilebilmektedir.

Soğuk sprej prosesinin diğer sprej kaplama yöntemlerine göre avantajı; düşük porozite, homojen mikro yapı, oksitsiz kaplama, çevreci proses olarak ön plana çıkmaktadır. Buna karşın, sert malzemelerin kaplanması mutlaka bir bağlayıcı gereksinim bulunması gereği, çok sünek malzemelerde yapışma özelliğinin zayıf olması, gaz sarfiyatının fazla olması ile maliyetinin artması, soğuk gaz kaplama yönteminin olumsuz yanları olarak görülmektedir.

2.2.6. Elektron Işın Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi

Gaz türbin malzemeleri için Elektron ışın fiziksel buhar biriktirme (EB-PVD) metodunun kullanımı 1960'ların sonlarında Pratt & Whitney tarafından MCrAlX kaplamalar

için gerçekleştirilmiştir. Bu metotla MCrAlX türü kaplamaların uygulamaları yapılmakla beraber günümüzde seramik katmanın kendisi türbin palelerinin çalışma yüzeylerine yapılmaktadır[30]. EB-PVD yüksek basınçlı türbin bölgesi pale ve kanatçıklarına seramik ısı bariyer kaplaması uygulamak için kullanılan, kaplanacak malzemenin ergitilerek vakum altında buharlaştırılması ve taban malzeme üzerine biriktirilmesi ile gerçekleştirilen bir kaplama tekniğidir.

EB-PVD güçlü mekanik bağ (temelinde kimyasal bağlanma mekanizması vardır), biçimini kaplama kalınlığı boyunca koruyan mikroyapı ve kaplama sonrası elde edilen çok düzgün yüzey gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemde üretilen kaplamalar termal şoklara ve mekanik gerilmelere çok iyi dayanım sağlayan kolonsal mikroyapı formuna sahiptirler. Bu kaplamalar yüksek gerilme mukavemeti göstermekte olup yüksek sıcaklık oksidasyonuna dayanımından dolayı havacılık endüstrisinde en zor mekanik ve termal şartlar altında çalışan yüksek basınçlı türbin bileşenlerine uygulanır.

2.3. Termal Bariyer Kaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Plazma sprej (APS) tekniğiyle üretilen termal bariyer kaplamalar daha iyi termal yalıtkanlık göstermesine karşın, fiziksel buhar biriktirme (HVOF) metoduyla üretilen kaplamalar başta termal şok olmak üzere daha iyi mekanik dayanım göstermektedir.

APS yöntemi ile üretilmiş TBK'ların yüzeyden kalkma (spallation) dayanımı EBPVD ile üretilen termal bariyer kaplama tabakalarından daha düşüktür. APS tekniğiyle üretilmiş TBK'lara nispeten çok daha yüksek gerilme toleransına sahip kaplamaların üretilmediği EB-PVD bu özelliğini birbirinden bağımsız olarak gelişen kolansal büyüme morfolojisine borçludur. Kolansal yapının bir diğer avantajı da nispeten daha yüksek termal genleşme katsayısı ile taban malzeme ve bağlanma katmanına uyum göstermedir.

Plazma sprej ile üretilen kaplamalar oda sıcaklığında 0.8-1.0 W/mK ısı iletkenlik değerine sahiptir. Bu değerler ısı iletkenliği 1.5-1.9 W/mK olan EB-PVD kaplamalardan oldukça düşük olmakta ve APS kaplamalar çok daha üstün bir termal koruma sağlamaktadır. Bu şartlar altında birbirine göre üstünlükleri ve kısıtları olan iki yöntem söz konusudur. Bu kaplama yöntemlerinin her ikisinin de üstün özelliklerine göre uygulama alanları mevcuttur[31].

APS ucuz bir yöntem olmasının yanında seramik malzemelerinde kaplanabildiği bir tekniktir. Oksit ve porozite içeriği oldukça yüksektir. HVOF çok iyi yapışma sağlar, kaplama

kalitesi yüksektir ve bunun yanında CGS yönteminden daha ucuzdur. Bütün metaller ve metalik alaşımlar bu yöntem kullanılarak kaplanabilir. CGS tekniği düşük porozite ve oksit içeriğinden dolayı bağ kaplama üretimleri için yenilikçi bir tekniktir. Mekaniksel özellikleri oldukça yüksektir. EB-PVD tekniği oksidasyondan ziyade termal çevrimlere daha dayanıklıdır. Kolonsal, bir mikroyapıya sahip olduğundan dolayı gerilme toleransı oldukça yüksektir.

2.4. Termal Bariyer Kaplama Malzemeleri

Termal bariyer kaplama işlemlerinde, kaplanacak olan malzemenin çalışma koşulları ve tasarımı dikkate alınarak, uygun kaplama malzemesinin seçimi, hedeflenen amaçlara ulaşma konusunda büyük önem arz etmektedir. Kaplama malzemelerin sahip olması gerekli özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek termal genleşme katsayısı
- Yüksek ergime noktası
- Yüksek oksidasyon direnci
- Yüksek aşınma ve korozyon direnci
- Yüksek mekanik mukavemet
- Düşük termal iletkenlik
- Yüksek termal şok dayanımı

Termal kaplama malzemesi olarak kullanılabilecek ve yukarıda bahsedilen özelliklerin hepsini sağlayan birkaç tane TBK malzemesi mevcuttur. Bu malzemeler ile yapılan kaplamalar, kaplama parametrelerinin de uygun seçilmesi ile optimum seviyede gerçekleşmektedir. Termal bariyer kaplama malzemesinin düşük ısı iletkenliğe sahip olması en temelde beklenen değerdir. Termal genleşme katsayısının nispi olarak büyük olması tercih edilmesinin nedeni taban malzeme olarak kullanılan malzeme ile ısı çevrim süreci içerisinde, termal genleşme katsayısı kökenli stresi azaltmaktır.

Termal bariyer kaplama malzemesi olarak seramik maddelerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Seramik, farklı bileşimdeki kristal ve cam yapıları içeren ve genellikle poroziteye sahip olan malzemelerdir. İyonik ve kovalent bağ yapısına sahip olan seramik malzemelerin, yüksek sıcaklıktaki mukavemet ve sertlikleri, korozyona karşı dirençleri

(özellikle şiddetli korozif ve oksitli atmosferde) ve yorulma dirençleri yüksektir. Bu özellikleri ile seramik malzemeler, aşınmanın etkili olduğu uygulamalarda kullanılan bir malzeme grubunu oluşturmaktadır.

Seramik malzemeler ideal hammadde gibi görülmesine rağmen, gevrek yapıya ve yüksek maliyete sahip olma nedeniyle, ana üretim malzemesi olarak tercih edilmemektedir. Bu nedenle malzemeleri seramik kaplamak daha verimli bir yöntem olarak benimsenmektedir.

2.4.1. Krom

Krom (Cr) elementi, 1,857 °C'de erir ve 2,672 °C'de kaynar, parlak, sert, refrakter bir metaldir. Krom, metaller arasında olağan değildir, çünkü cevherleri ve kimyasal bileşikleri, saf metal hazırlanmadan çok önce kullanılmıştır. 1800'lü yılların başlarında, deri tabaklama için pigmentler ve kimyasal maddeler yapmak için kullanılıyorlardı ve 1879'da çelik üretme fırınlarının astarlanması için refrakterler olarak başarıyla kullanıldılar. Şekil 2.8' de Krom elementinin fiziksel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Krom

Krom metal, 1797'de Fransız kimyager Louis-Nicolas Vauquelin tarafından keşfedildi; Ertesi yıl metali şu andaki adını vermek için Vauquelin'e parlak renk tonuyla uyandıran bir kromat minerali olan kroit veya karbon kurşunuyla karbon indirgeyerek metali izole etti (Yunan kromozomundan "renk"). Demir içeren krom ilk olarak 19. yüzyılın ortalarında üretildi ve çelik üretiminde bir alaşım maddesi olarak ilk defa krom kullanmak 1860'lı yıllarda Fransa'da gerçekleşti. Henri Moissan, 1893 yılında elektrikli bir fırında krom cevheri ve karbonunu eritti ve ferrokrom üretti; bu, değişen pazarlar, teknoloji ve

hammaddelerin etkisi altında sürekli olarak evrimleşmiş olsa da, alaşımı üretmenin modern ticari yönteminin temelini oluşturmuştur. 1898'de Alman bir kimyager olan Hans Goldschmidt, krom oksidin alümotermik indirgemesi ile saf krom üretti; düşük karbonlu ferrokrom üretmek için silikotermik işlem 1907'de geliştirildi. Krom metal 1854 yılında elektroliz ile üretildi, ancak bu yöntem bir yüzyıl sonrasına kadar geniş bir ticari kabul görmedi[32].

2.4.2. Krom Oksit

Krom (III) oksit, Cr_2O_3 formülüne sahip inorganik bileşiktir. Krom oksit, metal kromun tek istikrarlı oksididir. Alkali ve asitler içerisinde çözünmeyen parlak ila koyu yeşil kristalin bir tozudur. Güney Afrika, Asya, Türkiye ve Küba'da mayalanan mineral Kromitten üretilmektedir[33].

Kromun en yaygın oksidasyon halleri +6, +3 ve +2'dir. Bununla birlikte, +5, +4 ve +1 durumlarının birkaç kararlı bileşimi bilinmektedir. Krom çoğu ticari açıdan değerli oksijen bileşiklerini oluşturur, bunların en önemlisi kromun +6 oksidasyon durumunda olduğu krom trioksit veya kromik asit, CrO_3 olarak adlandırılan krom oksittir. Kromik asit başlıca krom kaplama için kullanılır, aynı zamanda seramikte bir renklendirici olarak da kullanılmaktadır. Bir başka önemli oksijen bileşiği, kromun ses oksit veya kromik oksit olarak da bilinen krom oksit, Cr_2O_3 , ki burada krom, +3 oksidasyon durumundadır. Karbon veya kükürt varlığında sodyum dikromatı kalsine ederek hazırlanır. Krom oksit, yeşil bir tozudur ve yoğun olarak bir pigment olarak kullanılır; kimyasal ve ısı direnci gerektiğinde Guignet'in yeşil olarak bilinen hidrat formu kullanılır[32].

2.4.3. Krom Oksit Kaplama

Yüksek sıcaklık altında çalışan hareketli makine elemanlarının en büyük problemlerinin başında, sürtünme ve sürtünmeden kaynaklı aşınmalar gelmektedir. Malzemelerin kaplanarak aşınmaya karşı gösterdiği direnci arttırmak ve bu şekilde mekanik özelliklerini geliştirmek günümüzde etkili korunma yöntemlerinden olmuştur.

Cr_2O_3 , belirli bir eşik yoğunluğun üzerinde krom içeren alaşımlar, oksitleyici çevrelere maruz kaldığında, koruyucu bir Cr_2O_3 tabakası oluşturan ve çeliklerin korozyondan korunmasında önemli bir rol oynayan değerli bir oksittir[34].

Krom oksit (Cr_2O_3) kaplamalar kimyasal inertlik, mekanik dayanım, sertlik ve optik özellikler gibi çok iyi özelliklere sahiptir ve sonuç olarak korozyona karşı koruma, aşınma direnci, elektronik ve optik gibi birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır[35].

Plazma ile püskürtülmüş Cr_2O_3 kaplamanın kalınlığı 50 μm ve sertliği yaklaşık 14.7 GPa olarak ölçülmüştür, 200 nm kalınlığında RF-püskürtmeli krom oksit kaplaması, stokiometrik olarak Cr_2O_3 'e yakınken, iyi çizilme direnciyle kombine 30 GPa sertlik elde edilmiştir[36]. Tablo 2.1' de Cr_2O_3 'e ait fiziksel özellikler verilmektedir.

Tablo 2.1. Cr_2O_3 'e ait fiziksel özellikler[37]

Malzeme	Yoğunluk	Sertlik Vickers (VH)	Termal İletkenlik ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	Kopma Mukavemeti (psi)	Termal Genleşme ($^{\circ}\text{C}^{-1}$) (20–1400 $^{\circ}\text{C}$)	Erime Noktası (K)
Cr_2O_3	5210 kg/m^3	2955 kg/mm^2	0.0239-0.0788	$>38 \times 10^3$	9.55×10^{-6}	2279

2.5. Kaplama Yüzeyinin İşleme Hazırlanması

TBK' ların en önemli özelliklerinden biri yapışma direncidir. Yapışma direncinin normalden fazla olması TBK' nın kalitesini yükselterek ömrünü arttırır. Pratik olarak TBK' nın kullanım süresini yapışma direnci belirler. Termal bariyerlerde yapışma sorunu hem taban malzeme ile bağlanma katmanı, hem de bağlanma katmanı ile seramik katman arasında gerçekleşmesi söz konusu olabilir. Termal spreyci prosesi ile kaplanmış, TBK' ların yapışma direncini etkileyen; yüzey pürüzlülüğü, kalıntı gerilme, oksitlenme miktarı, yarı ergimiş haldeki partikülün (splat) yüzey ile çarpışma sonrası aldığı şekil, ısı genleşme, spreyci uzaklığı, toz tanecik boyutunun büyüklüğü ve tanecik yapısı, kaplama kalınlığı gibi çeşitli faktörler vardır. Bu parametrelerin doğru şekilde belirlenerek işlemlerin gerçekleştirilmesi, hazırlanacak olan kaplamanın kalitesini belirlemektedir. Kaplama işleminden önce, kaplama yüzeyinin hazırlanması da, prosesin ilk adımıdır. Yüzey hazırlama işlemleri 3 başlık altında özetlenebilir:

- Kaplama Yüzeyinin Temizlenmesi,
- Kaplama Yüzeyinin Pürüzlendirilmesi,
- Maskeleme.

2.5.1. Kaplama Yüzeyinin Temizlenmesi

Kaplama yüzeyinin hazırlanması, ısıt püskürtme prosesinin sonuçlarını olumsuz yâda olumlu olarak etkileyen önemli etkenlerden biridir. Yüzeyin temizliği, ana metal yüzeyinin şeklinden bile daha önemlidir. Yüzey şekli, kaplamanın gerçekleştirileceği koşullara, prosesin gerçekleştirileceği ekipmana ve donanımına bağlıdır. Kaplanacak olan yüzeyin; kum-tane püskürtme, taşlama ve dağlama yöntemleri ile öncelikli olarak, var olan bulaşmış metallerin kaldırılması sağlanır. Kaplama yapılacak olan yüzeyden yağ ve pas gibi kalıntıların temizliği, kaplama tabakasının ana malzemeye yapışması açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, yağdan temizlemek için çeşitli solventler kullanılmaktadır[38]. Sıcaklık verilerek ve alkol kullanılarak yapılan temizlik yöntemleri de, endüstriyel kullanımda mevcuttur.

2.5.2. Kaplama Yüzeyinin Pürüzlendirilmesi

Pürüzlendirme işlemi, alt tabaka ve kaplama tabakası arasında güçlü mekanik bir bağlanma elde edilmesi amacı ile gerçekleştirmektedir. Bu işlem için genellikle, Silisyum Karbür (SiC), Al₂O₃ tozu ve Kuvars kumu kullanılmaktadır. Yüzeylerin pürüzlülük ölçüsü, kaplama cinsine ve kalınlığına bağlıdır. Malzemenin yüzey topoğrafyasının; pürüzsüz ve dalgalı olması, zayıf bağ oluşumuna sebebiyet vermektedir, iyi bir bağlanma için yüzeyde keskin değişimler olmalıdır.

2.5.3. Maskeleme

Kaplama işlemi sırasında, sadece istenilen yüzeylerin işlem görebilmesi için yapılan yüzeyleri örtme işlemine maskeleme denilmektedir. Metal maskeleme, lastik maskeleme, oksit boya ile maskeleme teknikleri günümüzde kullanılmakta olan yöntemlerdir. Metal ve lastik maskeleme yöntemleri, kaplama hızı yüksek yöntemlerde kullanımı daha uygundur.

3. YAKIT KATKILARI

Yakıt katkı maddeleri, yakıt verimliliğini arttırmada büyük önem taşımaktadır. Katkı maddeleri, belirli yakıt özelliklerini değiştirmek veya oluşturmak için dizel bazlı yakıtlara çok az miktarlarda eklenen kimyasal bileşiklerdir. Yanma arttırıcılar, soğuk akış katkıları ve yağlayıcı katkı maddeleri örnek olarak gösterilebilmektedir. Dizel yakıt katkı maddesi endüstrisi 1920'li yıllarda ortaya çıkmıştır ve bu yıllarda çoğunlukla yakıtın ateşlenmesini iyileştirmek için setan sayısı geliştiricilerinden oluşmaktaydı. 1920'lerden beri katkı maddeleri ihtiyacı, yasal ve ekonomik nedenlerden ötürü büyümüştür[39].

Ekonomik nedenlerden ötürü, rafine etme sürecinde, ham petrolün her varilinden gittikçe daha fazla kullanılabilir yakıt yağı çıkarılmaktadır. Bu, daha az kaliteye sahip olan yakıtları ortaya çıkartmaktadır. Modern dizel yakıtlar, daha kötü ve daha az kararlı yanmaya neden olabilecek daha fazla olefin ve aromatik madde içerir. Katkıları, bu yakıtları daha stabil hale getirmek, geliştirmek ve gerekli regülasyonlara ulaştırmak için eklenmektedir.

Geçtiğimiz yıllardaki mevzuat katkı maddesi pazarında büyük bir etkiye sahiptir. Örneğin, dizel yakıtların kükürt içeriği kanunla önemli ölçüde azaltıldığı için, tüm dizel yakıtlarında yağlayıcılık arttırıcılar artık bir gerekliliktir[40]. Benzer şekilde, karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x) veya partiküllerin emisyonlarını sınırlandırmak için hükümet şartları, dizel yakıtta katkı maddelerinin kullanılmasını teşvik etmektedir.

3.1. Yakıt Katkı Tipleri

Katkı maddeleri istenen etkiye göre sınıflandırılmaktadır. Yanma düzenleyiciler, depozit kontrol katkıları, akış düzenleyiciler, kayganlık düzenleyiciler, sürüklemeye indirgeyici katkı maddeleri ve anti-statik katkı maddeleri, yakıt katkılarına örnek gösterilebilmektedir. Bu gruplar, aynı amaca sahip yakıtın farklı yönlerine etki eden çeşitli katkı maddeleri içerebilir.

3.1.1. Yanma Düzenleyiciler

Sıkıştırma ateşlemeli motorda dizel yakıt yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında otomatik ateşleme yapar. Bir dizel yakıtın tutuşma gecikmesinin (yakıt enjeksiyonu ile yanmanın başlaması arasındaki zaman) ölçümü, setan sayısını kullanarak elde edilebilir;

yakıt kalitesi ya deneysel olarak belirlenir ya da yakıt bileşimi bilgisi ile hesaplanır. Dizel yakıtında, yakıtın tutuşması için gerekli süreyi azaltmak ve böylece şiddetli ve gürültülü yanmayı önlemek için yüksek bir setan sayısı arzu edilir[41].

Yakıta tipik olarak 250 mg / kg olarak ilave edilen Yanma Düzenleyiciler (YD), rafine edilmemiş bir işleme tabi tutmaksızın baz yakıtın setan sayısını artırarak çalışır. Setan geliştiriciler 70 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Katkı maddesi yanma sırasında parçalanarak serbest radikaller oluşturarak çalışırlar.

3.1.2. Depozit Kontrol Katkıları

Depozitler, dizel enjektör nozullarında sık görülen bir sorundur, bir motorun yakıt dağıtımını ve tork çıkışını önemli ölçüde azaltabilirler[42]. Depozit kontrol katkı maddeleri (DKK) çeşitli alt tip katkı maddeleri içerir. Deterjanlar, emülgüsüz önleyici maddeler ve stabilizatörler en önemli maddelerdir ve genellikle depozit oluşumunu kontrol etmek için birlikte kullanılırlar.

Deterjanlar, enjektör ve yakıt besleme borusunun metal yüzeyinde birikinti oluşmasını önleyerek bir film oluşturarak tortu oluşumunu önlemek için kullanılır. Deterjanlar, oluşmakta olan tortu oluşumunu önlemek için gelişmekte olan tortu öncüllerinin etrafına koruyucu bir kaplama oluşturarak da etki eder. Dizel yakıtlar söz konusu olduğunda, deterjanlar ağırlıklı olarak sukinimid ve diğer külsüz polimerik ürünlerdir. Deterjanlardaki kutup başı, oksijen veya azot parçacıklarından türetilir, ancak metallere oluşmaz ve metallerin yanması için istenmeyen kül parçacıkları oluşturduğu dizel yakma için ideal bir özellik olan onları "külsüz" yapar[40].

3.1.3. Akış Düzenleyiciler

Dizel yakıt çeşitli hava koşullarında kullanılmaktadır. Dizel yakıtı soğutulduğunda (yaklaşık 10°C veya daha soğuk), yakıtta bulunan uzun n-parafin zincirleri sertleşmeye başlar[43]. Parafinlerin katılaşmış atom grupları balmumu kristalleri olarak adlandırılanları oluşturmak üzere toplanır. Bu mum kristalleri, filtrelerin veya yakıt hatlarının tıkanmasına neden olabilecek katı bir matris oluşturur. Bu tür n-parafinleri uzaklaştırmak için yakıtı rafine etmek ve böylece mum oluşumunu önlemek mümkün olsa da, n-parafinlerin iyi yanma özellikleri ve düşük emisyon üretir. Bu şekilde ham petrol maliyetli ve israf edilmiş olur[40].

Orta Damıtılmış Akış Düzenleyiciler (ODAD), en yaygın kullanılan mum değıştiricidir. Dış ortam sıcaklığı uzun süre düşük olduğunda, akış arttırıcılarla muamele edilen mum kristalleri yoğunluklarının artması nedeniyle dizel bir taşıtın yakıt deposunun tabanında yerleşecektir. Yerine oturduktan sonra, mum kristalleri zamanla birleşerek, filtreleri bloke edebilecek kadar büyük kristaller oluştururlar. Böylece, yakıtın Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN), akış arttırıcılarla büyük ölçüde düşürölse de, tanktaki yakıtın düzgün olmayan özelliklerinden dolayı kendi kullanımı sadece yaklaşık 10°C'lık bir düzelme ile sınırlıdır[44].

3.1.4. Sürüklenme İndirgeyici Katkılar

Yakıt sistemlerinde sürüklenme genellikle akış hızındaki azalma veya türbülanslı boru akışındaki basınç düşüşünün yükselmesi vasıtasıyla ölçölür. Sürüklenme kayıpları, borularda türbülanslı akışın yarattığı yüzey ve bulk sürtünme kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Boru duvarına normal olan hız dalgalanmaları ve Reynolds kayma gerilmeleri küçük ölçekli kusurlarda oluşmaya başlar ve daha büyük ölçekli türbülanslı yapılara dönüşür[45]. Bu etkiyi azaltmak için, yakıtı sürükleyici indirgeyici katkıları eklenir.

3.1.5. Anti Statik Katkıları

Hidrokarbon yakıtlarındaki statik elektrik, havadaki yakıt buharını tutuşturacak kadar güçlü bir kıvılcım yaratarak, diğer yüzeylere deşarj edebilir. Bunun nedeni, modern düşük kükürtlü çığ dizel yakıtının iletkenliği düşük ve borulara aktığı zaman genellikle pozitif bir yük oluşturması gerçeğidir. Yüksek uçucu koşullarda yüksek sıcaklık koşullarında daha az uçucu dizel yakıtını ateşleyecek bir kıvılcım daha yüksek uçuculuğu nedeniyle, yakıtlarda statik deşarj sorunu dizel yakıtlarındaki benzin için daha belirgindir[40].

Yakıtın statik yükü, yakıtta bulunan iyonik safsızlıklara bağlı olarak ortaya çıkar. Yakıt durgun konumdayken, özellikle yakıt topraklanırken, saf olmayan maddeler tank yüzeylerine adsorbe edilir. Bununla birlikte, yakıt yüksek hızda aktığında, kirlilikler duvarlardan ayrılır ve bu da pozitif bir yük oluşturur. Yakıt, şarjı duvarlara topraklayarak oluşturulan yükü kaybetmek için belirli bir süre (1 ila 100 saniye arasında) gerektirir. Yük dağılım oranı çok düşükse, topraklanmış bir nesneye yüksek bir potansiyel deşarj akaryakıt/hava karışımı tutuşturacak kadar güçlü bir kıvılcım oluşturabilir[46].

3.2. Dibütil Maleat

Dibütil Maleat (DBM), karakteristik olarak ‘ester’ kokusu olan, renksiz bir sıvıdır. Dibütil Maleat (DBM), metanol, etanol, aseton, dietil eter, N, N-dimetilformamid ve tolüen, alifatik hidrokarbonlarla ve su ile hafifçe karışabilir. Dibütil Maleat (DBM), yaklaşık% 1-5 fumarik asit dialkil ester ve% 1-2 alkoksisüksinik asit dialkil ester içerir. Maleik asit dibutil ester, ısı etkisi altında asitlerin veya bazların varlığında fumarik asit dialkil ester haline geçmektedir. Dibütil Maleat (DBM), boyalar ve yapıştırıcılar, kopolimerler ve filmlerin üretiminde kullanım için uygun bir ara maddedir[47]. Tablo 3.1’ de Dibütil Maleat (DBM)’ in özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.1. Dibütil Maleat (DBM)’ nin özellikleri[48][49]

Tanımı	Dibütil Maleat/ Maleik Asit Dibütil Ester
Ampirik formül	$C_{12}H_{20}O_4$
Molekül formülü	$CH_3(CH_2)_3OOCCH=CHCOO(CH_2)_3CH_3$
Molar kütle	228.29 g/mol
Kaynama noktası	280 °C
Yoğunluk	0.99 g/cm ³ (20 °C)
Parlama noktası	120 °C
Tutuşma noktası	280 °C
Oksijen içeriği (wt %)	28.0
Karbon içeriği (wt %)	42
Kalorifik değer (MJ/kg)	29
Setan sayısı	35-36

$C_{12}H_{20}O_4$ formülü ile DBM, düşük kaynama noktasına, düşük viskoziteye ve mükemmel çözünme gücüne sahip berrak renksiz yanıcı bir sıvıdır. Kloroform benzeri bir koku ve keskin bir tada sahiptir. Dibütil maleat toksik değildir ve aynı zamanda yüzde 100 oranında dizel yakıtıyla karışabilmektedir. Tablo 3.1.’ de görüldüğü üzere, DBM’ nin oksijen oranı yüksek olup oksijence zengin katkı maddelerinden biri olabilme özelliğine sahiptir. Oksijence zengin yakıtların setan sayısı ve kalorifik değeri kuşkusuz dizel yakıtın altındadır ancak yakıtlardaki oksijen yüzdesi, yanmayı yanma odasında daha iyi hale getirir. Yakıtın yanmasının gelişmesi, performansın artırılmasında ve motorun emisyon özelliklerinin iyileştirilmesinde yardımcı olur[49].

3.3. Dietilen Glikol Dimetil Eter

Dietilen Glikol, her iki ucunda bir hidroksil grubu ile sonlanan düz zincirli bir dihidrik alkol alifatik bileşimdir. Oda sıcaklığında berrak, su-beyaz, hemen hemen kokusuz, higroskopik bir sıvıdır. Dietilen glikol doğal gaz için dehidrasyon etken maddesi olarak kullanılır; plastikleştiricilerin ve polyester reçinelerinin üretimi için hammadde; bir nemlendirici; bir tekstil yağlandırıcı ve birleştirme ajanı; tekstilde boyama ve baskı için bir solvent; hidrolik sıvıların bir unsuru; kağıt, mantar ve sentetik süngerler için bir plastikleştirici; baskı mürekkeplerinde bir solvent; emülsiyonlaştırıcılar, emülsüzleştiriciler ve yağlayıcılar olarak kullanılan esterlerin üretimi için bir hammadde; petrol arıtımında aromatik maddeler için seçici bir çözücüdür[50].

Tablo 3.2. Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE)' in özellikleri

Tanımı	Dietilen Glikol Dimetil Eter
Ampirik formül	$C_6H_{14}O_3$
Molekül formülü	$(CH_3OCH_2CH_2)_2O$
Molar kütle	106.12 g/cm ³
Kaynama noktası	161.3 °C
Yoğunluk	0.94 g/mL
Parlama noktası	154 °C
Oksijen içeriği (wt %)	35.8
Karbon içeriği (wt %)	53.7
Kalorifik değer (MJ/kg)	24.5
Setan sayısı	126

Tablo 3.2' de Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE)' in özellikleri görülmektedir. Dietilen glikol dimetil eter (DEGDE), yüksek oksijen içeriğine sahip bir oksijenattır. DEGDE, dizel yakıt ile karşılıklı iyi çözünürlüğe, yüksek setan sayısına, düşük kurum oluşum eğilimine ve ticari dizel motor uygulamaları için uygun fiziko-kimyasal özelliklere sahiptir[51]. Dizel yakıtı içerisinde DEGDE miktarının artması ile tutuşma gecikmesi, yayıcı yanma süresi, toplam yanma süresi ve ön karışım fazındaki ısı salınım miktarı azaltılabilmektedir[52]. Literatür çalışmalarında; partikül emisyonlarını ve zehirli gaz kirleticilerini, dizel yakıtta DEGDE eklenerek azaltılabileceği görülmüştür[52].

3.4. Etilheksil Nitrat

CAS kayıt numarası 27247-96-7 ve Mevcut Ticari Kimyasal Maddelerle Avrupa Envanteri kayıt numarası (EINECS) 248-363-6 olan 2-Etilheksil nitrat (EHN), nitrik asit, 2-etilheksil ester olarak da bilinir. Bu kimyasalın moleküler formülü $C_8H_{17}NO_3$ 'tür. EHN, Azot Bileşikleri; Organik Yapı Taşları; Organik Nitratlar / Nitritler ürün kategorilerine aittir. EHN, karakteristik olarak 'ester' kokusu olan, renksiz bir sıvıdır[53]. Özellikle, petrol ve gaz üretimi, özel kimyasal sektörlerinde kullanılmaktadır. Tablo 3.3' de 2-Etilheksil nitrat (EHN)' in özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.3. 2-Etilheksil nitrat (2EHN)' in özellikleri

Tanımı	2-Etilheksil nitrat
Ampirik formül	$C_8H_{17}NO_3$
Molekül formülü	$CH_3(CH_2)_3CH(C_2H_5)CH_2ONO_2$
Molar kütle	175.23 g/cm ³
Kaynama noktası	>100 °C
Yoğunluk	0.96 g/mL
Parlama noktası	76 °C
Oksijen içeriği (wt %)	27.4
Karbon içeriği (wt %)	54,8
Kalorifik değer (MJ/kg)	32

Dizel yakıtın tutuşabilme kabiliyetini arttırmak için yaygın bir setan geliştirici katkı maddesi olan 2-etilheksil nitrat (EHN) kullanılmaktadır. Temel yapı hidrojen atomlarından birinin bir NO_3 nitrat radikali ile değiştirildiği bir etil heksan molekülüdür. EHN, oda sıcaklığı koşullarında kararlıdır ve ayrışma reaksiyon oranları yüksek basınçta bir yakıt solüsyonunda bile daha yavaştır[54]. Böylece, EHN yakıt enjeksiyon sisteminde sabit kalır, sadece enjeksiyondan sonra silindir içinde ayrışır. EHN' nin eklenmesi, ateşleme sürecine katılan radikallerin (ateşleme öncülleri) stokunu arttırarak ateşlenebilirliği ve dolayısıyla setan sayısını geliştirir[55].

3.5. Bütanol

1-Bütanol, aynı zamanda n-bütanol veya 1-bütanol veya bütıl alkol olarak da bilinmektedir (bazen biyolojik olarak üretildiğinde biobutanol olarak da bilinmektedir), 4 karbonlu yapıya sahip $C_4H_{10}O$ molekül formülüne sahip bir alkoldür. Öncelikle bir çözücü olarak, kimyasal sentezde bir ara madde olarak ve bir yakıt olarak kullanılır. Bütanol için dört izomerik yapı vardır. İç karbonda alkol bulunan düz zincir izomer sek-bütanol veya 2-bütanol'dür. Şekil 3.4'de 1-Bütanol (B)' ün moleküler yapısı görülmektedir. Bir terminal karbonda alkol bulunan dallı izomer izobütanol ve iç karbonda alkol bulunan dallı izomer ters bütanol' dür[56].Bütanol parlak, renksiz ve yanıcı bir alkoldür. Tablo 3.4' de 1-Bütanol (B)' ün özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.4. 1-Bütanol(B)' ün özellikleri[56]

Tanımı	1-bütanol; Bütanol; Bütan-1-ol; N-bütanol; Bütil alkol; N-bütil alkol
Ampirik formül	$C_4H_{10}O$
Molekül formülü	$CH_3(CH_2)_3OH$ veya C_4H_9OH veya $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$
Molakül ağırlığı	74.123 g/mol
Kaynama noktası	117.7 °C
Yoğunluk	0.81 g/mL
Parlama noktası	35 °C
Oksijen içeriği (wt %)	21.5
Karbon içeriği (wt %)	64.8
Kalorifik değer (MJ/kg)	33.1
Setan sayısı	25

Alkoller içten yanmalı motor yakıtlarına kıyasla daha küçük moleküler yapıda olmaları, içeriklerinde oksijen bulundurmaları, diğer motor yakıtlarında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metallere sahip olmamalarından dolayı egzoz emisyonlarında pozitif etkilere sebep olmaktadır.

Bütanol' ün yapısında bulunan oksijen sayesinde daha parlak ve daha hızlı bir yanma sağlanmaktadır. Yanma hızının artırılması, yanma verimini iyileştirmekte ve motorun kararlı çalışması sağlanmaktadır. Ayrıca, hızlı bir yanma ile yüksek sıkıştırma oranlarına çıkarılarak motor vuruşu yapmadan verim artırılabilir[57].

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

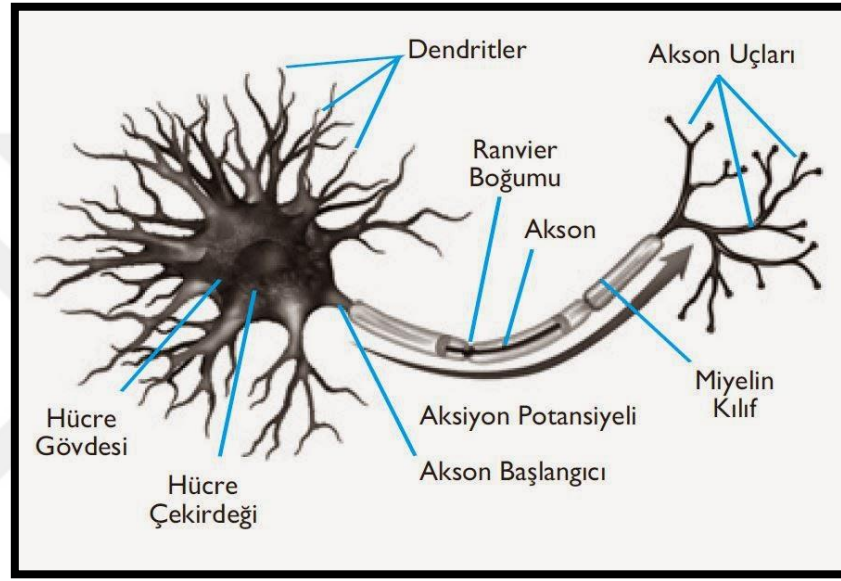
Yapay sinir ağı (YSA) beynin bilişsel öğrenme sürecinin simülasyonu olarak geliştirilmiş bir metot olarak bilinmektedir. Komplike problemlerde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Tahminleme, sınıflandırma, kümeleme gibi problemlere çözüm getirmektedir. YSA'nın en önemli özelliği komplike sistemlerin sahip olunan bilgilerinden yola çıkarak örnek üzerinde öğrenme metoduyla probleme çözüm bulabilmesidir[58].

YSA klasik yöntemlerle zor çözülebilen, matematiksel olarak modellenemeyen veya çözülmesi mümkün olmayan karmaşık, lineer olmayan problemleri çok kolay çözülebilmekte, yukarıda sayılan bu tür kısıtlamaları ve yetersizlikleri gidererek çok başarılı bir şekilde kullanılmaktadır[59].

YSA konusunda ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından 1940'lı yıllarda yapılmıştır. Bu araştırmacılar 1943 yılında yapay sinir sisteminin ilk matematiksel modelini geliştirmişlerdir[60]. İkinci yükselişi, 1960'larda Rosenblatt'ın algılayıcı yakınsaması teoremini ortaya atması ve Minsky ve Papert'in basit bir algılayıcının limitlerini göstermeleri ile olmuştur. Son olarak 1982 yılında Hopfield'in enerji yaklaşımı ilk gözle görünür gelişme olarak tarihe geçmiş, bunu Werbos'un çok katmanlı algılayıcılar için geriye yayılma algoritması takip etmiştir. Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Yapay nöronlar denilen işlem elemanları, sinir ağının dağılışı şekli, yapısı, ağın sahip olduğu öğrenme kuralı ve stratejisi bunların başında gelir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır[61].

YSA, insan beyninin nasıl işlediğinin ortaya çıkmasından sonra modellenen bir sınıflandırmacıdır. İnsan beyninde muazzam miktarda sinir hücresi, nöronlar bulunur, bunların her biri birçok benzer hücrelere bağlanarak çok karmaşık bir sinyal iletim ağı oluştururlar. Her hücre, bağlandığı diğer tüm sinir hücrelerinden girdi toplar ve belirli bir eşiğe ulaştığında bağlı olduğu tüm hücrelere sinyal verir. YSA bu şekilde insan beyin hücresine benzer bir yapı şeklinde programlanır. Temel olarak bir YSA'nın amacı, kendisine gösterilen giriş bilgilerine karşılık bir çıkış bilgisi oluşturabilmektir. Bu amaçla ağ, ilgili problemin örnekleri ile eğitilerek (öğrenme), o problemle ilgili istenenleri çözebilme yeteneğine kavuşturulur.

Bir biyolojik sinir hücresinin yapısı Şekil 4.1’de verilmektedir. Bir biyolojik sinir hücresi; dendritler, hücre gövdesi, akson ve sinapslardan oluşmaktadır. Çevreden alınan uyarıcılar elektrik sinyallerine dönüştürülerek hücre gövdesine ulaşır ve burada işlem uygulanarak başka bir sinyal oluşturulup akson aracılığıyla dendrite gönderilir. Dendritler bu bilgileri sinapslara ileterek diğer hücrelere gönderirler. Milyarlarca sinir hücresi bir araya gelerek sinir sistemini oluşturmakta ve bilim adamları biyolojik hücrelerin yapısal özelliklerinden yararlanarak yapay sinir ağlarını geliştirmektedirler.



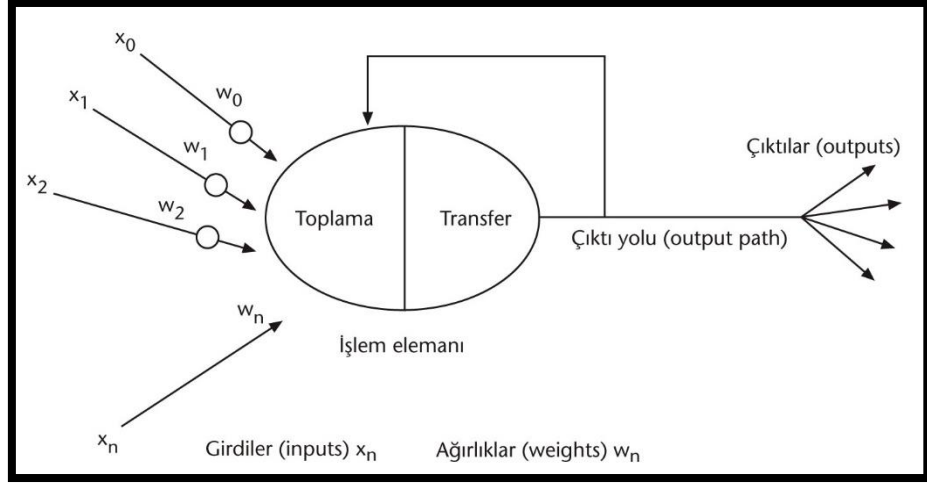
Şekil 4.1. Biyolojik sinir hücresinin yapısı[62]

YSA’ nın insan beynine olan benzerliği şu şekilde özetlenebilir:

- Bilgi, ağ sayesinde, ağı öğrenme sürecinden geçirildiği bir ortamdan elde edilmektedir.
- Sinaptik ağırlıklar olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı kuvvetleri, elde edilen bilgiyi depolamak için kullanılmaktadır[61].

4.1. Yapay Sinir Hücresi

YSA’nın yapay sinir hücreleri (nöronları) bulunmakta ve bu hücreler işlem elemanı olarak adlandırılmaktadır. Genel özellikleri ile bir yapay sinir hücresinin yapısı Şekil 4.2’ de verilmektedir.



Şekil 4.2. Yapay sinir hücresinin yapısı

Yapay sinir hücresine dışarıdan verilen bilgilere girdi denir. Şekil 4.2’de girdiler, $x_1, x_2, \dots$ şeklinde gösterilmiştir. $w_1, w_2, \dots$ gösterilen ağırlık değerleri ise; hücreye girdi olarak verilen bilgilerin önemini ve hücre üzerindeki etkisini göstermektedir. Toplama fonksiyonu ise hücreye gelen net girdiyi hesaplayan fonksiyondur ve genellikle gelen girdilerin kendi ağırlıklarıyla çarpımlarının toplamıdır[63]. Toplama fonksiyonu Denklem 4.1’de gösterilmektedir.

$$\text{NET: } \sum_i^n w_i x_i \quad (4.1)$$

Burada x_i girdileri, w_i ise ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi sayısını göstermektedir. Literatürde farklı toplama fonksiyonları kullanılmıştır, fakat Bir problem için en uygun toplama fonksiyonunu belirlemek için bulunmuş bir formül yoktur[63]. Bir YSA hücresi 6 farklı katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar şu şekilde adlandırılmaktadır:

- Girdi Katmanı
- Ağırlıklar
- Ara Katman
- Toplama Fonksiyonu
- Aktivasyon Fonksiyonu
- Çıktılar

i. Girdi Katmanı

Girdiler, nöronlara iletilen verilerdir. Girdiler yapay sinir hücresine diğer bir hücreden gelebileceği gibi direk olarak dış dünyadan da gelebilir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere toplayıcıya gönderilir. Bu katmandaki işlem elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

ii. Ağırlıklar

Yapay sinir hücresine gelen bilgiler girdiler üzerinden çekirdeğe ulaşmadan önce geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpılarak çekirdeğe iletilir. Bu sayede girdilerin üretilen çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilmektedir. Bu ağırlıkların değerleri pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Ağırlığı sıfır olan girdilerin çıktı üzerinde herhangi bir etkisi olmamaktadır. Bir ağırlığın değerinin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir[64].

iii. Ara katman

Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir.

iv. Toplama fonksiyonu

Toplama fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur. Her gelen girdi değeri, kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Ancak bazı durumlarda toplama fonksiyonu bu kadar basit bir işlem olmayabilir. Bunun yerine, en az (min), en çok (max), mod, çarpım, çoğunluk veya birkaç normalleştirme fonksiyonu gibi çok daha karmaşık olabilir. Genellikle deneme yanılma yolu ile en iyi toplama fonksiyonu belirlenmektedir. Girdileri birleştirecek olan algoritma, genellikle seçilen ağ mimarisine de bağlı olarak belirlenir. Bu fonksiyonlar farklı şekilde değerler üretebilir ve bu değerler ileri doğru gönderilir[63].

v. Aktivasyon fonksiyonu

İşlem elemanına gelen net girdiyi işleyerek üretilecek çıktıyı belirler. Lineer fonksiyon, Step fonksiyonu, Sinüs fonksiyonu, vb. etkinlik işlevi olarak kullanılabilir. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi etkinlik işlevi için de belirleyici kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Bir sinir hücresi etkinlik işlevinin eşik değerinin altında çıkış üretmez, eşik değerin üzerinde çıkış üretir[64].

vi. Çıktılar

Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Hücre kendi çıktısını kendisine girdi olarak ta gönderebilir. Ağ şeklinde gösterildiğinde bir proses elemanının birden fazla çıktısı varmış gibi görülmektedir. Bu sadece gösterim amacıyladır. Aslında bir proses elemanında çıkan tek bir çıktı değeri vardır. Aynı değer birden fazla proses elemanına girdi olarak gitmektedir[63].

4.2. Yapay Sinir Ağının Yapısı

YSA, yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmeleriyle oluşmaktadır. Hücreler birbirleriyle katmanlar halinde ve her katman içinde paralel olarak bağlanarak ağı oluştururlar. Yapay sinir ağının katmanları Şekil 4.4'te gösterildiği gibi girdi, ara katmanlar ve çıktı katmanında oluşmaktadır. Girdi katmanı dış dünyadan alınan bilgileri hiçbir işlem yapmadan ara katmanlara taşımaktadır. Ara katmanlardaki işlem elemanları girdi katmanından gelen bilgileri işleyip çıktı katmanına göndermektedir. Bilgiler ara katmandaki işlem elemanları tarafından işlenmektedir. Çıktı katmanındaki işlem elemanları, ara katmandan gelen bilgileri işleyip ağın girdilerine uygun olarak ağ çıktıları üretmektedirler.

i. Giriş katmanı

Yapay sinir ağına dış dünyadan girdilerin geldiği katmandır. Bu katmanda dış dünyadan gelecek giriş sayısı kadar nöron bulunmasına rağmen genelde girdiler herhangi bir işleme uğramadan alt katmanlara iletilmektedir[65].

ii. Gizli katmanlar

Bu katman giriş katmanından aldığı bilgiyi işleyerek bir sonraki katmana iletir. Gizli katman sayısı ve gizli katmandaki hücre sayısı ağdan ağa değişebilir. Gizli katmanlardaki hücre sayıları, girdi ve çıktı sayılarından bağımsızdır. Ayrıca birden fazla gizli katman varsa, bu katmanlardaki hücre sayıları aynı olmayabilir. Gizli katman sayısı ve bu katmanlardaki hücre sayısının artması, hesaplama karmaşıklığı ve süresini artırsa da YSA'nın daha karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabildiğini sağlamaktadır[65].

iii. Çıktı katmanı

Gizli katmandan gelen bilgiyi işler ve giriş katmanına gelen girdiye uygun olarak üretilen çıktıyı dış dünyaya gönderir. Çıkış katmanındaki hücre sayısı birden büyük olabilir. Her bir hücre bir önceki katmandaki bütün hücrelere bağlıdır. Her bir çıkış hücresinin bir adet çıktısı vardır[65].

4.3. Yapay Sinir Ağları Türleri

YSA türlerini farklı kriterleri göz önüne alarak sınıflandırmak mümkündür. Genel olarak YSA tiplerine, öğrenme yöntemlerine, katman sayılarına ve yapılarına göre sınıflara ayrılmaktadır.

4.3.1. Tiplerine Göre YSA

4.3.1.1. İleri Beslemeli YSA

İleri beslemeli YSA modelinde, bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir[66]. Katmanlardaki hücrelerin sayısı tamamen uygulanan probleme bağlıdır. Hücreler bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli katmandaki hücrelere iletir. Giriş bilgileri, gizli ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir[67].

Giriş katmanı harici olarak alınan verileri ara katmana gönderir ve bu katmanda bilgi işleme olmamaktadır. Alınan bütün bilgiler, hiçbir işleme tabi tutulmadan ara katmana iletilir. Ara katmana gelen bilgiler, işleme tabi tutulduktan sonra çıktı katmanına gönderilir, ayrıca çok sayıda ara katman bulunabilir. Ara katmandan gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanından dış ortama iletilir.

Bir çıktı katmanında birden fazla hücre olabilir. Her hücre bir önceki katmandaki hücrelerle bağlantılıdır. Bu tip YSA'ların eğitiminde, en çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması etkin olarak kullanılmaktadır.

4.3.1.2. Geri Beslemeli YSA

Geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundur.

4.3.2. Öğrenme Yöntemlerine Göre YSA

4.3.2.1. Danışmanlı Öğrenme

Danışmanlı öğrenme yönteminde, ağırlıkların belirlenmesi bir danışman aracılığıyla yapılmaktadır. Danışmanın verdiği girdi değerlerine karşılık gerçek çıktı değerleri ile ağ tarafından elde edilen çıktı değerlerinin birbirine yakın olması beklenir. Danışmanlı öğrenmede en yaygın kullanılan öğrenme algoritması hataları düzeltme yaklaşımıdır. Hata, ağa tanımlanan gerçek çıktı değerleri ile gerçekleşen çıktı değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır[68].

Bu tip öğrenmede, YSA'ya örnek olarak bir doğru çıkış verilir. İstenilen ve gerçek çıktı arasındaki farka (hataya) göre İE'ler arası bağlantıların ağırlığını en uygun çıkışı elde etmek için sonradan düzenlenebilir. Bu sebeple danışmanlı öğrenme algoritmasının bir “öğretmene” veya “danışmana” ihtiyacı vardır.

4.3.2.2. Danışmansız Öğrenme

Danışmansız öğrenmede sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Ağlar, istenen veya hedef çıkış değeri olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar. Bu tür öğrenmede ara katmanlar dışarıdan yardım almaksızın kendilerini örgütlemek için bir yol bulmalıdırlar. Kohonen tarafından geliştirilen danışmansız öğrenme yönteminin kullanıldığı öz örgütlemeli harita ağı da biyolojik sistemlerden esinlenilerek gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde sinirler öğrenmek için elverişli durum ya da ölçülerini güncellemek için yarışır. En büyük çıkış ile işlenen sinir, kazananı belirler ve komşularına bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verir[63].

4.3.2.3. Destekleyici Öğrenme

Bu stratejide de öğrenen sisteme bir öğretmen yardımcı olmaktadır. Fakat öğretmen her girdi seti için olması gereken çıktı setini sisteme göstermek yerine, sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktı üretmesini beklemekte ve üretilen çıktının doğru ve yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretmektedir. Sistem, öğretmenden gelen bu sinyali dikkate alarak öğrenme sürecini sürdürmektedir. Başka bir anlatımla, çıktılar hakkında sayısal bir bilgiye sahip olunamasa da bazen sözel bilgiye sahip olunabilir. Örneğin iyi-kötü, güzel-çirkin, var-yok, doğru-yanlış gibi bir bilgi danışmanın ağı kısmen yönlendirmesini sağlamaktadır[69].

4.3.3. Katman Sayısına Göre YSA

4.3.3.1. Tek Katmanlı Algılayıcı (TKA)

YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmalarından oluşur. Hücre çıktıları, ağırlıklar üzerinden diğer hücrelere ya da kendisine girdi olarak bağlanabilir. Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kuralına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA modelleri geliştirilmiştir[70]. En basit Y modelinde tek katman ve tek sinir bulunmaktadır. Bu YSA tipinde birden çok girdi ve tek bir çıktı bulunmaktadır. Çıktı değeri 1 veya 0 olmalıdır. Bu tip modeller genellikle nesneleri iki ayrı

sınıfa ayırmak için kullanılmaktadır. Ancak gizli katmanı olmayan sadece girdi ve çıktı katmanı olan ağlar, karmaşık işlevleri hesaplama yeteneğinden yoksundur. Bu nedenle karmaşık hesaplamalar için oluşturulan ağlarda en az bir gizli katman bulunmalıdır[64].

4.3.3.2. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

Çok katmanlı ağlar ara katmanının olması nedeni ile tek katmanlı ağlardan ayrılır. Ara katman sayısı arttıkça girdi verilerinden edinilen istatistiki bilgi artmakta dolayısı ile öğrenme daha iyi olmaktadır. Ağın yapısına göre ÇKA ileri beslemeli veya geri yayımlı bir ağ olarak tasarlanabilir. Girdi katmanı, verilerin ağa girişini sağlar. Bu katmanda herhangi bir işlem olmadan gelen bilgiler bir sonraki katmana aktarılır. Girdi sayısında bir kısıtlama yoktur. Ancak girdi katmanındaki işlem elemanlarının sadece bir girdisi olmaktadır. Girdi katmanının çıktısı ara katmandaki tüm işlem elemanlarına gönderilir. Kısaca girdi katmanındaki işlem elemanı girdinin diğer katmanlara dağıtılmasını sağlamaktadır.

Ara katman, saklı katman olarak da tanımlanmaktadır. Girdi katmanından gelen bilginin işlenmesi bu katmanda olur. İşlemin yapılmasından sonra bilgi bir sonraki katmana aktarılır. ÇKA ağında birden fazla ara katman ve her katmanda birden fazla işlem elemanı olabilir. Ara katmanda faaliyet gösteren işlem elemanları bir sonraki katmandaki tüm işlem elemanları ile bağlantılıdır. Yani oluşturduğu yeni bilgiyi bir sonraki katmandaki tüm işlem elemanlarına göndermektedir[63].

ÇKA ağı öğrenme stratejisi, öğretmenli öğrenme yöntemidir. Kurulan ÇKA ağına eğitim seti içerisinde örnek bilgiler verilirken aynı zamanda bu bilgilerin (girdilerin) karşılığında çıkması beklenen çıktı bilgileri de verilir. ÇKA ağı öğrenme sürecinde kendisine verilen örneklerden genelleme yapar ve çözmesi gereken problem için bir çözüm yolu veya kalıbı oluşturur. Bu çözüm yolu veya kalıba bakarak daha sonra ÇKA ağına sunulan problemler için çözümler üretir.

4.4. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

Biyolojik yapılardan esinlenerek oluşturulmuş olan yapay zeka teknolojilerinden biri olan YSA' nın geliştirilmesinde "programlama" kavramı, yerini "eğitim" kavramına

bırakmıştır. İşlem (proses) elemanlarının bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine “ağın eğitilmesi” denir[64].

İleri beslemeli geri yayımlı çok katmanlı bir YSA’nın eğitiminde çıkış elde edilmesi, ağırlıkların yenilenmesi ve ortalama karesel hatanın hesaplanmasına ilişkin adımlar Denklem 4.2 – 4.6’ da gösterilmektedir:

$$net_j = \sum_{i=0}^N W_{ij} X_i \quad (4.2)$$

$$Out_j = f(net_j) = \frac{1 - e^{-net_j}}{1 + e^{-net_j}} \quad (4.3)$$

$$w_{ij}^{yeni} = w_{ij}^{eski} + \Delta w_{ij} \quad (4.4)$$

$$\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} out_j \quad (4.5)$$

$$E_i = \frac{1}{2} (d_i - (\sum_{j=0}^N w_{ij} x_i))^2 \quad (4.6)$$

Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata oranı düşürülerek, gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilenerek hedeflenen sonuçlar elde edilmeye çalışılır. Ağırlıkların sürekli yenilenip hedeflenen sonuçların elde edilme sürecine öğrenme adı verilir. YSA öğrendikten sonra daha önce verilmeyen girişler verilir, sinir ağı çıkışıyla gerçek çıkışı yaklaşımları incelenir. Eğer yeni verilen örneklerle de doğru yaklaşıyorsa sinir ağı işi öğrenmiş demektir. Sinir ağına verilen örnek sayısı optimum değerden fazla ise sinir ağı işi öğrenmemiş ezberlemiştir. Genelde eldeki örneklerin yüzde sekseni ağı verilir ağı eğitilir, daha sonra geri kalan yüzde yirmilik kısım verilir ağın davranışı incelenir. Eğitim işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşur. Ağ giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar eğitime devam edilir. Hata değeri istenen değerin altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır[65].

Denklemlerde kullanılan terimlerin açıklaması şu şekildedir:

N : Ara katmandaki j . proses elemanının giriş sayısını,

w_{ij} : İleri katmandaki i . den j . ye kadar olan proses elemanının ağırlık katsayısını,
 x_i : Geri katmandaki i . proses elemanından elde edilen giriş değerini,
 $f(\text{net})$: Tanjant hiporbolik gibi bir aktivasyon fonksiyonunu,
 Out_j : Net çıkış değerini,
 Δw_{ij} : Hesaplanan ağırlıkların değişim miktarını,
 w_{ij}^{yeni} : Yeni ağırlık değerlerini,
 w_{ij}^{eski} : Eski ağırlık değerlerini,
 E_i : Ortalama hataların kareleri toplamını,
 d_i : İstenen veya beklenen emisyon değerlerini,
 η : Öğrenme parametresini göstermektedir.



5. EGZOZ EMİSYONLARI VE PERFORMANS PARAMETRELERİ

Dizel motorlar hava ve yakıtın silindir içerisinde karıştırıldığı ve tutuşmanın kendi kendine gerçekleştiği motorlardır. Yanma için gerekli olan hava, yanma odası içerisinde sıkıştırılmaktadır. Yüksek basınçlarda sıkıştırılan bu hava üzerine dizel yakıtı püskürtülerek, yakıtın kendi kendine tutuşması ve bu tutuşma sonucunda dizel yakıtının içerdiği kimyasal enerjinin açığa çıkması sağlanmaktadır. Bu kimyasal enerjinin açığa çıkması sonucu oluşan ısı enerjisi, mekanik enerjiye dönüştürülerek bir iş elde edilmektedir.

Birçok yakıt türünde olduğu gibi dizel yakıtı da içeriğinde yüksek oranda karbon ve hidrojen elementlerini barındırmaktadır. Tam yanma reaksiyonunda, dizel yakıtının yanması sonucu, yanma odasında sadece CO₂ ve H₂O açığa çıkmaktadır[71]. Ancak bir çok neden (hava-yakıt karışımı, tutuşma süresi, yanma odasındaki türbülans, hava-yakıt konsantrasyonu, yanma sıcaklığı vb.) bu durumu imkansız kılmakta ve yanma esnasında bir çok zararlı ürün oluşmaktadır. Bu zararlı gazlardan en çok açığa çıkanlar CO, HC, NO_x ve PM emisyonlarıdır.

Kirletici emisyonların egzoz gazındaki oranının %1'den daha düşük olduğu görülmektedir. Dizel motorlardaki kirletici emisyonlar arasında %50 oranla NO_x emisyonu en yüksek değere sahiptir. NO_x emisyonlarından sonra PM emisyonları ikinci en yüksek orana sahip kirletici emisyon türüdür[71].

Dizel motorlar fakir karışımlı motorlar olduğundan dolayı benzinli motorlara göre CO ve HC emisyon değerleri daha düşük orandadır. Aynı zamanda kirletici emisyonlar arasında dizel yakıtının özelliklerine ve kalitesine bağlı olarak değişim gösteren, bir miktar kükürt dioksit (SO₂) yer almaktadır. Bu emisyon türü dizel yakıtı içerisinde bulunan kükürttten dolayı oluşmaktadır.

5.1. Karbon Monoksit (CO)

CO emisyonları, oksidasyon sürecinin tam olarak meydana gelmediği eksik yanma sonucu oluşan bir üründür. Bu emisyonun oluşumu büyük bir oranda hava-yakıt karışımına bağlıdır ve hava-yakıt oranının (λ) 1.0' den düşük olduğu zengin karışımlarda artış göstermektedir[72].

Dizel motorlar hava-yakıt oranının devamlı olarak yüksek değerlerde olduğu ($\lambda > 1$) fakir karışımli motorlardır. Bu nedenden dolayı dizel motorlarda CO oluşumu benzinli motorlara göre oldukça düşük ve azdır. Yinede dizel motorlarda, yanma odasında yakıt damlacıklarının büyük olduğu veya yeterli türbülansın olmadığı durumlarda eksik yanma ürünü olarak CO emisyonu ortaya çıkabilmektedir[73].

CO oluşumu hidrokarbonun yanma mekanizmasında birkaç reaksiyon basamağında meydana gelir. CO oluşum reaksiyonu Denklem 5.1' de ifade edilmektedir[74].



Burada R hidrokarbon kökü olarak kullanılmıştır. Yanma işleminde oluşan CO oksitlendikten sonra CO₂'ye dönüşmektedir.

5.2. Karbon Dioksit (CO₂)

Karbondioksit doğrudan insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı bir etkiye sahip değildir. Ancak yanma sonucu üretilen CO₂'nin yaklaşık %50 si atmosferde birikerek bu gazın yoğunluğunu giderek artırmaktadır. Günümüzde atmosferdeki CO₂ miktarı son 420.000 yılda ve hatta son 20 milyon yılda hiç bu kadar yüksek bir düzeye erişmemiştir. Son 20 yıldır, atmosfere salınan insan kaynaklı CO₂ gazının yaklaşık dörtte üçü fosil yakıtların yanmasından, geri kalanı da arazi kullanımı değişikliği ve özellikle ormanların yok edilmesinden kaynaklanmıştır. Son yirmi yılda, atmosferdeki CO₂ gazının yıllık artışı %0,4 olmuş, 1990'dan sonra ise yıllık artış %0,2-0,8 arasında değişmiştir. Kuzey yarımküredeki kar örtüsü ve kutup denizindeki yüzen buz miktarı azalmıştır. Küresel olarak deniz seviyesi geçtiğimiz yüzyılda 10- 20 cm arasında artmıştır. Tüm dünyada karaya düşen yağış miktarı %1 artmıştır[75].

5.3. Hidrokarbonlar (HC)

HC emisyonları, yakıtın tam olarak yakılamaması sonucu açığa çıkan bir eksik yanma ürünüdür. HC oluşumunun temel nedeni, silindir içi sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucu yanmanın tam olarak gerçekleşmemesidir[76]. HC' ler alkanlar,

alkenler ve aromatikler gibi binlerce farklı türleri içermekle birlikte, genel olarak C_3H_6 (propilen) formunda bulunmaktadır[77].

Dizel motorlar genellikle düşük oranda HC emisyonu yayarlar. Dizel motorunun oluşturduğu HC emisyonları özellikle düşük ve yüksek motor yüklerinde hava-yakıt karışımından dolayı meydana gelmektedir. Karışımın fakir olduğu düşük yüklerde, yanmanın, iş zamanında tamamlanabilmesi için alev hızı oldukça düşük olmakta ve bunun sonucunda yanma gerçekleşemeye bilmektedir. Yüksek motor yüklerinde karışımın zenginleşmesinden dolayı bir miktar yakıt yakılmadan dışarıya atılmaktadır. Bu durumlar, yüksek oranda hidrokarbon emisyonlarının oluşmasına yol açmaktadır[78]. Ayrıca egzoz gazı içerisinde bulunan HC emisyonları düzgün olmayan çalışma koşullarından da oluşabilmektedir. Motor hızında gerçekleşen yüksek orandaki ivme değişiklikleri, aşırı enjektör meme deliği miktarı ve enjektör iğnesindeki aşınmalar önemli miktarda yanmamış hidrokarbonun egzoz gazına geçişine yol açmaktadır[79].

Egzoz gazı hidrokarbonları toplam HC emisyonlarının %50-60'nı oluştururken, karterden ve buharlaşmadan kaynaklanan HC emisyon oranları sırasıyla %20-35 ve %15-25 aralığında değişim göstermektedir[80].

Hidrokarbonlar insan ve çevre sağlığı üzerinde oldukça zararlı bir etkiye sahiptir. Diğer kirlenici emisyonlarla birlikte sera etkisinin tahribatında önemli bir rol oynamaktadırlar. Hidrokarbonlar solunumu tahriş edici bir etkiye sahip olmasıyla birlikte oldukça zehirlidir ve kansere yol açabilmektedir[81].

5.4. Azot Oksitler (NO_x)

Dizel motorlar, yakıtı tutuşturmak için yüksek basınçta sıkıştırılmış sıcak hava kullanmaktadır. Temel olarak oksijen ve nitrojenden oluşan hava ilk olarak silindire alınmakta ve daha sonra yanma odası hacmine doğru sıkıştırılarak üzerine yakıt püskürtülmektedir. Püskürtülen yakıt yüksek basınç ve sıcaklıktan dolayı tutuşarak yanmakta ve ısı açığa çıkmaktadır. Normal olarak bu süreçte nitrojen yanma odası içerisinde oksijen ile reaksiyona girmemekte, aynı haliyle motor dışına salınmaktadır. Ancak 1600 °C'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklar, nitrojenin oksijenle reaksiyona girmesine ve bu duruma bağlı olarak NO_x emisyonlarının oluşmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak NO_x emisyonlarının oluşumundaki en önemli faktörler sıcaklık ve yanma odasında bulunan oksijen konsantrasyonudur.

NO_x emisyonun oluşumu, silindirdeki maksimum sıcaklık değeri, oksijen konsantrasyonu ve yanma zamanının bir fonksiyonu olarak değişim göstermektedir. NO_x salınımının çok büyük bir kısmı maksimum sıcaklığın elde edildiği iş stroğunda, piston en üst ölü noktaya çok yakın iken oluşmaktadır. Yanma sıcaklığının yükselmesi, oluşan NO_x emisyonu miktarında artış etkisi yaratmaktadır. Yanma sonu sıcaklığındaki her 100 °C' lik bir artış, oluşan NO_x emisyonları miktarında üç kat artışa yol açmaktadır[82].

NO yanmış gazların alevin gerisinde kalan bölgesinde meydana gelen ve ilk defa 1946'da Zeldovich tarafından açıklanan bir mekanizmayla oluşur. Zeldovich tarafından basit bir şekilde izah edilen reaksiyon mekanizması 1991'de Baulch vd. tarafından geliştirilmiştir. Bu haliyle genişletilmiş Zeldovich mekanizması 3 temel reaksiyondan oluşur[83]. Reaksiyonlar Denklem 5.2 – 5.4' de görülmektedir.



NO_x emisyonu ortamdaki sıcaklığın etkisiyle N₂ ve O₂ moleküllerinin reaksiyonuyla oluşur. Buradan anlaşılabacağı üzere NO_x emisyon oluşumunu yanma odasındaki sıcaklık etkiler. NO_x emisyonu genellikle yüksek yanma sıcaklığında ve daha uzun yanma süresinde çok daha yüksektir. Ayrıca, motor yükü, hız, yanma odasındaki içerik, homojenlik ve karışım yoğunluğu da NO_x emisyonları üzerinde önemli etkilere sahiptir. Sıcaklığın düşmesi ile NO_x' lerin tekrar N₂ ve O₂'ye ayrışması beklenirken, reaksiyon hızının düşük sıcaklıklarda çok düşük olması nedeniyle bu reaksiyonlar da yavaşlar. Böylece daha yüksek sıcaklıklarda elde edilmiş olan NO_x miktarları dondurulmuş olur. Belli bir zaman aralığından sonra ise, sıcaklıkların düşmesi sonucunda reaksiyonlar donar ve egzoz gazları içerisindeki miktar daha önce erişilen maksimum sıcaklık miktarına orantılı bir seviyede kalır. Çünkü NO_x oluşumu ayrıca reaksiyon hızına ve reaksiyonların tamamlanması için mevcut zamana da bağlıdır[41].

5.5. Duman (İs) Yoğunluğu

Dizel motorların çevresel ve sağlık yönünden en büyük dezavantajı, yanmamış karbonlu bileşiklerden oluşan, artan siyah kurum (özellikle: dizel partiküler madde)

üretimidir. Bunun nedeni, yakıtın tamamen okside olmadığı lokal soğuk noktalardır. Yanma odasının duvarlarında ve kötü buharlaşmış büyük yakıt damlacıklarının dışında, nispeten düşük sıcaklıklar görülür. Yoğunlaşmış yakıtın yüzeyi yanmak için daha az havaya sahiptir ve nihayetinde kurum oluşumuna götüren bir karbon yatağına dönüşmesi için kısmen pirolize olur. Dizel yakıtta aromatik bileşiklerin varlığı tipik olarak aromatik birimleri daha kolay poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) oluşturmak için kolay yoğunlaştırma yoluyla kurum emisyonunu artırırken, alifatik bileşikler hidrojen çıkarma ve ardışık (poli) asetilen ilavesi yoluyla büyüme mekanizmasını destekler[84].

Dizel motorlardan kaynaklanan PM emisyonları benzinli motorlara göre 6-10 kat daha yüksektir. Dizel PM emisyonları üç temel başlığa ayrılabilir: İs, çözülebilir organik fraksiyon (SOF) ve inorganik fraksiyon (IF). İs yanmamış karbon partikülleridir. Dizel motorlarında silindir içinde bulunan yakıt damlasının içindeki H₂ molekülleri, hızlı bir şekilde reaksiyona girmekte ve geriye kalan C yeterli O₂ bulamadığından yanamayarak is partikülleri halinde dışarı atılmaktadır. İs oluşumunun temel nedeni yakıtının silindir içinde yeterli hava bulamaması veya zamanında hızla hava ile karışamaması ve buharlaşmamasıdır.

PM emisyonlarının insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, partikül maddelerin solunmasının prematüre ölümü, astım, akciğer kanseri ve diğer kardiyovasküler sorunlar gibi önemli sağlık problemlerine yol açtığı ortaya konulmuştur. Bu emisyonlar hava, su ve toprak kirliliğine de katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda binaların kirlenmesine yol açmakta, görüş uzaklığını azaltmakta, tarım verimliliğini etkilemekte ve küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır[85].

5.6. Özgül Yakıt Tüketimi (ÖYT)

Bir birim zaman içinde bir güç birimi üretmek için tüketilen yakıtın miktarı (ağırlıkça). Belirli yakıt tüketimi (ÖYT), atmosferik motor performansının yaygın olarak kullanılan bir ölçüsüdür. Diğer bir deyişle, ÖYT, herhangi bir güçteki çalışma sırasında, saatte tüketilen yakıt miktarının üretilen güce oranıdır. Denklem 5.5' de ÖYT' nin; zamana, motor gücüne ve tüketilen yakıtın ağırlığına bağlı olarak değişimini gösteren formül verilmiştir.

$$b_e = B \times 1000 / N_e \quad (5.5)$$

Burada;

b_e : Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh),

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

N_e : Efektif motor gücüdür.

Bir motorun en avantajlı çalışma durumları; maksimum güç ($P_{e_{max}}$), maksimum tork ($M_{e_{max}}$), veya en az ÖYT ($b_{e_{min}}$)'i sağladığı durumlardır. Bu çalışma durumları, motorun kullanım amacı ve yaptığı işin özellikleri tarafından belirlenir.

5.7. Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS)

İçten yanmalı motorlarda EGS, motorlar için önemli bir parametredir. EGS yanma odasında meydana gelen yanma olayının verimi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Egzoz çıkışından, egzoz manifoldundan ya da yanma odası çıkışından ölçülebilen EGS'ye bağlı olarak, yanma odasındaki sıcaklık parametresinden; yanmanın iyileşmesi yada kötüleşmesi ve egzoz emisyon gazlarının oluşumu hakkında yorumlar yapılabilmektedir.

5.8. Titreşim

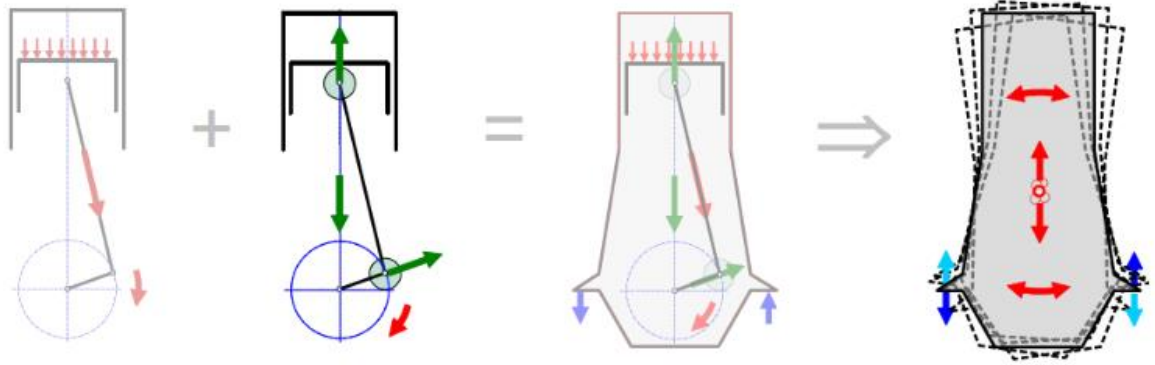
İçten yanmalı motorun titreşimleri, pistonlu komponentlerin döngüsel ivmelenmesi ve her çalışma çevrimi boyunca oluşan hızla değişen gaz basıncından kaynaklanmaktadır. İçten yanmalı motorlarda her iki titreşim kaynağı da, üç çeşit titreşim üretir:

- Dikey ve / veya yatay sallanma
- Dalgalı tork reaksiyonu
- Krank milinin burulma salınımı (titreşimi)

Bir makinede veya bir motorda titreşimin; mekanik stresler, ses seviyesi, malzeme yorulması, enerji kayıpları ve yatak yükleri gibi parametrelerde artışa sebep olması sebebi ile titreşim çoğu zaman istenmeyen bir durumda olmuştur[86].

Hızlanma ölçerleri, çalışan motorun genel titreşimi ölçülürken kullanılır; bu ivmeölçerler, ekseninde uzunlamasına, enine ve dikey hareketi üç yönde hareketi ölçmektedir. Titreşim seviyeleri, motorun farklı bölümlerinde farklı olabilir ve bu nedenle, ölçme esnasında ivmeölçerlerin yerleştirileceği önceden tanımlanmış noktalar ızgarasına ihtiyaç duyar. Ölçümlerin sonuçları aynı zamanda motordaki her bir nokta için "normal" bir değere

sahip olmakla birlikte, her motor türünün her bir noktası için de "normal" bir değere sahip olmalıdır. Bu değerin fazlası, çok fazla titreşim olduğu anlamına gelir ve bunun sebebinin bulunması gerekir. Şekil 5.1’ de her çevrimde, pistonlu komponentlerin döngüsel ivmelenmesi ve gaz basıncından kaynaklanan motor titreşimi görülmektedir.



Şekil 5.1. Her çevrimde, pistonlu komponentlerin döngüsel ivmelenmesi ve gaz basıncından kaynaklanan motor titreşimi

Basit bir titreşim sistemi üç bölümden oluşur: potansiyel enerjiyi depolamak için bir yay, kinetik enerjiyi depolamak için bir kütle veya atalet, yavaş yavaş enerjiyi azaltacak bir sönümleyici. Bir sistem titreştiğinde, enerjisi kinetik ve potansiyel biçimi arasında değişir. Sönümlü bir sistem, harici bir kaynak yoluyla muhafaza edilmezse, döngü sırasında enerjiyi kaybeder[87].

6. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bolelli ve ark., Cr_2O_3 kaplamanın, plazma püskürtülmüş seramikler arasında, interlâ Müllerler arası yapışmanın düşük olması nedeniyle en sert ve en anizotropik olanı olduğunu belirtmişlerdir[88].

Yılmaz ve ark., yanma odası bileşenlerini izole ederek, yanma sıcaklıklarını yüksek tutmak için kullanılabileceğini belirtmiş. Yüksek yanma sıcaklığı nedeniyle termik verimin artırılabilmesini, egzoz emisyonlarının azaltılabileceğini ve dizel motorlarda yakıt tüketimi azaltılabileceğini söylemişlerdir. Düşük ısı iletkenliği ve yüksek termal genleşme katsayısına sahip seramik malzemeler, yanma odası bileşenlerini termal izolasyonlu hale getirmek için kullanıldığını belirtmişlerdir[89].

Garud ve ark., dört zamanlı, üç silindirli, su soğutmalı, 15 HP gücünde bir dizel motorda yaptıkları TBK çalışmasında, YSZ (Y_2O_3 & ZrO_2) ile pistonların üst yüzeyi kaplamıştır. Çalışma sonucunda, termal verimin artmasına bağlı olarak, NO_x emisyonunun ve O_2 yoğunluğunun arttığını, özgül yakıt tüketiminin, CO ve HC emisyonlarının da azaldığını, standart dizel motorla kıyaslayarak görmüşlerdir[90].

Taymaz, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu, altı silindirli, turbo şarjlı ve soğutmalı bir dizel motorda; yanma odası yüzeyleri, silindir kapağı, valfler ve piston üst yüzeyleri seramik malzemeler ile kaplanarak TBK' nın motor performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, yanma sıcaklığındaki artış, efektif verimliliğin orta yükte %32' den %34' e, seramik kaplı motor için tam yük ve orta devirlerde %37' den %39' a yükselmesine neden olurken, düşük yükte yalnızca %26' dan %27' ye yükseldiğini belirtmiştir[91].

Raman ve ark., direk enjeksiyonlu dizel bir motorunda, termal bariyer kaplamanın performans özelliklerini değerlendirmişlerdir. Yanma odası elemanlarından piston, silindir yüzeyi ve supaplar stabilize zirkon ile TBK gerçekleştirmişlerdir. Seramik kaplamadan sonra dizel motorun fren termal verimliliği sıra dışı olarak arttığını, ayrıca spesifik enerji tüketimi motor kaplaması ile %15.8 oranında azaldığını, %18.6 oranında karbon monoksit ve %22.8 oranında hidrokarbon emisyon seviyeleri azalırken aksine oksijen azot emisyon seviyesi yüksek pik sıcaklığına bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir[92].

Hazar ve Öner., dizel motorlarında TBK' nın egzoz emisyonlarına etkisini inceledikleri çalışmalarında, yanma odası elemanlarının izolasyonunun, yanma sıcaklığını

arttırdığı için yanma tepkimesini de iyileştirdiğini ve bu şekilde yanmamış hidrokarbonların tepkimeye katılması sağlanarak egzoz emisyonlarının da iyileştiğini belirtmişlerdir[93].

Ramaswamy ve ark., doğrudan enjeksiyonlu dizel motorunda, silindir kapağı, supap ve pistonu sırasıyla 0,1 mm, 0,26 mm ve 0,45 mm termal bariyer amaçlı kaplamışlardır. Kaplama sonucunda ÖYT değerinde %1-2 azalma, EGS değerinde ise %5-6 oranlarında artma meydana geldiğini belirtmişlerdir[94].

Kamo ve ark., altı silindirli, direkt püskürtmeli, aşırı doldurmalı bir dizel motor üzerinde yaptıkları çalışmada, silindir kapağı, supaplar ve pistonları termal bariyer amaçlı olarak kaplamışlardır. Çalışmanın sonucunda NO_x emisyonlarında %40 artış olduğunu görmüşlerdir[95].

Uzun ve ark., aşırı doldurmalı, ara soğutmalı ve direk enjeksiyonlu düşük ısı kayıplı bir dizel motorunda yapmış oldukları deneyler sonucunda, CO emisyonlarında %35-40, yanmamış HC emisyonlarında %40, partikül madde emisyonlarında %48'lik azalma olurken, NO_x emisyonlarının ise arttığını belirtmişlerdir[96].

Gürbüz ve ark., TBK' nin motor yakıt sarfiyatı, EGS ve emisyonlara olan etkilerini incelediği deneylerinde EGS değerinin arttığını, çevreye ve canlılara zararlı olan HC ve CO emisyonlarının azaldığını ve yakıt sarfiyatında % 11 iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir[97].

Wang ve ark., dizel-oksijenat karışımlarının gaz ve partikül emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deneyler, 1800 rpm'lik motor devrinde beş motor yükü altında motorun partikül emisyonlarını araştırmak için etanol, biyodizel ve Dietilen glikol dimetil eter ile harmanlanmış çok düşük kükürtlü dizel kullanılarak 4 silindirli doğrudan enjeksiyonlu dizel motor üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, partiküler madde (PM) emisyonunun karışımlardaki oksijenat içeriğinin artması ile azaldığını gösterilmiştir. Dizel yakıtta etanol ilavesi HC, CO, NO_x ve NO₂ emisyonlarını arttırdığı ve partikül sayısı konsantrasyonunu azaldığı belirtilmiştir. Dizel içerisine Dietilen glikol dimetil eter ilavesi, etanolün tersi eğilim verdiği görülmüştür. Dizel yakıtta ilave edilen Dietilen glikol dimetil eter' in, PM ve NO_x emisyonlarını aynı anda azalttığı belirtilmiştir[98].

Emiroğlu ve ark., tek silindirli bir dizel motorda, dizel yakıtta çeşitli alkol ilaveleri yaparak, alkollerin motorun yanma, performans ve egzoz emisyon değerleri üzerindeki etkilerini, farklı motor yükler altında incelemiştir. Alkol çeşitleri olarak; etanol, bütanol ve metanol %100 ve %10 karışım şeklinde kullanılmıştır. Sonuçlar; alkol karışımlarının tutuşma gecikmesinin, alkol yakıtların düşük setan sayısı nedeniyle D100'den daha uzun

olduğunu göstermiştir. Maximum silindir basıncı, tüm motor yükleri için dizel yakıta kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, alkol ilavesi duman ve CO emisyonlarında azalmaya neden olurken NO_x emisyonlarında düşük bir artışa neden olduğu belirtilmiştir[99].

Bayık ve ark., direkt püskürtmeli tek silindirli bir dizel motorda yakıt olarak farklı oranlarda dizel-izobütanol yakıt karışımları kullanılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Bu amaçla, dizel yakıtına %5, %10, %15 ve %20 oranlarında izobütanol karıştırılmıştır. Dizel motor, dizel yakıtı ve dizel- izobütanol yakıt karışımları ile sabit bir hızda ve farklı yüklerde test edilmiştir. Tüm yüklerde %20 izobütanol kullanılması durumunda dizel yakıtına göre özgül yakıt tüketimi ortalama %17 artış olduğu belirtilmiştir. Ayrıca NO_x , Is ve CO emisyonlarında sırasıyla ortalama %14, %23 ve %11 oranında azalmalar elde edildiği ve İzobütanol kullanımının sadece HC emisyonunu arttırdığı belirtilmiştir[6].

Tüccar ve ark., dizel yakıt (D), dizel (% 80) - mikroalg biyodizel (% 20) (D80B20), dizel (% 70) - mikroalg biyodizel (% 20) - bütanol (% 10)) (D70B20But10) ve diesel (% 60) - yakıt karışımlarının bir dizel motorun performansı ve egzoz emisyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmek için mikroalg biyodizel (% 20) - bütanol (% 20) (D60B20But20) yakıtları test edilerek, motor performans parametreleri ve azot oksitler, karbon monoksit ve duman opaklığı gibi egzoz gazı emisyonlarının ölçümelerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlarda, bütanol ilavesinin NO_x ve CO emisyon değerlerini düşürdüğü belirtilmiştir. Butanol, dizel ve MB'ye kıyasla fazla oksijen içerdiği, biyodizel dizel karışımlarında bulunan oksijen bileşenini artırarak dumanın azalmasına neden olduğu belirtilmiştir[100].

Higgins ve ark., dizel püskürterek buharlaştırma, karıştırma, ateşleme ve yanma işlemleri üzerine ateşleme arttırıcı katkı maddesi olan 2-etilheksil nitratin etkilerini, sabit hacimli yanma kabında doğrudan enjeksiyonlu (DE) dizel motor koşullarında araştırmıştır. Sonuçlara göre; otomatik ateşleme periyodunun çok erken bir aşamasında radikal havuz oluşumunu arttırarak dizel sprey için otomatik ateşleme süresinin kısılmasına neden olduğu belirtilmiştir. Spesifik olarak, 2-etilheksil nitratin unimoleküler ayrışması NO_2 'yi oluşturduğu ve NO_2 daha sonra mevcut OH atomlarıyla reaksiyona girerek OH radikalleri ürettiği belirtilmiştir[101].

Rakopoulos ve ark., dört zamanlı, tek silindirli, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda, dietil eter / dizel yakıt karışımlarının, motor performans ve emisyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. %8, %16, %24 oranlarında karışımlar hazırlanarak, üç farklı motor yükünde

çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Duman emisyonu, dizel yakıtı göre dietil eter / dizel yakıt karışımlarının kullanımı ile önemli ölçüde azaldığı; bu azalma, karışımın dietil eter yüzdesi ne kadar yüksek olursa o kadar arttığı belirtilmiştir. Dietil eter karışımının, NO_x ve CO emisyonlarında azalmaya, HC emisyonlarında artmaya neden olduğu belirtilmektedir. Ayrıca egzoz gaz sıcaklığında da düşük bir artış gözlemlenmiştir[102].

Singh ve ark., oksijen zengin yakıtlardan, Dimetil Karbonat (DMK) ve Dibütil Maleat (DBM) ' in, egzoz emisyonları üzerindeki etkileri çalışmalarında 1500 devirde ve %25, %50, %75 motor yükleri altında, tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu dizel bir motorda gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda; duman miktarının DMK20 karışımı kullanılarak tam yük koşullarında %35, emisyondaki oksijen içeriği DBM15 ile %39, yanmamış hidrokarbonların oranı ve karbon monoksit azalma oranı sırasıyla %19 ve %21 olduğu belirtilmiştir[49].

Doğan, motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine n-bütanol / dizel yakıt karışımlarının (oksijen katkılı bir oksijen katkısı olarak) etkisini incelemiş olduğu çalışmada, tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda, 2600 devirde sabit ve dört farklı motor yük durumunda, çalışmasını gerçekleştirmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda; yakıt karışımlarında n-bütanol içeriği arttıkça hidrokarbon emisyonları arttığı, duman opaklığı, azot oksitler ve karbon monoksit emisyonları azaldığı belirtilmiştir. Buna ek olarak, yakıt karışımlarında artan n-bütanol içeriğiyle, fren özgül yakıt tüketiminde (föyt) ve fren termal veriminde bir artış görülmüştür. Ayrıca, egzoz gazı sıcaklığı yakıt karışımlarında n-bütanol içeriği arttıkça azaldığı belirtilmiştir[103].

Atik ve ark., buji ateşlemeli bir motorun performansı ve egzoz emisyonları yapay sinir ağları (YSA) ile tahmin edilmiştir. Eğitim ve test için önerilen YSA, 4 silindirli 4 zamanlı bir test motorunda metan hidrojen karışımının farklı hidrojen yüzdeleri (0, 10, 20, ve 30), farklı hava fazlalık katsayıları (0.9, 1, 1.1, 1.2, 1.3 ve 1.4) ve farklı motor hızlarında (1500, 2000, 2500 ve 3000 dev/dak) çalıştırılmıştır. Standart geriye yayılım algoritması kullanılan YSA' da üç katman bulunmaktadır. Giriş katmanında üç hücre (motor hızı, H₂ ve hava fazlalık katsayısı) çıkış katmanında ise 8 hücre bulunmaktadır (HC, CO, CO₂, ve O₂ emisyonları, tork, özgül yakıt tüketimi, güç ve egzoz sıcaklığı). Gizli katmanında 28, 29, 30, 31 ve 32 hücresi olan yapıdaki YSA' larda eğitimde başarılı olunmuştur. Sonuçlara göre elde edilen korelasyon katsayıları CO, CO₂, O₂ ve HC emisyonları için sırasıyla 0.9880, 0.9728, 0.9930 ve 0.9623, tork, özgül yakıt tüketimi, güç ve egzoz sıcaklığı için sırasıyla 0.8650, 0.9840, 0.9252 ve 0.9605 olduğu belirtilmiştir. Bütün sonuçlar YSA' nın buji ateşlemeli

motorlar için performans ve emisyon tahmininde alternatif bir yöntem olabileceğini göstermiştir. YSA için en iyi sonuç 28 gizli hücresi olan yapıda elde edildiği ayrıca vurgulanmıştır[9].

Çırak ve ark., yapay sinir ağlarını kullanarak dizel motorlarda termal bariyer kaplamanın emisyonlara etkileri incelemiştir. Dört zamanlı, tek silindirli ve direkt püskürtmeli bir dizel motorun yanma odası elemanları olan, silindir kapağı, piston ve supaplar plazma spreycaplama yöntemi kullanılarak seramik bir malzeme olan Alümina-Stabilize Zirkonyum (Al_2O_3 - ZrO_2) ile kaplanmıştır. Tek girişli ve tek çıkışlı adı verilen yapay sinir ağları modeli her bir emisyon değeri için kullanılarak, çalışma sonucunda kaplanmış motor ve yapay sinir ağları grafik değerleri birbirine yakın çıktığı belirtilmiştir. YSA sonuçları ile deneysel sonuçlar arasındaki maksimum; CO_2 emisyonunda %8.3, NO_x emisyonunda %0.5, CO emisyonunda %0.8, HC emisyonunda %1.7' lik hata oranları bulunduğu belirtilmiştir[104].

Yusaf ve ark., yapay sinir ağı yardımıyla CNG-dizel, motor performansı ve egzoz emisyonu üzerine etkisini inceleme amaçlı çalışmaları, dört silindirli, direkt enjeksiyonlu bir motorda gerçekleştirilmiştir. ANN modellenmesi için, modeli eğitmek için standart geri yayılım algoritmasının optimum seçim olduğu belirtilmiştir. Giriş ve çıkış parametreleri arasındaki doğrusal haritalama için çok katmanlı bir algılama ağı kullanılmıştır. ANN modelinin sırasıyla motor torku, föyt, NO_x ve egzoz sıcaklığı için 0.9884, 0.9838, 0.95707 ve 0.9934 korelasyon katsayısı ile motor performansını ve egzoz emisyonlarını öngörebildiği, yapılan çalışma sonucu vurgulanmıştır[105].

7. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında, YSA ile modellemesi gerçekleştirilen, NM ve KM' de, 4 farklı dizel yakıt katkı maddesi kullanılarak; egzoz emisyon ve motor performans parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın dört aşaması deneysel, diğer iki aşaması tasarım/modelleme ve yorumlardan oluşmak üzere, altı aşamada gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşamada, belirlenen tek silindirli bir dizel motorda, Normal Motor (NM)' da; 1800 - 3000 motor devirleri arasında ve yarım yük (%50) altında, standart dizel yakıtı (No 2-D) kullanılarak, CO, CO₂, NO_x, HC, Duman Yoğunluğu, Titreşim, ÖYT, EGS değerleri kayıt altına alınmış ve NM' nin Termal görüntüleri (TG) alınmıştır.

İkinci aşamada, aynı dizel motorda (NM) hiçbir değişiklik gerçekleştirilmeden, 1800 - 3000 motor devirleri arasında ve yarım yük (%50) altında, yakıt katkısı olarak kullanılan; Dibütil Maleat (DBM) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Etilheksil Nitrat (EHN) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında ve Bütanol (B) %6, %12, %18 (hacimsel) oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, CO, CO₂, NO_x, HC, Duman Yoğunluğu, Titreşim, ÖYT, EGS değerleri kayıt altına alınmış ve her bir katkı oranı için NM' nin Termal görüntüleri (TG) alınmıştır.

Üçüncü aşamada, yanma odası elemanlarından; piston, egzoz ve emme supaplarının yanma odasına bakan yüzeyleri Cr₂O₃ ile 300 µm kalınlığında kaplanmıştır. Kaplanan piston, emme ve egzoz supapları NM' ye montajı yapılarak, KM oluşturulmuştur. KM' de 1800 - 3000 motor devirleri arasında ve yarım yük (%50) altında, standart dizel yakıtı (No 2-D) kullanılarak, CO, CO₂, NO_x, HC, Duman Yoğunluğu, Titreşim, ÖYT, EGS değerleri kayıt altına alınmış ve KM' nin Termal görüntüleri (TG) alınmıştır.

Dördüncü aşamada, KM' de 1800 - 3000 motor devirleri arasında ve yarım yük (%50) altında, yakıt katkısı olarak kullanılan; Dibütil Maleat (DBM) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Etilheksil Nitrat (EHN) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında ve Bütanol (B) %6, %12, %18 (hacimsel) oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, CO, CO₂, NO_x, HC, Duman Yoğunluğu, Titreşim, ÖYT, EGS değerleri kayıt altına alınmış ve her bir katkı oranı için KM' nin Termal görüntüleri (TG) alınmıştır.

Beşinci aşamada, deneysel olarak elde edilen CO, CO₂, NO_x, HC, Duman Yoğunluğu, Titreşim, ÖYT, EGS değerleri, YSA' ya giriş verisi olarak verilerek, YSA' nın çıkışında farklı motor devirleri için egzoz emisyon ve motor performans değerleri elde edilmiştir. MATLAB R2017a yazılımında hazırlanan m-file dosyaları, YSA' nın eğitiminde ve test edilmesinde kullanılmıştır. MATLAB GUI' de tasarlanan, kullanıcı ara yüzü ile YSA' nın istenen giriş verisine karşılık, alınacak olan çıkış verisinin elde edilmesi, kolay ve anlaşılır olması sağlanmıştır.

Altıncı aşamada, deneysel sonuçlar ve YSA' nın çıktı olarak verdiği veriler, bilgi işleme yöntemleri ile grafiklere aktararak yorumlanmıştır. Egzoz emisyon ve motor performans değişimleri, içten yanmalı motordaki yanma yapısına ve değişkenlere göre yorumlanmıştır.

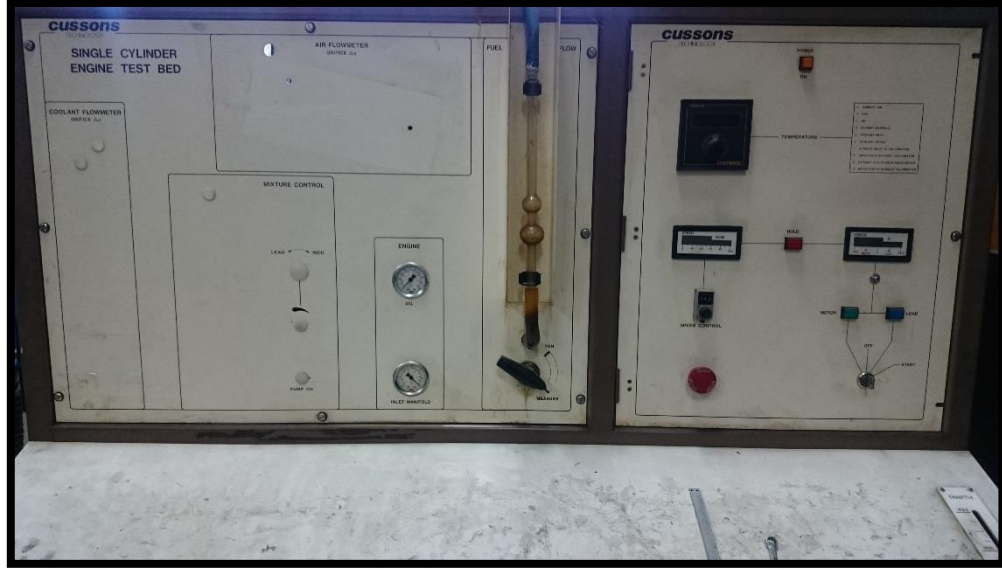
Deneysel çalışmalar sırasında kayıt altına alınan egzoz emisyon verileri; CO (%), CO₂ (%), HC (ppm), NO_x (ppm), Duman Yoğunluğu (%) olarak belirlenmiştir. Performans verileri ise; ÖYT (gr/kWh), EGS (°C), Titreşim [m/s²(rms)] olarak belirlenmiştir. Ayrıca, deneysel çalışmanın sonuçlarını destekleyici bir ölçüm olarak Termal Görüntüleri (TG) yorumlanmıştır.

Deneyler sırasında alınan veriler, KM ve NM' ler yarım yük (%50) altında çalıştırılarak alınmıştır. NM ve KM' deki, yakıt katkısız ve katkılı olarak yapılan bütün deneyler 1800 - 3000 motor devirleri arasında tekrar edilmiştir. Bu devir aralığında, her ölçüm parametresi için 40' ar adet ölçüm değeri alınmıştır. Örnek olarak, NM' de Dibütil Maleat yakıt katkısının %3 olarak kullanıldığı deneyde, toplam olarak 200 adet emisyon verisi ve 120 adet performans verisi kayıt altına alınmıştır.

Yanma odası elemanlarından piston, emme ve egzoz supapları, yüksek korozyon direnci, yüksek yapışma kabiliyeti gösteren Cr₂O₃, Plazma Sprey metodu ile 300 µm kalınlığında kaplanmıştır.

7.1. Motor Test Düzeneği

Motor deneyleri, Cussons P8160 Model, elektrikli dinamometre düzeneğine sahip, motor test tezgâhında yapılmıştır. Cussons P8160 Model motor test tezgahının görünümü Şekil 7.1'de gösterilmektedir. Deney düzeneğinde test motoru, egzoz emisyon cihazı, termometre, yakıt ölçüm tüpü, dinamometre, yakıt deposu ve kontrol ünitesi bulunmaktadır.



Şekil 7.1. Cussons P8160 motor test düzeneği

Deneylerde kullanılan yakıt ölçüm tüpü, hacimsel tipte, mekanik kontrollü, 10 ml ve 20 ml'lik iki boğumlu camdan silindirik bir yapıya sahiptir. Motorun yakıt tüketimi, hacimsel ölçeklendirmeye sahip bu kaptan, 20 ml' lik hazne tam dolu konumdan, tam boş konuma geçmesi için gerekli süre kronometre yardımıyla ölçülerek, hesaplanmıştır.

7.1.1. Deney Motoru

Deneyisel çalışmalarda, Antor 6LD 400 marka, dört zamanlı, tek silindirli, direkt enjeksiyonlu, hava soğutmalı bir dizel motor kullanılmıştır. Şekil 7.2' de kullanılan dizel motoru gösterilmektedir. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 7.1' de verilmiştir.



Şekil 7.2. Antor 6LD 400 dizel motor

Tablo 7.1. Antor 6LD 400 dizel motoruna ait teknik özellikler

Motorun Markası ve Modeli	6LD 400 Antor Dizel Motor
Strok Sayısı	4
Silindir Sayısı	1
Silindir Çapı	86 mm
Silindir Hacmi	395 cm ³
Strok	68 mm
Motor Gücü	6.25 / 8.5 (kW / HP)
Maksimum Tork	19.6 - 2000
Ağırlık	45 Kg
Yağlama	Tam basınçlı
Püskürtme Şekli	Direkt enjeksiyonlu tam dizel
Püskürtme Basıncı	200 kg/cm ²
Soğutma Şekli	Hava soğutmalı
Devir	3600 dev/dk
Sıkıştırma Oranı	18:1
Yağ Tüketimi	11,5 gr/h
Karter Yağ Kapasitesi	1,2 lt

7.1.2. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Motor farklı devirlerde yarım yük (%50) koşullarında çalışırken, emisyon değerleri Bosch marka emisyon ölçüm cihazı kullanılarak alınmıştır. Kullanılan Bosch marka emisyon cihazı Şekil 7.3’de gösterilmektedir.



Şekil 7.3. Bosch marka emisyon ölçüm cihazı

Bosch egzoz emisyon ölçüm cihazı ile dizel ve benzinli motorlarda; CO, CO₂, NO_x, HC, O₂, Pusluluk ölçümleri anlık olarak yapılabilmektedir. Tablo 7.2’ de Bosch egzoz emisyon ölçüm cihazının teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.2. Bosch egzoz emisyon ölçüm cihazının ölçüm aralığı ve hassasiyeti

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	0.500 – 9.999	0.001
NO	0 – 5000 ppm Hac.	≤ 1 ppm Hac.

7.1.3. Termometre

Motorların egzoz gaz sıcaklıklarını ölçmek için Extech Instruments 421502 Model K/J tipi termometre kullanılmıştır. Termometrenin gövdesi motor test düzeneği üzerine, termometrenin ölçüm ucu ise motorun egzoz çıkışına belli bir konumda sabitlenmiştir, bu şekilde elde edilen verilerin daha stabil olması sağlanmıştır. Kullanılan Extech Instruments 421502 Model K/J tipi termometrenin görüntüsü Şekil 7.4’de verilmiştir.



Şekil 7.4. Extech Instruments 421502 Model K/J tipi termometre

7.1.4. Titreşim Ölçüm Cihazı

Deneysel çalışmalarda motorun titreşim seviyesini ölçmek için Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazı kullanılmıştır. Şekil 7.5’ de Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazı gösterilmektedir, deneyler sırasında, daha önceden belirlenen bir noktadan sabit olarak ölçümler alınmıştır, Şekil 7.6’ da belirlenen noktanın motor üzerindeki yeri belirtilmiştir. Tablo 7.3’de Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazının teknik verileri gösterilmektedir.



Şekil 7.5. Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazı



Şekil 7.6. Motor üzerinde titreşim ölçülerinin alındığı nokta (kırmızı nokta)

Tablo 7.3. Fluke 805 Marka titreşim ölçüm cihazının teknik verileri

Cihaz Marka ve Modeli	Fluke 805 Titreşim Ölçer
Düşük frekans aralığı (genel ölçüm)	10 Hz - 1.000 Hz
Yüksek frekans aralığı (CF + ölçümü)	4.000 Hz - 20.000 Hz
Titreşim sınırı	50 g tepe (100 g tepe-tepe)
Hassasiyet	100 mV g $\pm$ %10
Ölçüm aralığı	0,01 g to 50 g
Şiddet Birimleri	g, m/sn ² (hızlanma) in/sn, mm/sn (hız) mil, mm (yer değiştirme)

7.1.5. Termal Kamera

Termal kamera, görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiyi göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Temassız ölçüm cihazları olan termal kameralar nesnelerin yaymış oldukları bu görünmez infrared enerjiyi algılayarak elektronik sinyale dönüştürdükten sonra, kamera ekranında termal görüntü şeklinde göstermektedirler.

Deneylerde, TBK' nın yanma odası üzerindeki etkisini ölçmek adına, termal kamera ile görüntüler alınmıştır, bu şekilde egzoz emisyon oluşumları ve motor performansına yönelik açıklamalarda, termal kameradan elde edilen veriler, doğrulayıcı olarak görev almıştır. Şekil 7.7'de deneylerde kullanılan, DALI LT3-P marka termal kamera görülmektedir. Tablo 7.4'de ise DALI LT3-P marka termal kameranın teknik özellikleri verilmiştir.

Termal kameranın farklı görüntüleme modları olup, kullanım şekli ısı farklılık miktarına göre seçilmektedir, örneğin ısı farklarının az olduğu ölçüm bölgelerinde, renk skalası fazla olan mod kullanılmaktadır.



Şekil 7.7. DALI LT3-P marka termal kamera

Tablo 7.4. DALI LT3-P marka termal kameranın teknik özellikleri

Cihaz Marka ve Modeli	DALI LT3-P Termal Kamera
Detektör Tipi	Uncooled FPA microbolometer
Termal Çözünürlük	160×120
Termal Hassasiyet	≤0.08°C @30°C
Görüntü Yenileme Hızı	50/60 HZ
LCD display	2.7" TFT LCD, 320*240
Ölçüm Aralığı	-20°C~+350°C (1000 C opsiyon)
Renk Paleti	11 değişik renk paleti ile termik resim gösterimi
Emisitivite Düzeltme	0.01 - 1.0
Kayıt Tipi	Termik: Termik ölçüm sonuçları ile birlikte JPEG, Gerçek görüntü : JPEG
Çalışma sıcaklığı	-15°C~+50°C
Pil Tipi	Li-Ion, şarj edebilen

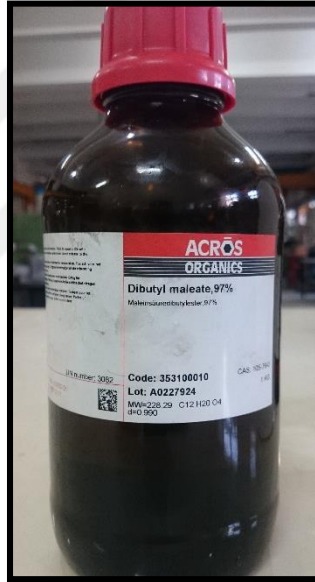
7.2. Yakıt Katkıları

Deneysel çalışmalar sırasında kaplanmış (KM) ve kaplanmamış (NM) motorlarda 4 farklı dizel yakıt katkısı kullanılmıştır. Her iki motor tipinde de, 1800 - 3000 motor devirleri arasında ve %50 yük altında, yakıt katkısı olarak kullanılan; Dibütil Maleat (DBM) %3, %6,

%9 (hacimsel) oranlarında, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Etilheksil Nitrat (EHN) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında ve Bütanol (B) %6, %12, %18 (hacimsel) oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, motorun egzoz emisyon ve performans değerleri kayıt altına alınmıştır.

7.2.1. Dibütil Maleat (DBM)

Dibütil Maleat (DBM), %3, %6 ve %9 oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, egzoz emisyon ve motor performans verileri kayıt altına alınmıştır. Deneylerde Acros Organics firması tarafından %97 saflıkta temin edilen Dibütil Maleat kullanılmıştır. Şekil 7.8’ da kullanılan Dibütil Maleat görülmektedir.



Şekil 7.8. Acros Organics %97 Dibütil Maleat

7.2.2. Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE)

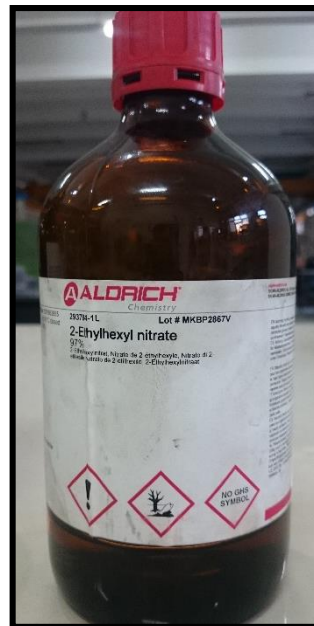
Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE), %3, %6 ve %9 oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, egzoz emisyon ve motor performans verileri kayıt altına alınmıştır. Deneylerde Merck Millipore firmasından temin edilen DEGDE kullanılmıştır. Şekil 7.9’ da kullanılan Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) görülmektedir.



Şekil 7.9. Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE)

7.2.3. Etilheksil Nitrat (EHN)

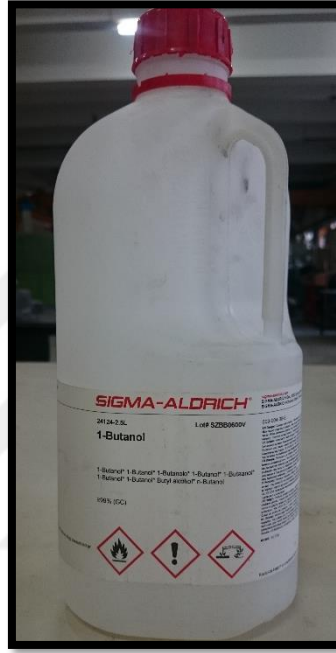
Etilheksil Nitrat (EHN), %3, %6 ve %9 oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, egzoz emisyon ve motor performans verileri kayıt altına alınmıştır. Deneylerde Aldrich Chemistry firmasından temin edilen %97 saflıkta EHN kullanılmıştır. Şekil 7.10' da kullanılan Etilheksil Nitrat (EHN) görülmektedir.



Şekil 7.10. Etilheksil Nitrat (EHN)

7.2.4. Bütanol (B)

Bütanol (B), %6, %12 ve %18 oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, egzoz emisyon ve motor performans verileri kayıt altına alınmıştır. Deneylerde Sigma - Aldrich Chemistry firmasından temin edilen bütanol kullanılmıştır. Şekil 7.11’ da kullanılan Bütanol (B) görülmektedir.



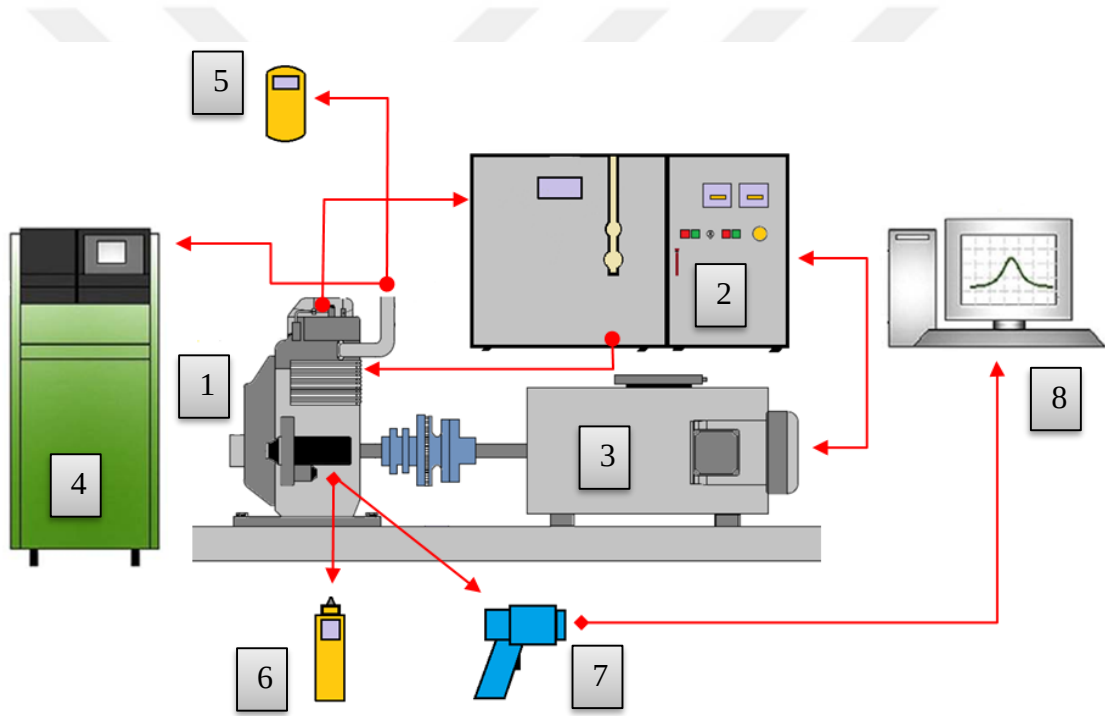
Şekil 7.11. Bütanol (B)

7.3. Deneysel Çalışma

Bu tez çalışması, dört aşamadan oluşan motor deneyleri içermektedir. Birinci aşamada, NM’ de standart dizel yakıtı (No-2D) ile katkı maddesi kullanmaksızın egzoz emisyon verileri olan CO, CO₂, HC, NO_x ve Duman Yoğunluğu ile motor performans değerleri olan ÖYT, EGS, Titreşim ve Termal kamera görüntüleri alınmıştır. Şekil 7.12’ de deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği test düzeneğinin şematik görünümü verilmiştir.

Deneye başlamadan önce, 30 dk motor rölanti devrinde çalıştırılarak, motor uygun çalışma sıcaklığına ulaştırılmıştır. Deney öncesinde motor yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre ayarlanmıştır. Deneyler, yarım yük (%50) altında, 1800 ve 3000 d/d motor devirleri arasında gerçekleştirilmiştir. 1800 – 3000 devir aralığında, her bir ölçüm parametresinden 40’ ar ölçüm alınmıştır.

İkinci aşamada, aynı dizel motorda (NM) hiçbir değişiklik gerçekleştirilmeden, 1800 – 3000 motor devir hızı aralığında ve yarım yük (%50) altında, yakıt katkısı olarak kullanılan; Dibütil Maleat (DBM) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Etilheksil Nitrat (EHN) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında ve Bütanol (B) %6, %12, %18 (hacimsel) oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, motorun egzoz emisyon ve performans değerleri kayıt altına alınmıştır. İkinci aşama deneylerde yine 30 dk motor rölanti devrinde çalıştırılarak, motor uygun çalışma sıcaklığına ulaştırılmıştır. Deney öncesinde motor yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre ayarlanmıştır. 1800 – 3000 devir aralığında, her bir ölçüm parametresinden 40' ar ölçüm alınmıştır.



1. Deney motoru, 2. Motor test düzeneği, 3. Dinamometre, 4. Egzoz emisyon ölçüm cihazı, 5. Termokupl, 6. Titreşim ölçüm cihazı, 7. Termal Kamera, 8. Bilgisayar

Şekil 7.12. Motor test düzeneğinin şematik görünümü

Üçüncü aşamada, yanma odası elemanlarından; piston, egzoz ve emme supaplarının yanma odasına bakan yüzeyleri, Cr_2O_3 ile 300 μm kalınlığında kaplanmıştır. Kaplama işlemi yapılmadan önce yanma odasının hacminin ve sıkıştırma oranının değişmemesi amacıyla, piston ve supapların yanma odasına bakan yüzeylerinden 300 μm talaş kaldırma işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin ardından, piston ve supaplar kaplama öncesi yüzey hazırlama işlemlerine alınmıştır, yüzey kurulama-su alma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem 100-110

°C arasında gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin ardından kaplama yapılacak yüzeyin pürüzlülüğünün arttırılmasına yönelik ve yüzeyde kalmış kir, pas gibi kalıntıların giderilmesi amaçlı, kumlama işlemine geçilmiştir. 24 grid Al₂O₃ kum ile kumlama işlemi yapılmıştır.

Piston ve supapların Cr₂O₃ ile kaplanması, plazma sprej yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Seramik Cr₂O₃ tabakasının bağlanmasını sağlamak, taban malzemenin oksitlenmesini önlemek amacıyla, bağlayıcı toz olarak %80 Ni, %20 Cr kullanılmıştır. Kaplama işleminde kullanılan parametrelerin değerleri Tablo 7.5’ de gösterilmektedir.

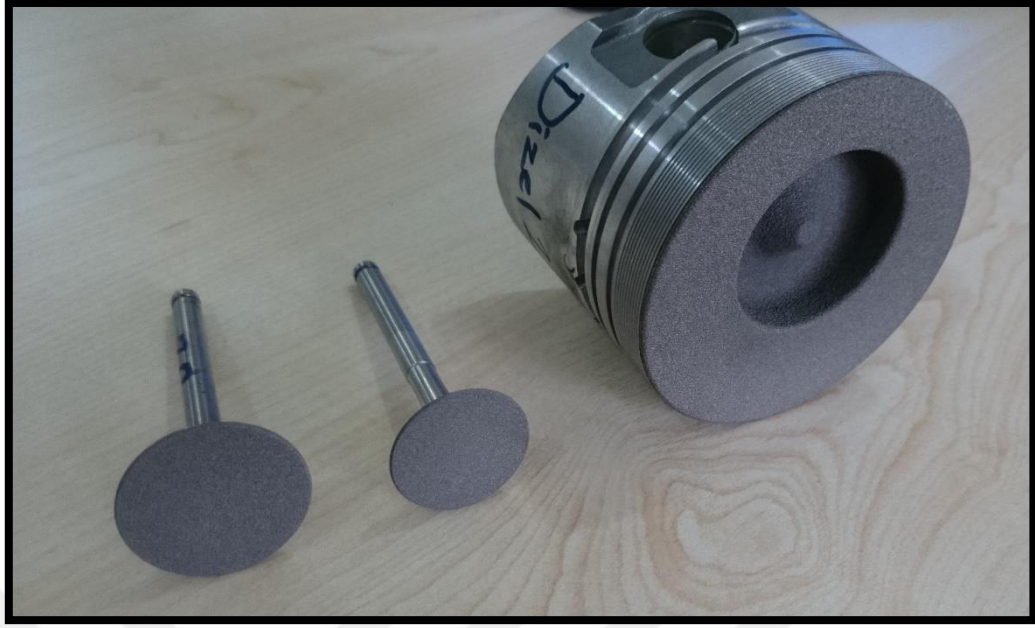
Tablo 7.5. Plazma sprej işleminin parametreleri

Plazma Tabancasının Adı	Sulzer Metco 9 MB 80 KW
Kaplama Kalınlığı (Mikron)	300 Mikron
Bağlayıcı Toz Adı	80/20, Ni/Cr
Bağlayıcı Toz Katman Kalınlığı (Mikron)	20-30 Mikron
Argon Basıncı (Psig),	75 psig,l/dk
Hidrojen Basıncı (Psig), Akışı (l/dk.)	50 psig,l/dk
Toz Besleme Miktarı (gr/dk.)	45-60-g/dk
Püskürtme Mesafesi (mm)	8,5-9.0 cm
Taşıyıcı Gaz (N2) Basıncı (bar), Akışı (l/dk.)	26 (SCFH),l/dk

Şekil 7.13’ de NM’ de kullanılan; kaplanmamış piston ve Şekil 7.14’ de ise KM’ de kullanılan; kaplanmış piston, emme ve egzoz supapları görülmektedir.



Şekil 7.13. Kaplanmamış piston



Şekil 7.14. Yüzeyleri Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplar

Cr_2O_3 ile kaplaması gerçekleştirilen piston ve supaplar, deney motoruna montajı gerçekleştirilerek, KM oluşturulmuştur. KM’ de standart dizel yakıtı (No-2D) ile katkı maddesi kullanmaksızın egzoz emisyon verileri olan CO, CO_2 , HC, NO_x ve Duman Yoğunluğu ile motor performans değerleri olan ÖYT, EGS, Titreşim ve Termal kamera görüntüleri alınmıştır. Deneye başlamadan önce, 30 dk motor rölanti devrinde çalıştırılarak, motor uygun çalışma sıcaklığına ulaştırılmıştır. Deney öncesinde motor yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre ayarlanmıştır. Deneyler yarım yük (%50) altında, 1800 - 3000 d/d motor devirleri arasında gerçekleştirilmiştir. 1800 – 3000 devir aralığında, her bir ölçüm parametresinden 40’ ar ölçüm alınmıştır.

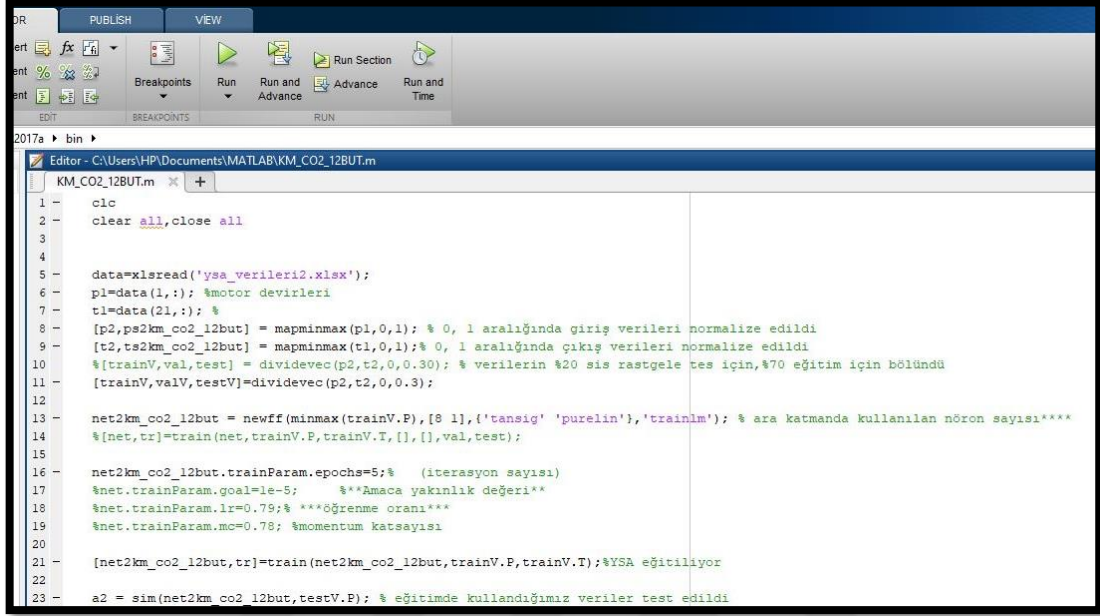
Dördüncü aşamada, KM’ de hiçbir değişiklik gerçekleştirilmeden, 1800 – 3000 motor devir aralığında ve yarım yük (%50) altında, yakıt katkısı olarak kullanılan; Dibütil Maleat (DBM) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında, Etilheksil Nitrat (EHN) %3, %6, %9 (hacimsel) oranlarında ve Bütanol (B) %6, %12, %18 (hacimsel) oranlarında, standart dizel yakıt (No 2-D) ile karıştırılarak, motorun egzoz emisyon ve performans değerleri kayıt altına alınmıştır. Dördüncü aşamada da yine diğer aşamalardaki gibi motorun başlangıç koşulları oluşturularak, değişiklik yapılmadan, testler gerçekleştirilmiştir.

7.4. Deney Motorlarının YSA’ da Modellenmesi

Dört aşamada gerçekleştirilen gerçek motor deneyleri sonucunda, NM ve KM’ den elde edilen deneysel veriler, MATLAB R2017a programı kullanılarak, kullanıcı tarafından kolay kullanılabilir bir arayüz tasarlanmıştır. MATLAB R2017a paket programı kullanılarak, YSA modeli tasarlanmıştır. Dizel motorun egzoz emisyon ve performans parametrenin KM ve NM değerleri için ayrı ayrı olmak üzere toplam 208 adet m-file dosyası hazırlanmıştır. Her bir parametreden alınan 40 farklı emisyon ve performans ölçümlerinden %70’ ini YSA’ nın eğitilmesi için, kalan %30’ unu da YSA’ nın test edilmesi için kullanılmıştır. Daha iyi sonuçlar elde edebilmek için eğitim ve test verileri [0; +1] aralığında normalize edilmiştir. YSA eğitimi sırasında momentum katsayısı, öğrenme katsayısı ve eğitim süresi olarak MATLAB programının kendi değerleri kullanılmıştır. Aşağıda, MATLAB R2017a programında YSA’ nın modellenmesi için M-file formatında yazılan kodların bir kısmı görülmektedir. Şekil 7.15’ de bu kodların programda yazılma biçimi görülmektedir. Şekil 7.17’ de, KM için oluşturulan m-file dosyalarının bir kısmı görülmektedir.

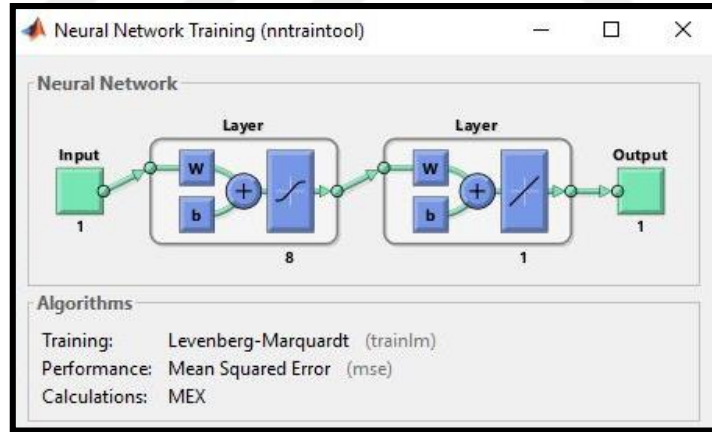
```
clc
clear all,close all
data=xlsread('ysa_verileri2.xlsx');
p1=data(1,:); %motor devirleri
t1=data(21,:); %
[p2,ps2km_co2_12but] = mapminmax(p1,0,1); % 0, 1 aralığında giriş verileri normalize edildi
[t2,ts2km_co2_12but] = mapminmax(t1,0,1);% 0, 1 aralığında çıkış verileri normalize edildi
%[trainV,val,test] = dividevec(p2,t2,0,0.30); % verilerin %20 sis rastgele tes için,%70 eğitim için bölündü
[trainV,valV,testV]=dividevec(p2,t2,0,0.3);
net2km_co2_12but = newff(minmax(trainV.P),[8 1],{'tansig' 'purelin'},'trainlm'); % ara katmanda kullanılan nöron sayısı****
%[net,tr]=train(net,trainV.P,trainV.T,[],[],val,test);
net2km_co2_12but.trainParam.epochs=5;% (iterasyon sayısı)
%net.trainParam.goal=1e-5; %**Amaca yakınlık değeri**
```

```
%net.trainParam.lr=0.79;% ***öğrenme oranı***
%net.trainParam.mc=0.78; %momentum katsayısı
```



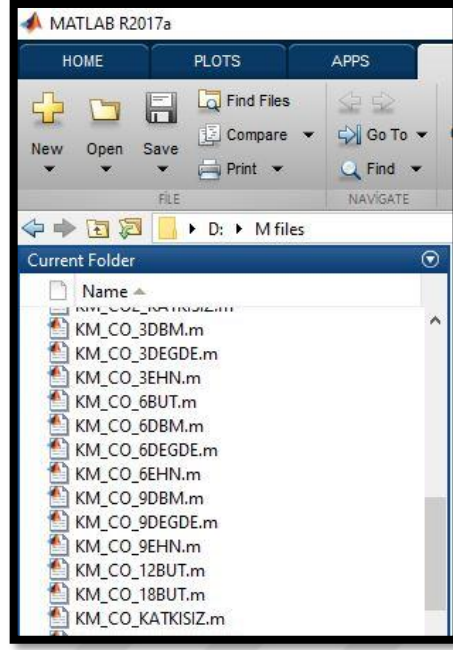
```
1 - clc
2 - clear all, close all
3
4
5 - data=xlsread('ysa_verileri2.xlsx');
6 - p1=data(1,:); %motor devirleri
7 - t1=data(21,:); %
8 - [p2,ps2km_co2_l2but] = mapminmax(p1,0,1); % 0, 1 aralığında giriş verileri normalize edildi
9 - [t2,ts2km_co2_l2but] = mapminmax(t1,0,1); % 0, 1 aralığında çıkış verileri normalize edildi
10 - %[trainV,val,test] = dividevec(p2,t2,0,0.30); % verilerin %20 sis rastgele tes için,%70 eğitim için bölündü
11 - [trainV,valV,testV]=dividevec(p2,t2,0,0.3);
12
13 - net2km_co2_l2but = newff(minmax(trainV.P),[8 1],{'tansig' 'purelin'},'trainlm'); % ara katmanda kullanılan nöron sayısı****
14 - %[net,tr]=train(net,trainV.P,trainV.T,[],[],val,test);
15
16 - net2km_co2_l2but.trainParam.epochs=5;% (iterasyon sayısı)
17 - %net.trainParam.goal=1e-5; %**Amaca yakınlık değeri**
18 - %net.trainParam.lr=0.79;% ***öğrenme oranı***
19 - %net.trainParam.mc=0.78; %momentum katsayısı
20
21 - [net2km_co2_l2but,tr]=train(net2km_co2_l2but,trainV.P,trainV.T);%YSA eğitiliyor
22
23 - a2 = sim(net2km_co2_l2but,testV.P); % eğitimde kullandığımız veriler test edildi
```

Şekil 7.15. MATLAB programında, YSA’ nın modellenmesi amaçlı kod yazımı



Şekil 7.16. YSA’ nın model yapısı

Kullanılan YSA yapısının giriş nöron sayısı 1, ara katman nöron sayısı 8 ve çıkış katman nöron sayısı 1 olarak tasarlanmıştır. En uygun ara katman nöron sayısı deneme yoluyla 8 olarak bulunmuştur. Ara katmanda “Tanjant Sigmoid” aktivasyon fonksiyonu, ara katman ile çıkış katmanı arasında ise doğrusal (purelin) aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 7.16’ da, YSA’ nın model yapısı görülmektedir.



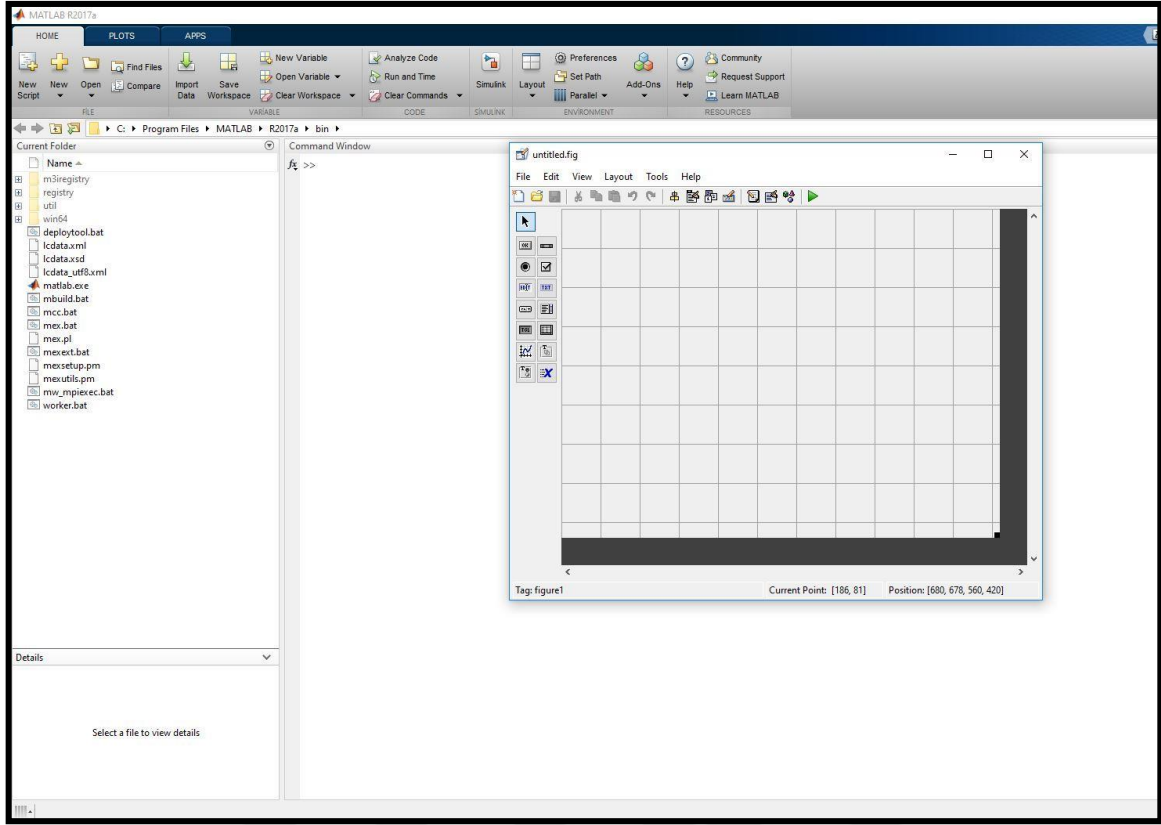
Şekil 7.17. KM için oluşturulan m-file dosyaları

Tasarlanan YSA modelinde performans fonksiyonu olarak ortalama karesel hata (MSE), öğrenme algoritması olarak ise yine literatürde en çok kullanılan Levenberg-Marquardt (trainlm) algoritması kullanılmıştır. YSA' nın çıkışından elde edilen tahmini değerlerle gerçek değerler arasındaki ilişkinin daha net olarak görülebilmesi için regression (gerileme) analizi yapılmıştır.

Tasarımı gerçekleştirilen YSA modeli ile KM ve NM' nin tüm motor devirlerinde ölçümü gerçekleştirilecek olan CO, CO₂, HC, NO_x, Duman Yoğunluğu, ÖYT, EGS, Titreşim değerleri tahmin ettirilmiştir. Bu şekilde 1800 ile 3000 dev/dk arasındaki, her bir devirde, deneyler tekrardan yapılmaksızın, istenen veriler çok düşük hata oranlarında elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler, MATLAB GUI' de hazırlanan arayüz programında kullanılmıştır.

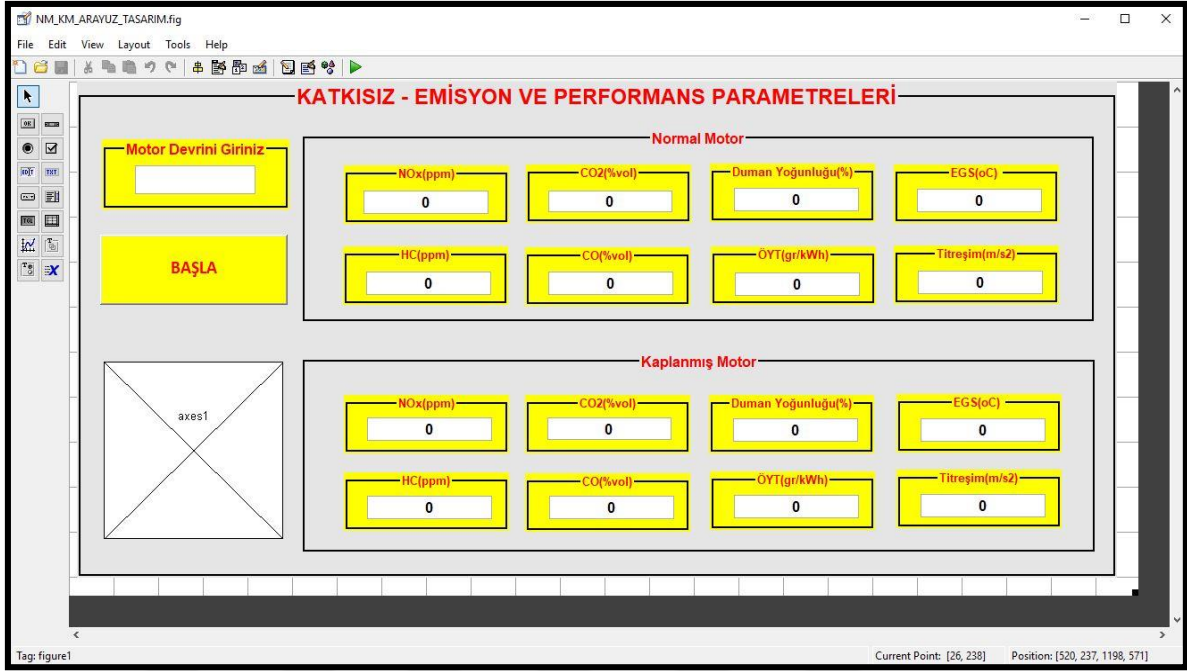
7.4.1. Arayüz Tasarımı

Deneysel çalışma sonuçlarının YSA' ya girdi olarak verilmesinin ardından, YSA tarafından tahmin edilen sonuçların grafiksel biçimden farklı olarak, sayısal olarak elde edilmesi için MATLAB GUI' de hazırlanan arayüz programı ile görsel hale getirilmiştir. Arayüzün tasarımı için Şekil 7.18' de görülen MATLAB GUI çalışma alanı kullanılmıştır.



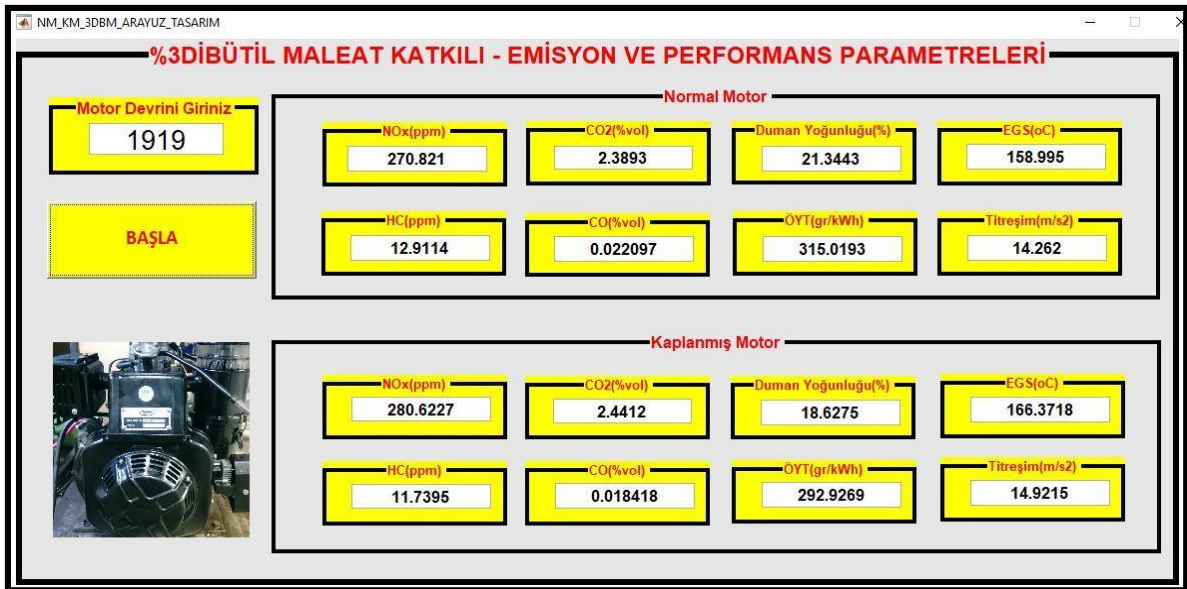
Şekil 7.18. MATLAB GUI çalışma alanı

Açılan ekranda, ilk olarak ana çerçeve ebadı ve biçimi oluşturulmuştur. Bu çerçevenin üst kısmına, yakıt katkı durumlarına göre tasnif edilebilecek şekilde başlık kısmı oluşturulmuştur. Ardından, belirlenen ekranın sol üst kısmına sonucu belirlenmesi istenen motor devrinin girilebileceği panel ve çerçeve tasarımı eklenmiştir. Ekranda sonuçlarının görünmesi istenilen her bir CO, CO₂, HC, NO_x, Duman Yoğunluğu, ÖYT, EGS, Titreşim parametresi için, bir panel ve bir çerçeve eklenmiştir ve bu panellerin içerisine Edit Text'ler eklenerek her biri daha önce YSA ile oluşturulan Şekil 7.17'deki görünen m-file dosyalarına bağlanmıştır. Bu işlem aynı ekranda hem NM, hem de KM verileri için tekrarlanmıştır. Arayüzün çalıştırılması amacıyla, Push Button fonksiyonu eklenerek, programı başlatacak bir buton ekrana yerleştirilmiştir. Fotoğrafların ve çeşitli grafiklerinde eklenebileceği Axes fonksiyonu eklenerek, deney motorunun fotoğrafı arayüz ekranının sol alt köşesinde görünecek biçimde tasarımı gerçekleştirilmiştir. Arayüz ekranı renklendirilerek, Şekil 7.19.'de görüldüğü gibi tasarımı tamamlanmıştır.

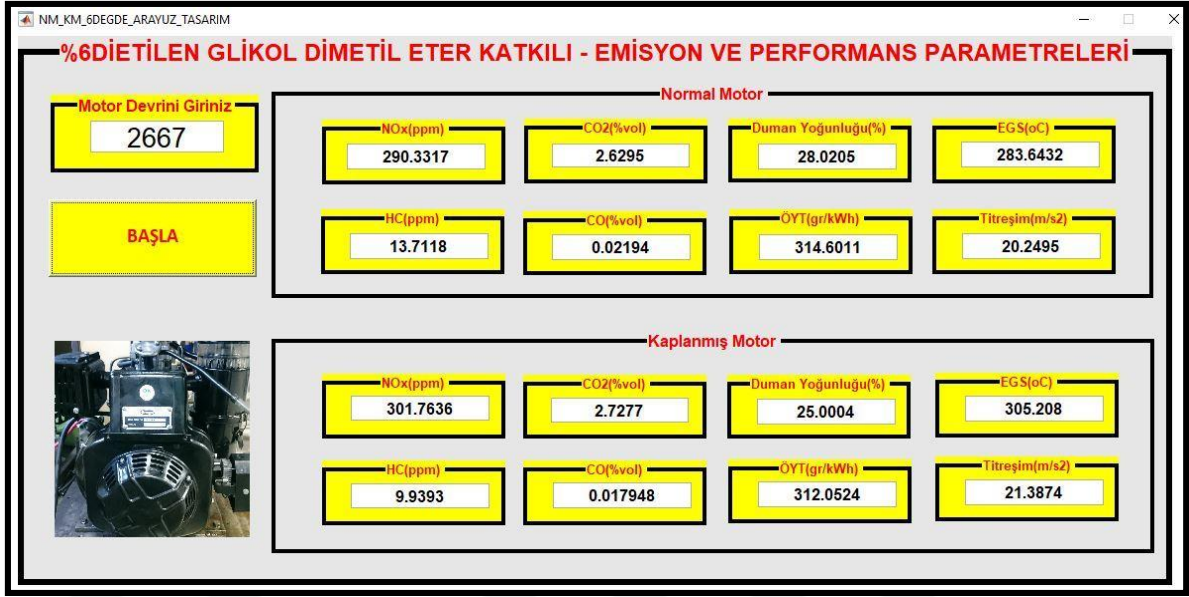


Şekil 7.19. Tasarımı gerçekleştirilen arayüz' ün yapısı

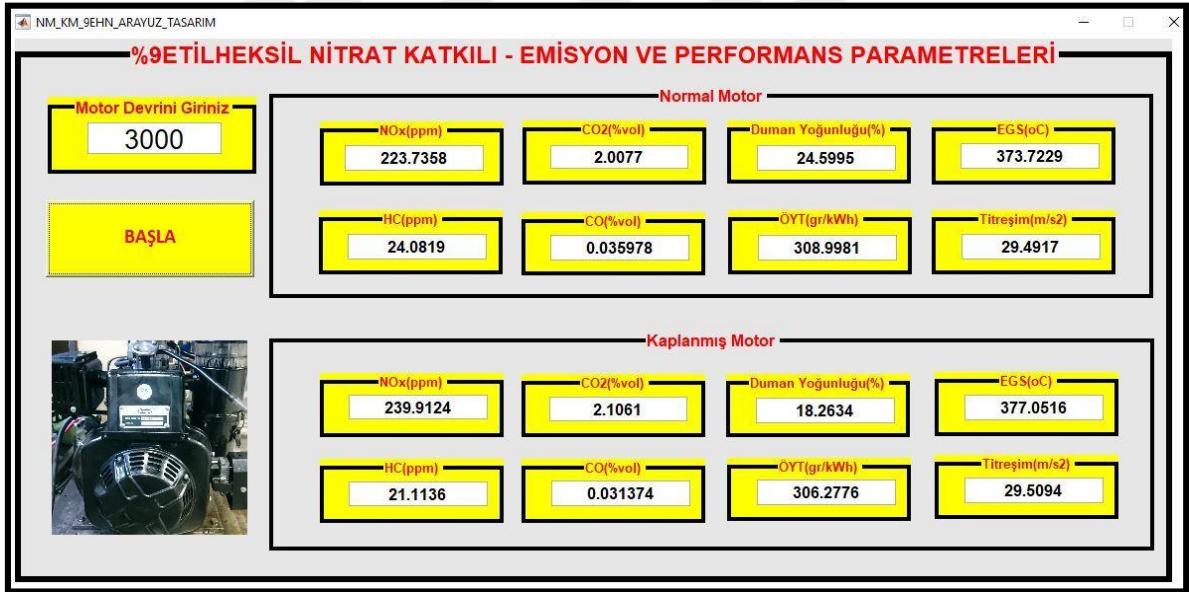
Tasarımı gerçekleştirilen arayüz' ün katkı maddesi ve oranlarına göre 13 farklı arayüz biçimi oluşturulmuş ve her birine YSA' nın sonuç olarak ürettiği M-file' ler bağlanmıştır. İstenilen motor devri girildikten sonra 'BAŞLA' butonuna tıklandığında sonuç ekranları; Şekil 7.20 - 7.24'deki gibi görünmektedir. Bu tez çalışmasının eklerinde 7 farklı arayüz' ün görüntüleri verilmiştir.



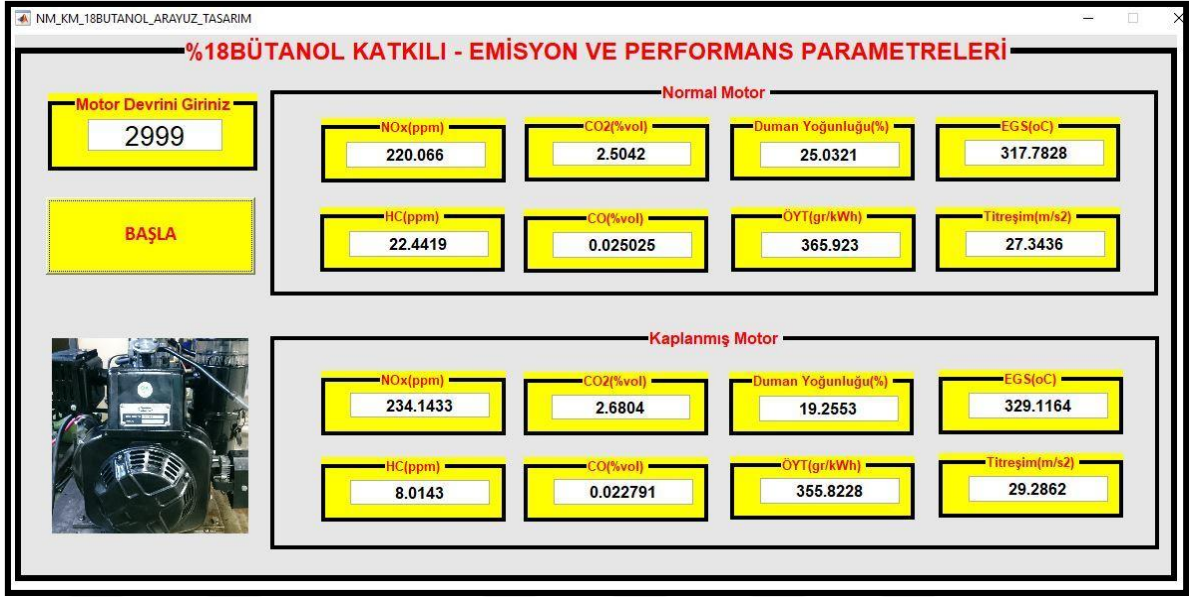
Şekil 7.20. NM ve KM' de, %3 DBM katkılı, 1919 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları



Şekil 7.21. NM ve KM' de, %6 DEGDE katkı, 2667 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları



Şekil 7.22. NM ve KM' de, %9 EHN katkı, 3000 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları



Şekil 7.23. NM ve KM' de, %18 Bütanol katkılı, 2999 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları



Şekil 7.24. NM ve KM' de, katkısız, 2718 dev/dk'deki emisyon ve performans parametrelerinin sonuçları

8. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Deneysel çalışma; Dibütil Maleat (DBM) %3, %6, %9, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) %3, %6, %9, Etilheksil Nitrat (EHN) %3, %6, %9 ve Bütanol (B) %6 %12 %18 oranlarında (hacimsel) dizel yakıtı ile karıştırılarak, NM ve KM' de, yarım (%50) yük koşulu altında 1800 – 3000 motor devirleri aralığında gerçekleştirilmiştir. CO, CO₂, HC, NO_x, Duman Yoğunluğu, Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS), Özgül Yakıt Tüketimi (ÖYT), Titreşim ölçümleri alınmıştır. Buna ek olarak, Termal Kamera Görüntüleri de alınarak motor dış cidar sıcaklıkları tespit edilmiştir.

Deneysel çalışma sonucu elde edilen verilerin bir kısmı ile YSA eğitilmiş, kalan kısmı ise test verisi olarak kullanılmıştır. YSA 'dan elde edilen grafikler ile her iki motorun performans ve emisyon grafikleri karşılaştırılarak, yorumlanmıştır. Yırcı YSA'nın regresyon değerleri incelenerek, tahmin ettirilen verilerin doğruluk değerleri incelenmiştir. Regresyon analizi sonucu 1' e çok yakın değerler elde edilmiştir, bu şekilde tahmini sonuç verilerinin gerçek değerlere çok yakın olduğu görülmüştür.

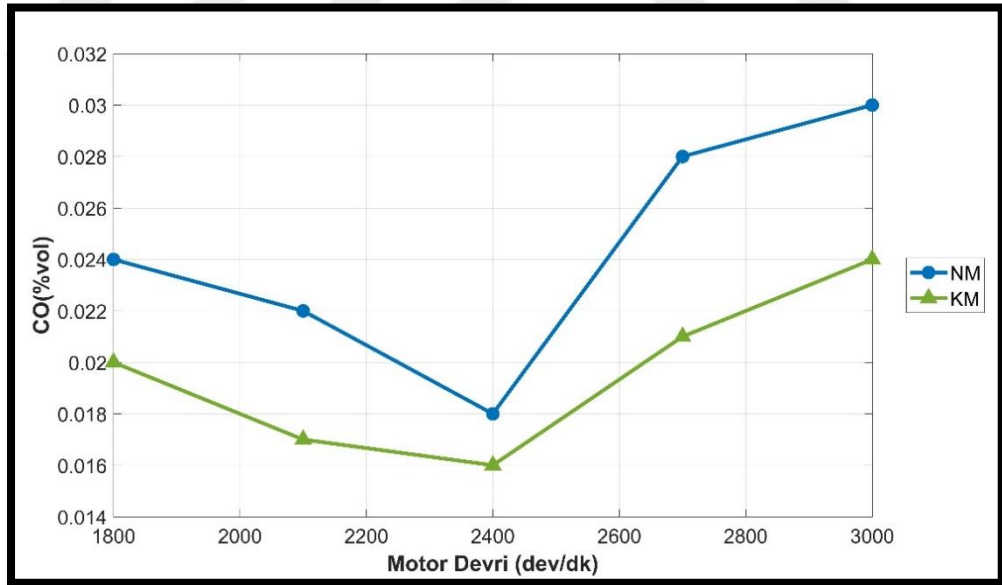
8.1. CO Emisyonlarının Değerlendirilmesi

İçten yanmalı motorlarda yanma işlemi; yakıtın içerisinde bulunan karbon (C) ve hidrojen (H) atomlarının, tutuşma sıcaklığında, havada bulunan oksijen atomları (O₂) ile reaksiyona girerek, karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O) ve azot oksitler (NO_x) gibi bileşiklerin oluşabildiği ve bu işlem sonucunda da, ısı açığa çıkarabilen bir reaksiyon olarak tanımlanabilir. Yanma reaksiyonu sırasında ortamda bulunan yanıcı ve yakıcı maddelerin miktar farklılıklarının ve reaksiyon ortamının fiziksel yapısı, yanma sonucunda oluşan maddelerin farklılaşmasına ve ideal yanma ürünlerinin madde miktarlarının değişmesine yol açmaktadır. İdeal bir yanma reaksiyonunda, yanıcı madde olan yakıtın, tam olarak yakılması için gerekli olan hava miktarı arasında belirli bir kütle oranı mevcuttur. Bu yakıcı madde miktarının, yanıcı madde miktarına oranı, diğer bir değiş ile hava-yakıt oranının, fazla ya da az olması, yanma ürünleri arasında farklı bileşiklerin oluşmasına sebep olmaktadır.

Yanma reaksiyonunun sonucunda, CO açığa çıkmasının birincil sebebi hava-yakıt oranının düşük olmasıdır. Yakıtın kimyasal özellikleri, motorun püskürtme karakteristikleri, motor devri ve yükü, hava-yakıt oranına etki etmesinden dolayı, CO oluşumu bu

değişkenlerin fonksiyonu şeklinde değişmektedir[106]. CO emisyonları, düşük oksijen konsantrasyonundan etkilenmektedir. Ayrıca CO düşük silindir sıcaklıklarında yeterli hava beslemesi olmadan yanma sırasında yayılır[107]. Çoğunlukla zengin karışımla beslenen motorlarda açığa çıkmaktadır. Fakir karışımla beslenen motorlarda ise heterojen karışım, silindir içerisinde dengeli olmayan sıcaklık dağılımı ve CO' in oksijenle ikinci bir reaksiyon oluşturma zamanı bulamadan egzozdan dışarıya atılması gibi nedenlerden kaynaklanır[108]. CO emisyonu motorda kullanılamayan kayıp kimyasal enerjiyi ifade ettiği için önemli bir parametredir.

Şekil 8.1' de NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış CO Emisyon değerleri görülmektedir. Şekil 8.1' de görüldüğü gibi, herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen CO emisyon verilerine göre; CO emisyonu, hem NM' de hem de KM' de düşük motor hızlarında nispeten daha yüksek ölçülmüştür. Düşük motor hızlarındaki, yanma odasında bulunan düşük gaz sıcaklığı sebebiyle CO' nun tamamen CO₂' ye dönüşmemesi, CO emisyonunun yüksek çıkmasına neden olmuştur[109].

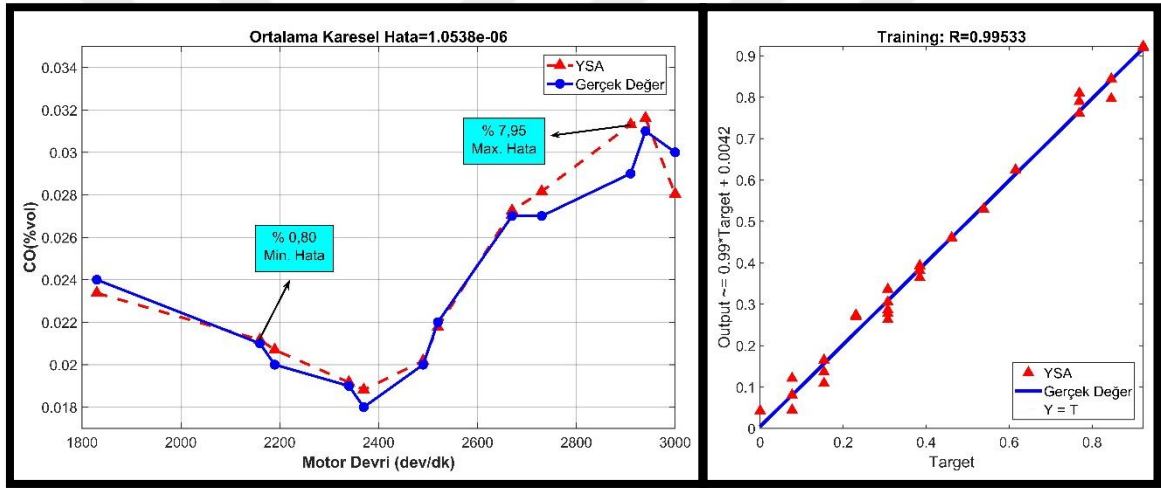


Şekil 8.1. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış CO Emisyon değerleri

CO emisyonunun, NM ve KM' deki en düşük seviyelerinin 2400 dev/dk' da orta motor devirlerinde elde edildiği, Şekil 8.1' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO₂ oluşumunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini

kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO emisyonlarında her iki motor tipinde de artış görülmüştür.

Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO emisyonlarının NM' ye kıyasla dikkat çekici bir azalmaya sahip olduğu görülmektedir. CO emisyonlardaki bu azalma miktarı ortalama %18,2 olarak hesaplanmıştır. Cr₂O₃ kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırması ile yanma reaksiyonu iyileşme göstermiş ve CO emisyonunda azalma meydana gelmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki TBK çalışmaları ile benzerlik göstermiş, CO emisyonunda azalma TBK uygulamalarıyla sağlanabileceği görülmüştür[104, 108, 109].



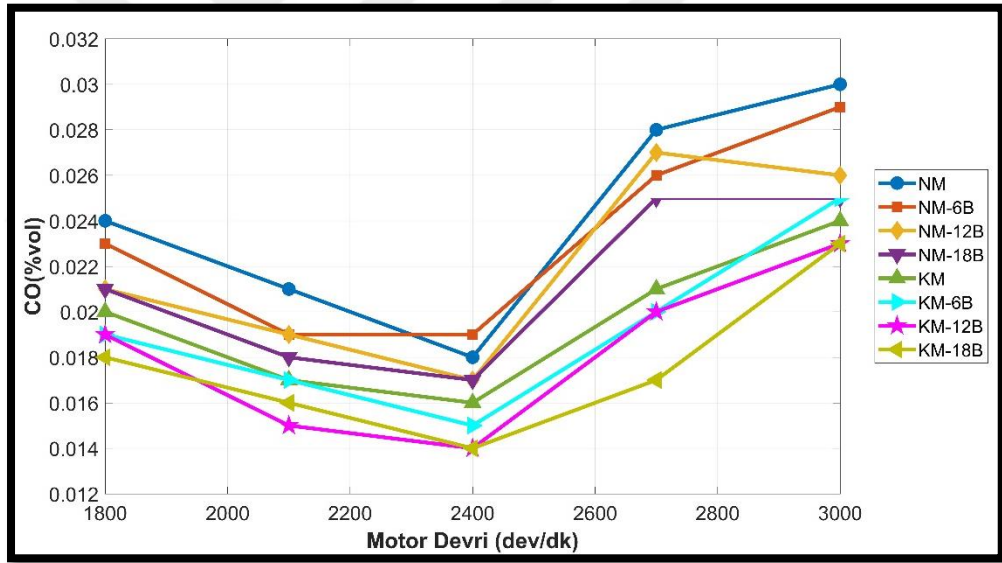
(a) (b)

Şekil 8.2. (a) NM'de katkısız, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM katkısız, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.2' de katkı maddesi kullanılmamış NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2920 dev/dk' da, %7,95 olarak, minimum hatayı ise 2130 dev/dk' da, %0,80 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.2 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99533 olarak hesaplanmıştır.

8.1.1 Bütanol Katkısının Etkileri

CO emisyon oluşumunu etkileyen ana parametreler; hava / yakıt oranı, yakıt tipi, yanma odası şekli, yakıt atomizasyon oranı, enjeksiyon basıncı ve zamanlaması ile motor yükü ve hızıdır. Bununla birlikte, bu parametrelerin en etkili olanı hava / yakıt oranıdır. Yanma odasındaki yeterli oksijen dağılımı ve yüksek sıcaklık, CO emisyonlarının oluşumunda etkili faktörler olması sebebiyle, moleküler yapısında oksijen içeriğine sahip Bütanol ilavesi, CO oluşumunda bir azalmaya yol açmaktadır. Bütanol karışımlarının standart dizel yakıtlarına göre daha düşük bir C/H oranı olması gerçeği, CO emisyonlarının azalmasında diğer bir sebep olarak görülmektedir[99]. Ayrıca radikal yoğunluğundaki artışın (Oksijenler tarafından üretilen O, OH, vb.), önceden karıştırılmış alev bölgesi içinde CO ve CO₂'ye karbon oksidasyonunu teşvik ettiği öne sürülmüştür[110].



Şekil 8.3. NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri

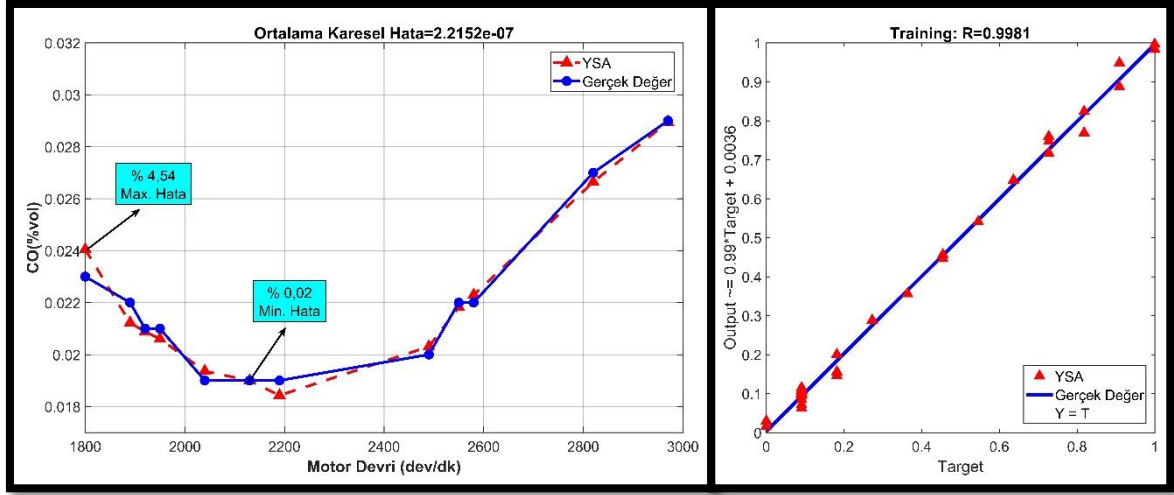
Şekil 8.3’ de, NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri görülmektedir. Şekil 8.3’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının CO emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6B ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6Bütanol katkısını ifade etmektedir.

NM ve KM’ de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, artış

gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO₂ oluşumunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO emisyonlarında her iki motor tipinde ve Bütanol katkıları için artış görülmüştür.

Bütanol katkısı NM' de ve KM' de, CO emisyonunda azalmalara sebep olmuştur. NM ve KM' de Bütanol katkı oranlarının artışı, CO emisyonunda azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %3.7, %8.8, %10.96 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO emisyonlarının NM' ye kıyasla daha fazla azaldığı görülmektedir. Bütanol' ün CO emisyonunu azaltma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da CO emisyonun azaltıcı etkisi, emisyon seviyesini çok daha fazla azaltmıştır. KM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %20.4, %24.7, %26.7 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. KM' nin CO emisyonu üzerindeki etkisinin, %18 Bütanol katkısından daha fazla olduğu, deneysel verilerle görülmüştür. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Bütanol katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, CO emisyonunda azalma sağlanabileceği görülmüştür[6, 111, 112].

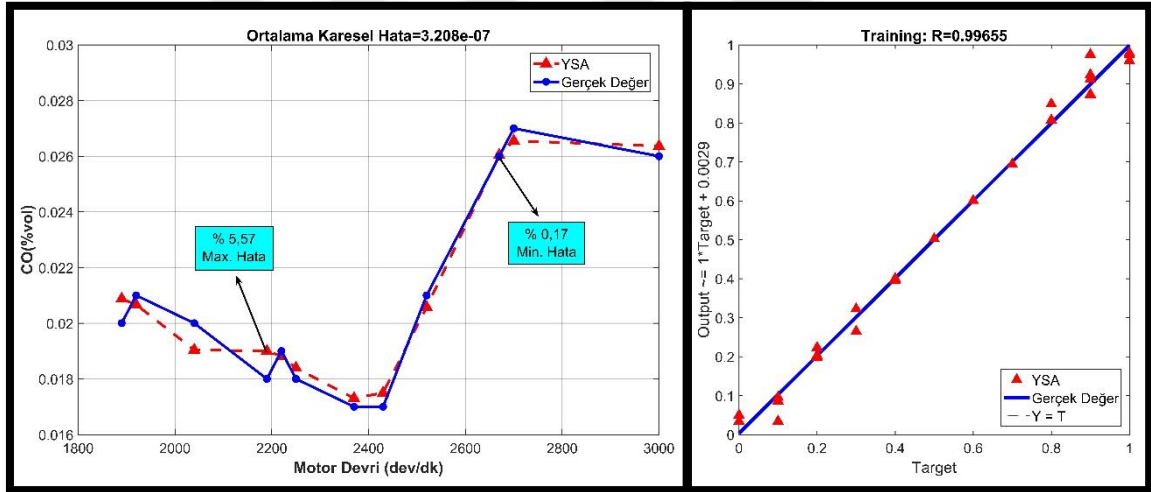
Şekil 8.4' de %6 Bütanol katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 Bütanol katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %4,54 olarak, minimum hatayı ise 2130 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.4 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9981 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.4. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği



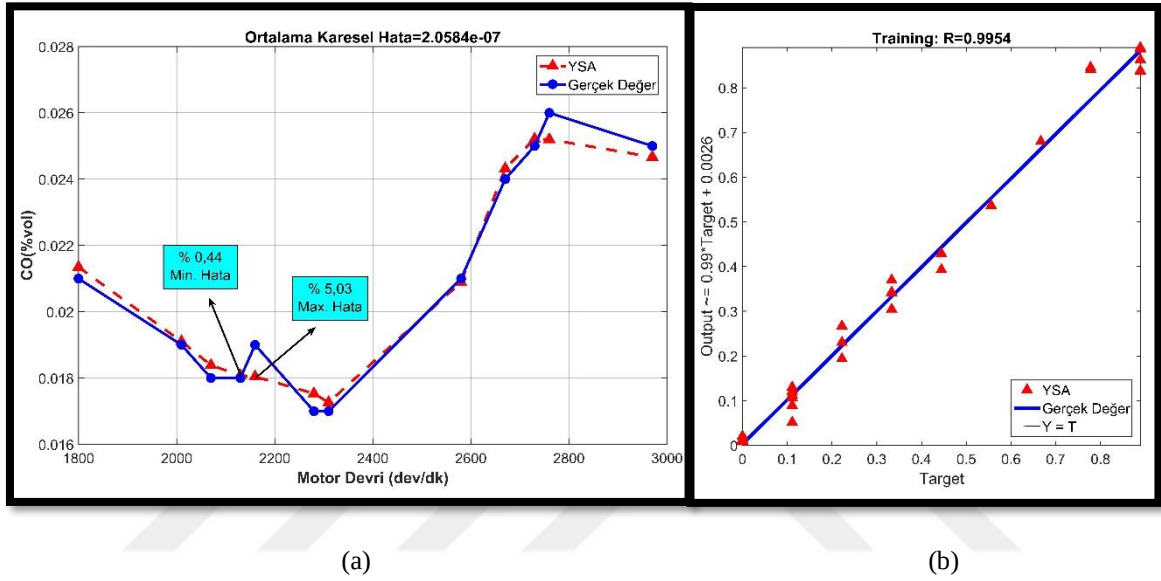
(a)

(b)

Şekil 8.5. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %12B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.5’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12 Bütanol katkılı NM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2190 dev/dk’ da, %5,57 olarak, minimum hatayı ise 2670 dev/dk’ da, %0,17 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.5 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99655 olarak hesaplanmıştır.

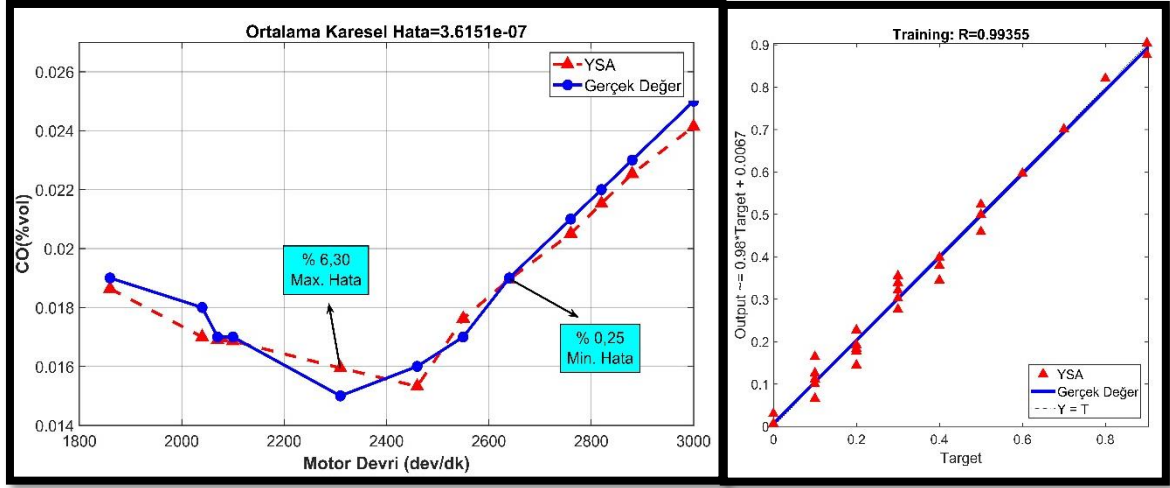
Şekil 8.6' de %18 Bütanol katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18 Bütanol katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2160 dev/dk' da, %5,03 olarak, minimum hatayı ise 2130 dev/dk' da, %0,44 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.6 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9954 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.6. (a) NM'de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %18B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.7' de %6 Bütanol katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 Bütanol katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2300 dev/dk' da, %6,30 olarak, minimum hatayı ise 2640 dev/dk' da, %0,25 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.7 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99355 olarak hesaplanmıştır.

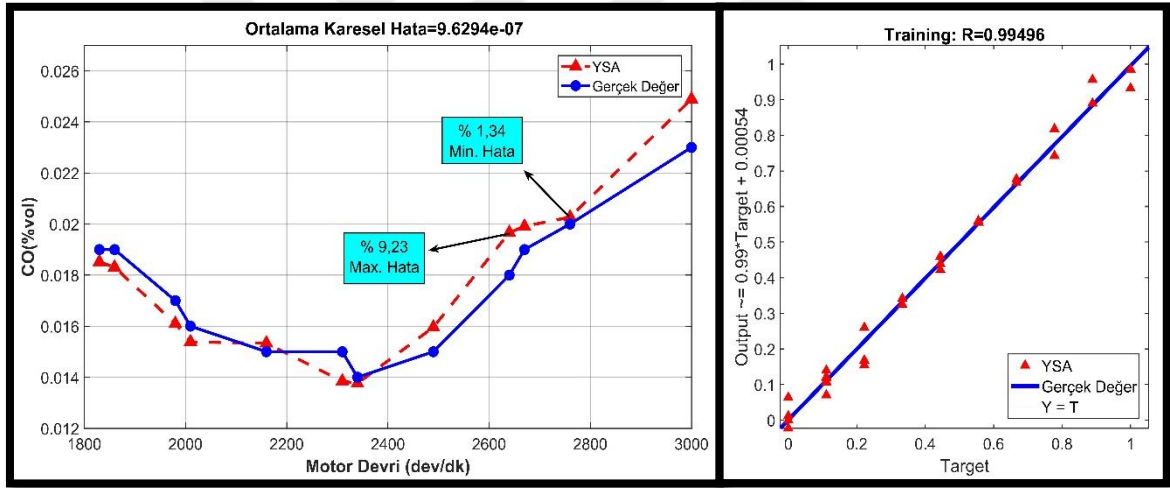
Şekil 8.8' de %12 Bütanol katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12 Bütanol katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2640 dev/dk' da, %9,23 olarak, minimum hatayı ise 2760 dev/dk' da, %1,34 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.8 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99496 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.7. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %6B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

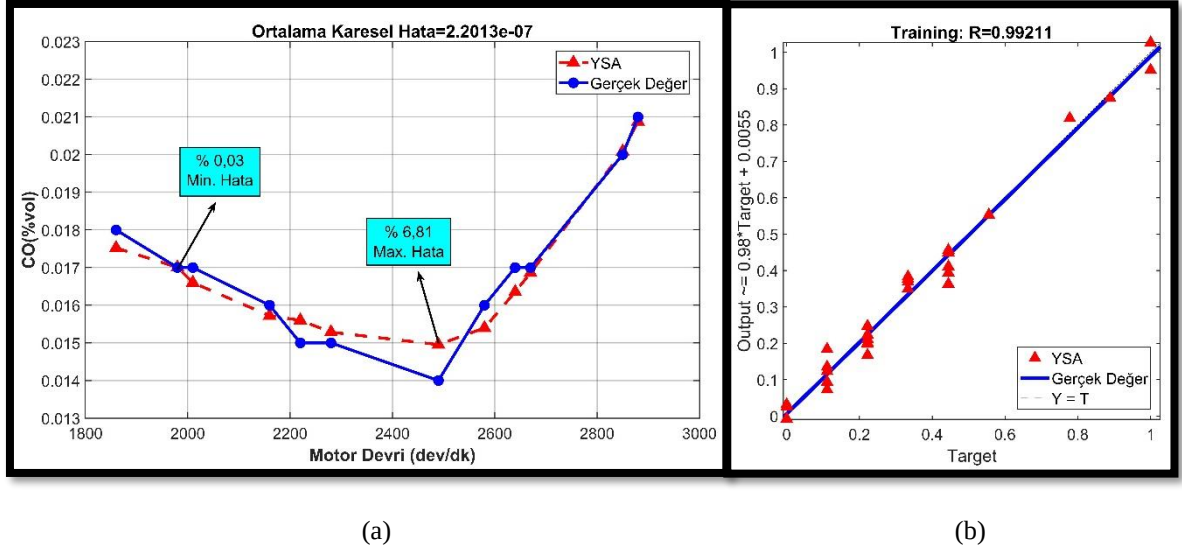


(a)

(b)

Şekil 8.8. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %12B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.9’ de %18 Bütanol katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18 Bütanol katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2490 dev/dk’ da, %6,81 olarak, minimum hatayı ise 1980 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.9 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99211 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.9. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %18B katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

CO emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.1’ de Bütanol katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de CO emisyonlarını, %9,23 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.1. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları

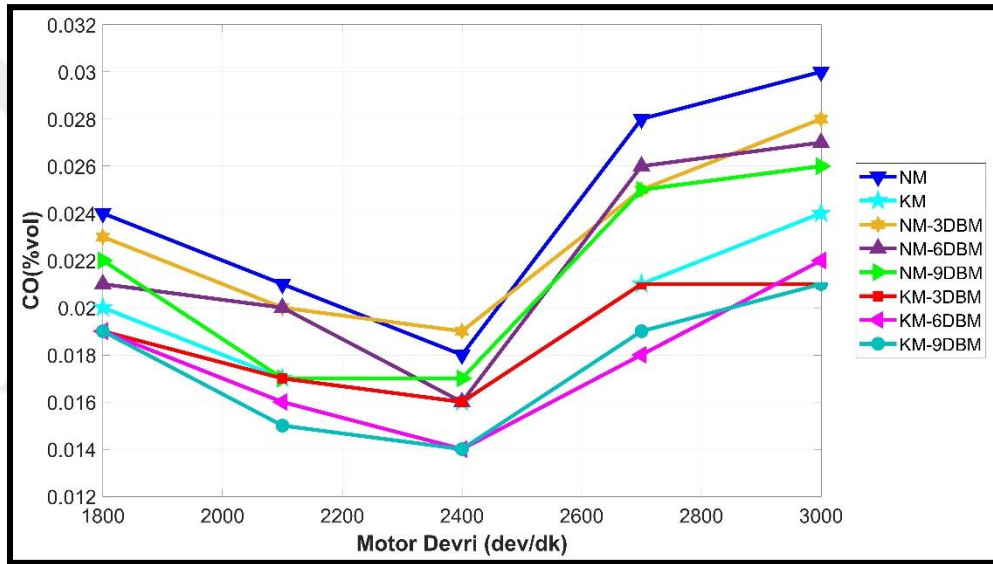
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	% 7,95	% 0,80	0,99533
NM-%6B	% 4,54	% 0,02	0,9981
NM-%12B	% 5,57	% 0,17	0,99655
NM-%18B	% 5,03	% 0,44	0,9954
KM	% 8,98	% 0,01	0,98395
KM-%6B	% 6,30	% 0,25	0,99355
KM-%12B	% 9,23	% 1,34	0,99496
KM-%18B	% 6,81	% 0,03	0,99211

8.1.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

Şekil 8.10’ da NM ve KM’ deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız CO emisyonlarının deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının CO emisyon değerleri

gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

NM ve KM’ de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, artış gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO₂ oluşumunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂’ nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DBM katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, artış görülmüştür.



Şekil 8.10. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri

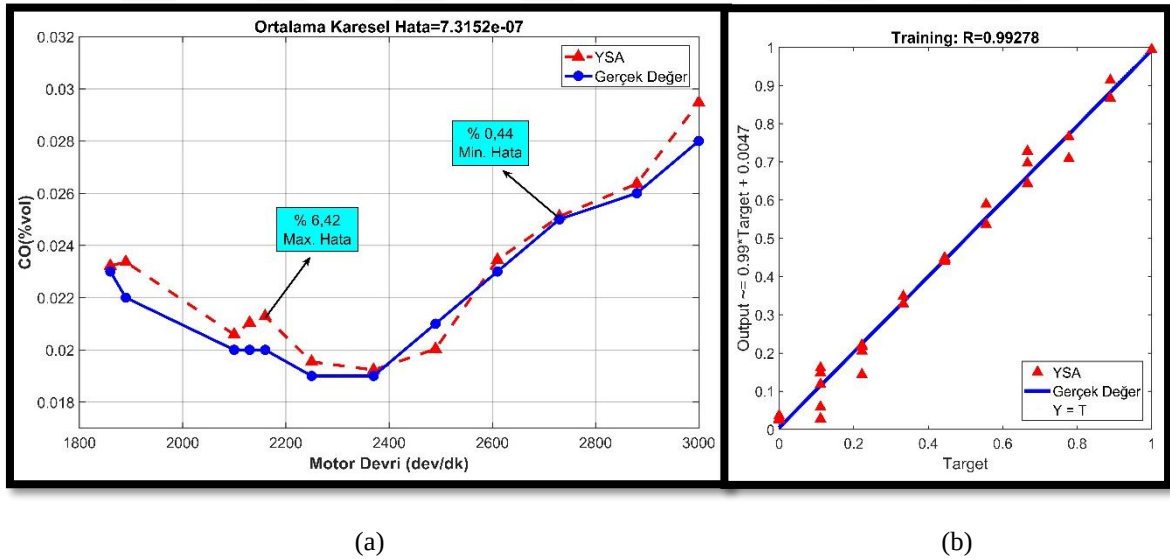
Şekil 8.10’ da, NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri görülmektedir. Şekil 8.10’ da, DBM katkısının CO emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. DBM katkısı bütün motor devirlerinde CO emisyonunda azalma sağlamıştır.

DBM (C₁₂H₂₀O₄)’ nin kimyasal yapısında bulunan oksijen atomları yanma sırasında oluşan zengin karışım bölgelerinde CO’ nun oksidasyonunu sağlayarak CO emisyonlarını azaltmaktadır. Literatürdeki DBM çalışmalarında, DBM ilavesinin motorda iş zamanı sırasında, alev sonrası oksidasyonu iyileştirdiği ve CO’ nun ağırlıklı olarak oluştuğu yerel olarak yakıt bakımından zengin bölgeleri azalttığı görülmektedir[49].

TBK’ lı motor, CO emisyonunda daha fazla azalma sağlamaktadır. Yanma difüzyonunda olduğu gibi, kaplamaya bağlı yüksek sıcaklık CO’ nun CO₂’ye oksidasyonunu

hızlandırmaktadır, bu da TBK' ya bağlı dizel motorda daha iyi bir yanma olduğunu göstermektedir[111].

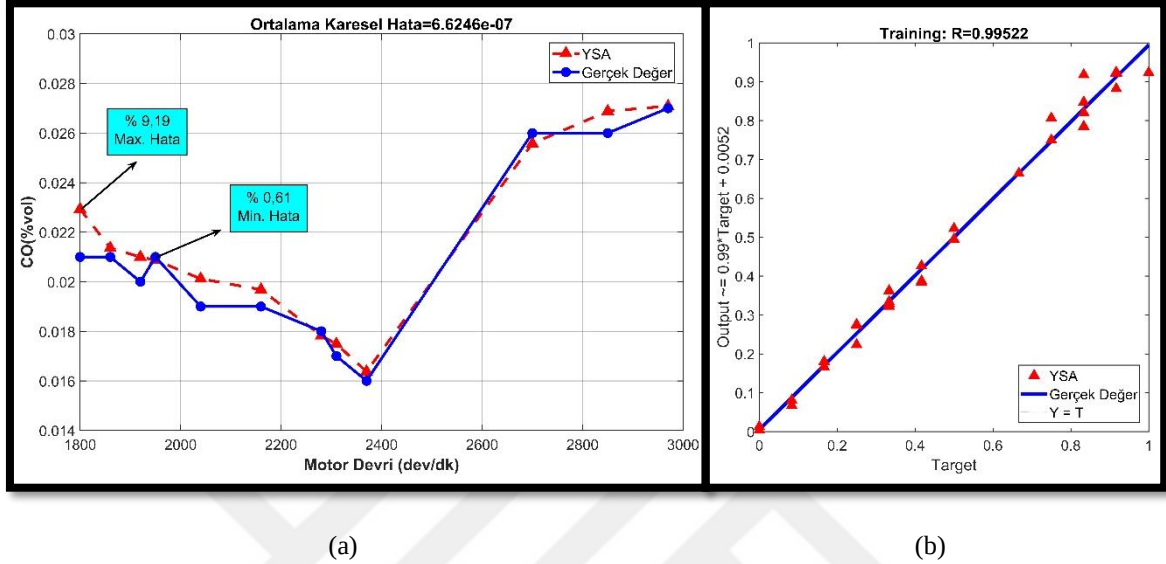
DBM katkısı NM' de ve KM' de, CO emisyonunda azalmalara sebep olmuştur. NM ve KM' de DBM katkı oranlarının artışı, CO emisyonunda azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %4.1, %9.1, %10.5 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO emisyonlarının NM' ye kıyasla daha fazla azaldığı görülmektedir. DBM' nin CO emisyonunu azaltma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da CO emisyonun azaltıcı etkisi, emisyon seviyesini çok daha fazla azaltmıştır. KM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %21.1, %26.2, %26.7 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. KM' nin CO emisyonu üzerindeki etkisinin, %9 DBM katkısından daha fazla olduğu, deneysel verilerle görülmüştür. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Dibütil Maleat(DBM) katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, CO emisyonunda azalma sağlanabileceği görülmüştür[112].



Şekil 8.11. (a) NM' de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.11' de %3 Dibütil Maleat katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı

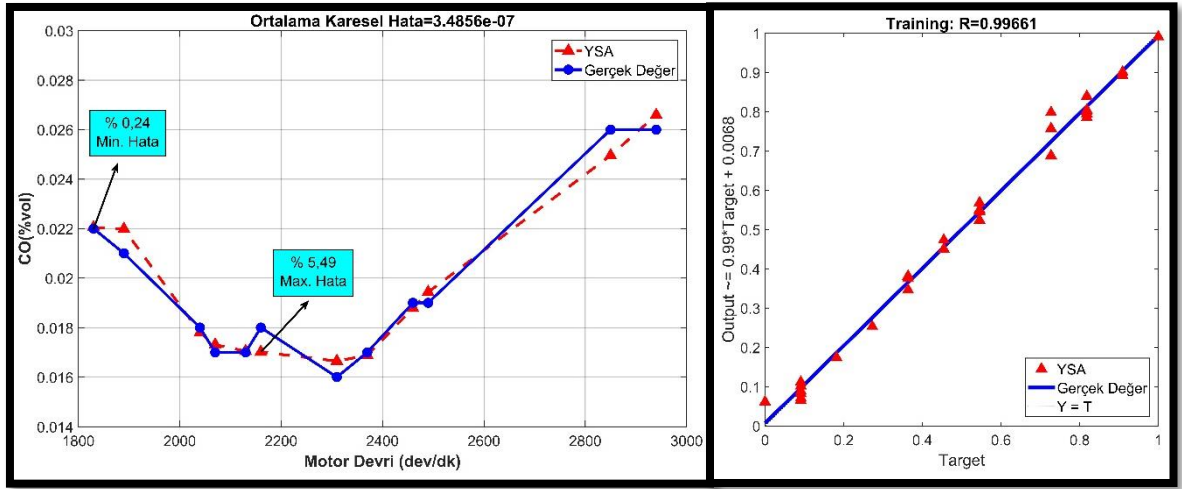
2160 dev/dk' da, %6,42 olarak, minimum hatayı ise 2730 dev/dk' da, %0,44 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.11 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99278 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.12. (a) NM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.12' de %6 Dibütil Maleat katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %9,19 olarak, minimum hatayı ise 1950 dev/dk' da, %0,61 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.12 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99522 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.13' de %9 Dibütil Maleat katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2160 dev/dk' da, %5,49 olarak, minimum hatayı ise 1830 dev/dk' da, %0,24 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.13 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99522 olarak hesaplanmıştır.

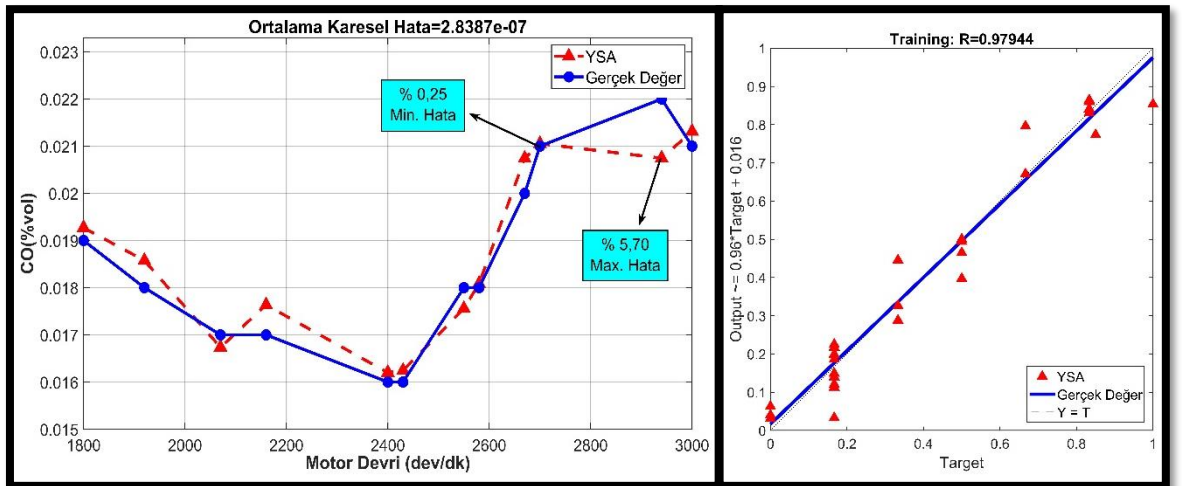


(a)

(b)

Şekil 8.13. (a) NM'de %9DBM katkı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkı, CO emisyonu Regresyon grafiği

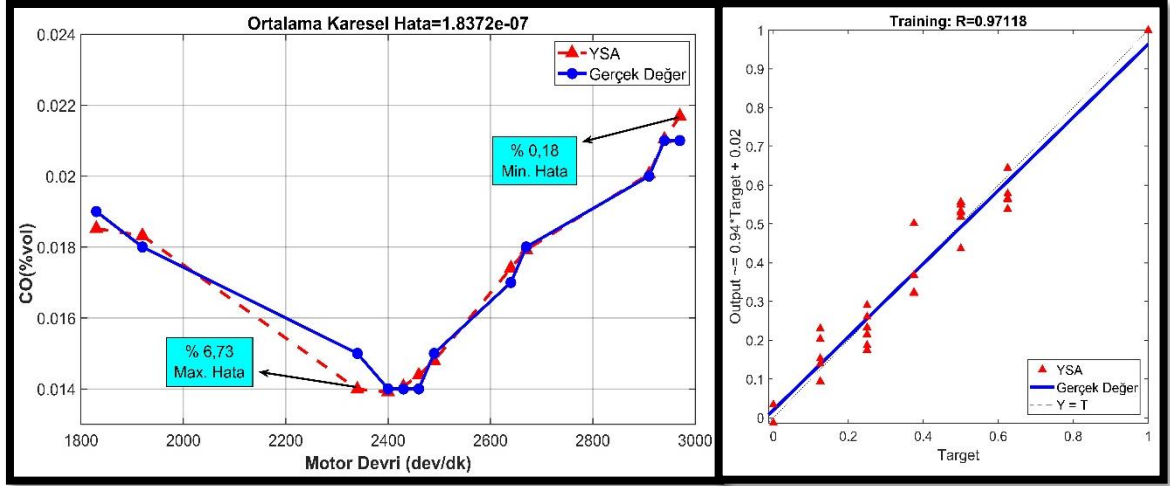
Şekil 8.14' de %3 Dibütil Maleat katkıli KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2940 dev/dk' da, %5,70 olarak, minimum hatayı ise 2700 dev/dk' da, %0,25 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.14 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97944 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.14. (a) KM'de %3DBM katkı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkı, CO emisyonu Regresyon grafiği

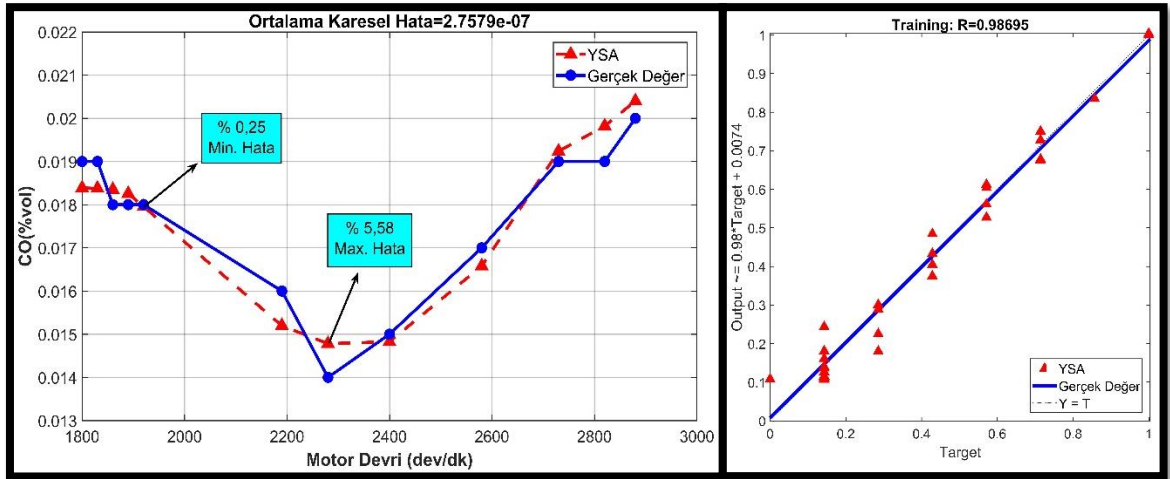


(a)

(b)

Şekil 8.15. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.15’ de %6 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2340 dev/dk’ da, %6,73 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk’ da, %0,18 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.15 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97118 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.16. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.16' da %9 Dibütil Maleat katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2280 dev/dk' da, %5,58 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk' da, %0,25 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.16 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98695 olarak hesaplanmıştır.

CO emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.2' de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki CO emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de CO emisyonlarını, %9,19 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.2. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki CO emisyonlarının YSA sonuçları

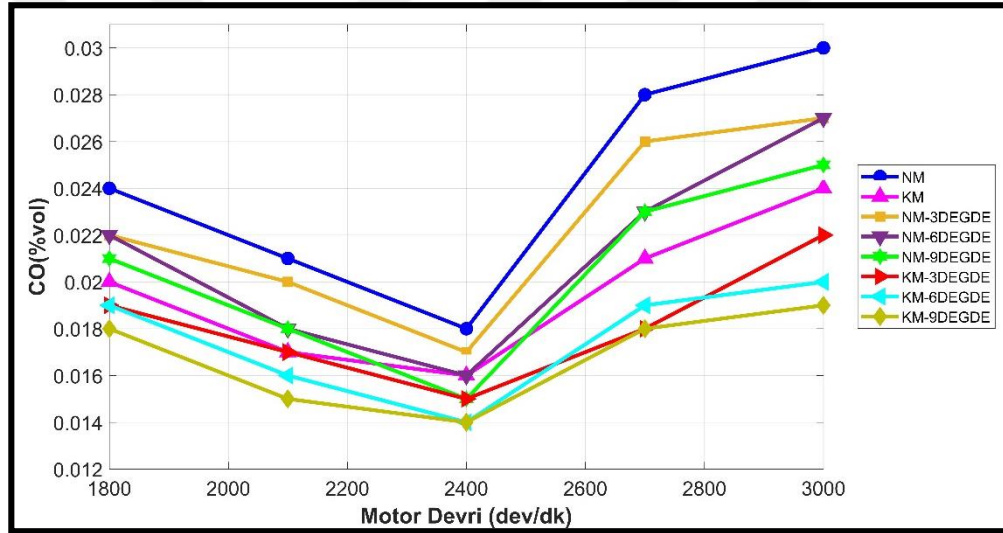
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	% 7,95	% 0,80	0,99533
NM-%3DBM	% 6,42	% 0,44	0,99278
NM-%6DBM	% 9,19	% 0,61	0,99522
NM-%9DBM	% 5,49	% 0,24	0,99661
KM	% 8,98	% 0,01	0,98395
KM-%3DBM	% 5,70	% 0,25	0,97944
KM-%6DBM	% 6,73	% 0,18	0,97118
KM-%9DBM	% 5,58	% 0,25	0,98695

8.1.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) kimyasal formülü $C_6H_{14}O_3$ olan, yapısında OH radikal grupları bulunan, setan sayısı 126 olan oksijenli bir katkı maddesidir. Yapısındaki oksijen atomları ve setan sayısının yüksek olması sebebi ile potansiyel bir dizel yakıt katkısı olarak görülmektedir. Özellikle, CO gibi yakıt/hava karışım oranından ve yanma odası sıcaklığından etkilenen emisyonların azaltılması amacıyla kullanılabilir. Dizel-oksijenat karışımları ile motorun CO emisyonu, karışımlardaki oksijen kütle fraksiyonunun artmasıyla azalmaktadır[113]. Başka bir çalışmada ise oksijenat ilavesi ile radikallerin (OH) yoğunluk artışlarının, CO ve CO₂' ye karbon oksidasyonunu arttırdığı belirtilmektedir[114]. Radikal yoğunluğundaki artışın (Oksijenler tarafından üretilen O, OH, vb.), önceden karıştırılmış alev bölgesi içinde CO ve CO₂'ye karbon oksidasyonunu teşvik

ettiği öne sürülmüştür[110]. Oksijenli katkı maddelerinin, CO emisyonlarının azaltılmasındaki etkinliği doğrudan oksijen içeriğine bağlı olmamakla birlikte, katkı maddelerinin fiziksel / kimyasal özelliklerinin, önemli bir rol oynamaktadır. CO emisyonlarının azaltılmasının da oksijenin moleküler yapısına bağlı olduğu bilinmektedir[115].

Şekil 8.17’ de, NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekil 8.17’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının CO emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade etmektedir.

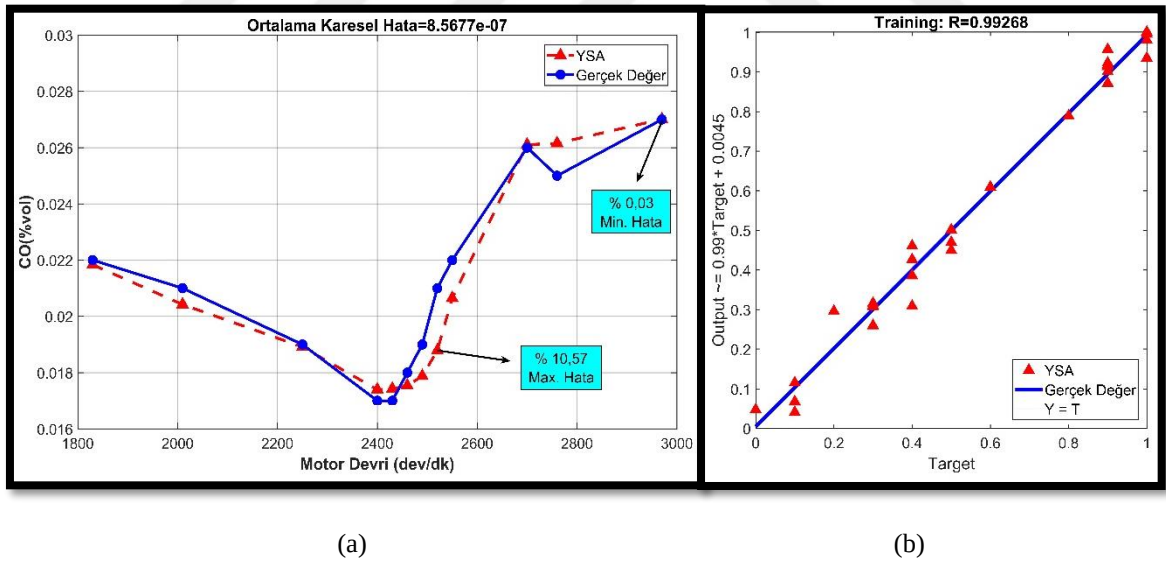


Şekil 8.17. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri

NM ve KM’ de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, artış gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO₂ oluşumunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂’ nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO emisyonlarında her iki motor tipinde ve Dietilen Glikol Dimetil Eter katkıları için artış görülmüştür.

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM’ de ve KM’ de, CO emisyonunda azalmalara sebep olmuştur. NM ve KM’ de DEGDE katkı oranlarının artışı, CO emisyonunda azalma oranını arttırmıştır. NM’ de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE

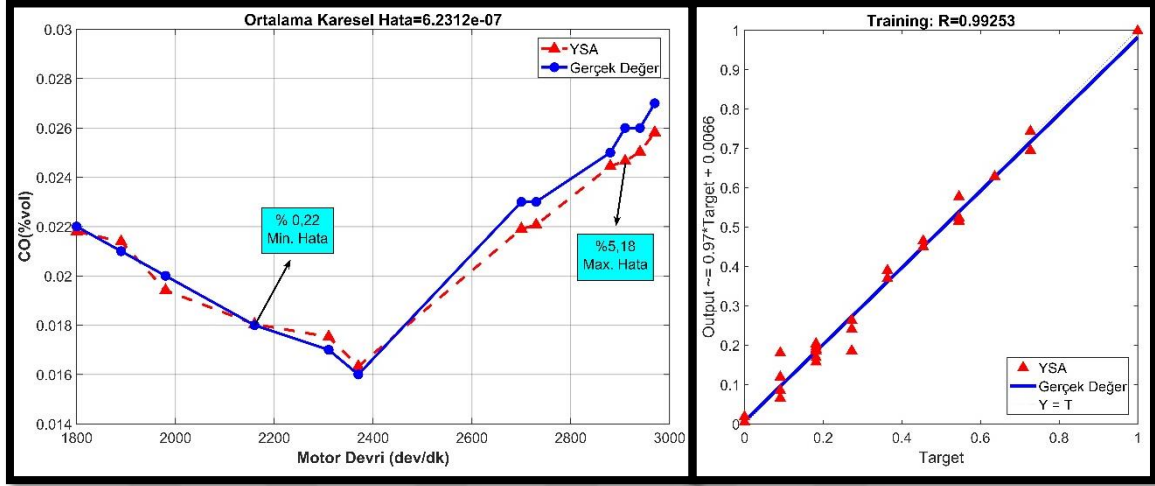
katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %7.2, %12.3, %15.5 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO emisyonlarının NM' ye kıyasla daha fazla azaldığı görülmektedir. DEGDE katkısının CO emisyonunu azaltma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da CO emisyonun azaltıcı etkisi, emisyon seviyesini çok daha fazla azaltmıştır. TBK' lı motor, CO emisyonunda daha fazla azalma sağlamaktadır. Yanma difüzyonunda olduğu gibi, kaplamaya bağlı yüksek sıcaklık CO' nun CO_2 'ye oksidasyonunu hızlandırmaktadır, bu da TBK' ya bağlı dizel motorda daha iyi bir yanma olduğunu göstermektedir[111]. KM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9DEGDE katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %23.8, %26.5, %29.6 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. KM' nin CO emisyonu üzerindeki etkisinin, %9DEGDE katkısından daha fazla olduğu, deneysel verilerle görülmüştür. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, CO emisyonunda azalma sağlanabileceği görülmüştür[122, 126, 127].



Şekil 8.18. (a) NM'de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.18' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2520 dev/dk' da, %10,57 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk'

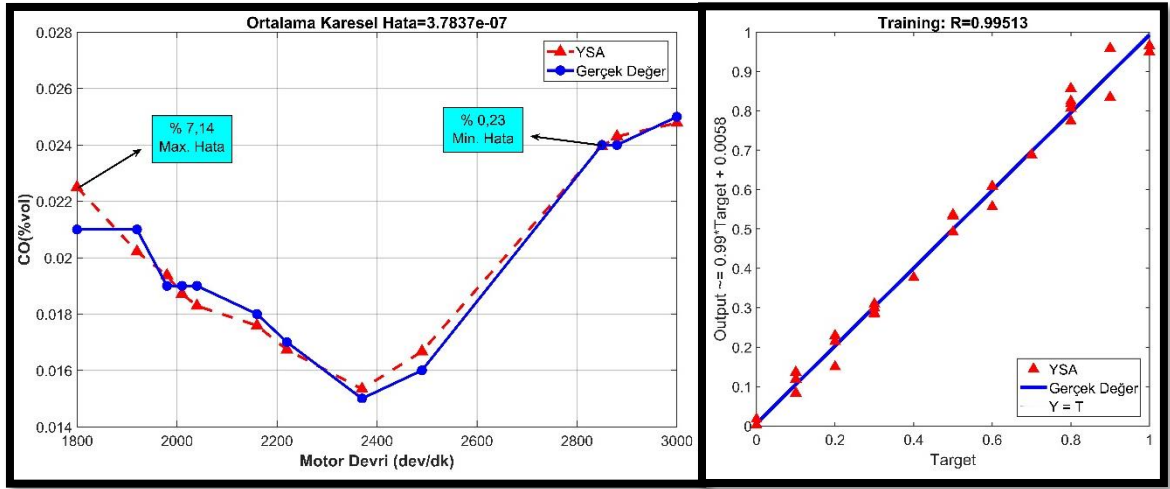
da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.18 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99268 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.19. (a) NM'de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.19' da %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2910 dev/dk' da, %5,18 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk' da, %0,22 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.19 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99253 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.20' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %7,14 olarak, minimum hatayı ise 2850 dev/dk' da, %0,23 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.20 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99513 olarak hesaplanmıştır.

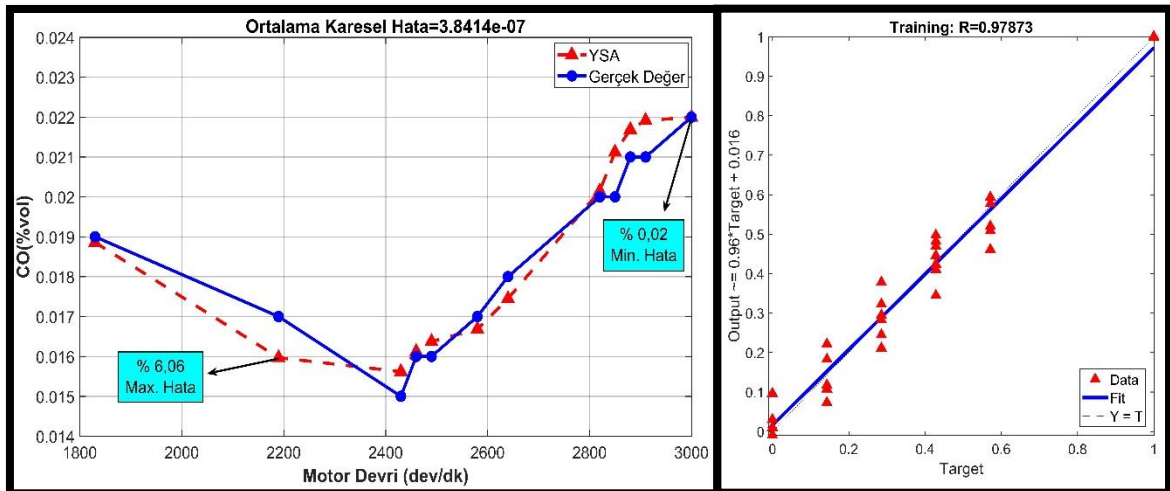


(a)

(b)

Şekil 8.20. (a) NM'de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.21' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2190 dev/dk' da, %6,06 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.21 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97873 olarak hesaplanmıştır.

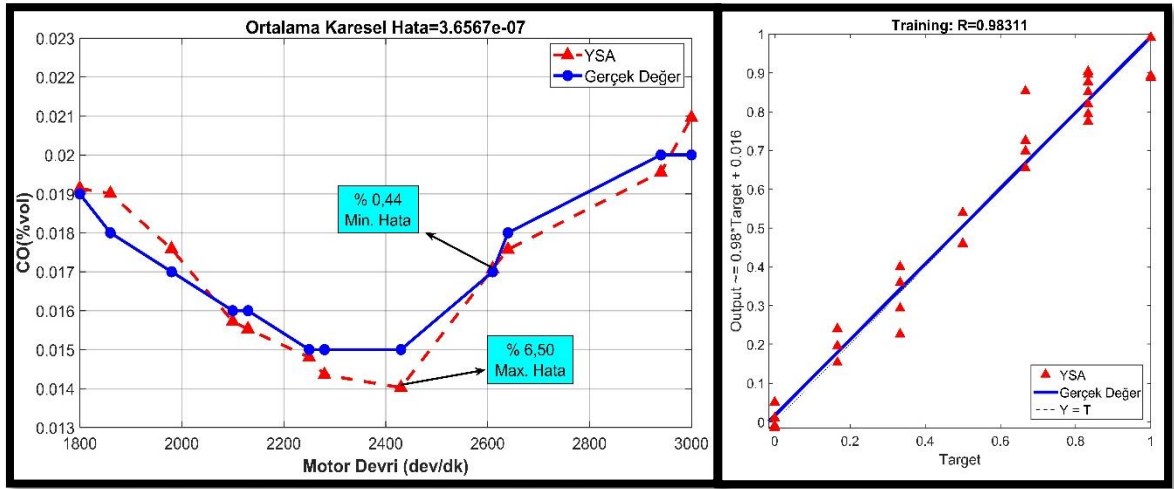


(a)

(b)

Şekil 8.21. (a) KM'de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

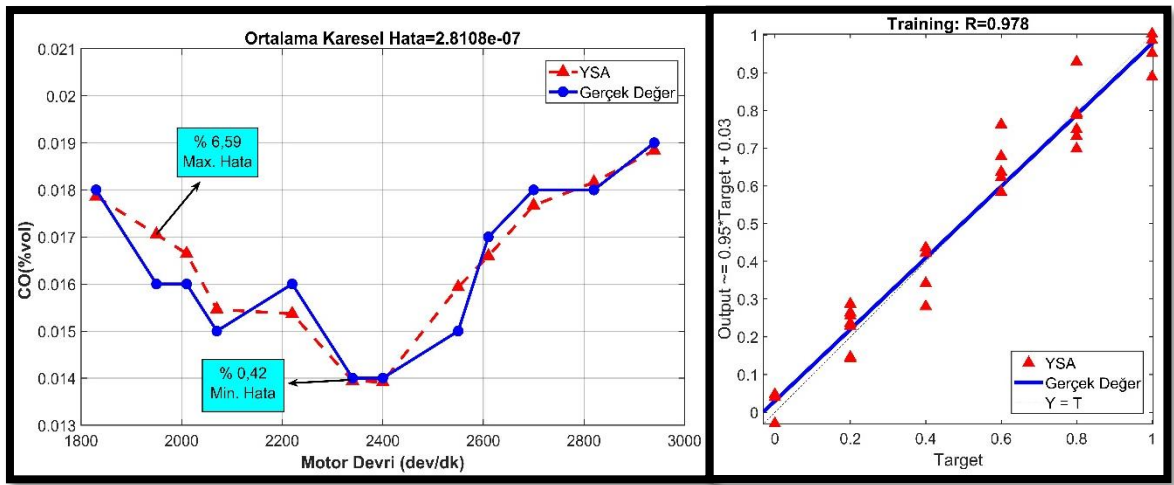
Şekil 8.22’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2430 dev/dk’ da, %6,50 olarak, minimum hatayı ise 2610 dev/dk’ da, %0,44 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.22 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98311 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.22. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.23. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.23’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1950 dev/dk’ da, %6,59 olarak, minimum hatayı ise 2340 dev/dk’ da, %0,42 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.23 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,978 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.3. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	% 7,95	% 0,80	0,99533
NM-%3DEGDE	% 10,57	% 0,03	0,99268
NM-%6DEGDE	% 5,18	% 0,22	0,99253
NM-%9DEGDE	% 7,14	% 0,23	0,99513
KM	% 8,98	% 0,01	0,98395
KM-%3DEGDE	% 6,06	% 0,02	0,97873
KM-%6DEGDE	% 6,50	% 0,44	0,98311
KM-%9DEGDE	% 6,59	% 0,42	0,978

CO emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.3’ de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki CO emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de CO emisyonlarını, %10,57 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

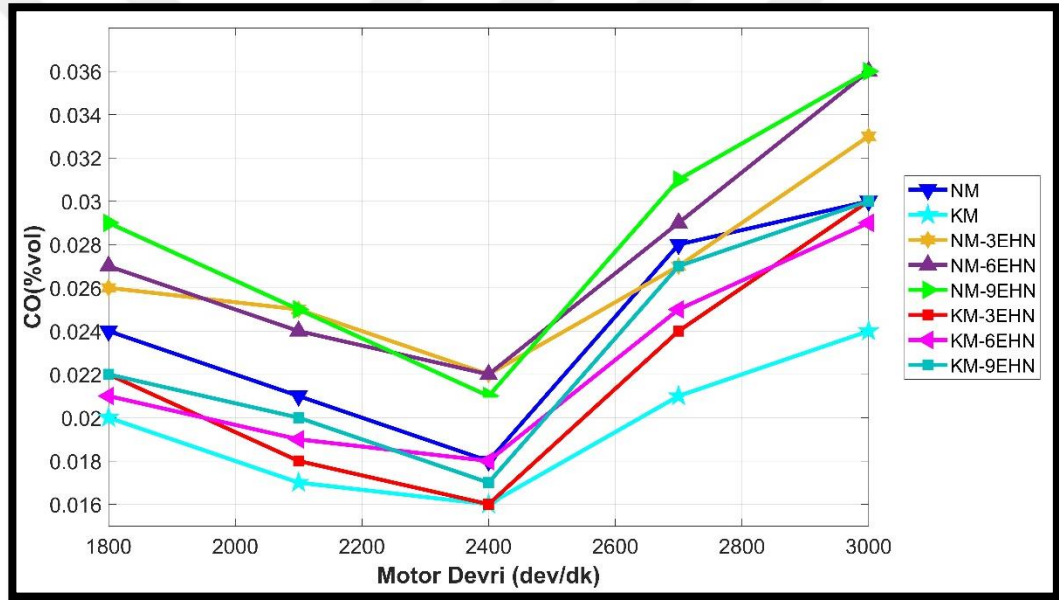
8.1.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

Etilheksil Nitrat (EHN) $C_8H_{17}NO_3$ kimyasal formülüne sahip, setan sayısını arttırmak için dizel yakıt katkı maddeleri olarak bilinen, performansı yüksek, yaygın olarak kullanılan tutuşmaya yardımcı katkı maddeleri arasında ticari bir setan iyileştiricisidir. EHN, yanma odasına serbest radikaller sağlayarak, oksidasyon sürecini hızlandırır ve yanmayı arttırmak için tutuşma gecikmesini azaltma kabiliyetine sahiptir[116]. Bu duruma karşı, EHN katkısı ile değiştirilmiş karışımların oksidasyon kabiliyeti azalmış ve CO azalmıştır. Üstelik, oksidasyonun gerçekleşmesiyle birlikte, hidrojen peroksit (H_2O_2) ve peroksil (HO_2) aşırı derecede üretilir ve yanma odasında yanma odasından gelen ısıyı emerek hidroksile (OH) hızla tekrar dönüşür. Sonuç olarak, CO CO_2 olarak değiştirilir[117]. EHN katkısı ile oluşan

CO artışının bir başka nedeni ise, difüzyon yanmasının, yakıt fazlalık katsayısının lokal olarak artışından dolayı, hızlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

CO emisyonlarındaki artış, EHN ilavesinin bir sonucu olan eksik yanmaya bağlanabilir. CO' nun oksidasyonu baskın olarak yanma reaksiyonunda OH radikallerinin varlığına bağlıdır. Yüksek OH radikalleri CO' nun oksidasyon kabiliyetini azaltır, bu da CO' nun CO₂' ye dönüştürülmesiyle EHN' den kaynaklanan engellemeye atfedilebilir[107].

Şekil 8.24' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının CO emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir.

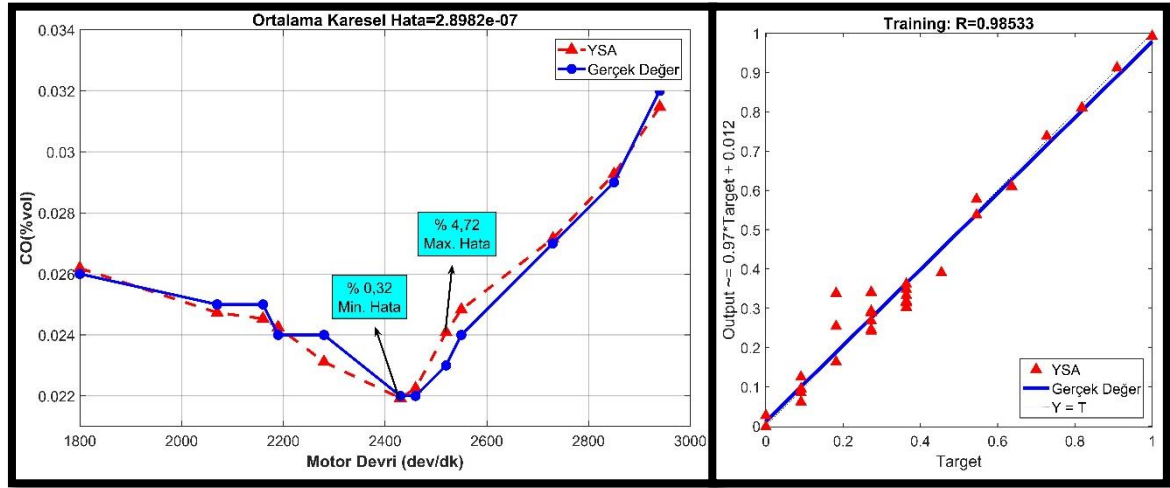


Şekil 8.24. NM ve KM' deki, EHN katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri

NM ve KM' de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, artış gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO₂ oluşumunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO emisyonlarında her iki motor tipinde ve Etilheksil Nitrat katkıları için artış görülmüştür. Şekil 8.24' de, NM ve KM' deki, EHN katkılı ve katkısız CO Emisyon değerleri görülmektedir.

Şekil 8.24 incelendiğinde, Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM’ de ve KM’ de, CO emisyonunda artışlara sebep olmuştur. NM ve KM’ de EHN katkı oranlarının artışı, CO emisyonunda artış oranını yükseltmiştir. NM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM’ deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %11.2, %14.5, %17.1 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, CO emisyonlarının NM’ ye kıyasla azaldığı görülmektedir. TBK’ lı motor, CO emisyonunda azalma sağlamaktadır. Yanma difüzyonunda olduğu gibi, kaplamaya bağlı yüksek sıcaklık CO’ nun CO₂’ye oksidasyonunu hızlandırmaktadır, bu da TBK’ ya bağlı dizel motorda daha iyi bir yanma olduğunu göstermektedir[111]. EHN katkısının CO emisyonunu yükseltme eğilimine karşı olarak, TBK’ uygulamasının da CO emisyonunu azaltıcı etkisi ile birlikte, emisyon seviyesinde sonuç olarak azaltıcı etki göstermiştir. KM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen CO emisyonları ile katkısız NM’ deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %9.6, %7.2, %4.4 oranlarında azalma meydana gelmiştir. KM’ nin CO emisyonu üzerindeki etkisinin, %9EHN katkısından daha fazla olduğu, deneysel verilerle görülmüştür.

Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiştir[119, 129, 130].

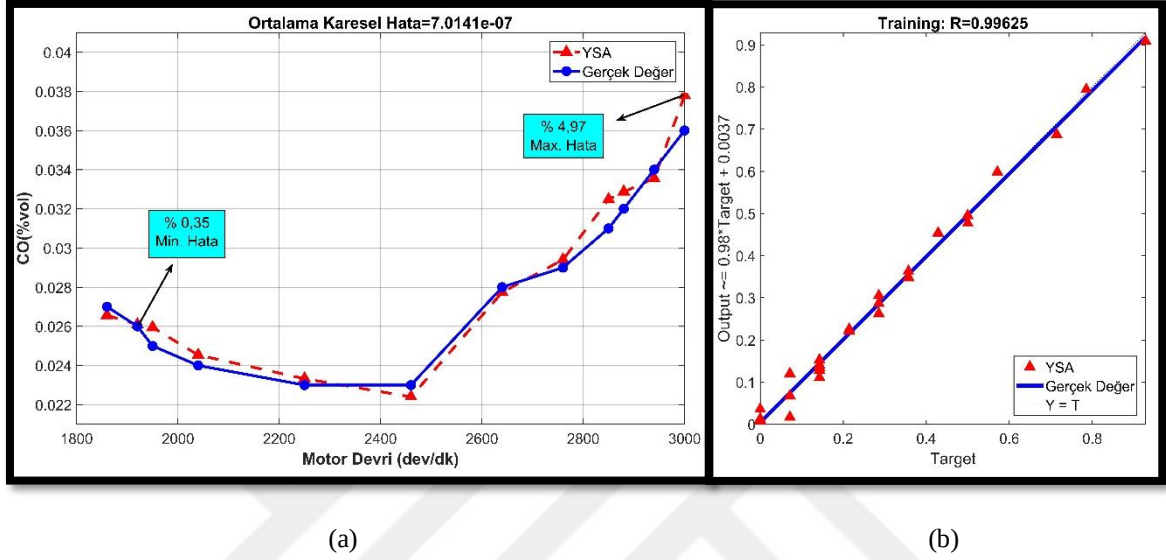


(a) (b)

Şekil 8.25. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.25’ de %3 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı NM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş

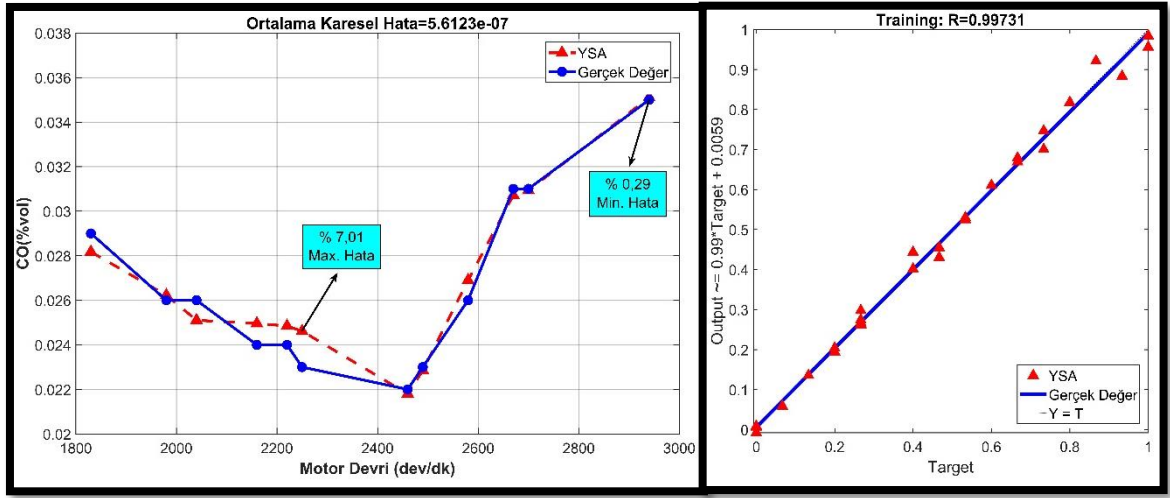
NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2520 dev/dk' da, %4,72 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk' da, %0,32 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.25 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98533 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.26. (a) NM'de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.26' de %6 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 3000 dev/dk' da, %4,97 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk' da, %0,35 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.26 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99625 olarak hesaplanmıştır.

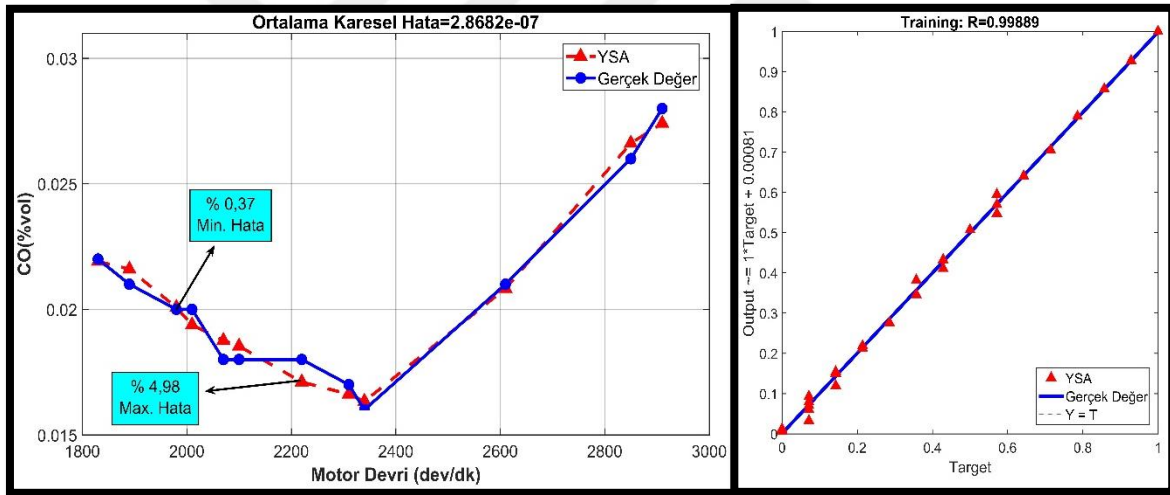
Şekil 8.27' de %9 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2250 dev/dk' da, %7,01 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,29 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.27 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99625 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.27. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

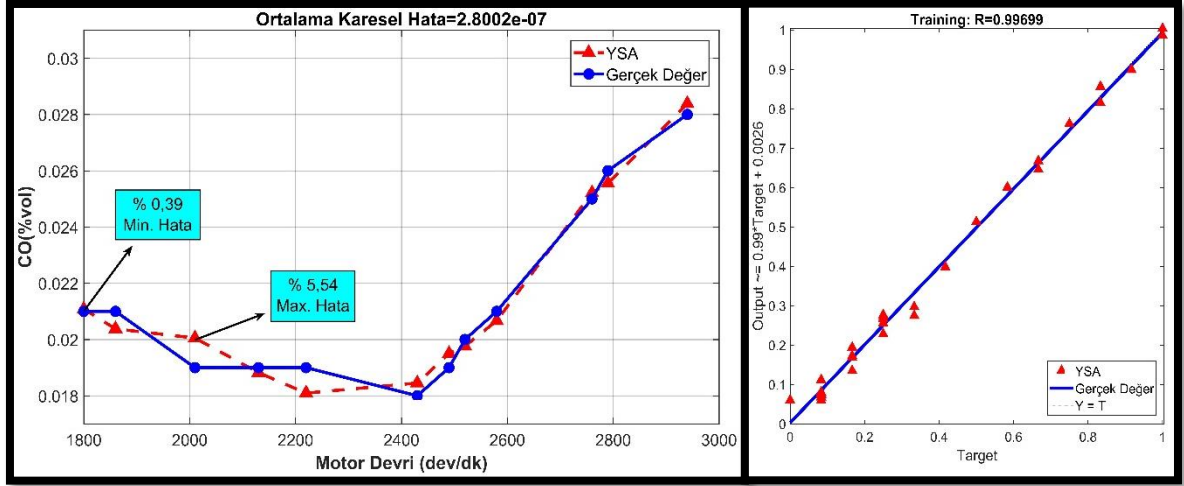


(a)

(b)

Şekil 8.28. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.28’ de %3 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2200 dev/dk’ da, %4,98 olarak, minimum hatayı ise 1980 dev/dk’ da, %0,37 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.28 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99889 olarak hesaplanmıştır.

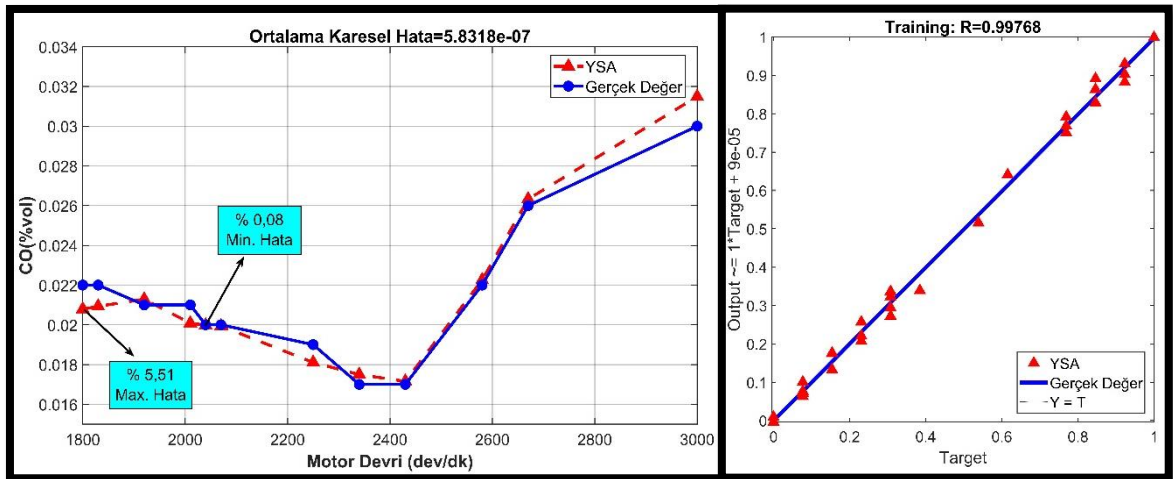


(a)

(b)

Şekil 8.29. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.29’ de %6 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2100 dev/dk’ da, %5,54 olarak, minimum hatayı ise 1800 dev/dk’ da, %0,39 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.29 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99699 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.30. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, CO emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.30' de %9 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM' nin CO emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %5,51 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk' da, %0,08 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.30 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99768 olarak hesaplanmıştır.

CO emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.4' de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki CO emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de CO emisyonlarını, %8,98 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.4. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki CO emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	% 7,95	% 0,80	0,99533
NM-%3EHN	% 4,72	% 0,32	0,98533
NM-%6EHN	% 4,97	% 0,35	0,99625
NM-%9EHN	% 7,01	% 0,29	0,99731
KM	% 8,98	% 0,01	0,98395
KM-%3EHN	% 4,98	% 0,37	0,99889
KM-%6EHN	% 5,54	% 0,39	0,99699
KM-%9EHN	% 5,51	% 0,08	0,99768

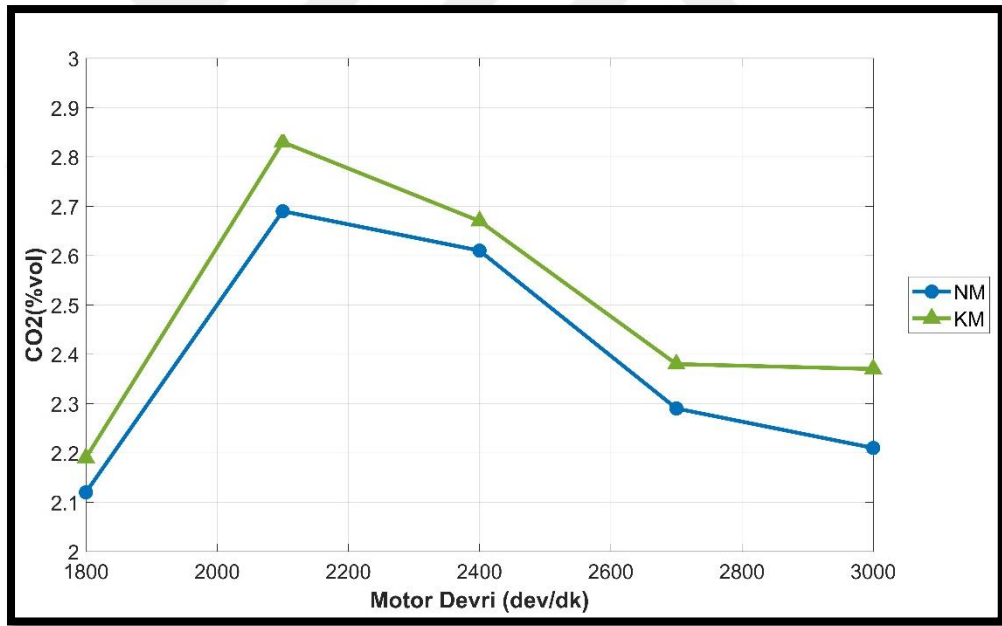
8.2. CO₂ Emisyonlarının Değerlendirilmesi

İçten yanmalı motorlarda yanma işlemi; yakıtın içerisinde bulunan karbon (C) ve hidrojen (H) atomlarının, tutuşma sıcaklığında, havada bulunan oksijen atomları (O₂) ile reaksiyona girerek, karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O) ve azot oksitler (NO_x) gibi bileşiklerin oluşabildiği ve bu işlem sonucunda da, ısı açığa çıkarabilen bir reaksiyon olarak tanımlanabilir. İdeal bir yanma reaksiyonunda, yakıtın tamamen yanması ile ara ürünler açığa çıkmaksızın, CO₂ ve H₂O açığa çıkmaktadır fakat içten yanmalı motorlarda basınç, yanma odası sıcaklığı, oksijen yoğunluğu, yanma için ayrılan zaman gibi parametreler, yanma ürünlerini ve yanma performansını etkilemektedir.

CO₂ oluşumu, yanma sırasındaki C ve O atomlarının reaksiyonunun, diğer bir ifade ile C atomunun oksidasyon verimi ve CO oluşumu ile doğrudan ilişkilidir. Karbonun eksik

yanması, CO oluşumuna yol açmaktadır. Yanma sırasında oksijen oranının yetersiz kalması ve hava/yakıt karışımının zengin olması; karbon atomlarının CO₂'yi oluşturabilecek yeterli sayıda oksijen atomu bulamamasına yol açmaktadır. Bu ise tek karbon atomunun iki oksijen atomu ile bağ yapmasına engel olup, tek oksijen atomu ile bağlanarak CO emisyonunun oluşmasına neden olmaktadır. Yakıtın kimyasal özellikleri, motorun püskürtme karakteristikleri, motor devri ve yükü, hava-yakıt oranına etki etmesinden dolayı, CO oluşumu bu değişkenlerin fonksiyonu şeklinde değişmektedir[106].

Şekil 8.31' de görüldüğü gibi, herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen CO₂ emisyon verilerine göre; CO₂ emisyonu, hem NM' de hem de KM' de düşük motor hızlarında nispeten daha düşük ölçülmüştür. Düşük motor hızlarındaki, yanma odasında bulunan düşük gaz sıcaklığı sebebiyle CO' nun tamamen CO₂'ye dönüşmemesi, CO₂ emisyonunun düşük çıkmasına neden olmuştur.

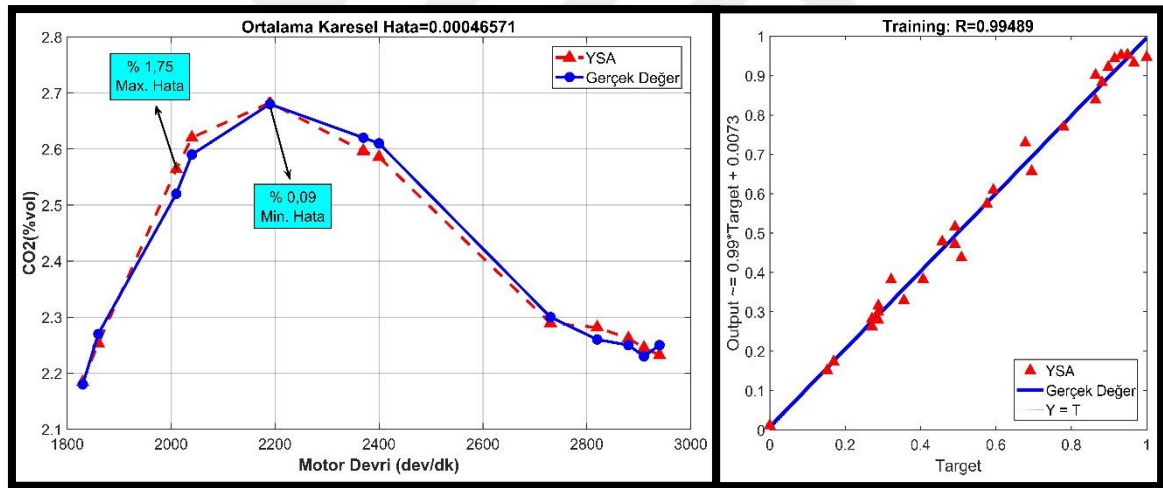


Şekil 8.31. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış CO₂ Emisyon değerleri

Şekil 8.31' de, NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış CO₂ Emisyon değerleri görülmektedir. CO₂ emisyonunun, NM ve KM' deki en yüksek seviyelerinin 2000 - 2400 dev/dk' da orta motor devirlerinde elde edildiği, Şekil 8.31' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu artış; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO' nun CO₂'ye oksidasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır, ayrıca silindir içine alınan oksijen

miktarının en yüksek seviyeye çıkması CO₂ emisyonunun artış sebeplerinden biri olarak söylenebilir[118]. Motor devrinin orta devirlerin üzerine çıkması ile C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır, buna ek olarak yüksek devirlerdeki yakıt/hava karışımının zenginleşmesi de CO₂ oluşumunu azaltmıştır. Bundan dolayı CO₂ emisyonlarında her iki motor tipinde de düşüş görülmüştür.

Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO₂ emisyonlarının NM' ye kıyasla artış meydana gelmiştir. CO₂ emisyonlardaki bu artış miktarı ortalama %4,4 olarak hesaplanmıştır. Cr₂O₃ kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırması ile yanma reaksiyonu iyileşme göstermiş ve C ve O atomları arasındaki reaksiyonu arttırarak; CO emisyonunda azalma ve CO₂ emisyonunda artış meydana getirmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki TBK çalışmaları ile benzerlik göstermiş, TBK uygulamalarının CO₂ emisyonunda yükselme olduğu görülmüştür[119].

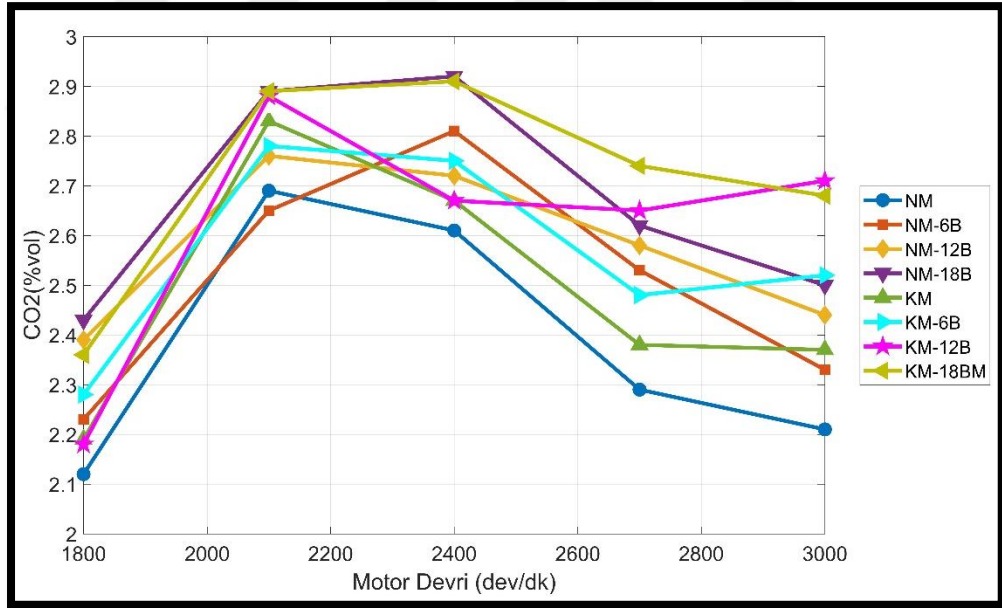


Şekil 8.32. (a) NM'de katkısız, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM katkısız, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.32' de katkı maddesi kullanılmamış NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2010 dev/dk' da, %1,75 olarak, minimum hatayı ise 2190 dev/dk' da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.32 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99489 olarak hesaplanmıştır.

8.2.1 Bütanol Katkısının Etkileri

CO₂ ve CO emisyon oluşumlarını etkileyen ana parametreler; hava / yakıt oranı, yakıt tipi, yakıtın molekül yapısındaki karbon atomu oranı, yanma odası şekli, yakıt atomizasyon oranı, enjeksiyon basıncı ve zamanlaması ile motor yükü ve hızıdır. CO₂ oluşumunun birincil nedenleri; yanma verimi ve hava/yakıt oranıdır. Yanma odasındaki yeterli oksijen dağılımı ve yüksek sıcaklık, CO emisyonlarının oluşumunda etkili faktörler olması sebebiyle, molekül yapısında oksijen içeriğine sahip Bütanol ilavesi, CO₂ oluşumunda bir artışa yol açmaktadır. Bütanol karışımlarının standart dizel yakıtlarına göre daha düşük bir C/H oranı olması gerçeği, CO emisyonlarının azalmasında diğer bir sebep olarak görülmektedir[99]. Ayrıca radikal yoğunluğundaki artışın (Oksijenler tarafından üretilen O, OH, vb.), önceden karıştırılmış alev bölgesi içinde CO ve CO₂'ye karbon oksidasyonunu tetiklediği öne sürülmüştür[110]. Şekil 8.33' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri görülmektedir.



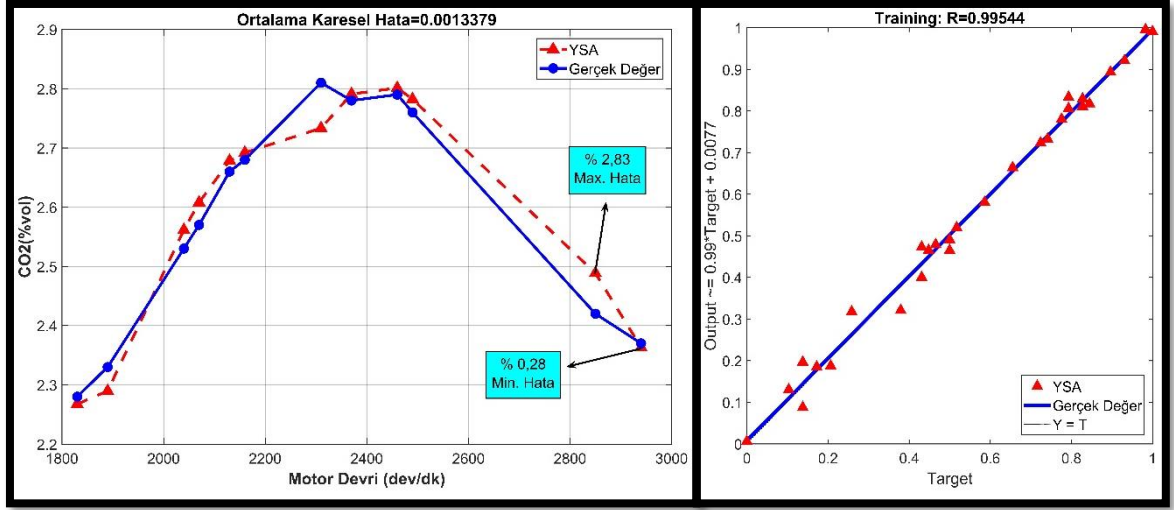
Şekil 8.33. NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri

Şekil 8.33' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının CO₂ emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6B ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6Bütanol katkısını ifade etmektedir.

NM ve KM' de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO₂ emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, azalma gözlemlenmiştir. Orta motor devirlerindeki bu artış; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO' nun CO₂' ye oksidasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır, ayrıca silindir içine alınan oksijen miktarının en yüksek seviyeye çıkması CO₂ emisyonunun artış sebeplerinden biri olarak söylenebilir[118]. Motor devrinin orta devirlerin üzerine çıkması ile C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır, buna ek olarak yüksek devirlerdeki yakıt/hava karışımının zenginleşmesi de CO₂ oluşumunu azaltmıştır. Bu sebeplerden ötürü CO₂ emisyonlarında her iki motor tipinde de düşüş görülmüştür.

Şekil 8.33 incelendiğinde, Bütanol katkısı NM' de ve KM' de, CO₂ emisyonunda artışlara sebep olmuştur. NM ve KM' de Bütanol katkı oranlarının artışı, CO₂ emisyonundaki artış oranını yükseltmiştir. NM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM' deki CO emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %5.4, %8.4, %12.3 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO₂ emisyonlarının NM' ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. Bütanol' ün CO₂ emisyonunu artırma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da CO₂ emisyonunu yükseltici etkisi, emisyon seviyesini daha çok artmasına sebep olmuştur. KM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM' deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %7.7, %10.1, %14.3 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. KM' nin CO₂ emisyonu üzerindeki artış etkisinin, özgül yakıt tüketimindeki azalma sayesinde, sınırlandığı deneysel verilerle görülmüştür.

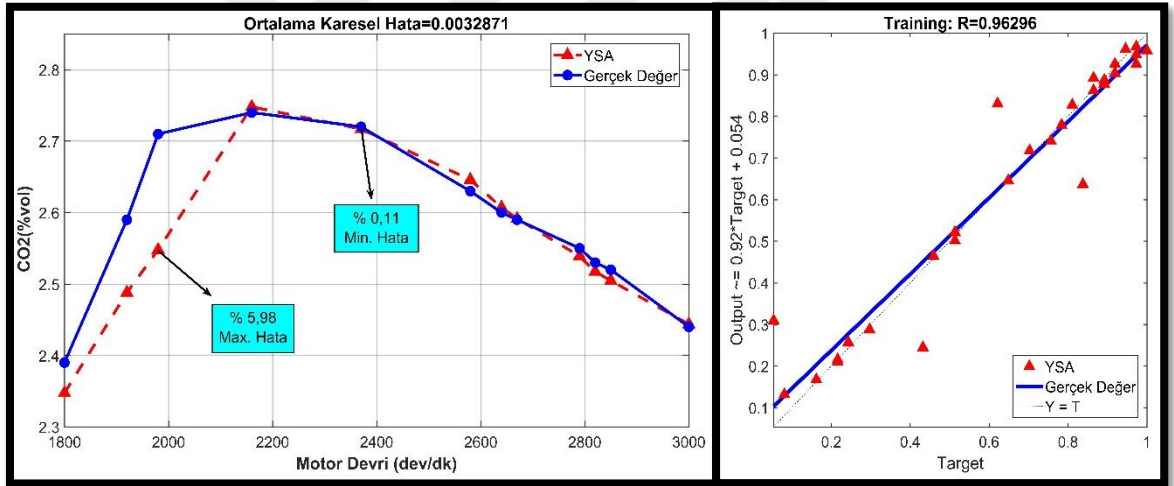
Şekil 8.34' de %6 Bütanol katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 Bütanol katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2850 dev/dk' da, %2,83 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,28 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.34 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99544 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.34. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %6B katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği



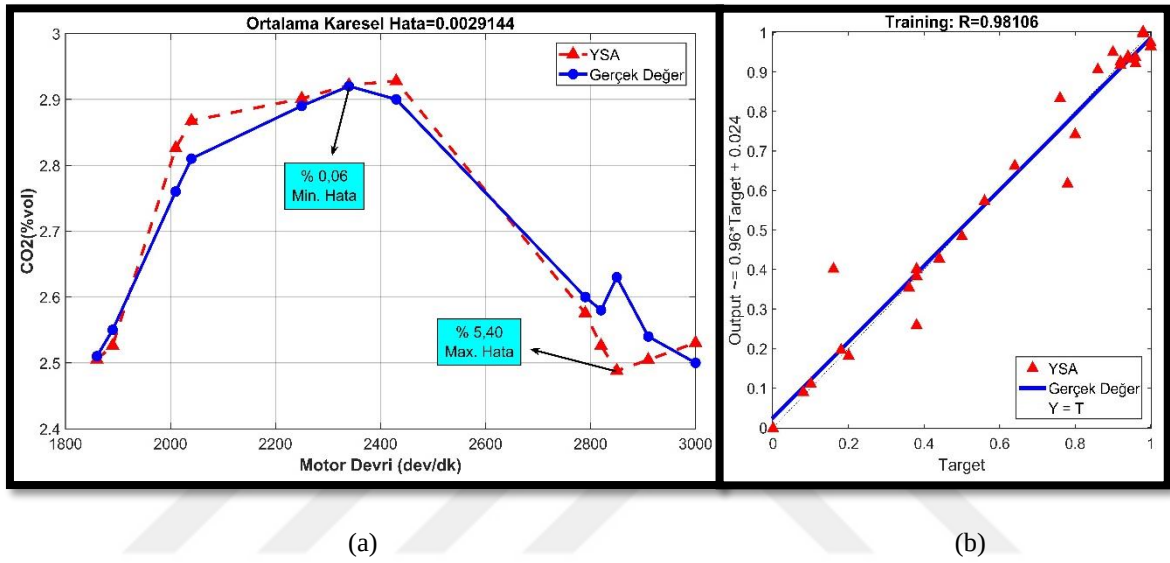
(a)

(b)

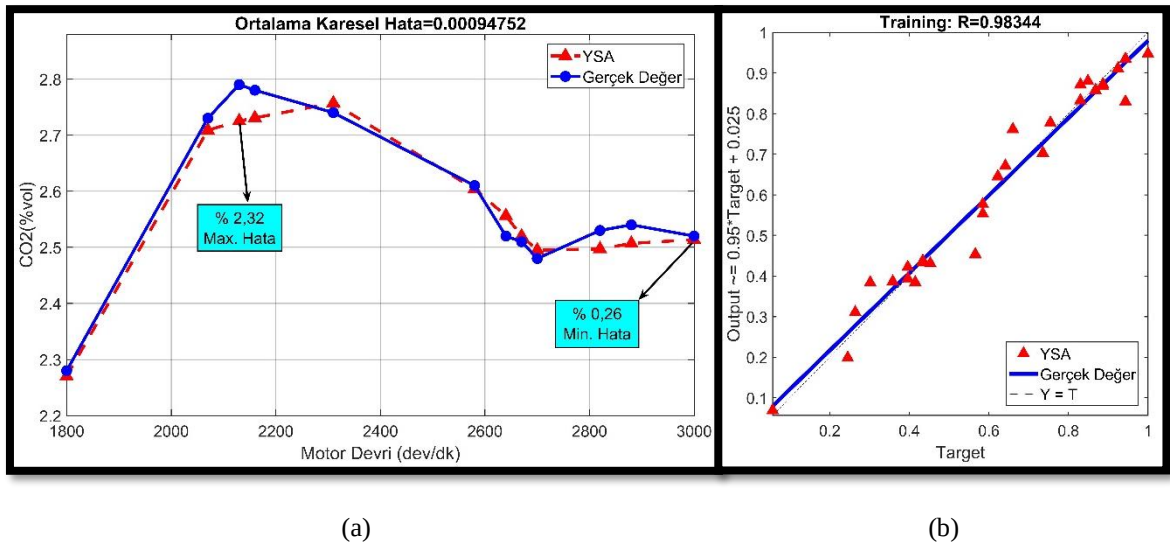
Şekil 8.35. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %12B katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.35’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12 Bütanol katkılı NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1980 dev/dk’ da, %5,98 olarak, minimum hatayı ise 2370 dev/dk’ da, %0,11 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.35 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,96296 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.36' de %18 Bütanol katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18 Bütanol katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2850 dev/dk' da, %5,40 olarak, minimum hatayı ise 2340 dev/dk' da, %0,06 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.36 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98106 olarak hesaplanmıştır.

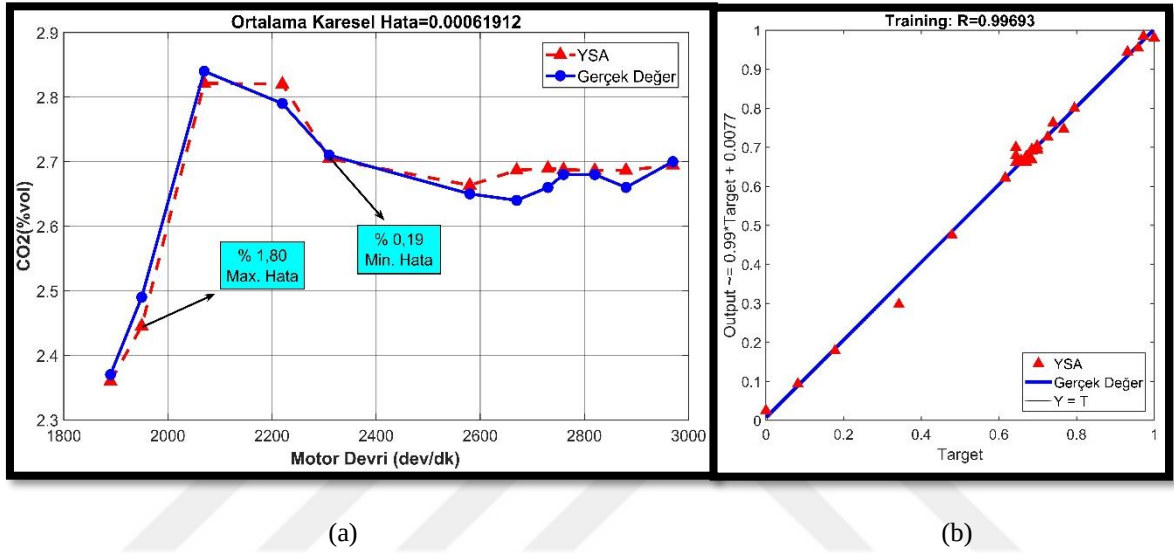


Şekil 8.36. (a) NM'de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %18B katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği



Şekil 8.37. (a) KM'de %6B katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %6B katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

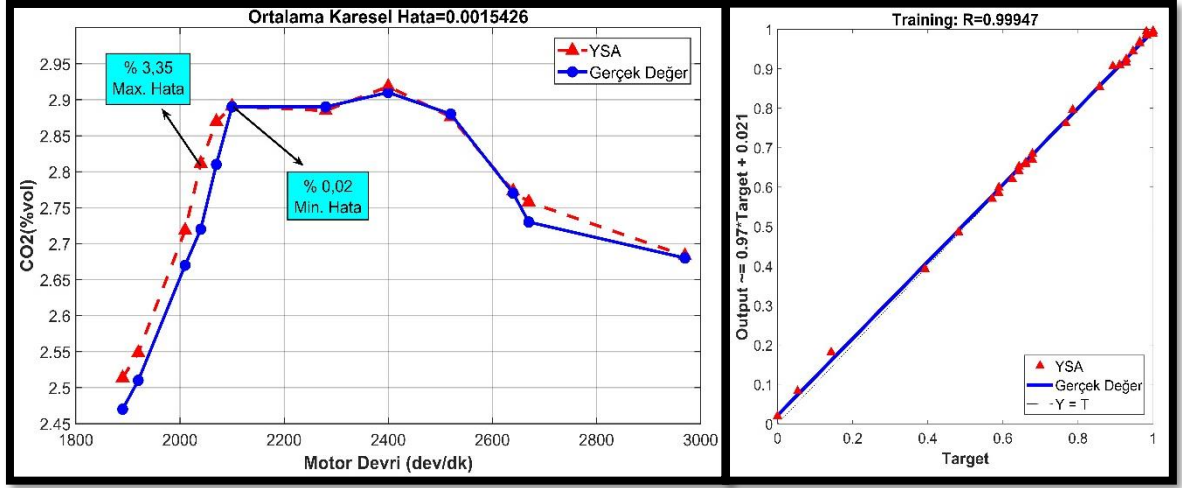
Şekil 8.37’ de %6 Bütanol katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 Bütanol katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2130 dev/dk’ da, %2,32 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk’ da, %0,26 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.37 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98344 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.38. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %12B katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.38’ de %12 Bütanol katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12 Bütanol katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1950 dev/dk’ da, %1,80 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk’ da, %0,19 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.38 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99693 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.39’ de %18 Bütanol katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18 Bütanol katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %3,35 olarak, minimum hatayı ise 2100 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.39 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99947 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.39. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %18B katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Tablo 8.5. Bütanol katkılı KM ve NM’deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,75	%0,09	0,99489
NM-%6B	%2,83	%0,28	0,99544
NM-%12B	%5,98	%0,11	0,96296
NM-%18B	%5,40	%0,06	0,98106
KM	%2,38	%0,02	0,99372
KM-%6B	%2,32	%0,26	0,98344
KM-%12B	%1,80	%0,19	0,99693
KM-%18B	%3,35	%0,02	0,99947

CO₂ emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.5’ de, Bütanol katkılı KM ve NM’deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’de CO emisyonlarını, %5,98 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.2.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

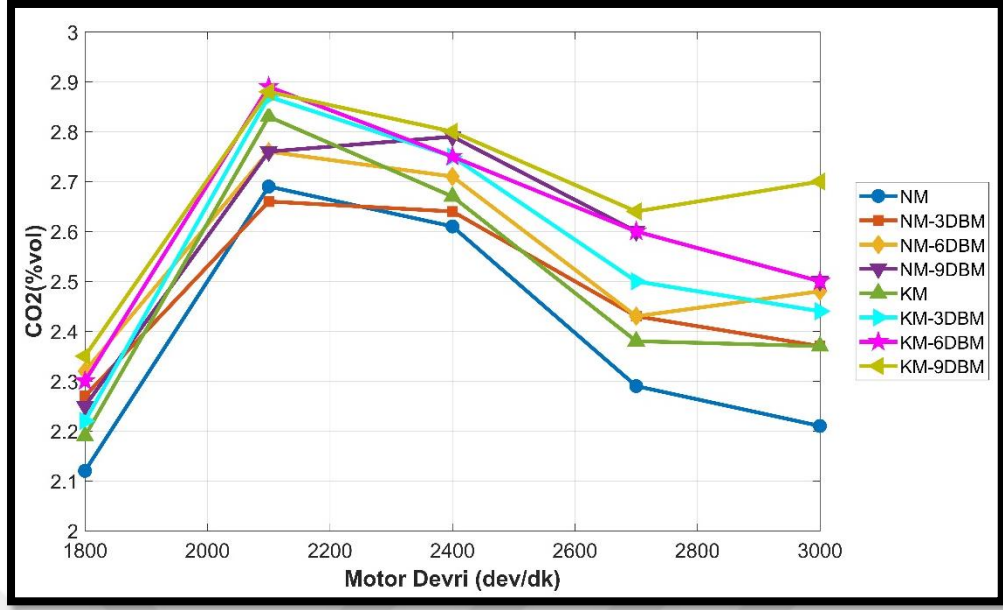
CO₂ oluşumu, yanma sırasındaki C ve O atomlarının reaksiyonunun, diğer bir ifade ile C atomunun oksidasyon verimi ve CO oluşumu ile doğrudan ilişkilidir. Karbonun eksik yanması, CO oluşumuna yol açmaktadır. Yanma sırasında oksijen oranının yetersiz kalması

ve hava/yakıt karışımının zengin olması; karbon atomlarının CO₂' yi oluşturabilecek yeterli sayıda oksijen atomu bulamamasına yol açmaktadır. Bu ise tek karbon atomunun iki oksijen atomu ile bağ yapmasına engel olup, tek oksijen atomu ile bağlanarak CO emisyonunun oluşmasına neden olmaktadır. Yakıtın kimyasal özellikleri, motorun püskürtme karakteristikleri, motor devri ve yükü, hava-yakıt oranına etki etmesinden dolayı, CO oluşumu bu değişkenlerin fonksiyonu şeklinde değişmektedir[106]. Düşük oksijen konsantrasyonu, düşük reaksiyon sıcaklığı ve kısa reaksiyon süresi, hepsi CO oluşumuna neden olmaktadır[120]. Ayrıca radikal yoğunluğundaki artışın (Oksijenler tarafından üretilen O, OH, vb.), önceden karıştırılmış alev bölgesi içinde CO ve CO₂'ye karbon oksidasyonunu teşvik ettiği öne sürülmüştür[110].

DBM(C₁₂H₂₀O₄)' nin kimyasal yapısında bulunan oksijen atomları yanma sırasında oluşan zengin karışım bölgelerinde CO' nun oksidasyonunu sağlayarak CO₂ emisyonlarını artırmaktadır. Literatürdeki DBM çalışmalarında, DBM ilavesinin motorda iş zamanı sırasında, alev sonrası oksidasyonu iyileştirdiği ve CO' nun ağırlıklı olarak oluştuğu yerel olarak yakıt bakımından zengin bölgeleri azalttığı görülmektedir[49].

Şekil 8.40' da NM ve KM' deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız CO₂ emisyonlarının deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının CO₂ emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

NM ve KM' de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO₂ emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, CO₂ emisyonlarında düşüş gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO₂ emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO oksidasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO₂ emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DBM katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, azalmalar görülmüştür. Şekil 8.40' de, NM ve KM' deki, DBM katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri görülmektedir. Şekil 8.40' da görüldüğü gibi, DBM katkısının CO₂ emisyonları üzerinde artırıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.



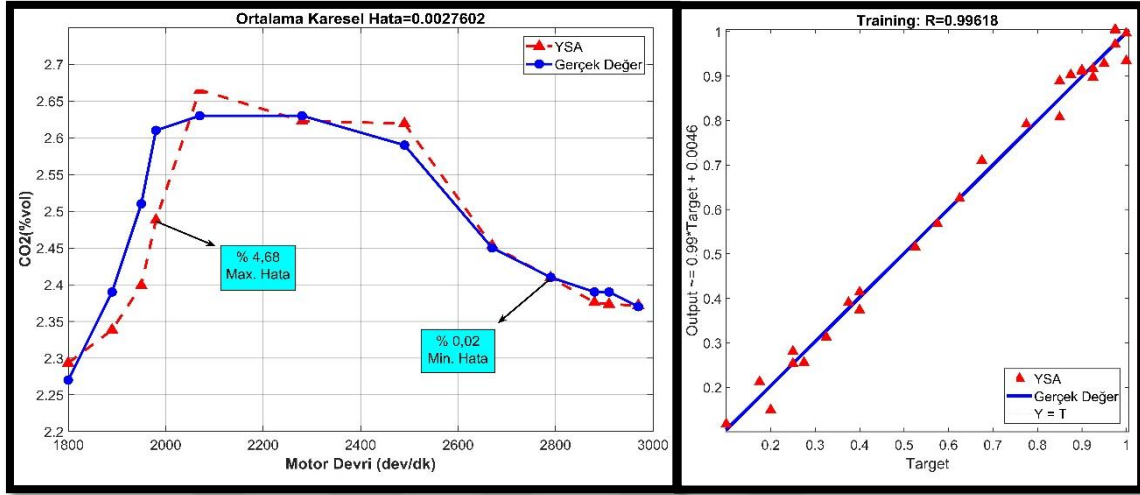
Şekil 8.40. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri

TBK’ lı KM’ de, CO₂ emisyonu, NM’ ye kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Yanma difüzyonunda olduğu gibi, kaplamaya bağlı yüksek sıcaklık CO’ nun CO₂’ye oksidasyonunu hızlandırmaktadır, bu da TBK’ ya bağlı dizel motorda daha iyi bir yanma olduğunu göstermektedir[111].

Şekil 8.40’ da görüldüğü gibi DBM katkısı NM’ de ve KM’ de, CO₂ emisyonunda artışlara sebep olmuştur. NM ve KM’ de DBM katkı oranlarının artışı, CO₂ emisyonunda yükselme oranını arttırmıştır. NM’ de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM’ deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %3.9, %6.7, %8.5 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, CO₂ emisyonlarının NM’ ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. DBM’ nin CO₂ emisyonunu artırma eğilimine ek olarak, TBK’ uygulamasının da CO₂ emisyonun arttırıcı etkisi, CO₂ emisyon seviyesini daha fazla arttırmıştır. KM’ de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM’ deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %7.2, %9.5, %10.5 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. KM’ nin CO₂ emisyonu üzerindeki artış etkisinin, özgül yakıt tüketimindeki azalma sayesinde, sınırlandığı deneysel verilerle görülmüştür.

Şekil 8.41’ de %3 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı

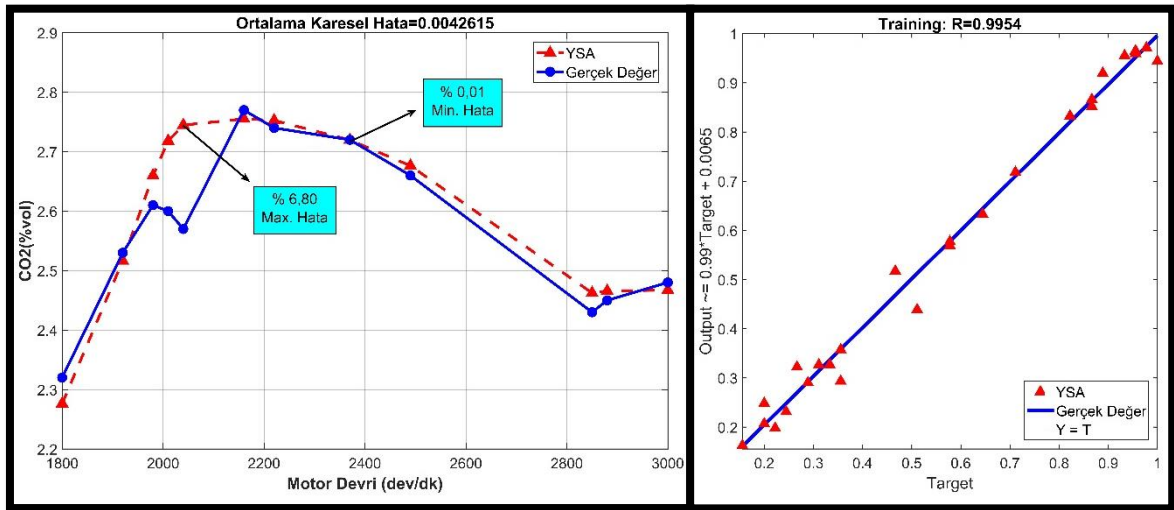
1980 dev/dk' da, %4,68 olarak, minimum hatayı ise 2790 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.41 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99618 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.41. (a) NM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği



(a)

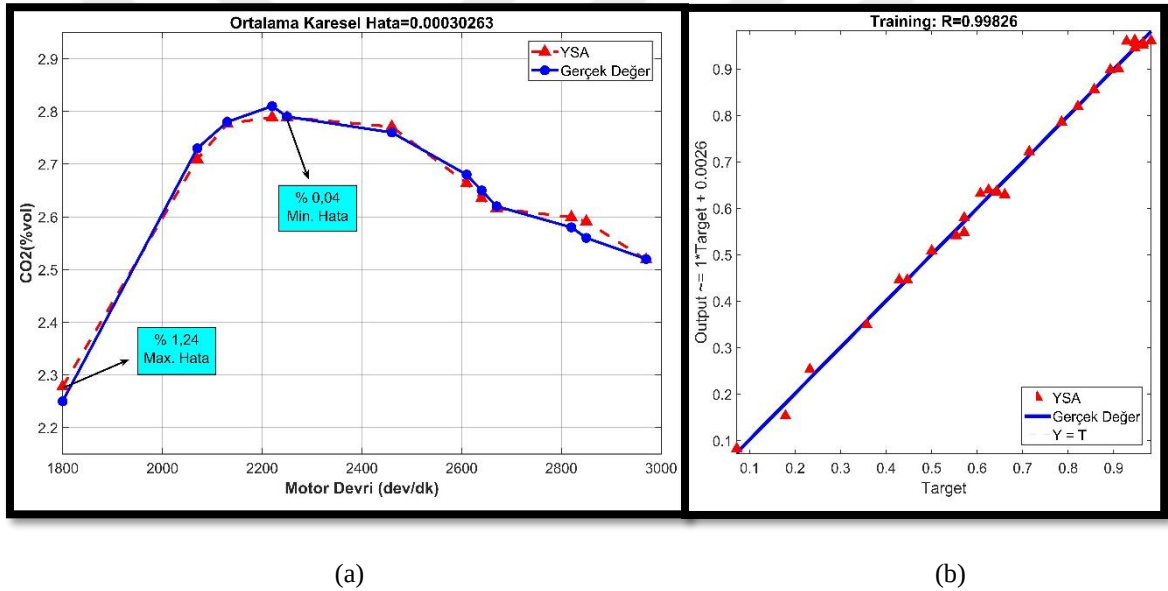
(b)

Şekil 8.42. (a) NM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.42' de %6 Dibütil Maleat katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM' nin CO₂

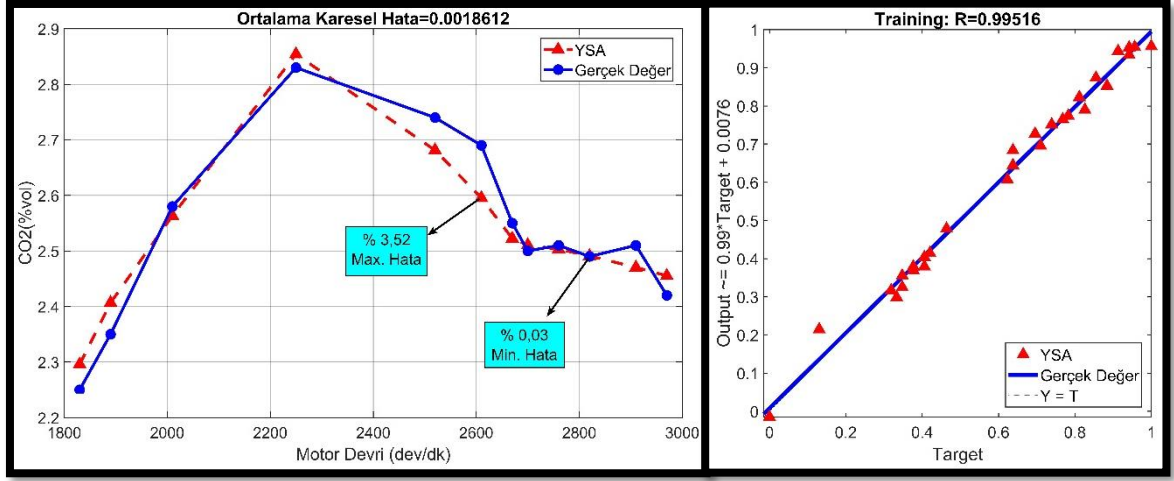
emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2040 dev/dk' da, %6,80 olarak, minimum hatayı ise 2370 dev/dk' da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.42 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9954 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.43' de %9 Dibütil Maleat katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %1,24 olarak, minimum hatayı ise 2250 dev/dk' da, %0,04 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.43 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99826 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.43. (a) NM'de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

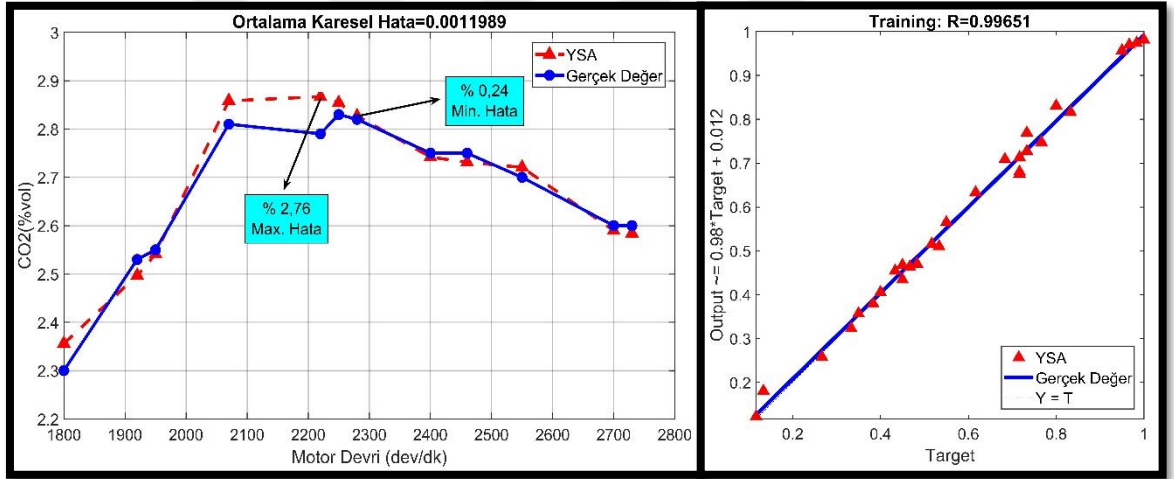
Şekil 8.44' de %3 Dibütil Maleat katkılı KM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2610 dev/dk' da, %3,52 olarak, minimum hatayı ise 2820 dev/dk' da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.44 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99516 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.44. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği



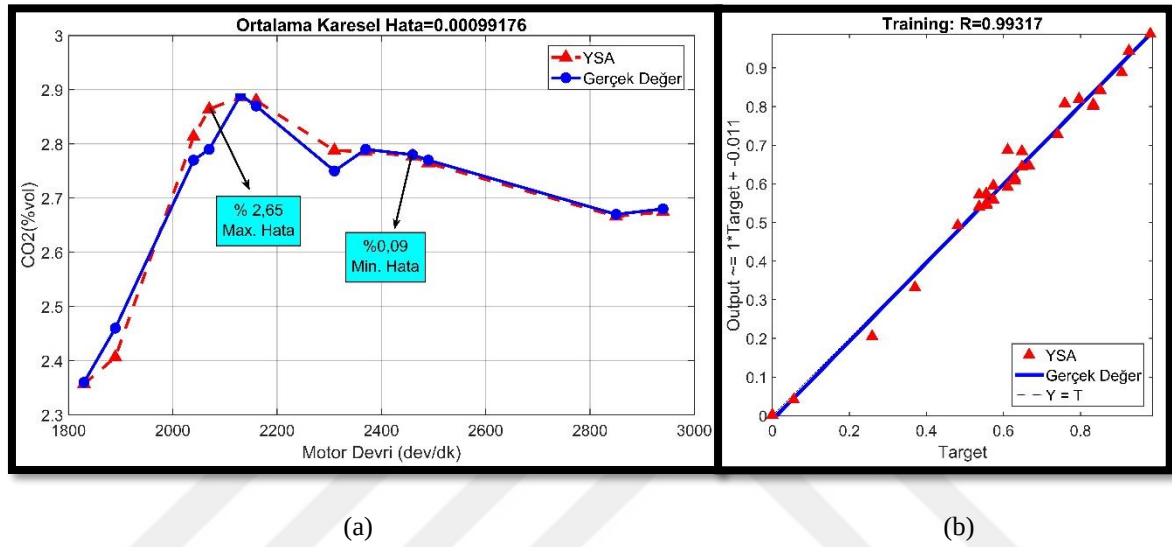
(a)

(b)

Şekil 8.45. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.45’ de %6 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2220 dev/dk’ da, %2,76 olarak, minimum hatayı ise 2280 dev/dk’ da, %0,24 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.45 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99651 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.46' de %9 Dibütil Maleat katkılı KM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2070 dev/dk' da, %2,65 olarak, minimum hatayı ise 2460 dev/dk' da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.46 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99317 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.46. (a) KM'de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Tablo 8.6. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları

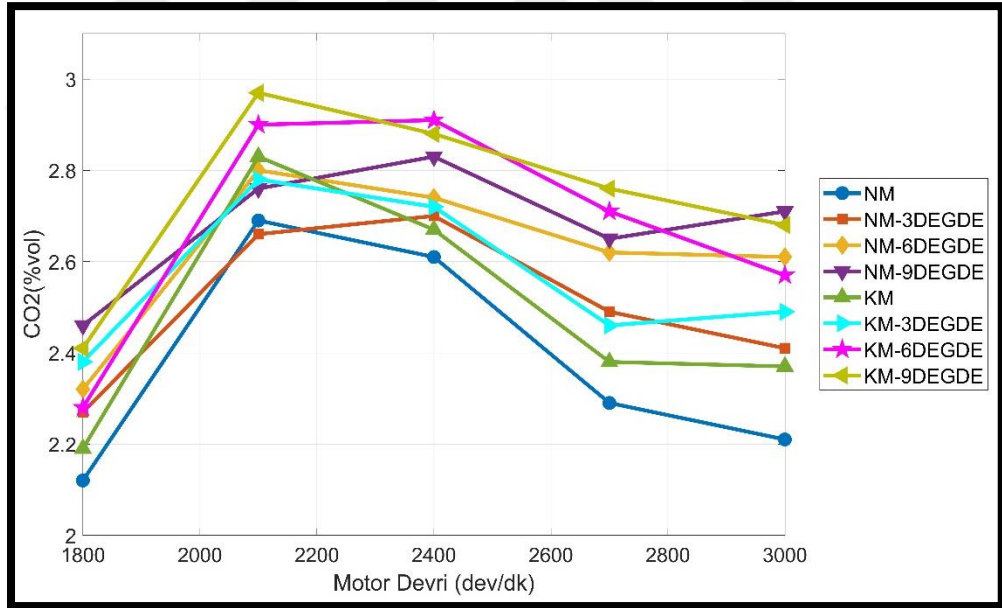
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,75	%0,09	0,99489
NM-%3DBM	%4,68	%0,02	0,99618
NM-%6DBM	%6,80	%0,01	0,995
NM-%9DBM	%1,24	%0,04	0,99826
KM	%2,38	%0,02	0,99372
KM-%3DBM	%3,52	%0,03	0,99516
KM-%6DBM	%2,76	%0,24	0,99651
KM-%9DBM	%2,65	%0,09	0,99317

CO₂ emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.6' de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de CO emisyonlarını, %6,80 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.2.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Oksijenli katkı maddelerinin, CO emisyonlarının azaltılmasındaki etkinliği doğrudan oksijen içeriğine bağlı olmamakla birlikte, katkı maddelerinin fiziksel / kimyasal özelliklerinin, önemli bir rol oynamaktadır. CO emisyonlarının azaltılmasının da oksijenin moleküler yapısına bağlı olduğu bilinmektedir. DEGDE katkısı ile ek oksijenin mevcudiyetinden dolayı daha iyi yanma bir yanma gerçekleşir, dolayısıyla CO₂ emisyon seviyeleri baz yakıta kıyasla daha fazladır[115].

Şekil 8.47’ de, NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekil 8.47’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının CO₂ emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade etmektedir.



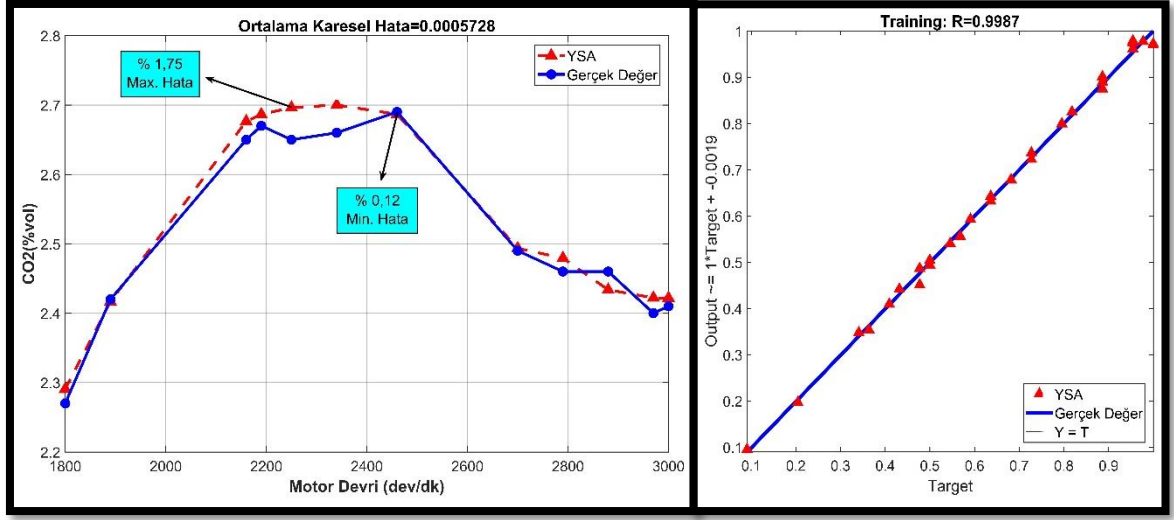
Şekil 8.47. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri

NM ve KM’ de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO₂ emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, CO₂ emisyonlarında düşüş gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO₂ emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO oksidasyonunun artmasından

kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂' nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO₂ emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DEGDE katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, azalmalar görülmüştür. Şekil 8.47' de görüldüğü gibi, DEGDE katkısının CO₂ emisyonları üzerinde artırıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM' de ve KM' de, CO₂ emisyonunda artışlara sebep olmuştur. NM ve KM' de DEGDE katkı oranlarının artışı, CO₂ emisyonunda da artışa sebep olmuştur. NM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM' deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %5.4, %10.2, %13.1 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO₂ emisyonlarının NM' ye kıyasla daha az artış gösterdiği görülmektedir. DEGDE katkısının CO₂ emisyonunu artırma eğilimine ek olarak, TBK uygulamasının da CO₂ emisyonun artırıcı etkisi, KM' deki özgül yakıt tüketimindeki azalma sayesinde, sınırlandığı deneysel verilerle görülmüştür. KM' de, CO₂ emisyonunda daha fazla artış görülmüştür. Yanma difüzyonunda olduğu gibi, kaplamaya bağlı yüksek sıcaklık CO' nun CO₂'ye oksidasyonunu hızlandırmaktadır, bu da TBK' ya bağlı dizel motorda daha iyi bir yanma olduğunu göstermektedir[111]. KM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9DEGDE katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM' deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %7.9, %12.3, %15.2 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.

Şekil 8.48' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2250 dev/dk' da, %1,75 olarak, minimum hatayı ise 2460 dev/dk' da, %0,12 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.48 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9987 olarak hesaplanmıştır.

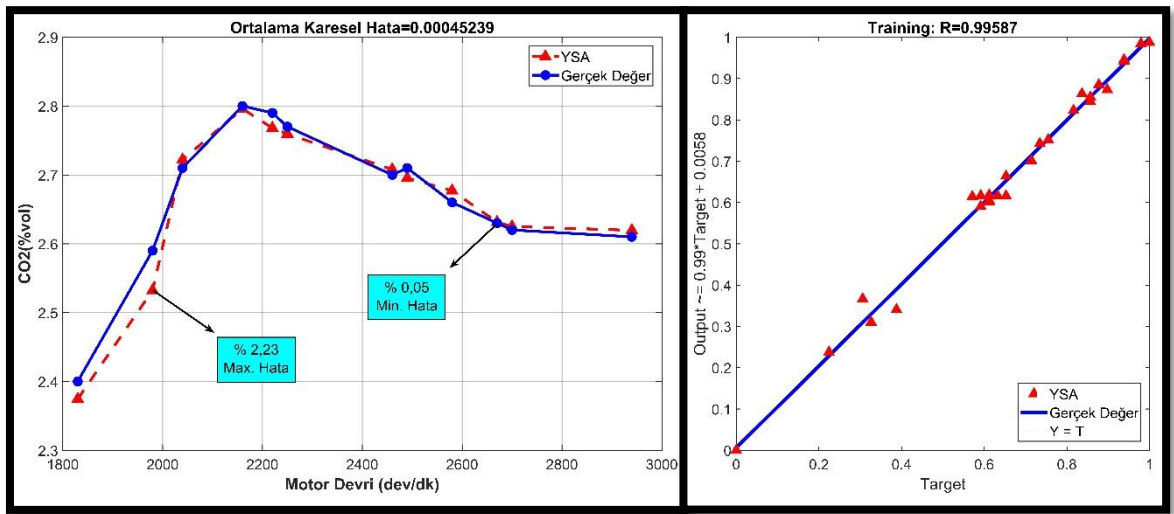


(a)

(b)

Şekil 8.48. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

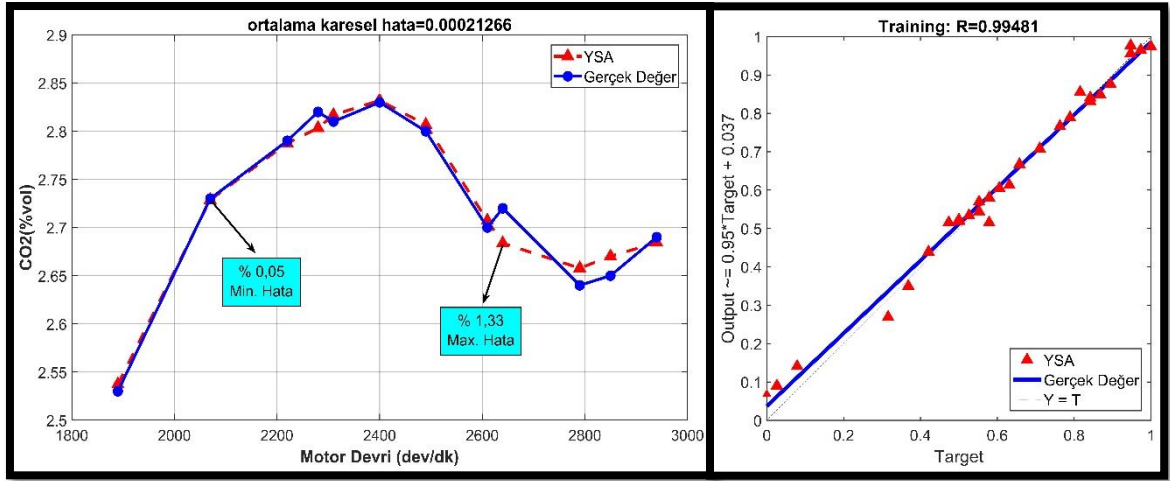
Şekil 8.49’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1980 dev/dk’ da, %2,23 olarak, minimum hatayı ise 2670 dev/dk’ da, %0,05 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.49 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99587 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.49. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

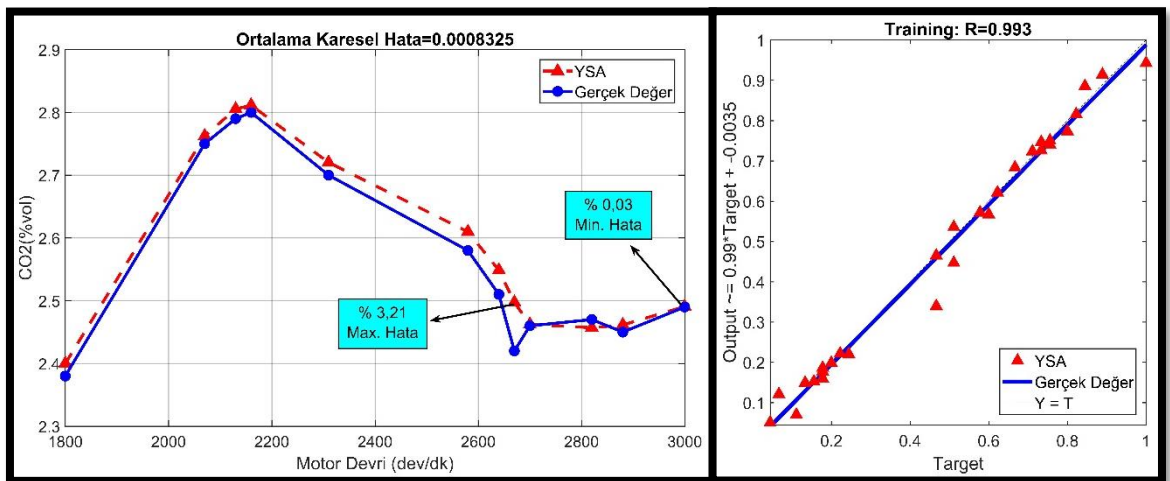


(a)

(b)

Şekil 8.50. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.50’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter(DEGDE) katkılı NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2640 dev/dk’ da, %1,33 olarak, minimum hatayı ise 2070 dev/dk’ da, %0,05 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.50 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99481 olarak hesaplanmıştır.

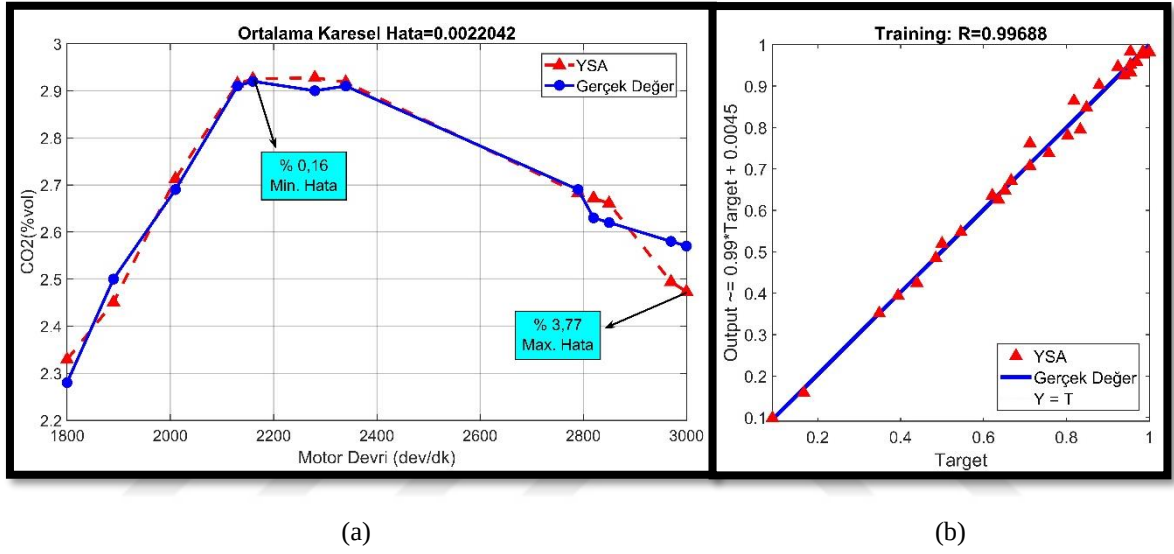


(a)

(b)

Şekil 8.51. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

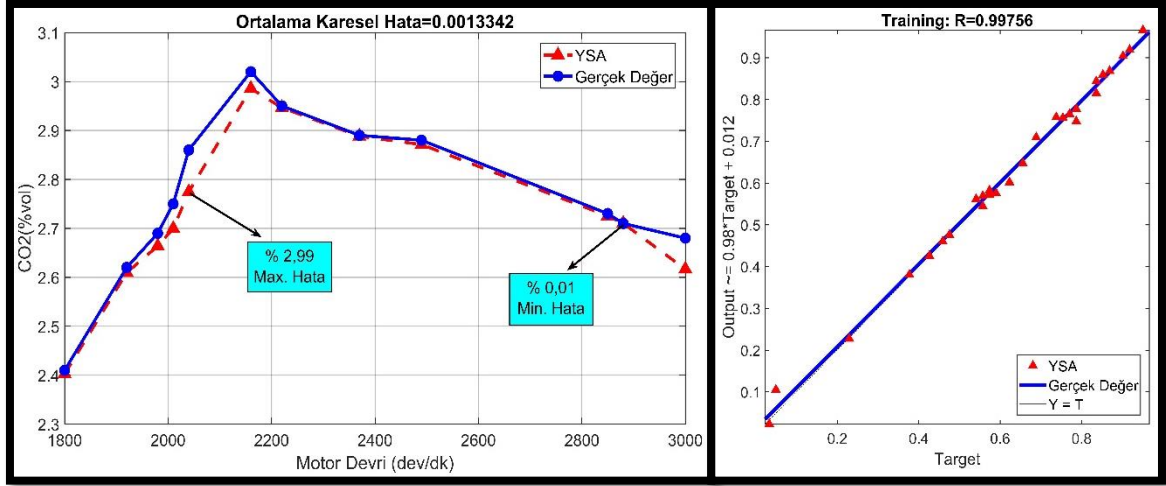
Şekil 8.51’ de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2670 dev/dk’ da, %3,21 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.51 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,993 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.52. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.52’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %3,77 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk’ da, %0,16 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.52 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99688 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.53’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %2,99 olarak, minimum hatayı ise 2880dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.53 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99756 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.53. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

CO₂ emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.7’ de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’de CO₂ emisyonlarını; %3,77 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.7. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,75	%0,09	0,99489
NM-%3DEGDE	%1,75	%0,12	0,9987
NM-%6DEGDE	%2,23	%0,05	0,99587
NM-%9DEGDE	%1,33	%0,05	0,99481
KM	%2,38	%0,02	0,99372
KM-%3DEGDE	%3,21	%0,03	0,993
KM-%6DEGDE	%3,77	%0,16	0,99688
KM-%9DEGDE	%2,99	%0,01	0,99756

8.2.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

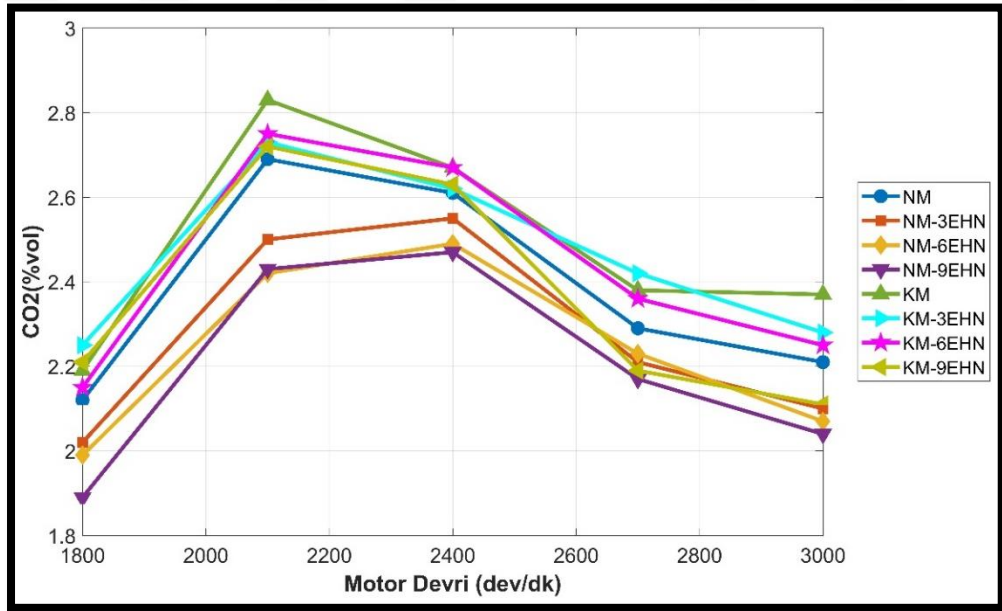
Yanma odasına yakıt içerisinde alınmış olan karbon atomlarının bir kısmı, yanma sırasında oksidasyon ile CO’ya, oluşan CO molekülleri de tekrar oksidasyon ile CO₂’ye dönüşmektedirler. Reaksiyon sırasında, EHN katkısı ile CO emisyonu oluşumundaki artış,

CO' nun tekrar oksijen ile reaksiyona girerek CO₂ oluşumunu kısıtlamaktadır, başka bir ifade ile CO₂ emisyonunun oluşumunu azaltmaktadır.

Literatürdeki bazı çalışmalarda, CO emisyonlarındaki artış, EHN ilavesinin bir sonucu olan eksik yanmaya bağlanabilmektedir. CO' nun oksidasyonu baskın olarak yanma reaksiyonunda OH radikallerinin varlığına bağlı olmakla birlikte, yüksek OH radikalleri CO' nun oksidasyon kabiliyetini azaltır, bu da CO' nun CO₂' ye dönüştürülmesiyle EHN' den kaynaklanan engellemeye atfedilebilir[107].

EHN katkısının CO₂ emisyonlarında azalma gerçekleştirmesinin diğer bir sebebi ise özgül yakıt tüketiminde sağladığı düşüş olarak gösterilebilir. EHN yüksek setan sayısı ve yüksek uçuculuğa sahip olması sebebiyle yakıt buharının yanma odasındaki dağılımını artırarak, yanma işlemini iyileştirerek yakıt tüketiminde azalma sağlayabilmektedir[107].

Şekil 8.54' de, NM ve KM' deki, EHN katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekil 8.54' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının CO emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir.

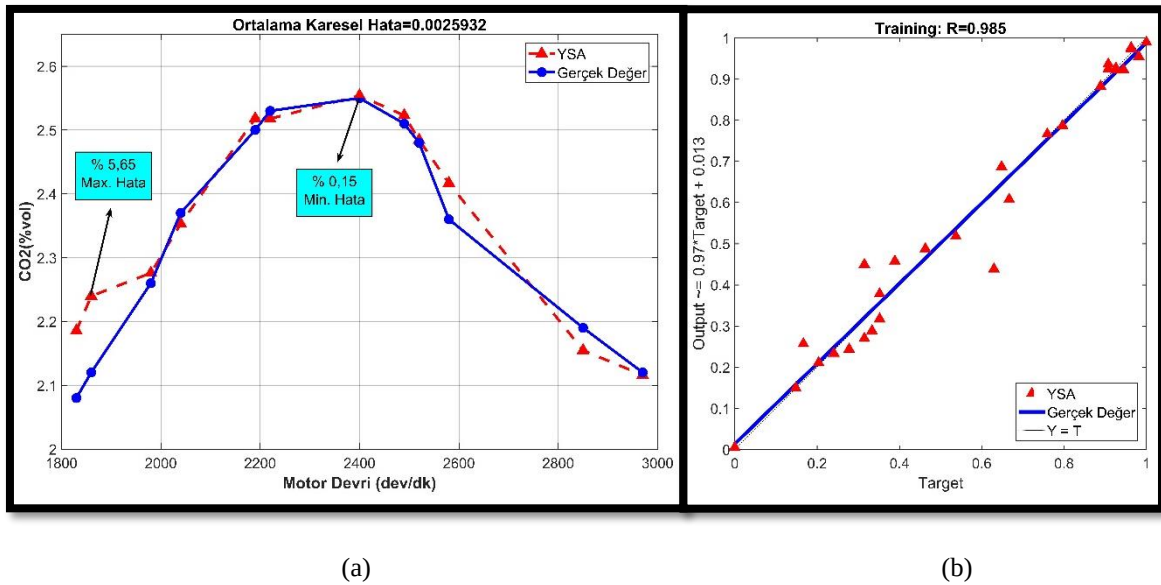


Şekil 8.54. NM ve KM' deki, EHN katkılı ve katkısız CO₂ Emisyon değerleri

NM ve KM' de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde CO₂ emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklığına bağlı olarak, CO₂

emisyollarında düşüş gözlemlenmiştir. Orta devirlerdeki CO₂ emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artarak, CO oksidasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi, C ve O atomlarının reaksiyon sürelerini kısaltarak, CO ve O₂'nin reaksiyon süresini azaltmıştır. Bu nedenle CO₂ emisyonlarında, her iki motor tipinde ve EHN katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, azalmalar görülmüştür. Şekil 8.54' da görüldüğü gibi, EHN katkısının CO₂ emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

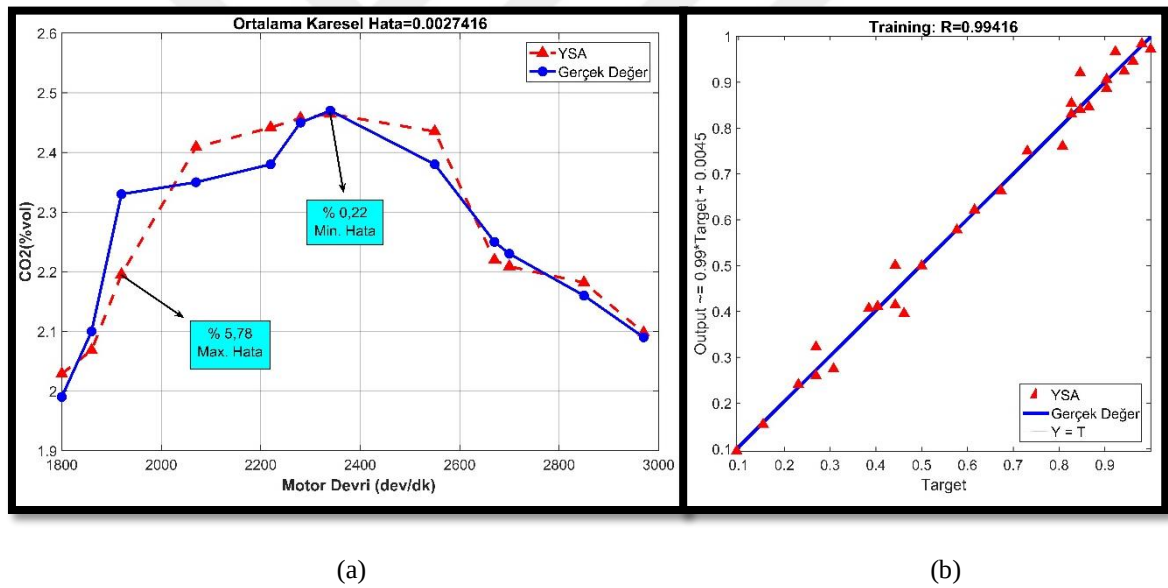
Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM' de ve KM' de, CO₂ emisyonunda azalmaya sebep olmuştur. NM ve KM' de EHN katkı oranlarının artışı, CO₂ emisyonundaki azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM' deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %4.6, %5.9, %7.8 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, CO₂ emisyonlarının NM' ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. EHN katkısının CO₂ emisyonunu azaltma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da CO₂ emisyonun artırıcı etkisi, KM' deki özgül yakıt tüketimindeki azalma sayesinde, sınırlandırıldığı deneysel verilerle görülmüştür. Yanma difüzyonunda olduğu gibi, kaplamaya bağlı yüksek sıcaklık CO' nun CO₂'ye oksidasyonunu hızlandırmaktadır, bu da TBK' ya bağlı dizel motorda daha iyi bir yanma olduğunu göstermektedir[111]. KM' de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen CO₂ emisyonları ile katkısız NM' deki CO₂ emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %3.3, %2.1, %0.8 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 8.55. (a) NM' de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

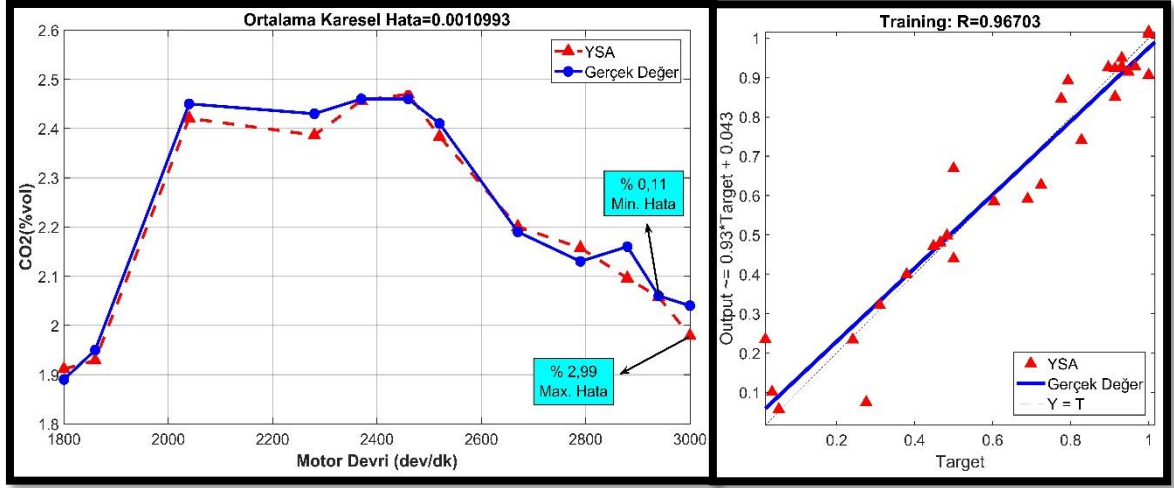
Şekil 8.55' de %3 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %5,65 olarak, minimum hatayı ise 2400 dev/dk' da, %0,15 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.55 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,985 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.56' de %6 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1920 dev/dk' da, %5,78 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk' da, %0,22 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.56 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99416 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.56. (a) NM'de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.57' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 3000 dev/dk' da, %2,99 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,11 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.57 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,96703 olarak hesaplanmıştır.

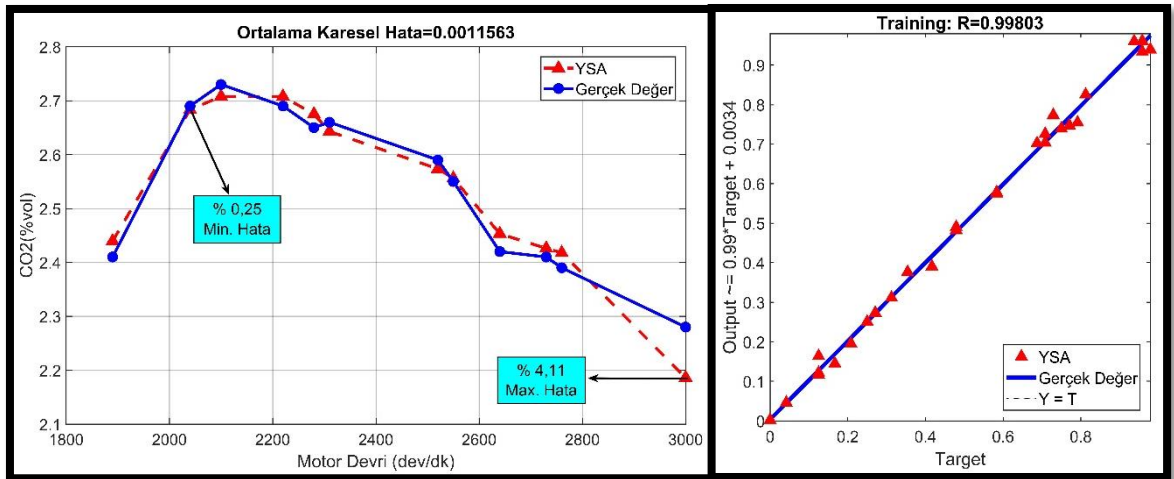


(a)

(b)

Şekil 8.57. (a) NM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

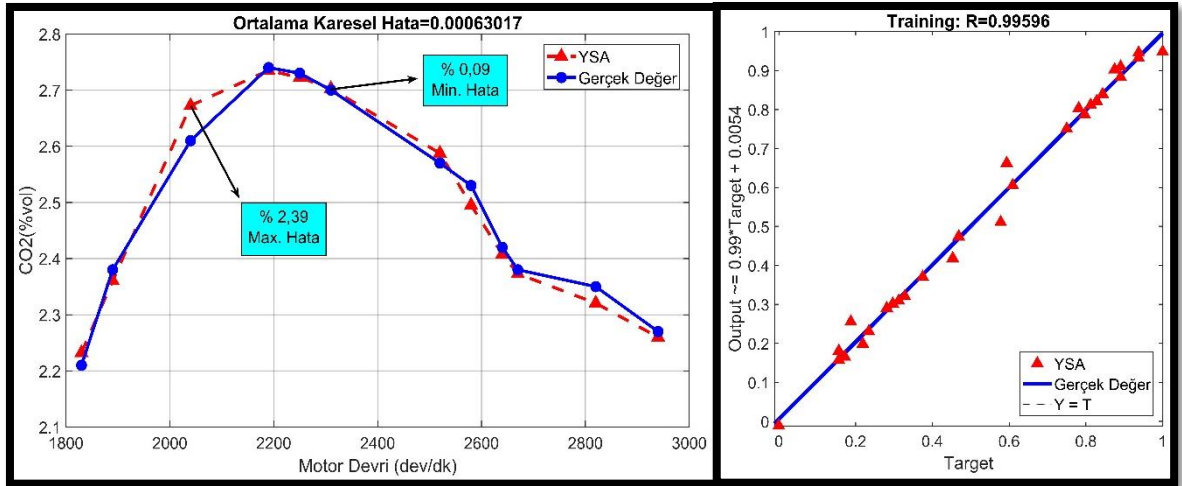
Şekil 8.58’ de %3 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %4,11 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk’ da, %0,25 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.58 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99803 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.58. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

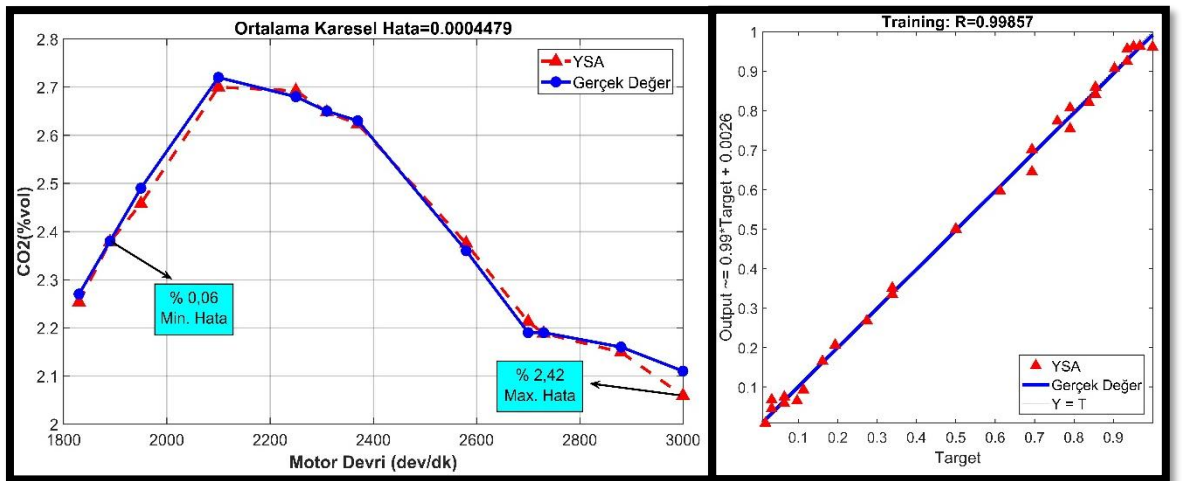


(a)

(b)

Şekil 8.59. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.59’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %2,39 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk’ da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.59 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99596 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.60. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA CO₂ emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, CO₂ emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.60' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı KM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM' nin CO₂ emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 3000 dev/dk' da, %2,42 olarak, minimum hatayı ise 1890 dev/dk' da, %0,06 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.60 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99857 olarak hesaplanmıştır.

CO₂ emisyon değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.8' de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, CO₂ emisyonlarını; %5,78 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.8. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki CO₂ emisyonlarının YSA sonuçları

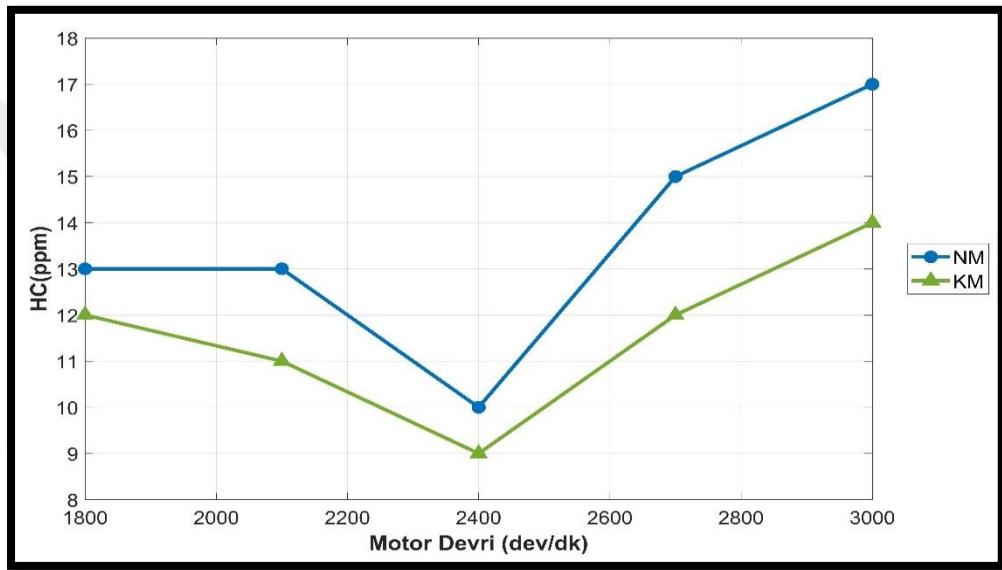
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,75	%0,09	0,99489
NM-%3EHN	%5,65	%0,15	0,995
NM-%6EHN	%5,78	%0,22	0,99416
NM-%9EHN	%2,99	%0,11	0,96703
KM	%2,38	%0,02	0,99372
KM-%3EHN	%4,11	%0,25	0,99803
KM-%6EHN	%2,39	%0,09	0,99596
KM-%9EHN	%2,42	%0,06	0,99857

8.3. HC Emisyonlarının Değerlendirilmesi

Hidrokarbon (HC) kısaca yanmamış yakıt olarak tanımlanabilmektedir. HC' nin egzoz gazları içerisinde bulunması, yakıtın kısmen ya da tamamen yanmamasının bir göstergesidir. Dizel motorlarda HC emisyonlarının yükselmesinin sebebi hava/yakıt oranının artması ile yanma odasındaki belirli bölgelerdeki karışımın aşırı fakirleşmesi sonucu, karışım oranının tutuşma ve yanma sınırının üzerine çıkması neticesinde yanma alevinin sönmesinin bir sonucu olduğu düşünülebilir. Ayrıca düşük silindir sıcaklıkları da HC emisyonunu artırmaktadır.

Dizel motorlardan kaynaklanan HC emisyonlarının oluşumu, çoğunlukla yanma odası duvarlarında yanma alevinin sönme nedeniyle gerçekleşmektedir[41]. Daha önce yapılan çalışmalarda; daha yüksek gizli buharlaşma ısısı, yanma odasında soğutma etkisine ve silindirin soğuk bölgelerinde alev söndürülmesine yol açmakta ve bu da HC

emisyonlarının oluşmasında önemli bir neden olarak gösterilmektedir. Artan damlacık çapı, buharlaşma hızında ve HC oluşumunun yanı sıra tutuşma gecikmesinde de artışa neden olur. Aşırı zengin karışım veya yanma reaksiyonunun söndürülmesi ile sonuçlanan düşük buharlaşma oranı, eksik yanma ürünleri ve HC' nin egzoz gazlarında mevcut olmasına neden olabilmektedir[121]. Yanma ürünleri arasında yanmamış HC' lerin bulunmasının nedeni, yakıtın tutuşma sıcaklığına gelmemesi, ortamda oksijenin yetersiz olması nedeniyle yakıtın okside olamaması veya yarı oksitlenmesidir[122]. Şekil 8.61' de, NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış HC emisyon değerleri görülmektedir.

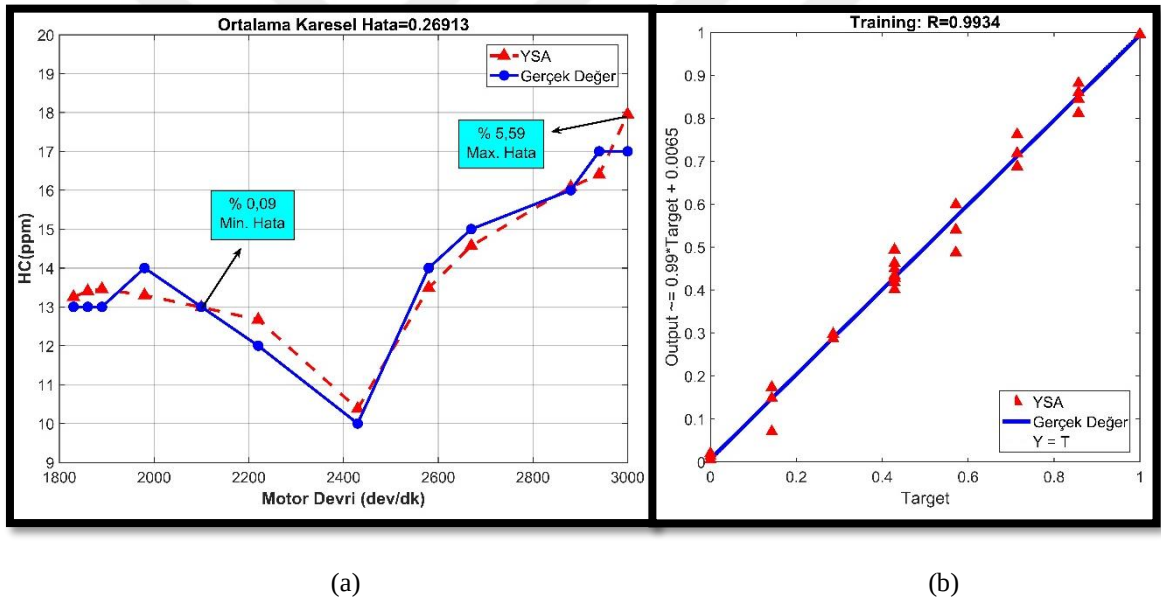


Şekil 8.61. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış HC emisyon değerleri

Şekil 8.61' de görüldüğü gibi, herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen HC emisyon verilerine göre; HC emisyonu, hem NM' de hem de KM' de düşük motor hızlarında nispeten daha yüksek ölçülmüştür. Düşük motor hızlarındaki, yanma odasında bulunan düşük gaz sıcaklığı sebebiyle HC emisyonlarının nispeten yüksek çıkmasına neden olmuştur[123]. Diğer bir HC emisyonunu etkileyen faktör ise yanma için alınan hava akımının oluşturduğu girdap hızıdır. Girdap hızı, düşük bir motor hızında yavaştır, bu nedenle uzun bir tutuşma gecikmesine ve yüksek HC oluşumuna neden olur[124]. HC emisyonunun, NM ve KM' deki en düşük seviyelerinin 2400 dev/dk' da orta motor devirlerinde elde edildiği, Şekil 8.61' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile HC

emisyonları, hem NM’ de hem de KM’ de artış göstermiştir. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresi kısalmamasından dolayı, yanma veriminin düşmesi HC emisyonunun artış göstermesine neden olmuştur.

Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, HC emisyonlarının NM’ ye kıyasla dikkat çekici bir azalmaya sahip olduğu görülmektedir. HC emisyonlardaki bu azalma miktarı ortalama %16,2 olarak hesaplanmıştır. Cr_2O_3 kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırması ile yanma reaksiyonu iyileşme göstermiş ve HC emisyonunda azalma meydana gelmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki TBK çalışmaları ile benzerlik göstermiş, HC emisyonunda azalma TBK uygulamalarıyla sağlanabileceği görülmüştür[104, 105, 109].



Şekil 8.62. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM katkısız, HC emisyonu Regresyon grafiği

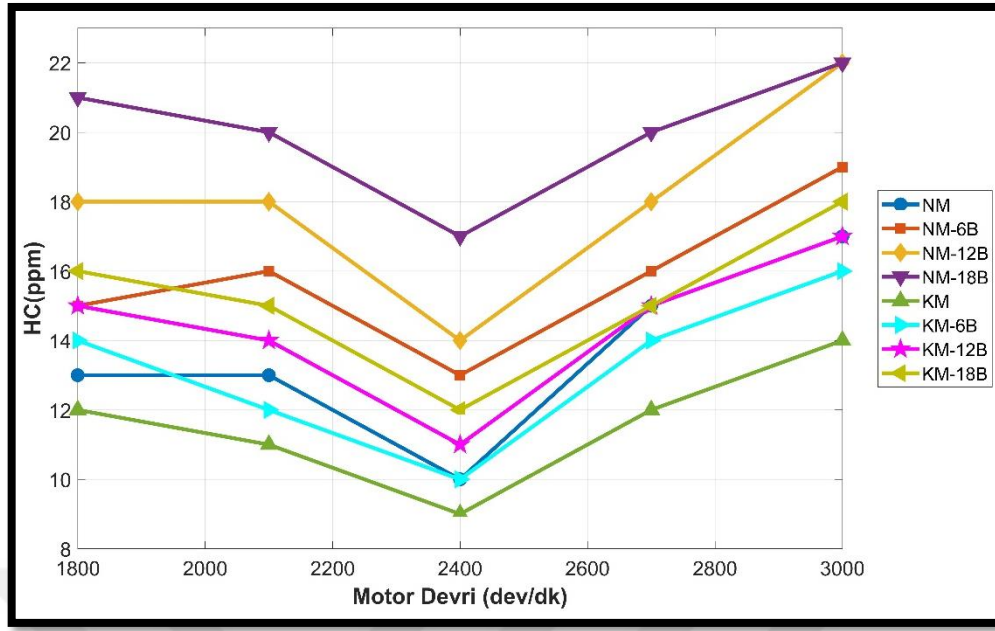
Şekil 8.62’ de katkı maddesi kullanılmamış NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %5,59 olarak, minimum hatayı ise 2100 dev/dk’ da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.62 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9934 olarak hesaplanmıştır.

8.3.1 Bütanol Katkısının Etkileri

Dizel motorlardan kaynaklanan HC emisyonlarının oluşumu, çoğunlukla yanma odası duvarlarında yanma alevinin sönme nedeniyle gerçekleşmektedir[41]. Daha önce yapılan çalışmalarda; daha yüksek gizli buharlaşma ısısı, yanma odasında soğutma etkisine ve silindirin soğuk bölgelerinde alev söndürülmesine yol açmakta ve bu da HC emisyonlarının oluşmasında önemli bir neden olarak gösterilmektedir. Artan damlacık çapı, buharlaşma hızında ve HC oluşumunun yanı sıra tutuşma gecikmesinde de artışa neden olur. Aşırı zengin karışım veya yanma reaksiyonunun söndürülmesi ile sonuçlanan düşük buharlaşma oranı, eksik yanma ürünleri ve HC' nin egzoz gazlarında mevcut olmasına neden olabilmektedir[121].

Şekil 8.63 incelendiğinde karışımlardaki Bütanol (B) oranı arttıkça HC emisyonları da artmaktadır. Bütanol' ün buharlaşma ısısı dizel yakıtın buharlaşma ısısından yüksek olması nedeni ile bütanol ilavesiyle yanma sıcaklığı azalmakta ve HC emisyonu artmaktadır[125]. Bu duruma ek olarak, düşük viskozite ve düşük yoğunluğa sahip olan bütanol yakıtı dizel yakıtı ile karıştırıldığında oluşan karışımın viskozite ve yoğunluğu da, standart dizel yakıtına kıyasla düşük olmaktadır. Bu düşüş enjektörün püskürtme anından önce kaçaklara neden olmakta ya da püskürtme sonunda damlamaya neden olmaktadır. Silindir içerisine yanmamış yakıtın fazladan yanma odasına girmesi de HC emisyonlarının artmasına sebep olabilmektedir[6].

DeneySEL sonuçlar, genellikle bütanol/dizel yakıt karışımlarının referans dizel yakıttan daha yüksek HC emisyonu açığa çıkardığını göstermiştir. Bu durum, düşük setan sayısının kombine etkileri ve karışımların daha yüksek buharlaşma ısısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bütanol/dizel yakıt karışımlarının düşük setan sayısı, tutuşma gecikmesini uzamasına ve yakıt karışımlarının buharlaşmasına daha fazla zaman tanımaktadır. Bütanol/dizel yakıt karışımlarının buharlaşmasının daha yüksek ısısı, daha düşük buharlaşmaya neden olur ve bu da HC emisyonlarını artırır. Bu nedenle, HC emisyonu dizel yakıt karışımlarında artan butanol içeriğiyle artmaktadır[103]. Bütanol katkısının, HC emisyon sonuçları açısından benzer çalışmalar literatürde mevcuttur[126]. Şekil 8.63' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız HC emisyon değerleri görülmektedir.



Şekil 8.63. NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri

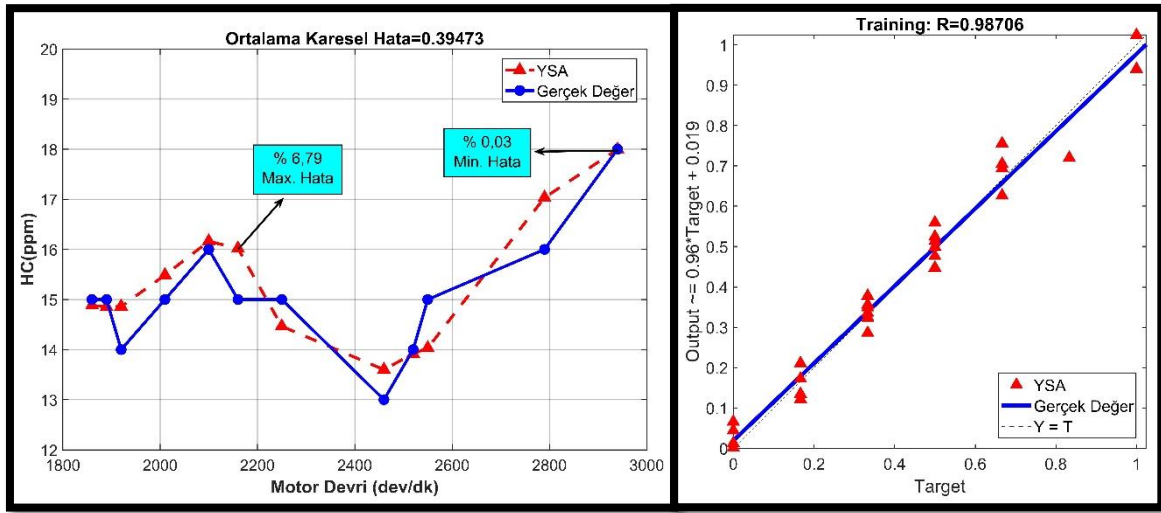
Şekil 8.63’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının HC emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6B ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Bütanol katkısını ifade etmektedir.

HC emisyonunun, NM ve KM’ deki en düşük seviyelerini 2400 dev/dk’ da orta motor devirlerinde elde edildiği, Şekil 8.63’ de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile HC emisyonları, hem NM’ de hem de KM’ de artış göstermiştir. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresi kısılmasından dolayı, yanma veriminin düşmesi HC emisyonunun artış göstermesine neden olmuştur.

Bütanol (B) katkısı NM’ de ve KM’ de, HC emisyonunda artışa sebep olmuştur. NM ve KM’ de Bütanol katkı oranlarının artışı, HC emisyonundaki artış oranını arttırmıştır. NM’ de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM’ deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %17.36, %33.27, %49.6 oranlarında artış meydana gelmiştir. Kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, HC emisyonunun NM’ ye kıyasla azalma gösterdiği görülmektedir. Bütanol katkısının HC emisyonunu arttırma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da HC emisyonunu azaltıcı etkisi, deneysel verilerle görülmüştür. Kaplanmış motordaki ısı kaybında azalma olmasıyla, yanma sonrası ortaya çıkan yüksek yanma sıcaklığı ile kaplamasız motora kıyasla HC emisyonu önemli ölçüde

azalmaktadır[119]. KM’ de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM’ deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %2.51 düşüş, %6.62 ve %12.88 artış oranları meydana gelmiştir.

Şekil 8.64’ de %6 Bütanol katkılı NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2160 dev/dk’ da, %6,79 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.64 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98706 olarak hesaplanmıştır.

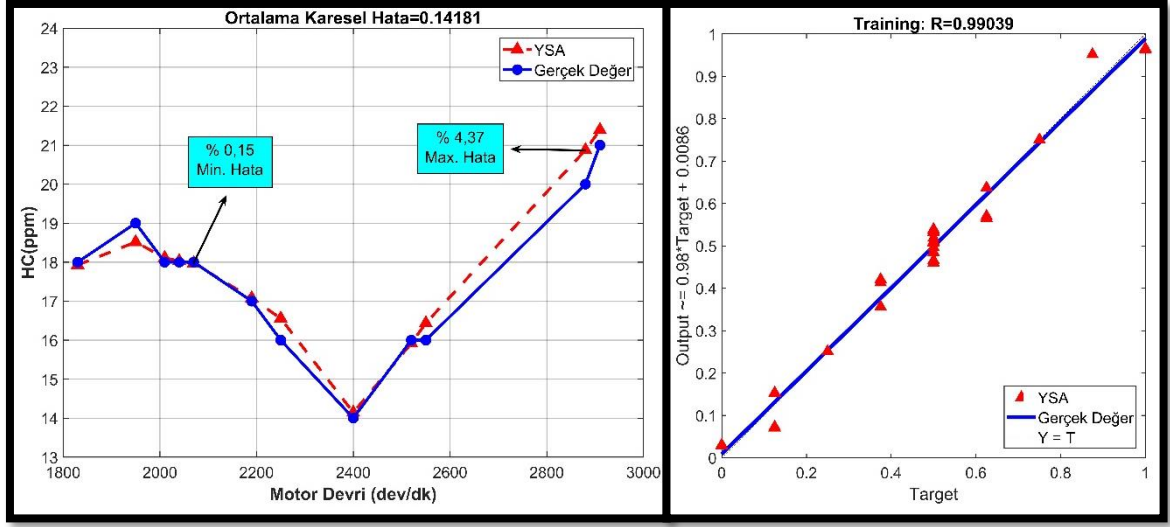


(a)

(b)

Şekil 8.64. (a) NM’de %6B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %6B, HC emisyonu Regresyon grafiği

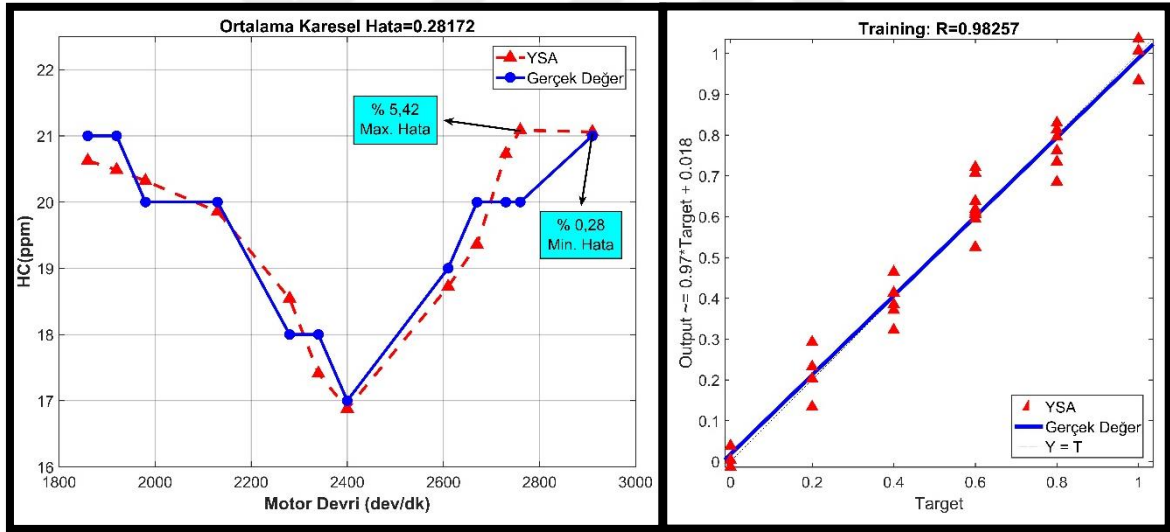
Şekil 8.65’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2880 dev/dk’ da, %4,37 olarak, minimum hatayı ise 2070 dev/dk’ da, %0,15 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.65 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99039 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.65. (a) NM’de %12B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %12B, HC emisyonu Regresyon grafiği



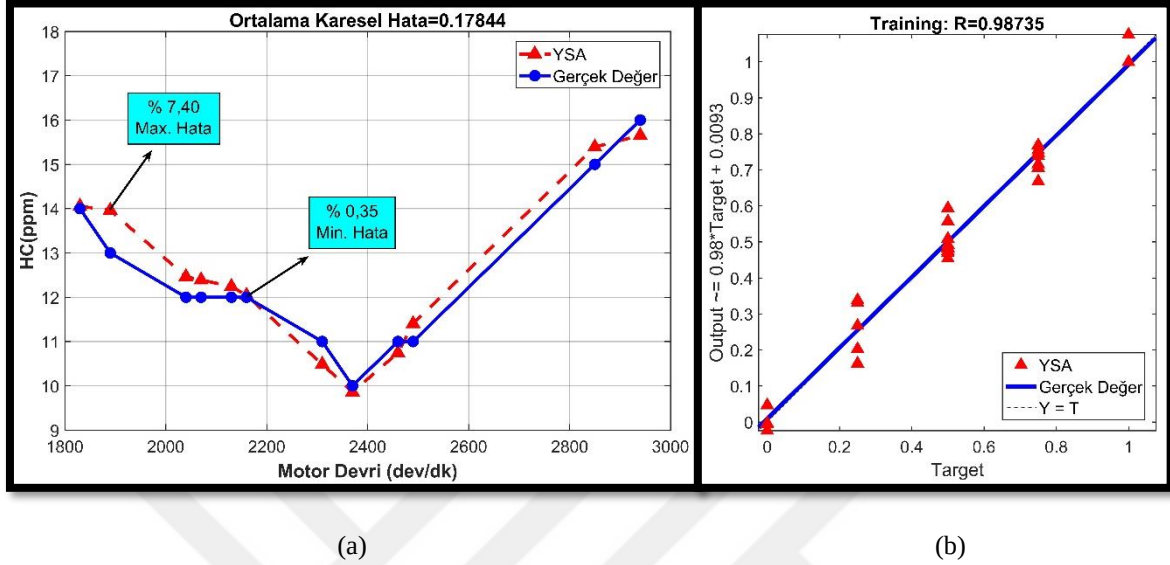
(a)

(b)

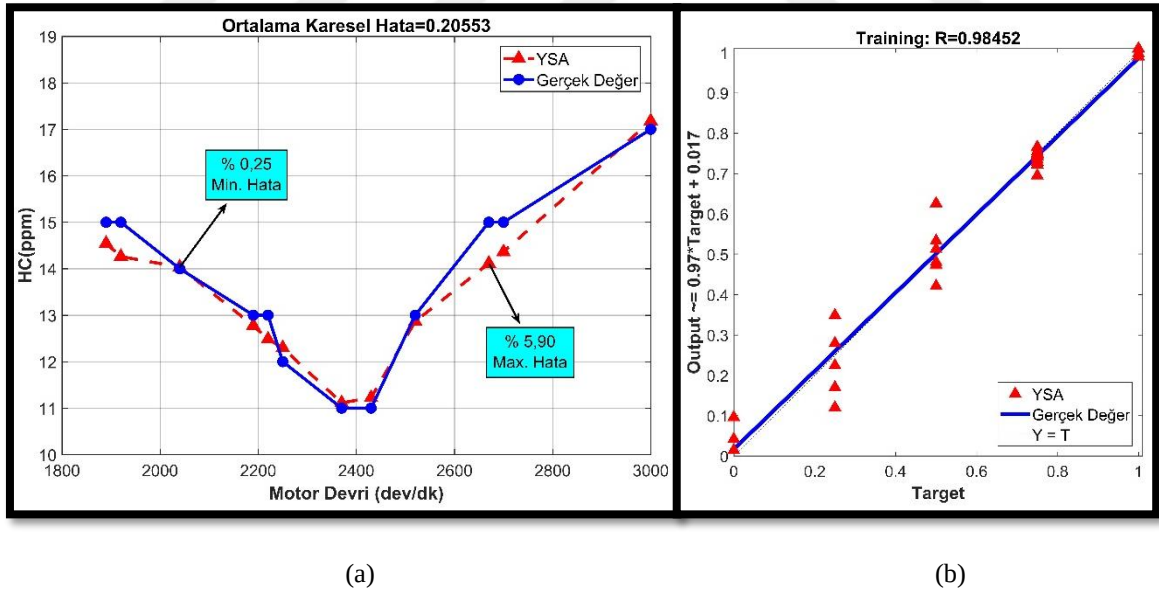
Şekil 8.66. (a) NM’de %18B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %18B, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.66’ de %18 Bütanol katkılı NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2760 dev/dk’ da, %5,42 olarak, minimum hatayı ise 2910 dev/dk’ da, %0,28 olarak

hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.66 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98257 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.67. (a) KM'de %6B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %6B, HC emisyonu Regresyon grafiği

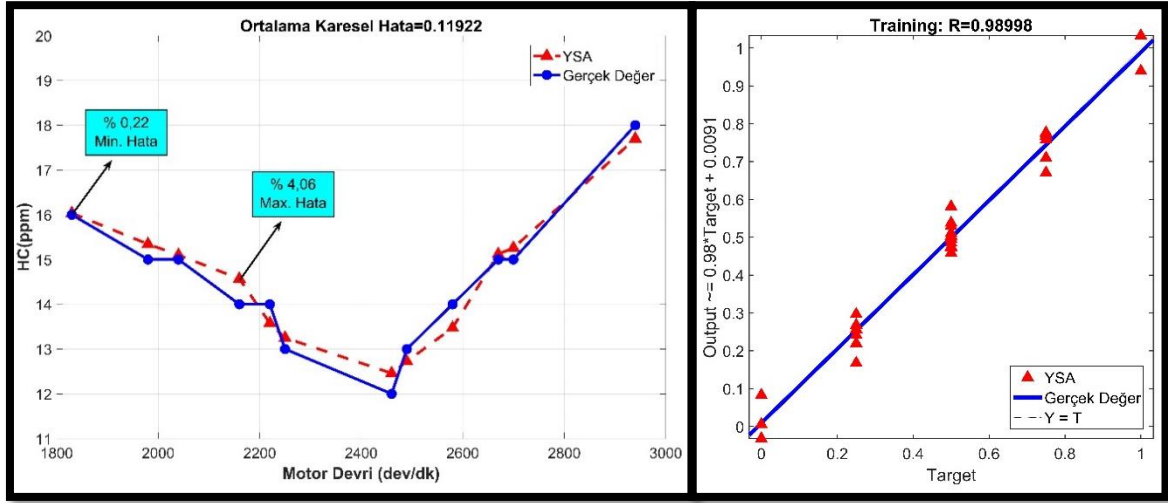


Şekil 8.68. (a) KM'de %12B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %12B, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.67' de %6 Bütanol katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890

dev/dk' da, %7,40 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk' da, %0,35 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.67 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98735 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.68' de %12 Bütanol katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2670 dev/dk' da, %5,90 olarak, minimum hatayı ise 2140 dev/dk' da, %0,25 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.68 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98452 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.69. (a) KM'de %18B katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %18B, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.69' de %18 Bütanol katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2160 dev/dk' da, %4,06 olarak, minimum hatayı ise 1830 dev/dk' da, %0,22 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.69 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98998 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.9' de, Bütanol katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, HC emisyonlarını, %7,40 - %0,03 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

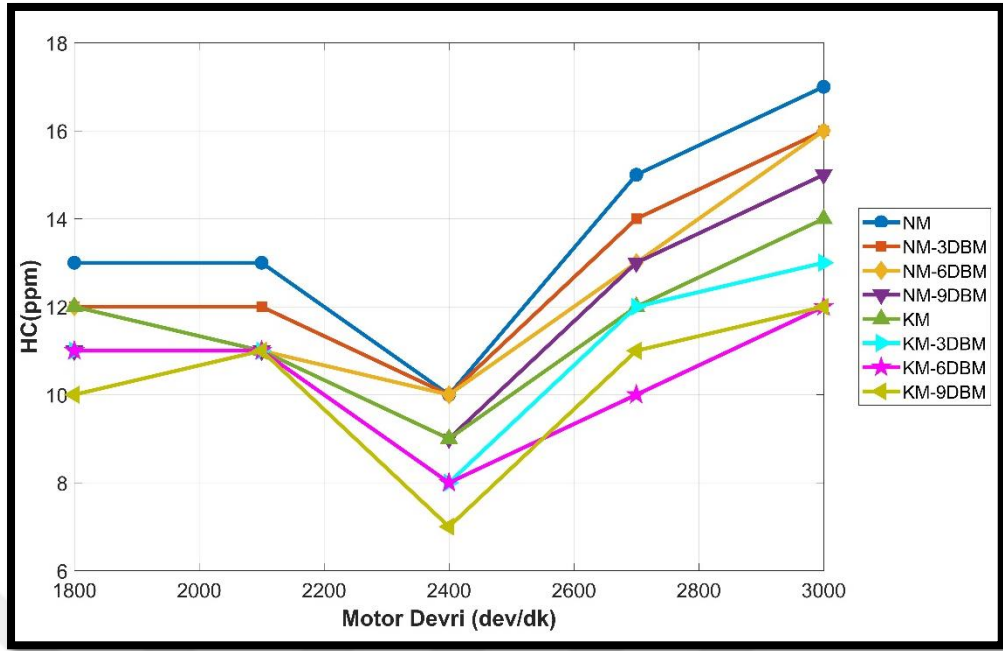
Tablo 8.9. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki HC emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%5,59	%0,09	0,9934
NM-%6B	%6,79	%0,03	0,98706
NM-%12B	%4,37	%0,15	0,99039
NM-%18B	%5,42	%0,28	0,98257
KM	%4,01	%0,21	0,98383
KM-%6B	%7,40	%0,35	0,98735
KM-%12B	%5,90	%0,25	0,98452
KM-%18B	%4,06	%0,22	0,98998

8.3.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

Daha önce yapılan çalışmalarda; daha yüksek gizli buharlaşma ısısı, yanma odasında soğutma etkisine ve silindirin soğuk bölgelerinde alev söndürülmesine yol açmakta ve bu da HC emisyonlarının oluşmasında önemli bir neden olarak gösterilmektedir. Artan damlacık çapı, buharlaşma hızında ve HC oluşumunun yanı sıra tutuşma gecikmesinde de artışa neden olur. Aşırı zengin karışım veya yanma reaksiyonunun söndürülmesi ile sonuçlanan düşük buharlaşma oranı, eksik yanma ürünleri ve HC' nin egzoz gazlarında mevcut olmasına neden olabilmektedir[121].

Oksijenli katkı maddeleri HC emisyonunu azaltır. Bu durum, özellikle silindir içi sıcaklık düşük olduğunda ve düşük kaynama noktasından ve dizel ile karşılaştırıldığında katkı maddelerinin tutuşabilirliğinden ötürü, zayıf karışımın oksitlenmesinden kaynaklanmaktadır[49]. DBM ($C_{12}H_{20}O_4$)’ nin kimyasal yapısında bulunan oksijen atomlarının, HC molekülerinin oksidasyonunu artırarak, HC emisyonunda azalma sağlamaktadır. HC konsantrasyonu, oksijenli yakıt ilavesiyle azalır ve bu da oksijenli yakıtların ilave edilmesinin, HC' nin lokal olarak zenginleştirilmiş karışımla azaltılabileceğini gösterir. Ayrıca, oksijen zenginleştirilmesi, genleşme ve egzoz süreçlerinde HC' nin oksidasyonu için de elverişlidir[113]. Şekil 8.70’ de, NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız HC emisyon değerleri görülmektedir.



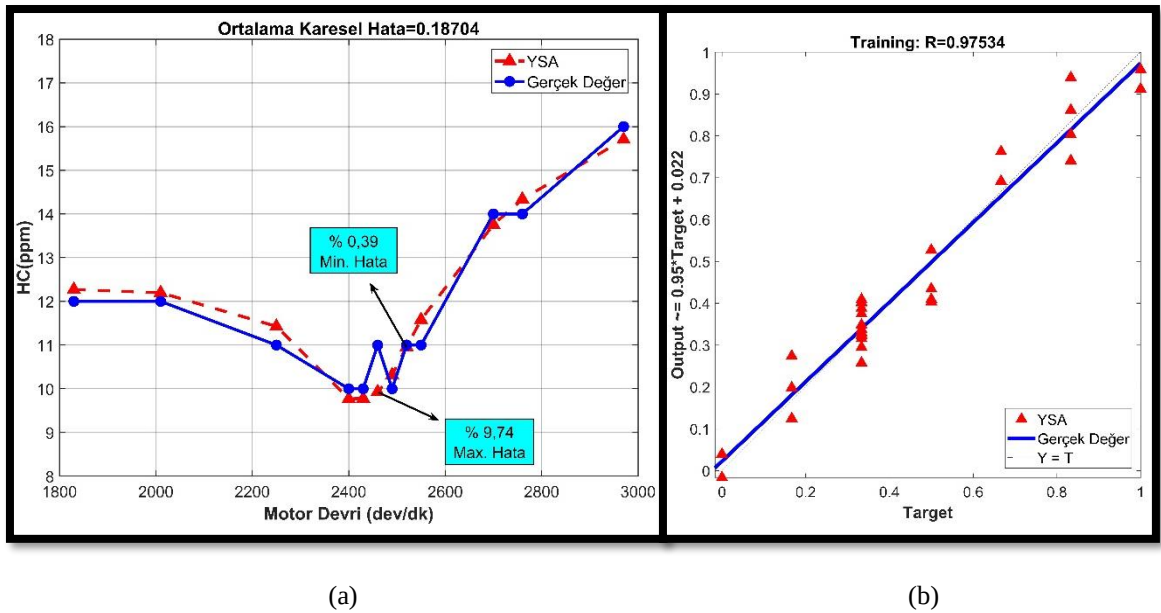
Şekil 8.70. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri

Şekil 8.70’ de NM ve KM’ deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız HC emisyonlarının deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının HC emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

NM ve KM’ de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde HC emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklık ve yanma odasına alınan hava girdabının hızının düşük olmasına bağlı olarak, artış gözlemlenmiştir. Özellikle düşük motor hızında karışımın hava ile yavaşça karışması, çok zengin karışım veya yanma alevinin sönmesi ile sonuçlanır, eksik yanma ürünleri ve HC’ nin egzoz gazlarında mevcut olmasına bu neden olabilmektedir[121]. Orta devirlerdeki HC emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artması ve hava girdabını artan hızı ile yakıtın hava ile daha iyi karışmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin orta devirlerin üzerine çıkması ile HC emisyonlarında da, yanma işlemine ayrılan süresinin azalmasına bağlı olarak, artış meydana gelmiştir. Bu nedenle HC emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DBM katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, artış görülmüştür. Şekil 8.70’ de görüldüğü gibi, DBM katkısının HC emisyonları üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 8.70' de görüldüğü gibi TBK' lı KM' de, HC emisyonu, NM' ye kıyasla daha düşük çıkmıştır. Kaplanmış motorda ısı kaybının azalmasıyla, yanma sonrası ve yanma sırasında ortaya çıkan HC' ler, yüksek yanma sıcaklığından dolayı kaplamasız motora kıyasla önemli ölçüde azalır. Sonuç olarak, geliştirilmiş yanma prosesi, emilen yakıtın daha iyi bir oksidasyonu ile giriş havasının verimli kullanılmasına yol açmaktadır[127].

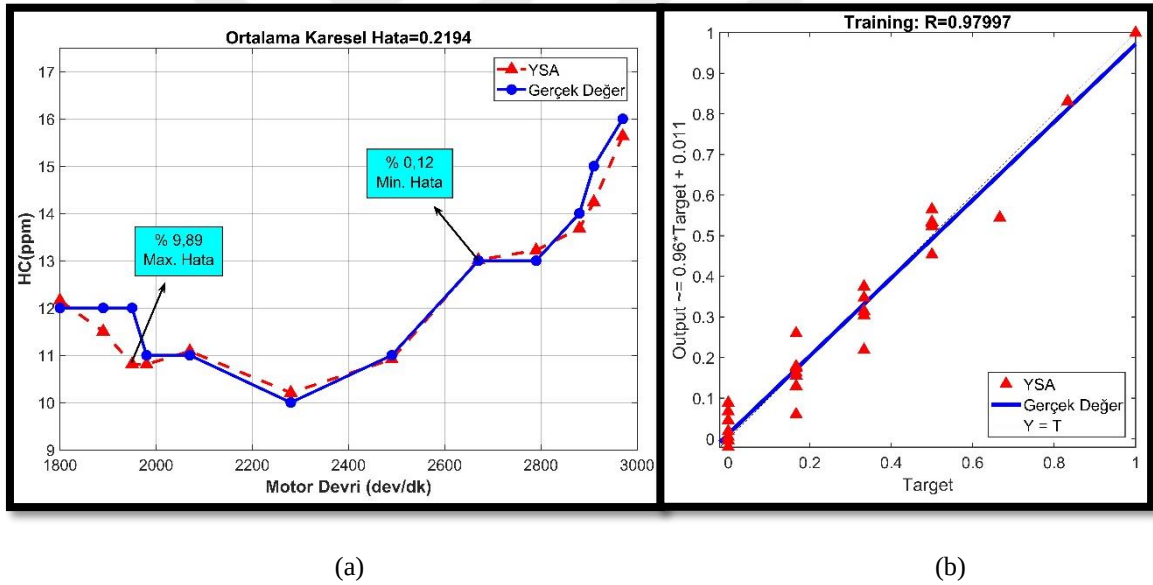
DBM katkısı NM' de ve KM' de, HC emisyonunda azalmaya sebep olmuştur. Şekil 8.70' de görüldüğü gibi, NM ve KM' de DBM katkı oranlarının artışı, HC emisyonundaki azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM' deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %5.58, %8.71, %13.42 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, HC emisyonlarının NM' ye kıyasla dikkat çekici bir azalma gösterdiği görülmektedir. DBM' nin HC emisyonunu azaltma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da HC emisyonunu azaltıcı etkisi, HC emisyon seviyesini daha fazla düşürmüştür. KM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM' deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %18.86, %22.71, %24.73 oranlarında azalma meydana gelmiştir. %9DBM katkısının, HC emisyonu üzerindeki azaltıcı etkisinin, KM' nin HC üzerindeki etkisine yakın olduğu deneysel çalışmalarda görülmüştür.



Şekil 8.71. (a) NM'de %3DBM katkılı gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %3DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği

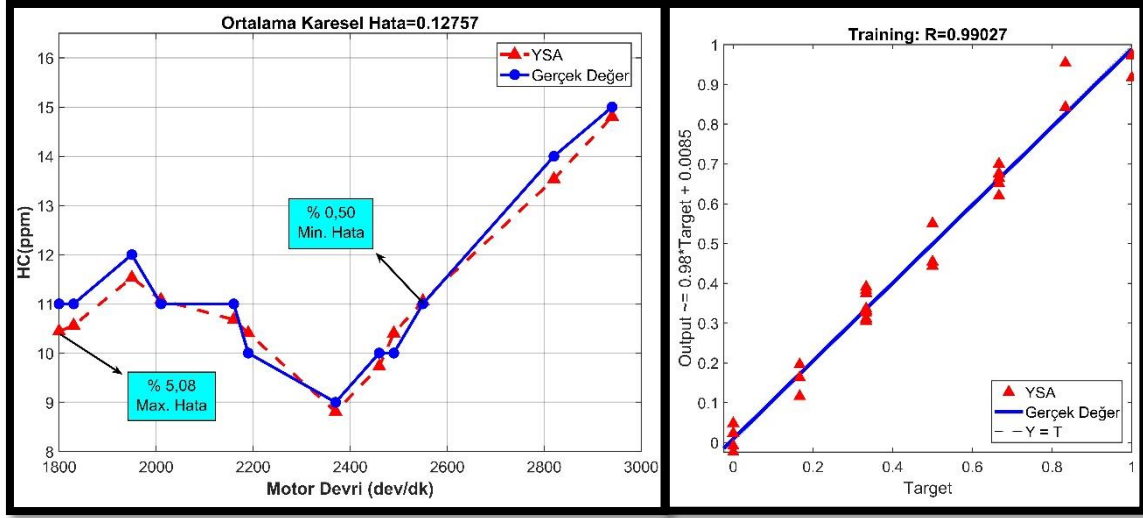
Şekil 8.71' de %3 Dibütil Maleat katkılı NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2460 dev/dk' da, %9,74 olarak, minimum hatayı ise 2520 dev/dk' da, %0,39 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.71 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97534 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.72' de %6 Dibütil Maleat katkılı NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1950 dev/dk' da, %9,89 olarak, minimum hatayı ise 2670 dev/dk' da, %0,12 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.72 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97997 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.72. (a) NM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %6DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği

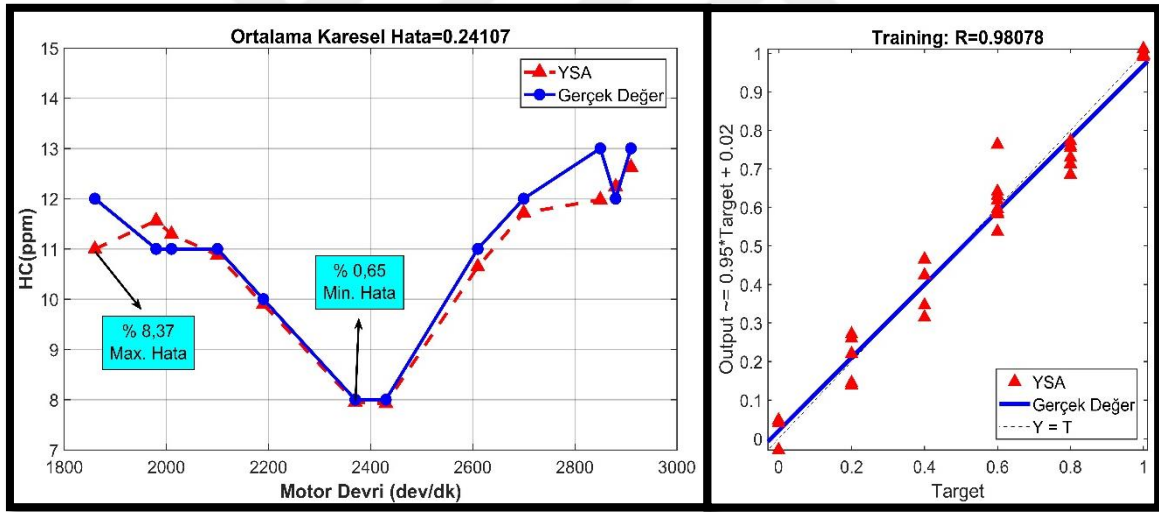
Şekil 8.73' de %9 Dibütil Maleat katkılı NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %5,08 olarak, minimum hatayı ise 2550 dev/dk' da, %0,50 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.73 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99027 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.73. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %9DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği

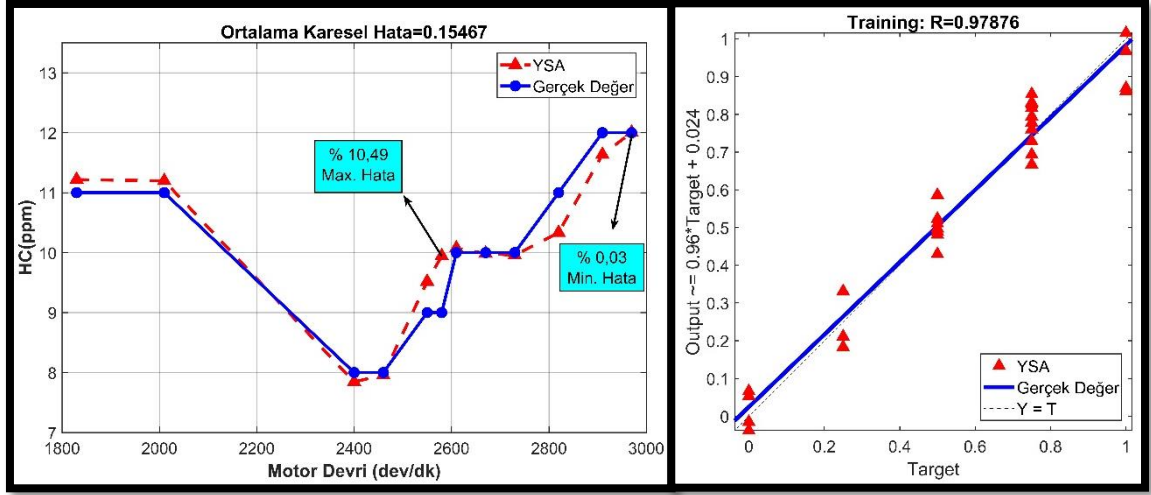


(a)

(b)

Şekil 8.74. (a) KM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %3DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.74’ de %3 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1860 dev/dk’ da, %8,37 olarak, minimum hatayı ise 2370 dev/dk’ da, %0,65 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.74 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98078 olarak hesaplanmıştır.

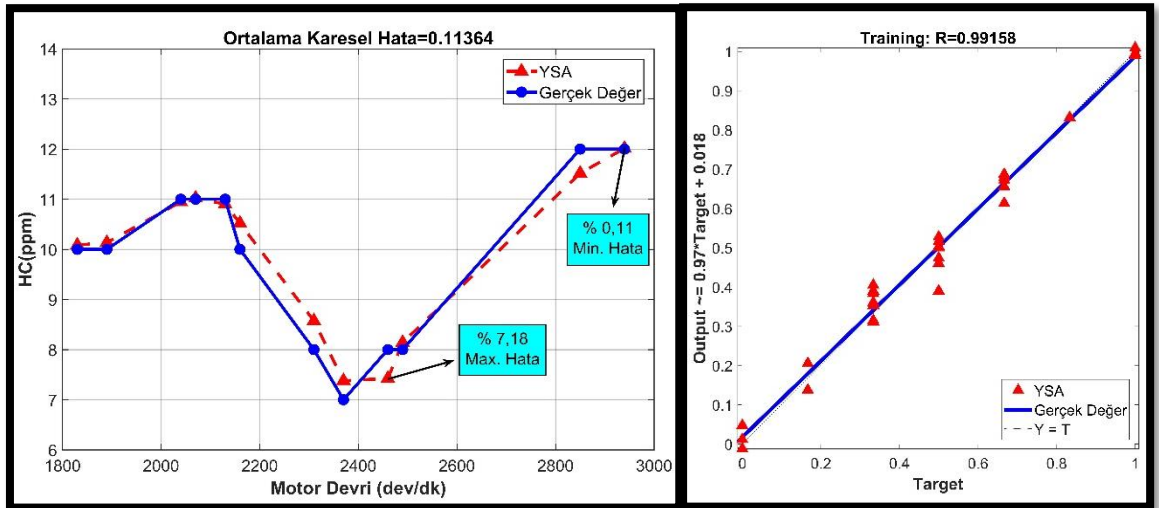


(a)

(b)

Şekil 8.75. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) KM %6DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.75’ de %6 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2580 dev/dk’ da, %10,49 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.75 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97876 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.76. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, HC emisyon değerleri, (b) NM %9DBM, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.76' de %9 Dibütil Maleat katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2460 dev/dk' da, %7,18 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,11 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.76 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99158 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.10' de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, HC emisyonlarını; %10,49 - %0,03 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.10. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları

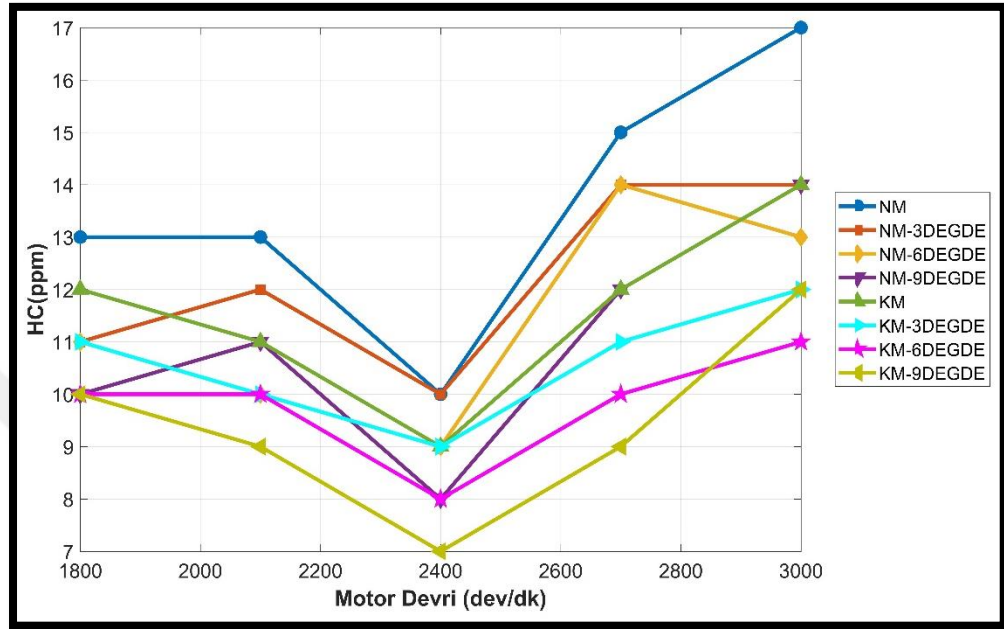
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%5,59	%0,09	0,9934
NM-%3DBM	%9,74	%0,39	0,97534
NM-%6DBM	%9,89	%0,12	0,97997
NM-%9DBM	%5,08	%0,50	0,99027
KM	%4,01	%0,21	0,98383
KM-%3DBM	%8,37	%0,65	0,98078
KM-%6DBM	%10,49	%0,03	0,97876
KM-%9DBM	%7,18	%0,11	0,99158

8.3.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Yakıt molekülü içindeki oksijenin varlığı, yüksek alevli yakıtın oksidasyonunu, özellikle de alev bölgesindeki yakıt bakımından zengin bölgelerde, yanmamış toplam hidrokarbonların (HC) azaldığı kanıtlamaktadır[128].

Dietilen Glikol Dimetil Eter, standart dizel yakıtına kıyasla daha yüksek setan sayısına ve daha düşük tutuşma sıcaklığına sahiptir ve bu da daha kısa bir tutuşma gecikmesine neden olmaktadır. Böylece toplam yanma süresinde kısalma meydana gelmektedir. Sonuç olarak HC emisyonları, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısı ile çoğu motor koşullarında azalmaktadır. Buna ek olarak, DEGDE ilavesi ile daha yüksek lokal oksijen konsantrasyonu sağlanarak, HC oksidasyonunda artış meydana gelmektedir. DEGDE' nin sahip olduğu yüksek setan sayısı, normal dizel yakıtı karışımları için düşük HC emisyonuna neden olmaktadır[98]. Bazı araştırmacılar, setan sayısının motor yanması

zerindeki önemli etkisinden dolayı HC ve CO emisyonları ile ilişkili en önemli değişken olduğuna inanmıştır[129]. Şekil 8.77’ de, NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız HC emisyon değerleri görülmektedir.



Şekil 8.77. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız HC emisyon değerleri

Şekil 8.77’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının HC emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade etmektedir.

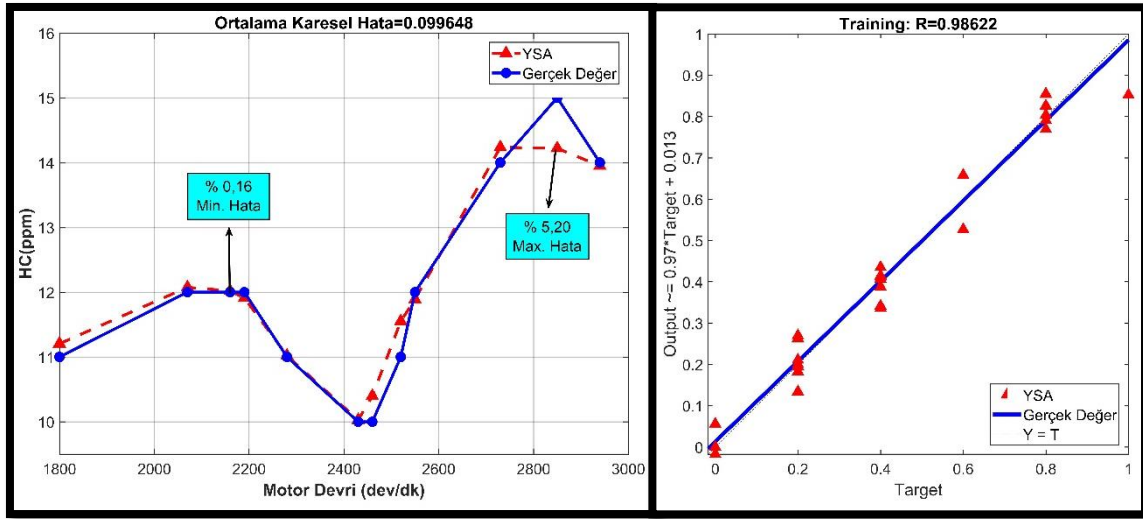
NM ve KM’ de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde HC emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklık ve yanma odasına alınan hava girdabının hızının düşük olmasına bağlı olarak, artış gözlemlenmiştir. Özellikle düşük motor hızında karışımın hava ile yavaşça karışması, çok zengin karışım veya yanma alevinin sönmesi ile sonuçlanır, eksik yanma ürünleri ve HC’ nin egzoz gazlarında mevcut olmasına bu neden olabilmektedir[121]. Orta devirlerdeki HC emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artması ve hava girdabını artan hızı ile yakıtın hava ile daha iyi karışmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin orta devirlerin üzerine çıkması ile HC emisyonlarında da, yanma işlemine ayrılan süresinin azalmasına bağlı olarak, artış meydana

gelmiştir. Bu nedenle HC emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DEGDE katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, artış görülmüştür.

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM' de ve KM' de, HC emisyonunda azalmalara sebep olmuştur. NM ve KM' de DEGDE katkı oranlarının artışı, HC emisyonunda azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM' deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %9.27, %15.73, %19.02 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, HC emisyonlarının NM' ye kıyasla daha fazla azaldığı görülmektedir. DEGDE katkısının HC emisyonunu azaltma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da HC emisyonunu azaltıcı etkisi, emisyon seviyesini çok daha fazla azaltmıştır. Kaplanmış motorda ısı kaybının azalmasıyla, yanma sonrası ve yanma sırasında ortaya çıkan HC' ler, yüksek yanma sıcaklığından dolayı kaplamasız motora kıyasla önemli ölçüde azalır. Sonuç olarak, geliştirilmiş yanma prosesi, emilen yakıtın daha iyi oksidasyonu ile giriş havasının verimli kullanılmasına yol açmaktadır[127]. KM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9DEGDE katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM' deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %20.90, %26.95, %30.65 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir.

Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, HC emisyonunda azalma sağlanabileceği görülmüştür[122, 126, 140].

Şekil 8.78' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2850 dev/dk' da, %5,20 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk' da, %0,16 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.78 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98622 olarak hesaplanmıştır.

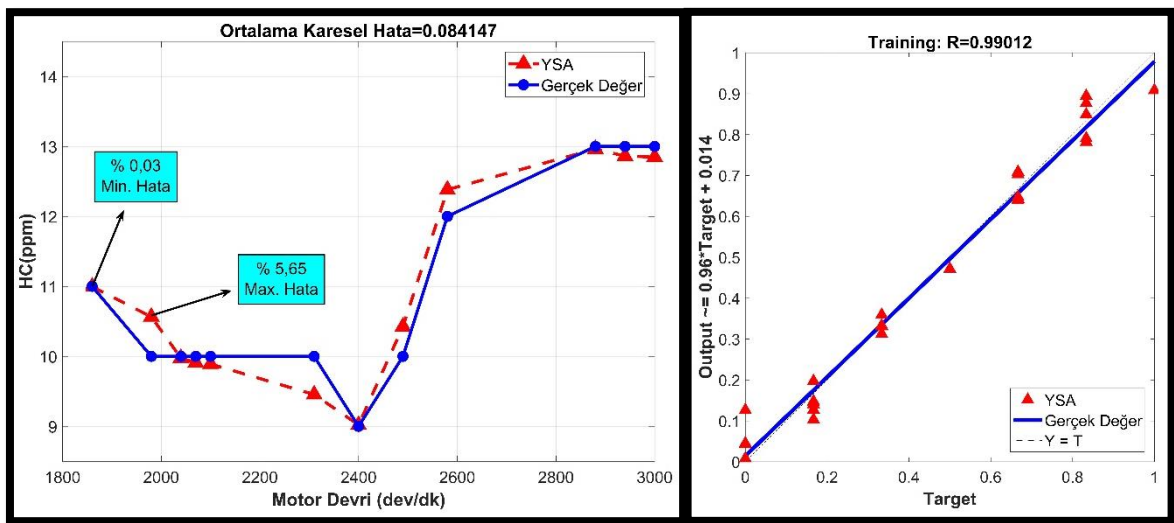


(a)

(b)

Şekil 8.78. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.79’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1980 dev/dk’ da, %5,65 olarak, minimum hatayı ise 1860 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.79 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99012 olarak hesaplanmıştır.

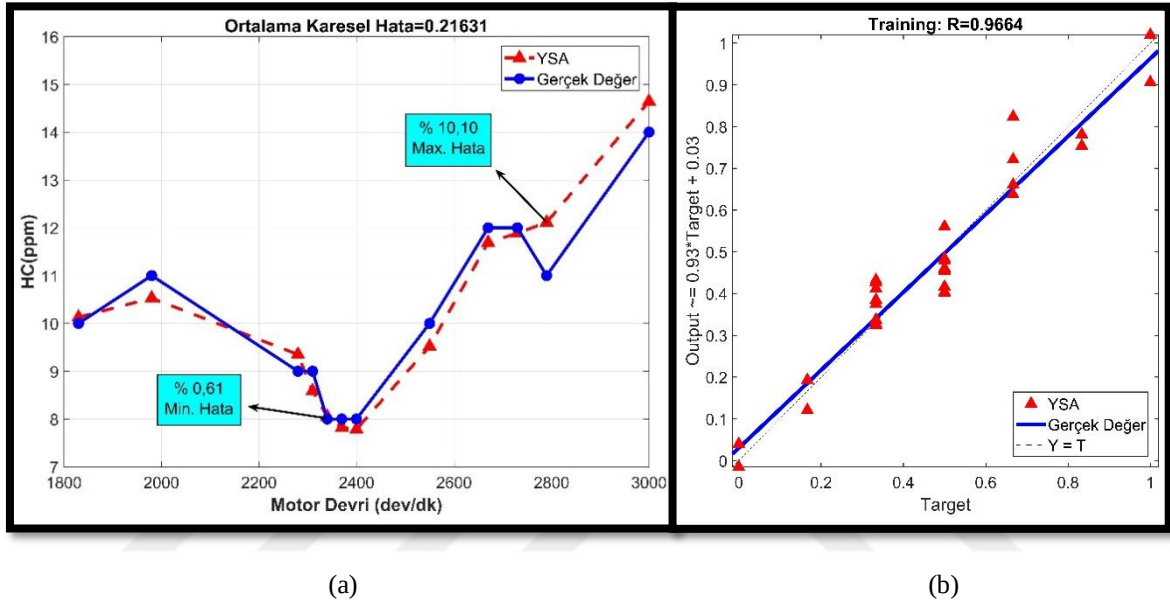


(a)

(b)

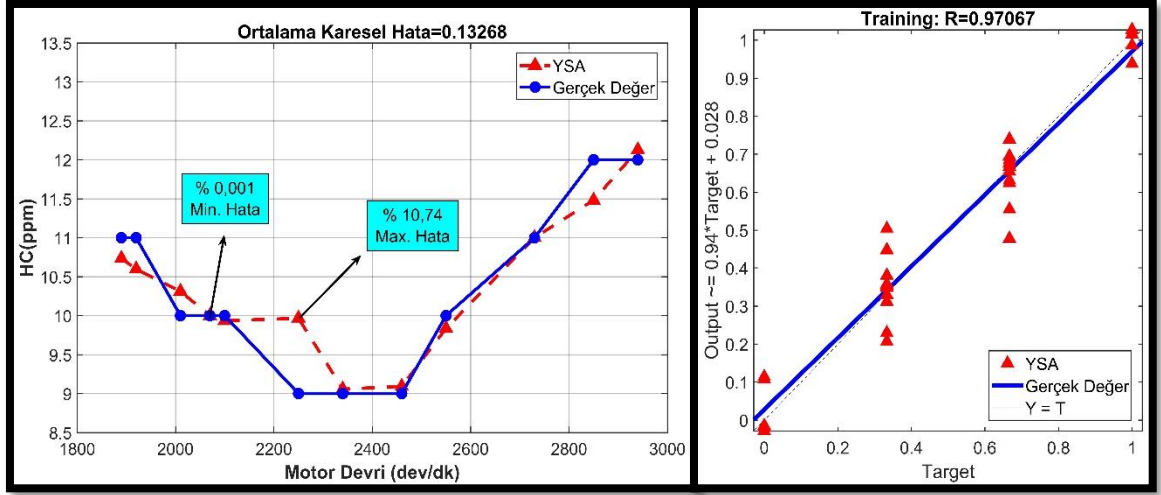
Şekil 8.79. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.80' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkıli NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2790 dev/dk' da, %10,10 olarak, minimum hatayı ise 2340 dev/dk' da, %0,61 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.80 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9664 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.80. (a) NM'de %9DEGDE katkıli, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkıli, HC emisyonu Regresyon grafiği

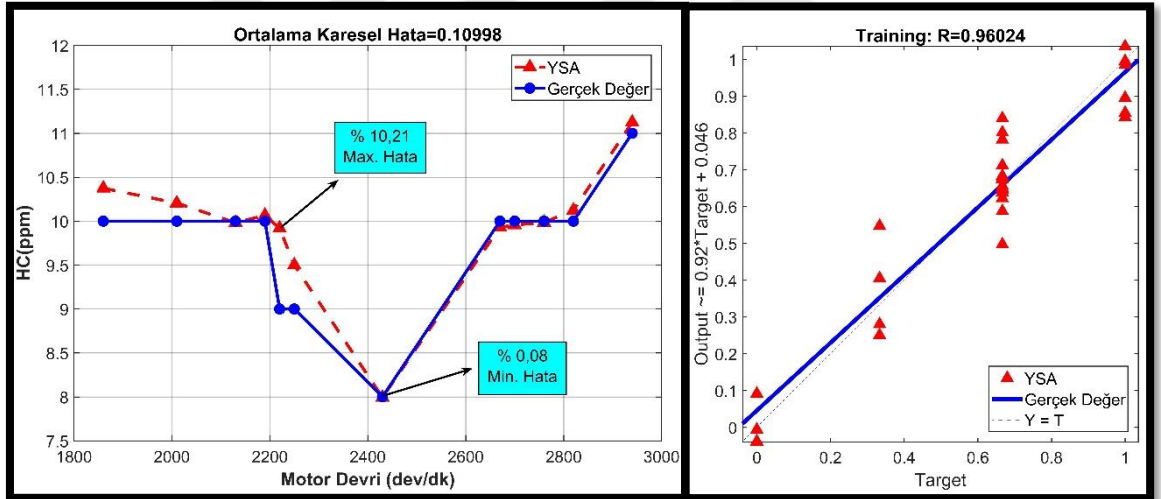
Şekil 8.81' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkıli KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2250 dev/dk' da, %10,74 olarak, minimum hatayı ise 2070 dev/dk' da, %0,001 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.81 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97067 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.81. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği



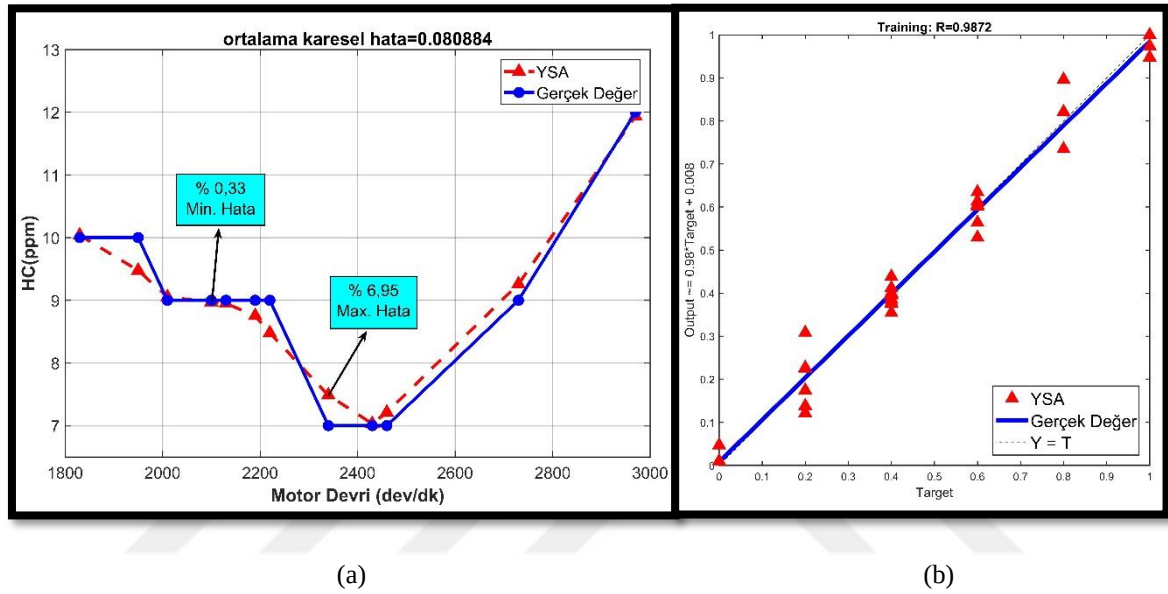
(a)

(b)

Şekil 8.82. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.82’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2220 dev/dk’ da, %10,21 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk’ da, %0,08 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.82 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,96024 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.83' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2340 dev/dk' da, %6,95 olarak, minimum hatayı ise 2100 dev/dk' da, %0,33 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.83 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9872 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.83. (a) KM'de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

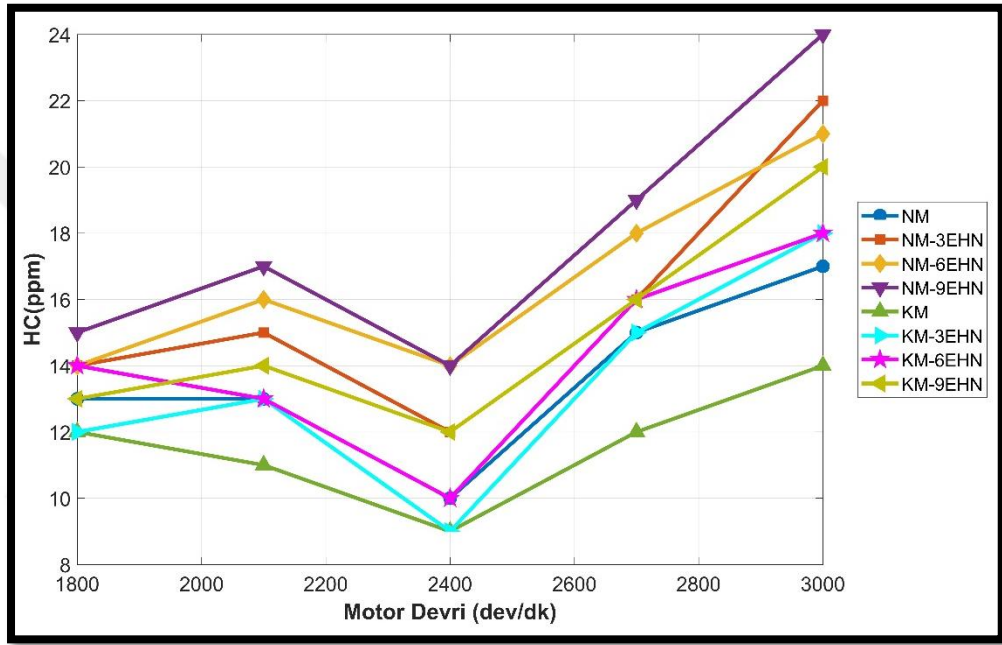
Tablo 8.11' de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, HC emisyonlarını; %10,74 - %0,001 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.11. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%5,59	%0,09	0,9934
NM-%3DEGDE	%5,20	%0,16	0,98622
NM-%6DEGDE	%5,65	%0,03	0,99012
NM-%9DEGDE	%10,10	%0,61	0,9664
KM	%4,01	%0,21	0,98383
KM-%3DEGDE	%10,74	%0,001	0,97067
KM-%6DEGDE	%10,21	%0,08	0,96024
KM-%9DEGDE	%6,95	%0,33	0,9872

8.3.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

Dizel motorlardan kaynaklanan HC emisyonlarının oluşumu, çoğunlukla yanma odası duvarlarında yanma alevinin sönme nedeniyle gerçekleşmektedir[41]. Daha önce yapılan çalışmalarda; daha yüksek gizli buharlaşma ısısı, yanma odasında soğutma etkisine ve silindirin soğuk bölgelerinde alev söndürülmesine yol açmakta ve bu da HC emisyonlarının oluşmasında önemli bir neden olarak gösterilmektedir.



Şekil 8.84. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri

Etilheksil Nitrat karışımının setan sayısını arttırmaya yardımcı olur, ancak aynı zamanda yakıt-hava karışımı için mevcut süreyi kısaltmaktadır. Bu nedenle, önceden karıştırılmış (premixed) yanma süresi kısalmış ve difüzyon yanma süresi artar. Difüzyon yanma işlemi sırasında homojen olmayan karışım daha fazla HC üretir[120]. Daha önce yapılmış çalışmalarda, EHN katkısının, HC emisyonunu artırmış olduğu görülmüştür[123, 142, 143].

Şekil 8.84’de, NM ve KM’de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının HC emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6

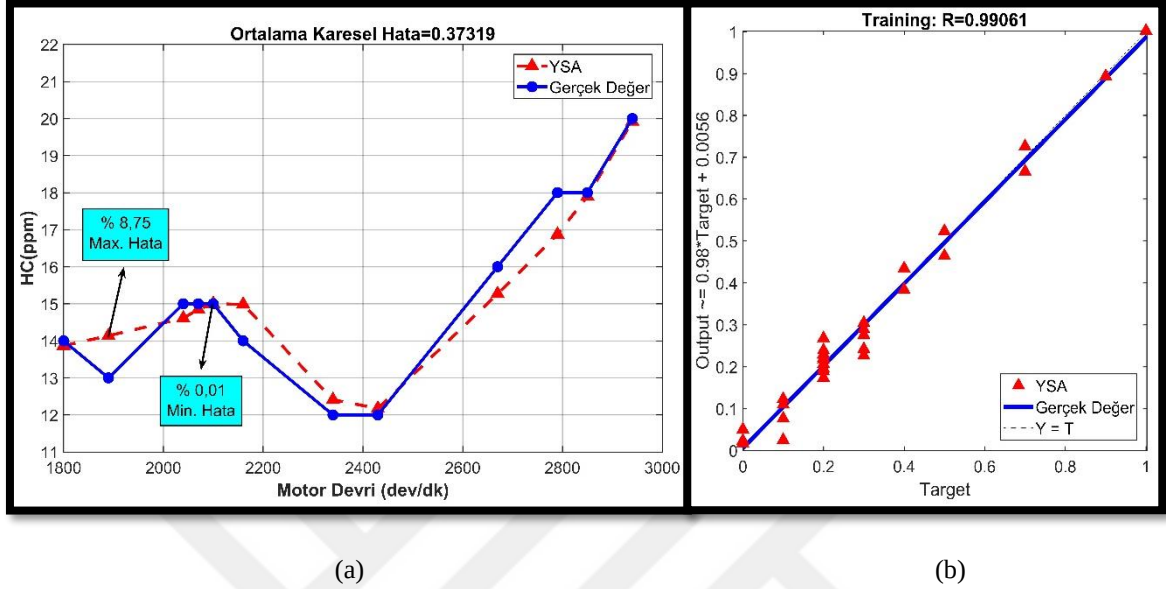
Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.84' de, NM ve KM' deki, EHN katkılı ve katkısız HC Emisyon değerleri gösterilmektedir.

NM ve KM' de, katkı oranı değişiklik göstermesine rağmen, düşük devirlerde HC emisyon değerlerinde, yanma odası içerisindeki düşük sıcaklık ve yanma odasına alınan hava girdabının hızının düşük olmasına bağlı olarak, artış gözlemlenmiştir. Özellikle düşük motor hızında karışımın hava ile yavaşça karışması, çok zengin karışım veya yanma alevinin sönmesi ile sonuçlanır, eksik yanma ürünleri ve HC' nin egzoz gazlarında mevcut olmasına bu neden olabilmektedir[121]. Orta devirlerdeki HC emisyonundaki azalma; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artması ve hava girdabını artan hızı ile yakıtın hava ile daha iyi karışmasından kaynaklanmaktadır. Motor devrinin orta devirlerin üzerine çıkması ile HC emisyonlarında da, yanma işlemine ayrılan süresinin azalmasına bağlı olarak, artış meydana gelmiştir. Bu nedenle HC emisyonlarında, her iki motor tipi için yüksek motor devirlerinde, artış görülmüştür. Şekil 8.84' de görüldüğü gibi, EHN katkısının HC emisyonları üzerinde arttırıcı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

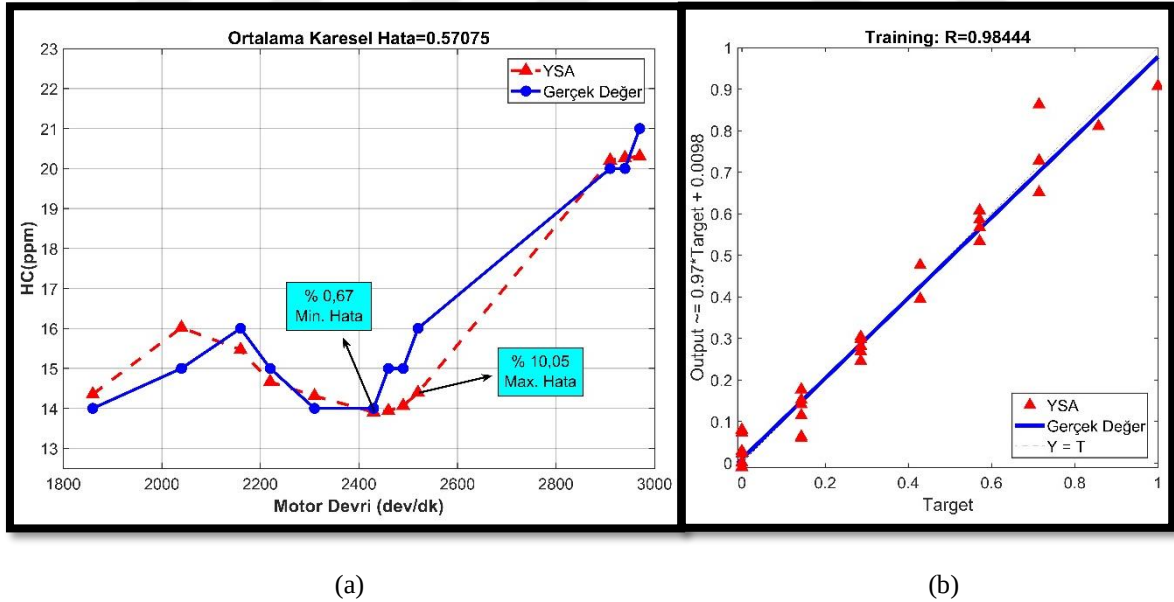
Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM' de ve KM' de, HC emisyonunda artışa sebep olmuştur. NM ve KM' de EHN katkı oranlarının artışı, HC emisyonundaki artış oranını yükseltmiştir. NM' de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM' deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %15.83, %22.86, %30.79 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, HC emisyonlarının NM' ye kıyasla düşüş gösterdiği görülmektedir. EHN katkısının HC emisyonunu arttırma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da HC emisyonun azaltıcı etkisi, HC emisyon artışını sınırlamıştır. Kaplanmış motorda ısı kaybının azalmasıyla, yanma sonrası ve yanma sırasında ortaya çıkan HC' ler, yüksek yanma sıcaklığından dolayı kaplamasız motora kıyasla önemli ölçüde azalır. Sonuç olarak, geliştirilmiş yanma prosesi, emilen yakıtın daha iyi oksidasyonu ile giriş havasının verimli kullanılmasına yol açmaktadır[127]. KM' de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen HC emisyonları ile katkısız NM' deki HC emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %2.36 azalma, %4.05 ve %10.40 oranlarında artış meydana gelmiştir.

Şekil 8.85' de %3 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %8,75 olarak, minimum hatayı ise 2100 dev/dk' da, %0,01 olarak

hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.85 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99061 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.85. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

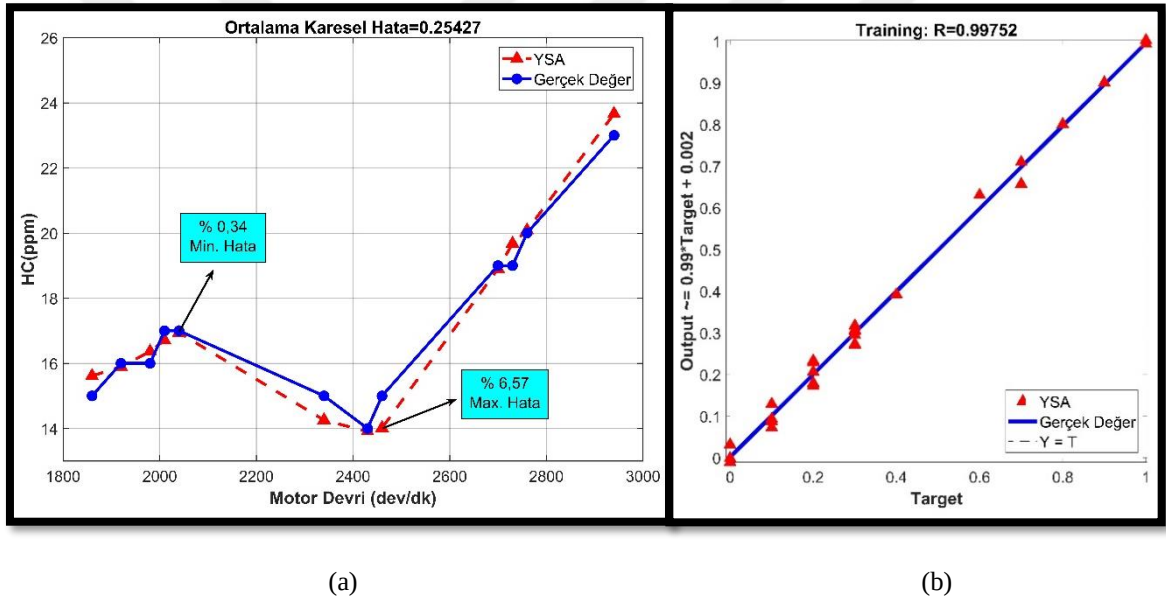


Şekil 8.86. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.86’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM’ nin HC

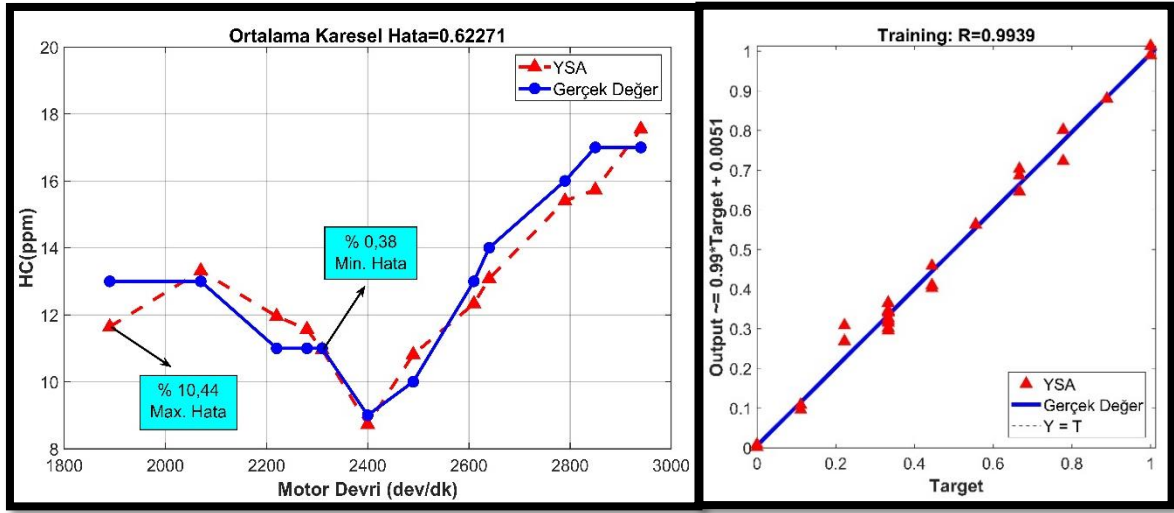
emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2520 dev/dk' da, %10,05 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk' da, %0,67 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.86 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98444 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.87' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2460 dev/dk' da, %6,57 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk' da, %0,34 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.87 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99752 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.87. (a) NM'de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

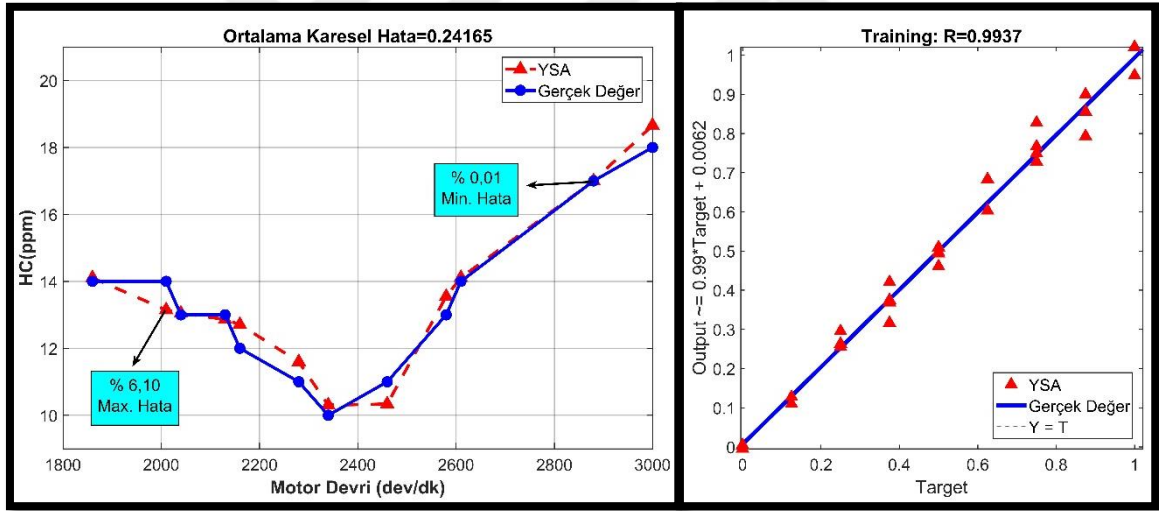
Şekil 8.88' de %3 Etilheksil Nitrat katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %10,44 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk' da, %0,38 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.88 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9939 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.88. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği



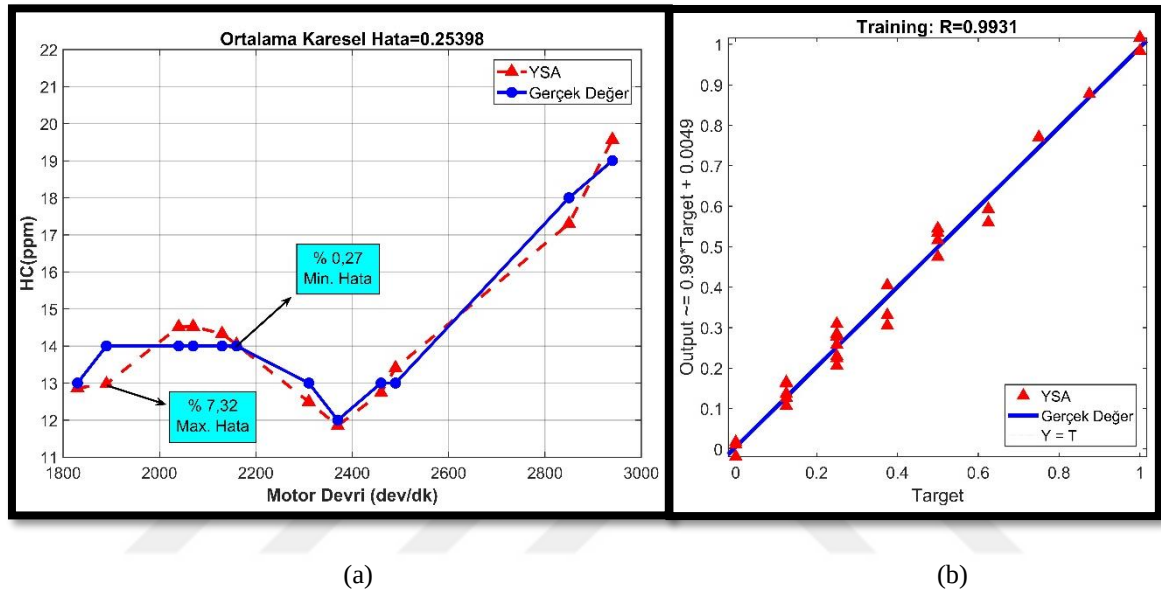
(a)

(b)

Şekil 8.89. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.89’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2010 dev/dk’ da, %6,10 olarak, minimum hatayı ise 2880 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.89 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9937 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.90' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM' nin HC emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %7,32 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk' da, %0,27 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.90 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9931 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.90. (a) KM'de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA HC emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, HC emisyonu Regresyon grafiği

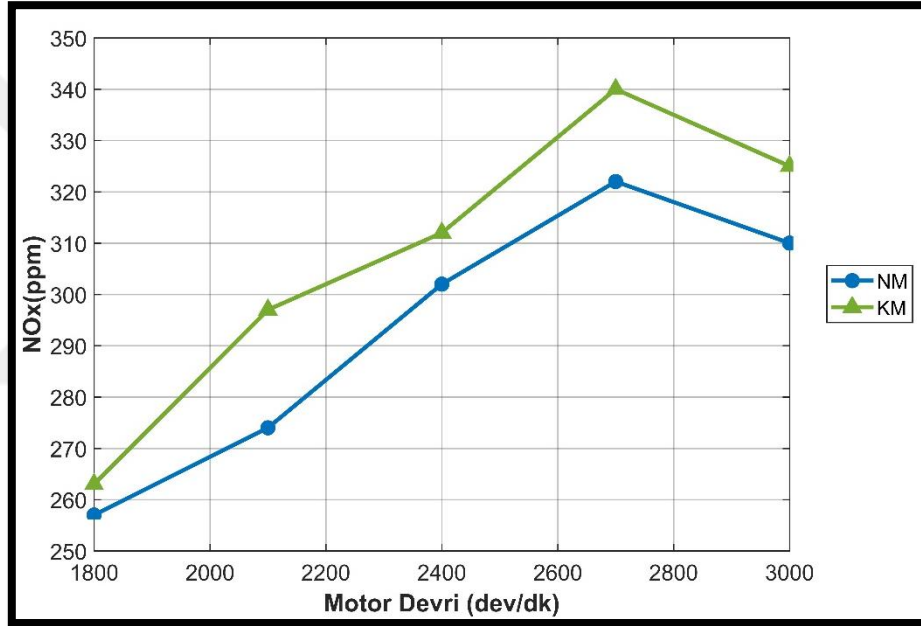
Tablo 8.12' de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, HC emisyonlarını; %10,44 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.12. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki HC emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%5,59	%0,09	0,9934
NM-%3EHN	%8,75	%0,01	0,99061
NM-%6EHN	%10,05	%0,67	0,98444
NM-%9EHN	%6,57	%0,34	0,99752
KM	%4,01	%0,21	0,98383
KM-%3EHN	%10,44	%0,38	0,9939
KM-%6EHN	%6,10	%0,01	0,9937
KM-%9EHN	%7,32	%0,27	0,9931

8.4. NO_x Emisyonlarının Değerlendirilmesi

Dizel motorlarda NO_x emisyonu oluşumunu etkileyen faktörler; adyabatik alev sıcaklığı, ısı yayılım oranı, stokiyometrik yanma, tutuşma gecikme süresi, reaksiyon sıcaklığı, önceki devirden kalan karışım ve fazla oksijen olarak özetlenebilir[123]. NO_x oluşumunu etkileyen ana faktörler O₂ konsantrasyonu, yüksek sıcaklık ve yüksek sıcaklık etki süresidir[120]. Diğer bir çalışmada ise NO_x oluşumu, tutuşma gecikmesine, maksimum ısı yayılım oranına ve silindirin içindeki tepe basıncına (sıcaklık) bağlı olduğu belirtilmektedir[131].



Şekil 8.91. NM ve KM’ deki, katkı kullanılmamış NO_x Emisyon değerleri

NO_x, havada nitrojen ve oksijen içeren zincir reaksiyonları ile oluşur. Bu reaksiyonlar yüksek sıcaklığa bağlıdır. Dizel motorlar her zaman fazla hava ile çalıştığından, NO_x emisyonları esas olarak gaz sıcaklığı ve kalma süresinin bir fonksiyonudur[90].

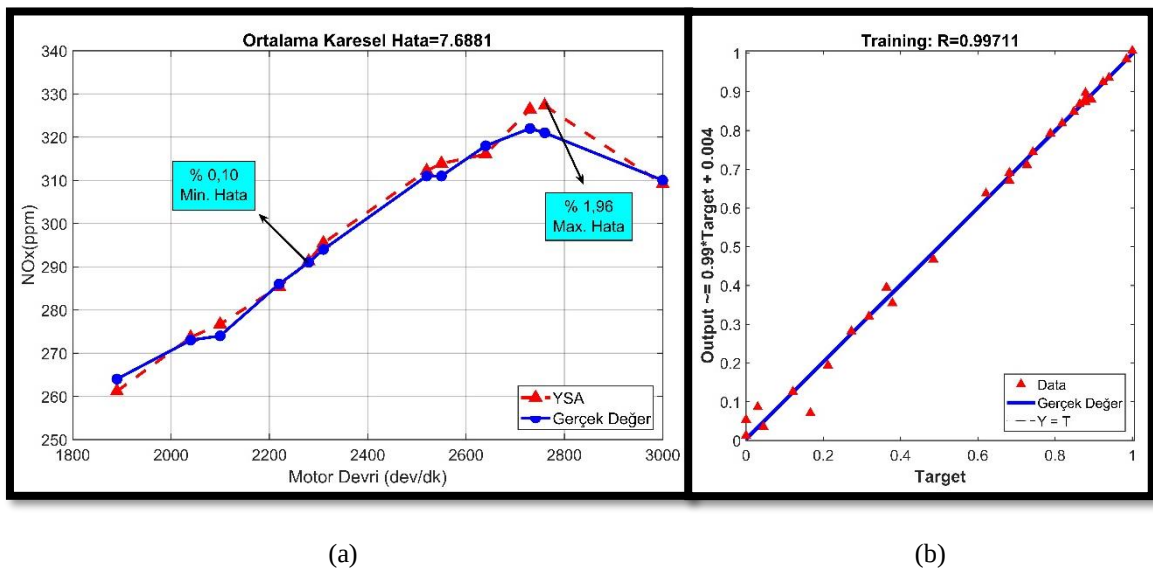
Şekil 8.91’ de görüldüğü gibi, herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen NO_x emisyon verilerine göre; NO_x emisyonu, hem NM’ de hem de KM’ de düşük motor hızlarında nispeten daha düşük ölçülmüştür. Düşük motor hızlarındaki, yanma odasında bulunan düşük gaz sıcaklığı daha az NO_x emisyonunun oluşumuna neden olmuştur[124]. NO_x emisyonunun, NM ve KM’ deki en yüksek seviyelerini 2400 dev/dk’ da, orta motor devirlerinde elde edildiği, Şekil

8.91’ de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu artış; silindir içi sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile NO_x emisyonlarında, hem NM’ de hem de KM’ de düşüş görülmüştür. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresinin ve oksijenin azot atomları ile reaksiyon süresinin kısalmışından dolayı, NO_x emisyonunda azalma meydana gelmiştir. Şekil 8.91’ de NM ve KM’ deki, katkı kullanılmamış NO_x Emisyon değerleri görülmektedir.

Şekil 8.91 incelendiğinde, Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, NO_x emisyonlarının NM’ ye kıyasla artış gösterdiği anlaşılmaktadır. NO_x emisyonlardaki bu artış miktarı ortalama %4,89 olarak hesaplanmıştır. Cr₂O₃ kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırması ile NO_x emisyonunun oluşumunu arttırmıştır.

Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki TBK uygulamaları ile benzerlik göstermiş, çeşitli seramiklerle kaplanmış motorlardaki NO_x emisyonlarının artış gösterdiği anlaşılmıştır[104, 105, 145].

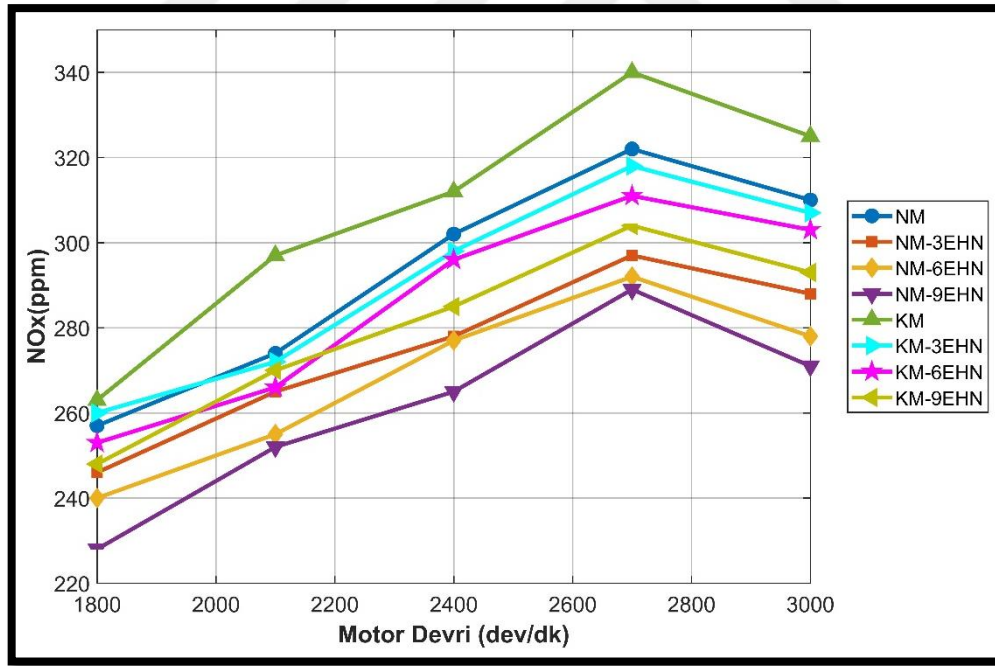
Şekil 8.92’ de katkı maddesi kullanılmamış NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2760 dev/dk’ da, %1,96 olarak, minimum hatayı ise 2280 dev/dk’ da, %0,10 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.92 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99711 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.92. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, NO_x emisyon değerleri, (b) NM katkısız, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

8.4.1 Bütanol Katkısının Etkileri

Dizel motorlarda NO_x emisyonu oluşumunu etkileyen faktörler; adyabatik alev sıcaklığı, ısı yayılım oranı, stokiyometrik yanma, tutuşma gecikme süresi, reaksiyon sıcaklığı, önceki devirden kalan karışım ve fazla oksijen olarak özetlenebilir[123]. NO_x oluşumunu etkileyen ana faktörler O_2 konsantrasyonu, yüksek sıcaklık ve yüksek sıcaklık etki süresidir[120]. Diğer bir çalışmada ise NO_x oluşumu, tutuşma gecikmesine, maksimum ısı yayılım oranına ve silindirin içindeki tepe basıncına (sıcaklık) bağlı olduğu belirtilmektedir[131]. Şekil 8.93 incelendiğinde karışımlardaki Bütanol (B) oranı arttıkça NO_x emisyonları da azalmaktadır. Dizel yakıtı katılan bütanol'ün alt ısıl değeri standart yakıtı kıyasla daha düşük olması ve buna ek olarak yoğunluk ve viskozitesinin de standart yakıtı kıyasla düşük olması sebebiyle, yanma odasına nispeten daha az yakıt verilmesi, yanma sonu sıcaklığını düşürmektedir[133]. Şekil 8.93' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız NO_x Emisyon değerleri görülmektedir.



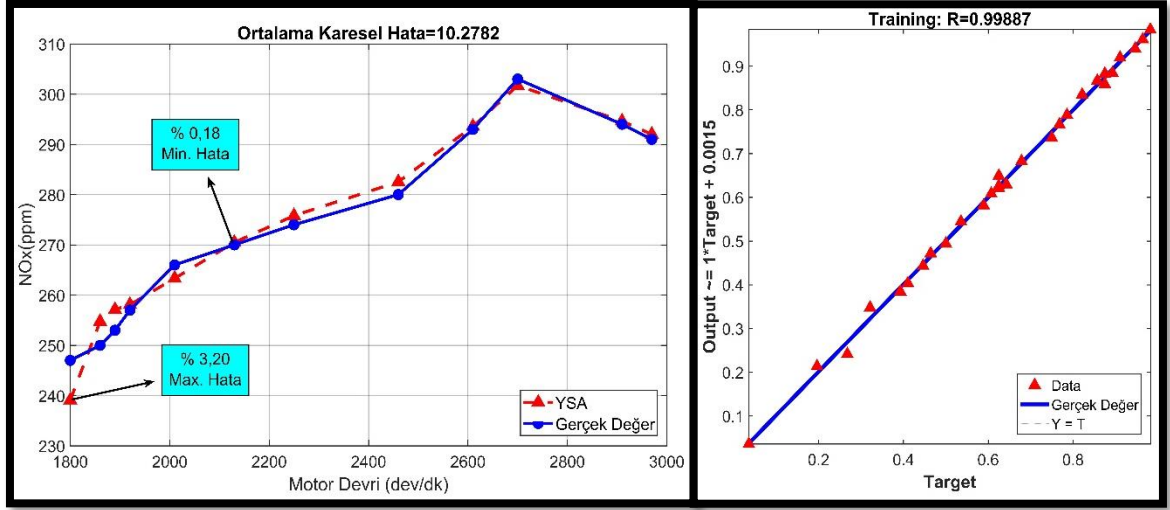
Şekil 8.93. NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız NO_x Emisyon değerleri

Şekil 8.93' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının NO_x emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6B ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Bütanol katkısını ifade etmektedir.

NO_x emisyonunun, NM ve KM' deki en yüksek seviyelerinin 2700 dev/dk' da orta ile yüksek motor devirleri aralığında elde edildiği, Şekil 8.93' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu artış; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile NO_x emisyonları, hem NM' de hem de KM' de azalma göstermiştir. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresi kısalmasından dolayı, yanma veriminin düşmesi NO_x emisyonunun azalmasına neden olmuştur.

Şekil 8.93 incelendiğinde, Bütanol (B) katkısı NM' de ve KM' de, NO_x emisyonunda azalmaya neden olmuştur. NM ve KM' de Bütanol katkı oranlarının artışı, NO_x emisyonundaki azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %4.87, %9.19, %12.66 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, NO_x emisyonunun NM' ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. Bütanol katkısının NO_x emisyonunu azaltma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da NO_x emisyonunu artırıcı etkisine sahip olduğu, deneysel verilerle görülmüştür. Kaplanmış motordaki ısı kaybında azalma olmasıyla, yanma sonrası ortaya çıkan yüksek yanma sıcaklığı ile kaplamasız motora kıyasla NO_x emisyonu önemli ölçüde artmıştır[119]. KM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %1.20 artış, %2.62 ve %5.82 oranların da ise azalma meydana gelmiştir. Bu durum KM' de artan NO_x emisyonunu kontrol edebilmek amacıyla Bütanol katkısının kullanılabileceğini göstermektedir.

Şekil 8.94' de %6 Bütanol katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %3,20 olarak, minimum hatayı ise 2130 dev/dk' da, %0,18 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.94 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99887 olarak hesaplanmıştır.

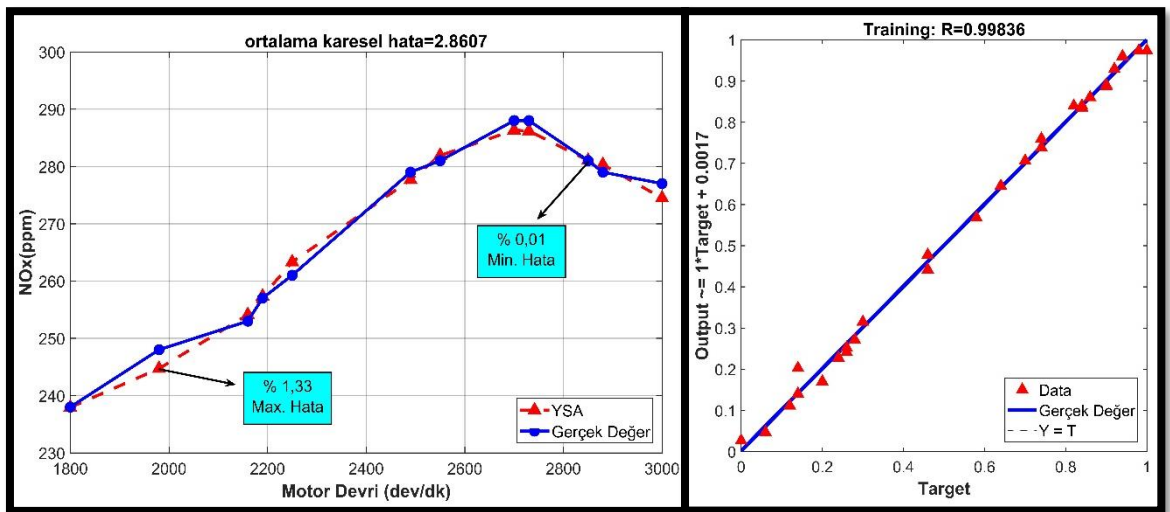


(a)

(b)

Şekil 8.94. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %6B katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

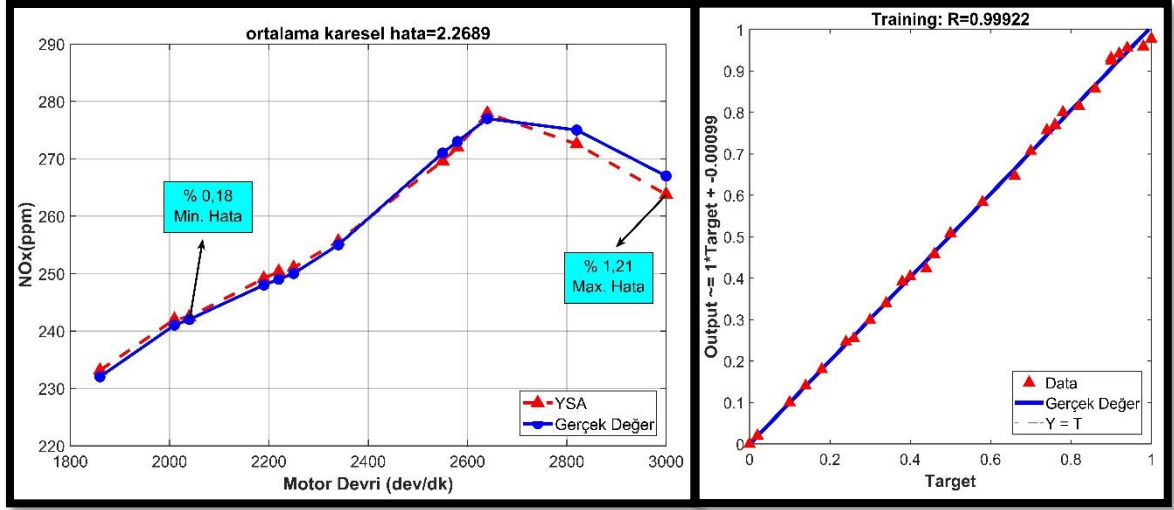
Şekil 8.95’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1980 dev/dk’ da, %1,33 olarak, minimum hatayı ise 2850 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.95 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99836 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.95. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %12B katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

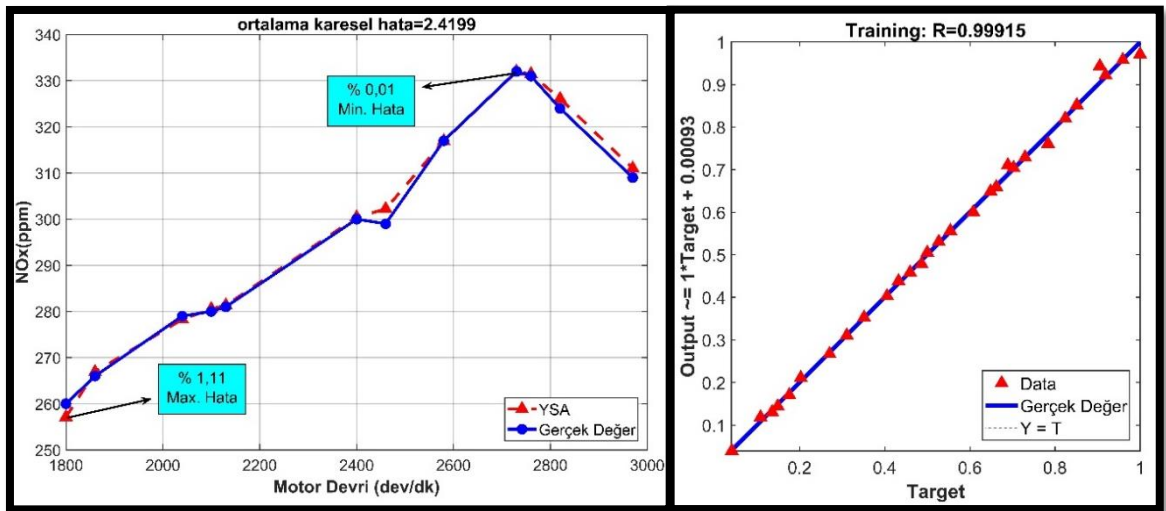


(a)

(b)

Şekil 8.96. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %18B katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.96’ de %18 Bütanol katkılı NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %1,21 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk’ da, %0,18 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.96 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99922 olarak hesaplanmıştır.



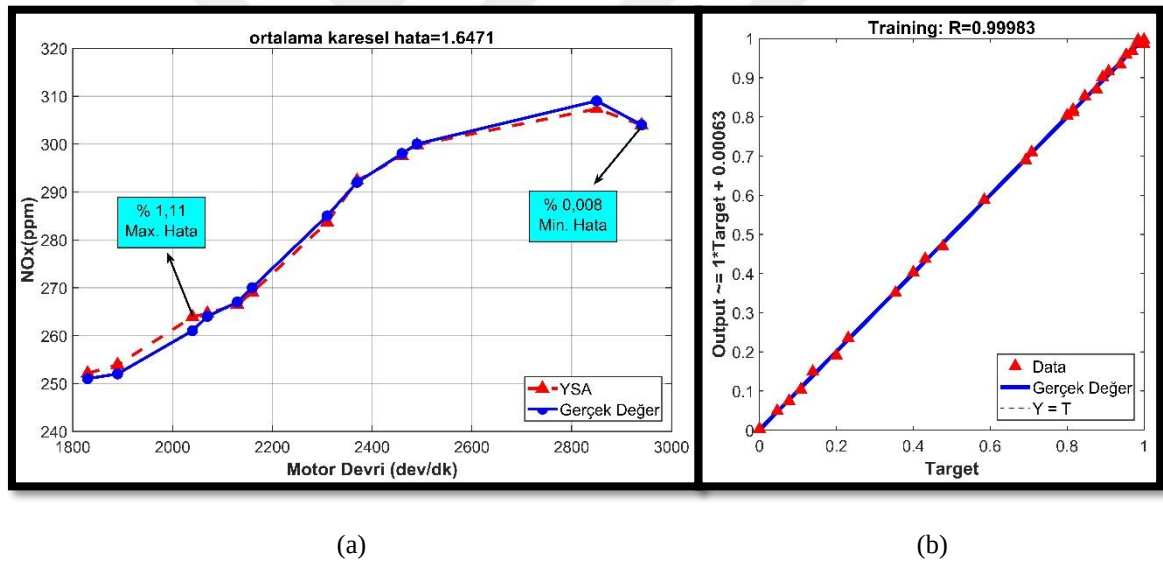
(a)

(b)

Şekil 8.97. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %6B katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

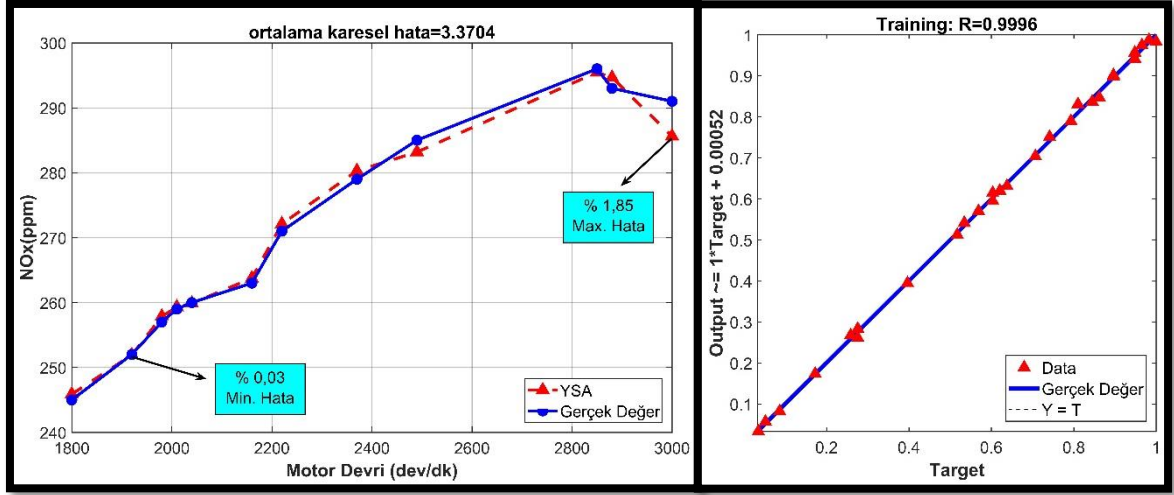
Şekil 8.97’ de %6 Bütanol katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1800 dev/dk’ da, %1,11 olarak, minimum hatayı ise 2730 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.97 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99915 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.98’ de %12 Bütanol katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %1,11 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk’ da, %0,008 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.98 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99983 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.98. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %12B katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.99’ de %18 Bütanol katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %1,85 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.99 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9996 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.99. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %18B katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Tablo 8.13. Bütanol katkılı KM ve NM’deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,96	%0,10	0,99711
NM-%6B	%3,20	%0,18	0,99887
NM-%12B	%1,33	%0,01	0,99836
NM-%18B	%1,21	%0,18	0,99922
KM	%1,97	%0,01	0,99949
KM-%6B	%1,11	%0,01	0,99915
KM-%12B	%1,11	%0,008	0,99983
KM-%18B	%1,85	%0,03	0,9996

Tablo 8.13’ de, Bütanol katkılı KM ve NM’deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, NO_x emisyonlarını; %3,20 - %0,008 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

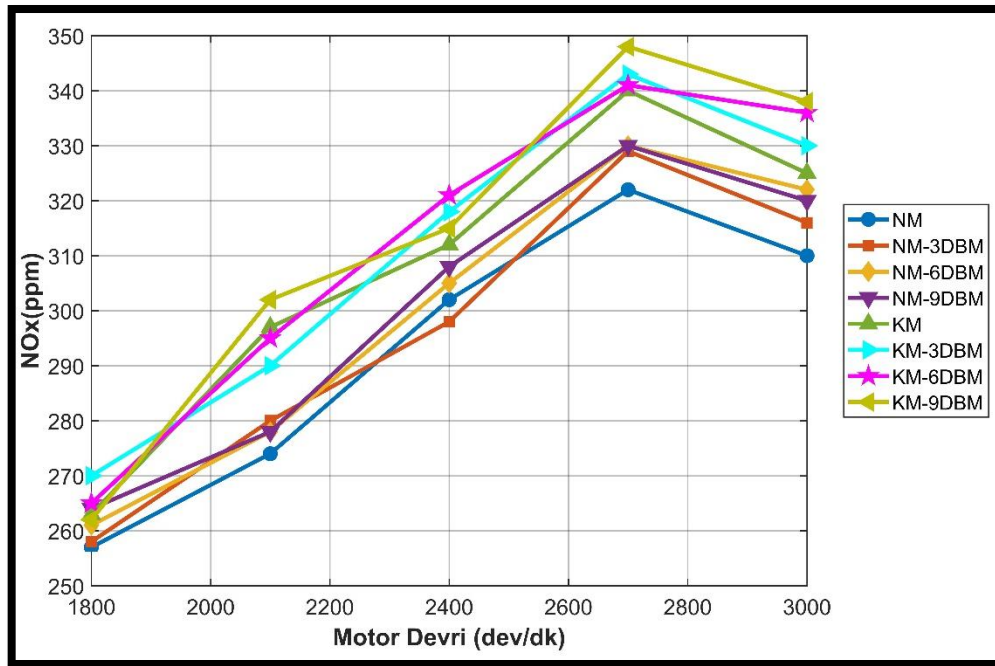
8.4.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

NO_x oluşumu yanma sıcaklığının bir fonksiyonudur. Dibutyl maleat katkısının ilave edilmesinin nitrojen oksit emisyonlarını arttırdığı gözlenmiştir. Dizel yakıt, katkılı yakıtlara göre düşük NO_x emisyonu yaymaktadır. Egzoz gazındaki yüksek NO_x konsantrasyonu, Dibutyl maleat (DBM) katkılı yakıtlardaki oksijen içeriğinden dolayı yüksek yanma

sıcaklığına bağlı olarak oluşmaktadır[112]. Test yakıtlarındaki oksijen oranı arttıkça, NO_x emisyonu da artmaktadır. Bunun nedeni, karışımda içeriğindeki artan oksijenin ihtivasının NO_x emisyonunun oluşumunu hızlandırdığı düşüncesidir[134].

Şekil 8.100' de NM ve KM' deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız NO_x emisyonlarının deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının NO_x emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

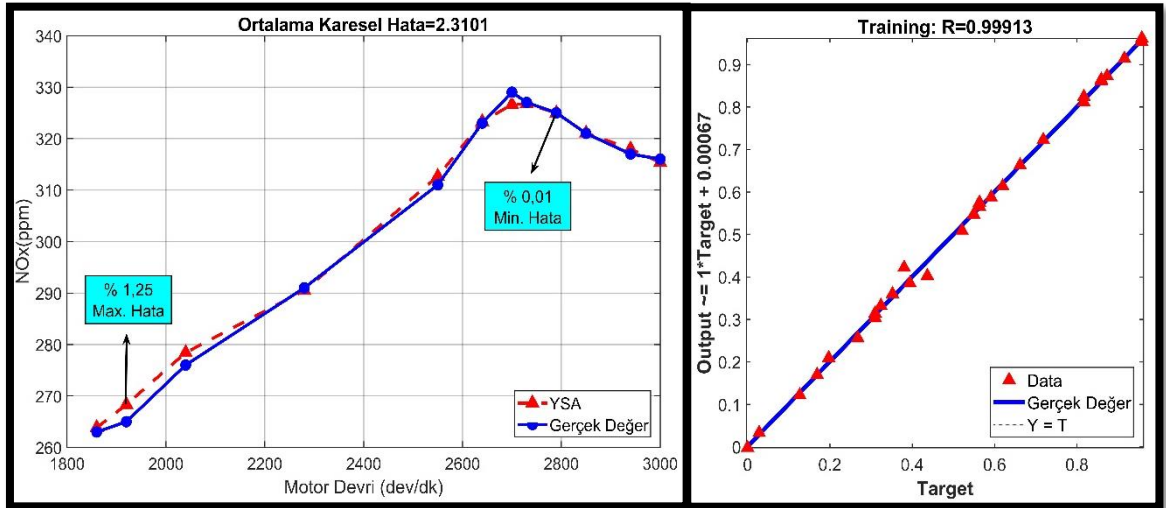
NO_x emisyonunun, NM ve KM' deki en yüksek seviyelerini 2700 dev/dk' da orta motor devirlerinin biraz üzerinde elde edildiği, Şekil 8.100' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu artış; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile NO_x emisyonları, hem NM' de hem de KM' de azalma göstermiştir. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresi kısılmasından dolayı, yanma veriminin düşmesi NO_x emisyonunun azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle NO_x emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DBM katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, azalma görülmüştür. Şekil 8.100' de görüldüğü gibi, DBM katkısının NO_x emisyonları üzerinde artış sağlayabilen bir etkisinin olduğu görülmektedir.



Şekil 8.100. NM ve KM' deki, DBM katkılı ve katkısız NO_x Emisyon değerleri

Şekil 8.100' de, NM ve KM' deki, DBM katkılı ve katkısız NO_x Emisyon değerleri görülmektedir. Şekil 8.100' de görüldüğü gibi TBK' lı KM' de, NO_x emisyonu, NM' ye kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Kaplanmış motorda ısı kaybının azalmasıyla, yanma sonrası ve yanma sırasında ortaya çıkan NO_x' ler, yüksek yanma sıcaklığından dolayı kaplamasız motora kıyasla önemli ölçüde artış göstermiştir.

DBM katkısı NM' de ve KM' de, NO_x emisyonunda düşük bir oranda artışa sebep olmuştur. Şekil 8.100' de görüldüğü gibi, NM ve KM' de DBM katkı oranlarının artışı, NO_x emisyonundaki artış oranını yükseltmiştir. NM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %1.17, %2.07, %2.37 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, NO_x emisyonlarının NM' ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. DBM' nin NO_x emisyonunu yükseltici eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da NO_x emisyonunu artırıcı etkisi, NO_x emisyon seviyesini daha fazla artırmıştır. KM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %5.83, %6.27, %6.72 oranlarında artış meydana gelmiştir.



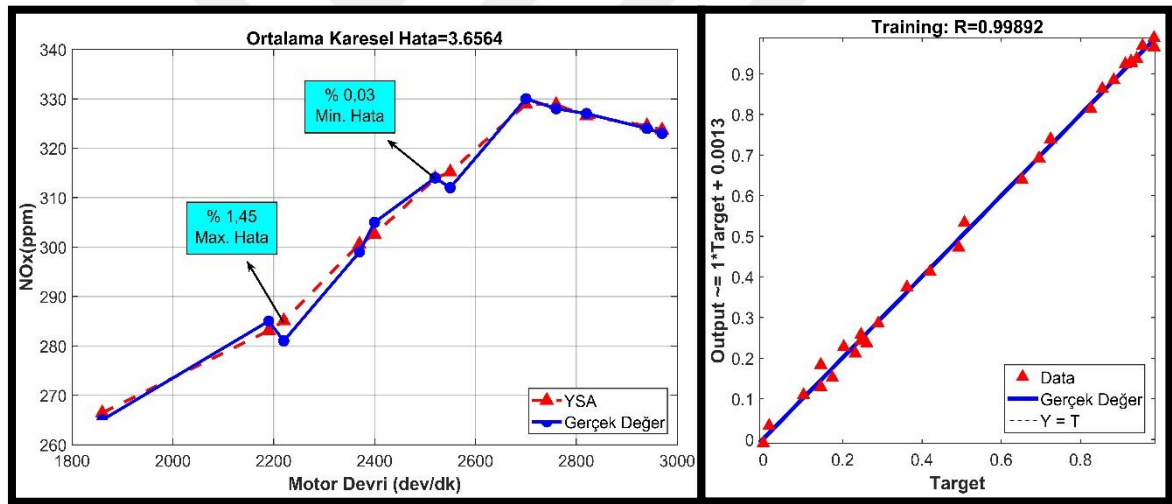
(a)

(b)

Şekil 8.101. (a) NM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.101' de %3 Dibütil Maleat katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1920 dev/dk' da, %1,25 olarak, minimum hatayı ise 2790 dev/dk' da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.101 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99913 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.102' de %6 Dibütil Maleat katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2220 dev/dk' da, %1,45 olarak, minimum hatayı ise 2520 dev/dk' da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.102 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99892 olarak hesaplanmıştır.



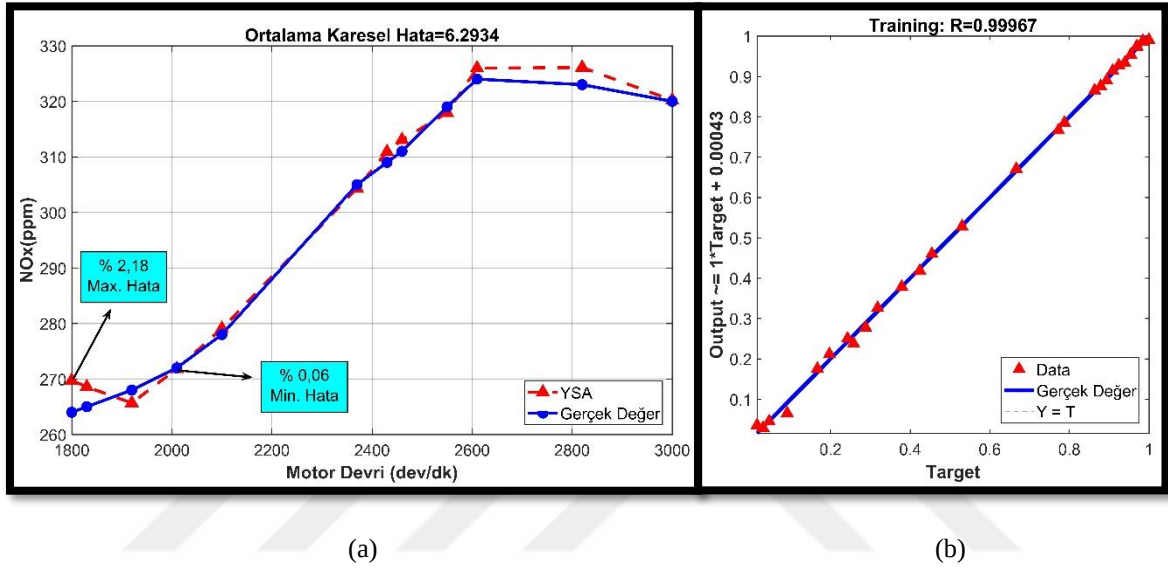
(a)

(b)

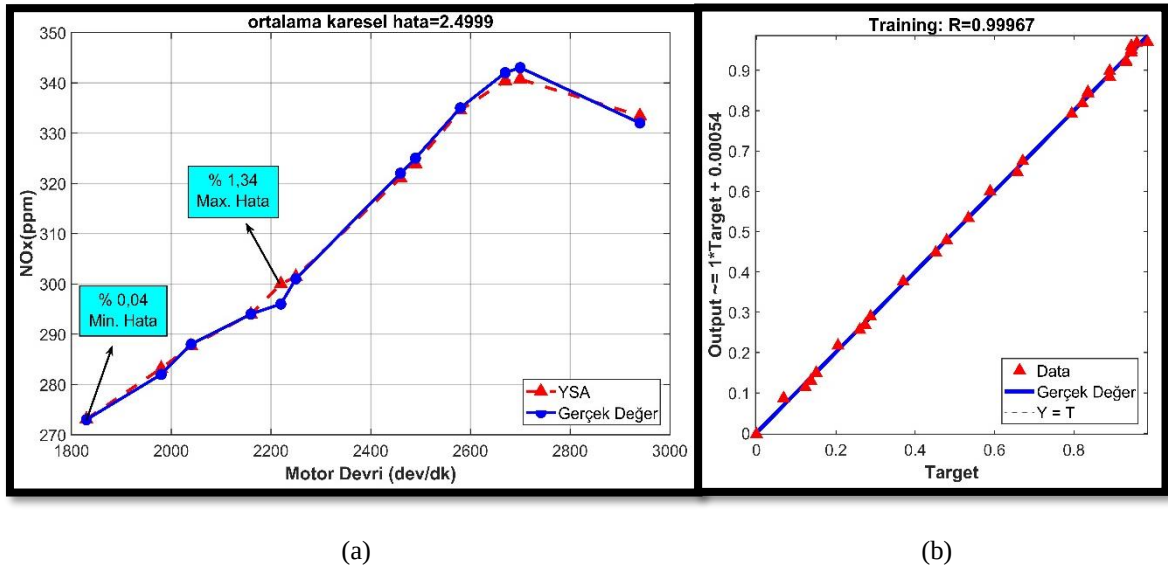
Şekil 8.102. (a) NM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.103' de %9 Dibütil Maleat katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %2,18 olarak, minimum hatayı ise 2010 dev/dk' da, %0,06 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.103 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99967 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.104' de %3 Dibütil Maleat katkılı KM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2220 dev/dk' da, %1,34 olarak, minimum hatayı ise 1840 dev/dk' da, %0,04 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.104 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99967 olarak hesaplanmıştır.

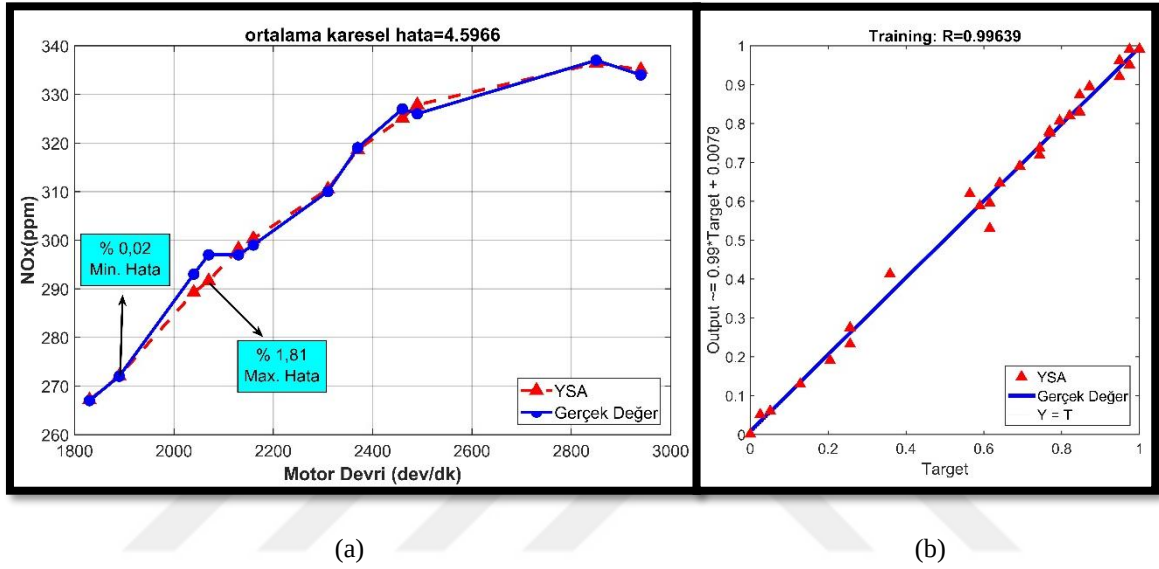


Şekil 8.103. (a) NM'de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

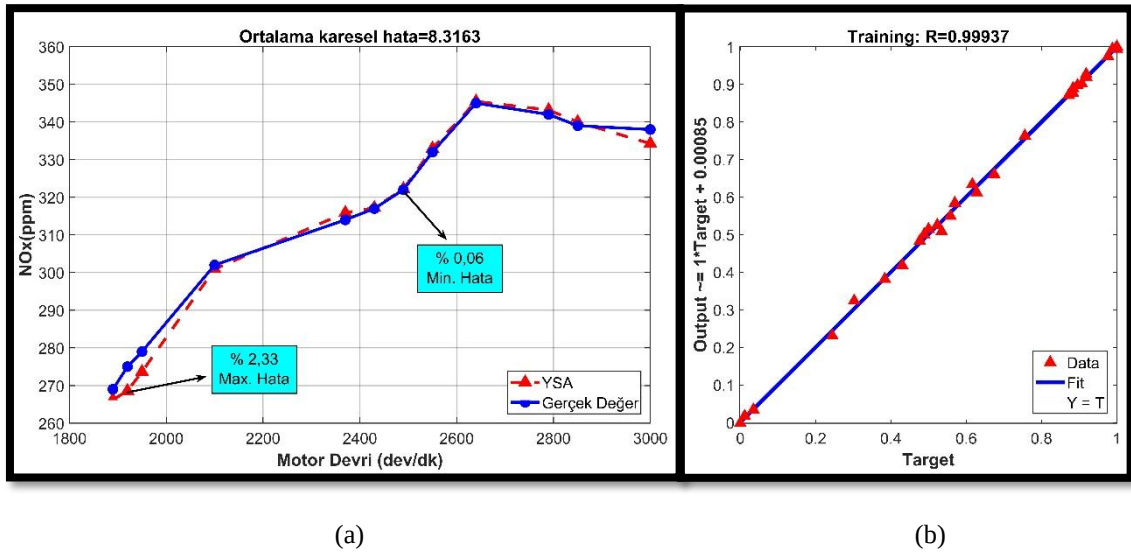


Şekil 8.104. (a) KM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.105’ de %6 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2070 dev/dk’ da, %1,81 olarak, minimum hatayı ise 1890 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.105 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99639 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.105. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği



Şekil 8.106. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.106’ de %9 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %1,73 olarak, minimum hatayı ise 2340 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.106 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99885 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.14. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,96	%0,10	0,99711
NM-%3DBM	%1,25	%0,01	0,99913
NM-%6DBM	%1,45	%0,03	0,99892
NM-%9DBM	%2,18	%0,06	0,99697
KM	%1,97	%0,01	0,99949
KM-%3DBM	%1,34	%0,04	0,99967
KM-%6DBM	%1,81	%0,02	0,99639
KM-%9DBM	%2,33	%0,06	0,99937

Tablo 8.14’ de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, NO_x emisyonlarını; %2,33 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

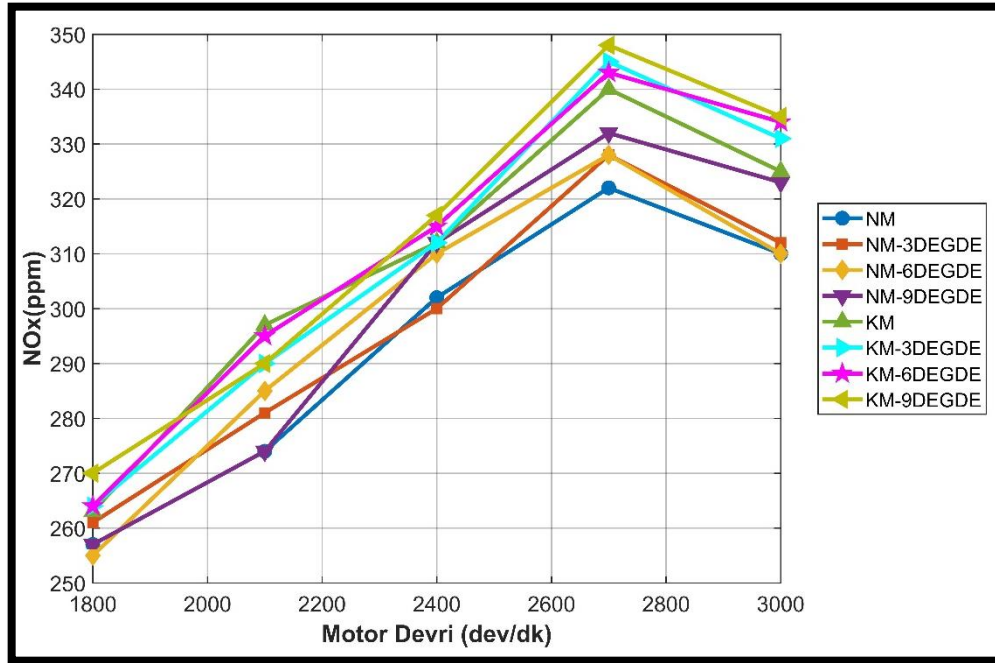
8.4.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) kimyasal formülü C₆H₁₄O₃ olan, yapısında OH radikal grupları bulunan, setan sayısı 126 olan bir oksijenli bir katkı maddesidir. Yapısındaki oksijen atomları ve setan sayısının yüksek olması sebebi ile potansiyel bir dizel yakıt katkısı olarak görülmektedir.

Dizel-oksijenat karışımları için NO_x’ i etkileyen iki faktör bulunmaktadır; biri gaz sıcaklığı ve diğeri de yüksek sıcaklıkta gazın süresidir. Bir yönde dizel-oksijenat karışımlarının kullanılması, silindir maksimum ortalama gaz sıcaklığını artırır ve bu, NO_x konsantrasyonunu artırma eğilimi gösterir. Başka bir açıdan, dizel-oksijenat karışımlarının kullanımı, yüksek sıcaklıkta gazın süresini azaltır ve bu, NO_x konsantrasyonunu azaltma eğilimindedir[113]. Kapsamlı etki, dizel-oksijenatın NO_x davranışlarını değişken kılmaktadır.

Oksijenle zenginleştirilmiş yakıtların NO_x emisyonlarındaki artış, özellikle alev bölgesindeki yakıt bakımından zengin bölgelerde, oksijen içeriğinin daha yüksek oranda bulunabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yüksek sıcaklıktaki alev bölgesinde, NO_x emisyonlarının oluşumunun termal olarak kontrol edilmesi daha olasıdır[128]. Daha önce birçok araştırmacı tarafından rapor edilen azot oksit emisyonları, temel dizel yakıtına DEGDE ilavesinin daha yüksek NO_x üretimi ile sonuçlandığını göstermiştir[135].

NO_x emisyonunun, NM ve KM' deki en yüksek seviyelerini 2700 dev/dk' da orta motor devirlerinin biraz üzerinde elde edildiği, Şekil 8.107' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu artış; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile NO_x emisyonları, hem NM' de hem de KM' de azalma göstermiştir. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresi kısalmasından dolayı, yanma veriminin düşmesi NO_x emisyonunun azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle NO_x emisyonlarında, her iki motor tipinde ve DEGDE katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, azalma görülmüştür. Şekil 8.107' de görüldüğü gibi, DBM katkısının NO_x emisyonları üzerinde artış sağlayabilen bir etkisinin olduğu görülmektedir. Şekil 8.107' de, NM ve KM' deki, DEGDE katkılı ve katkısız NO_x emisyon değerleri görülmektedir.



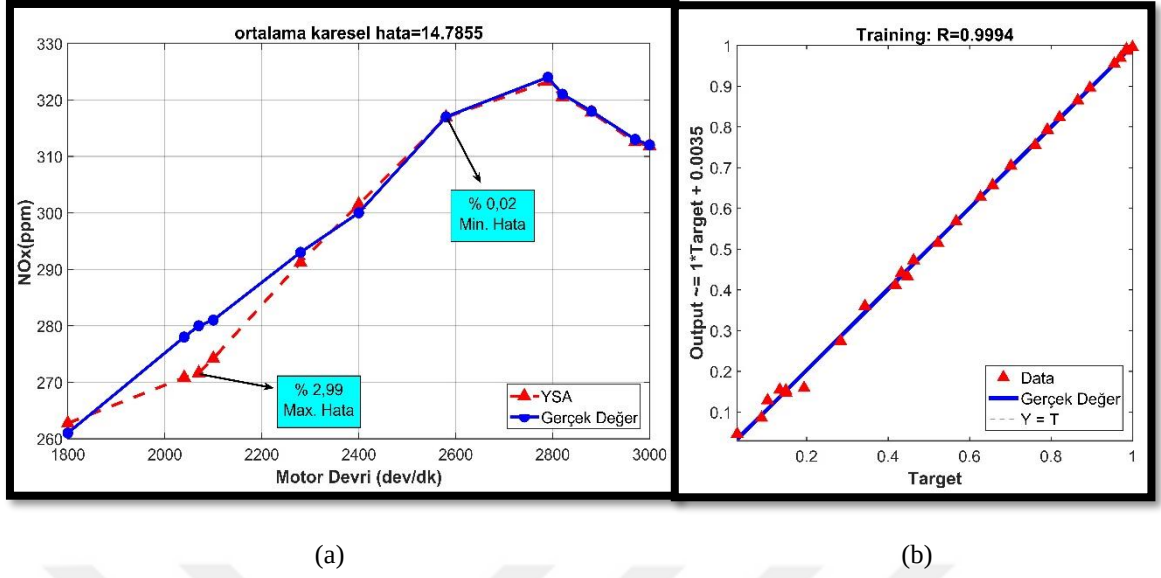
Şekil 8.107. NM ve KM' deki, DEGDE katkılı ve katkısız NO_x emisyon değerleri

Şekil 8.107' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının NO_x emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade etmektedir.

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM' de ve KM' de, NO_x emisyonunda artışa sebep olmuştur. NM ve KM' de DEGDE katkı oranlarının artışı, NO_x emisyonunda artış oranını yükseltmiştir. NM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %1.19, %1.55, %2.12 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, NO_x emisyonlarının NM' ye kıyasla daha fazla arttığı görülmektedir. DEGDE katkısının NO_x emisyonunu artırma eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da NO_x emisyonunu artırıcı etkisi, emisyon seviyesini çok daha fazla yükseltmiştir. KM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9DEGDE katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %5.16, %5.80, %6.40 oranlarında artış meydana gelmiştir.

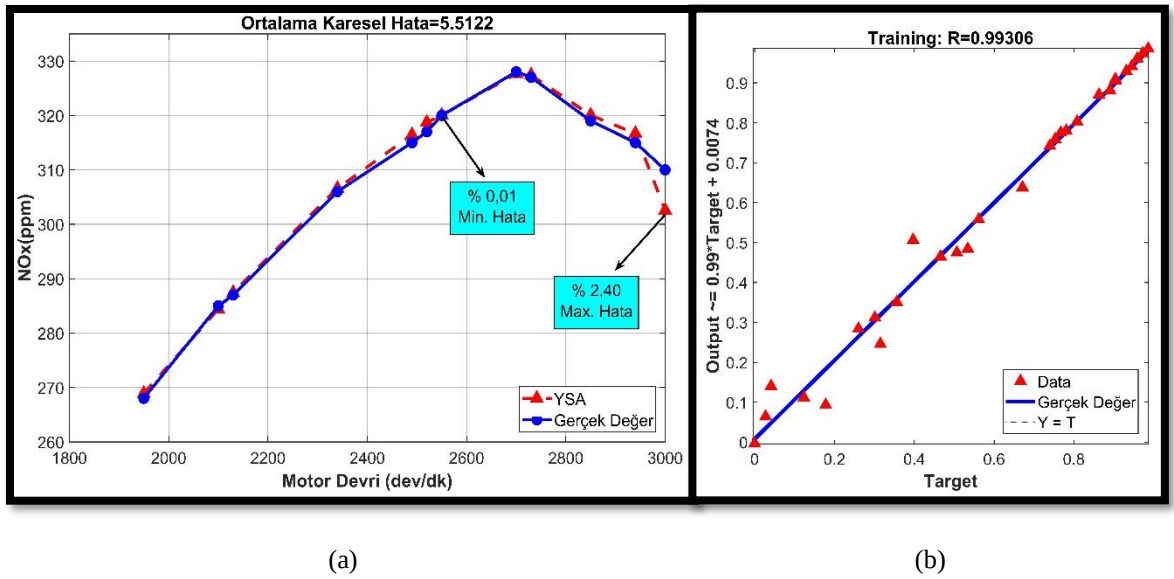
Deneyssel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, DEGDE katkısı ile NO_x emisyonunda artış meydana geldiği görülmüştür[135].

Şekil 8.108' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2070 dev/dk' da, %2,99 olarak, minimum hatayı ise 2580 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.108 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9994 olarak hesaplanmıştır.

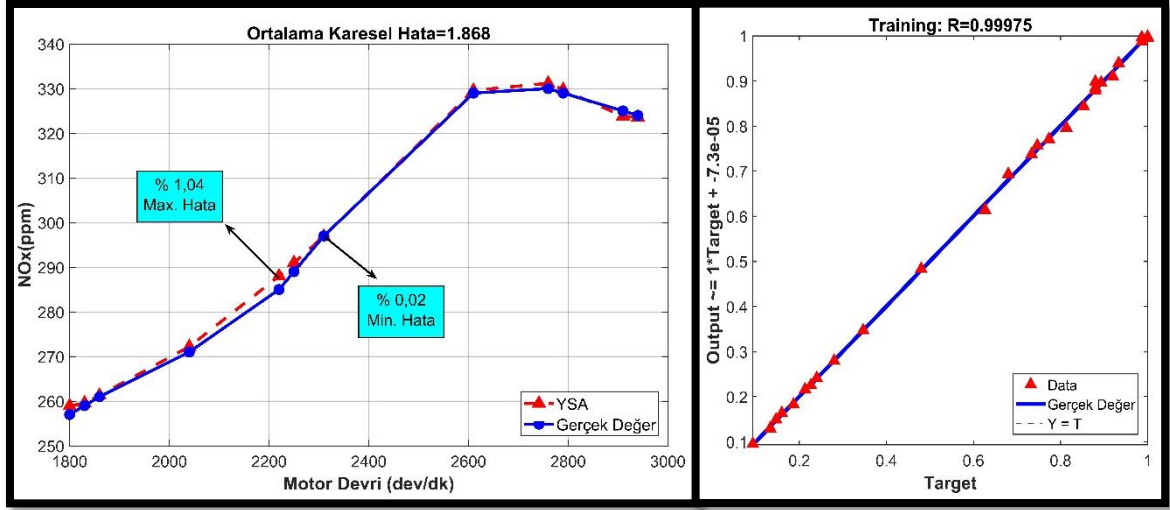


Şekil 8.108. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.109’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %2,40 olarak, minimum hatayı ise 2550 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.109 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99306 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.109. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

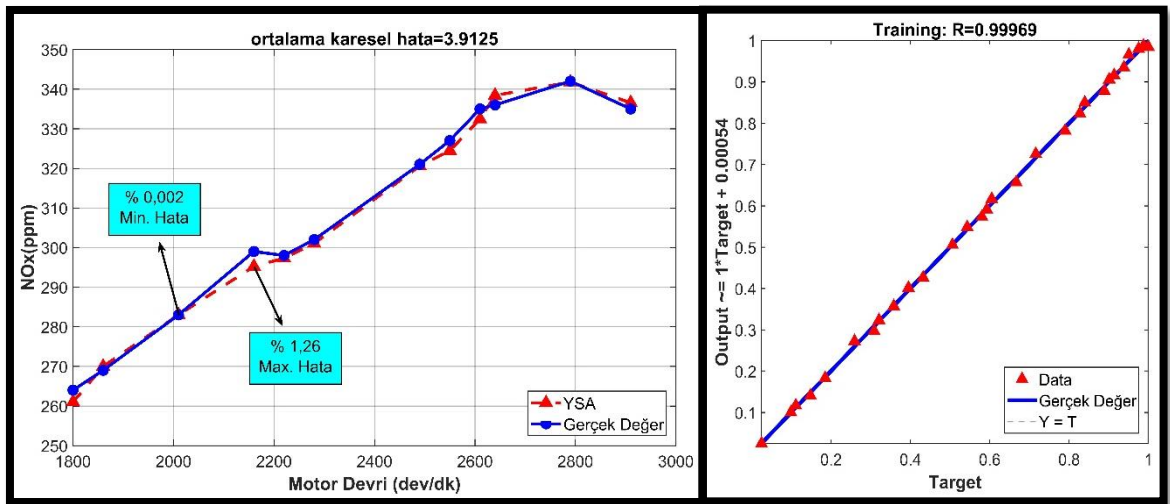


(a)

(b)

Şekil 8.110. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.110’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2220 dev/dk’ da, %1,04 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.110 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99975 olarak hesaplanmıştır.



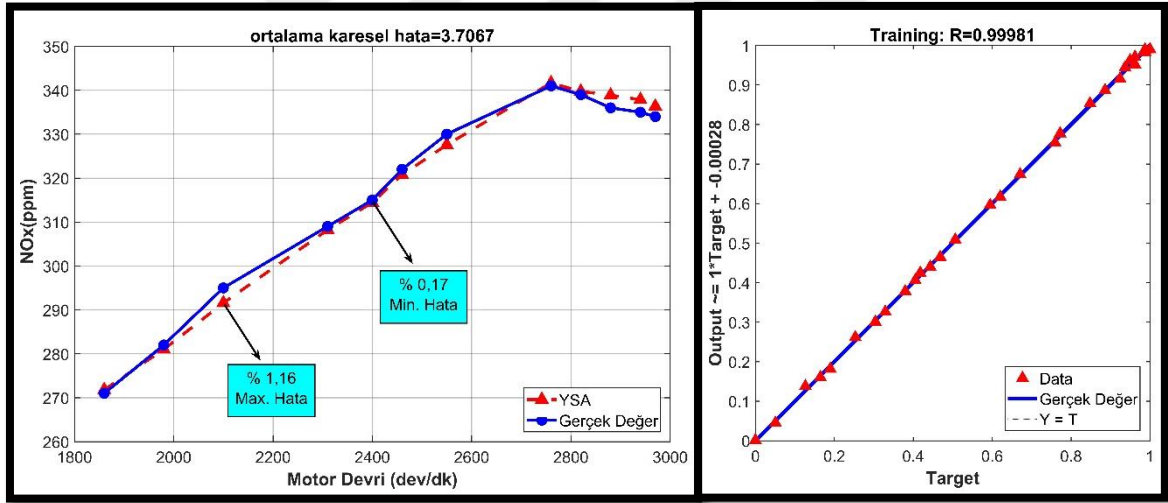
(a)

(b)

Şekil 8.111. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.111’ de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2160 dev/dk’ da, %1,26 olarak, minimum hatayı ise 2010 dev/dk’ da, %0,002 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.111 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99969 olarak hesaplanmıştır.

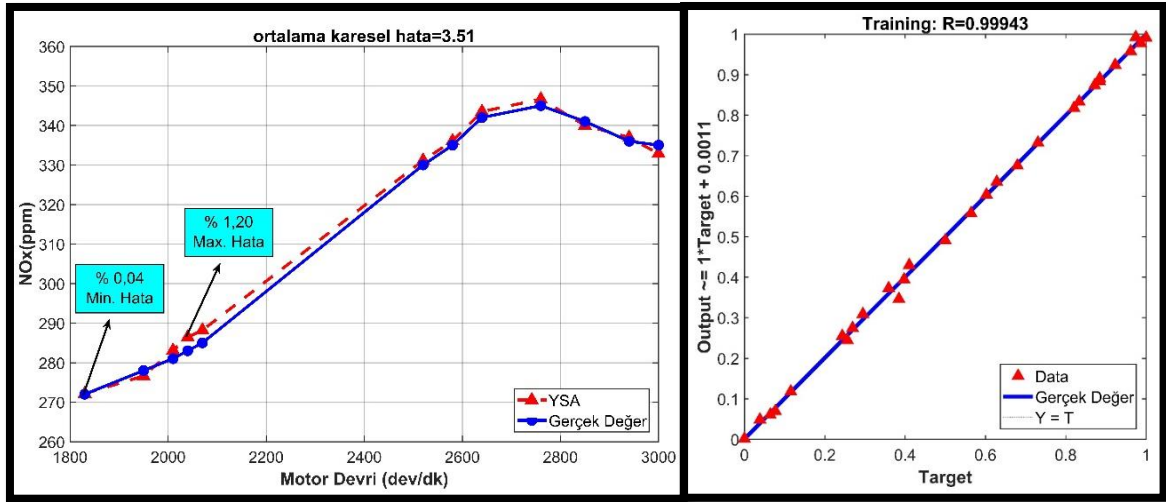
Şekil 8.112’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2100 dev/dk’ da, %1,16 olarak, minimum hatayı ise 2400 dev/dk’ da, %0,17 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.112 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99981 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.112. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.113. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.113’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %1,20 olarak, minimum hatayı ise 1830 dev/dk’ da, %0,04 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.113 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99943 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.15. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,96	%0,10	0,99711
NM-%3DEGDE	%2,99	%0,02	0,9994
NM-%6DEGDE	%2,40	%0,01	0,99306
NM-%9DEGDE	%1,04	%0,02	0,99975
KM	%1,97	%0,01	0,99949
KM-%3DEGDE	%1,26	%0,002	0,99969
KM-%6DEGDE	%1,16	%0,17	0,99981
KM-%9DEGDE	%1,20	%0,04	0,99943

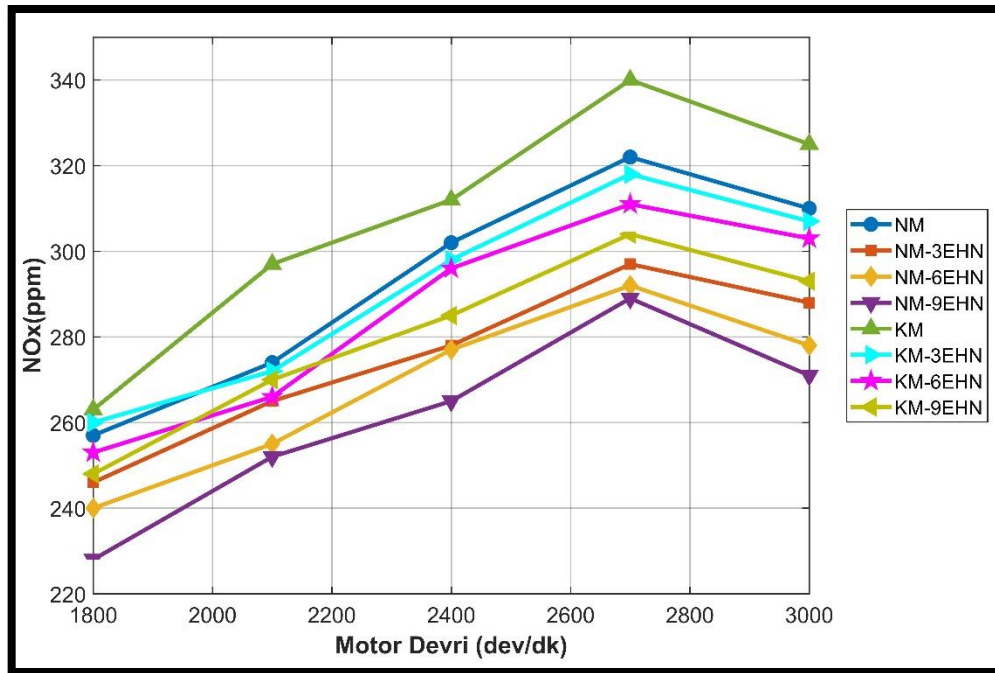
Tablo 8.15’ de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, NO_x emisyonlarını; %2,99 - %0,002 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.4.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

Etilheksil Nitrat (EHN) $C_8H_{17}NO_3$ kimyasal formülüne sahip, setan sayısını arttırmak için dizel yakıt katkı maddeleri olarak bilinen, performansı yüksek, yaygın olarak kullanılan tutuşmaya yardımcı katkı maddeleri arasında ticari bir setan iyileştiricisidir.

NO_x oluşumunu etkileyen ana faktörler, O_2 konsantrasyonu, yüksek sıcaklık ve yüksek sıcaklık süresidir[120]. Daha yüksek maksimum silindir basınçları, daha yüksek maksimum sıcaklıklara neden olmaktadır ve sonuç olarak NO_x emisyonları da sıcaklığın bir fonksiyonu olarak oluşumu gerçekleştiği için, artış gösterirler. Genel olarak, yakıtların geliştirilmiş setan sayısı NO_x üretimini az ya da neredeyse hiç değişiklik göstermemiş, tutuşma gecikmesindeki düşüşler, önceden karıştırılmış (premixed) yanma, maksimum ısı yayma oranı ve silindirdeki tepe yanma basıncı gibi parametrelerde ihmal edilebilir artışlar nedeniyle az da olsa değişmişler göstermiştir[136].

Düşük setan yakıtı daha uzun tutuşma gecikmesi sağladığı ve bunun tersi olduğu için, setan sayısı yakıtın yanma ve NO_x emisyonu üzerinde büyük bir etkisi vardır. EHN ve gibi ateşleme destekleyicilerinin eklenmesi, setan sayısını artırır ve tutuşma gecikmesini azaltır, sonuç olarak NO_x emisyonu azalır[130]. Şekil 8.114’ de, NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız NO_x emisyon değerleri görülmektedir.



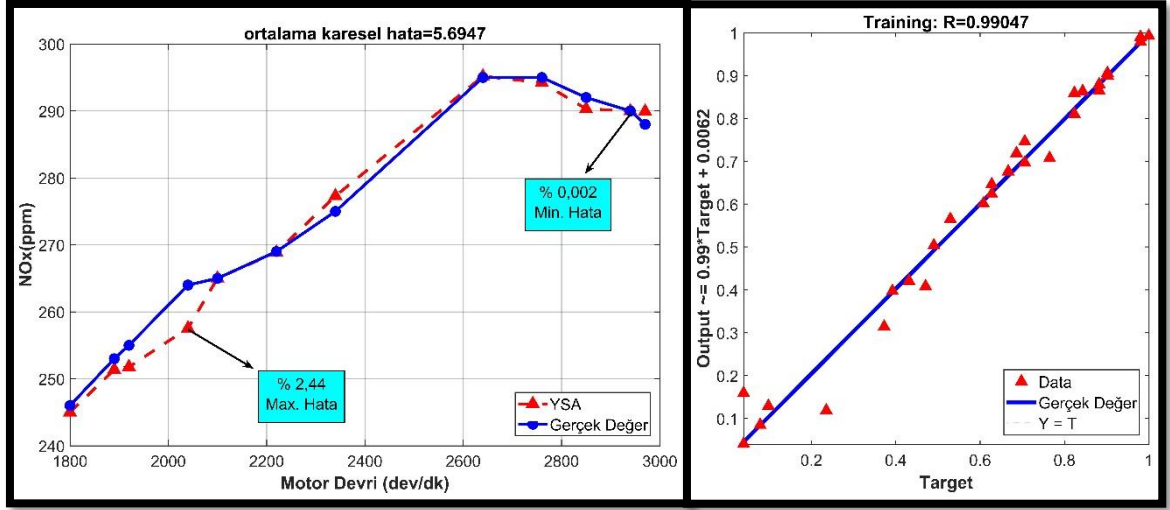
Şekil 8.114. NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız NO_x Emisyon değerleri

Şekil 8.114' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının NO_x emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir.

NO_x emisyonunun, NM ve KM' deki en yüksek seviyelerini 2700 dev/dk' da orta motor devirlerinin biraz üzerinde elde edildiği, Şekil 8.114' de görülmektedir. Orta motor devirlerindeki bu artış; yanma odası içerisindeki gaz sıcaklığının artmasından dolayı kaynaklanmaktadır. Motor devrinin yükselmesi ile NO_x emisyonları, hem NM' de hem de KM' de azalma göstermiştir. Yüksek devirlerde silindir içi sıcaklığın daha yüksek olmasına rağmen, yakıtın yanma süresi kısılmasından dolayı, yanma veriminin düşmesi NO_x emisyonunun azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle NO_x emisyonlarında, her iki motor tipinde ve EHN katkısı olmasına rağmen yüksek motor devirlerinde, azalma görülmüştür. Şekil 8.114' de görüldüğü gibi, DBM katkısının NO_x emisyonlarını azaltıcı bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM' de ve KM' de, NO_x emisyonlarında düşüşlere sebep olmuştur. NM ve KM' de EHN katkı oranlarının artışı, NO_x emisyonundaki azalma oranını yükseltmiştir. NM' de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %6.07, %8.29, %10.10 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, NO_x emisyonlarının NM' ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. EHN katkısının NO_x emisyonunu azaltma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da NO_x emisyonun artırıcı etkisi, NO_x emisyonu düşüşünü sınırlamıştır. KM' de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen NO_x emisyonları ile katkısız NM' deki NO_x emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %0.62, %2.43 ve %4.33 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Bu durum TBK uygulaması yapılmış bir motordaki NO_x artışının EHN katkısı ile kontrol edilebileceğini göstermektedir.

Şekil 8.115' de %3 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2040 dev/dk' da, %2,44 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,002 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.115 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99047 olarak hesaplanmıştır.

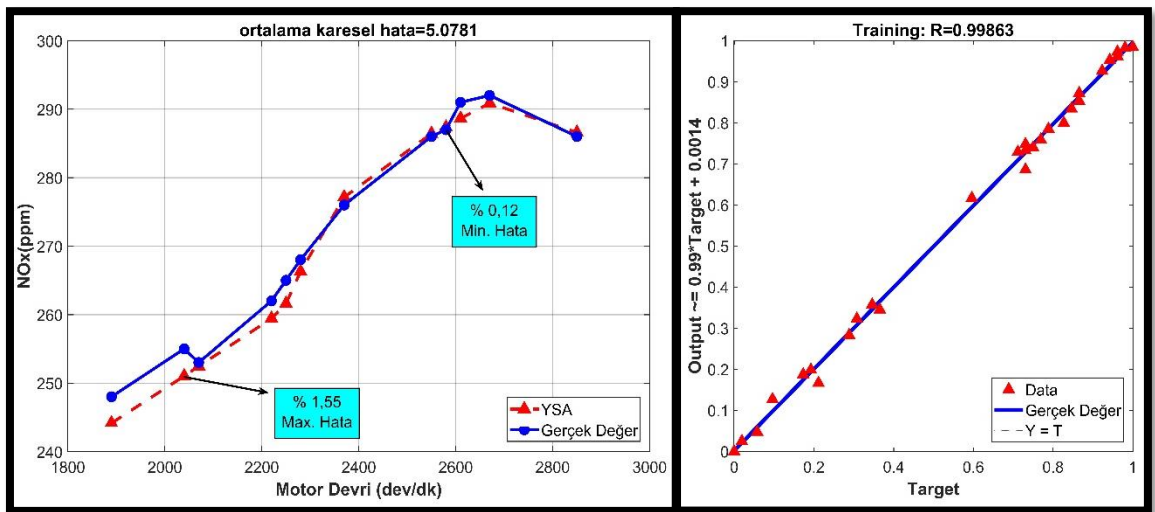


(a)

(b)

Şekil 8.115. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.116’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %1,55 olarak, minimum hatayı ise 2580 dev/dk’ da, %0,12 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.116 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99863 olarak hesaplanmıştır.

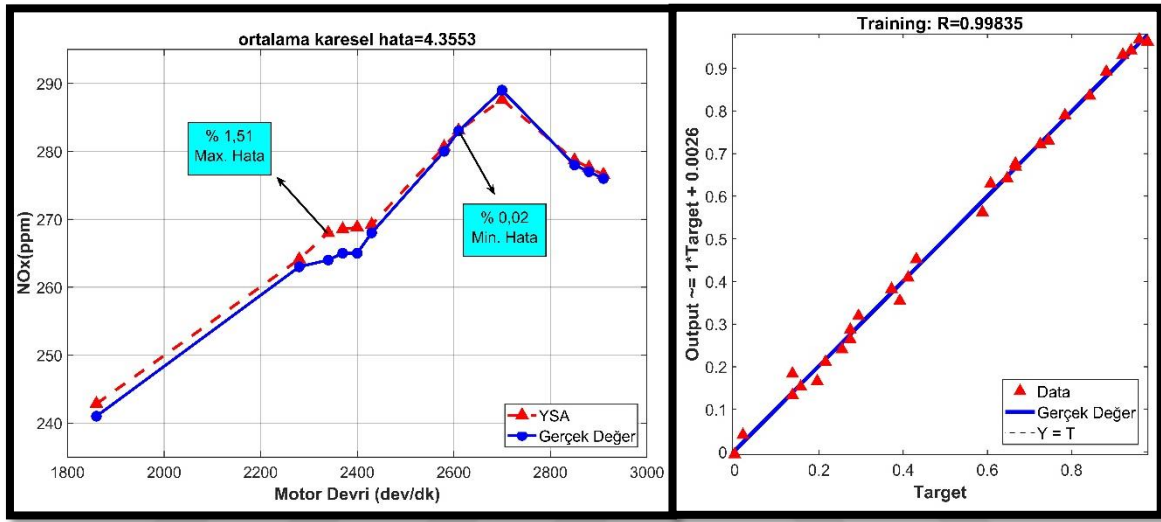


(a)

(b)

Şekil 8.116. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

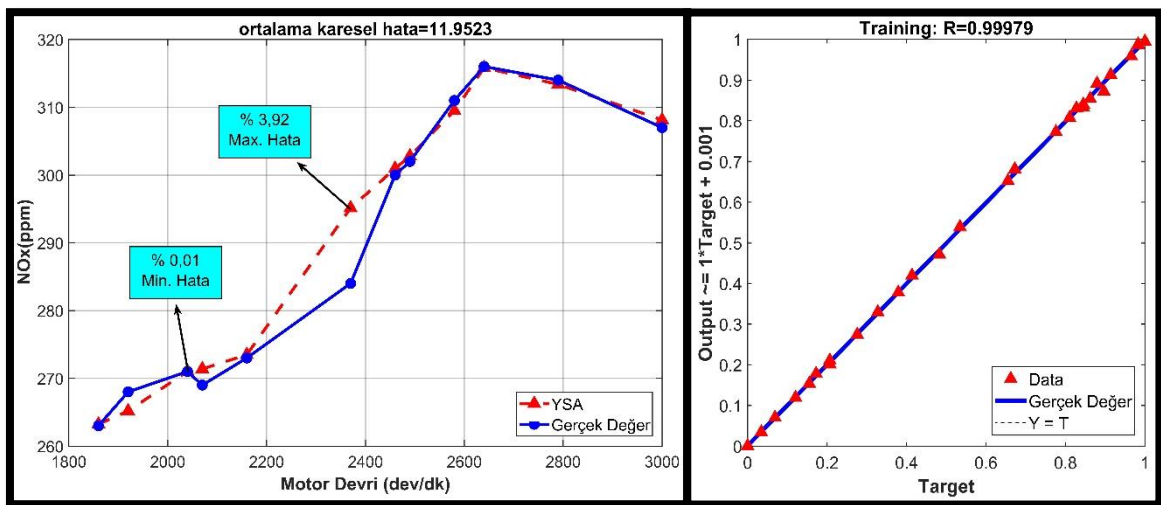
Şekil 8.117' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM' nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2340 dev/dk' da, %1,51 olarak, minimum hatayı ise 2610 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.117 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99835 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.117. (a) NM'de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

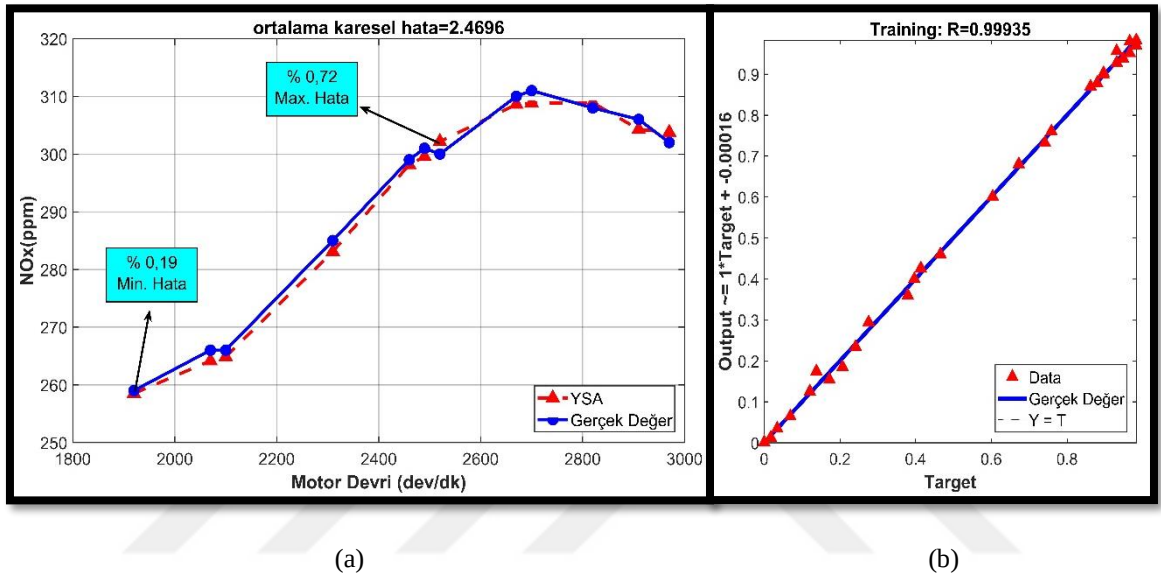


(a)

(b)

Şekil 8.118. (a) KM'de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

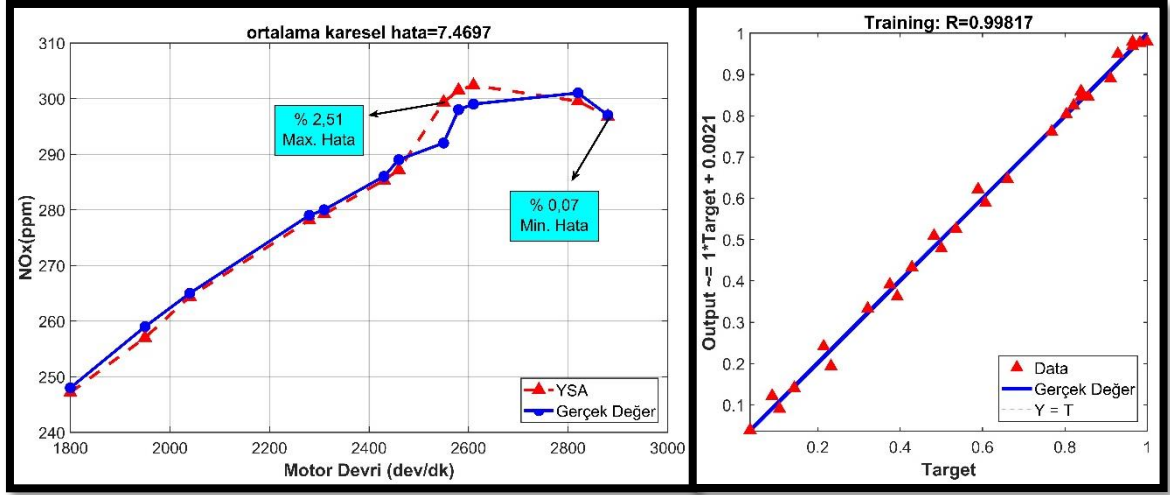
Şekil 8.118’ de %3 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2370 dev/dk’ da, %3,82 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.118 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99979 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.119. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Şekil 8.119’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2520 dev/dk’ da, %0,72 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk’ da, %0,19 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.119 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99935 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.120’ de %9 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM’ nin NO_x emisyonu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2550 dev/dk’ da, %2,51 olarak, minimum hatayı ise 2880 dev/dk’ da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.120 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99817 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.120. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA NO_x emisyon değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, NO_x emisyonu Regresyon grafiği

Tablo 8.16’ de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, NO_x emisyonlarını; %3,92 - %0,002 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.16. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki NO_x emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%1,96	%0,10	0,99711
NM-%3EHN	%2,44	%0,002	0,99047
NM-%6EHN	%1,55	%0,12	0,99863
NM-%9EHN	%1,51	%0,02	0,99835
KM	%1,97	%0,01	0,99949
KM-%3EHN	%3,92	%0,01	0,99979
KM-%6EHN	%0,72	%0,19	0,99935
KM-%9EHN	%2,51	%0,07	0,99817

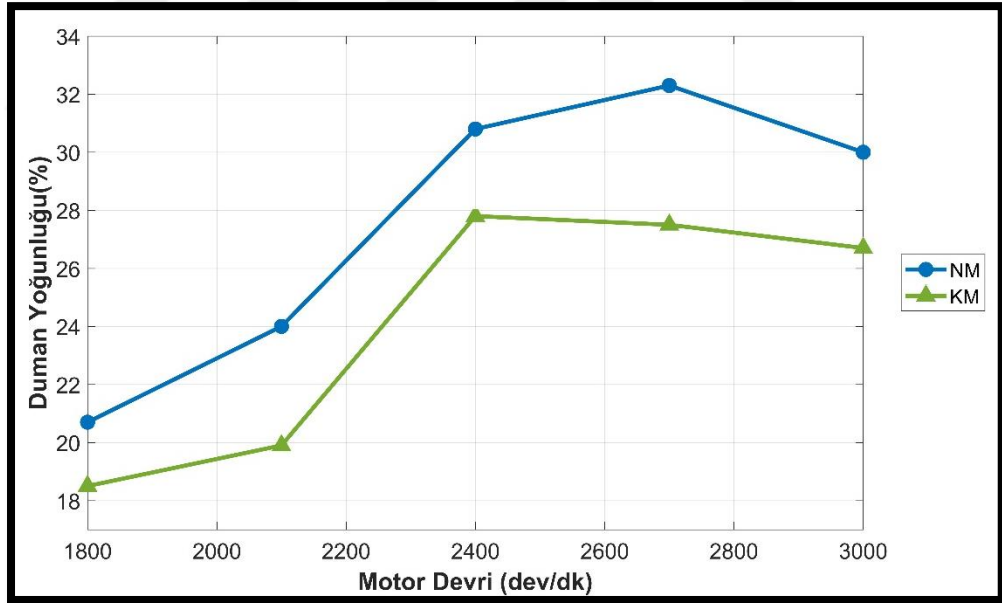
8.5. Duman Yoğunluğu Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Dizel motorda yanma odasında sıvı halde mevcut olan yakıt damlasının içindeki H₂ molekülleri, oksijenle reaksiyona girmekte ve kalan karbon atomları yeterli oksijen bulamadığından oksidasyona uğramayarak is partikülleri biçiminde dışarı atılmaktadır. Duman oluşumunun sebepleri; yakıtın cinsi, silindir içinde yeterli hava bulamaması veya

yakıtın püskürtülmesi zamanında hızla hava ile karışmaması ve buharlaşmamasıdır. Duman emisyonu oksijen eksikliğinde meydana gelir. Oksijen eksikliği yanma odasında lokal olarak görülebilir ve azalan hava / yakıt oranı ile artar[99].

Duman emisyonunun oluşumu, motor koşullarına, yanma odasının tipine ve yakıtın fiziksel-kimyasal özelliklerine bağlıdır[137]. Duman emisyonu oksijen eksikliğinde meydana gelir. Oksijen eksikliği, yanma odasında lokal olarak görülebilir ve azalan hava / yakıt oranı ile artar[99].

Duman emisyonları, düşük motor hızlarında, her iki motorda da daha düşüktür. Bu durum, düşük hava sirkülasyon hızları ve düşük hızlarda yanma odasında düşük sıcaklıklardan kaynaklandığına inanılmaktadır. Şekil 8.121' de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için NM ve KM' de hız arttıkça duman emisyonları artmıştır. Yüksek hızlarda yanma için yetersiz zaman, düşük yanma verimi ve zengin karışım oluşumu duman emisyonlarının oluşumunu arttırdığına inanılmaktadır[138]. Şekil 8.121' de, NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış Duman yoğunluğu değerleri gösterilmiştir.

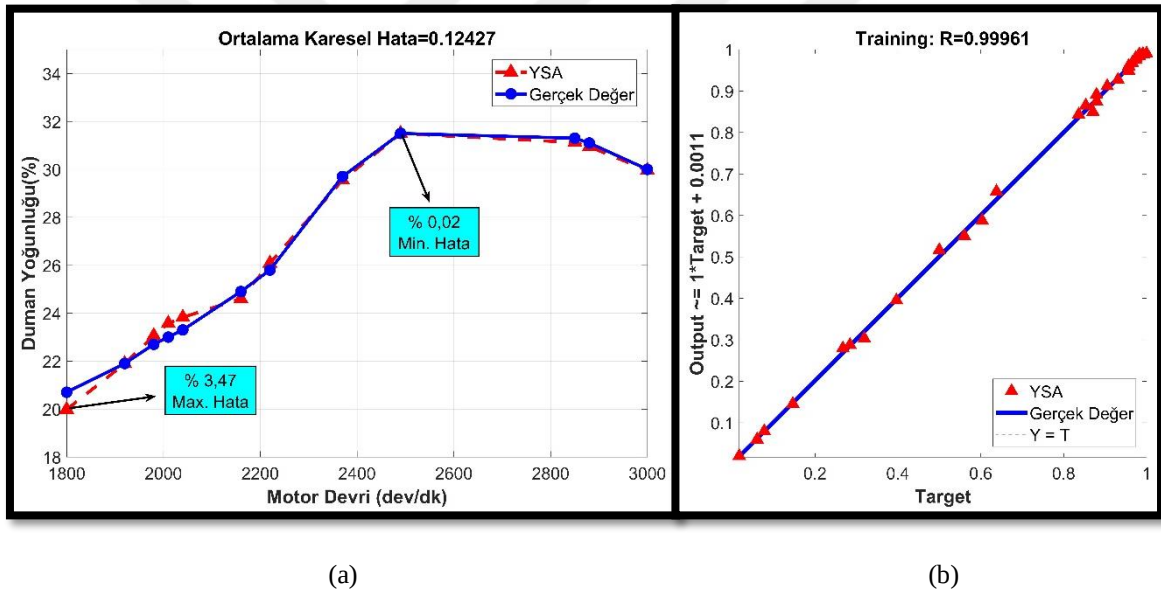


Şekil 8.121. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış Duman yoğunluğu değerleri

Şekil 8.121 incelendiğinde, Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, Duman emisyonlarının NM' ye kıyasla düşüş gösterdiği anlaşılmaktadır. Duman emisyonlardaki bu azalma miktarı ortalama %12,66 olarak hesaplanmıştır. Cr_2O_3 kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp,

yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırması ile Duman yoğunluğunun oluşumunu azaltmıştır. TBK'nın duman emisyonları üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Yanma odası sıcaklığı, kaplamanın yalıtım etkisine bağlı olarak homojen olarak arttıkça, duman yoğunluğunu büyük miktarda azaltmaktadır[119]. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki TBK uygulamaları ile benzerlik göstermiş, çeşitli seramiklerle kaplanmış motorlardaki Duman emisyonlarında düşüş gösterdiği anlaşılmıştır[104, 105, 145].

Şekil 8.122' de katkısız NM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkısız NM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %3,47 olarak, minimum hatayı ise 2490 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.122 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99961 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.122. (a) NM'de katkısız, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM katkısız, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

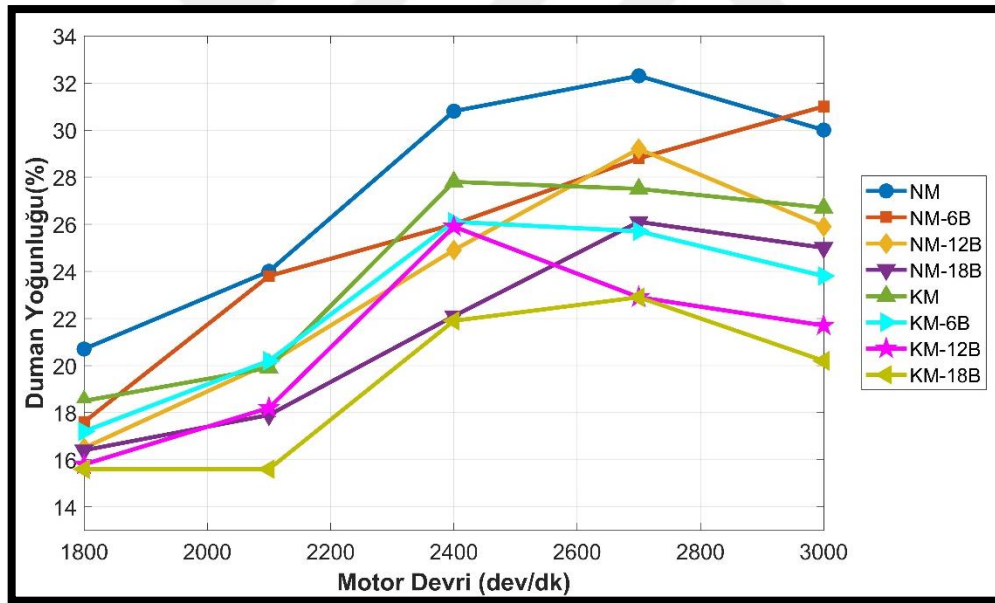
8.5.1 Bütanol Katkısının Etkileri

Duman yoğunluğunun oluşumu, motor durumuna, yanma odasının tipine ve yakıtın fiziko-kimyasal özelliklerine bağlıdır[132]. Duman yoğunluğu oksijen eksikliğinde meydana gelmektedir. Oksijen eksikliği yanma odasında lokal olarak görülebilir ve azalan hava / yakıt oranı ile artar. Dizel yakıtına alkol ilavesi, yüksek oksijen kütle içeriği ve alkol yakıtlarının düşük C / H değeri nedeniyle tüm motor yüklerindeki duman emisyonlarını

azaltır. Alkollerin yüksek oksijen kütlesi içeriği yanmayı artırır ve egzoz gazındaki duman oluşumunu önler. Ayrıca, yüksek viskozite ve yoğunluk, yakıt atomizasyonunu ve yanmasını bozar[99].

Yakıt karışımlarındaki artan bütanol içeriğiyle duman yoğunluğu azaldığı görülmüştür. Bu eğilim, bütanol / dizel yakıt karışımlarının daha yüksek oksijen ve daha düşük karbon içeriğinden kaynaklanmaktadır[103].

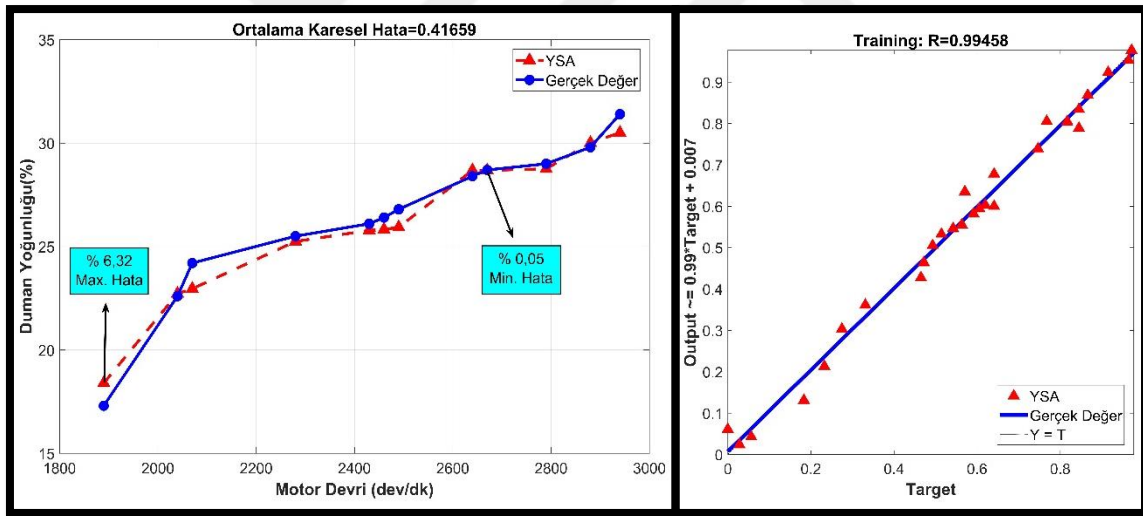
Duman emisyonları, düşük motor hızlarında, her iki motorda da daha düşüktür. Bu durum, düşük hava sirkülasyon hızları ve düşük hızlarda yanma odasında düşük sıcaklıklardan kaynaklandığına inanılmaktadır. Şekil 8.123' de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için NM ve KM' de hız arttıkça duman emisyonları artmıştır. Yüksek hızlarda yanma için yetersiz zaman, düşük yanma verimi ve zengin karışım oluşumu duman emisyonlarının oluşumunu arttırdığına inanılmaktadır[138]. Şekil 8.123' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız Duman yoğunluğu değerleri görülmektedir.



Şekil 8.123. NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız Duman yoğunluğu değerleri

Şekil 8.123' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının Duman yoğunluğu değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6B ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Bütanol katkısını ifade etmektedir.

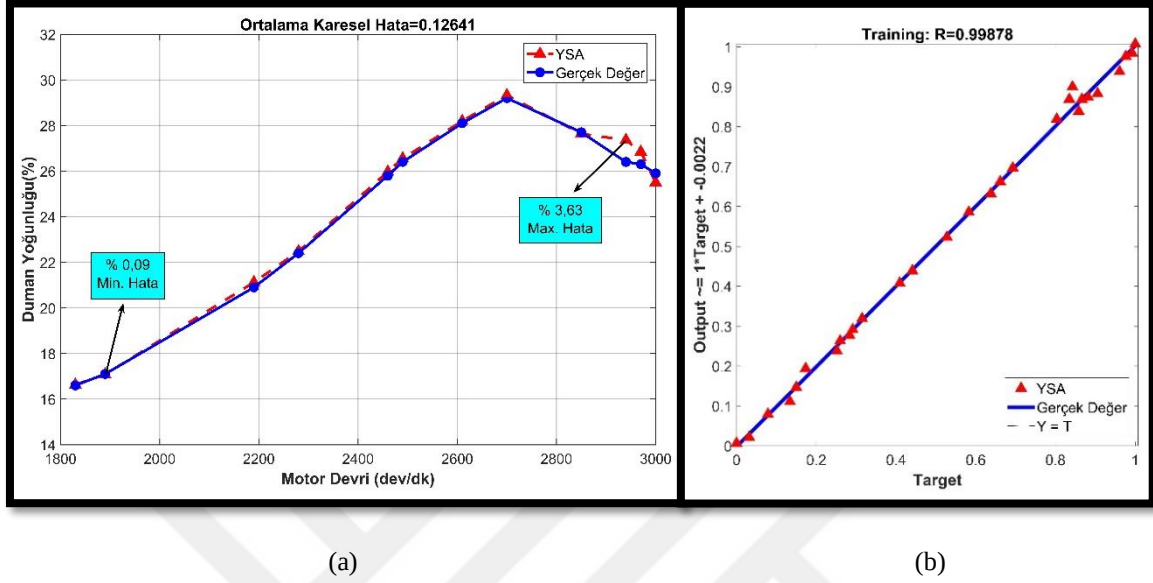
Bütanol (B) katkısı NM' de ve KM' de, Duman yoğunluğunda azalmaya neden olmuştur. NM ve KM' de Bütanol katkı oranlarının artışı, Duman yoğunluğundaki azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen Duman emisyonları ile katkısız NM' deki Duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %7.82, %16.18, %22.27 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, Duman yoğunluğunun NM' ye kıyasla azalma gösterdiği görülmektedir. Bütanol katkısının Duman yoğunluğunu azaltma eğilimi ile birlikte, TBK uygulamasının da Duman yoğunluğunu azaltıcı etkisi, deneysel verilerle görülmüştür. KM' de ısı kaybında azalma olmasıyla, yanma sırasında ortaya çıkan yüksek yanma sıcaklığı ile kaplamasız motora kıyasla Duman yoğunluğu önemli ölçüde azaltmıştır. KM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen Duman emisyonları ile katkısız NM' deki Duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %17.88, %24.13 ve %30.16 oranlarında azalma meydana gelmiştir.



Şekil 8.124. (a) NM' de %6B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6B katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.124' de %6 Bütanol katkılı NM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş NM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %6,32 olarak, minimum hatayı ise 2670 dev/dk' da, %0,05 olarak

hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.124 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99458 olarak hesaplanmıştır.



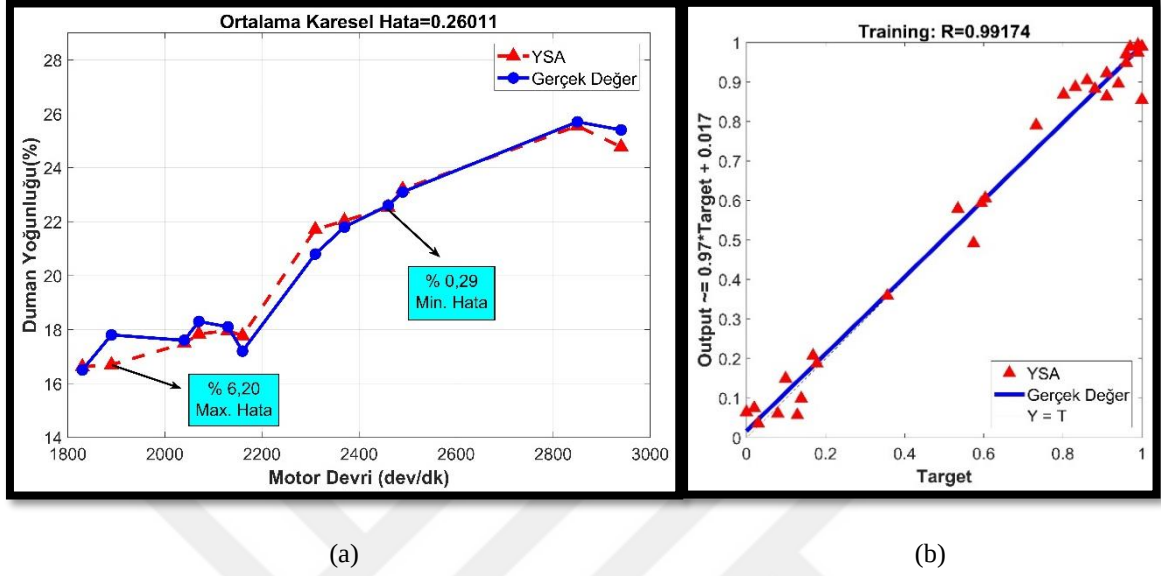
Şekil 8.125. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %12B katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.125’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2940 dev/dk’ da, %3,63 olarak, minimum hatayı ise 1890 dev/dk’ da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.125 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99878 olarak hesaplanmıştır.

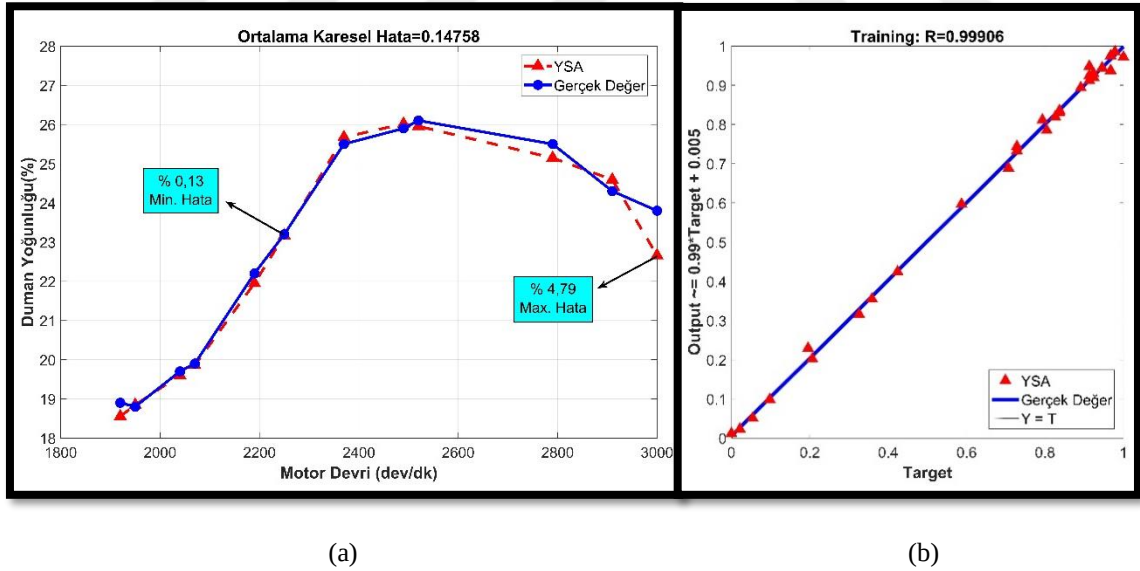
Şekil 8.126’ de %18 Bütanol katkılı NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1890 dev/dk’ da, %6,20 olarak, minimum hatayı ise 2460 dev/dk’ da, %0,29 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.126 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99174 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.127’ de %6 Bütanol katkılı KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %4,79 olarak, minimum hatayı ise 2240 dev/dk’ da, %0,13 olarak

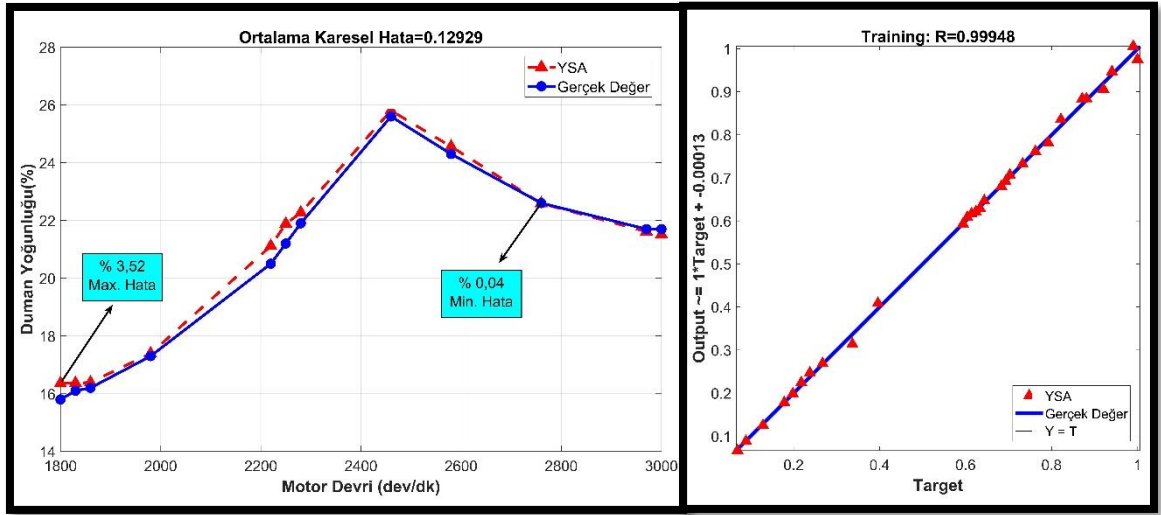
hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.127 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99906 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.126. (a) NM'de %18B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %18B katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği



Şekil 8.127. (a) KM'de %6B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6B katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

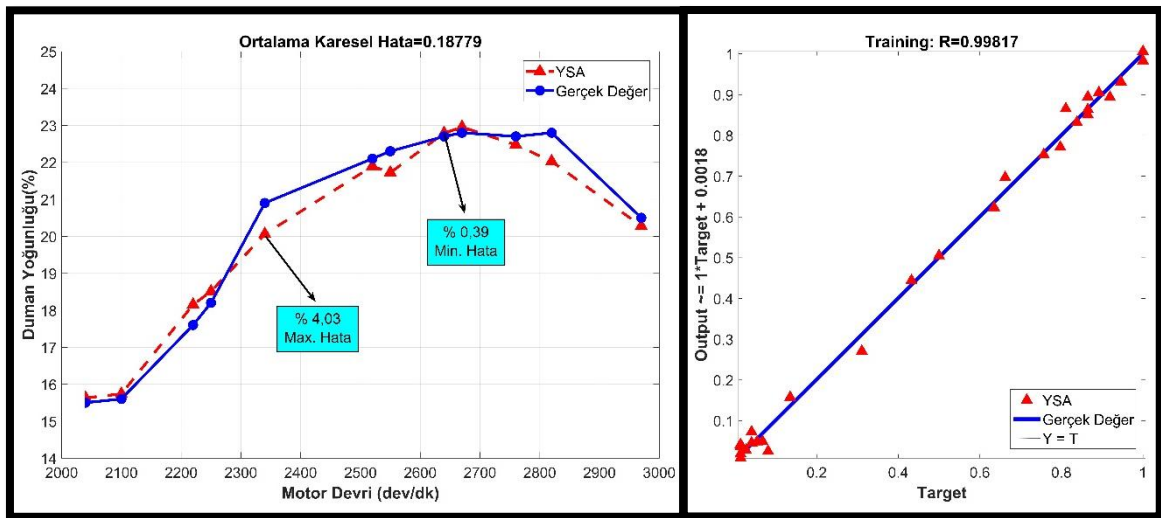


(a)

(b)

Şekil 8.128. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %12B katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.128’ de %12 Bütanol katkılı KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1800 dev/dk’ da, %3,52 olarak, minimum hatayı ise 2760 dev/dk’ da, %0,04 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.128 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99948 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.129. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %18B katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.129’ de %18 Bütanol katkılı KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2340 dev/dk’ da, %4,03 olarak, minimum hatayı ise 2640 dev/dk’ da, %0,39 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.129 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99817 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.17. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki Duman emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%3,47	%0,02	0,99961
NM-%6B	%2,83	%0,28	0,99544
NM-%12B	%3,63	%0,09	0,99878
NM-%18B	%6,20	%0,29	0,99174
KM	%3,51	%0,002	0,99968
KM-%6B	%4,79	%0,13	0,99906
KM-%12B	%3,52	%0,04	0,99948
KM-%18B	%4,03	%0,39	0,99817

Tablo 8.17’ de, Bütanol katkılı KM ve NM’ deki Duman emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de Duman emisyonlarını; %5,98 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.4.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

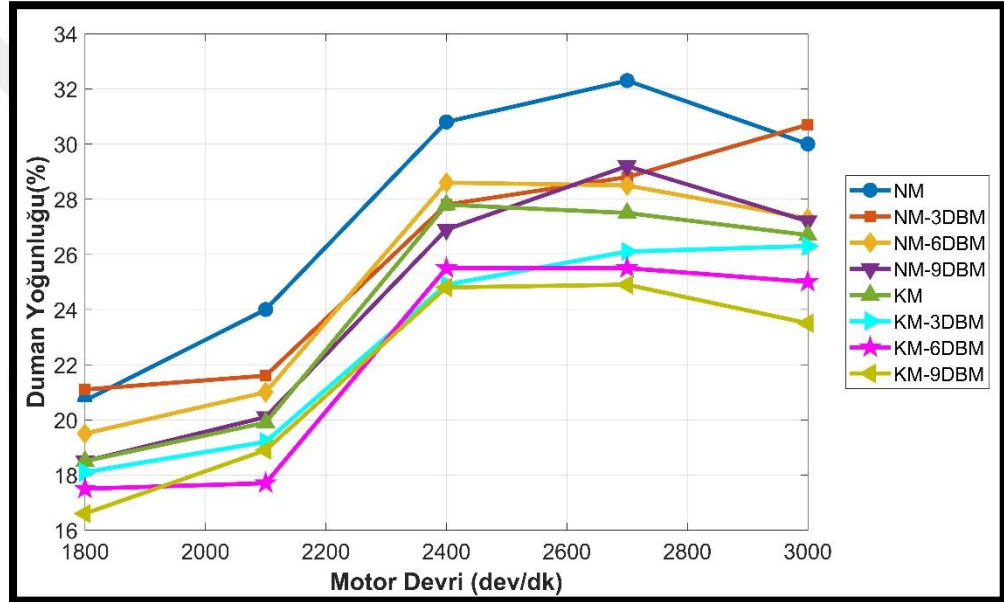
Deneysel sonuçlara göre, dibutil maleat karışımlarının ilave edilmesinin, egzoz dumanını dizel yakıtla kıyaslandığında azalttığı gözlenmiştir[112]. Katkı maddesi ilavesinin, oluşturulan yakıt karışımının daha yüksek oksijen ve daha düşük karbon içermesi sağlanması sonucu duman emisyonlarında azalma meydana gelmiştir[103].

Şekil 8.130’ da NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının NO_x emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekillerdeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

Duman emisyonları, düşük motor hızlarında, her iki motorda da daha düşüktür. Bu durum, düşük hava sirkülasyon hızları ve düşük hızlarda yanma odasında düşük

sıcaklıklardan kaynaklandığına inanılmaktadır. Şekil 8.123' de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için NM ve KM' de hız arttıkça duman emisyonları artmıştır. Yüksek hızlarda yanma için yetersiz zaman, düşük yanma verimi ve zengin karışım oluşumu duman emisyonlarının oluşumunu arttırdığına inanılmaktadır[150].

Deneysel sonuçlarda görüldüğü gibi TBK' lı KM' de, Duman yoğunluğu, NM' ye kıyasla daha düşük çıkmıştır. Kaplanmış motorda ısı kaybının azalmasıyla, yanma sonrası ve yanma sırasında ortaya çıkan duman yoğunluğu, yüksek yanma sıcaklığından dolayı kaplamasız motora kıyasla önemli ölçüde düşüş göstermiştir. Şekil 8.130' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri görülmektedir.

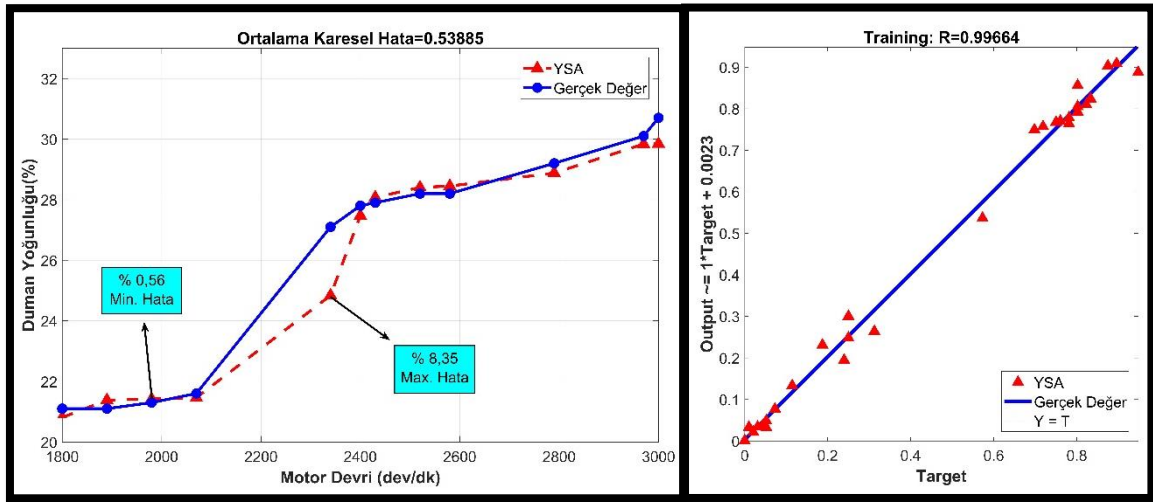


Şekil 8.130. NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri

DBM katkısı NM' de ve KM' de, Duman yoğunluğunda azalmaya sebep olmuştur. Deneysel sonuçlarda görüldüğü gibi, NM ve KM' de DBM katkı oranlarının artışı, duman yoğunluğundaki azalma oranını yükseltmiştir. NM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen duman emisyonları ile katkısız NM' deki duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %5.36, %9.21, %11.83 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, Duman emisyonlarının NM' ye kıyasla daha da azalma gösterdiği görülmektedir. DBM' nin Duman yoğunluğunu düşürücü eğilimine ek olarak, TBK' uygulamasının da Duman yoğunluğunu azaltıcı etkisi, Duman emisyon seviyesini daha fazla azaltmıştır. KM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları

sonucu elde edilen Duman emisyonları ile katkısız NM’ deki Duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %16.62, %16.32, %21.08 oranlarında azalma meydana gelmiştir.

Şekil 8.131’ de %3 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2340 dev/dk’ da, %8,35 olarak, minimum hatayı ise 1980 dev/dk’ da, %0,56 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.131 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99664 olarak hesaplanmıştır.

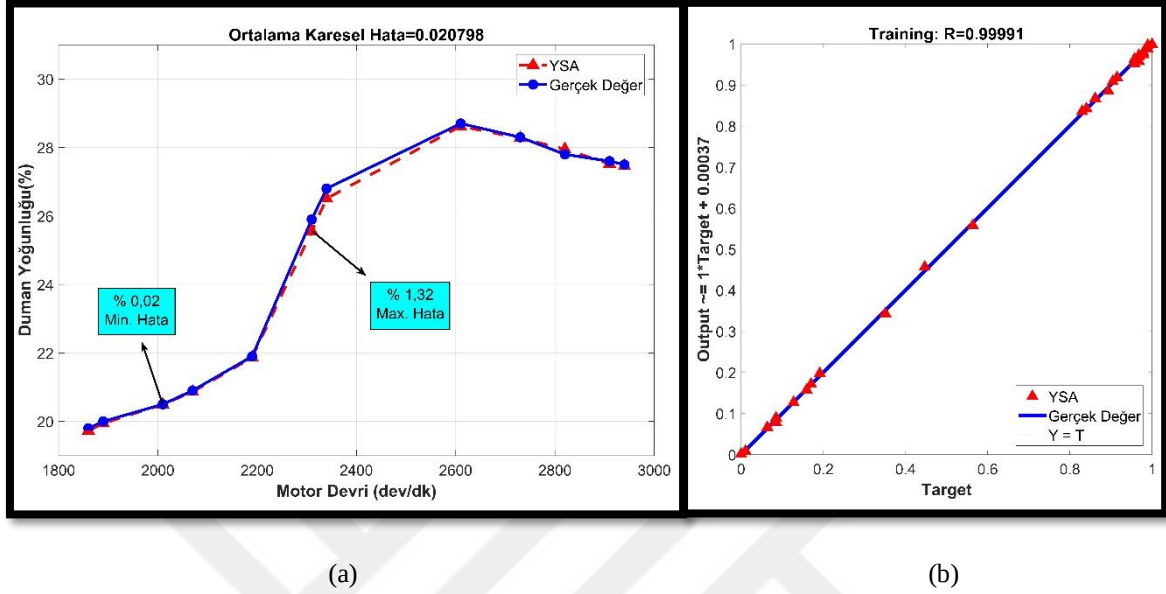


Şekil 8.131. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

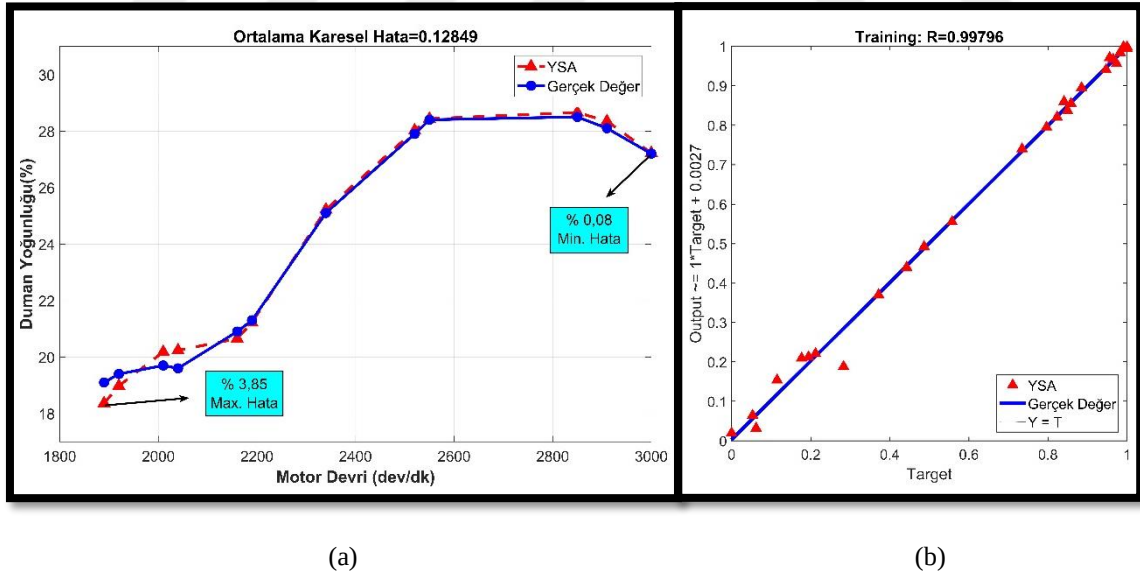
Şekil 8.132’ de %6 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2280 dev/dk’ da, %1,32 olarak, minimum hatayı ise 2010 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.132 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99991 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.133’ de %9 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1890 dev/dk’ da, %3,85 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk’ da, %0,08 olarak

hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.133 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99796 olarak hesaplanmıştır.



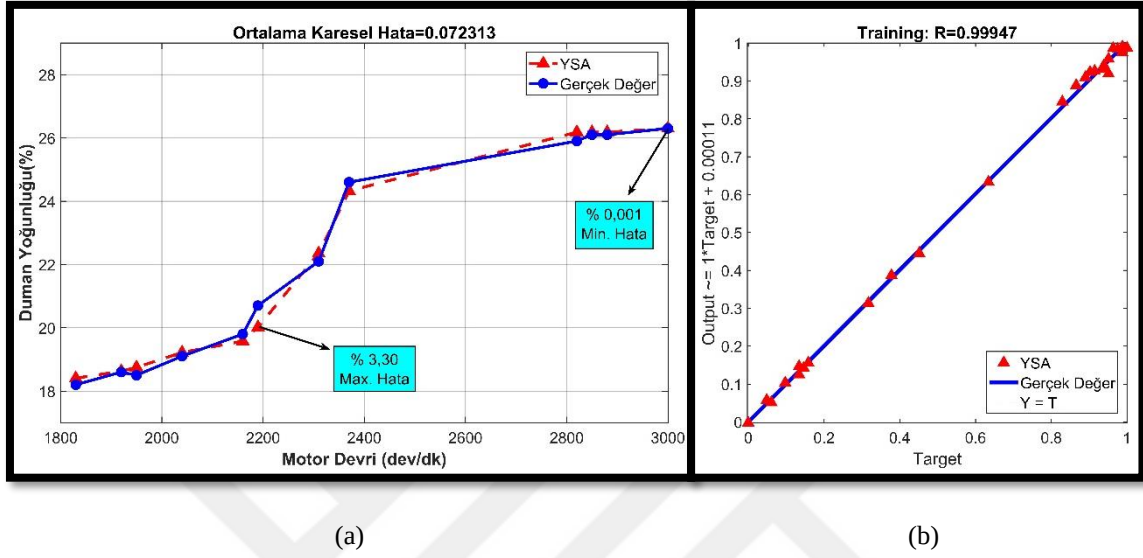
Şekil 8.132. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği



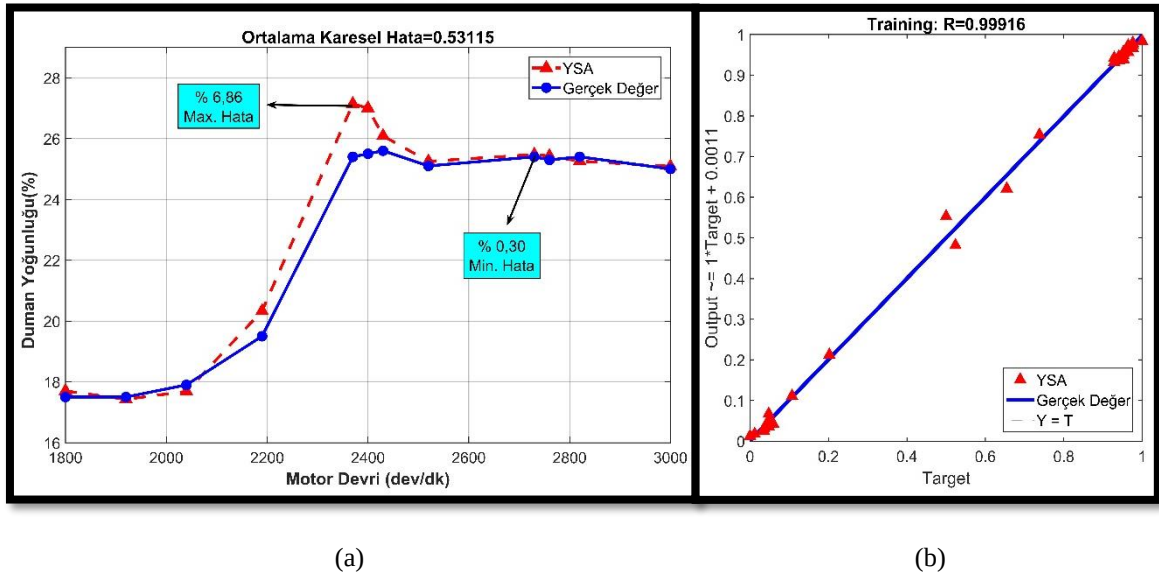
Şekil 8.133. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.134’ de %3 Dibütil Maleat katkılı KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum

hatayı 2190 dev/dk' da, %3,30 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk' da, %0,001 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.134 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99947 olarak hesaplanmıştır.



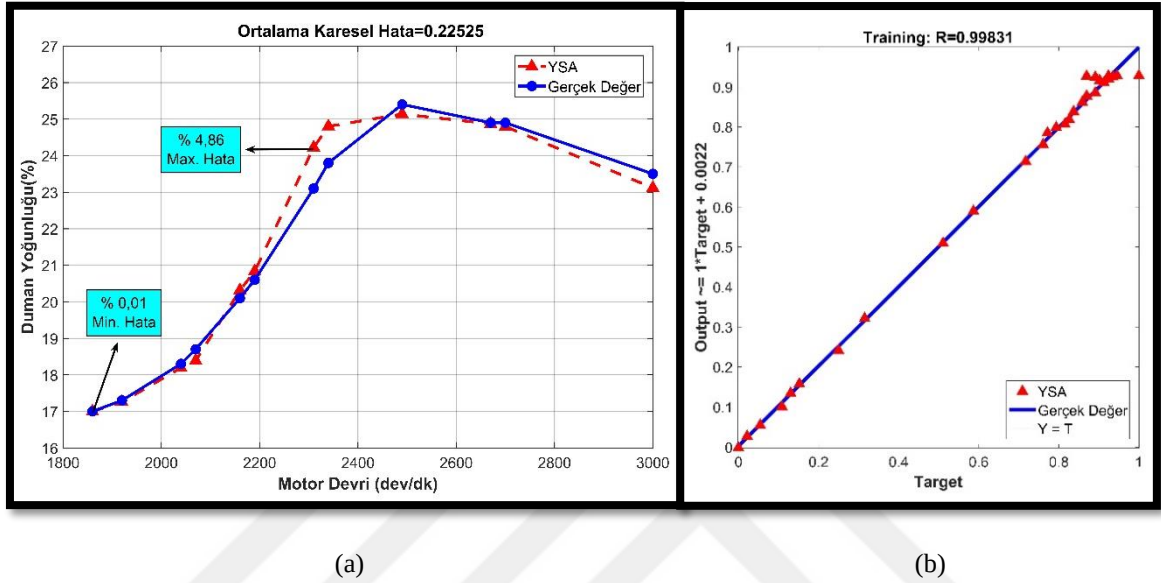
Şekil 8.134. (a) KM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği



Şekil 8.135. (a) KM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.135' de %6 Dibütil Maleat katkılı KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM' nin

Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2190 dev/dk' da, %3,30 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk' da, %0,001 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.135 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99947 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.136. (a) KM'de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.136' de %9 Dibütil Maleat katkılı KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2310 dev/dk' da, %4,86 olarak, minimum hatayı ise 1860 dev/dk' da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.136 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99831 olarak hesaplanmıştır.

Duman yoğunluğu değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.18' de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki duman emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de duman emisyonlarını; %6,80 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.18. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki duman emisyonlarının YSA sonuçları

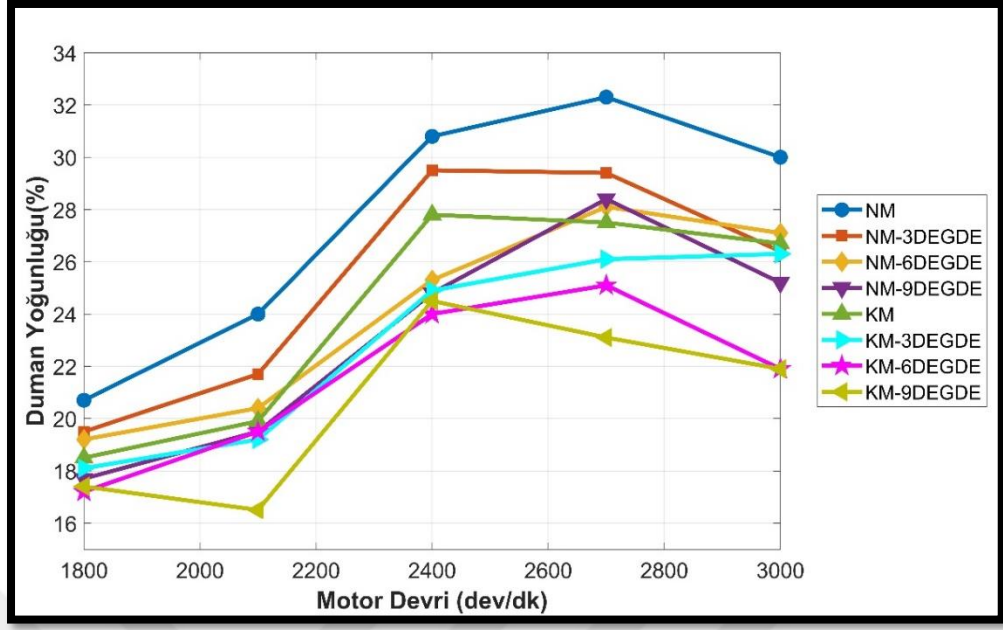
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%3,47	%0,02	0,99961
NM-%3DBM	%8,35	%0,56	0,99664
NM-%6DBM	%1,32	%0,02	0,99991
NM-%9DBM	%3,85	%0,08	0,99796
KM	%3,51	%0,002	0,99968
KM-%3DBM	%3,30	%0,001	0,99947
KM-%6DBM	%6,86	%0,30	0,99916
KM-%9DBM	%4,86	%0,01	0,99831

8.5.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) kimyasal formülü $C_6H_{14}O_3$ olan, yapısında OH radikal grupları bulunan, setan sayısı 126 olan bir oksijenli bir katkı maddesidir. Yapısındaki oksijen atomları ve setan sayısının yüksek olması sebebi ile potansiyel bir dizel yakıt katkısı olarak görülmektedir.

Duman esasen yanma difüzyonu fazı sırasında üretildiğinden, oksijenli maddelerin dizel yakıtına eklenmesi, motor dumanını difüzif yanmanın iyileştirilmesine ve motorun iş zamanının sonunda ve egzoz zamanında, dumanın alev sonrası oksidasyonunun teşvik edilmesine indirgeyebilir. Bu arada, difüzif yanma süresinde yakılan yakıt miktarının azalması da egzoz dumanının azaltılmasında faydalıdır. Sonuçlar, duman indirgemesinin, karışımlardaki oksijen kütle fraksiyonu ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ve daha az oksijenli tiple ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, dizel-oksijenat karışımlarının duman azaltımı, karışımlardaki oksijen kesiminin ayarlanmasıyla kontrol edilebilir. Duman azaltma oranı artar, ancak artışları karışımlardaki oksijen kütle fraksiyonunun artmasıyla bir azalma eğilimi gösterir[113].

Şekil 8.107’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının Duman yoğunluğu değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.137’ de, NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.137. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri

Duman emisyonları, düşük motor hızlarında, her iki motorda da daha düşüktür. Bu durum, düşük hava sirkülasyon hızları ve düşük hızlarda yanma odasında düşük sıcaklıklardan kaynaklandığına inanılmaktadır. Şekil 8.137’ de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için NM ve KM’ de hız arttıkça duman emisyonları artmıştır. Yüksek hızlarda yanma için yetersiz zaman, düşük yanma verimi ve zengin karışım oluşumu duman emisyonlarının oluşumunu arttırdığına inanılmaktadır[150].

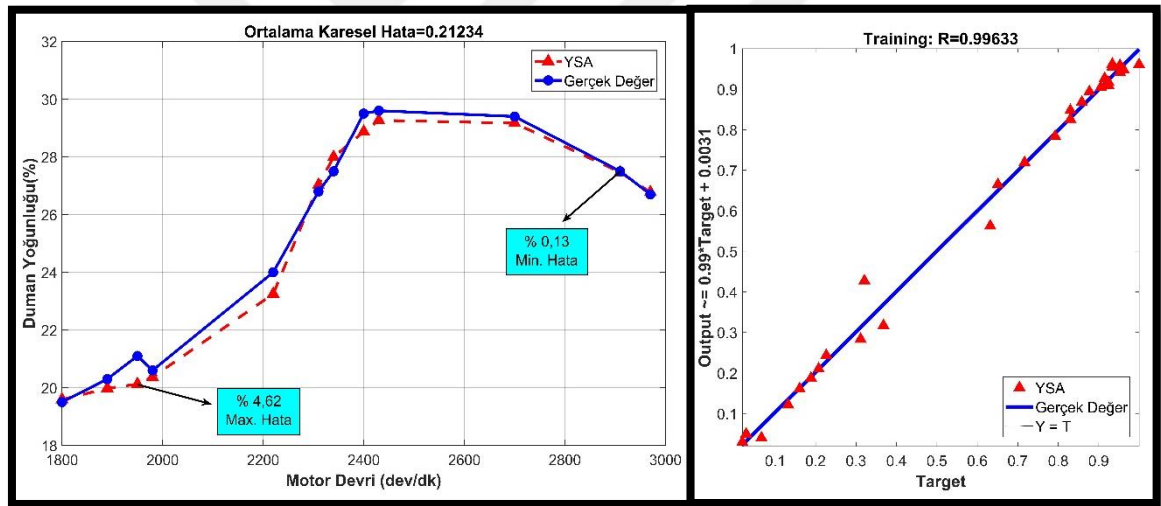
Deneyisel sonuçlarda görüldüğü gibi TBK’ lı KM’ de, Duman yoğunluğu, NM’ ye kıyasla daha düşük çıkmıştır. Kaplanmış motorda ısı kaybının azalmasıyla, yanma sonrası ve yanma sırasında ortaya çıkan duman yoğunluğu, yüksek yanma sıcaklığından dolayı kaplamasız motora kıyasla önemli ölçüde düşüş göstermiştir.

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM’ de ve KM’ de, duman yoğunluğunda azalmaya sebep olmuştur. NM ve KM’ de DEGDE katkı oranlarının artışı, duman yoğunluğunda azalma oranını yükseltmiştir. NM’ de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen duman emisyonları ile katkısız NM’ deki duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %8.12, %12.64, %16.28 oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, duman emisyonlarının NM’ ye kıyasla daha fazla azaldığı görülmektedir. DEGDE katkısının duman yoğunluğunu azaltma eğilimine ek olarak, TBK’ uygulamasının da duman yoğunluğunu azaltıcı etkisi, emisyon seviyesini çok daha fazla düşürmüştür. KM’ de, %3 DEGDE, %6

DEGDE, %9DEGDE katkıları sonucu elde edilen duman emisyonları ile katkısız NM’deki duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %17.31, %21.43, %24.75 oranlarında azalma meydana gelmiştir.

Deneyssel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, DEGDE katkısı ile duman yoğunluğunda düşüş meydana geldiği görülmüştür[135].

Şekil 8.138’de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’nin duman yoğunluğu için deneyssel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM’nin duman yoğunluğu için deneyssel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’nın maksimum hatayı 1950 dev/dk’da, %4,62 olarak, minimum hatayı ise 2910 dev/dk’da, %0,13 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.138 (b)’de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99633 olarak hesaplanmıştır.

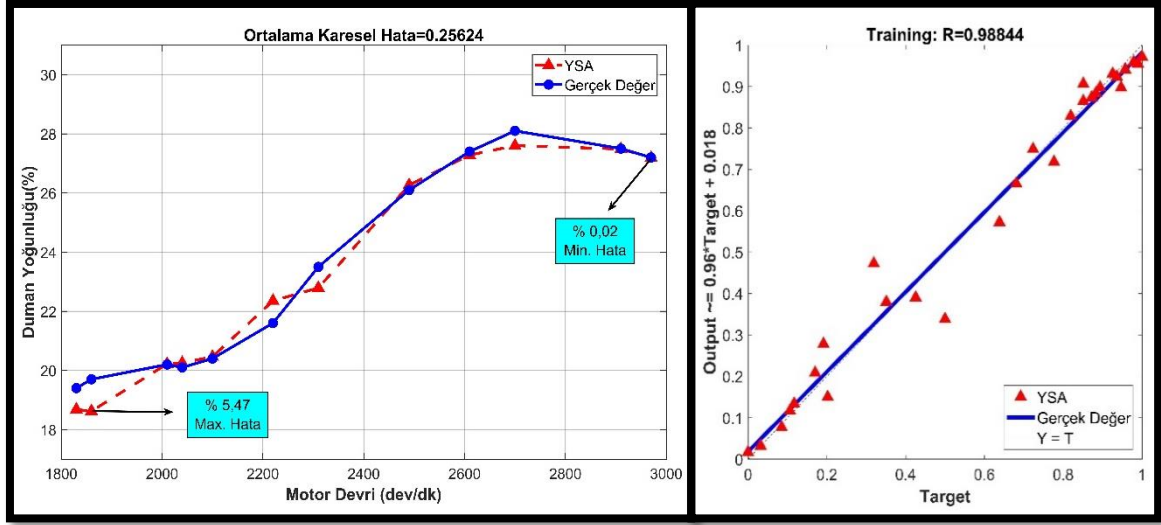


(a)

(b)

Şekil 8.138. (a) NM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.139’de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’nin duman yoğunluğu için deneyssel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM’nin Duman yoğunluğu için deneyssel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’nın maksimum hatayı 1860 dev/dk’da, %5,47 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk’da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.139 (b)’de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98844 olarak hesaplanmıştır.

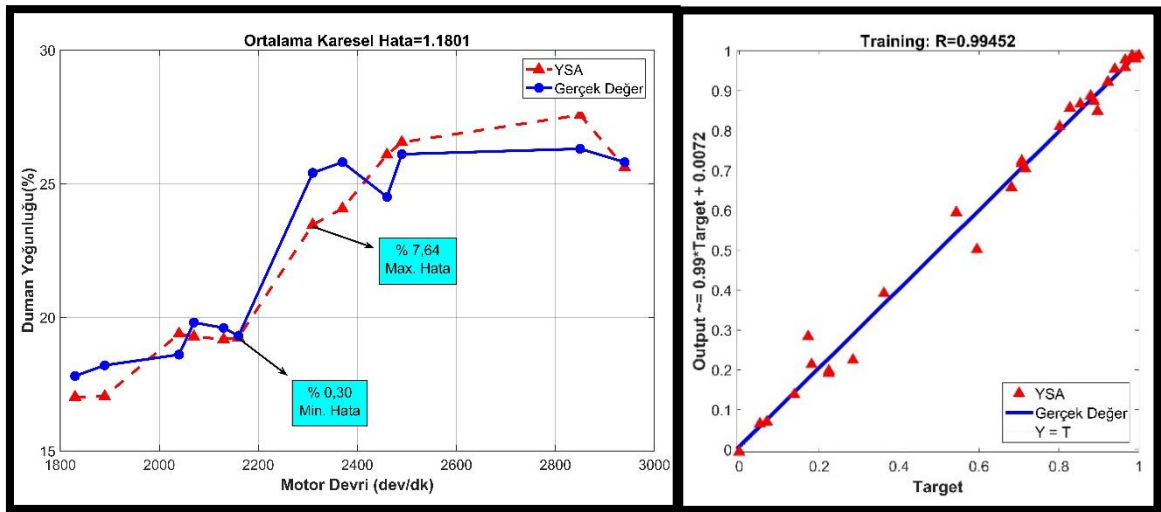


(a)

(b)

Şekil 8.139. (a) NM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.140’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’ nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nin maksimum hatayı 2280 dev/dk’ da, %7,64 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk’ da, %0,30 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.140 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99452 olarak hesaplanmıştır.

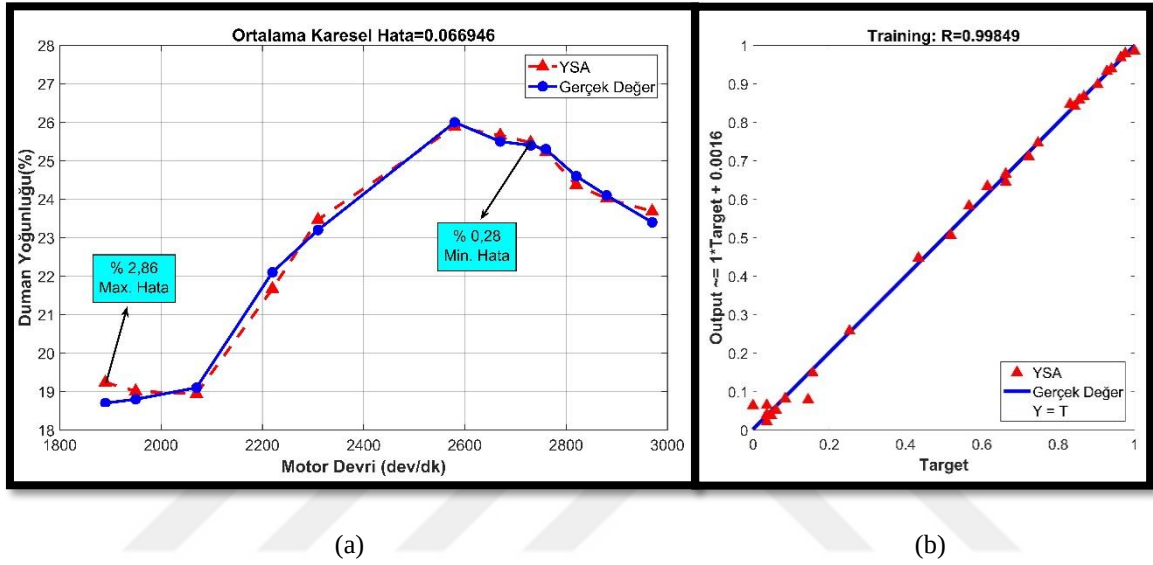


(a)

(b)

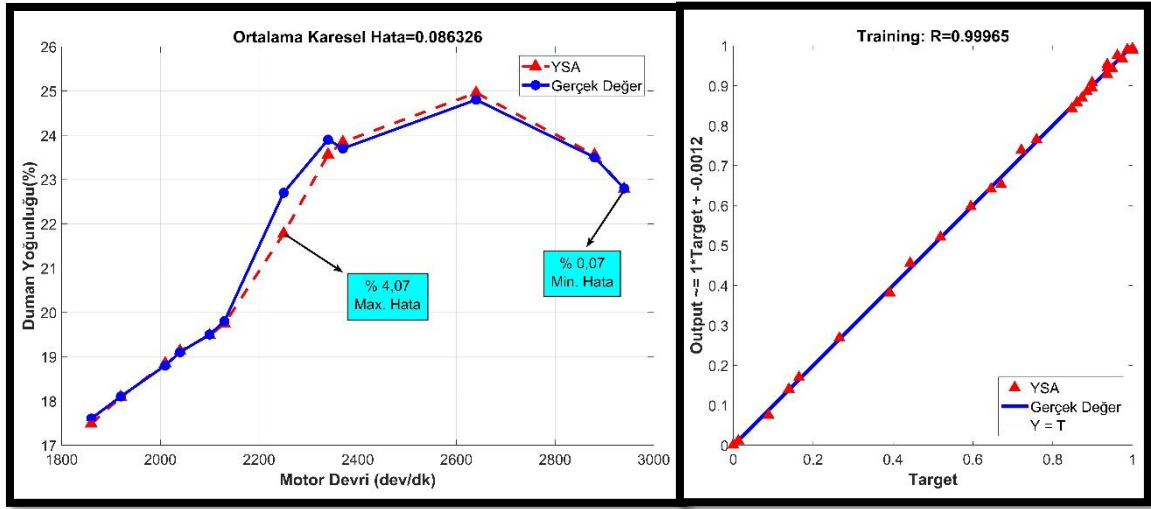
Şekil 8.140. (a) NM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.141' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %2,86 olarak, minimum hatayı ise 2730 dev/dk' da, %0,28 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.141 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99849 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.141. (a) KM'de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, duman yoğunluğu Regresyon grafiği

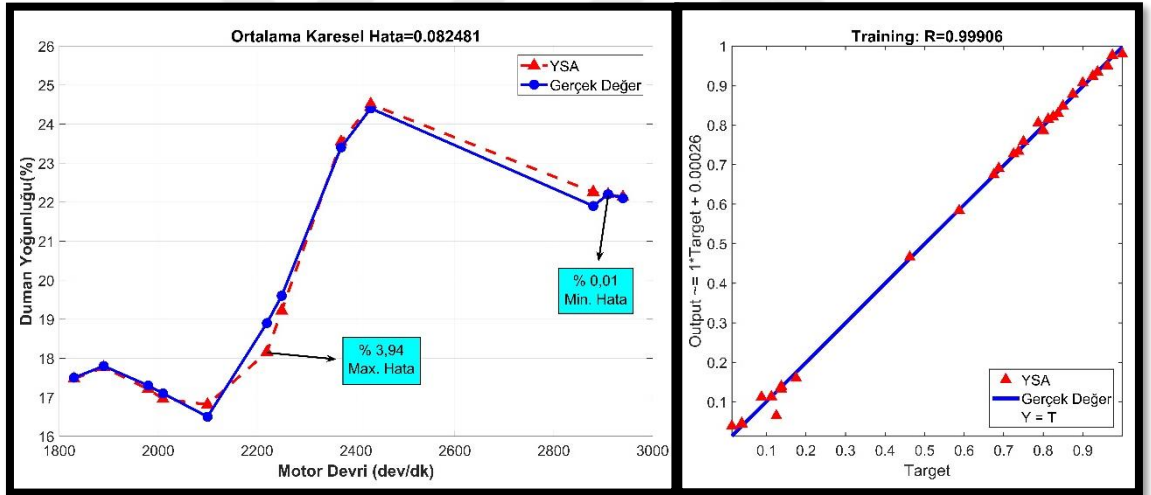
Şekil 8.142' de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2250 dev/dk' da, %4,07 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.142 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99965 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.142. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, duman yoğunluğu Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.143. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.143’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2220 dev/dk’ da, %3,94 olarak, minimum hatayı ise 2910 dev/dk’ da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.143 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99906 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.19’ de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki duman emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de duman emisyonlarını; %7,64 - %0,002 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.19. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki duman emisyonlarının YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%3,47	%0,02	0,99961
NM-%3DEGDE	%4,62	%0,13	0,99633
NM-%6DEGDE	%5,47	%0,02	0,98844
NM-%9DEGDE	%7,64	%0,30	0,99452
KM	%3,51	%0,002	0,99968
KM-%3DEGDE	%2,86	%0,28	0,99849
KM-%6DEGDE	%4,07	%0,07	0,99965
KM-%9DEGDE	%3,94	%0,01	0,99906

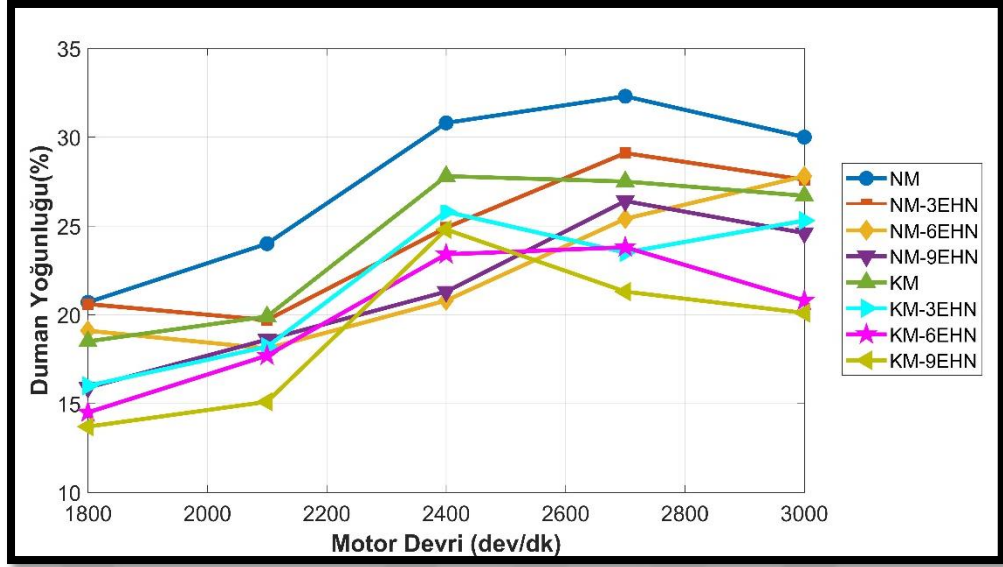
8.5.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

Etilheksil Nitrat (EHN) $C_8H_{17}NO_3$ kimyasal formülüne sahip, setan sayısını arttırmak için dizel yakıt katkı maddeleri olarak bilinen, performansı yüksek, yaygın olarak kullanılan tutuşmaya yardımcı katkı maddeleri arasında ticari bir setan iyileştiricisidir.

Duman emisyonunun oluşumu, motor koşulluna, yanma odasının tipine ve yakıtın fiziksel-kimyasal özelliklerine bağlıdır[137]. Duman emisyonu oksijen eksikliğinde meydana gelir. Oksijen eksikliği, yanma odasında lokal olarak görülebilir ve azalan hava / yakıt oranı ile artar[99].

Geliştirilmiş setan sayısı yakıtı daha hızlı yakmak ve silindirin içindeki basıncı (sıcaklık) arttırmak için ateşleme kalitesini artırmaktadır. Bu faydalı değişiklikler temiz yanma ile daha düşük bir duman emisyonu salınımı sağlayarak motorun performans verimini arttırmıştır[131]. Karışımlara, EHN eklenmesi duman emisyonunu önemli ölçüde azalttığı bir başka çalışmada da belirtilmiştir[124].

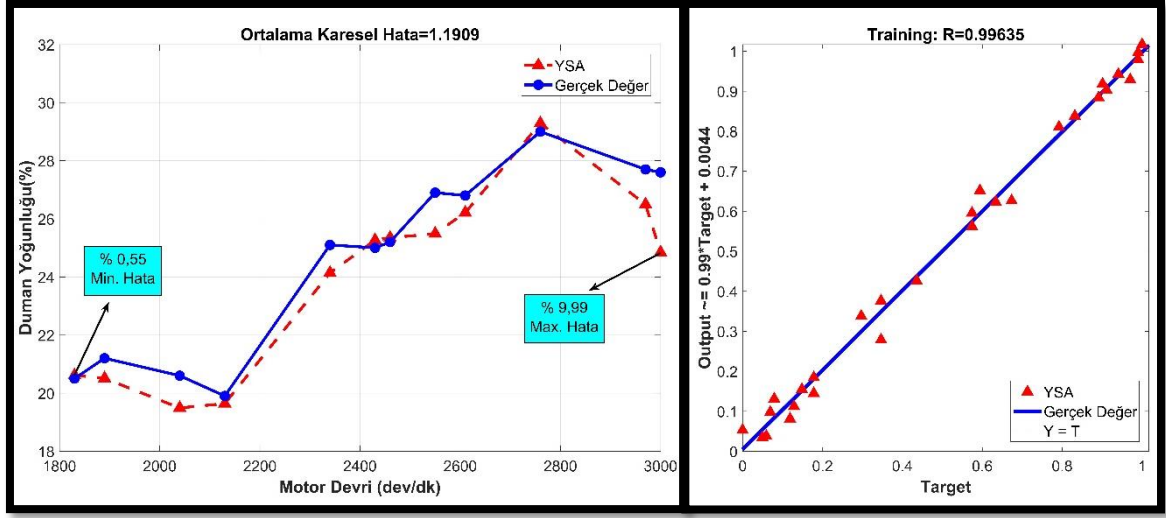
Şekil 8.144’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının duman yoğunluğu değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.144’ de, NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.144. NM ve KM’deki, EHN katkılı ve katkısız duman yoğunluğu değerleri

Duman emisyonları, düşük motor hızlarında, her iki motorda da daha düşüktür. Bu durum, düşük hava sirkülasyon hızları ve düşük hızlarda yanma odasında düşük sıcaklıklardan kaynaklandığına inanılmaktadır. Şekil 8.144’de görüldüğü gibi, tüm yakıtlar için NM ve KM’de hız arttıkça duman emisyonları artmıştır. Yüksek hızlarda yanma için yetersiz zaman, düşük yanma verimi ve zengin karışım oluşumu duman emisyonlarının oluşumunu arttırdığına inanılmaktadır[138].

Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM’de ve KM’de, Duman emisyonlarında dikkat çekici oranlarda düşümlere sebep olmuştur. NM ve KM’de EHN katkı oranlarının artışı, duman yoğunluğundaki azalma oranını yükseltmiştir. NM’de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen duman emisyonları ile katkısız NM’deki duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %11.17, %18.73, %22.62 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’de, duman emisyonlarının NM’ye kıyasla daha da düşüş gösterdiği görülmektedir. EHN katkısının duman yoğunluğunu azaltma eğilimi ile birlikte, TBK uygulamasının da duman yoğunluğunu azaltıcı etkisi, duman yoğunluğu düşüşünü artırmıştır. KM’de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen duman emisyonları ile katkısız NM’deki duman emisyonları karşılaştırıldığında sırasıyla %21.24, %27.47 ve %31.56 oranlarında azalma meydana gelmiştir.

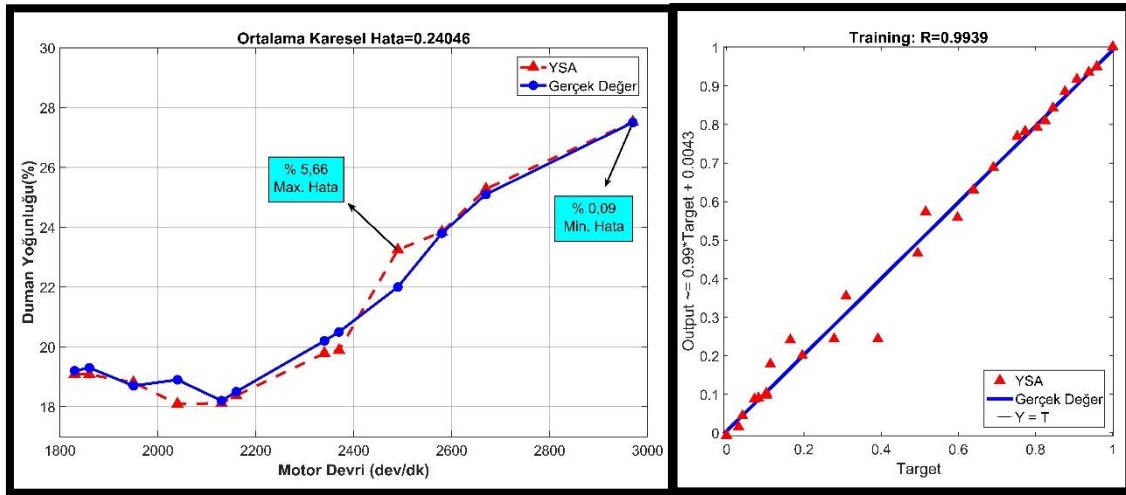


(a)

(b)

Şekil 8.145. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.145’ de %3 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM’ nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %9,99 olarak, minimum hatayı ise 1830 dev/dk’ da, %0,55 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.145 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99635 olarak hesaplanmıştır.

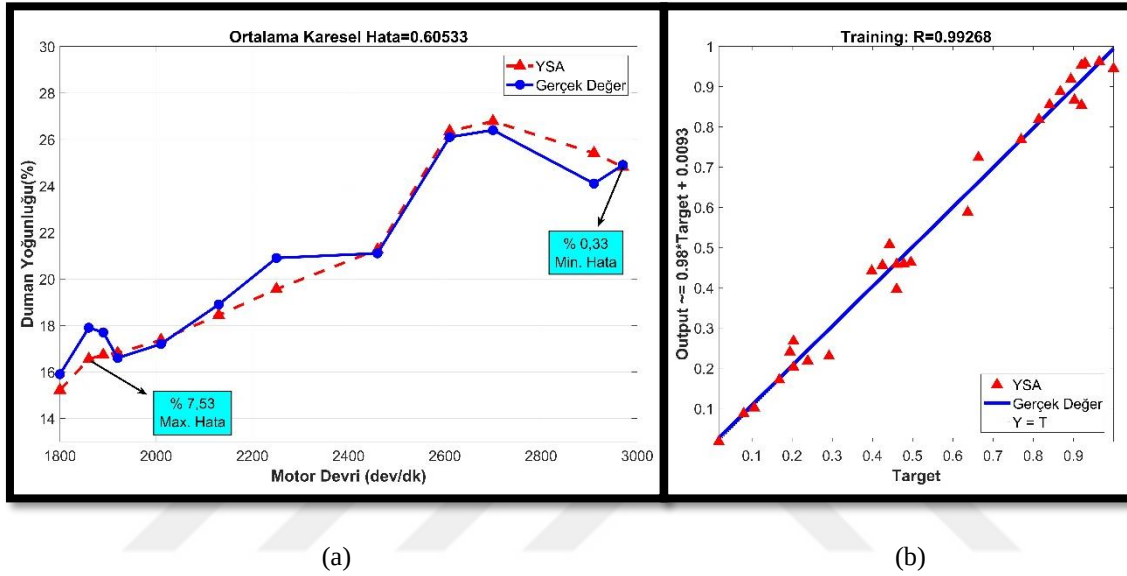


(a)

(b)

Şekil 8.146. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

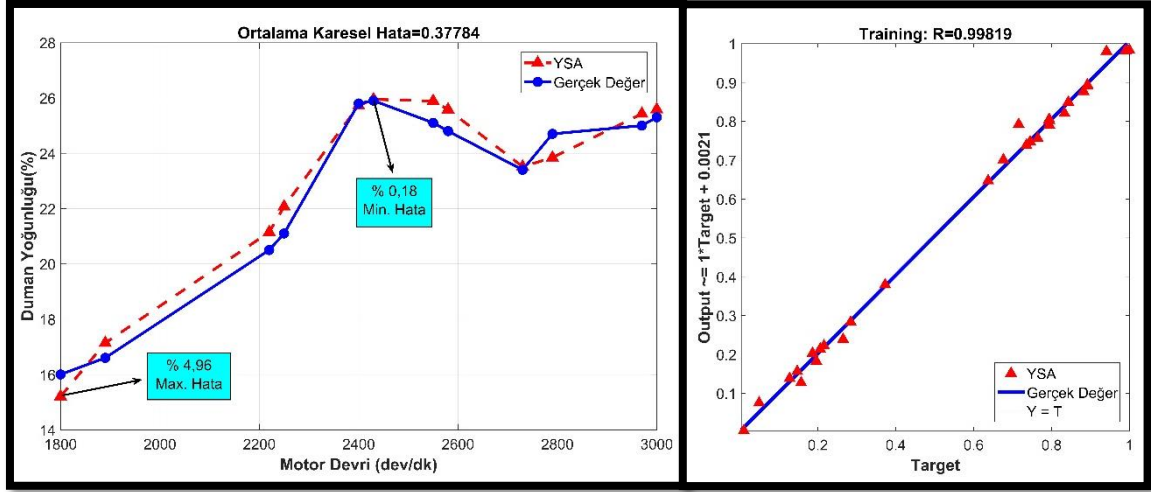
Şekil 8.146' de %6 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM' nin duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2490 dev/dk' da, %5,66 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk' da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.146 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9939 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.147. (a) NM' de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.147' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %7,53 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk' da, %0,33 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.147 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99268 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.148' de %3 Etilheksil Nitrat katkılı KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1800 dev/dk' da, %4,49 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk' da, %0,18 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.148 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99819 olarak hesaplanmıştır.

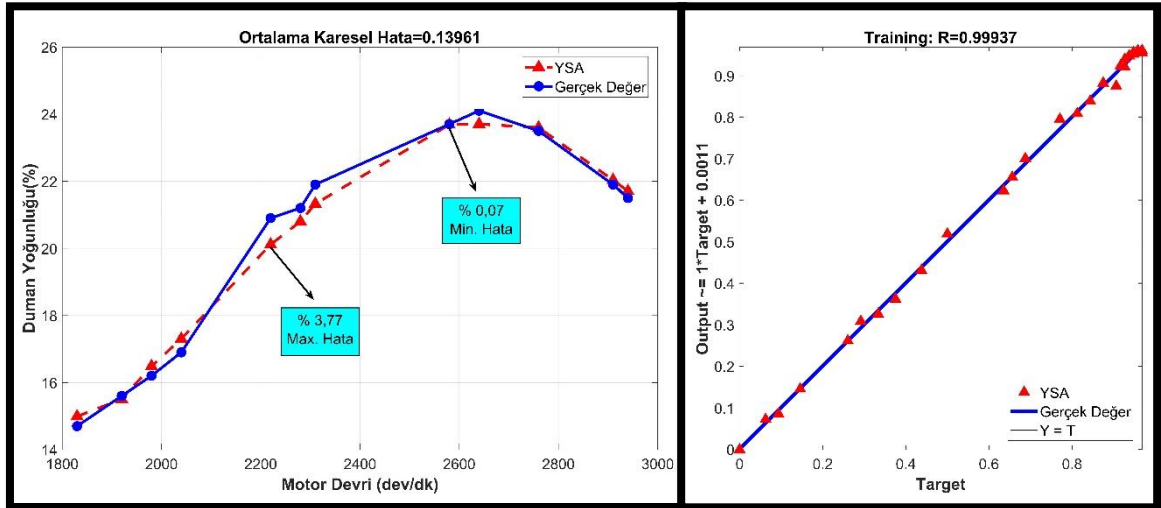


(a)

(b)

Şekil 8.148. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.149’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1800 dev/dk’ da, %4,49 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk’ da, %0,18 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.149 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99819 olarak hesaplanmıştır.

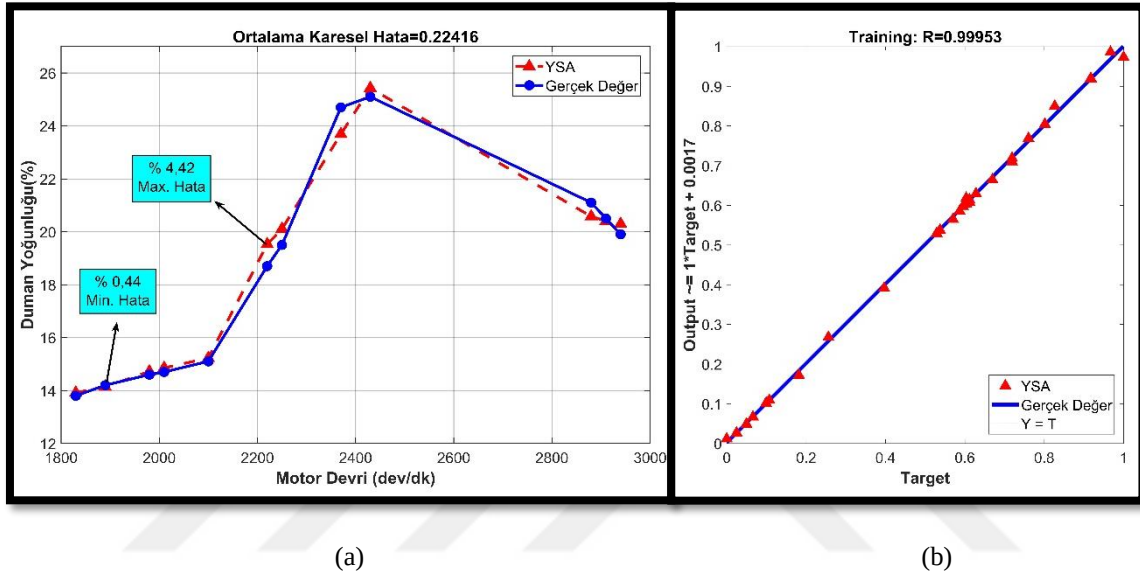


(a)

(b)

Şekil 8.149. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Şekil 8.150' de %9 Etilheksil Nitrat katkılı KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM' nin Duman yoğunluğu için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2220 dev/dk' da, %4,42 olarak, minimum hatayı ise 1890 dev/dk' da, %0,44 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.150 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99953 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.150. (a) KM'de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA Duman yoğunluğu değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, Duman yoğunluğu Regresyon grafiği

Tablo 8.20. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki duman emisyonlarının YSA sonuçları

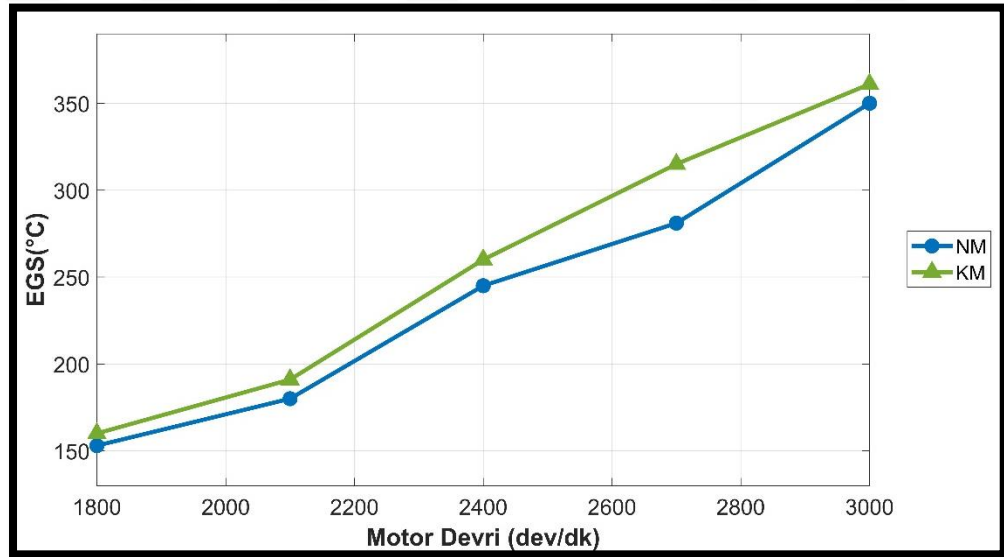
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%3,47	%0,02	0,99961
NM-%3EHN	%9,99	%0,55	0,99635
NM-%6EHN	%5,66	%0,09	0,9939
NM-%9EHN	%7,53	%0,33	0,99268
KM	%3,51	%0,002	0,99968
KM-%3EHN	%4,96	%0,18	0,99819
KM-%6EHN	%3,77	%0,07	0,99937
KM-%9EHN	%4,42	%0,44	0,99953

Tablo 8.20' de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM' deki duman emisyonlarının YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, duman emisyonlarını; %9,99 - %0,002 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.6. EGS Sonuçlarının Değerlendirilmesi

NM ve KM' ler hava soğutmalı motorlar olması sebebi ile egzoz gazı sıcaklığı ile yanma reaksiyonu arasında doğrudan bir ilişki vardı. Egzoz Gaz Sıcaklığı (EGS), içten yanmalı motorlarda, motorun çalışma koşullarına göre, yük ve devir gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Devir sayısının yükselmesi silindir içerisinde yakılan yakıt miktarının artması sebebiyle yanma reaksiyonu boyunca ortaya çıkan ısı artacaktır. Bu durum EGS değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Deneysel çalışmalar sırasında NM ve KM' de, EGS değerleri egzoz manifoldunun çıkışında bulunan yaklaşık 200 mm uzunluğundaki egzoz borusunun çıkışından alınmıştır, deneyler sırasında ölçüm yapan termometrenin ucu egzoz borusunun çıkışına sabitlenmiştir.

Egzoz sıcaklığı, silindirdeki yanma işleminin bir dereceye kadar ısı yayılımını hakkında bilgi sağlayarak yansıtabilecek, kirletici oluşumu üzerinde etkili bir parametredir. Düşük egzoz sıcaklığı, NO_x ve kurum oluşumunu engellemeye yardımcı olan düşük yanma sıcaklığı anlamına gelmektedir[120]. Şekil 8.151' de, NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış EGS değerleri görülmektedir.

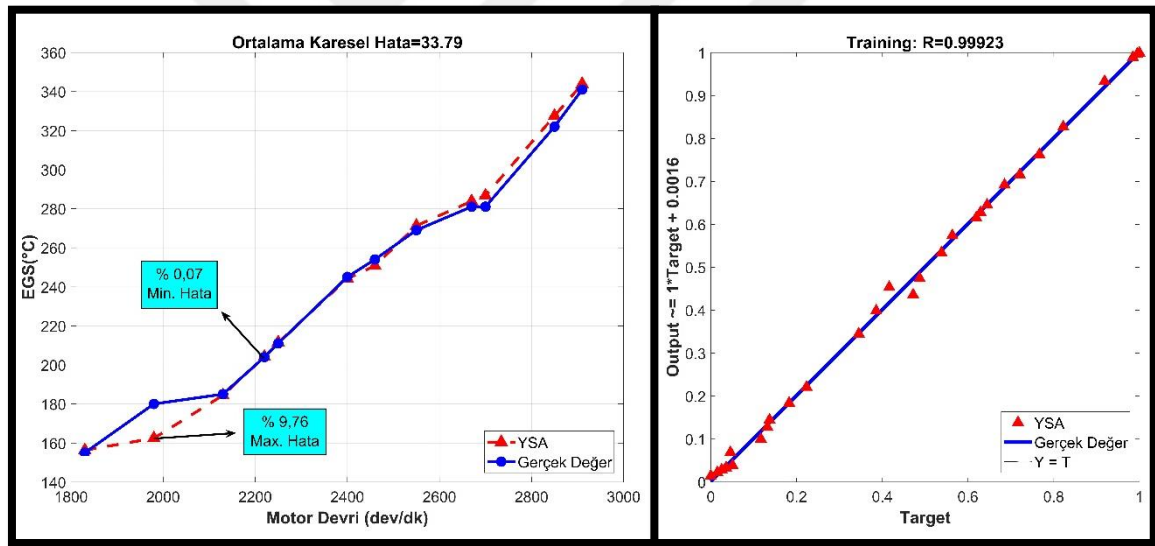


Şekil 8.151. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış EGS değerleri

Şekil 8.151 incelendiğinde NM ve KM' deki EGS değerlerinin, motor devrinin yükselmesine paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. EGS değerlerindeki artışın nedeni KM' deki TBK uygulamasıdır. Kaplama işleminin bir sonucu olarak, dış ortama aktarılan ısı miktarındaki azalmanın ve kimyasal reaksiyon sıcaklığının artmasına ve yanma

veriminin artmasına neden olduğu düşünülmüştür[134]. Her iki motordaki tüm test yakıtları için motor hızı arttıkça egzoz gazı sıcaklığı artar. Bu durum, birim zamanındaki yanma odasında yakılan yakıt miktarının artmasıyla ve sonuç olarak motor ısısında artışa bağlı olarak üretilen ısı enerjisinin artmasıyla açıklanabilir[138]. Yapılan deneyler sonucunda KM' nin EGS değerlerinde NM' ye kıyasla ortalama % 6.38 oranında artış olduğu görülmüştür.

Şekil 8.152' de katkı maddesi kullanılmamış NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1980 dev/dk' da, %9,76 olarak, minimum hatayı ise 2220 dev/dk' da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.152 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99923 olarak hesaplanmıştır.



(a) (b)

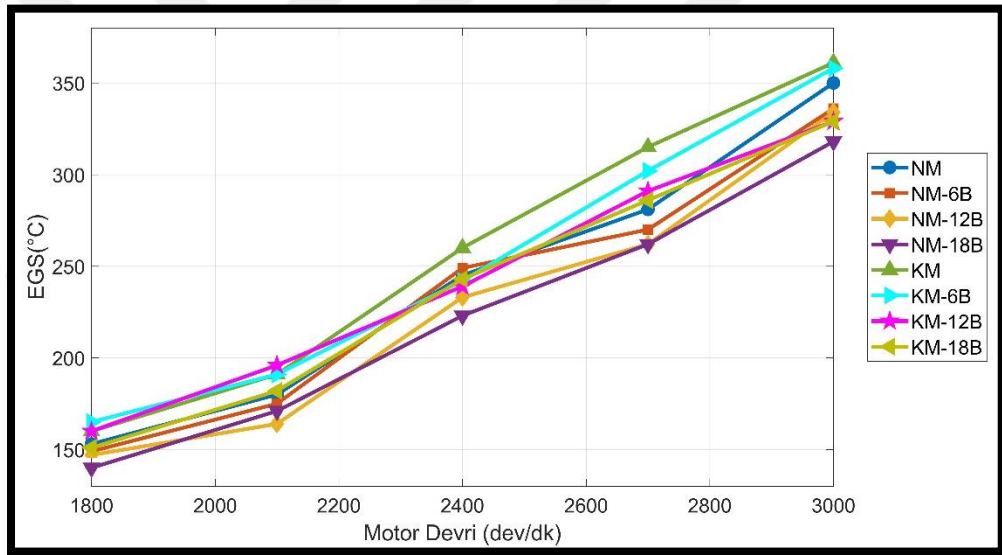
Şekil 8.152. (a) NM'de katkısız, gerçek ve YSA, EGS değerleri, (b) NM katkısız, EGS değerleri Regresyon grafiği

8.6.1 Bütanol Katkısının Etkileri

Bütanol' ün buharlaşma sıcaklığının yüksek olması ve alt ısıl değerinin standart diesel yakıtına kıyasla daha düşük olması sebebi ile yanma sonu sıcaklığını düşürmektedir. Bu düşüş silindir içerisindeki egzoz gazlarının sıcaklığında da düşüş anlamını taşımaktadır. Bütanol katkısı bu sebeplerde dolayı, EGS değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Bütanol

katkı miktarı arttıkça termik verim azalmaktadır. Termik verim ÖYT' ye bağlı bir parametredir. Özgül yakıt tüketiminin artması ve yanma sıcaklığının düşmesi termik verimin düşmesine neden olmaktadır[6].

Tüm bütanol-dizel yakıt karışımları için, ilgili standart dizel yakıta kıyasla, sıcaklığın biraz daha düşük olduğu ve bu düşüşün karışımdaki bütanol yüzdesindeki artışla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu, daha iyi bir genişleme sürecini ifade ederek, yukarıda da belirtildiği gibi, biraz daha yüksek termal verimliliğin karşılık gelen eğilimine uygundur; aynı zamanda, düşük kalorifik değeri ve bütanol' ün yüksek sıcaklıktaki buharlaşmasının (daha düşük sıcaklıkların oluşması) dizel yakıta kıyasla daha iyi hale getirilmesi de desteklenebilir[126]. Şekil 8.153' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız EGS değerleri gösterilmektedir.

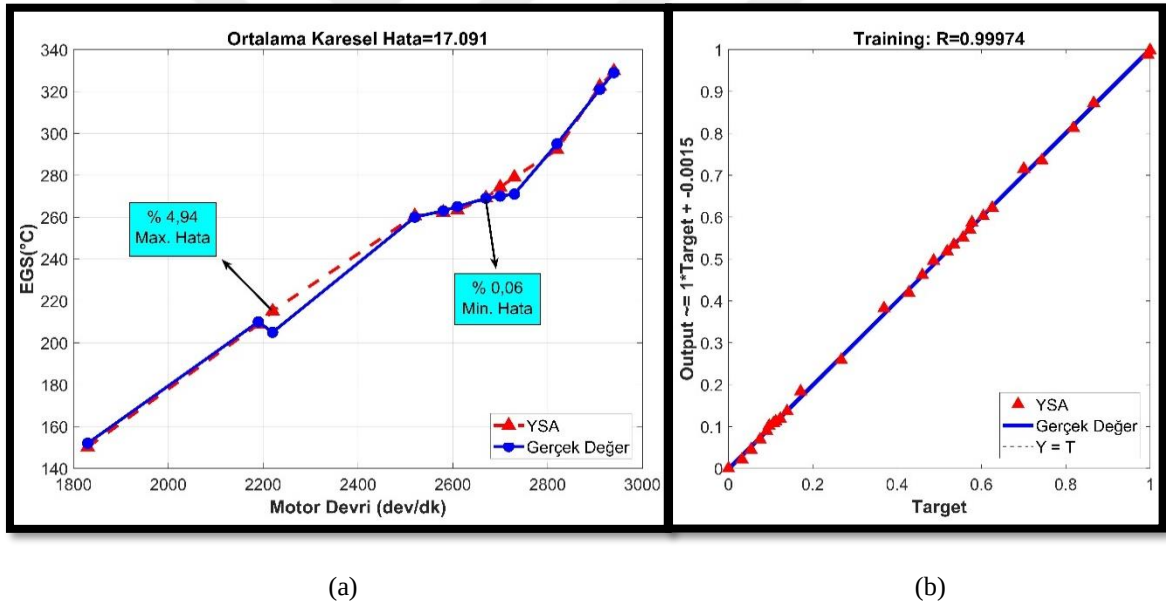


Şekil 8.153. NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız EGS değerleri

Şekil 8.153' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının EGS değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6B ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Bütanol katkısını ifade etmektedir.

DeneySEL sonuçlar incelendiğinde, NM ve KM' deki EGS değerlerinin motor devrinin yükselmesine paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. KM' de uygulanan ısı yalıtım neticesinde piston ve supaplar üzerinden kaybedilen ısı azalmaktadır. Bu şekilde yanma sonu sıcaklığında artış olmakta ve ortaya çıkan EGS değeri de artmaktadır.

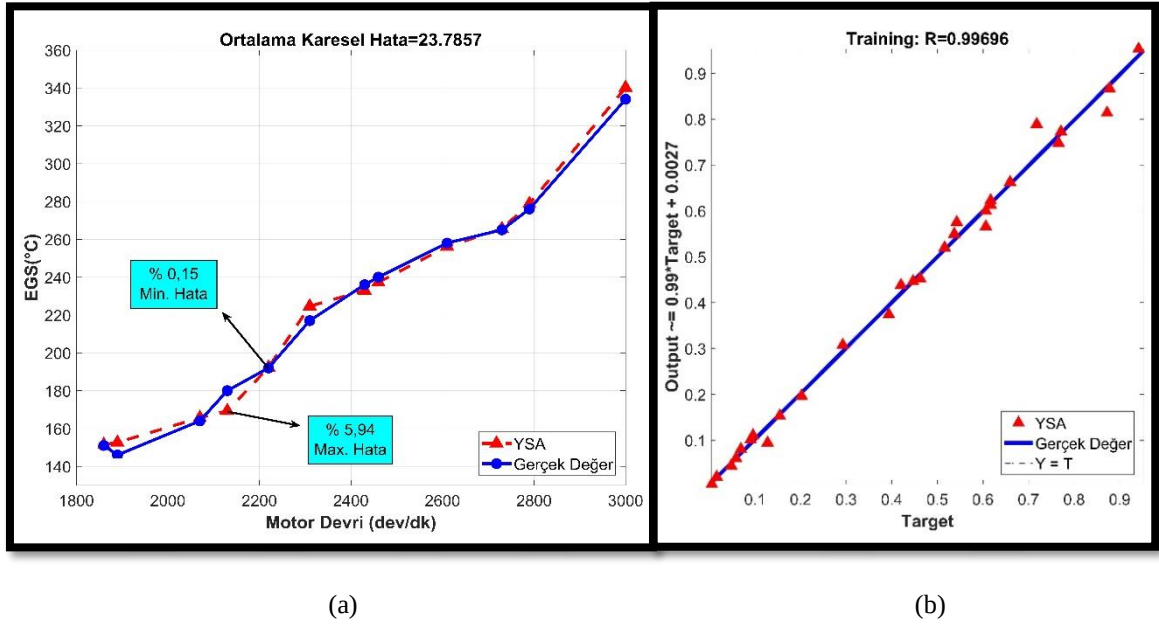
Bütanol (B) katkısı NM' de ve KM' de, EGS değerlerinin azalmasına neden olmuştur. NM ve KM' de Bütanol katkı oranlarının artışı, EGS değerlerinin azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen EGS değerlerinin ile katkısız NM' deki EGS değerlerinin karşılaştırıldığında sırasıyla %2.44, %5.82, %7.76 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM' de, EGS değerlerinin NM' ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. Bütanol katkısının EGS değerlerini azaltma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da EGS değerlerini artırıcı etkisi, deneysel verilerle görülmüştür. Kaplanmış motordaki ısı kaybında azalma olmasıyla, yanma sonrası ortaya çıkan yüksek yanma sıcaklığı ile kaplamasız motora kıyasla EGS değerlerinin önemli ölçüde artmıştır. KM' de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen EGS değerlerini ile katkısız NM' deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %4.51 ve %1.76 oranlarında artış ve %1.12 oranın da ise azalma meydana gelmiştir.



Şekil 8.154. (a) NM'de %6B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

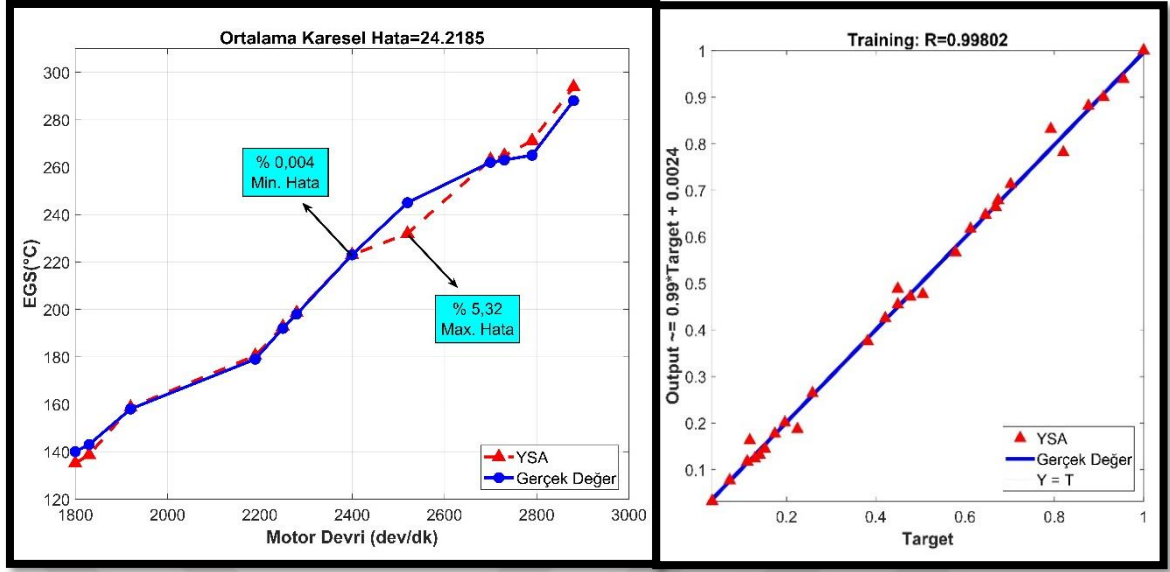
Şekil 8.154' de %6 Bütanol katkılı NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2220 dev/dk' da, %4,94 olarak, minimum hatayı ise 2670 dev/dk' da, %0,06 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.154 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99974 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.155’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2130 dev/dk’ da, %5,94 olarak, minimum hatayı ise 2220 dev/dk’ da, %0,15 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.155 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99696 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.155. (a) NM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %12B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

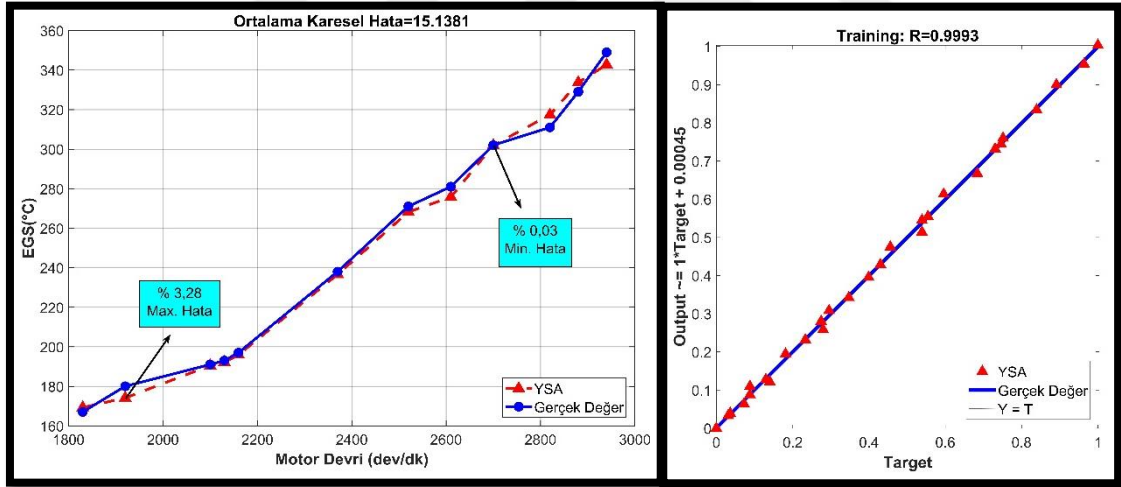
Şekil 8.156’ de %18 Bütanol katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2520 dev/dk’ da, %5,32 olarak, minimum hatayı ise 2400 dev/dk’ da, %0,004 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.156 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99802 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.156. (a) NM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %18B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği



(a)

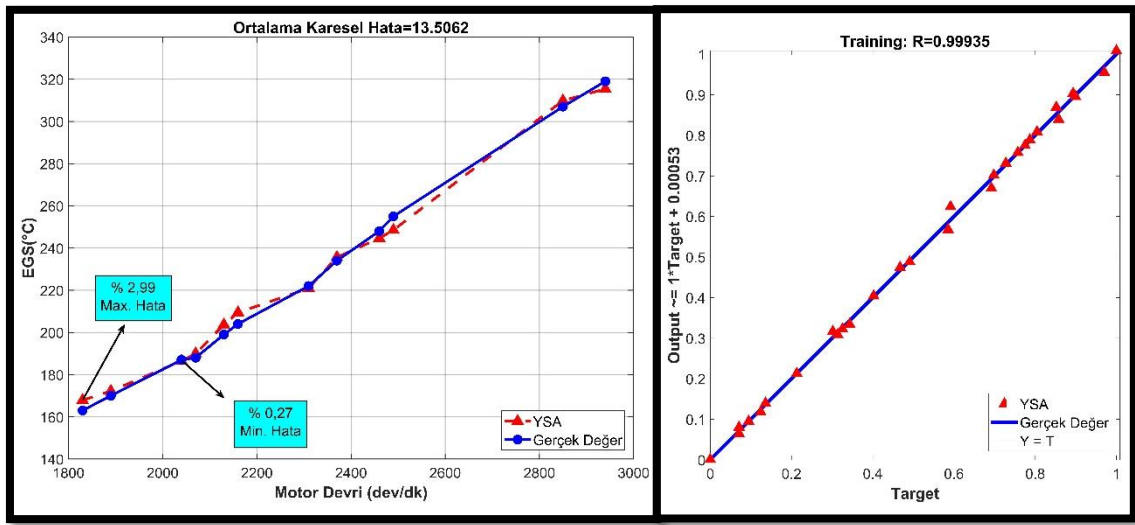
(b)

Şekil 8.157. (a) KM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.157’ de %6 Bütanol katkılı KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nin maksimum hatayı 1920 dev/dk’ da, %3,28 olarak, minimum hatayı ise 2700 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı

görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.157 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9993 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.158' de %12 Bütanol katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1830 dev/dk' da, %2,99 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk' da, %0,27 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.158 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99935 olarak hesaplanmıştır.

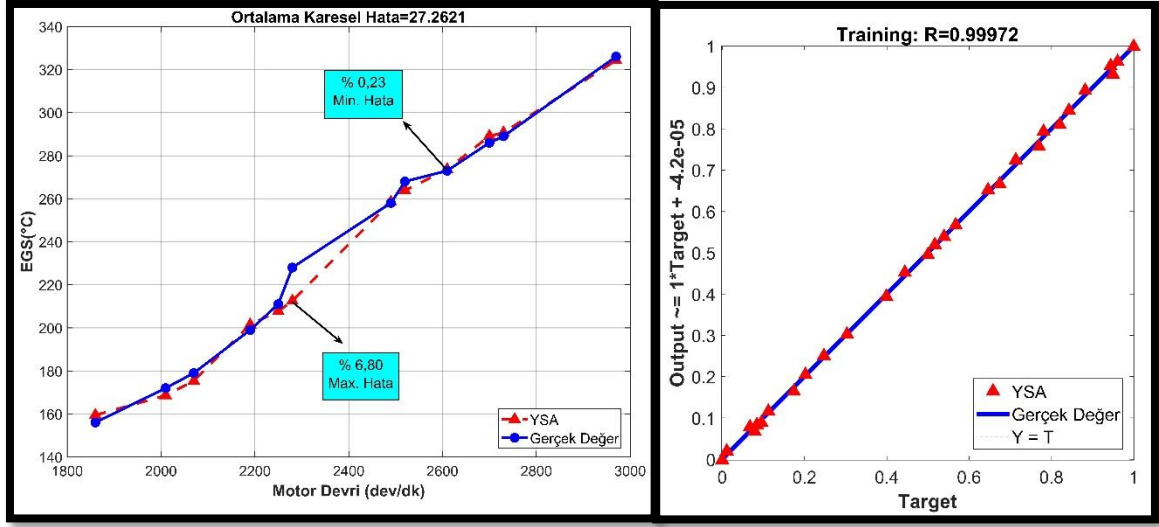


(a)

(b)

Şekil 8.158. (a) KM'de %12B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %12B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.159' de %18 Bütanol katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2280 dev/dk' da, %6,80 olarak, minimum hatayı ise 2610 dev/dk' da, %0,23 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.159 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99972 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.159. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %18B katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Tablo 8.21’ de, Bütanol katkılı KM ve NM’ deki EGS değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, EGS değerleri; %9,76 - %0,004 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.21. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki EGS değerleri YSA sonuçları

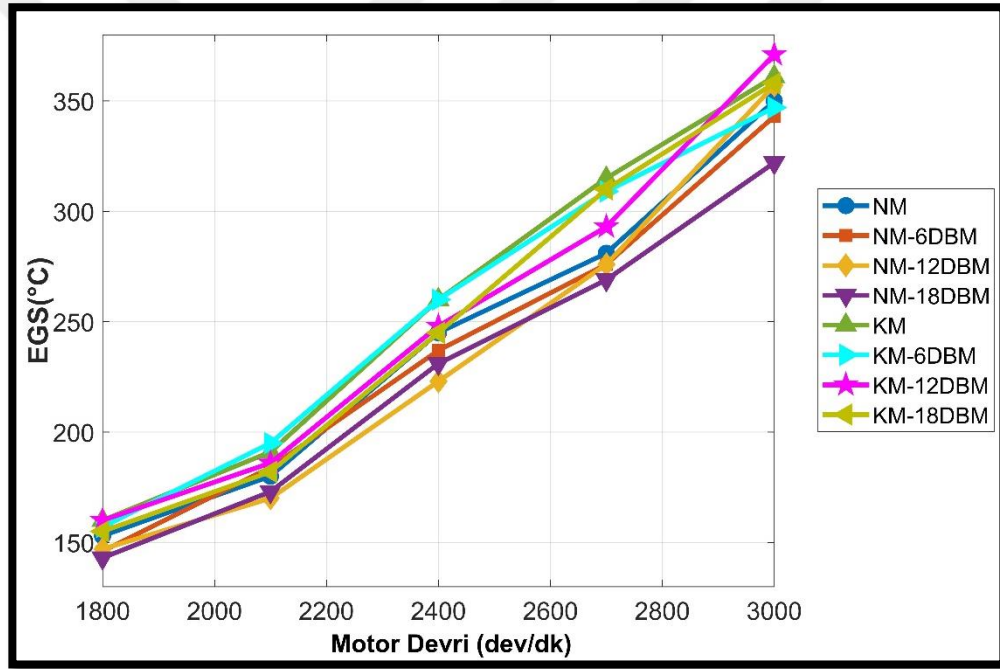
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%9,76	%0,07	0,99923
NM-%6B	%4,94	%0,06	0,99974
NM-%12B	%5,94	%0,15	0,99696
NM-%18B	%5,32	%0,004	0,98257
KM	%5,51	%0,19	0,99967
KM-%6B	%3,28	%0,03	0,9993
KM-%12B	%2,99	%0,27	0,99935
KM-%18B	%6,80	%0,23	0,99972

8.6.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

Dibütil Maleat (DBM) katkısının yapısında bulunan Oksijen zenginleştirilmesiyle yanmanın iyileşmesine, gaz sıcaklığının artmasına yol açar, ancak yanma süresinin kısalması ile yüksek sıcaklıkta gazın süresinin azalmasına yol açmaktadır[113]. Bu nedenle DBM katkısı EGS değerlerinin düşük oranlarda azalttığı, benzer çalışmalarda görülmüştür[139].

Deneysel çalışma incelendiğinde NM ve KM’deki EGS değerlerinin motor devrinin yükselmesine paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. KM’de uygulanan ısı yalıtım neticesinde piston ve supaplar üzerinden kaybedilen ısı azalmaktadır. Bu şekilde yanma sonucu sıcaklığında artış olmakta ve ortaya çıkan EGS değeri de artmaktadır. Şekil 8.160’da, NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız EGS değerleri görülmektedir.

Şekil 8.160’de NM ve KM’deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız EGS deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM’de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının EGS değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

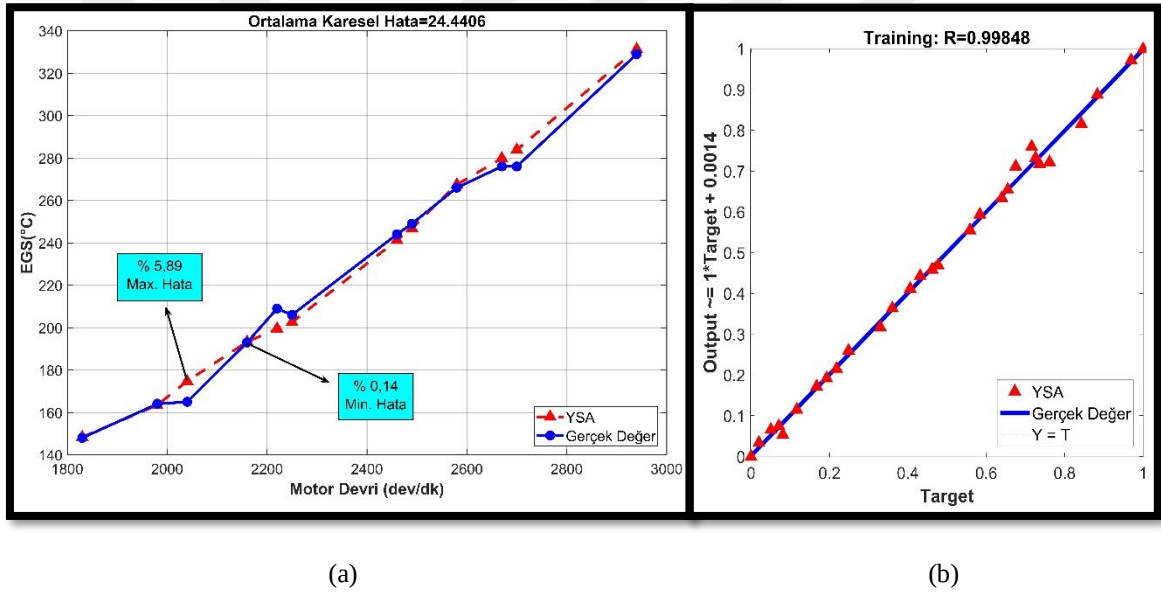


Şekil 8.160. NM ve KM’deki, DBM katkılı ve katkısız EGS değerleri

DBM katkısı NM’de ve KM’de, EGS değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Deneysel sonuçlarda görüldüğü gibi, NM ve KM’de DBM katkı oranlarının artışı, EGS değerlerinde azalma oranını yükseltmiştir. NM’de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen EGS değerleri ile katkısız NM’deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %1.92, %3.71, %5.83 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’de, EGS değerleri NM’ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. DBM’nin EGS değerlerini düşürücü eğilimine karşı, TBK uygulamasının

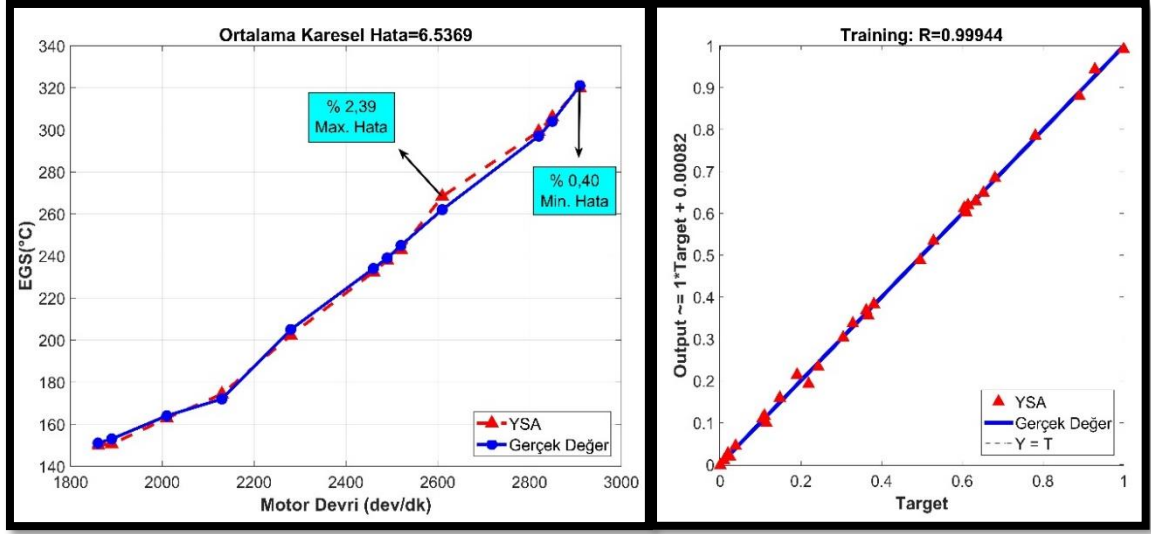
da EGS değerlerini artırıcı etkisi, EGS değerlerindeki azalmayı sınırlamıştır. KM’ de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen EGS değerleri ile katkısız NM’ deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %5.21, %3.88, %3.03 oranlarında artış meydana gelmiştir.

Şekil 8.161’ de %3 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2040 dev/dk’ da, %5,89 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk’ da, %0,14 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.161 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99848 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.161. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

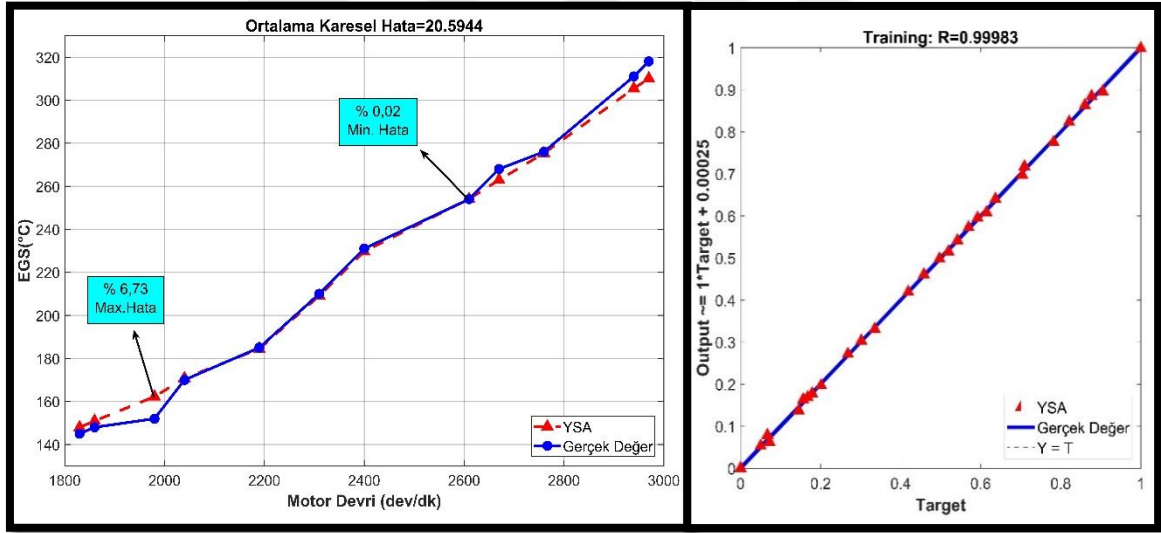
Şekil 8.162’ de %6 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2610 dev/dk’ da, %2,39 olarak, minimum hatayı ise 2910 dev/dk’ da, %0,40 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.162 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99944 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.162. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği



(a)

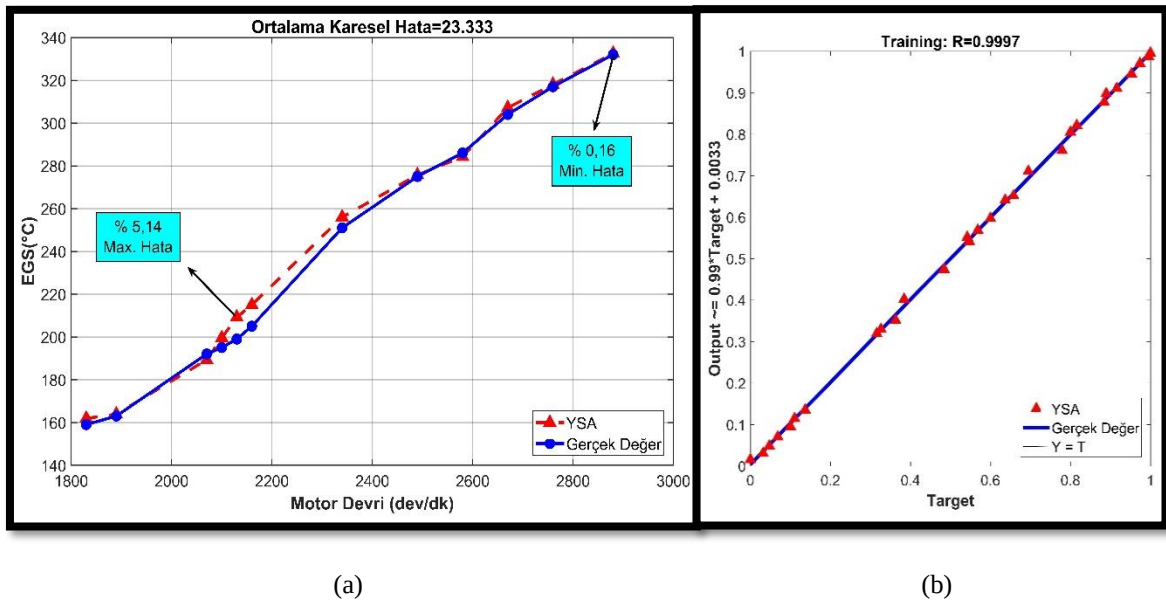
(b)

Şekil 8.163. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.163’ de %9 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1980 dev/dk’ da, %6,73 olarak, minimum hatayı ise 2610 dev/dk’ da, %0,02 olarak

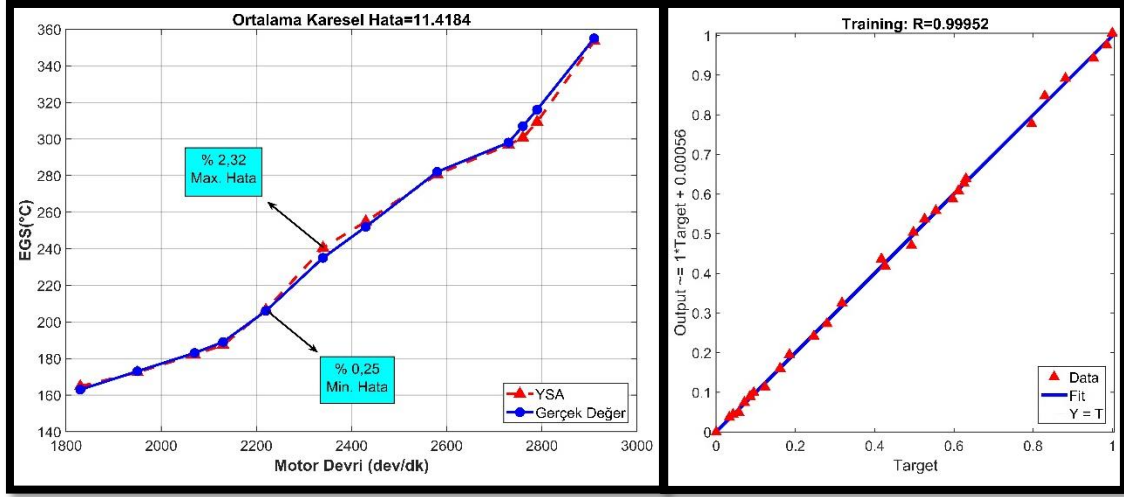
hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.163 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99983 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.164' de %3 Dibütil Maleat katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2130 dev/dk' da, %5,14 olarak, minimum hatayı ise 2880 dev/dk' da, %0,16 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.164 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9997 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.164. (a) KM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

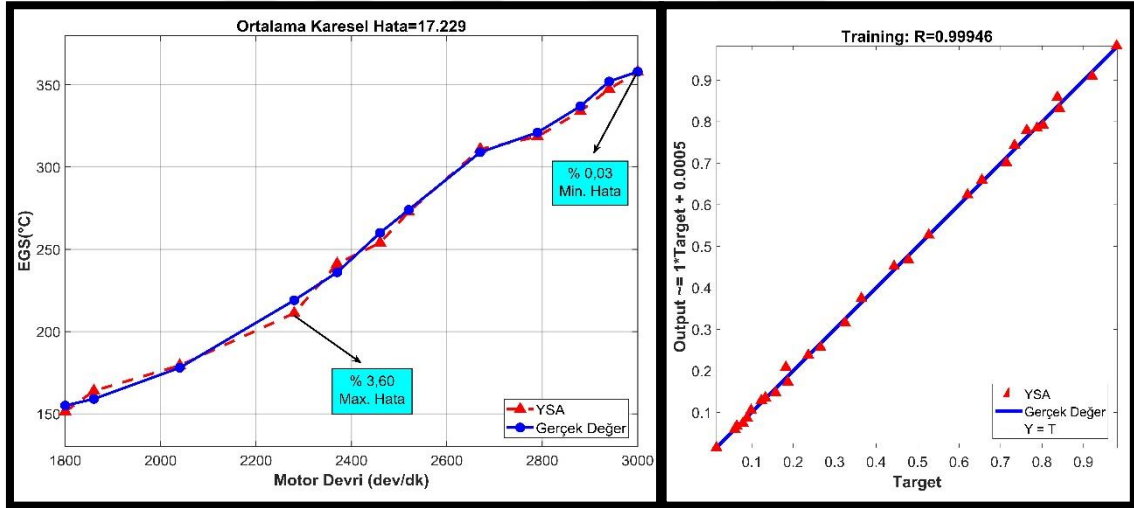
Şekil 8.165' de %6 Dibütil Maleat katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2340 dev/dk' da, %2,32 olarak, minimum hatayı ise 2220 dev/dk' da, %0,25 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.165 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99952 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.165. (a) KM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.166. (a) KM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.166’ de %9 Dibütıl Maleat katkılı KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2280 dev/dk’ da, %3,60 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.166 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99946 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.22’ de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki EGS değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, EGS; %9,76 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.22. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki EGS değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%9,76	%0,07	0,99923
NM-%3DBM	%5,89	%0,14	0,99848
NM-%6DBM	%2,39	%0,40	0,99944
NM-%9DBM	%6,73	%0,02	0,99983
KM	%5,51	%0,19	0,99967
KM-%3DBM	%5,14	%0,16	0,9997
KM-%6DBM	%2,32	%0,25	0,99952
KM-%9DBM	%3,60	%0,03	0,99946

8.6.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

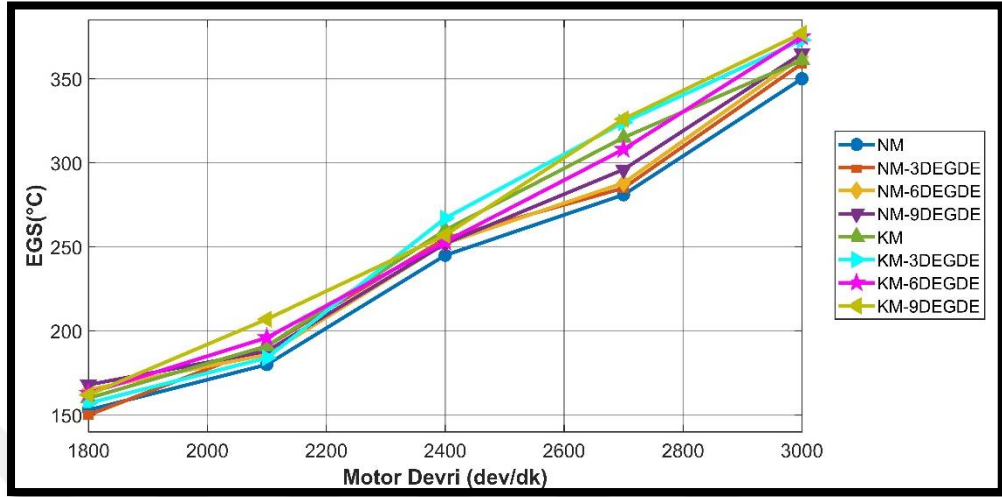
Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) kimyasal formülü $C_6H_{14}O_3$ olan, yapısında OH radikal grupları bulunan, setan sayısı 126 olan bir oksijenli bir katkı maddesidir. Yapısındaki oksijen atomları ve setan sayısının yüksek olması sebebi ile potansiyel bir dizel yakıt katkısı olarak görülmektedir.

Karışımlardaki ek oksijenin varlığı her zaman egzoz gazlarında karbon partikül yakma olasılığını artırır, bu da yüksek egzoz gazı sıcaklığına neden olur ve aynı zamanda karışımların yüzdesindeki artışla artar[115]. DEGDE karışımı, oksijen zenginleştirmesinin ve yüksek setan sayısı ile termal verimi arttırmaktadır[110]. Termal verimdeki bu artış, yanma sonu gaz sıcaklığını arttırmaktadır.

Deneyisel çalışma incelendiğinde NM ve KM’ deki EGS değerlerinin motor devrinin yükselmesine paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. KM’ de uygulanan ısı yalıtım neticesinde piston ve supaplar üzerinden kaybedilen ısı azalmaktadır. Bu şekilde yanma sonu sıcaklığında artış olmakta ve ortaya çıkan EGS değeri de artmaktadır.

Şekil 8.167’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının EGS değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade

etmektedir. Şekil 8.168’ de, NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız EGS değerleri görülmektedir.

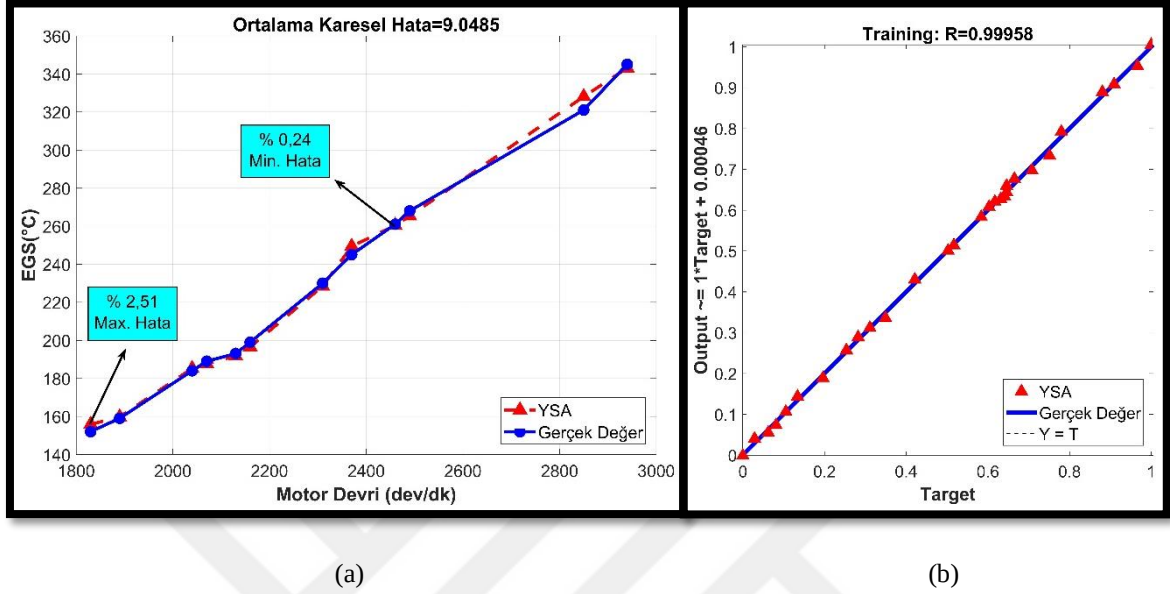


Şekil 8.168. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız EGS değerleri

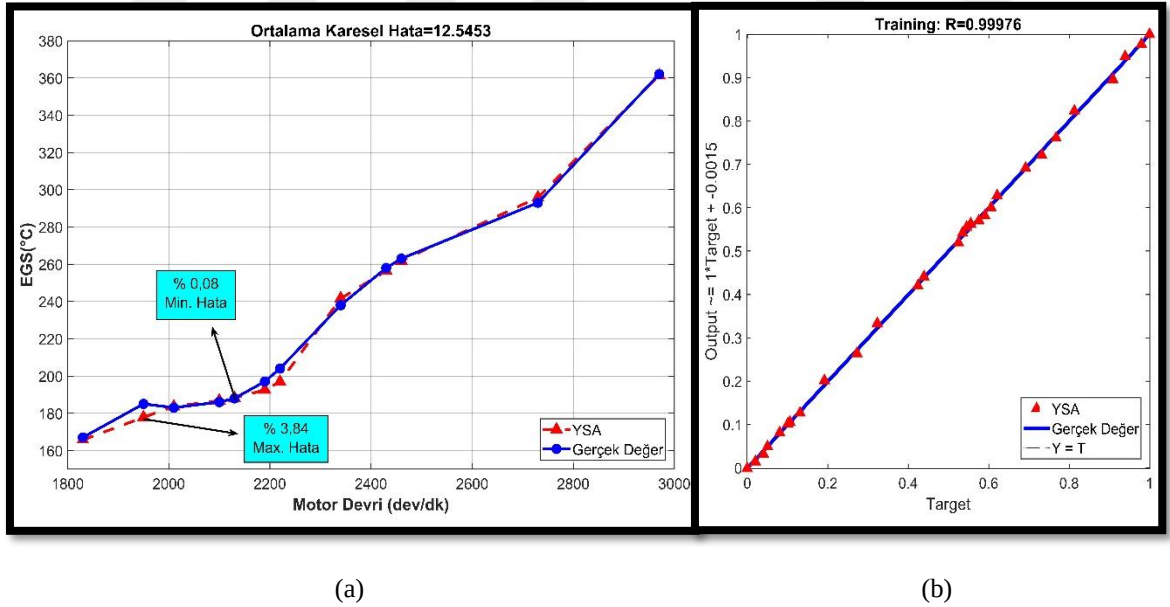
Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM’ de ve KM’ de, EGS değerlerinin artışına sebep olmuştur. NM ve KM’ de DEGDE katkı oranlarının artışı, EGS değerlerinin artış oranını yükseltmiştir. NM’ de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen EGS değerleri ile katkısız NM’ deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.52, %4.14, %5.38 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, EGS değerleri NM’ ye kıyasla daha fazla artırdığı görülmektedir. DEGDE katkısının EGS değerlerini yükseltme eğilimine ek olarak, TBK’ uygulamasının da EGS değerlerini arttırıcı etkisi, EGS seviyesini çok daha fazla yükseltmiştir. KM’ de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9DEGDE katkıları sonucu elde edilen EGS değerleri ile katkısız NM’ deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %7.11, %8.63, %9.95 oranlarında artış meydana gelmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, DEGDE katkısı ile EGS değerlerinde artış meydana geldiği görülmüştür[110].

Şekil 8.169’ de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1830 dev/dk’ da, %2,51 olarak, minimum hatayı ise 2460 dev/dk’ da,

%0,24 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.169 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99958 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.169. (a) NM'de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

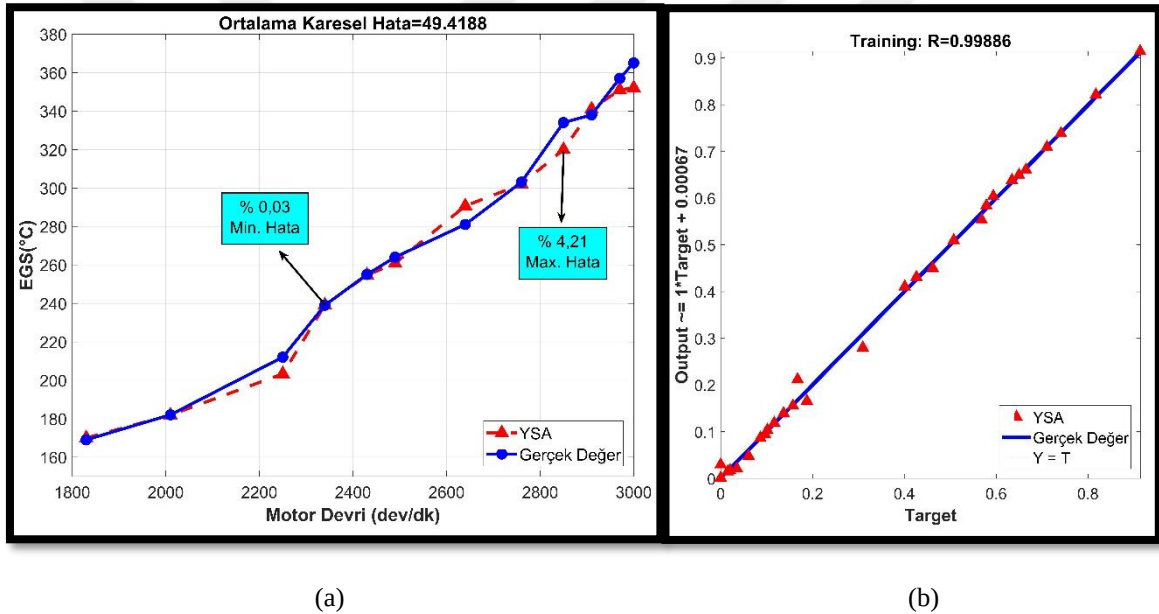


Şekil 8.170. (a) NM'de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.170' de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı

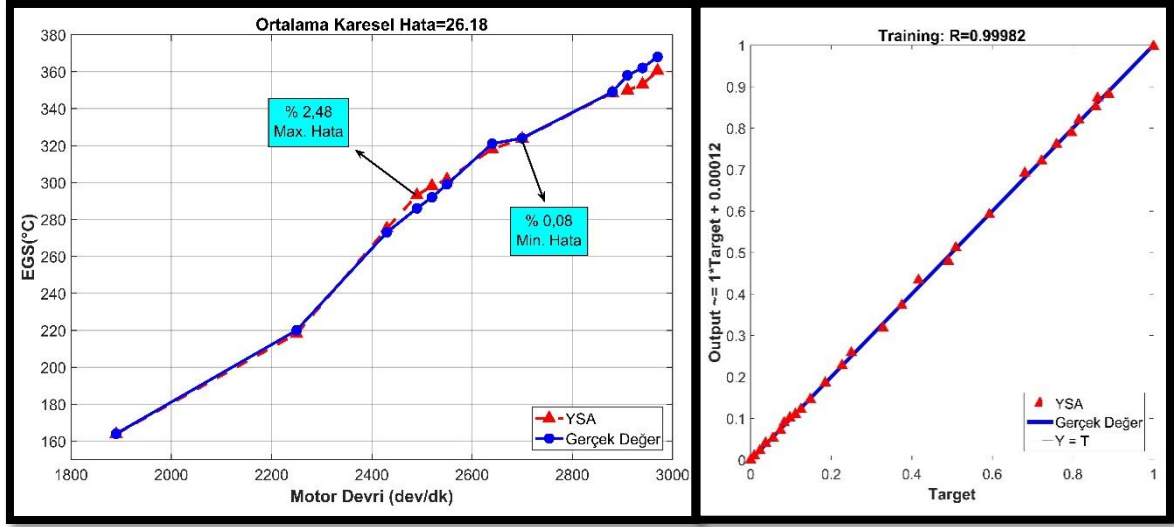
eklenmiş NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1950 dev/dk' da, %3,84 olarak, minimum hatayı ise 2130 dev/dk' da, %0,08 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.170 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99976 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.171' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2340 dev/dk' da, %4,21 olarak, minimum hatayı ise 2850 dev/dk' da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.171 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99886 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.171. (a) NM'de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

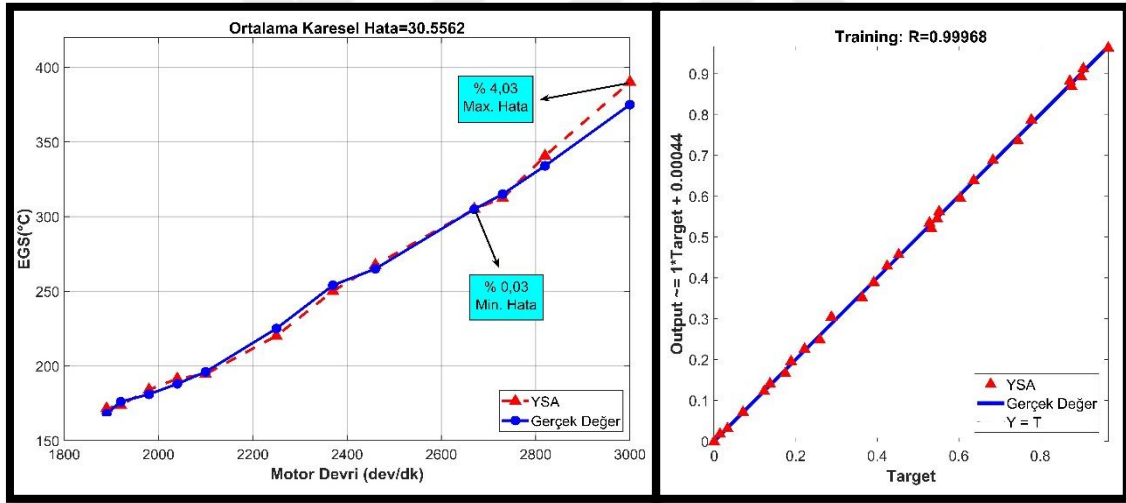
Şekil 8.172' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2490 dev/dk' da, %2,48 olarak, minimum hatayı ise 2700 dev/dk' da, %0,08 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.172 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99982 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.172. (a) KM’de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği



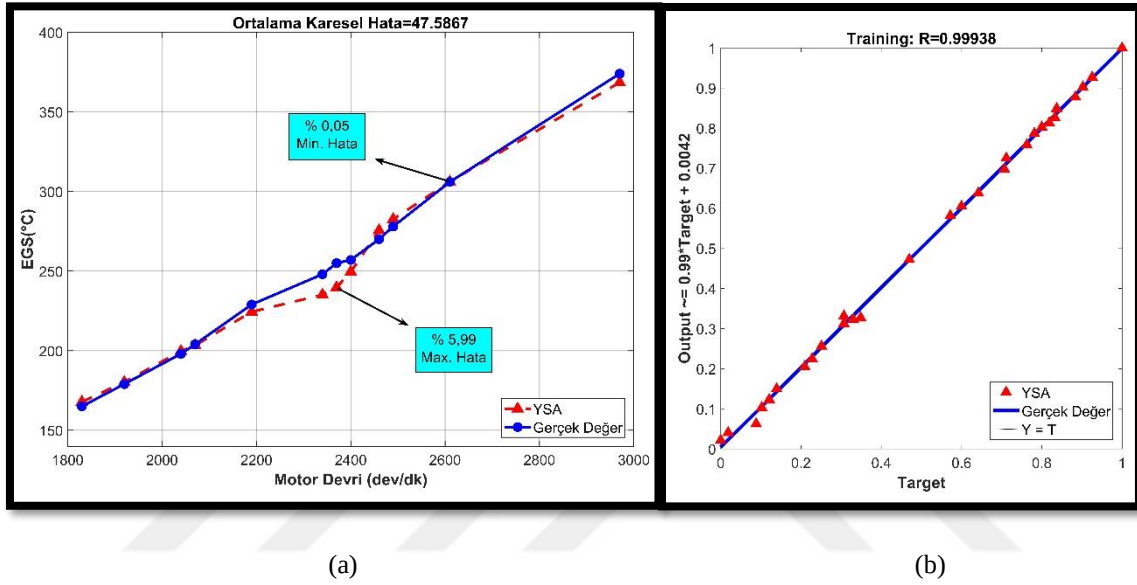
(a)

(b)

Şekil 8.173. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.173’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %4,03 olarak, minimum hatayı ise 2670 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.173 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99968 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.174' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2610 dev/dk' da, %5,99 olarak, minimum hatayı ise 2370 dev/dk' da, %0,05 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.174 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99938 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.174. (a) KM'de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Tablo 8.23. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM' deki EGS değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%9,76	%0,07	0,99923
NM-%3DEGDE	%2,51	%0,24	0,99958
NM-%6DEGDE	%3,84	%0,08	0,99976
NM-%9DEGDE	%4,21	%0,03	0,99886
KM	%5,51	%0,19	0,99967
KM-%3DEGDE	%2,48	%0,08	0,99982
KM-%6DEGDE	%4,03	%0,03	0,99968
KM-%9DEGDE	%5,99	%0,05	0,99938

Tablo 8.23' de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM' deki EGS değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, EGS değerlerini; %9,76 - %0,03 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.6.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

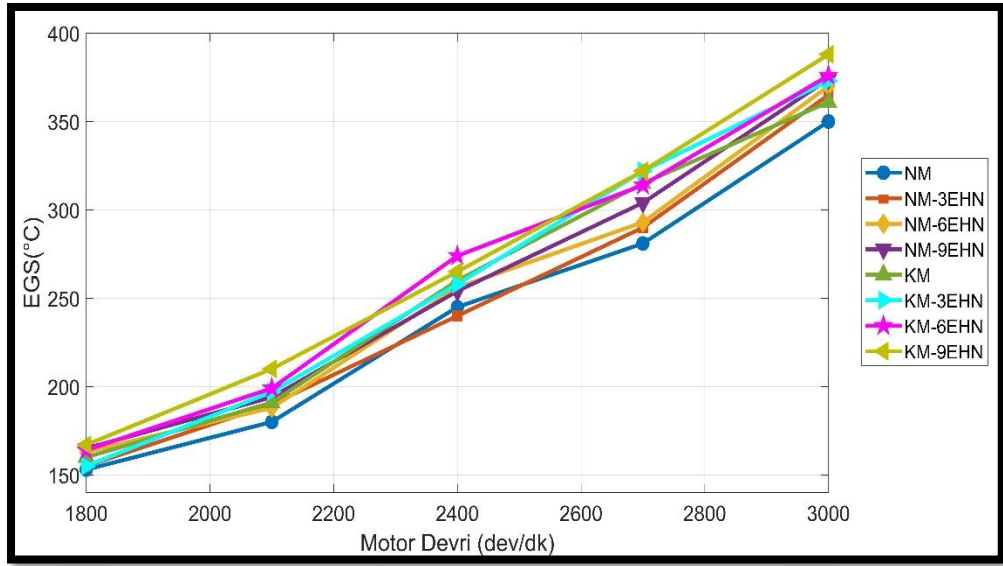
Etilheksil Nitrat (EHN) $C_8H_{17}NO_3$ kimyasal formülüne sahip, setan sayısını arttırmak için dizel yakıt katkı maddeleri olarak bilinen, performansı yüksek, yaygın olarak kullanılan tutuşmaya yardımcı katkı maddeleri arasında ticari bir setan iyileştiricisidir.

Egzoz sıcaklığı, silindirdeki yanma işleminin bir dereceye kadar ısı yayılımını hakkında bilgi sağlayarak yansıtabilecek, kirletici oluşumu üzerinde etkili bir parametredir. Yapılan çalışmalarda, setan sayısı geliştiricilerinin egzoz sıcaklığı üzerinde küçük bir artış etkisi olduğu görülmektedir[120].

Karışımlardaki ek oksijenin varlığı her zaman egzoz gazlarında karbon partikül yakma olasılığını artırır, bu da yüksek egzoz gazı sıcaklığına neden olur ve aynı zamanda karışımların yüzdesindeki artışla artar[115]. EHN karışımı, oksijen zenginleştirmesinin ve yüksek setan sayısı ile termal verimi arttırmaktadır[110]. Termal verimdeki bu artış, yanma sonu gaz sıcaklığını arttırmaktadır.

Şekil 8.175' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının EGS değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir.

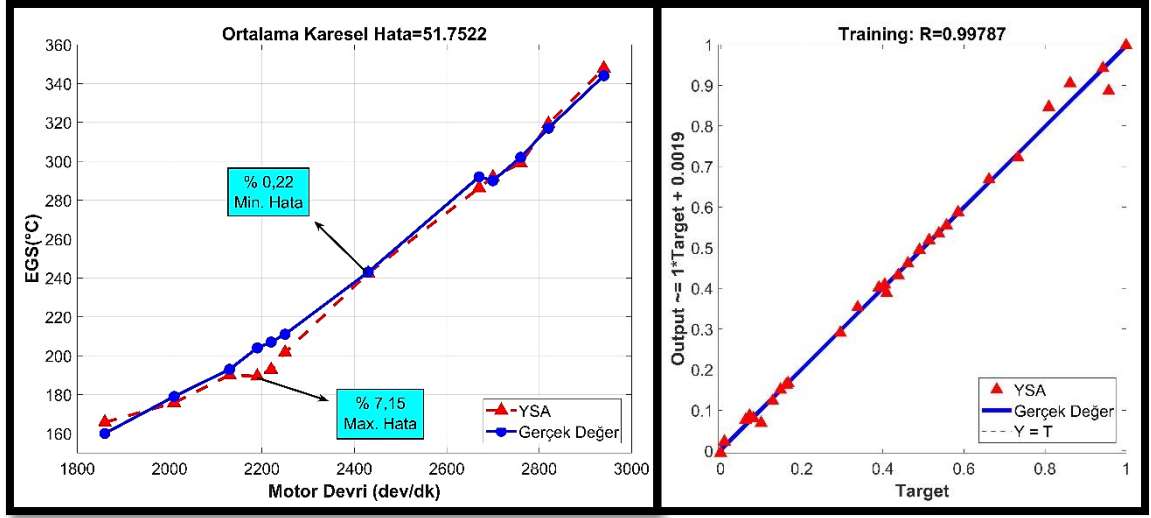
Deneysel çalışma incelendiğinde NM ve KM' deki EGS değerlerinin motor devrinin yükselmesine paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir. KM' de uygulanan ısı yalıtım neticesinde piston ve supaplar üzerinden kaybedilen ısı azalmaktadır. Bu şekilde yanma sonu sıcaklığında artış olmakta ve ortaya çıkan EGS değeri de artmaktadır. Şekil 8.175' de, NM ve KM' deki, EHN katkılı ve katkısız EGS değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.175. NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız EGS değerleri

Şekil 8.175’ de görüldüğü üzere, Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM’ de ve KM’ de, EGS değerlerinin artışına sebep olmuştur. NM ve KM’ de EHN katkı oranlarının artışı, EGS değerlerinin artış oranını yükseltmiştir. NM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen EGS değerleri ile katkısız NM’ deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.50, %5.11, %6.89 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, EGS değerleri NM’ ye kıyasla daha fazla artırdığı görülmektedir. EHN katkısının EGS değerlerini yükseltme eğilimine ek olarak, TBK’ uygulamasının da EGS değerlerini arttırıcı etkisi, EGS seviyesini çok daha fazla yükseltmiştir. KM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen EGS değerleri ile katkısız NM’ deki EGS değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %7.39, %9.83, %11.92 oranlarında artış meydana gelmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, literatürdeki Etilheksil Nitrat katkılı çalışmalar ile benzerlik göstermiş, EHN katkısı ile EGS değerlerinde artış meydana geldiği görülmüştür[120].

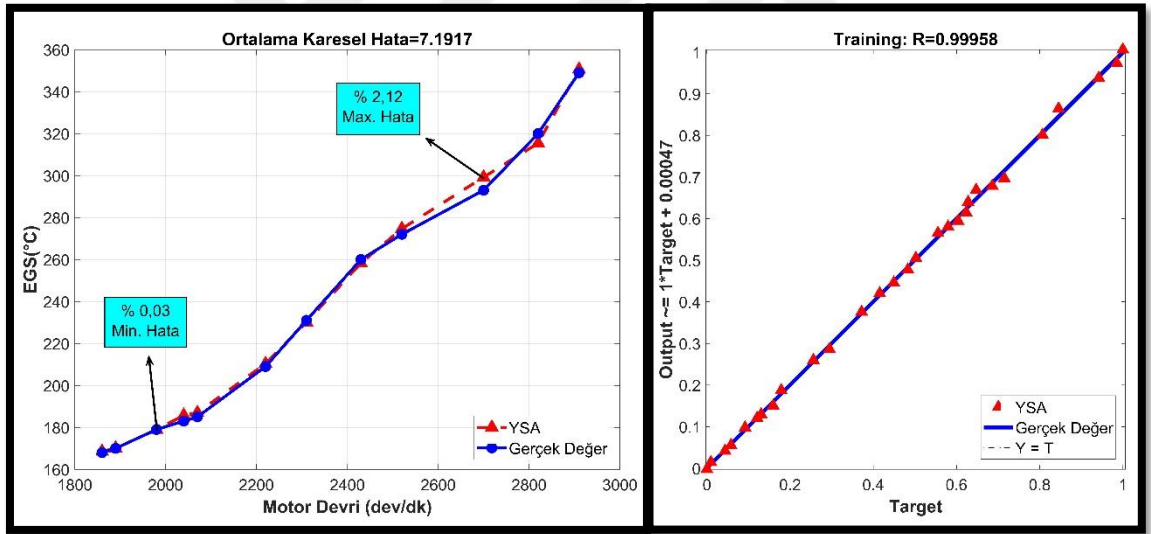
Şekil 8.176’ da %3 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2190 dev/dk’ da, %7,15 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk’ da, %0,22 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.176 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99787 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.176. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği



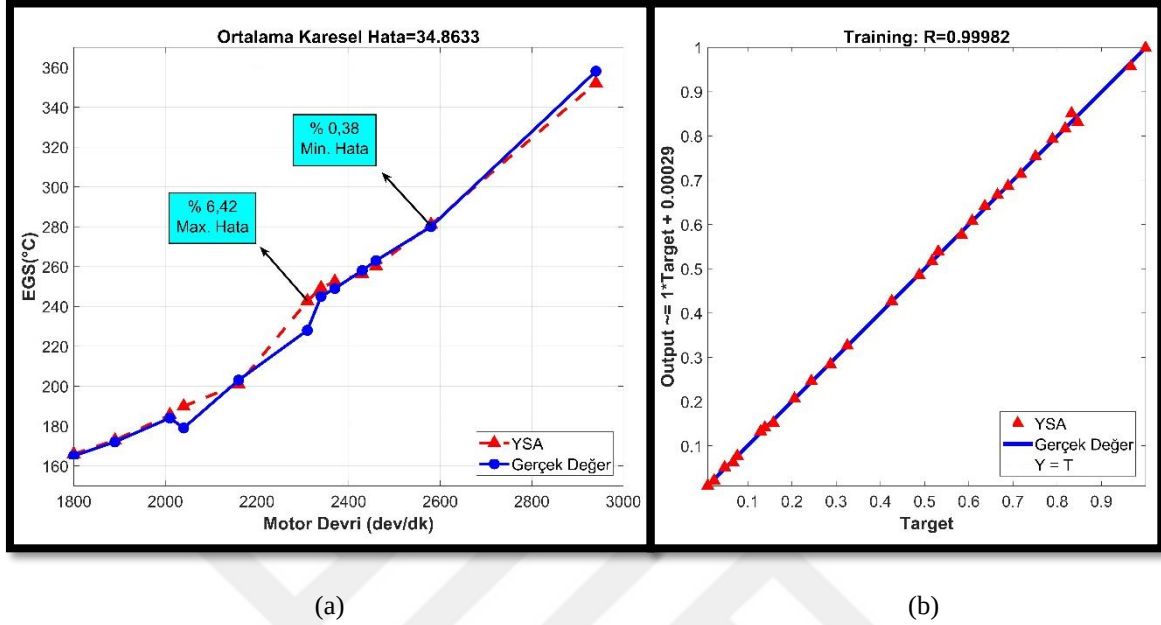
(a)

(b)

Şekil 8.177. (a) NM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.177’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2700 dev/dk’ da, %2,12 olarak, minimum hatayı ise 1800 dev/dk’ da, %0,03 olarak

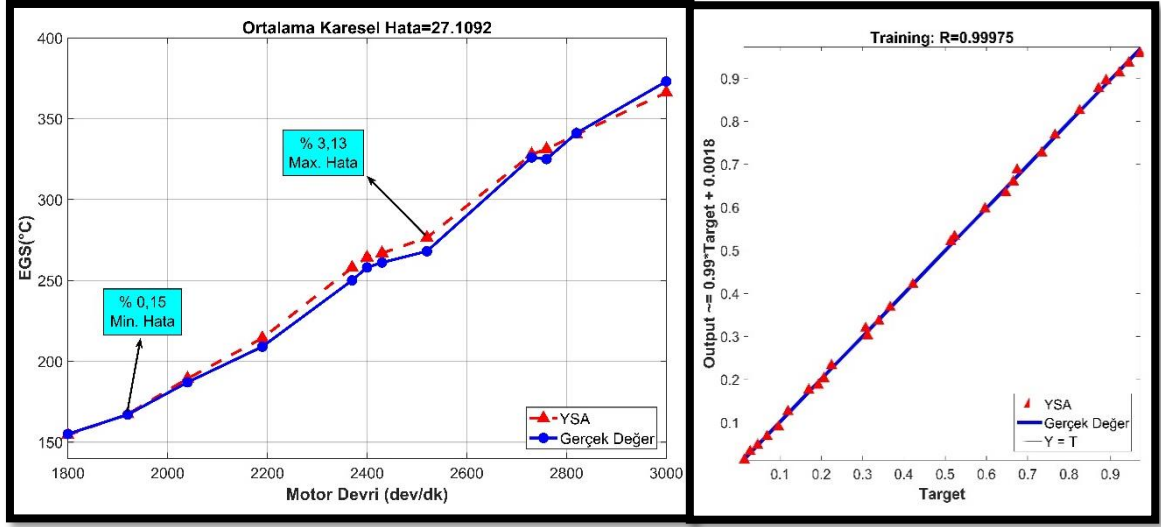
hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.177 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99958 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.178. (a) NM'de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.178' da %9 Etilheksil Nitrat katkılı NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2310 dev/dk' da, %6,42 olarak, minimum hatayı ise 2580 dev/dk' da, %0,38 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.178 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99982 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.179' da %3 Etilheksil Nitrat katkılı KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM' nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2520 dev/dk' da, %3,13 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk' da, %0,15 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.179 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99975 olarak hesaplanmıştır.

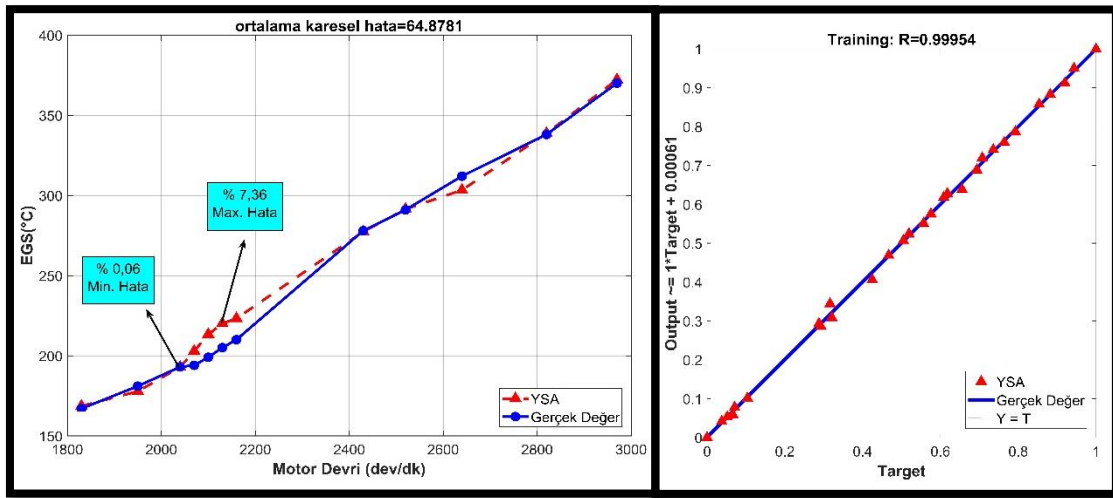


(a)

(b)

Şekil 8.179. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.180’ da %6 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2130 dev/dk’ da, %7,36 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk’ da, %0,06 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.180 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99954 olarak hesaplanmıştır.

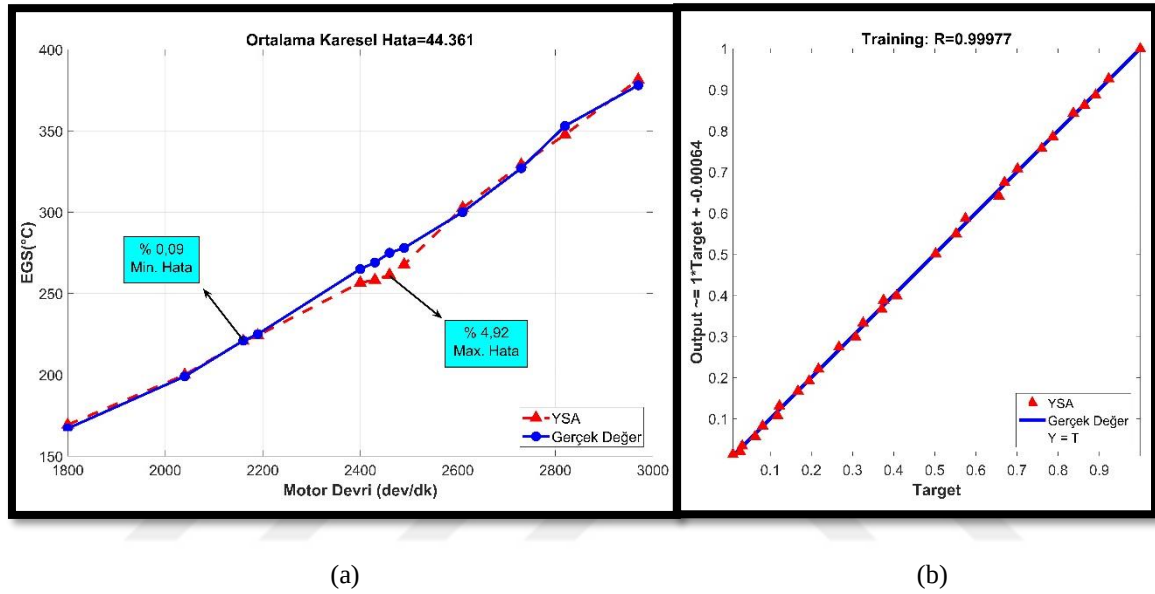


(a)

(b)

Şekil 8.180. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.181’ de %9 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM’ nin EGS değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2460 dev/dk’ da, %4,92 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk’ da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.181 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99977 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.181. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA EGS değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, EGS değerleri Regresyon grafiği

Tablo 8.24. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki EGS değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%9,76	%0,07	0,99923
NM-%3EHN	%7,15	%0,22	0,99787
NM-%6EHN	%2,12	%0,03	0,99958
NM-%9EHN	%6,42	%0,38	0,99982
KM	%5,51	%0,19	0,99967
KM-%3EHN	%3,13	%0,15	0,9939
KM-%6EHN	%7,36	%0,06	0,99954
KM-%9EHN	%4,92	%0,09	0,99977

EGS değerlerini tahmin etmesi için tasarlanan YSA modeline göre, çıktı verileri ve grafikleri yukarıda bulunan şekillerde gösterilmiştir. Tablo 8.24’ de, Etilheksil Nitrat katkılı

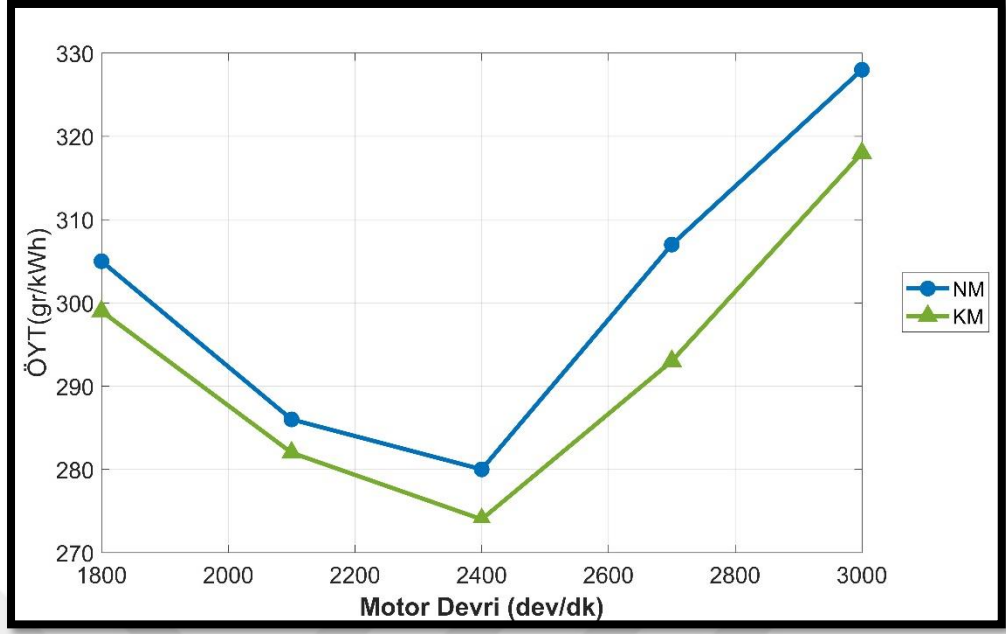
KM ve NM’ deki EGS değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, EGS değerlerini; %9,76 - %0,03 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

8.7. ÖYT Sonuçlarının Değerlendirilmesi

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

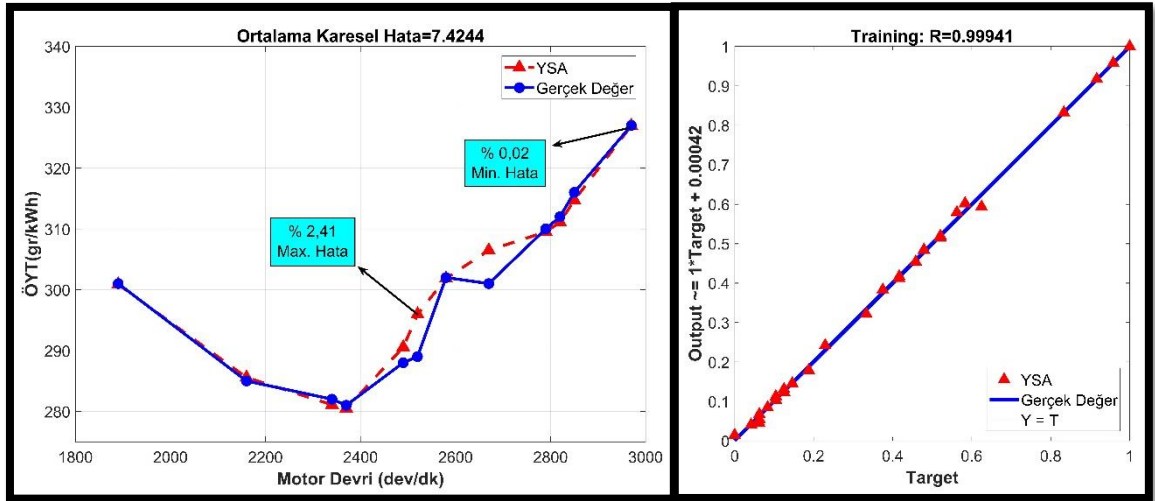
Katkısız NM ve KM’ deki, özgül yakıt tüketiminin en düşük değerleri, 2400 devir/dk civarında ölçülmüştür. Daha düşük devirlerde Şekil 8.182.’ de görüldüğü gibi ÖYT değerleri yükselmiştir. Bu durumun nedeni, düşük devirlerde motorun çalışma sıcaklığının düşük olması ile birlikte yanmanın veriminin düşük olmasıdır. Orta devirlere yaklaşılmaması ile ideal çalışma sıcaklığına gelen motor yanma veriminin artması ile ÖYT değerleri düşmektedir. Buna ek olarak orta motor devirlerinde yakıt/hava karışımının stokiometrik orana çok daha yakın olması ÖYT değerlerini düşüren başka bir etken olarak görülmektedir. Yüksek devir değerlerine ulaşıldığında, yanma reaksiyonları için gereken sürede azalma, yanmayı olumsuz etkiler ve yanma verimi düşer. Yanma veriminin düşmesi sebebiyle, motor aynı gücü üretebilmesi için daha fazla yakıtı yanma odasına göndermesi gerekir ve bu şekilde ÖYT değerleri yükselmiş olur.

Deneyisel çalışma sırasındaki çeşitli motor hızı değerlerinde, KM’ de elde edilen ÖYT değerlerinin ortalaması NM’ den düşük bulunmuştur. Şekil 8.182’ de görüldüğü gibi, tüm motor devirlerinde KM’ de kaydedilen ÖYT değerleri, NM’ deki ÖYT değerlerinden düşüktür. Kaplanmış motordaki yanma odası bileşenlerine uygulanan kaplama işlemi sonucunda soğutmaya aktarılan ısı miktarı azalmıştır. Yanma odasından aktarılan ısı miktarındaki azalmanın, daha fazla miktarda hidrokarbonun oksijenle reaksiyona girmesine neden olduğu düşünülmüştür. Sonuç olarak, kaplanmış motorlarda test yakıtlarının ÖYT değerlerinde bir düşüş olduğu görülmüştür[134]. Yapılan deneyler sonucunda KM’ nin ÖYT değerlerinde NM’ ye kıyasla ortalama % 2,62 oranında azalma olduğu görülmüştür. Şekil 8.182’ de, NM ve KM’ deki, katkı kullanılmamış ÖYT değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.182. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış ÖYT değerleri

TBK' lı motorun, özgül yakıt tüketimi değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu, yanma sıcaklığındaki artışın bir sonucu olarak, yanma sırasında geliştirilmiş enerji dönüşüm oranından kaynaklanır ve yakıt tüketiminde azalmaya neden olan daha iyi yanma yapısına sebep olur[119]. Diğer TBK çalışmalarında da benzer sonuçlar görülmüştür[104, 152, 153].



(a)

(b)

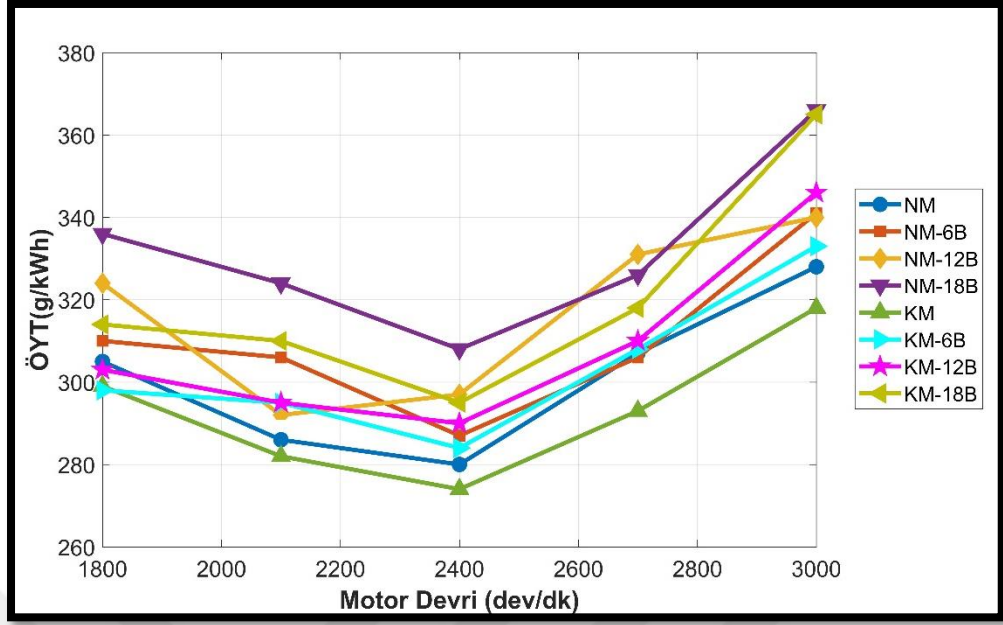
Şekil 8.183. (a) NM'de katkısız, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM katkısız, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.183' de katkı maddesi kullanılmamış NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2520 dev/dk' da, %2,41 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.183 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99941 olarak hesaplanmıştır.

8.7.1 Bütanol Katkısının Etkileri

Özgül yakıt tüketimi (ÖYT), içten yanmalı motorlarda kullanılan önemli bir performans parametresidir. ÖYT, birim güç başına birim zamanda tüketilen yakıt miktarı olarak tanımlanmaktadır. Beklendiği gibi alkollerin alt ısı değerleri standart dizel yakıtla kıyasla düşüktür, alkollerin ilavesi ile azalmış enerji içeriği nedeniyle ÖYT artar. Yakıtların ısı değeri, ÖYT' nin artırılmasında veya azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Alkol karışımları gibi daha düşük bir ısı değerine sahip yakıtlar kullanıldığında, benzer bir güç çıkışı elde etmek için daha fazla yakıt enjekte edilmelidir. Ayrıca, alkollerin setan sayısı daha düşük olduğundan, alkol karışımlarının tutuşma gecikme süresi artar ve bu nedenle ÖYT artar[99]. Başka bir çalışmada ise, bütanol karışımlarının yoğunlukları standart dizel yakıtının yoğunluğuna oranla daha düşük olduğu belirtilerek bunun sonucunda da, motorun aynı çıkış gücünü verebilmesi için silindir içerisine püskürtülen yakıtın kütlesinin artırılması gerektiği belirtilmiştir[6]. Bütanol katkısı uygulanmış diğer çalışmalarda da benzer değişimler görülmektedir[112, 115, 138].

Şekil 8.184' de, NM ve KM' de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının ÖYT değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6B ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6Bütanol katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.184' de, NM ve KM' deki, Bütanol katkılı ve katkısız ÖYT değerleri gösterilmektedir.

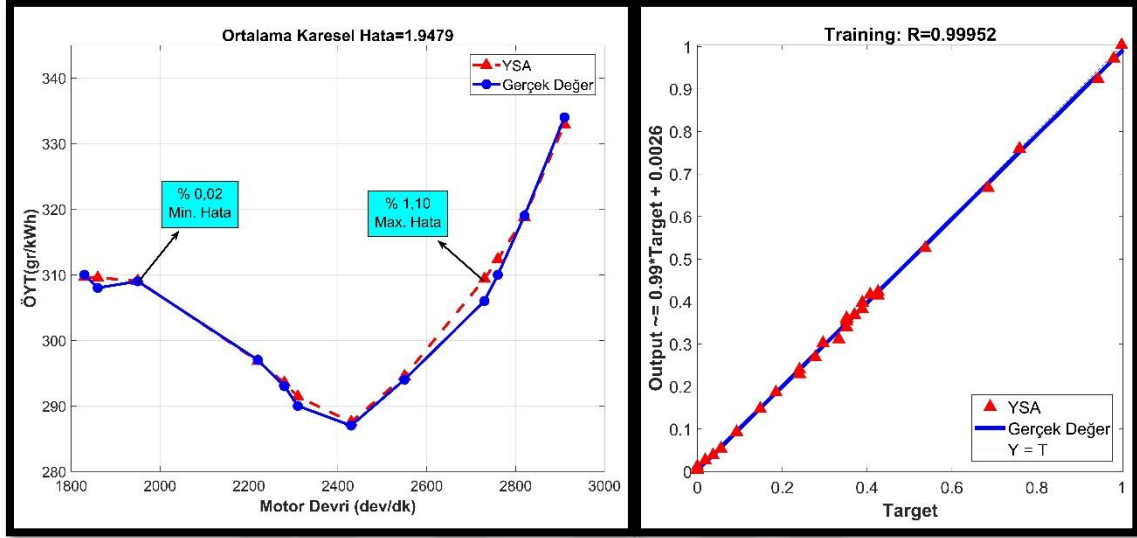


Şekil 8.184. NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız ÖYT değerleri

Özgül yakıt tüketiminin en düşük değerleri, 2400 devir/dk civarında ölçülmüştür. Daha düşük devirlerde Şekil 8.184.’ de görüldüğü gibi ÖYT değerleri yükselmiştir. Bu durumun nedeni, düşük devirlerde motorun çalışma sıcaklığının düşük olması ile birlikte yanmanın veriminin düşük olmasıdır. Orta devirlere yaklaşılmaya ile ideal çalışma sıcaklığına gelen motor yanma veriminin artması ile ÖYT değerleri düşmektedir. Buna ek olarak orta motor devirlerinde yakıt/hava karışımının stokiometrik orana çok daha yakın olması ÖYT değerlerini düşüren başka bir etken olarak görülmektedir. Yüksek devir değerlerine ulaşıldığında, yanma reaksiyonları için gereken sürede azalma, yanmayı olumsuz etkiler ve yanma verimi düşer. Yanma veriminin düşmesi sebebiyle, motor aynı gücü üretebilmesi için daha fazla yakıtı yanma odasına göndermesi gerekir ve bu şekilde ÖYT değerleri yükselmiş olur.

Şekil 8.184 incelendiğinde, Bütanol katkısı NM’ de ve KM’ de, ÖYT değerlerinde artışlara sebep olmuştur. NM ve KM’ de Bütanol katkı oranlarının artışı, ÖYT değerlerindeki artış oranını yükseltmiştir. NM’ de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %3.14, %5.09, %10.32 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, ÖYT değerlerinde NM’ ye kıyasla azalma gösterdiği görülmektedir. Bütanol’ ün ÖYT değerlerini artırma eğilimine karşın, TBK’ uygulamasının da ÖYT değerlerini azaltıcı etkisi, ÖYT değerlerinin daha çok artmasına engel olmuştur.

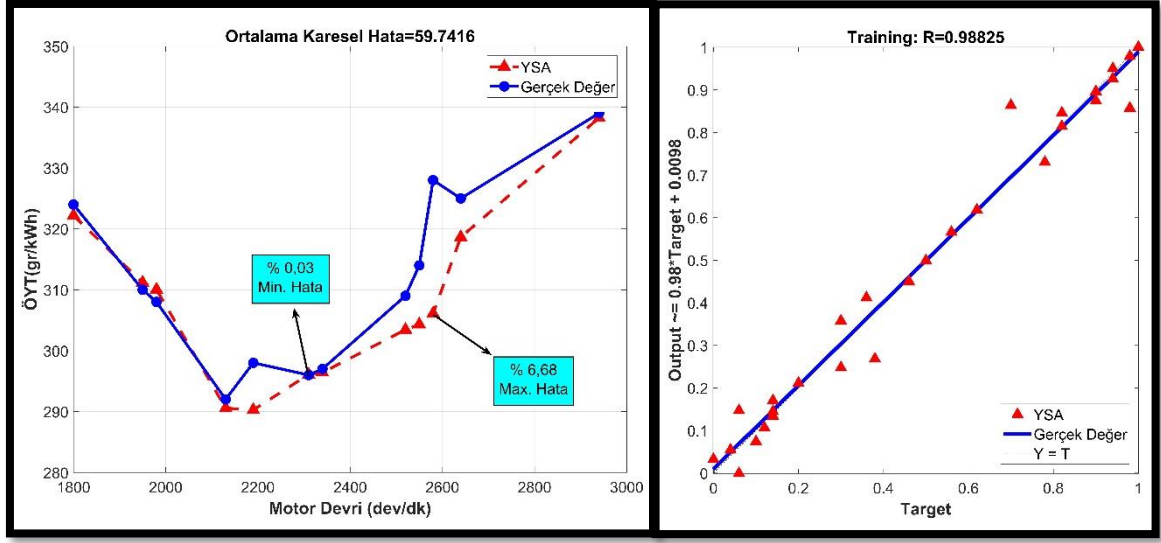
KM’ de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %0.79, %2.51, %6.33 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 8.185. (a) NM’de %6B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.185’ de %6 Bütanol katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 Bütanol katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2850 dev/dk’ da, %1,10 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.185 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99952 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.186’ de %12 Bütanol katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12 Bütanol katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2580 dev/dk’ da, %6,68 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.186 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98825 olarak hesaplanmıştır.



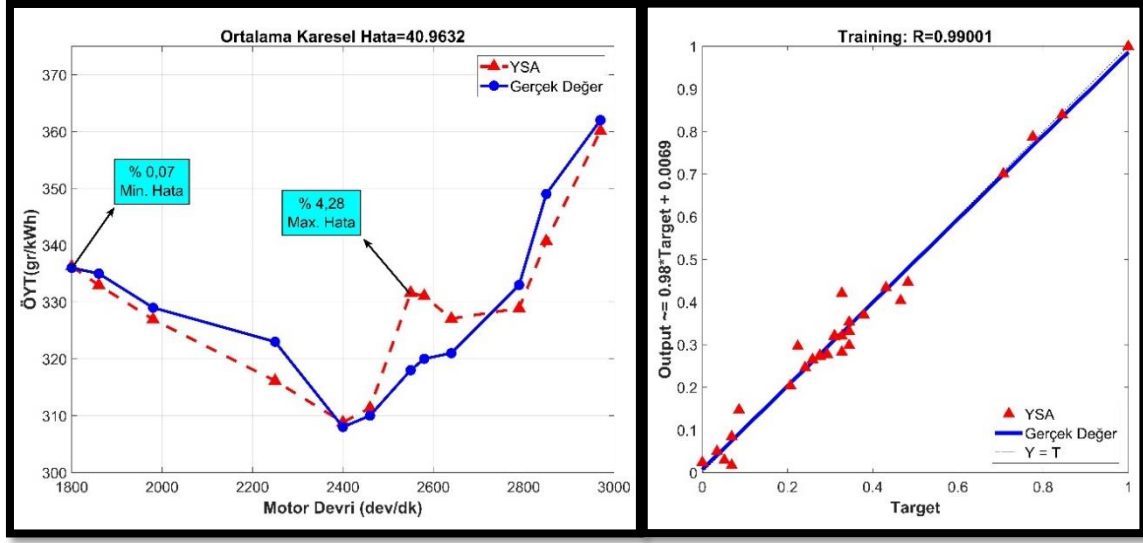
(a)

(b)

Şekil 8.186. (a) NM'de %12B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %12B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.188' de %6 Bütanol katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 Bütanol katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2910 dev/dk' da, %2,57 olarak, minimum hatayı ise 2040 dev/dk' da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.188 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9863 olarak hesaplanmıştır.

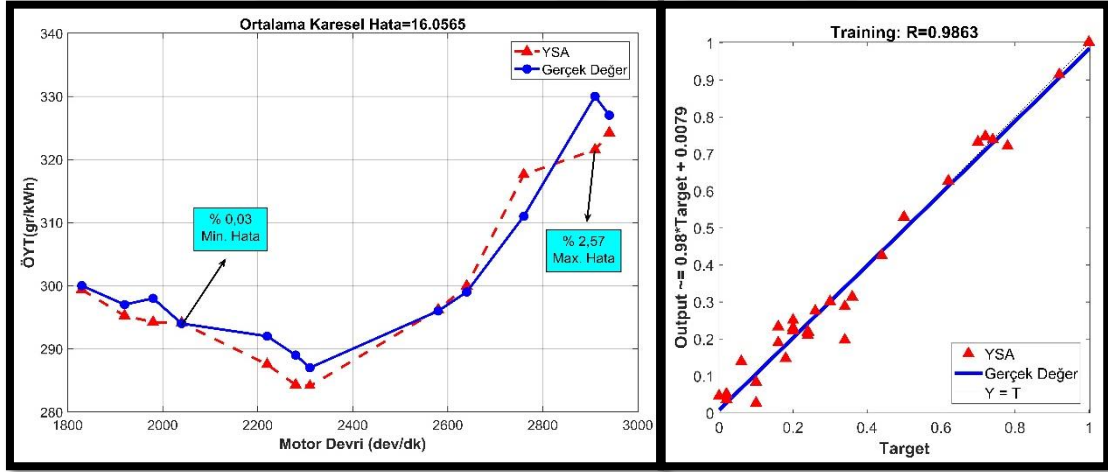
Şekil 8.187' de %18 Bütanol katkılı NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18 Bütanol katkılı NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2550 dev/dk' da, %4,28 olarak, minimum hatayı ise 1800 dev/dk' da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.187 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99001 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.187. (a) NM'de %18B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %18B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

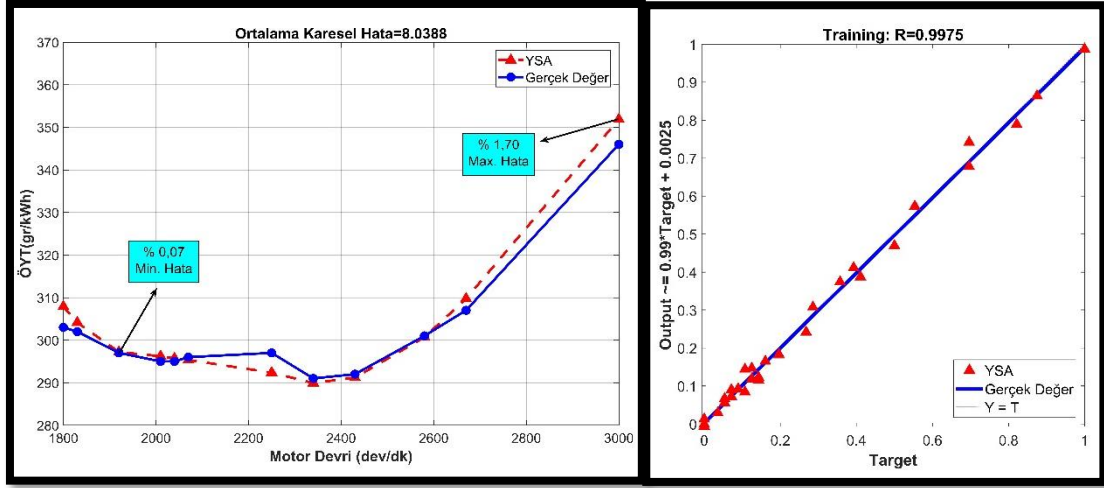


(a)

(b)

Şekil 8.188. (a) KM'de %6B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.189' de %12 Bütanol katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12 Bütanol katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 3000 dev/dk' da, %1,70 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk' da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.189 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9975 olarak hesaplanmıştır.

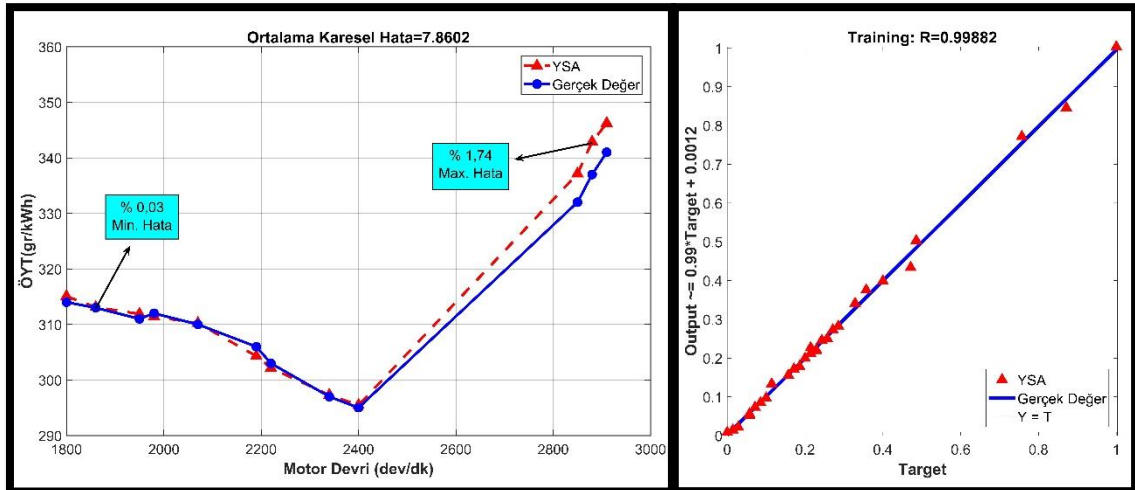


(a)

(b)

Şekil 8.189. (a) KM’de %12B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %12B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.190’ de %18 Bütanol katkılı KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18 Bütanol katkılı KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1880 dev/dk’ da, %1,74 olarak, minimum hatayı ise 2400 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.190 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99882 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.190. (a) KM’de %18B katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %18B katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Tablo 8.25. Bütanol katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%2,41	%0,02	0,99941
NM-%6B	%1,10	%0,02	0,99952
NM-%12B	%6,68	%0,03	0,98825
NM-%18B	%4,28	%0,07	0,99001
KM	%2,40	%0,20	0,97427
KM-%6B	%2,57	%0,03	0,9863
KM-%12B	%1,70	%0,07	0,9975
KM-%18B	%1,74	%0,03	0,99882

Tablo 8.25’ de, Bütanol katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de ÖYT değerleri; %6,68 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

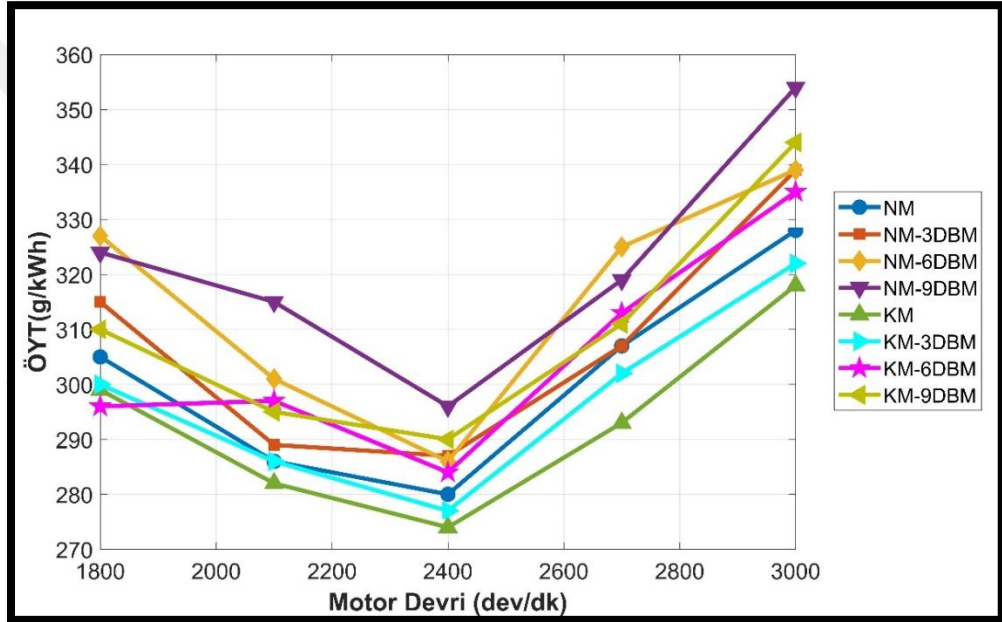
8.7.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

Özgül yakıt tüketimi (ÖYT), içten yanmalı motorlarda kullanılan önemli bir performans parametresidir. ÖYT, birim güç başına birim zamanda tüketilen yakıt miktarı olarak tanımlanmaktadır. DBM katkı maddesinin kimyasal yapısında bulunan oksijen içeriği, yanma sırasında daha fazla hidrokarbon’ un oksidasyona uğramasına sebep olarak, yanma verimini artırma eğilimi göstermektedir. Fakat buna karşı, saf DBM katkısının alt ısı değerleri standart dizel yakıtı kıyasla düşüktür ve dizel yakıtı ile DBM karışımının enerji içeriği, karışımda DBM oranı arttıkça, azalmaktadır. Karışımın ısı değerlerinin azalması ile birlikte, motorda performans kaybı olmaması amacıyla yanma odasına daha fazla yakıt püskürtülmektedir, bu durum ise ÖYT değerlerinde artışa sebep olmaktadır.

Şekil 8.191’ de NM ve KM’ deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız ÖYT değerleri deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkılarının ÖYT değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

Özgül yakıt tüketiminin en düşük değerleri, 2400 devir/dk civarında ölçülmüştür. Daha düşük devirlerde Şekil 8.191.’ de görüldüğü gibi ÖYT değerleri yükselmiştir. Bu durumun nedeni, düşük devirlerde motorun çalışma sıcaklığının düşük olması ile birlikte

yanmanın veriminin düşük olmasıdır. Orta devirlere yaklaşılmaması ile ideal çalışma sıcaklığına gelen motor yanma veriminin atması ile ÖYT değerleri düşmektedir. Buna ek olarak orta motor devirlerinde yakıt/hava karışımının stokiometrik orana çok daha yakın olması ÖYT değerlerini düşüren başka bir etken olarak görülmektedir. Yüksek devir değerlerine ulaşıldığında, yanma reaksiyonları için gereken sürede azalma, yanmayı olumsuz etkiler ve yanma verimi düşer. Yanma veriminin düşmesi sebebiyle, motor aynı gücü üretebilmesi için daha fazla yakıtı yanma odasına göndermesi gerekir ve bu şekilde ÖYT değerleri yükselmiş olur. Şekil 8.191’ de, NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız ÖYT değerleri görülmektedir.

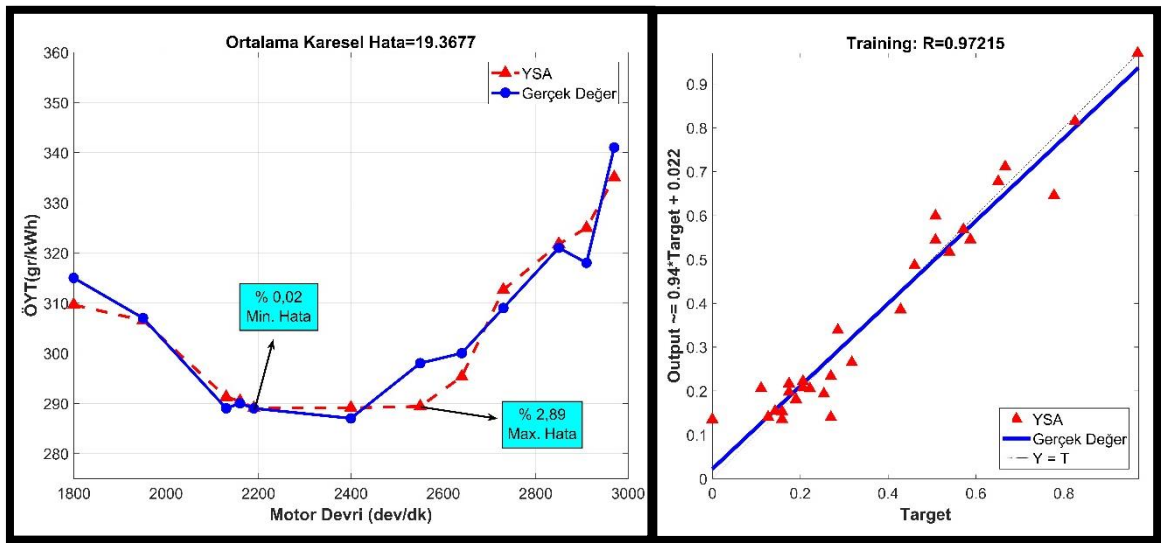


Şekil 8.191. NM ve KM’ deki, DBM katkılı ve katkısız ÖYT değerleri

Şekil 8.191’ da görüldüğü gibi DBM katkısı NM’ de ve KM’ de, ÖYT değerlerinde artışlara sebep olmuştur. NM ve KM’ de DBM katkı oranlarının artışı, ÖYT değerlerindeki yükselme oranını arttırmıştır. NM’ de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.13, %4.83, %6.81 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, ÖYT değerlerinin NM’ ye kıyasla düşüş gösterdiği görülmektedir. DBM’ nin ÖYT değerlerini artırma eğilimine karşı, TBK’ uygulamasının da ÖYT değerlerini arttırıcı etkisi, ÖYT değerlerinin artışını sınırlamıştır. KM’ de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT

değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %1.22 oranında azalma, %1.35 ve %2.86 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.

Şekil 8.192’ de %3 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2550 dev/dk’ da, %2,89 olarak, minimum hatayı ise 2190 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.192 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97215 olarak hesaplanmıştır.

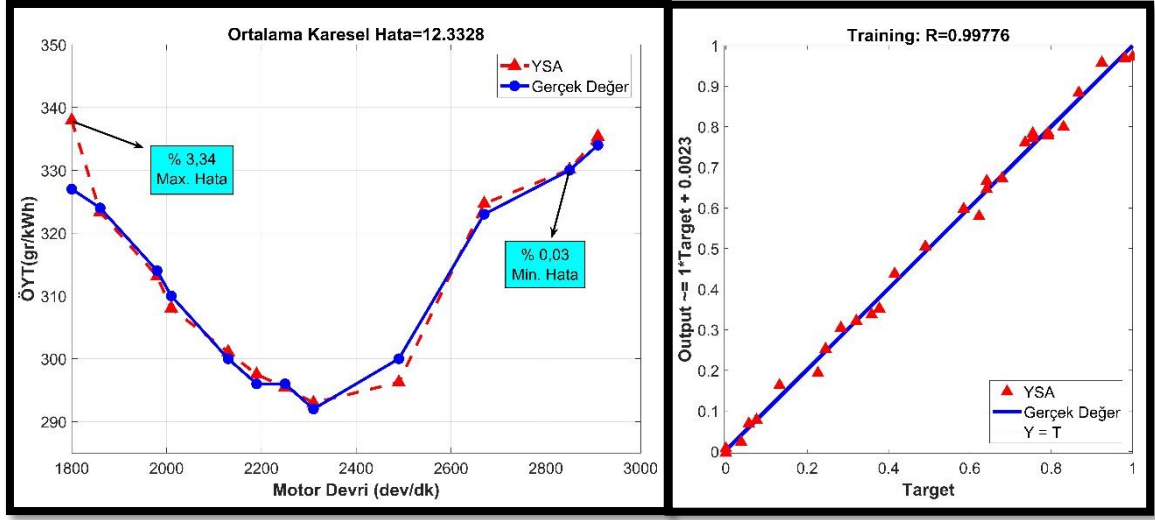


(a)

(b)

Şekil 8.192. (a) NM’de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %3DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

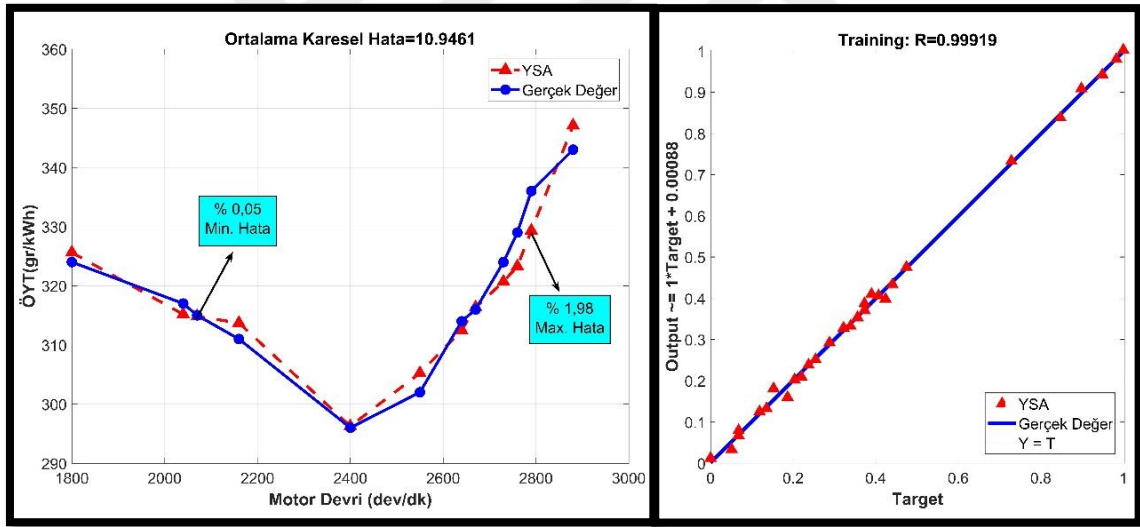
Şekil 8.193’ de %6 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1800 dev/dk’ da, %3,34 olarak, minimum hatayı ise 2850 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.193 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99776 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.193. (a) NM’de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği



(a)

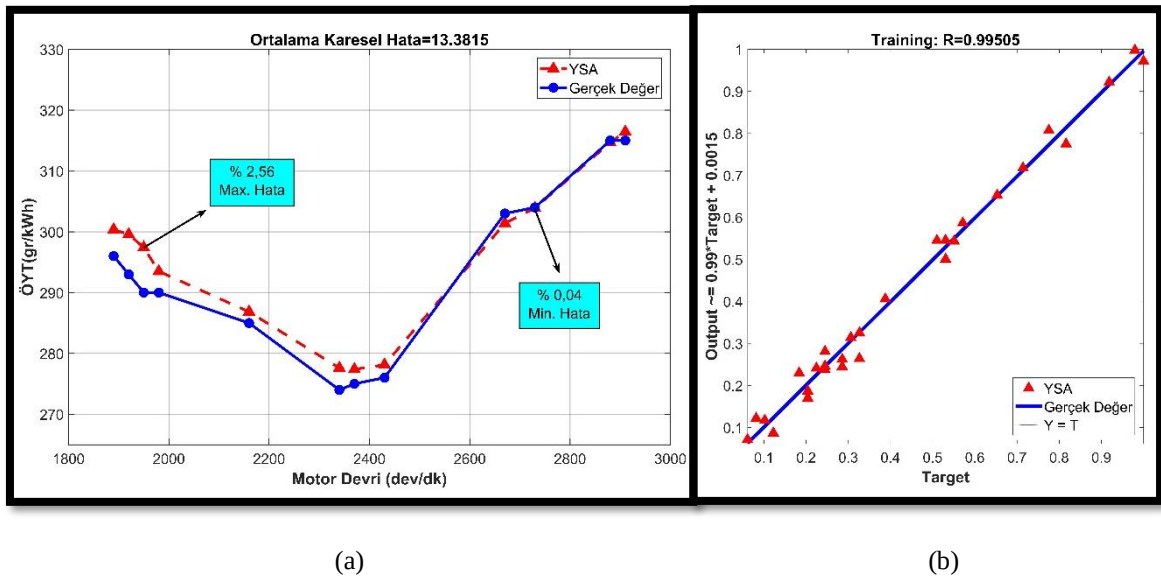
(b)

Şekil 8.194. (a) NM’de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %9DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.194’ de %9 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2790 dev/dk’ da, %1,98 olarak, minimum hatayı ise 2070 dev/dk’ da, %0,05 olarak

hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.194 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99919 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.195' de %3 Dibütil Maleat katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1950 dev/dk' da, %2,56 olarak, minimum hatayı ise 2730 dev/dk' da, %0,04 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.195 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99505 olarak hesaplanmıştır.

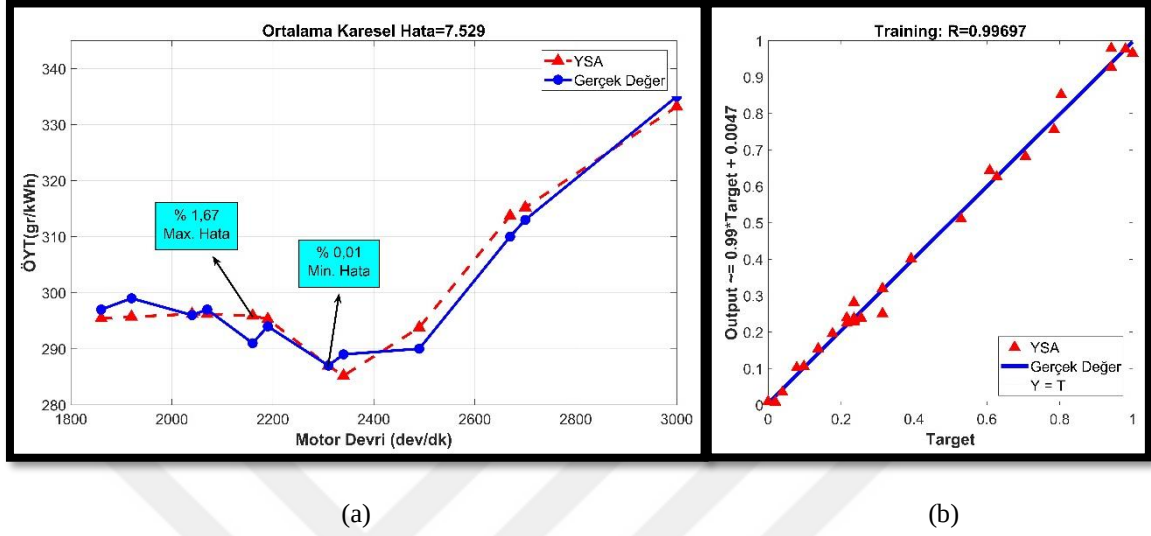


Şekil 8.195. (a) KM'de %3DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %3DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

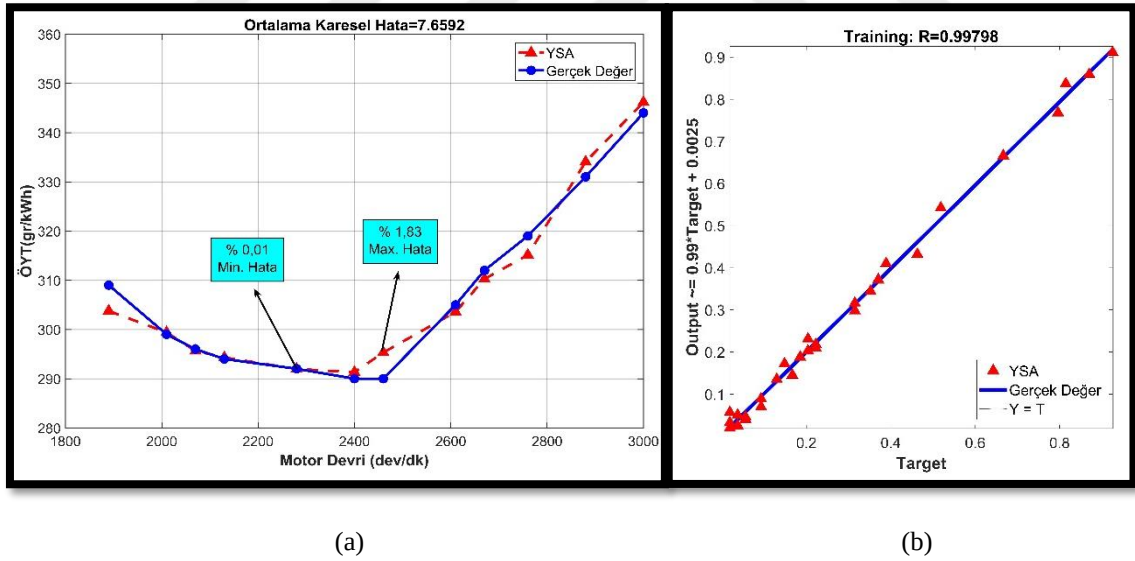
Şekil 8.196' de %6 Dibütil Maleat katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2160 dev/dk' da, %1,67 olarak, minimum hatayı ise 2310 dev/dk' da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.196 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99697 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.197' de %9 Dibütil Maleat katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2460 dev/dk' da, %1,83 olarak, minimum hatayı ise 2280 dev/dk' da, %0,01 olarak

hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.197 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99798 olarak hesaplanmıştır



Şekil 8.196. (a) KM'de %6DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği



Şekil 8.197. (a) KM'de %9DBM katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %9DBM katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Tablo 8.26' de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM' deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de ÖYT değerleri; %3,34 - %0,03 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.26. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%2,41	%0,02	0,99941
NM-%3DBM	%2,89	%0,02	0,97215
NM-%6DBM	%3,34	%0,03	0,99776
NM-%9DBM	%1,98	%0,05	0,99919
KM	%2,40	%0,20	0,99372
KM-%3DBM	%2,56	%0,04	0,99505
KM-%6DBM	%1,67	%0,01	0,99697
KM-%9DBM	%1,83	%0,01	0,99798

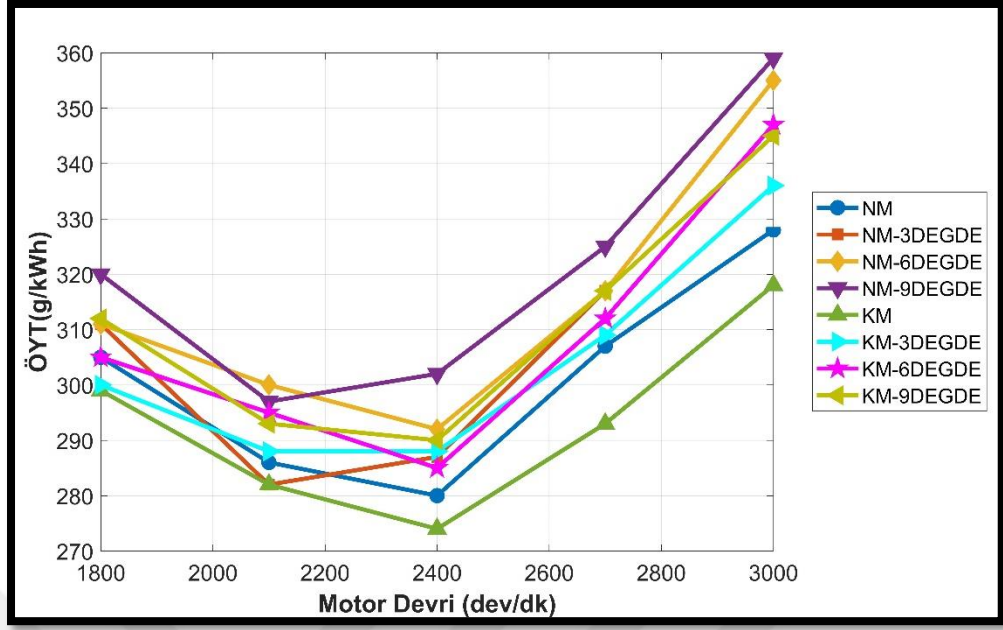
8.7.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Oksijen içeren yakıtların ısı değerinin daha düşük olmasından ötürü, Oksijenli yakıt katkı maddelerinin eklenmesi, özgül yakıt tüketimi olumsuz etkilenmektedir. Bunu göz önünde bulundurarak, oksijen takviyesinin, her bir motor zamanı başına enjekte edilen yakıt miktarının daha yüksek olması nedeniyle yanma mekanizmasının hızlanmasına neden olduğu ortaya çıkmıştır[128].

ÖYT' nin karışımlardaki oksijen kütle fraksiyonunun artışı ile lineer olarak arttığını belirlenmiştir. Bu değişimi açıklamak için iki faktör düşünülmektedir. Birincisi, karışımların ısı değerinin oksijenatların eklenmesiyle azalmasıdır ve bu, aynı güç çıkışını elde etmek için silindire daha fazla yakıt enjekte edilmesini gerektirir, bu da ÖYT' deki artışa yol açmaktadır. Bir diğeri ise, yanmanın oksijen zenginleştirmesi ile iyileştirilmesidir ve bu, ÖYT' yi azaltacaktır. Bu kapsamlı etki sonucunda, dizel-oksijenat karışımlarında ÖYT' nin arttığı görülmüştür[113].

Standart dizel yakıtına oksijenatın eklenmesi, yakıt tüketiminde bir artış yaratması bekleniyordu. Yapılan deneysel çalışmalarda yakıt karışımının azaltılmış ısı değerine bağlı olarak, özgül yakıt tüketiminin oksijen konsantrasyonu ile arttığını görülmüştür[135].

Şekil 8.198’ de NM ve KM’ deki, Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı ve katkısız ÖYT değerleri deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 DEGDE (3DEGDE), %6 DEGDE (6DEGDE), %9 DEGDE (9DEGDE) katkılarının ÖYT değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6 DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DEGDE katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.198’ de, NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız ÖYT değerleri gösterilmektedir.



Şekil 8.198. NM ve KM’ deki, DEGDE katkılı ve katkısız ÖYT değerleri

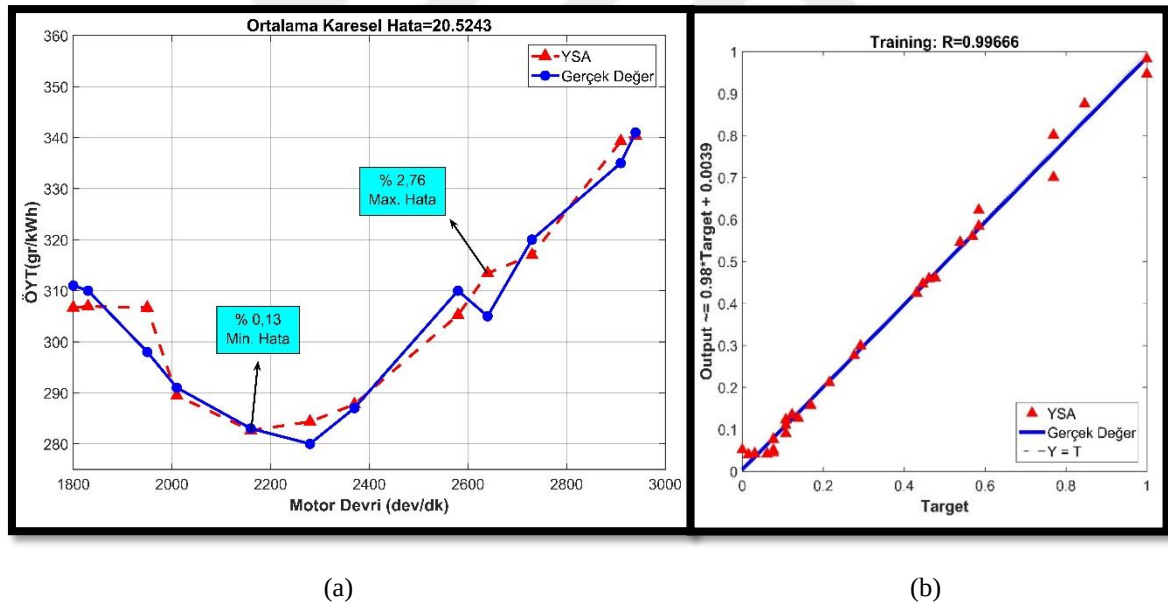
Özgül yakıt tüketiminin en düşük değerleri, 2400 devir/dk civarında ölçülmüştür. Daha düşük devirlerde Şekil 8.198.’ de görüldüğü gibi ÖYT değerleri yükselmiştir. Bu durumun nedeni, düşük devirlerde motorun çalışma sıcaklığının düşük olması ile birlikte yanmanın veriminin düşük olmasıdır. Orta devirlere yaklaşılmaya ile ideal çalışma sıcaklığına gelen motor yanma veriminin artması ile ÖYT değerleri düşmektedir. Buna ek olarak orta motor devirlerinde yakıt/hava karışımının stokiometrik orana çok daha yakın olması ÖYT değerlerini düşüren başka bir etken olarak görülmektedir. Yüksek devir değerlerine ulaşıldığında, yanma reaksiyonları için gereken sürede azalma, yanmayı olumsuz etkiler ve yanma verimi düşer. Yanma veriminin düşmesi sebebiyle, motor aynı gücü üretebilmesi için daha fazla yakıtı yanma odasına göndermesi gerekir ve bu şekilde ÖYT değerleri yükselmiş olur.

Şekil 8.198’ da görüldüğü gibi DEGDE katkısı NM’ de ve KM’ de, ÖYT değerlerinde artışlara sebep olmuştur. NM ve KM’ de DEGDE katkı oranlarının artışı, ÖYT değerlerindeki yükselme oranını arttırmıştır. NM’ de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.33, %4.49, %6.41 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, ÖYT değerlerinin NM’ ye kıyasla düşüş gösterdiği görülmektedir. DEGDE’ nin ÖYT değerlerini artırma eğilimine karşı, TBK’ uygulamasının da ÖYT değerlerini azaltıcı etkisi, ÖYT değerlerinin artışı

sınırlamıştır. KM' de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM' deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %1.12, %2,54 ve %3,36 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.

TBK' lı motorun, özgül yakıt tüketimi değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu, yanma sıcaklığındaki artışın bir sonucu olarak, yanma sırasında geliştirilmiş enerji dönüşüm oranından kaynaklanır ve yakıt tüketiminde azalmaya neden olan daha iyi yanma yapısına sebep olur[119]. Diğer TBK çalışmalarında da benzer sonuçlar görülmüştür[104, 152, 153].

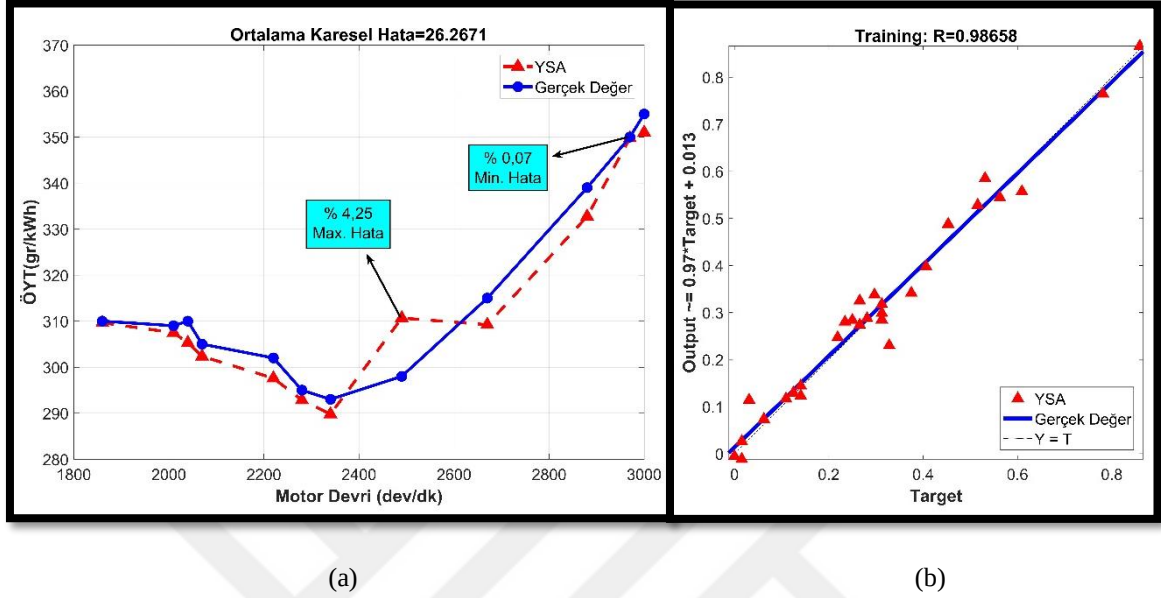
Şekil 8.199' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3 DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2550 dev/dk' da, %2,76 olarak, minimum hatayı ise 2160 dev/dk' da, %0,13 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.199 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99666 olarak hesaplanmıştır.



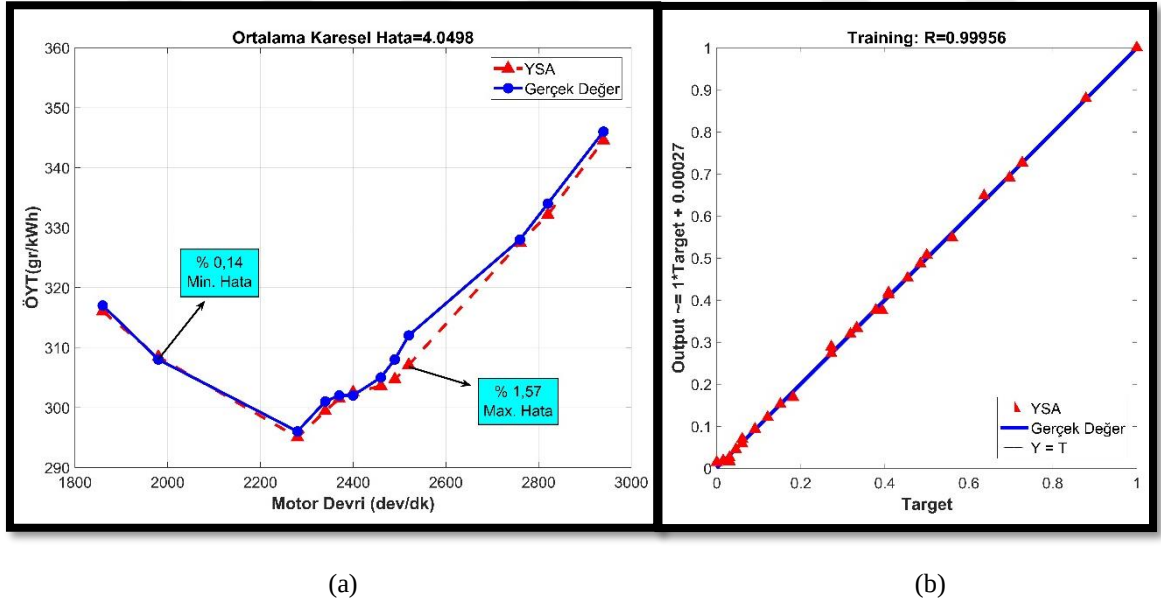
Şekil 8.199. (a) NM'de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %3DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.200' de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2490 dev/dk' da, %4,25 olarak, minimum hatayı ise 3000

dev/dk' da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.200 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98658 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.200. (a) NM'de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

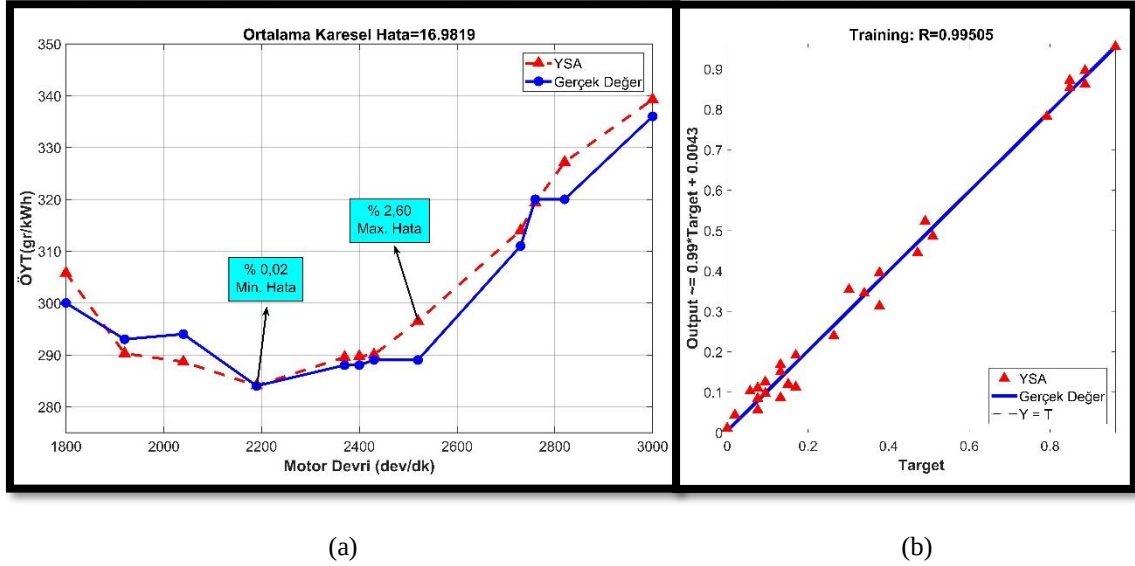


Şekil 8.201. (a) NM'de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %9DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.201' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9 DEGDE

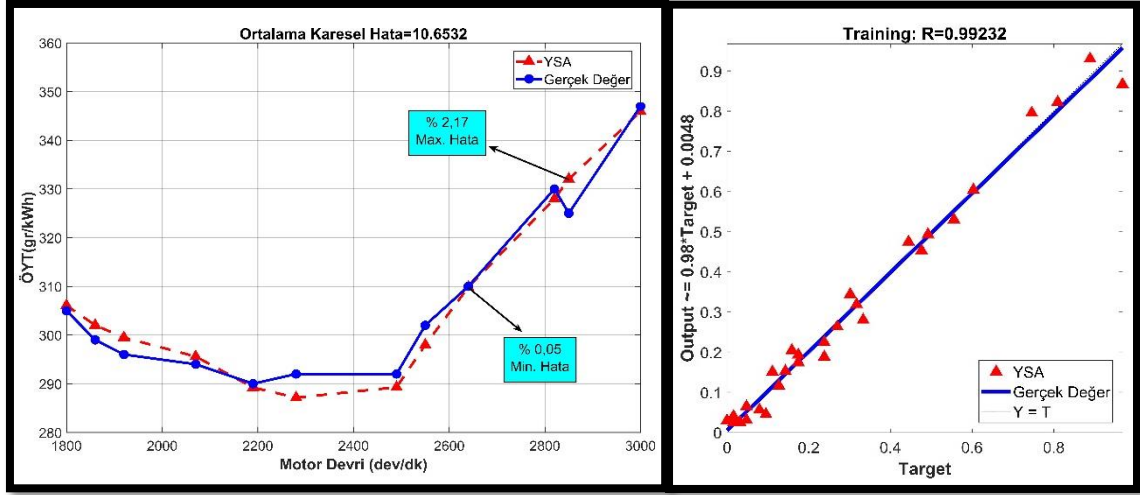
katkısı eklenmiş NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2490 dev/dk' da, %1,57 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk' da, %0,14 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.201 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99956 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.202' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3 DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2520 dev/dk' da, %2,60 olarak, minimum hatayı ise 2190 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.202 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99505 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.202. (a) KM'de %3DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %3DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

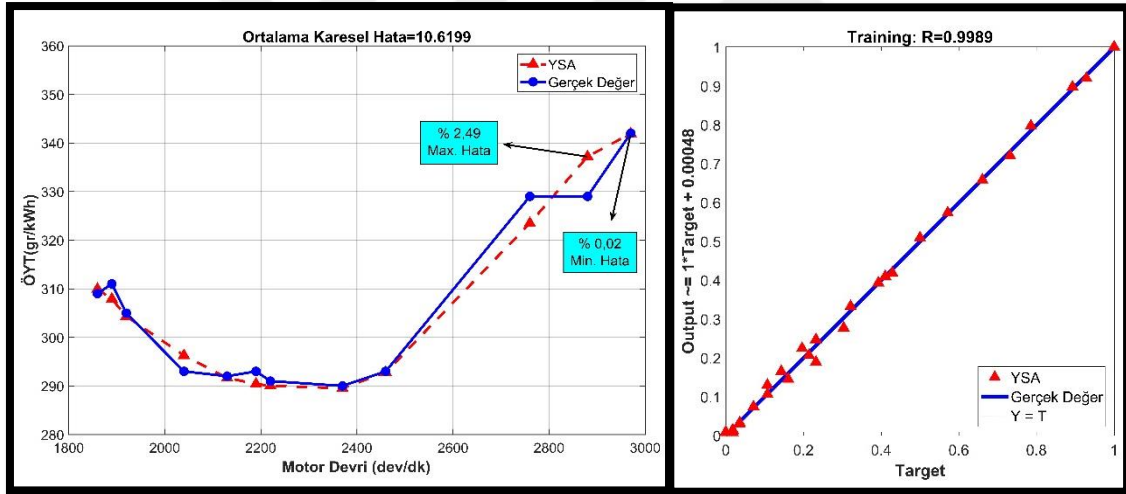
Şekil 8.203' de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6 DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2850 dev/dk' da, %2,17 olarak, minimum hatayı ise 2640 dev/dk' da, %0,05 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.203 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99232 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.203. (a) KM’de %6DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.204. (a) KM’de %9DEGDE katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %9DEGDE katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.204’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkılı KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9 DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2880 dev/dk’ da, %2,49 olarak, minimum hatayı ise 2970 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.204 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9989 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.27’ de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de ÖYT değerlerini; %4,25 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.27. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	% 2,41	% 0,02	0,99941
NM-%3DEGDE	% 2,76	% 0,13	0,99666
NM-%6DEGDE	% 4,25	% 0,07	0,98658
NM-%9DEGDE	% 1,57	% 0,14	0,99956
KM	% 2,40	% 0,20	0,98395
KM-%3DEGDE	% 2,60	% 0,02	0,99505
KM-%6DEGDE	% 2,17	% 0,05	0,99232
KM-%9DEGDE	% 2,49	% 0,02	0,9989

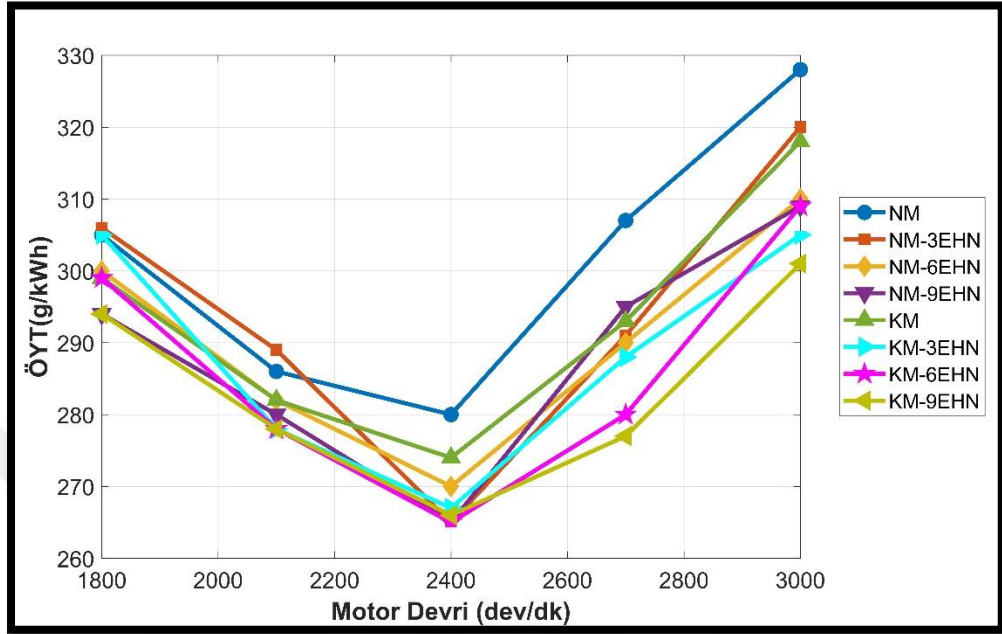
8.7.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

Düşük ÖYT değerleri, yüksek setan sayısına sahip olan oksijenli yakıtların motor verimliliğini arttırmak ve böylece yakıt tasarrufu politikasına katkıda bulunmak için etkili bir önlem olduğunu göstermektedir[131]. Başka bir çalışmada ise bütanol katkılı dizel bir motorda, yakıt tüketiminin, setan iyileştirici EHN katkısı ile düşürüldüğü görülmüştür[130]. EHN'nin yakıt karışımlarına karıştırılması, ÖYT değerlerinin, setan iyileştirici katkı maddesinin bulunmadığı karışımlara göre daha az olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, azalan ÖYT yüzdesinin, karışımlardaki EHN oranı arttıkça azalan EHN fraksiyonu ile orantılı olduğu bulunmuştur[116].

Yakıtta EHN eklenmesi ÖYT' nin azaltılmasına yardımcı olur. Gözlenen genel eğilim, karışımlardaki artan EHN konsantrasyonunun ÖYT değerlerinde daha yüksek bir azalmaya yol açtığıdır. Ayrıca, mikroemülsiyon karışımındaki EHN'nin varlığı, yanma sürecini arttıran ve daha düşük yakıt tüketimine yardımcı olan daha yüksek uçuculuğu nedeniyle yanma odası içindeki yakıt buharının dispersiyonunu artırabilmektedir[107]. Başka bir çalışmada ise ÖYT değerlerindeki bu azalma eğilimi EHN'nin sürtünme azaltma davranışına bağlanabilmektedir[142].

Şekil 8.205’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının ÖYT değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6

Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.205’ de, NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız ÖYT değerleri görülmektedir.

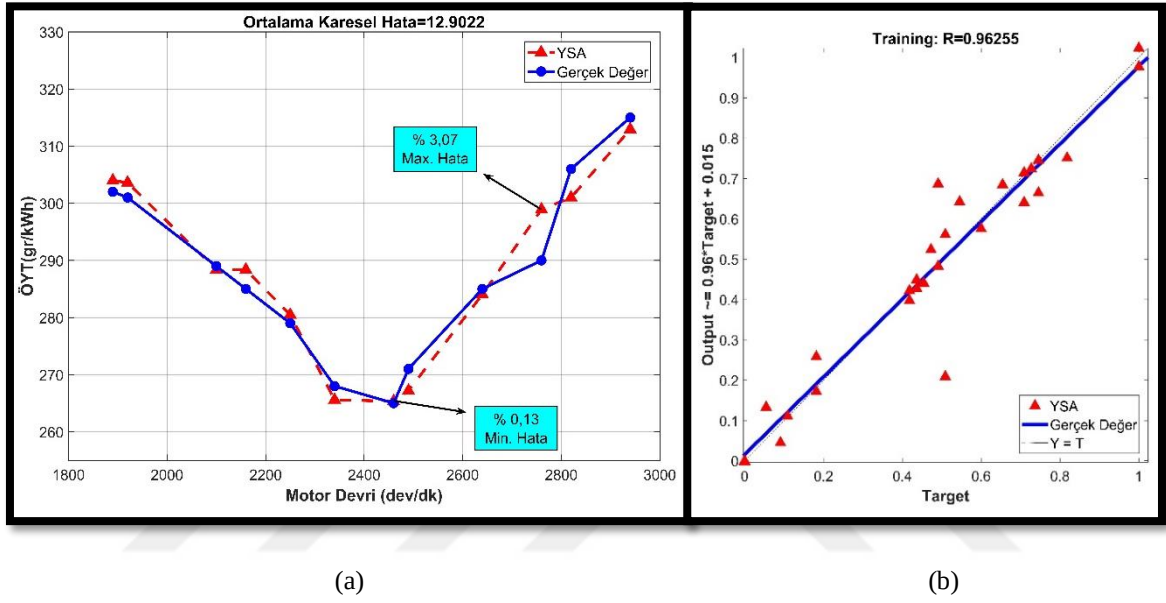


Şekil 8.205. NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız ÖYT değerleri

Özgül yakıt tüketiminin en düşük değerleri, 2400 devir/dk civarında ölçülmüştür. Daha düşük devirlerde Şekil 8.205.’ de görüldüğü gibi ÖYT değerleri yükselmiştir. Bu durumun nedeni, düşük devirlerde motorun çalışma sıcaklığının düşük olması ile birlikte yanmanın veriminin düşük olmasıdır. Orta devirlere yaklaşılmaya ile ideal çalışma sıcaklığına gelen motor yanma veriminin artması ile ÖYT değerleri düşmektedir. Buna ek olarak orta motor devirlerinde yakıt/hava karışımının stokiyometrik orana çok daha yakın olması ÖYT değerlerini düşüren başka bir etken olarak görülmektedir. Yüksek devir değerlerine ulaşıldığında, yanma reaksiyonları için gereken sürede azalma, yanmayı olumsuz etkiler ve yanma verimi düşer. Yanma veriminin düşmesi sebebiyle, motor aynı gücü üretebilmesi için daha fazla yakıtı yanma odasına göndermesi gerekir ve bu şekilde ÖYT değerleri yükselmiş olur.

Şekil 8.205’ da görüldüğü gibi EHN katkısı NM’ de ve KM’ de, ÖYT değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. NM ve KM’ de EHN katkı oranlarının artışı, ÖYT değerlerindeki azalma oranlarını arttırmıştır. NM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.30, %3.52, %4.09 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve

supaplara sahip, KM’ de, ÖYT değerlerinin NM’ ye kıyasla düşüş gösterdiği görülmektedir. EHN’ nin ÖYT değerlerini azaltma eğilimine ek olarak, TBK’ uygulamasının da ÖYT değerlerini azaltıcı etkisi, ÖYT değerlerinin azalma oranını arttırmıştır. KM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen ÖYT değerleri ile katkısız NM’ deki ÖYT değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %4,12, %4,94 ve %5,56 oranlarında azalma meydana gelmiştir.



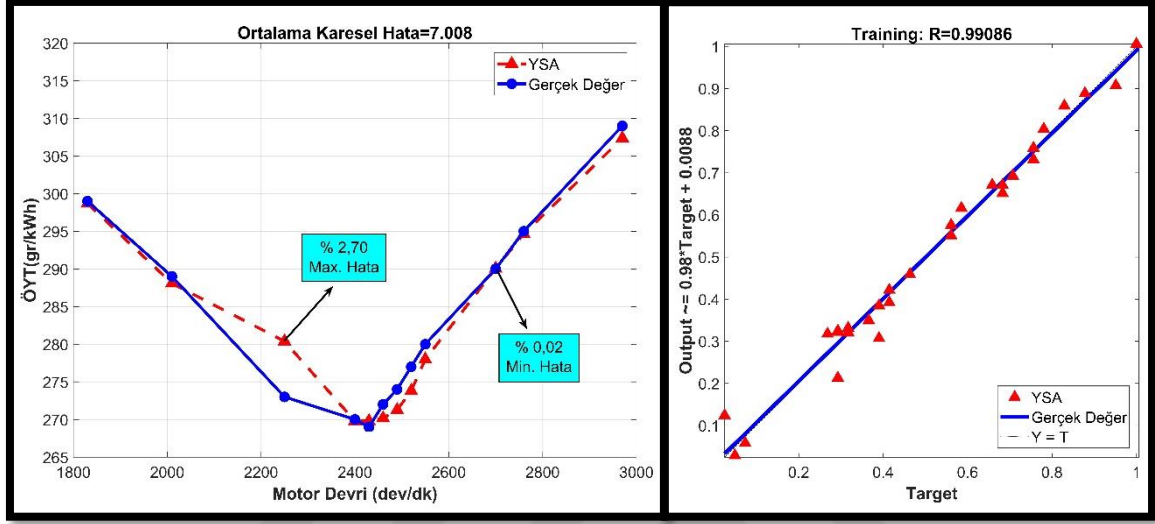
Şekil 8.206. (a) NM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %3EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

TBK' lı motorun, özgül yakıt tüketimi değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu, yanma sıcaklığındaki artışın bir sonucu olarak, yanma sırasında geliştirilmiş enerji dönüşüm oranından kaynaklanır ve yakıt tüketiminde azalmaya neden olan daha iyi yanma yapısına sebep olur[119]. Diğer TBK çalışmalarında da benzer sonuçlar görülmüştür[104, 152, 153].

Şekil 8.206’ de %3 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2760 dev/dk’ da, %3,07 olarak, minimum hatayı ise 2460 dev/dk’ da, %0,13 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.206 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,96255 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.207’ de %6 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş

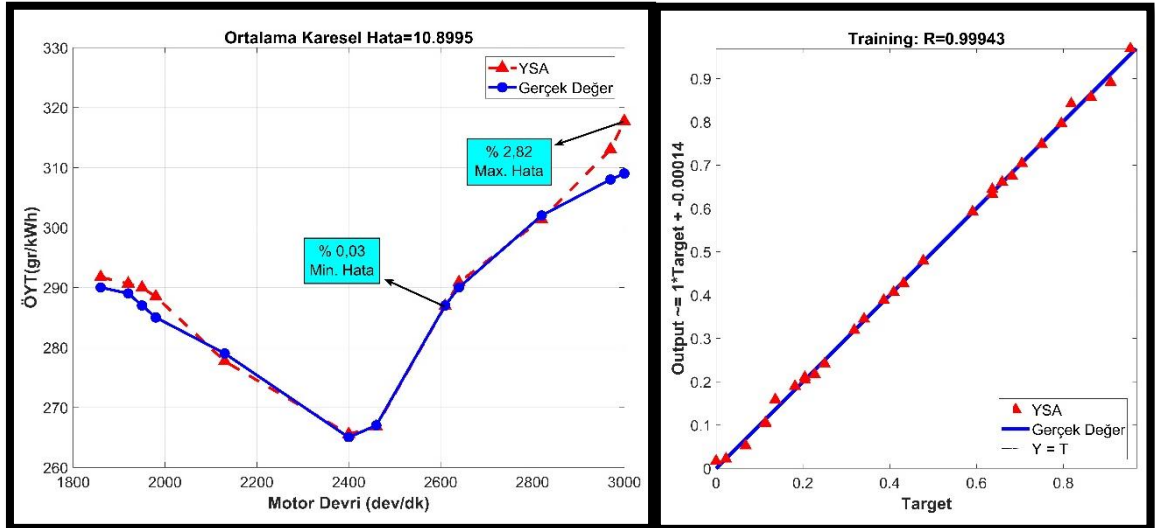
NM' nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2250 dev/dk' da, %2,70 olarak, minimum hatayı ise 2700 dev/dk' da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.207 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99086 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.207. (a) NM'de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %6EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

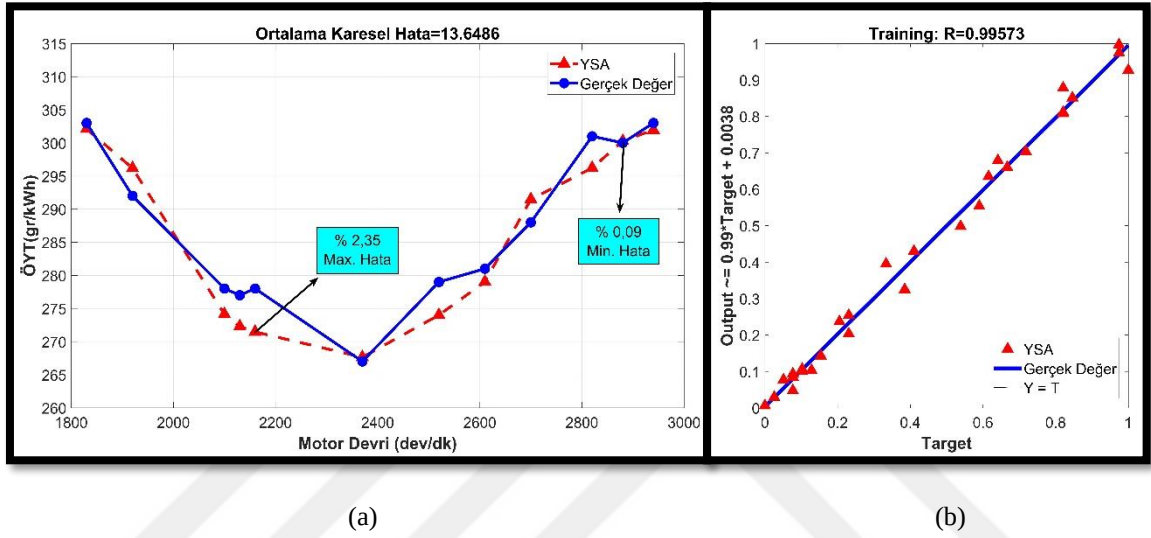


(a)

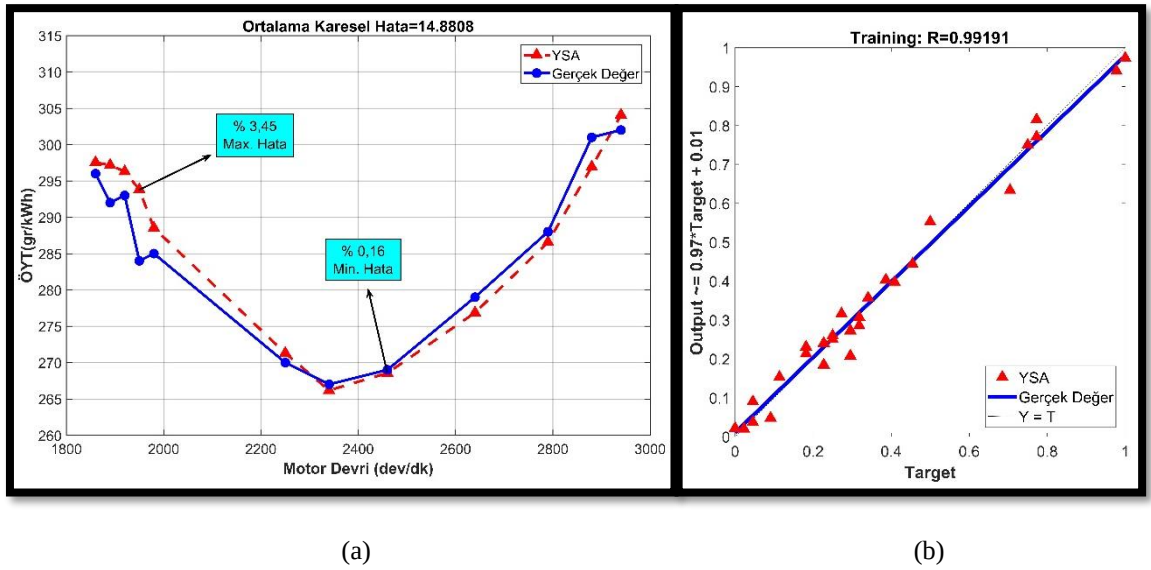
(b)

Şekil 8.208. (a) NM'de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) NM %9EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.208’ de %9 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %2,82 olarak, minimum hatayı ise 2610 dev/dk’ da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.208 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99943olarak hesaplanmıştır.



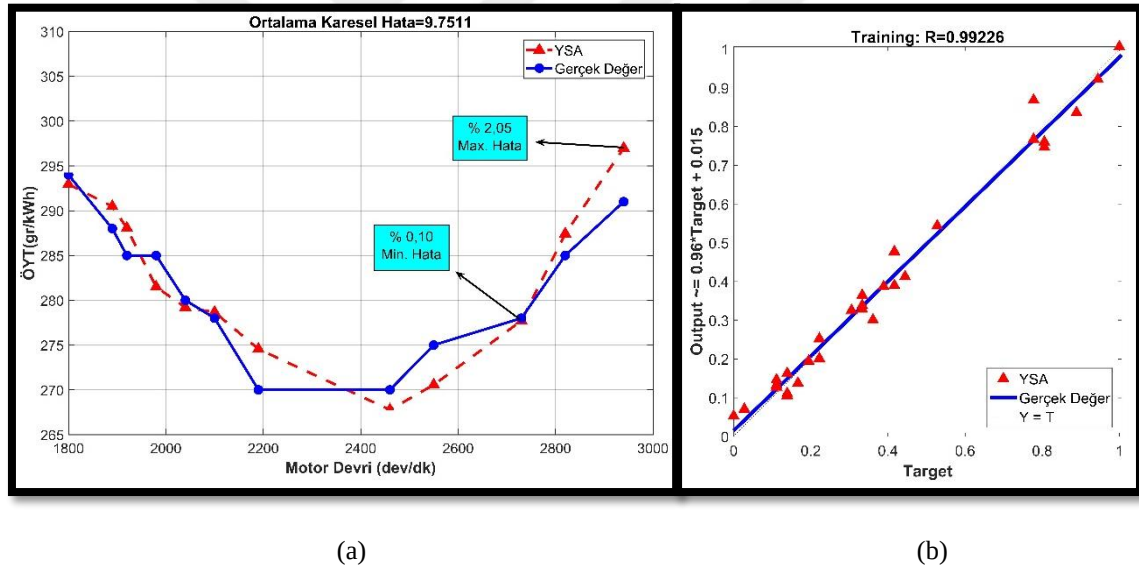
Şekil 8.209. (a) KM’de %3EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %3EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği



Şekil 8.210. (a) KM’de %6EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %6EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.209’ de %3 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2130 dev/dk’ da, %2,35 olarak, minimum hatayı ise 2880 dev/dk’ da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.209 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99573 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.210’ de %6 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2130 dev/dk’ da, %3,45 olarak, minimum hatayı ise 2880 dev/dk’ da, %0,16 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.210 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99191 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.211. (a) KM’de %9EHN katkılı, gerçek ve YSA, ÖYT değerleri, (b) KM %9EHN katkılı, ÖYT değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.211’ de %9 Etilheksil Nitrat (EHN) katkılı KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM’ nin ÖYT değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2940 dev/dk’ da, %2,05 olarak, minimum hatayı ise 2730 dev/dk’ da, %0,10 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.211 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99226 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.28’ de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de ÖYT değerleri; %3,45 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.28. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki ÖYT değerlerinin YSA sonuçları

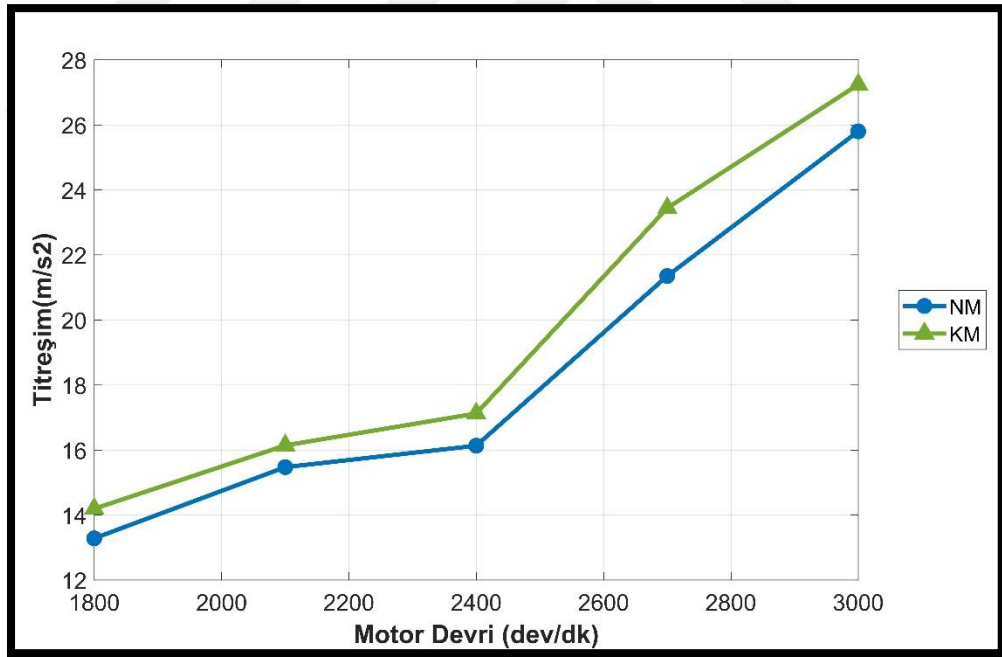
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	% 2,41	% 0,02	0,99941
NM-%3EHN	% 3,07	% 0,13	0,96255
NM-%6EHN	% 2,70	% 0,02	0,99086
NM-%9EHN	% 2,82	% 0,03	0,99943
KM	% 2,40	% 0,20	0,98395
KM-%3EHN	% 2,35	% 0,09	0,99573
KM-%6EHN	% 3,45	% 0,16	0,99191
KM-%9EHN	% 2,05	% 0,10	0,99226

8.8. Titreşim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Motorlu taşıtlardaki, dizel ve benzinli motorlar farklı frekanslarda, rahatsız edici kuvvetler üretebilir ve yolcu rahatsızlığına sebep olabilmektedir. İçten yanmalı motorların titreşimi; yanma basıncına, piston-krank mekanizmasının hareketine, motorun bağlantı elemanlarının çalışmasından kaynaklanan girişler, motor gövdeden aktarılan girişler, soğutma elemanının akışı, giriş ve çıkış gazları, enjektörden yakıt girişi ve çıkışı, kam ünitesinin parçalarının ataleti, baş kısımlarının etkileri gibi parametrelerden etkilenmektedir[143]. Özellikle emisyon azaltıcı etkilere sahip alternatif yakıtlarla beslenen içten yanmalı motorların titreşim özelliklerini günümüzde incelenmektedir.

Titreşimler, bir denge pozisyonu çevresinde mekanik veya yapısal bir sistemdeki dalgalanmalardır. Kontrolsüz titreşim hareketleri ise, yıkıcı durumlara yol açabilmektedir. Özellikle motor parçalarındaki aşırı titreşimler; mekanik parçaların deformasyonuna, aşırı aşınma ve yorulmaya maruz kalmasına sebebiyet vermektedir. Bağlantı elemanlarının da titreşime maruz kalması, bu elemanlar arasında boşluk oluşumuna sebebiyet vererek gürültü ve ses oluşumunu sağlamaktadır[144]. Bu sebepler dikkate alındığında, içten yanmalı motorlarda titreşim kontrolü önemli bir parametre haline gelmektedir, özellikle dizel motorların daha yüksek basınç ve sıcaklık koşullarında çalışmasından kaynaklı, benzinli motorlara kıyasla yüksek titreşime sahip olması, dizel motorlardaki titreşim çalışmalarını daha önemli kılmaktadır.

Sonuçlar çoğunlukla RMS değeri olarak tanımlanmıştır. RMS değeri, dalga'nın zaman geçişini dikkate alarak genlik değeri verdiği için en hassas titreşim seviyesidir. Şekil 8.212' de görüldüğü gibi, tüm motor devirlerinde KM' de kaydedilen titreşim değerleri, NM' deki titreşim değerlerinden yüksek çıkmıştır. Kaplanmış motordaki yanma odası bileşenlerine uygulanan kaplama işlemi sonucunda soğutmaya aktarılan ısı miktarı azalmıştır. Yanma odasından dışarı aktarılan ısı miktarındaki azalma, daha fazla miktarda hidrokarbonun oksijenle reaksiyona girmesini sağlayarak açığa çıkan ısı miktarı artmıştır. Yanma reaksiyonu sırasında, yanma odasındaki ısı'nın ve basıncın yükselmesi, silindir içi tepe sıcaklığı ve tepe basıncını arttırmıştır. Tepe basıncındaki bu artış, piston yüzeyine ve silindir cidarlarına uygulanan kuvvet miktarını arttırmıştır. Motor silindirlerinin içindeki bu kuvvetlerin artışı da, motorun titreşim değerlerini arttırmıştır. Yapılan deneyler sonucunda KM' nin titreşim değerlerinde NM' ye kıyasla ortalama % 6,53 oranında artış olduğu görülmüştür. Şekil 8.212' de, NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış Titreşim değerleri görülmektedir.

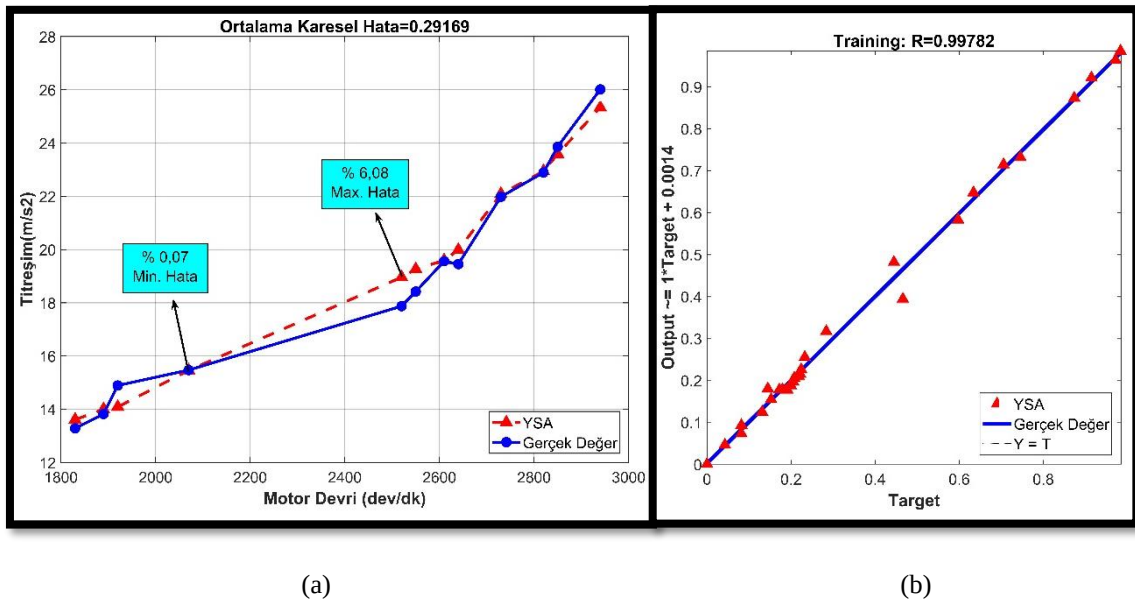


Şekil 8.212. NM ve KM' deki, katkı kullanılmamış Titreşim değerleri

Şekil 8.212' de görüldüğü üzere, titreşim değerleri her iki motor tipi için de, motor hızı ile doğru orantılı şekilde artış göstermiştir. Bu artış, motorun dönüş hızının artması ile

krank gibi hareketli motor bileşenlerinin atalet kuvvetlerinin artmasından kaynaklanmaktadır[145].

Şekil 8.213’ de katkı maddesi kullanılmamış NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. Katkı maddesi kullanılmamış NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2520 dev/dk’ da, %6,08 olarak, minimum hatayı ise 2070 dev/dk’ da, %0,07 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.213 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99782 olarak hesaplanmıştır.



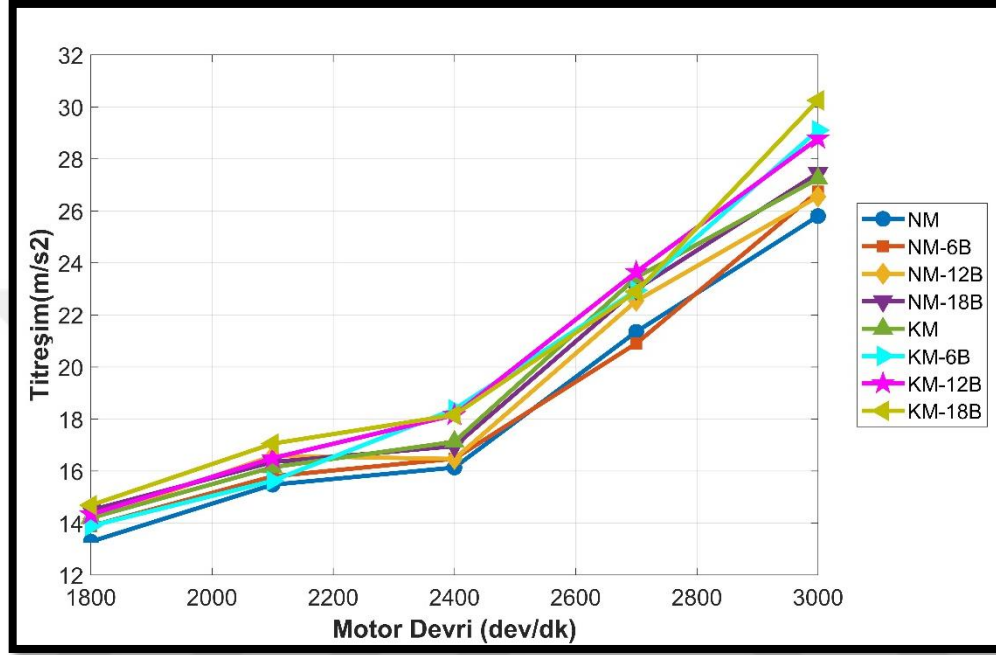
Şekil 8.213. (a) NM’de katkısız, gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM katkısız, titreşim değerleri Regresyon grafiği

8.8.1 Bütanol Katkısının Etkileri

Motor yanma odasında yakıtın yanması hızlı bir basınç artışına yol açar, bu basınç, yanma odasının ve pistonun iç duvarlarına uygulanır ve böylece motor titreşimleri oluşur. Motordaki titreşimleri ile silindir içi basınç değişimleri arasındaki ilişki çok güçlüdür[146].

Alkol karışımlarının tepe silindir basıncı daha yüksektir ve alkollerin yüksek oksijen içeriği ve tutuşma gecikme süresinde yanma odasında bulunan yakıtın hızlı yanması nedeniyle; tepe silindir basıncı, konumları bütün yük durumları için D100’ den daha önce gerçekleşmiştir[99]. Bütanol ilavesi ile silindir içindeki tepe basıncın artmasıyla titreşim değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Şekil 8.214’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %6 Bütanol (6B), %12 Bütanol (12B), %18 Bütanol (18B) katkılarının titreşim değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6B ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Bütanol katkısını ifade etmektedir. Şekil 8.214’ de, NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız titreşim değerleri gösterilmektedir.

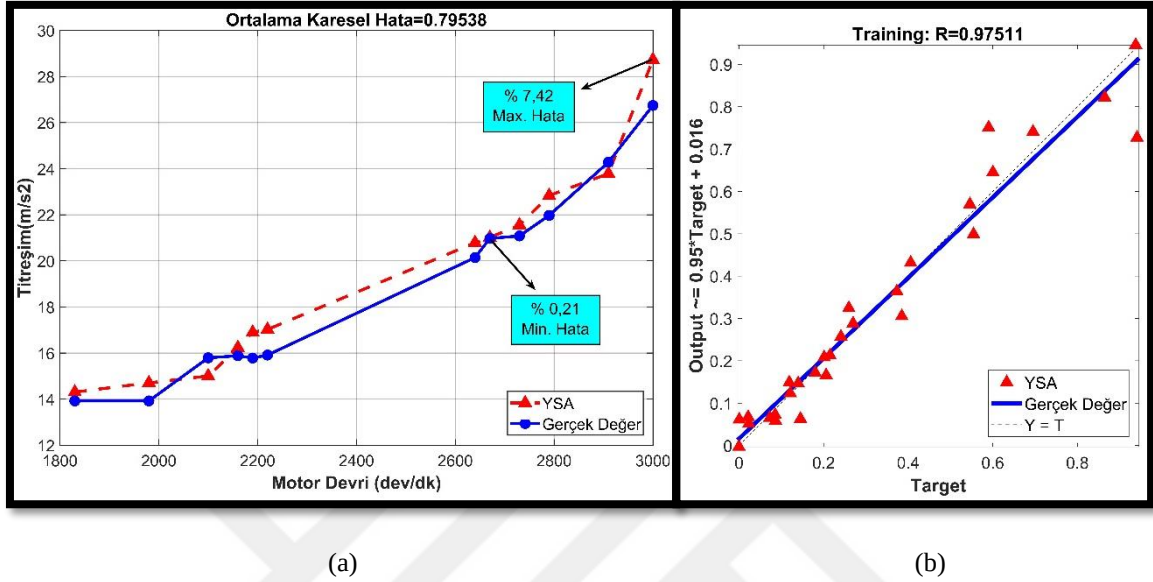


Şekil 8.214. NM ve KM’ deki, Bütanol katkılı ve katkısız titreşim değerleri

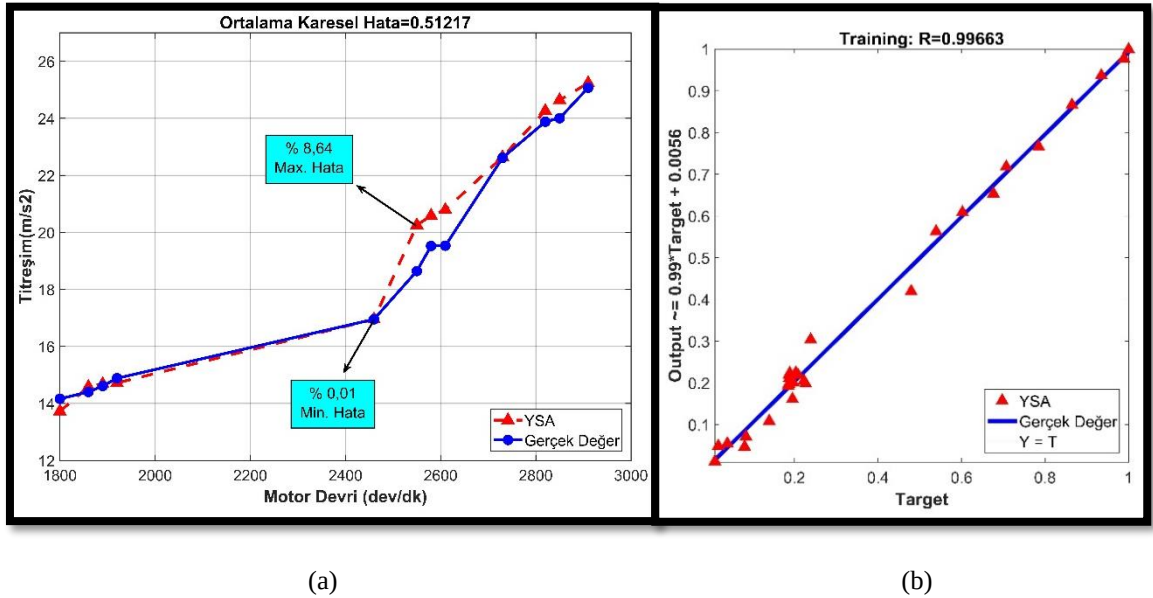
Bütanol (B) katkısı NM’ de ve KM’ de, titreşim değerlerinde artışa sebep olmuştur. NM ve KM’ de Bütanol katkı oranlarının artışı, titreşim değerlerinin artış oranını yükseltmiştir. NM’ de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’ deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.34, %4.86, %6.95 oranlarında artış meydana gelmiştir. Cr₂O₃ ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, titreşim değerleri NM’ ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. Bütanol katkısının titreşim değerlerini artırma eğilimi ile birlikte, TBK uygulamasının da titreşim değerleri yükseltici etkisi, deneysel verilerle görülmüştür. KM’ de, %6B, %12B, %18B katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’ deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %7.91, %9.84 ve %11.56 artış oranları meydana gelmiştir.

Şekil 8.215’ de %6 Bütanol katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı

3000 dev/dk' da, %7,42 olarak, minimum hatayı ise 2640 dev/dk' da, %0,21 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.215 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,97511 olarak hesaplanmıştır.



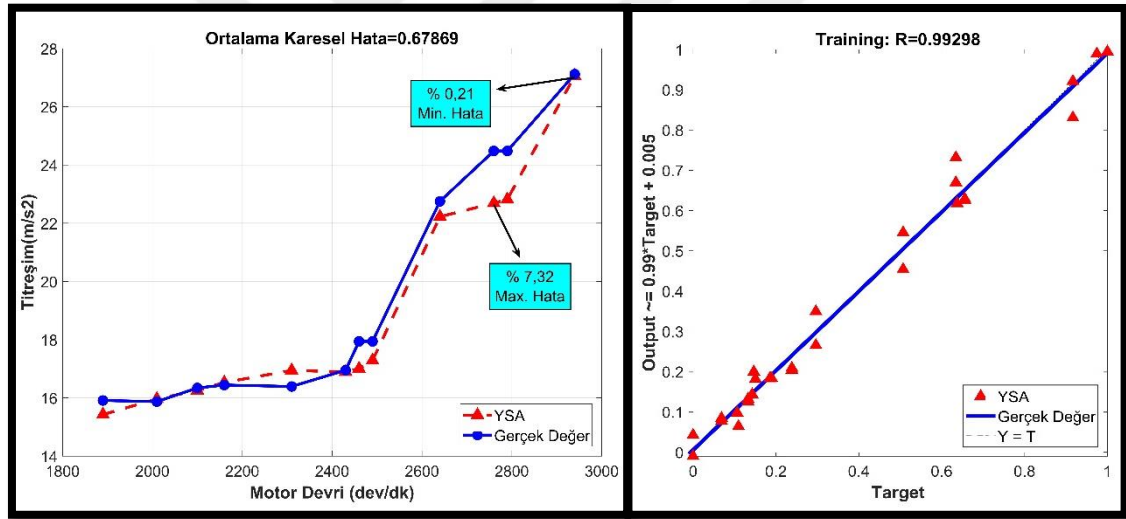
Şekil 8.215. (a) NM'de %6B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6B, titreşim değerleri Regresyon grafiği



Şekil 8.216. (a) NM'de %12B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %12B, titreşim değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.216' de %12 Bütanol katkılı NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2550 dev/dk' da, %8,64 olarak, minimum hatayı ise 2460 dev/dk' da, %0,01 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.216 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99663 olarak hesaplanmıştır.

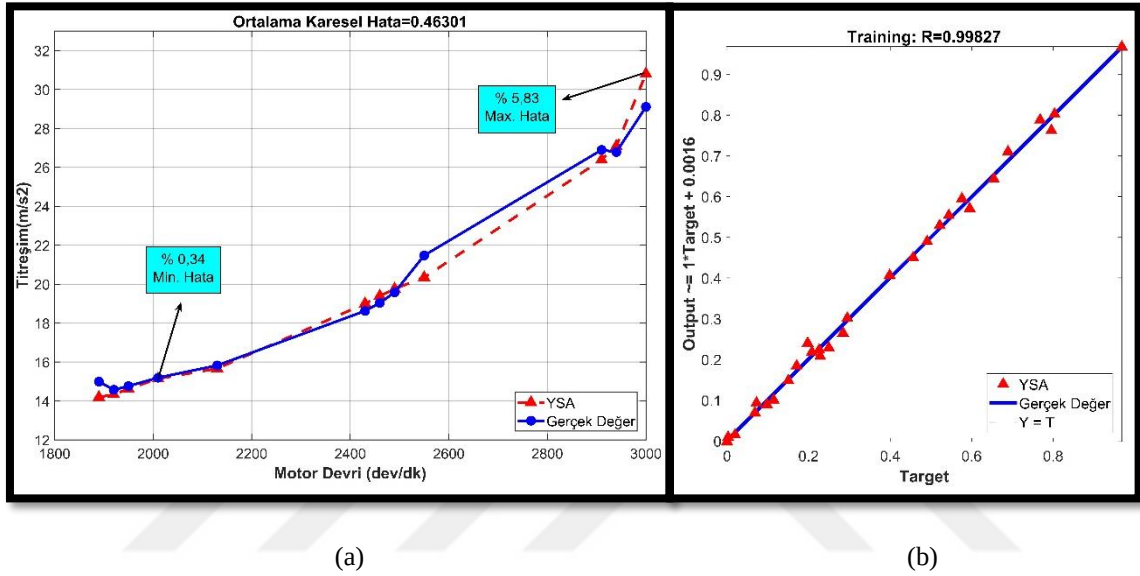
Şekil 8.217' de %18 Bütanol katkılı NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2760 dev/dk' da, %7,32 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk' da, %0,21 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.217 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99298 olarak hesaplanmıştır.



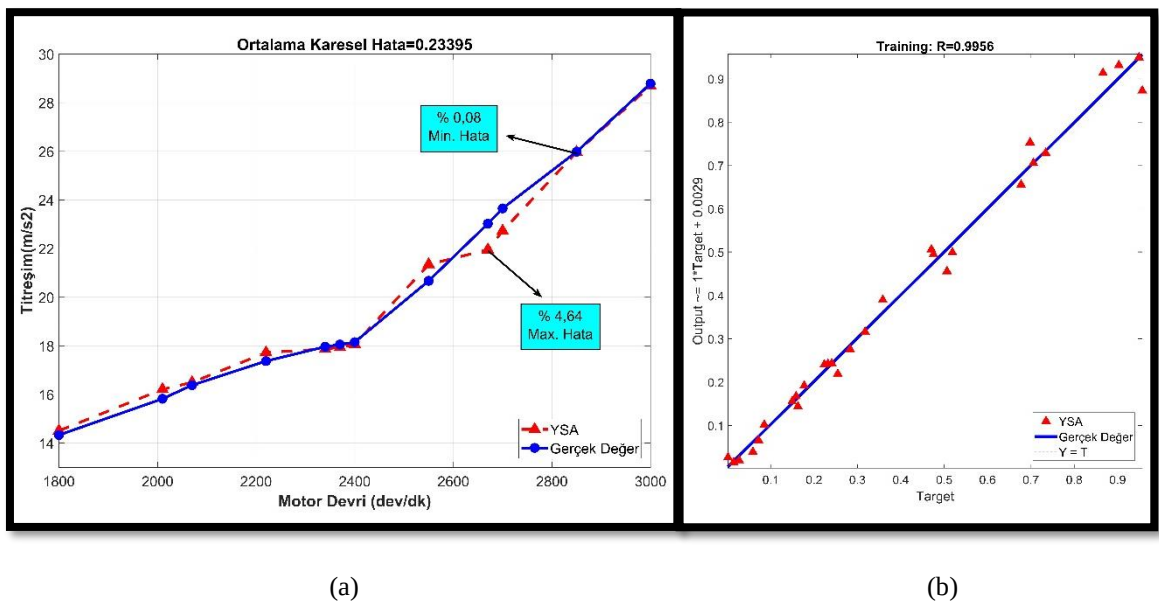
Şekil 8.217. (a) NM'de %18B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %18B, titreşim değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.218' de %6 Bütanol katkılı KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6B katkısı eklenmiş KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 3000 dev/dk' da, %5,83 olarak, minimum hatayı ise 2010 dev/dk' da, %0,34 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.218 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99827 olarak hesaplanmıştır.

Şekil 8.219' de %12 Bütanol katkılı KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %12B katkısı eklenmiş KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2670 dev/dk' da, %4,64 olarak, minimum hatayı ise 2850 dev/dk' da, %0,08 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.219 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9956 olarak hesaplanmıştır.

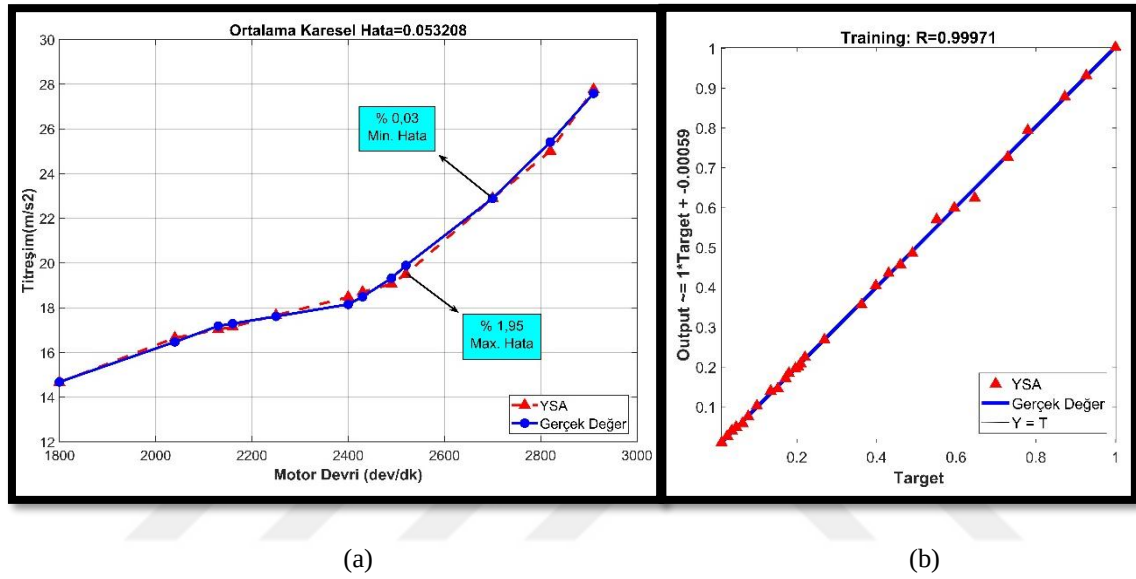


Şekil 8.218. (a) KM'de %6B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6B, titreşim değerleri Regresyon grafiği



Şekil 8.219. (a) KM'de %12B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %12B, titreşim değerleri Regresyon grafiği

Şekil 8.220' de %18 Bütanol katkılı KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %18B katkısı eklenmiş KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2670 dev/dk' da, %1,95 olarak, minimum hatayı ise 2850 dev/dk' da, %0,03 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.220 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99971 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.220. (a) KM'de %18B katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %18B, titreşim değerleri Regresyon grafiği

Tablo 8.29' de, Bütanol katkılı KM ve NM' deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM' de, titreşim değerleri; %8,64 - %0,01 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

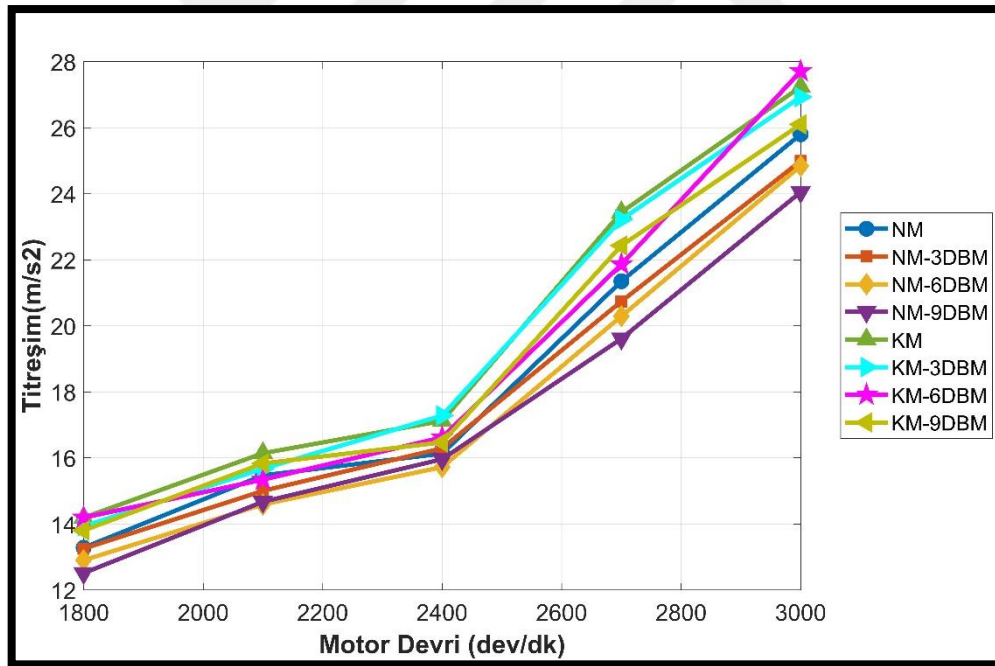
Tablo 8.29. Bütanol katkılı KM ve NM' deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%6,08	%0,07	0,99782
NM-%6B	%7,42	%0,21	0,97511
NM-%12B	%8,64	%0,01	0,99663
NM-%18B	%7,32	%0,21	0,99298
KM	%2,52	%0,09	0,99975
KM-%6B	%5,83	%0,34	0,99827
KM-%12B	%4,64	%0,08	0,9956
KM-%18B	%1,95	%0,03	0,99971

8.3.2 Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

DBM katkı maddesinin kimyasal yapısında bulunan oksijen içeriği, yanma sırasında daha fazla hidrokarbon' un oksidasyona uğramasına sebep olarak, yanma verimini artırma eğilimi göstermektedir. Fakat buna karşı, saf DBM katkısının alt ısı değerleri standart dizel yakıtı kıyasla düşüktür ve dizel yakıtı ile DBM karışımının enerji içeriği, karışımın DBM oranı arttıkça, azalmaktadır. Bu nedenle, yanma sırasındaki tepe sıcaklık ve basınçta azalma meydana gelmektedir. Tepe basıncındaki azalmalar da motor titreşimini azaltmaktadır.

Şekil 8.221' de NM ve KM' deki, Dibütil Maleat (DBM) katkılı ve katkısız titreşim değerleri deneysel sonuçları gösterilmektedir. NM ve KM' de, hacimsel olarak %3 DBM (3DBM), %6 DBM (6DBM), %9 DBM (9DBM) katkıların titreşim değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DBM ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 DBM katkısını ifade etmektedir.

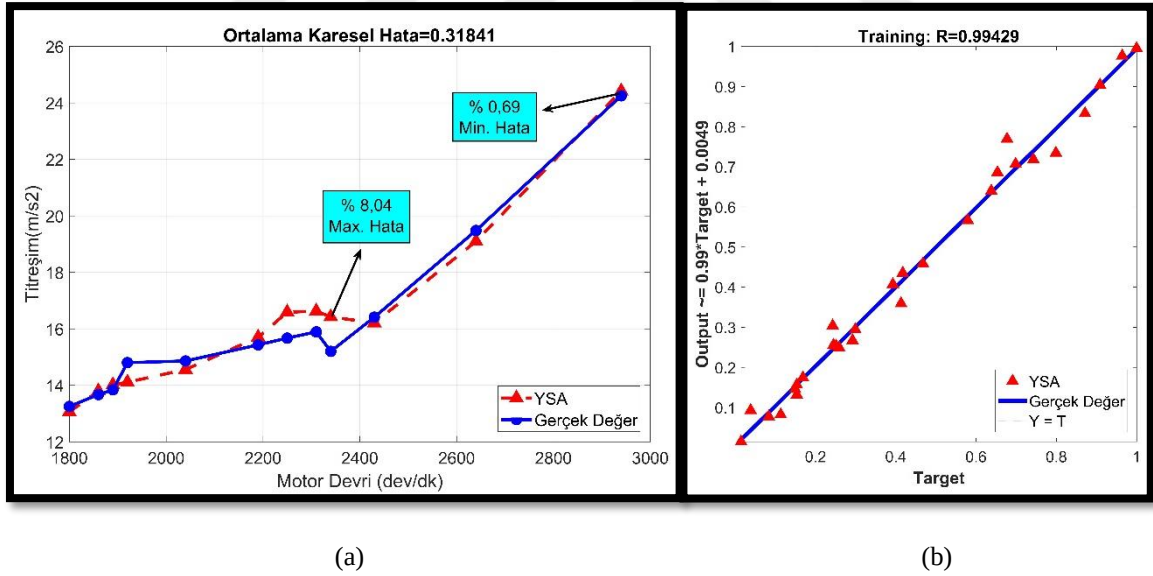


Şekil 8.221. NM ve KM' deki, DBM katkılı ve katkısız titreşim değerleri

Şekil 8.221' de görüldüğü gibi DBM katkısı NM' de ve KM' de, titreşim değerlerinde düşüşe sebep olmuştur. NM ve KM' de DBM katkı oranlarının artışı, titreşim değerlerindeki azalma oranını arttırmıştır. NM' de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM' deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla

%1.72, %4.02, %5.39 oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, titreşim değerlerinin NM’ ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. DBM’ nin titreşim değerlerini azaltma eğilimine karşı, TBK’ uygulamasının da titreşim değerlerini arttırıcı etkisi, titreşim değerlerinin düşüşünü sınırlamıştır. KM’ de, %3 DBM, %6 DBM, %9 DBM katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’ deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %5.32, %3.75 ve %2.96 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Sonuçlar, TBK uygulaması yapılmış bir dizel motorda titreşimin DBM katkısı ile sınırlandırılabilceği görülmektedir.

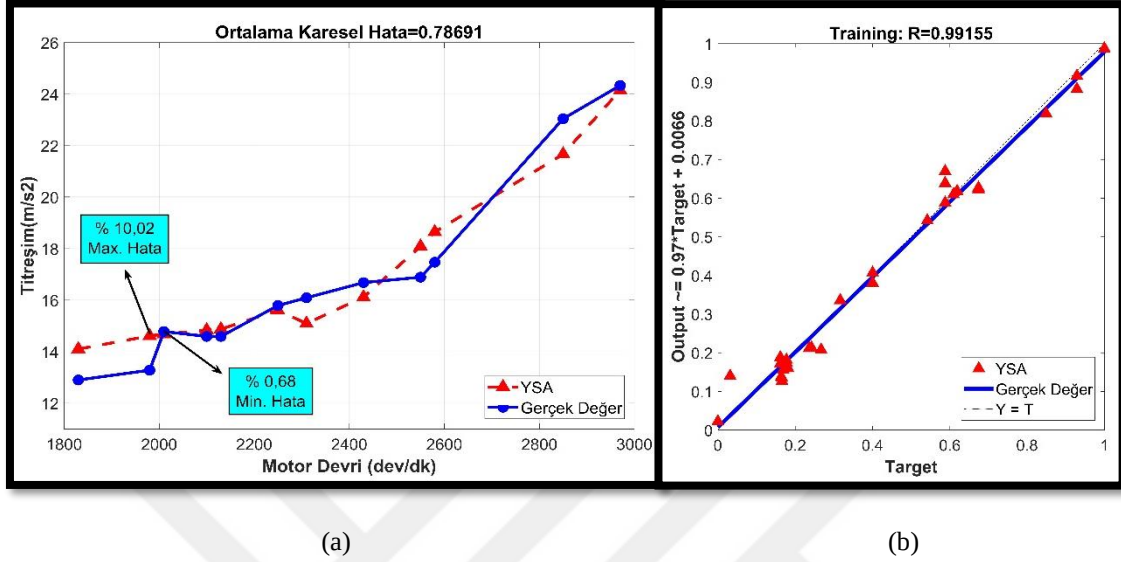
Şekil 8.222’ de %3 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2340 dev/dk’ da, %8,04 olarak, minimum hatayı ise 2940 dev/dk’ da, %0,69 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.222 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99429 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.222. (a) NM’de %3DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %3DBM, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.223’ de %6 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1980 dev/dk’ da, %10,02 olarak, minimum hatayı ise 2010 dev/dk’ da, %0,68 olarak

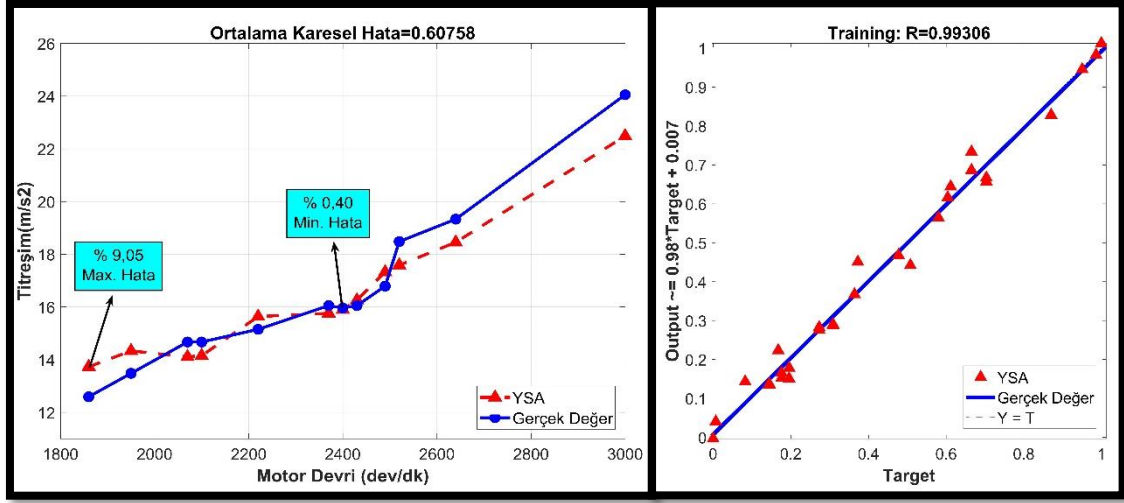
hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.223 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99155 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.223. (a) NM'de %6DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6DBM, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.224' de %9 Dibütil Maleat katkılı NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1860 dev/dk' da, %9,05 olarak, minimum hatayı ise 2400 dev/dk' da, %0,40 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.224 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99306 olarak hesaplanmıştır.

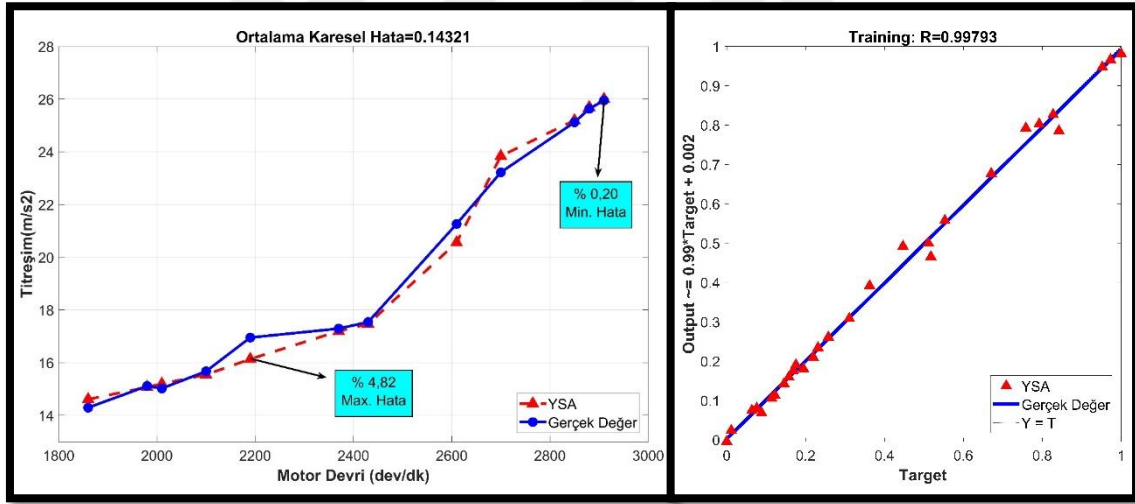
Şekil 8.225' de %3 Dibütil Maleat katkılı NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DBM katkısı eklenmiş NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2190 dev/dk' da, %4,82 olarak, minimum hatayı ise 2910 dev/dk' da, %0,20 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.225 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99793 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.224. (a) NM’de %9DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %9DBM, titreşim Regresyon grafiği

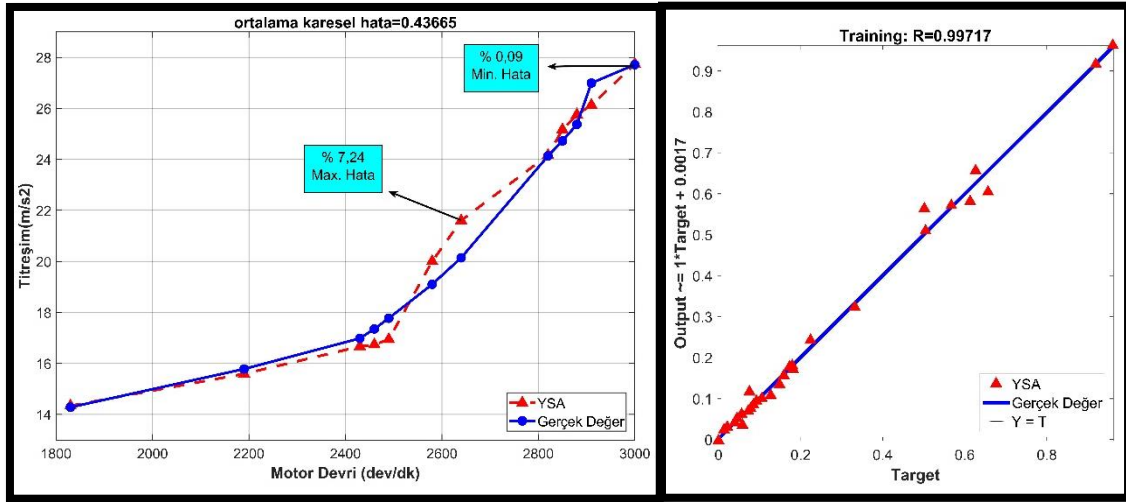


(a)

(b)

Şekil 8.225. (a) KM’de %3DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %3DBM, titreşim Regresyon grafiği

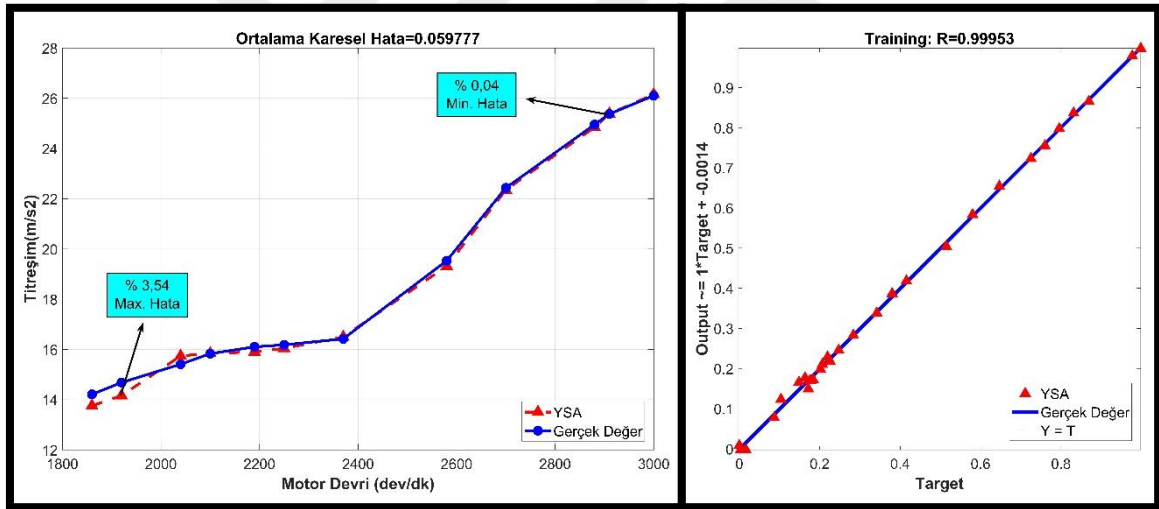
Şekil 8.226’ de %6 Dibütıl Maleat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DBM katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2640 dev/dk’ da, %7,24 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk’ da, %0,09 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.226 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99717 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.226. (a) KM’de %6DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6DBM, titreşim Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.227. (a) KM’de %9DBM katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %9DBM, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.227’ de %9 Dibütil Maleat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DBM katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1920 dev/dk’ da, %3,54 olarak, minimum hatayı ise 2910 dev/dk’ da, %0,04 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.227 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99953 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.30’ de, Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, titreşim değerleri; %10,02 - %0,04 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.30. Dibütil Maleat katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%6,08	%0,07	0,99782
NM-%3DBM	%8,04	%0,69	0,99429
NM-%6DBM	%10,02	%0,68	0,99155
NM-%9DBM	%9,05	%0,40	0,99306
KM	%2,52	%0,09	0,99975
KM-%3DBM	%4,82	%0,20	0,99793
KM-%6DBM	%7,24	%0,09	0,99717
KM-%9DBM	%3,54	%0,04	0,99953

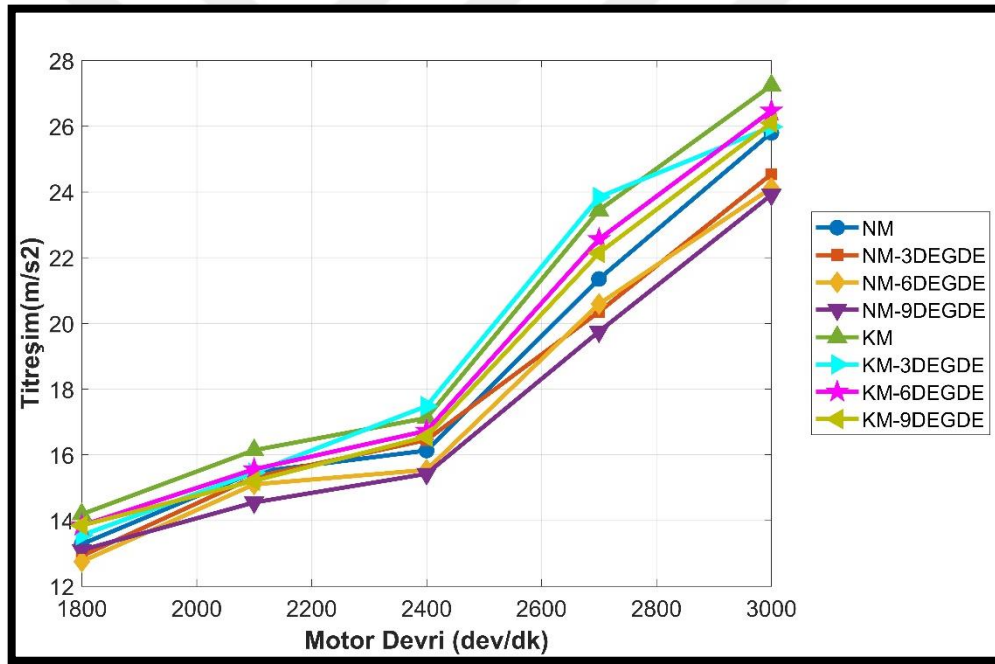
8.8.3 Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

DEGDE’ nin sahip olduğu yüksek setan sayısı, yanma başlangıç fazının ilerlemesine ve maksimum ısı yayılım oranının azalmasına yol açar. Böylece, yanma fazı ve ısı salma oranı, oksijenli yakıtın setan sayısı ile kuvvetle ilişkilidir[113]. Yanma fazı ve ısı yayılım oranları, oksijenatlı yakıtın setan sayısından güçlü bir şekilde etkilenir. Daha büyük bir setan sayısı, difüzyon kontrollü yanma fazını uzatır, bu da daha sonra bir krank açısı derecesi üzerinde ısı tahliyesini yaymak suretiyle silindir içi tepe basıncı ve sıcaklığın düşmesine neden olur[110]. Silindir içi tepe basıncı ve sıcaklığın düşmesi, motor titreşimlerinin, DEGDE katkısı ile azaltıldığının göstergesidir.

Şekil 8.228’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter (3DEGDE), %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter (6DEGDE), %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter (9DEGDE) katkılarının titreşim değerleri gösterilmektedir. Şekildeki NM-6DEGDE ile gösterilen grafik, Normal motordaki %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkısını ifade etmektedir.

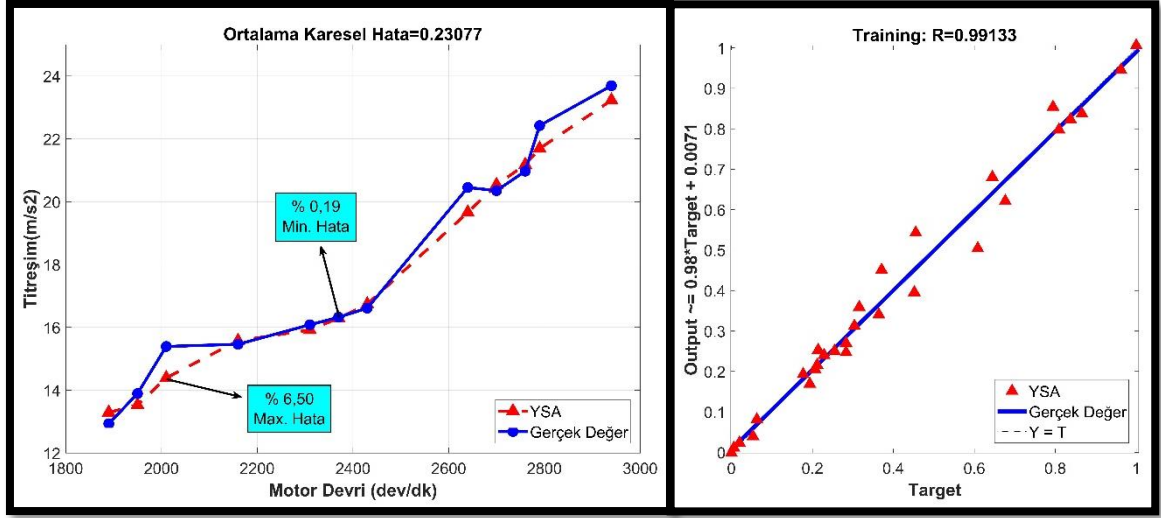
Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) katkısı NM’ de ve KM’ de, titreşim değerlerinde azalmalara sebep olmuştur. NM ve KM’ de DEGDE katkı oranlarının artışı, titreşim değerlerindeki azalma oranını arttırmıştır. NM’ de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9

DEGDE katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %2.33, %4.03, %5.32 oranlarında azalmalar meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’de, titreşim değerleri NM’ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. DEGDE katkısının titreşim değerlerini azaltma eğilimine karşı, TBK uygulamasının da titreşim değerlerini yükseltici etkisi, titreşim değerlerindeki artış oranını sınırlamıştır. KM’de, %3 DEGDE, %6 DEGDE, %9 DEGDE katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %4.61, %3.32, %1.99 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Bu durum TBK uygulaması yapılmış motorlarda, titreşim değerlerinin DEGDE katkısı ile kontrol edilebileceğini göstermektedir. Şekil 8.228’de, NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız titreşim değerleri görülmektedir.



Şekil 8.228. NM ve KM’deki, DEGDE katkılı ve katkısız titreşim değerleri

Şekil 8.229’de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş NM’nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’nın maksimum hatayı 2010 dev/dk’da, %6,50 olarak, minimum hatayı ise 2370 dev/dk’da, %0,19 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.229 (b)’de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99133 olarak hesaplanmıştır.

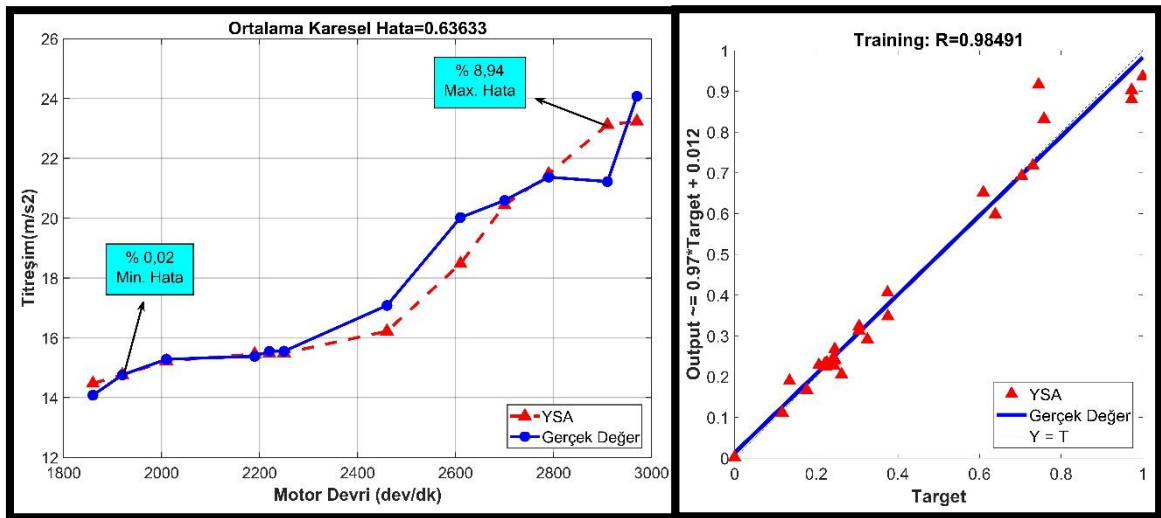


(a)

(b)

Şekil 8.229. (a) NM’de %3DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %3DEGDE, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.230’ de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2910 dev/dk’ da, %8,94 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk’ da, %0,02 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.230 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98491 olarak hesaplanmıştır.

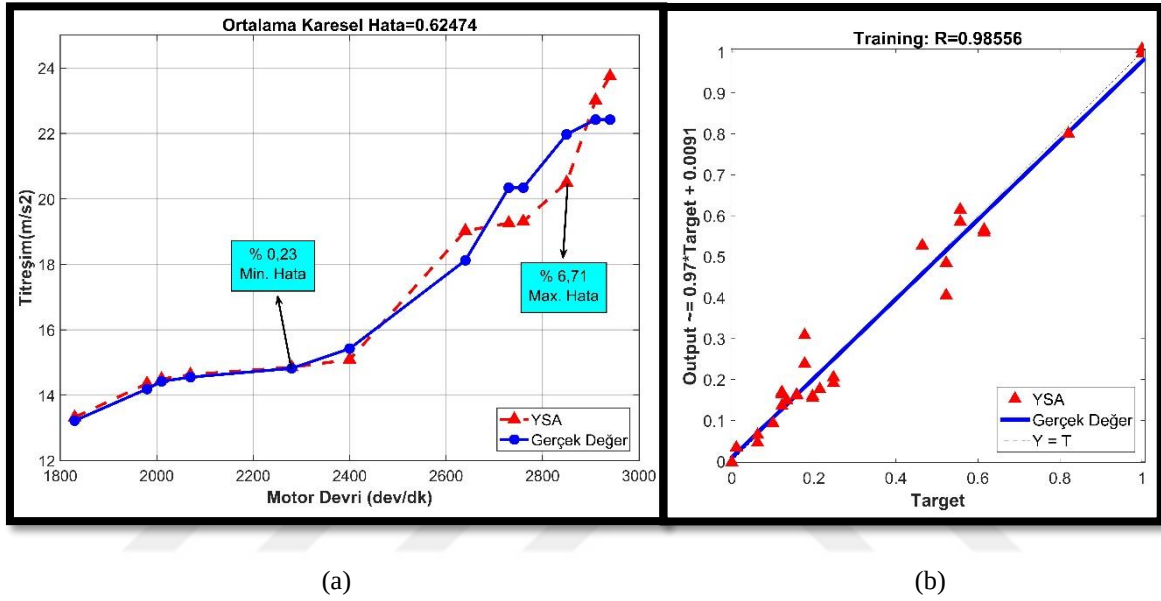


(a)

(b)

Şekil 8.230. (a) NM’de %6DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6DEGDE, titreşim Regresyon grafiği

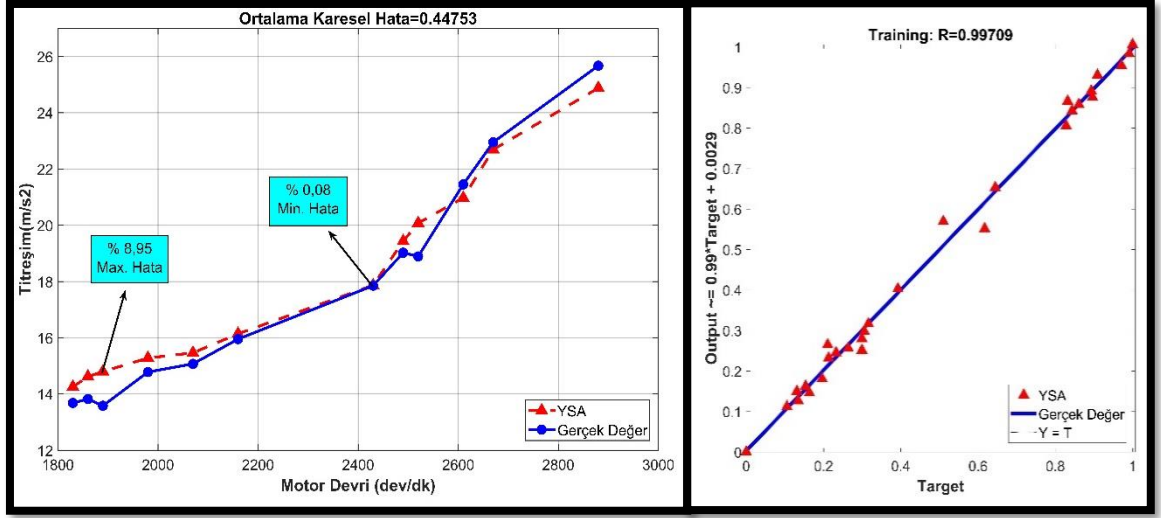
Şekil 8.231' de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş NM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2850 dev/dk' da, %6,71 olarak, minimum hatayı ise 2280 dev/dk' da, %0,23 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.231 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,98556 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.231. (a) NM'de %9DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %9DEGDE, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.232' de %3 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 1890 dev/dk' da, %8,95 olarak, minimum hatayı ise 2430 dev/dk' da, %0,08 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.232 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99709 olarak hesaplanmıştır.

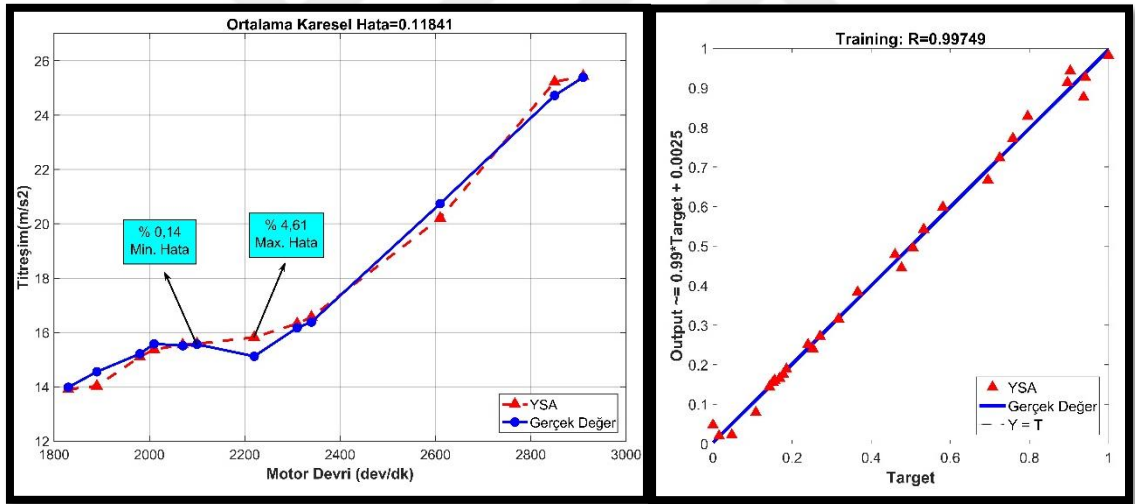
Şekil 8.233' de %6 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6DEGDE katkısı eklenmiş KM' nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA' nın maksimum hatayı 2220 dev/dk' da, %4,61 olarak, minimum hatayı ise 2100 dev/dk' da, %0,14 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.233 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99749 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.232. (a) KM’de %3DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %3DEGDE, titreşim Regresyon grafiği

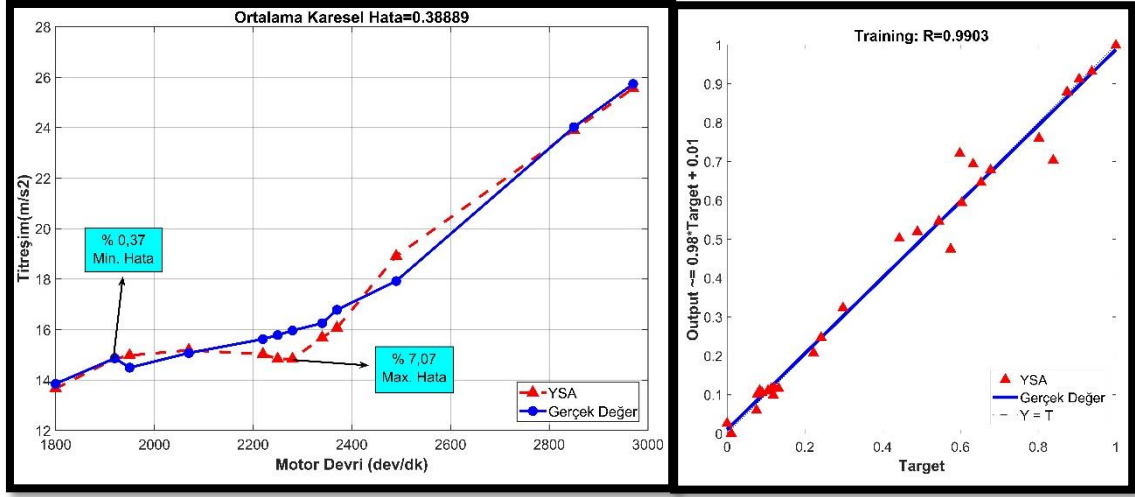


(a)

(b)

Şekil 8.233. (a) KM’de %6DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6DEGDE, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.234’ de %9 Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9DEGDE katkısı eklenmiş KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2280 dev/dk’ da, %7,07 olarak, minimum hatayı ise 1920 dev/dk’ da, %0,37 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.234 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,9903 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.234. (a) KM’de %9DEGDE katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %9DEGDE, titreşim Regresyon grafiği

Tablo 8.31’ de, Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, HC emisyonlarını; %8,95 - %0,02 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

Tablo 8.31. Dietilen Glikol Dimetil Eter katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları

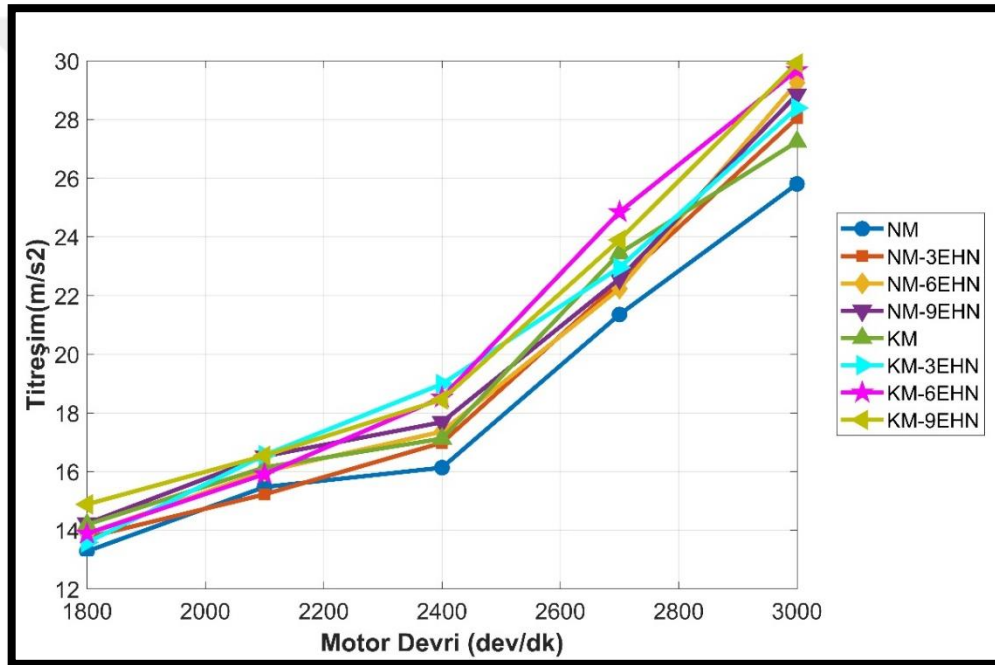
	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%6,08	%0,07	0,99782
NM-%3DEGDE	%6,50	%0,19	0,99133
NM-%6DEGDE	%8,94	%0,02	0,98491
NM-%9DEGDE	%6,71	%0,23	0,98556
KM	%2,52	%0,09	0,99975
KM-%3DEGDE	%8,95	%0,08	0,99709
KM-%6DEGDE	%4,61	%0,14	0,99749
KM-%9DEGDE	%7,07	%0,37	0,9903

8.8.4 Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

EHN katkısı ile oluşturulan yakıt karışımlarının, setan sayısı EHN yardımı ile artırılmış olur, çeşitli biyodizeller ile karşılaştırıldığında ısı yayılım oranının düşürülmesiyle maksimum silindir basıncının artmasına neden olmaktadır. Ateşleme geliştiricisi olarak kullanılan EHN ile maksimum silindir basıncındaki artış, yanma reaksiyonunun

hızlandırılmasının yanı sıra, yakıt yanmasının silindir içine oranının artmasına bağlıdır[130]. EHN katkısı setan geliştirici olarak yakıtlara katılması ile yanma veriminde artış sağlamaktadır. Yanma sırasındaki silindir içi tepe basıncı arttırması ile motorlarda titreşim değerlerini arttırmaktadır. Benzer sonuçlar EHN kullanılan başka çalışmalarda görülmüştür[65, 119, 129].

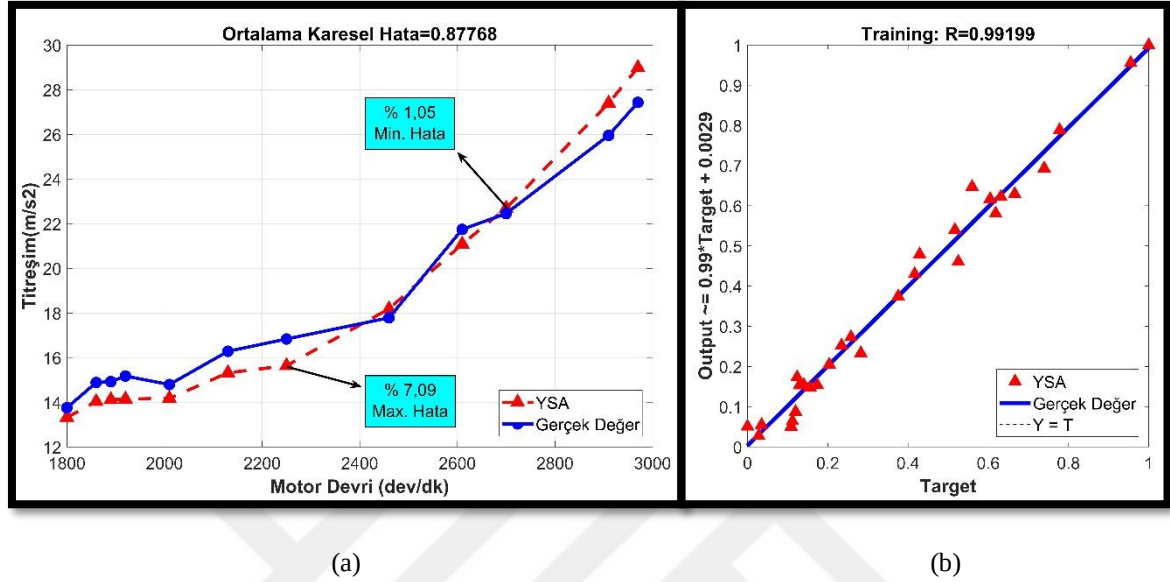
Şekil 8.235’ de, NM ve KM’ de, hacimsel olarak %3 Etilheksil Nitrat (3EHN), %6 Etilheksil Nitrat (6EHN), %9 Etilheksil Nitrat (9EHN) katkılarının titreşim değerleri gösterilmektedir. Şekildeki KM-6EHN ile gösterilen grafik, Kaplanmış motordaki %6 Etilheksil Nitrat katkısını ifade etmektedir.



Şekil 8.235. NM ve KM’ deki, EHN katkılı ve katkısız titreşim değerleri

Etilheksil Nitrat (EHN) katkısı NM’ de ve KM’ de, titreşim değerlerinde artışa sebep olmuştur. NM ve KM’ de EHN katkı oranlarının artışı, titreşim değerlerindeki artış oranını yükseltmiştir. NM’ de, %3 EHN, %6 EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’ deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %4.23, %6.61, %8.25 oranlarında artışlar meydana gelmiştir. Cr_2O_3 ile kaplanmış piston ve supaplara sahip, KM’ de, titreşim değerleri NM’ ye kıyasla artış gösterdiği görülmektedir. EHN katkısının titreşim değerlerini azaltma eğilimi ile birlikte, TBK’ uygulamasının da titreşim değerlerini yükseltici etkisi, titreşim değerlerindeki artış oranını yükseltmiştir. KM’ de, %3 EHN, %6

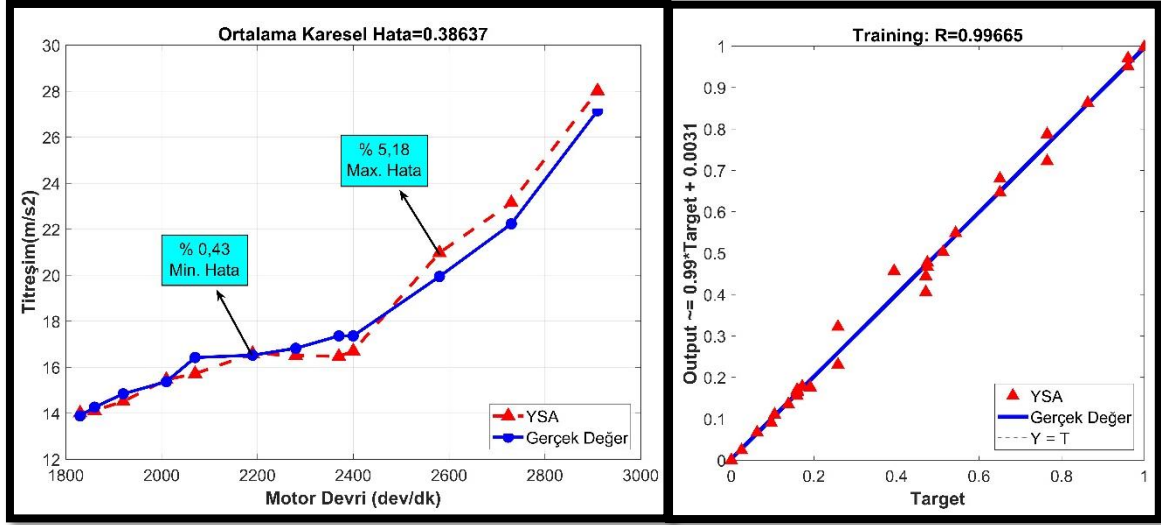
EHN, %9 EHN katkıları sonucu elde edilen titreşim değerleri ile katkısız NM’deki titreşim değerleri karşılaştırıldığında sırasıyla %8.91, %10.72, %12.09 oranlarında artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 8.236. (a) NM’de %3EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %3EHN, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.236’de %3 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2250 dev/dk’ da, %7,09 olarak, minimum hatayı ise 2700 dev/dk’ da, %1,05 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.236 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99199 olarak hesaplanmıştır.

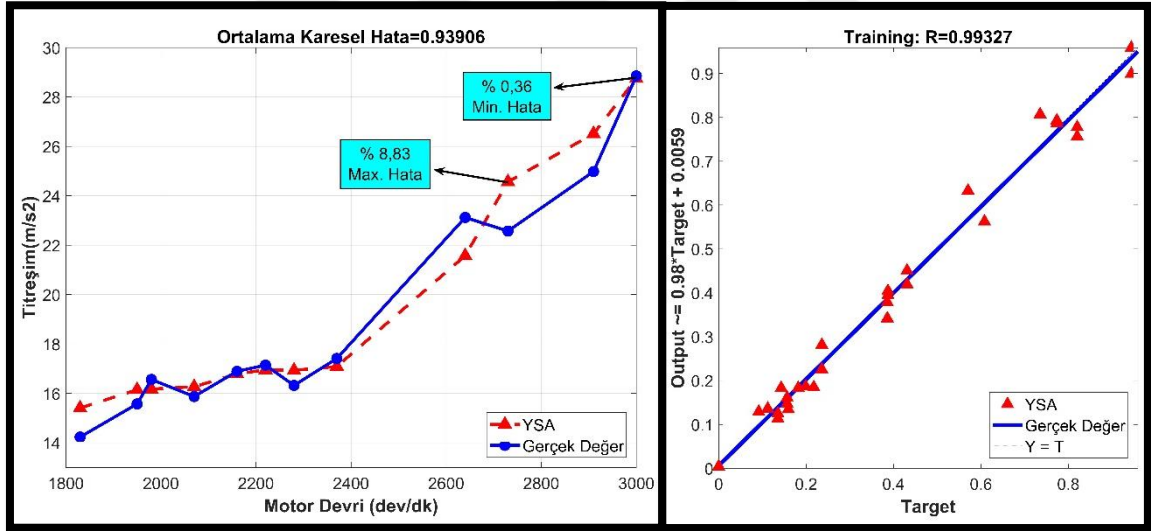
Şekil 8.237’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2580 dev/dk’ da, %5,18 olarak, minimum hatayı ise 2190 dev/dk’ da, %0,43 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.237 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99665 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.237. (a) NM’de %6EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %6EHN, titreşim Regresyon grafiği



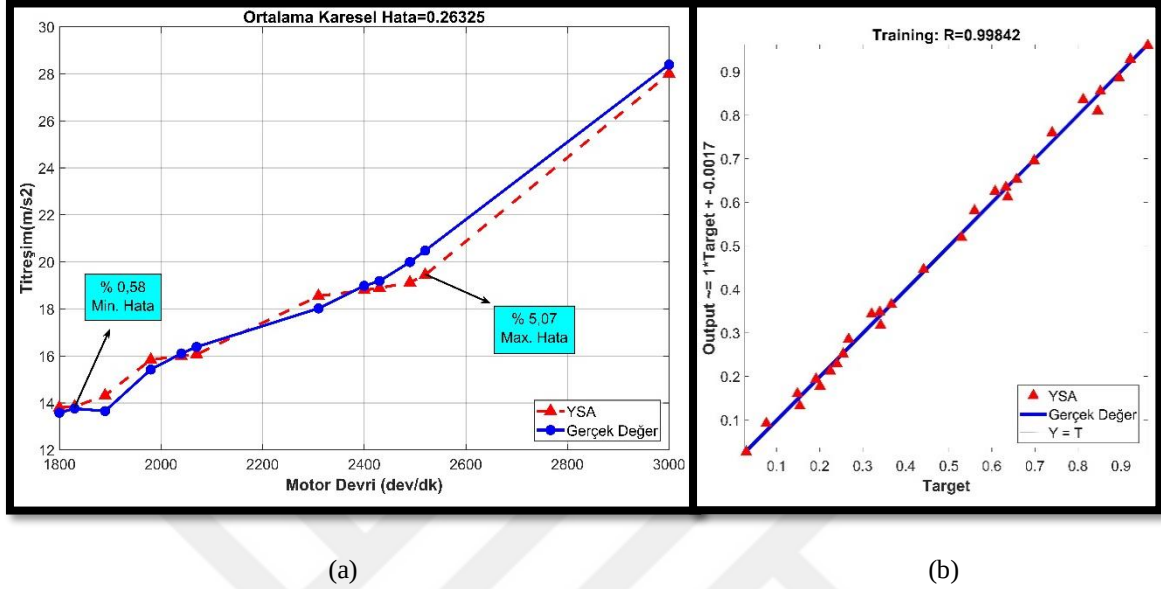
(a)

(b)

Şekil 8.238. (a) NM’de %9EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) NM %9EHN, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.238’ de %9 Etilheksil Nitrat katkılı NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş NM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2730 dev/dk’ da, %8,83 olarak, minimum hatayı ise 3000 dev/dk’ da, %0,36 olarak

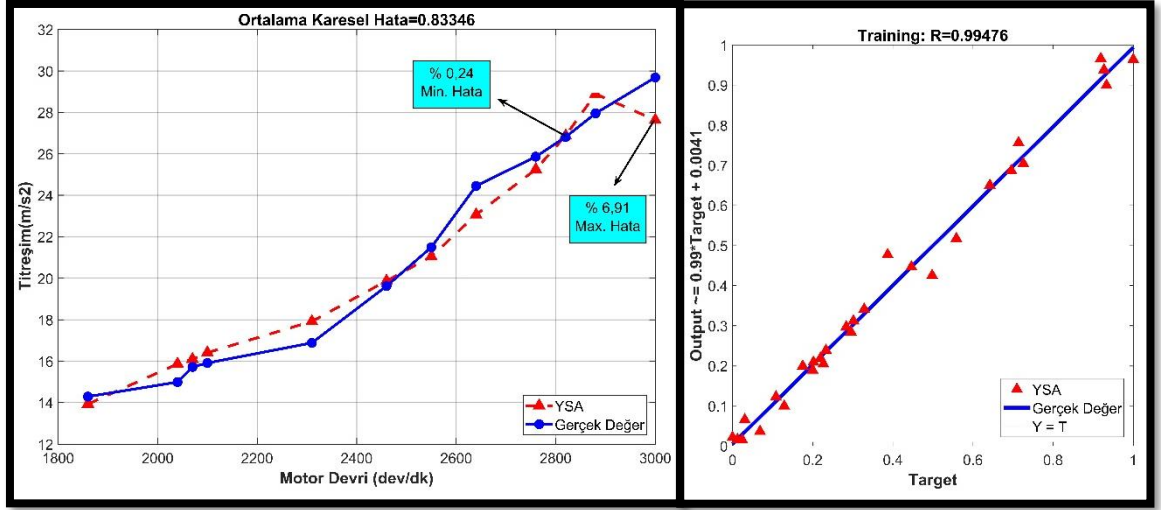
hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.238 (b)' de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99327 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.239. (a) KM’de %3EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %3EHN, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.239’ de %3 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %3EHN katkısı eklenmiş KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 2520 dev/dk’ da, %5,07 olarak, minimum hatayı ise 1830 dev/dk’ da, %0,58 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.239 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99842 olarak hesaplanmıştır.

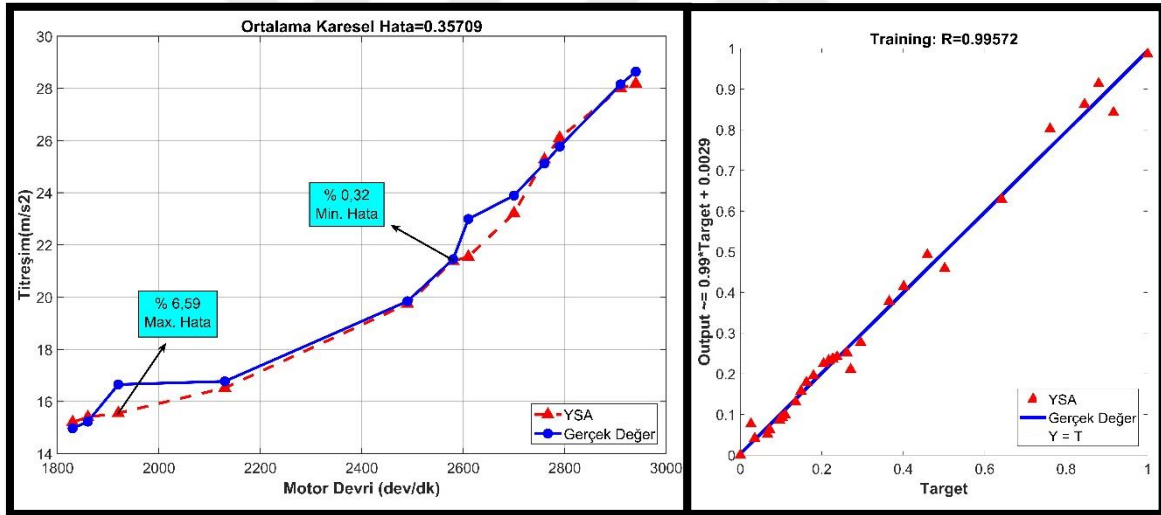
Şekil 8.240’ de %6 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %6EHN katkısı eklenmiş KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 3000 dev/dk’ da, %6,91 olarak, minimum hatayı ise 2820 dev/dk’ da, %0,24 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.240 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99476 olarak hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 8.240. (a) KM’de %6EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %6EHN, titreşim Regresyon grafiği



(a)

(b)

Şekil 8.241. (a) KM’de %9EHN katkılı gerçek ve YSA, titreşim değerleri, (b) KM %9EHN, titreşim Regresyon grafiği

Şekil 8.241’ de %9 Etilheksil Nitrat katkılı KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları ile Regresyon değeri görülmektedir. %9EHN katkısı eklenmiş KM’ nin titreşim değerleri için deneysel ve YSA sonuçları karşılaştırıldığında, YSA’ nın maksimum hatayı 1920 dev/dk’ da, %6,59 olarak, minimum hatayı ise 2580 dev/dk’ da, %0,32 olarak hesapladığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 8.241 (b)’ de görüldüğü gibi Regresyon değeri 0,99572 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.32’ de, Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları özetlenmiştir. YSA, KM ve NM’ de, titreşim değerleri; %8,83 - %0,07 hata oranları arasında tahmin etmiştir.

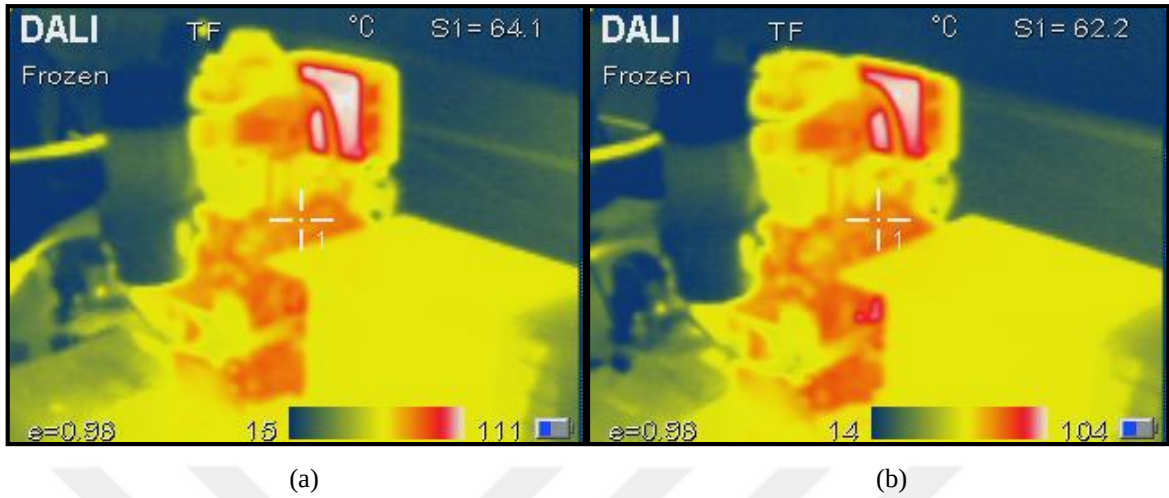
Tablo 8.32. Etilheksil Nitrat katkılı KM ve NM’ deki titreşim değerlerinin YSA sonuçları

	Max. Hata	Min. Hata	Regresyon
NM	%6,08	%0,07	0,99782
NM-%3EHN	%7,09	%1,05	0,99199
NM-%6EHN	%5,18	%0,43	0,99665
NM-%9EHN	%8,83	%0,36	0,99327
KM	%2,52	%0,09	0,99975
KM-%3EHN	%5,07	%0,58	0,99842
KM-%6EHN	%6,91	%0,24	0,99476
KM-%9EHN	%6,59	%0,32	0,99572

8.9. Termal Görüntülerin Değerlendirilmesi

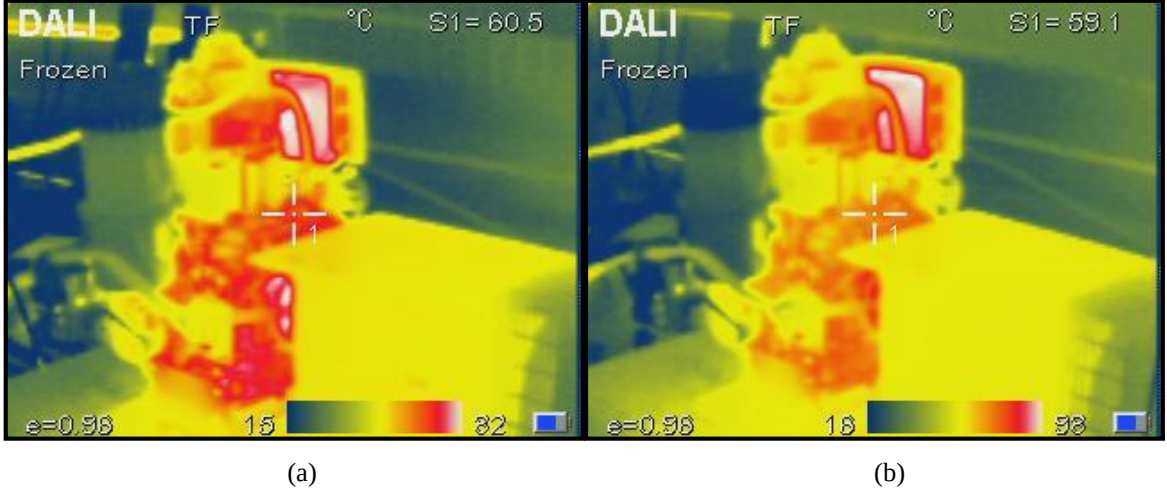
Termal kamera, görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiyi göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Termal kamera yardımı ile içten yanmalı motorların belirlenen bölgelerindeki veya noktalardaki sıcaklık değişimlerini hem görsel, hemde sayısal olarak ölçümü gerçekleştirilebilmektedir. Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan katkı maddelerinin ve TBK uygulamasının, motor üzerindeki ısı etkileri termal görüntülerle incelenmiştir.

8.9.1. Bütanol Katkısının Etkileri



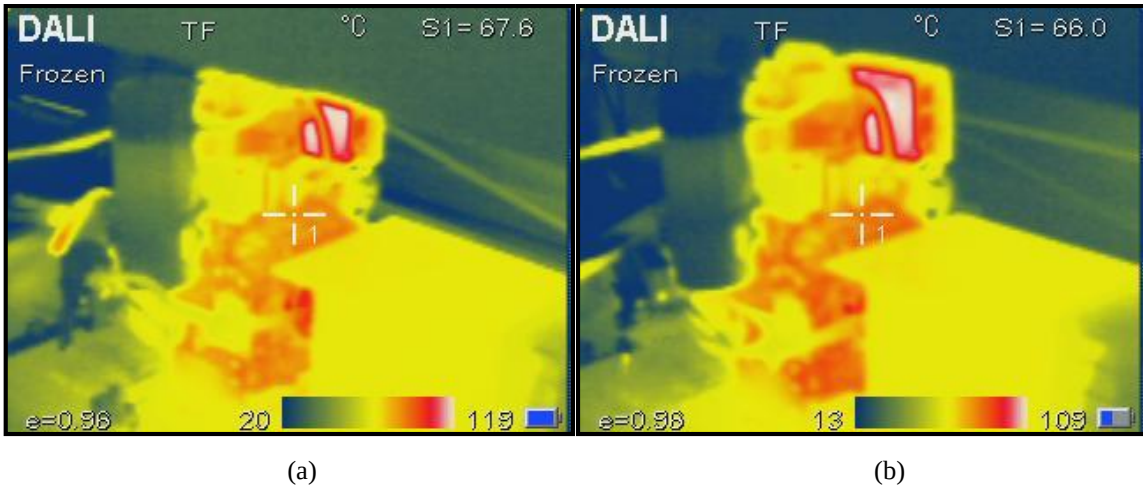
Şekil 8.242. (a) NM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM'nin %6B katkılı termal görüntüsü

Şekil 8.242' de görüldüğü üzere 2400 dev/dk' da çalışan NM' de katkısız ve NM' de %6 bütanol katkılı çalışmaların termal görüntüleri bulunmaktadır. %6B katkısı ilavesi NM' nin dış yüzey sıcaklığını yaklaşık %2,96 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bütanol' ün sahip olduğu ısı değeri, dizel yakıtına kıyasla düşüktür, bu nedenle bütanol katkılı yakıtın alt ısı değeri, standart dizel yakıtına kıyasla katkı oranının artışı ile azalmaktadır. Yanma sırasında eşit miktarda yakılan katkısız ve bütanol katkılı dizel yakıtın açığa çıkardığı ısı, sıcaklık ve basınç değerleri farklılık göstermektedir. Bütanol katkısı düşük alt ısı değere sahip olması sebebiyle, açığa çıkardığı ısı da azalmaktadır. Şekil 8.242' de bu düşüş görülmektedir. Bütanol katkı oranının artması, motor cidarında ölçülen değerlerde de azalma sağlamıştır. Şekil 8.243' de 2400 dev/dk' da çalışan NM' de %12 ve %18 bütanol katkılarının termal görüntüleri görülmektedir. %12B ve %18B katkıları, katkısız NM' deki termal görüntü değerlerine göre sırasıyla, %5,95 ve %8,46 oranlarında düşüş göstermiştir

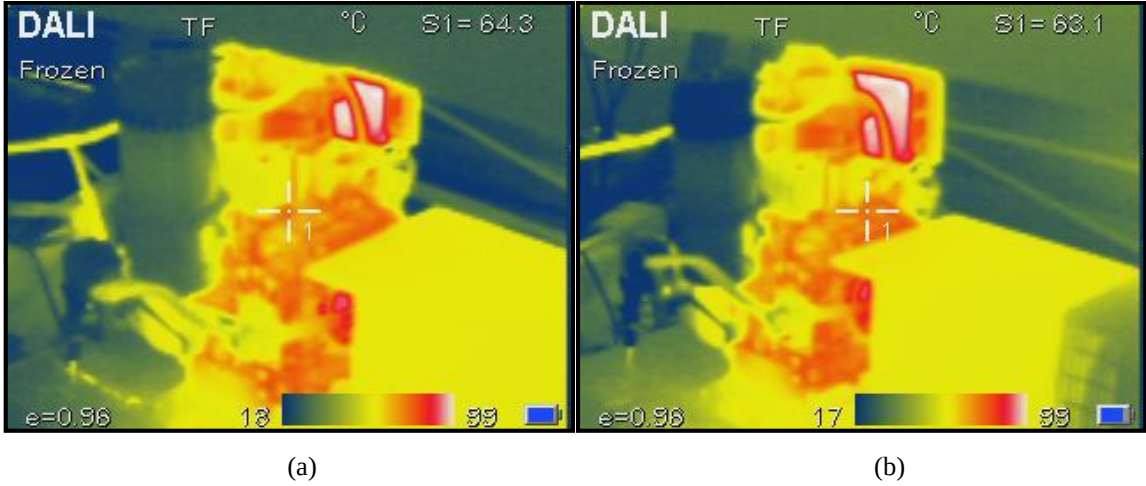


Şekil 8.243. (a) NM'nin %12B katkılı termal görüntüsü, (b) NM'nin %18B katkılı termal görüntüsü

Şekil 8.244 ve Şekil 8.245' de KM' de katkısız, %6B, %12B, %18B katkılı termal görüntüler gösterilmiştir. Cr_2O_3 kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırmıştır, EGS ölçümleri bu durumu doğrulamıştır. EGS ölçümlerine ek olarak, termal görüntülerde de TBK uygulamasının silindir içerisindeki ısının bir miktarını izole ettiğini göstermektedir. Motor cidarındaki sıcaklık artışı, Cr_2O_3 kaplanmasının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 8.244' de görüldüğü gibi, NM' ye kıyasla KM' nin cidar sıcaklığı % 5,46 oranında artış göstermiştir. Buna ek olarak, KM' de katkısız termal ölçümler, KM' de %6B, %12B, %18B katkılı termal ölçümlerle karşılaştırıldığında sırasıyla, %2,37, %4,88, %6,21 oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.



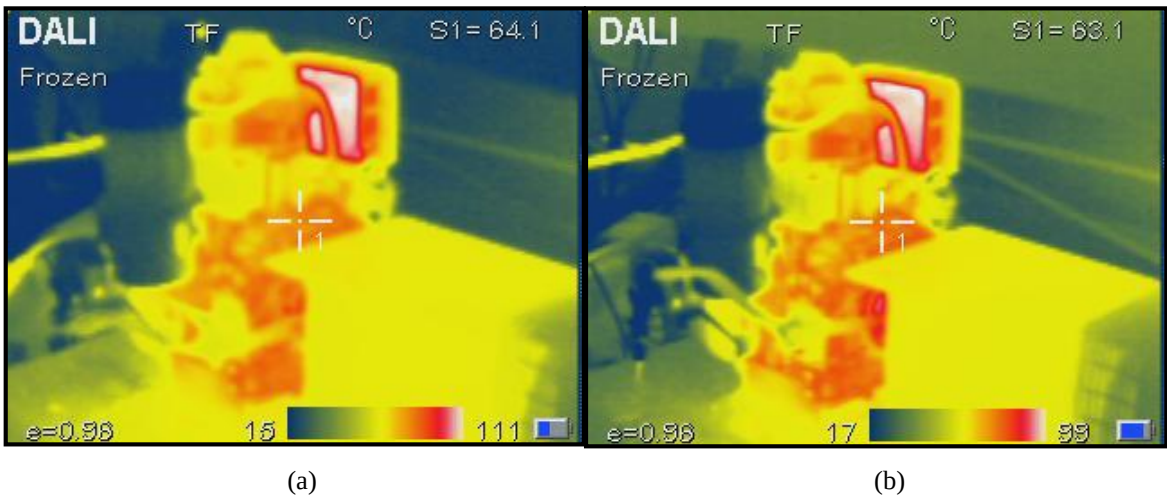
Şekil 8.244. (a) KM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM'nin %6B katkılı termal görüntüsü



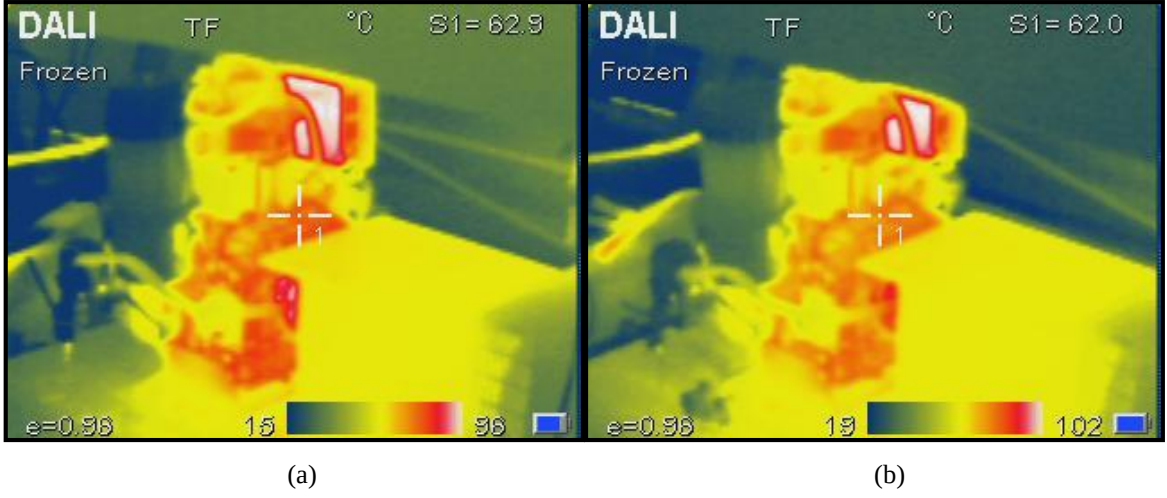
Şekil 8.245. (a) KM'nin %12B katkılı termal görüntüsü, (b) KM'nin %18B katkılı termal görüntüsü

8.9.2. Dibütil Maleat Katkısının Etkileri

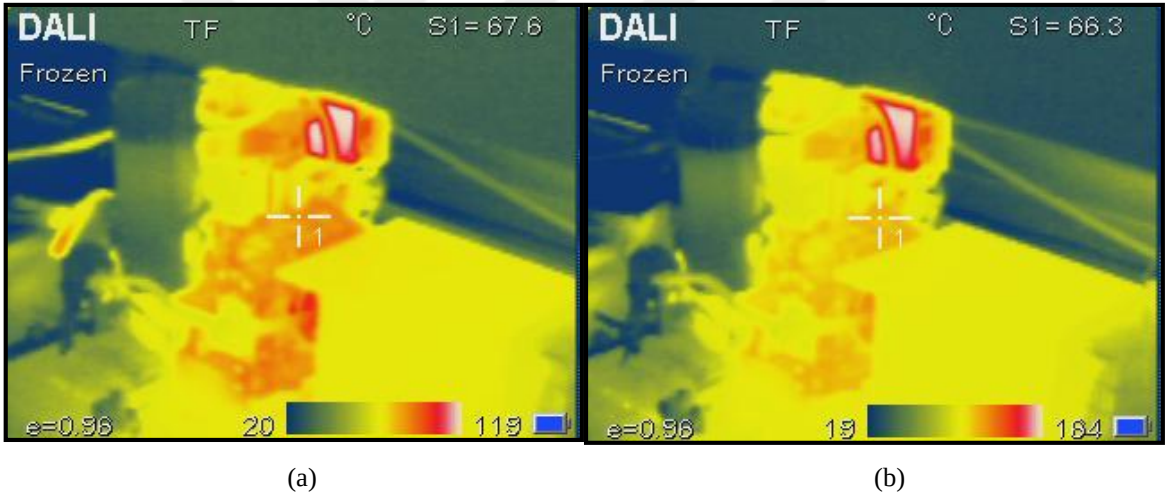
Dibütil Maleat (DBM) katkısının yapısında bulunan Oksijen zenginleştirilmesiyle yanmanın iyileşmesine, gaz sıcaklığının artmasına yol açar, ancak yanma süresinin kısalması ile yüksek sıcaklıkta gazın süresinin azalmasına yol açmaktadır[113]. Bu nedenle DBM katkısı EGS değerlerinin düşük oranlarda azalttığı, benzer çalışmalarda görülmüştür[139]. Şekil 8.246 ve Şekil 8.247' de NM'nin katkısız, %3DBM, %6DBM, %9DBM katkılı termal görüntüleri gösterilmektedir. Görüntülerden elde edilen ölçümlere göre, DBM katkı oranının artışı, motorun cidarındaki sıcaklık değerini azaltmaktadır. NM'de katkısız termal değerler, NM'de %3DBM, %6DBM, %9DBM katkılı termal değerlere kıyasla, sırasıyla %1,56, %1,87, %3,27 oranlarında düşüş görülmüştür.



Şekil 8.246. (a) NM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM'nin %3DBM katkılı termal görüntüsü



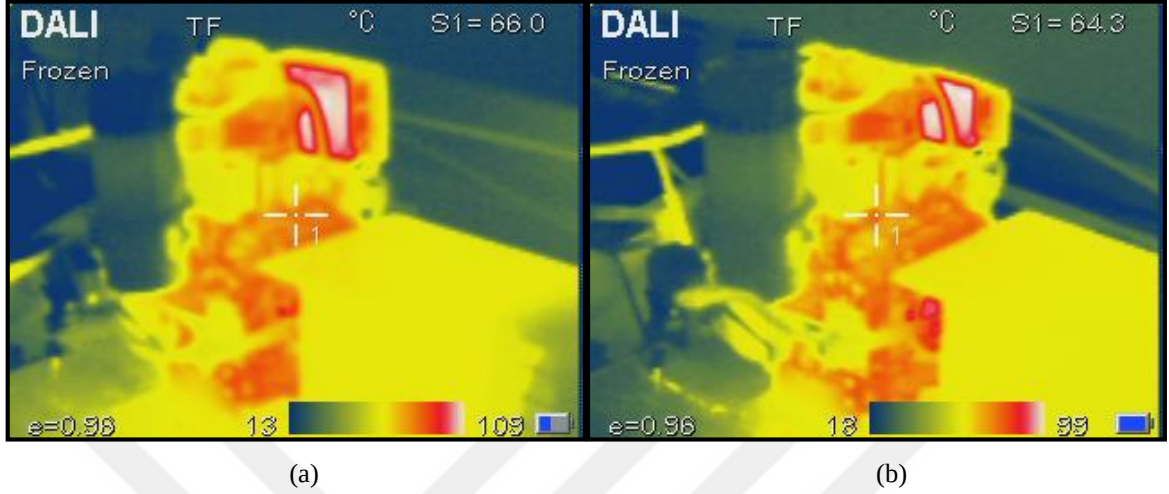
Şekil 8.247. (a) NM'nin %6DBM katkılı termal görüntüsü, (b) NM'nin %9DBM katkılı termal görüntüsü



Şekil 8.248. (a) KM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM'nin %3DBM katkılı termal görüntüsü

Şekil 8.248 ve Şekil 8.249' de KM' de katkısız, %3DBM, %6DBM, %9DBM katkılı termal görüntüler gösterilmiştir. Cr_2O_3 kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırmıştır, EGS ölçümleri bu durumu doğrulamıştır. EGS ölçümlerine ek olarak, termal görüntülerde de TBK uygulamasının silindir içerisindeki ısının bir miktarını izole ettiğini göstermektedir. Motor cidarındaki sıcaklık artışı, Cr_2O_3 kaplanmasının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 8.248' de görüldüğü gibi, NM' ye kıyasla KM' nin cidar sıcaklığı % 5,46 oranında artış göstermiştir. Buna ek olarak, KM' de katkısız termal ölçümler, KM' de %3DBM, %6DBM,

%9DBM katkılı termal ölçümlerle karşılaştırıldığında sırasıyla, %1,92, %2,60, %4,88 oranlarında düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 8.249. (a) KM'nin %6DBM katkılı termal görüntüsü, (b) KM'nin %9DBM katkılı termal görüntüsü

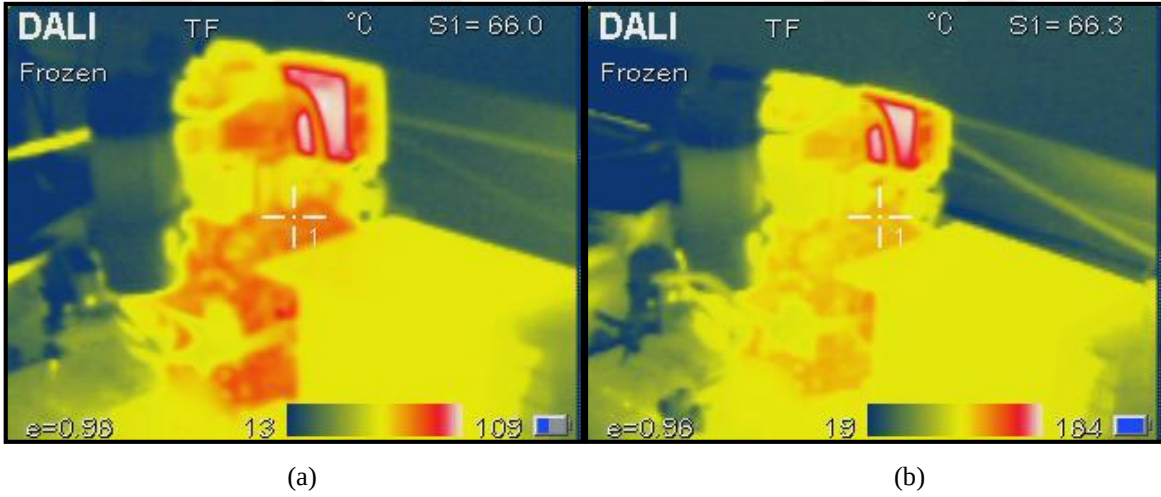
8.9.3. Dietilen Glikol Dimetil Eter Katkısının Etkileri

Dietilen Glikol Dimetil Eter (DEGDE) kimyasal formülü $C_6H_{14}O_3$ olan, yapısında OH radikal grupları bulunan, setan sayısı 126 olan bir oksijenli bir katkı maddesidir. Yapısındaki oksijen atomları ve setan sayısının yüksek olması sebebi ile potansiyel bir dizel yakıt katkısı olarak görülmektedir. Karışımlardaki ek oksijenin varlığı her zaman egzoz gazlarında karbon partikül yakma olasılığını artırır, bu da yüksek egzoz gazı sıcaklığına neden olur ve aynı zamanda karışımların yüzdesindeki artışla artar[115]. DEGDE karışımı, oksijen zenginleştirmesinin ve yüksek setan sayısı ile termal verimi arttırmaktadır[110]. Termal verimdeki bu artış, yanma sonu gaz sıcaklığını arttırmaktadır. Bu nedenle DEGDE katkısı EGS değerlerinde artış sağladığı benzer çalışmalarda görülmüştür[113].

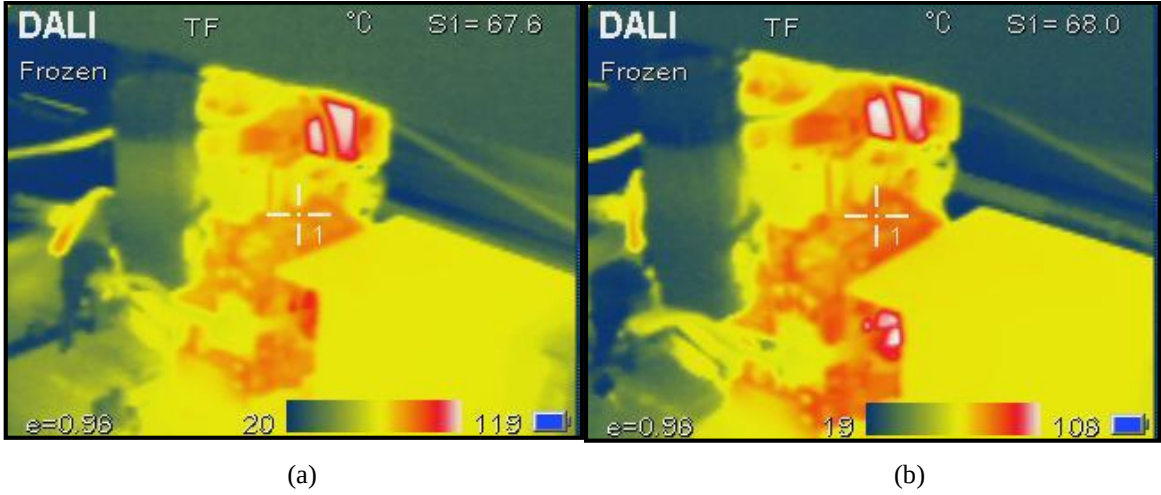


Şekil 8.250. (a) NM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM'nin %3 DEGDE katkılı termal görüntüsü

Şekil 8.250 ve Şekil 8.251' de NM'nin katkısız, %3DEGDE, %6DEGDE, %9DEGDE katkılı termal görüntüleri gösterilmektedir. Görüntülerden elde edilen ölçümlere göre, DEGDE katkı oranının artışı, motorun cidarındaki sıcaklık değerini arttırmaktadır. NM'de katkısız termal değerler, NM'de %3DEGDE, %6DEGDE, %9DEGDE katkılı termal değerlere kıyasla, sırasıyla %1,87, %2,96, %3,58 oranlarında artış görülmüştür.

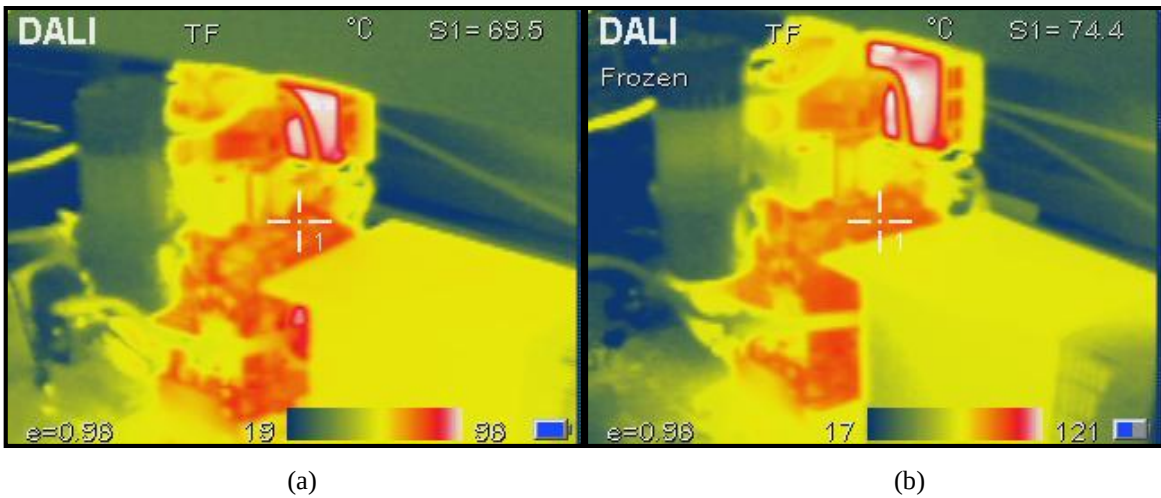


Şekil 8.251. (a) NM'nin %6 DEGDE katkılı termal görüntüsü, (b) NM'nin %9 DEGDE katkılı termal görüntüsü



Şekil 8.252. (a) KM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM'nin %3 DEGDE katkılı termal görüntüsü

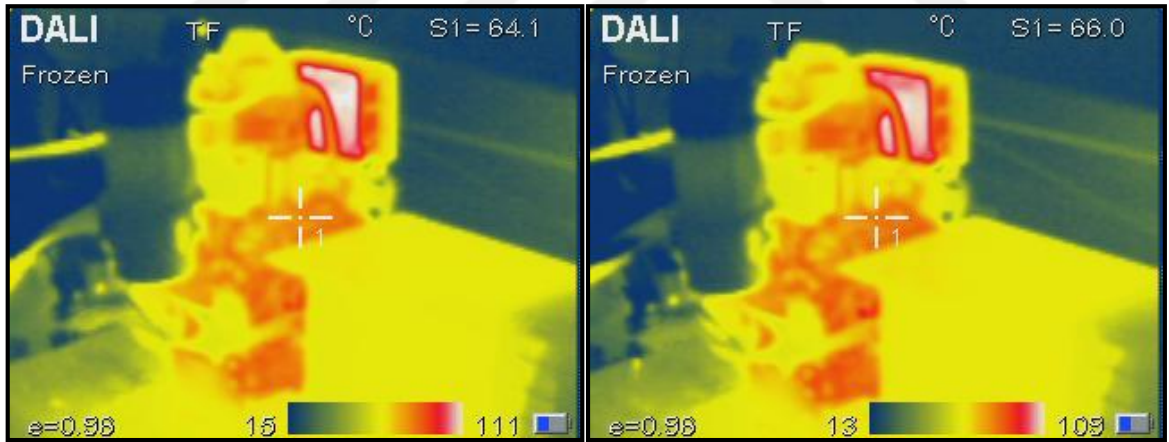
Şekil 8.252 ve Şekil 8.253' de KM' de katkısız, %3DEGDE, %6DEGDE, %9DEGDE katkılı termal görüntüler gösterilmiştir. Cr_2O_3 kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırmıştır, EGS ölçümleri bu durumu doğrulamıştır. EGS ölçümlerine ek olarak, termal görüntülerde de TBK uygulamasının silindir içerisindeki ısının bir miktarını izole ettiğini göstermektedir. Motor cidarındaki sıcaklık artışı, Cr_2O_3 kaplanmasının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 8.252' de görüldüğü gibi, NM' ye kıyasla KM' nin cidar sıcaklığı % 5,46 oranında artış göstermiştir. Buna ek olarak, KM' de katkısız termal ölçümler, KM' de %3DEGDE, %6DEGDE, %9DEGDE katkılı termal ölçümlerle karşılaştırıldığında sırasıyla, %0,59, %2,81, %10,06 oranlarında artış gözlemlenmiştir.



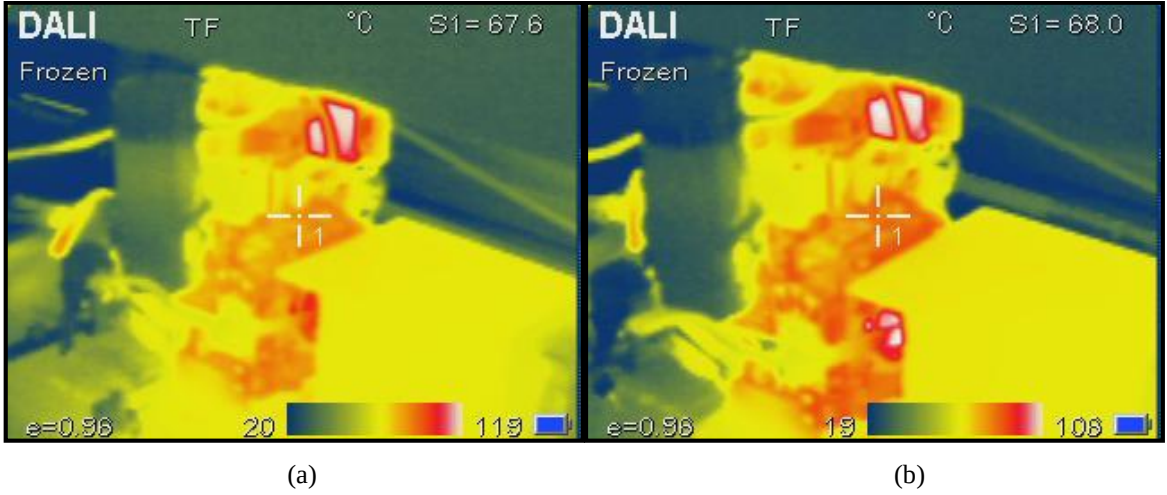
Şekil 8.253. (a) KM'nin %6 DEGDE katkılı termal görüntüsü, (b) KM'nin %9 DEGDE katkılı termal görüntüsü

8.9.4. Etilheksil Nitrat Katkısının Etkileri

Etilheksil Nitrat (EHN) $C_8H_{17}NO_3$ kimyasal formülüne sahip, setan sayısını arttırmak için dizel yakıt katkı maddeleri olarak bilinen, performansı yüksek, yaygın olarak kullanılan tutuşmaya yardımcı katkı maddeleri arasında ticari bir setan iyileştiricisidir. Egzoz sıcaklığı, silindirdeki yanma işleminin bir dereceye kadar ısı yayılımını hakkında bilgi sağlayarak yansıtabilecek, kirletici oluşumu üzerinde etkili bir parametredir. Yapılan çalışmalarda, setan sayısı geliştiricilerinin egzoz sıcaklığı üzerinde küçük bir artış etkisi olduğu görülmektedir[120]. Karışımlardaki ek oksijenin varlığı her zaman egzoz gazlarında karbon partikül yakma olasılığını artırır, bu da yüksek egzoz gazı sıcaklığına neden olur ve aynı zamanda karışımların yüzdesindeki artışla artar[115]. EHN karışımı, oksijen zenginleştirmesinin ve yüksek setan sayısı ile termal verimi arttırmaktadır[110]. Termal ve yanma verimindeki bu artış, yanma sonu gaz sıcaklığını arttırmaktadır. EHN katkısının silindir içi gaz sıcaklığını arttırması ile motorun iç ve dış cidarlarındaki sıcaklık değerleri de yükselmiştir.

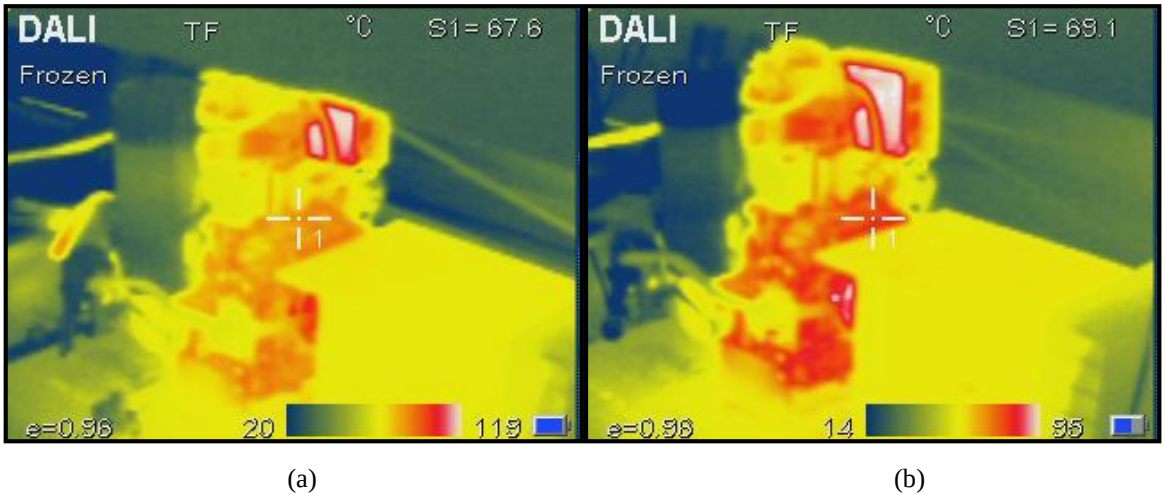


Şekil 8.254. (a) NM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) NM'nin %3EHN katkılı termal görüntüsü

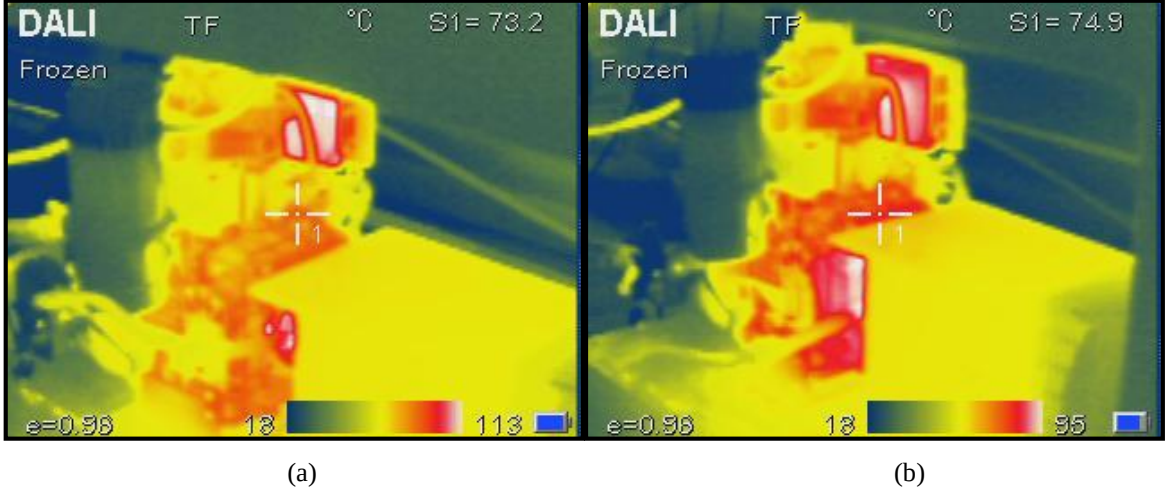


Şekil 8.255. (a) NM'nin %6 EHN katkılı termal görüntüsü, (b) NM'nin %9 EHN katkılı termal görüntüsü

Şekil 8.254 ve Şekil 8.255' de NM'nin katkısız, %3EHN, %6EHN, %9EHN katkılı termal görüntüleri gösterilmektedir. Görüntülerden elde edilen ölçümlere göre, EHN katkı oranının artışı, motorun cidarındaki sıcaklık değerini arttırmaktadır. NM'de katkısız termal değerler, NM'de %3EHN, %6EHN, %9EHN katkılı termal değerlere kıyasla, sırasıyla %2,96, %5,46, %6,08 oranlarında artış görülmüştür.



Şekil 8.256. (a) KM'nin katkısız termal görüntüsü, (b) KM'nin %3 EHN katkılı termal görüntüsü



Şekil 8.257. (a) KM'nin %6 EHN katkılı termal görüntüsü, (b) KM'nin %9 EHN katkılı termal görüntüsü

Şekil 8.256 ve Şekil 8.257' de KM' de katkısız, %3EHN, %6EHN, %9EHN katkılı termal görüntüler gösterilmiştir. Cr_2O_3 kaplanması ile oluşturulan Termal Bariyer katmanı yanma odasındaki ısı kaybı azaltıp, yanma odasındaki gaz sıcaklığını arttırmıştır, EGS ölçümleri bu durumu doğrulamıştır. EGS ölçümlerine ek olarak, termal görüntülerde de TBK uygulamasının silindir içerisindeki ısının bir miktarını izole ettiğini göstermektedir. Motor cidarındaki sıcaklık artışı, Cr_2O_3 kaplanmasının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 8.256' de görüldüğü gibi, NM' ye kıyasla KM' nin cidar sıcaklığı % 5,46 oranında artış göstermiştir. Buna ek olarak, KM' de katkısız termal ölçümler, KM' de %3EHN, %6EHN, %9EHN katkılı termal ölçümlerle karşılaştırıldığında sırasıyla, %2,22, %8,28, %10,80 oranlarında artış gözlemlenmiştir.

9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, dizel bir motorda yanma verimliliğini arttırmak ve egzoz emisyonları azaltmak amacıyla, yanma odası elemanları olan piston ve supapları Cr_2O_3 ile kaplanarak, TBK uygulanmıştır. Ayrıca dört farklı dizel katkı maddesi kullanılarak egzoz emisyon ve performans parametreleri incelenmiştir. Motorların kaplanmadan önce ve sonra egzoz emisyon ve performans değerleri ölçülmüştür. Alınan deneysel veriler, YSA'ya giriş olarak verilerek YSA'nın tüm devirler için tahmini değerler üretmesi sağlanmıştır. YSA' da oluşturulan Matematiksel model yardımıyla kullanıcıların 1800 ile 3000 dev/dk arasındaki istenilen devir için NM ve KM emisyon ve performans parametrelerinin sonuçlarının tahmin edilmesi sağlanmıştır ve regresyon değerleri ve hata oranları kontrol edilerek, tahmin edilen değerlerin güvenilirliği analiz edilmiştir.

B, DBM ve DEGDE katkı maddeleri, CO emisyonunda azalmaya, EHN katkı maddesi ise CO emisyonunda artışa sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de CO emisyonları düşüş göstermiştir. YSA, CO emisyonlarını; B katkı maddesi için %9,23 - %0,01, DBM katkısı için %9,19 - %0,01, DEGDE katkısı için %10,57 - %0,01, EHN katkısı için ise %7,95 - %0,01 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

B, DBM ve DEGDE katkı maddeleri, CO_2 emisyonunda artışa, EHN katkı maddesi ise CO_2 emisyonunda azalmaya sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de CO_2 emisyonları artış göstermiştir. YSA, CO_2 emisyonlarını; B katkı maddesi için %5,98 - %0,02, DBM katkısı için %6,80 - %0,01, DEGDE katkısı için %3,77 - %0,01, EHN katkısı için ise %5,78 - %0,02 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

DBM ve DEGDE katkı maddeleri, HC emisyonunda azalmaya, B ve EHN katkı maddeleri ise HC emisyonunda artışa sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de HC emisyonları düşüş göstermiştir. YSA, HC emisyonlarını; B katkı maddesi için %7,40 - %0,03, DBM katkısı için %10,49 - %0,03, DEGDE katkısı için %10,71 - %0,001, EHN katkısı için ise %10,44 - %0,01 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

DBM ve DEGDE katkı maddeleri, NO_x emisyonunda artışa, B ve EHN katkı maddeleri ise NO_x emisyonunda azalmaya sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de NO_x emisyonları artış göstermiştir. YSA, NO_x emisyonlarını; B katkı

maddesi için %3,20 - %0,008, DBM katkısı için %2,33 - %0,01, DEGDE katkısı için %2,99 - %0,002, EHN katkısı için ise %3,92 - %0,002 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

B, DBM, DEGDE, EHN katkı maddeleri, duman yoğunluğunda azalmaya sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de duman emisyonları düşüş göstermiştir. YSA, duman emisyonlarını; B katkı maddesi için %5,98 - %0,02, DBM katkısı için %6,80 - %0,01, DEGDE katkısı için %7,64 - %0,002, EHN katkısı için ise %9,99 - %0,002 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

EHN ve DEGDE katkı maddeleri, EGS değerlerinde artışa, B ve DBM katkı maddeleri ise EGS değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de EGS değerleri artış göstermiştir. YSA, EGS değerlerini; B katkı maddesi için %9,76 - %0,004, DBM katkısı için %9,76 - %0,02, DEGDE katkısı için %9,76 - %0,03, EHN katkısı için ise %9,76 - %0,03 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

B, DBM ve DEGDE katkı maddeleri, ÖYT değerlerinde artışa, EHN katkı maddesi ise ÖYT değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de ÖYT değerleri düşüş göstermiştir. YSA, ÖYT değerlerini; B katkı maddesi için %6,68 - %0,02, DBM katkısı için %3,34 - %0,03, DEGDE katkısı için %4,25 - %0,02, EHN katkısı için ise %3,45 - %0,02 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

DBM ve DEGDE katkı maddeleri, titreşim değerlerinde azalmaya, B ve EHN katkı maddeleri ise titreşim değerlerinde artışa sebep olmuştur. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de titreşim değerleri artış göstermiştir. YSA, titreşim değerlerini; B katkı maddesi için %8,64 - %0,01, DBM katkısı için %10,02 - %0,04, DEGDE katkısı için %8,95 - %0,02, EHN katkısı için ise %8,83 - %0,07 hata oranları aralığında tahmin etmiştir.

Termal görüntüler yardımı ile EHN ve DEGDE katkı maddelerinin, motor dış cidar sıcaklığında artışına sebep olduğu, B ve DBM katkı maddeleri ise motor dış cidar sıcaklığında azalmaya sebep olduğu görülmüştür. Bütün katkı maddeleri için NM' ye kıyasla KM' de motor dış cidar sıcaklığı artış göstermiştir.

10. ÖNERİLER

İçten yanmalı motorlar üzerinde yapılan değişiklikler ile motor performansını yükseltme, tüketilen yakıttan elde edilen enerjinin daha verimli kullanılması ve egzoz emisyon seviyelerinde düşüş hedeflenmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda içten yanmalı motorlarda TBK yöntemiyle emisyon ve performans değerlerinde iyileşmeler sağlanmıştır. Ayrıca dizel yakıtına katkı maddesi olarak karıştırılan maddelerle, performans parametrelerinde çok fazla düşüş olmaksızın, emisyon değerleri düşürülmüştür. YSA tasarımı yapılarak, hazırlanan matematiksel modellerle 2 farklı motorda ve katkılı yakıtlar kullanılarak istenen devirlerdeki tahmini emisyon ve performans değerleri elde edilmiştir.

Bu çalışmaya belirtilmek istenen diğer öneriler şu şekildedir;

- İçten yanmalı motorların; güç, tork, silindir içi basınç gibi diğer performans parametreleri YSA kullanılarak istenilen motor devirlerindeki sonuçlarının tahminleri yapılarak motorların matematiksel modelleri oluşturulabilir.
- İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıtlar yada çeşitli katkı maddeli kullanılarak motorların emisyon, ÖYT ve EGS değerleri YSA ile istenilen devirler için tahmin ettirilerek matematiksel modelleri oluşturulabilir.
- TBK uygulaması için farklı seramik malzemelerin kullanımı sağlanarak yanma odası elemanlarından piston ve supaplara ek olarak silindir gömleği ve silindir üst kapağı seramik malzemeler ile kaplanabilir.
- TBK uygulaması için seçilen kaplama yöntemi, kullanılacak alternatif malzemelerin özelliklerine göre farklılık gösterebilir.
- YSA metodu kullanılarak, farklı alanlarda motorlu taşıtların kontrol sistemlerinde ve otonom araçların, çeşitli durumlarda verdiği reaksiyonların modellenmesinde kullanılabilir.
- YSA metodu ile içten yanmalı motorlardaki çeşitli parçaların aşınma, yorulma, korozyon gibi ölçümleri, uzun deneysel ölçümler yapılmadan tahmini gerçekleştirilebilir.
- Kullanılan deney motor tipi ve yapısı değişkenlik gösterilebilir, 4 veya 6 silindirli, dizel, benzinli ya da LPG' li motorlarda YSA ile matematiksel model oluşturularak, çeşitli parametrelerin tahmini gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] E. Yılmaz, H. Solmaz, S. Polat, and M. Altın, “Üç-FazlıDizelEmülsiyon Yakıtlarının Motor Performansı Ve EgzozEmisyonlarınEtkisi Effect of the Three-Phase Diesel Emulsion Fuels on Engine Performance and Exhaust Emissions,” *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ. Cilt*, vol. 28, no. 1, pp. 127–134, 2013.
- [2] I. Yakup and I. O. Hüseyi, “Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Resirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi,” *Turkish J. Eng. Env. Sci*, vol. 26, pp. 127–135, 2002.
- [3] B. H. makaleye atıf yapmak için Gürbüz, A. İh, İ. Yanmalı Motorlarda, H. Gürbüz, İ. Hakkı AKÇAY, and A. Öz, “www.teknolojikarastirmalar.com İçten Yanmalı Motorlarda Çalışma Nokta Kontrol Metodu ile Yanma Kontrolü,” *Electron. J. Veh. Technol. Taşıt Teknol. Elektron. Derg. Electron. J. Veh. Technol.*, vol. 11, no. 122, pp. 31–4931, 2009.
- [4] H. Hazar and U. Öztürk, “Bir Dizel Motorda Al₂O₃-TiO₂ Kaplanmış Piston ve Supapların Yüzey Mikroyapılarının İncelenmesi Investigation of Surfaces Microstructure of Al₂O₃-TiO₂ Coated Piston and Valvet In A Diesel Engine,” vol. 2009, no. 1, pp. 11–16, 2009.
- [5] C. S. Richard, J. Lu, G. B, and F. Decornps, “Study of Cr₂O₃ Coatings Part II : Adhesion to a Cast-Iron Substrate,” vol. 4, no. 1505, pp. 347–352, 1995.
- [6] M. BAYIK and M. B. ÇELİK, “Dizel Yakıtına İzobütanol İlavesinin Performans ve Emisyonlara Etkisi The Effect of Add of Isobutanol to Diesel Fuel on Performance and Exhaust Emissions,” *Electron. J. Veh. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 25–36, 2012.
- [7] X. Shi *et al.*, “Emission reduction potential of using ethanol-biodiesel-diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine,” *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 14, pp. 2567–2574, 2006.
- [8] A. Belirlenmesi and M. Güngör, “Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir,” *İMO Tek. Dergi*, no. 219, pp. 3267–3282, 2004.
- [9] K. Atik, N. Kahraman, and B. A. Ceper, “Prediction of Performance and Emission Parameters of An Si Engine by Using Artificial Neural Networks,” *Isi Bilim. Ve Tek. Dergisi-Journal Therm. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 2, pp. 57–64, 2013.
- [10] H. Xu and J. Wu, *Thermal Barrier Coatings*. 2011.

- [11] S. Ahmaniemi, P. Vuoristo, and T. Mäntylä, “Mechanical and elastic properties of modified thick thermal barrier coatings,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 366, no. 1, pp. 175–182, 2004.
- [12] R. Bolot, G. Antou, G. Montavon, and C. Coddet, “A two-dimensional heat transfer model for thermal barrier coating average thermal conductivity computation,” *Numer. Heat Transf. Part A Appl.*, vol. 47, no. 9, pp. 875–898, 2005.
- [13] C. Leyens, U. Schulz, B. A. Pint, and I. G. Wright, “Influence of electron beam physical vapor deposited thermal barrier coating microstructure on thermal barrier coating system performance under cyclic oxidation conditions,” in *Surface and Coatings Technology*, 1999, vol. 120–121, pp. 68–76.
- [14] H. B. Guo, R. Vaßen, and D. Stöver, “Atmospheric plasma sprayed thick thermal barrier coatings with high segmentation crack density,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 186, no. 3, pp. 353–363, 2004.
- [15] K. G. Schmitt-Thomas, H. Haindl, and D. Fu, “Modifications of thermal barrier coatings (TBCs),” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 94–95, no. 97, pp. 149–154, 1997.
- [16] S. Bose, *High Temperature Coatings*. 2007.
- [17] U. Schulz *et al.*, “Some recent trends in research and technology of advanced thermal barrier coatings,” *Aerosp. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–80, 2003.
- [18] R. C. Reed, *The Superalloys fundamentals and applications*, vol. 9780521859. 2006.
- [19] M. Gell *et al.*, “Thermal barrier coatings made by the solution precursor plasma spray process,” *J. Therm. Spray Technol.*, vol. 17, no. 1, pp. 124–135, 2008.
- [20] S. Barnwal and B. C. Bissa, “Thermal Barrier Coating System and Different Processes to apply them-A Review,” *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol. (An ISO Certif. Organ.)*, vol. 3297, no. 9, pp. 8506–8512, 2007.
- [21] M. Oksa, E. Turunen, T. Suhonen, T. Varis, and S.-P. Hannula, “Optimization and Characterization of High Velocity Oxy-fuel Sprayed Coatings: Techniques, Materials, and Applications,” *Coatings*, vol. 1, no. 2, pp. 17–52, 2011.
- [22] H. Herman and N. R. Shankar, “Survivability of Thermal Barrier Coatings,” *Mater. Sci. Eng.*, vol. 88, pp. 69–74, 1987.
- [23] “Plazma Kaplama Uygulamaları - Metser Kaplama » Plazma - Hvof - Tel Flame - Ark Sprey Kaplama.” [Online]. Available: <http://metserkaplama.com/plazma-kaplama-uygulamalari/>. [Accessed: 20-Dec-2017].
- [24] A. Portinha *et al.*, “Characterization of thermal barrier coatings with a gradient in

- porosity,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 195, no. 2–3, pp. 245–251, 2005.
- [25] J. Stokes, “The the oryand application of the HVOF thermal spray process,” Dublin City University, 2003.
- [26] R. . Tucker, *ASM Handbook*, 5th ed. ASM International Handbook Committee, 1994.
- [27] .:“Yüzey Teknolojileri ve Mühendisliği Kulübü:..” [Online]. Available: <http://www.ytmk.sakarya.edu.tr/yuzey.html>. [Accessed: 20-Dec-2017].
- [28] L. Pawlowski, *The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings Second Edition*. 2008.
- [29] T. Klassen *et al.*, “Basic principles and application potentials of cold gas spraying,” *Materwiss. Werksttech.*, vol. 41, no. 7, pp. 575–584, 2010.
- [30] N. Yamaguchi, K. Wada, K. Kimura, and H. Matsubara, “Microstructure Modification of Yttria-Stabilized Zirconia Layers Prepared by EB-□PVD,” *J. Ceram. Soc. Japan*, vol. 111, no. 12, pp. 883–889, 2003.
- [31] C. R. C. Lima and J. M. Guilemany, “Adhesion improvements of Thermal Barrier Coatings with HVOF thermally sprayed bond coats,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 201, no. 8, pp. 4694–4701, 2007.
- [32] “Chromium processing | Britannica.com.” [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/chromium-processing#ref81982>. [Accessed: 05-Jan-2018].
- [33] “Chrome Oxide.” [Online]. Available: https://digitalfire.com/4sight/material/chrome_oxide_218.html. [Accessed: 05-Jan-2018].
- [34] Z. Dong, W. Chen, W. Zheng, and D. Guzonas, “Corrosion behavior of chromium oxide based ceramics in supercritical water (SCW) environments,” *Corros. Sci.*, vol. 65, pp. 461–471, Dec. 2012.
- [35] P. Hones, M. Diserens, and F. Lévy, “Characterization of sputter-deposited chromium oxide thin films,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 120121, pp. 277–283, 1999.
- [36] B. Bhushan, G. S. A. M. Theunissen, and X. D. Li, “Tribological studies of chromium oxide films for magnetic recording applications,” *Thin Solid Films*, vol. 311, no. 1–2, pp. 67–80, 1997.
- [37] F. James, E. J. F. Shackelford, and W. Alexander, *Materials Science Engineering Hand Book*. Boca Raton London New York Washington, D.C: CRC Press LLC, 2001.
- [38] “YÜZEY HAZIRLIKLARI ve BUNLARIN ETKİLERİ,” *OERLIKON Yayını*, 1993.

- [Online]. Available:
http://www.oerlikon.com.tr/files/yuzey_dolgusu_kaynak_yontemleri_ve_surecleri-2.pdf.
- [39] “WORLDWIDE FUEL CHARTER SEPTEMBER 2006,” 2006.
- [40] Technical Committee of Petroleum Additive Manufacturers in Europe, “Lubricant Additives and the Environment,” *Atc*, vol. 49, no. December, 2007.
- [41] John B Heywood, “Internal Combustion Engine Fundamentals,” *McGraw Hill Int. Ed.*, vol. 5, pp. 491–566, 1988.
- [42] A. Birgel *et al.*, “Investigations on Deposit Formation in the Holes of Diesel Injector Nozzles,” *SAE Int. J. Fuels Lubr.*, vol. 5, no. 1, pp. 123–131, 2011.
- [43] J. Hancsok, “Investigation of fuel components produced by the isomerization of bio-paraffin mixture,” *Hungarian J. Ind. Chem.*, vol. 39, no. 1, pp. 121–126, 2011.
- [44] “Cold Flow Improvers/WASA | Cestoil Chemical Inc.” [Online]. Available: <https://www.cestoil.com/cold-flow-improvers-wasa>. [Accessed: 12-Jan-2018].
- [45] M. D. Warholic, H. Massah, and T. J. Hanratty, “Influence of drag-reducing polymers on turbulence: effects of Reynolds number, concentration and mixing,” *Exp. Fluids*, vol. 27, no. 5, pp. 461–472, 1999.
- [46] J. T. Leonard, “Static electricity in hydrocarbon liquids and fuels,” *J. Electrostat.*, vol. 10, no. C, pp. 17–30, 1981.
- [47] “Literature and Multimedia.” [Online]. Available:
<https://www.celanese.com/intermediate-chemistry/products/Dibutyl-Maleate-DBM/media-literature.aspx>. [Accessed: 13-Jan-2018].
- [48] “Dibutyl maleate CAS 105-76-0 | 818688.” [Online]. Available:
http://www.merckmillipore.com/TR/tr/product/Dibutyl-maleate,MDA_CHEM-818688. [Accessed: 13-Jan-2018].
- [49] S. Singh, A. Kumar, S. K. Mahla, and G. S. Batth, “Experimental Study on Emission Analysis of Oxygenated Fuels Dimethyl Carbonate (Dmc) and Dibutyl Maleate (Dbm) in a Ci Engine,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 02, no. 10, pp. 158–162, 2013.
- [50] “Glycols.” [Online]. Available:
http://www.huntsman.com/performance_products/a/Products/Glycols. [Accessed: 15-Jan-2018].
- [51] Bertoli; C. *et al.*, “Running light-duty DI diesel engines with wood pyrolysis oil,” *Soc. Automot. Eng. Inc. SAE*, no. 724, 2000.

- [52] T. C. Zannis, D. T. Hountalas, and D. A. Kouremenos, "Experimental Investigation to Specify the Effect of Oxygenated Additive Content and Type on DI Diesel Engine Performance and Emissions," *SAE Tech. Pap.*, no. 724, pp. 97–2004, 2004.
- [53] "2-Ethylhexyl nitrate supplier | CasNO.27247-96-7." [Online]. Available: <http://www.lookchem.com/2-Ethylhexyl-nitrate/>. [Accessed: 20-Jan-2018].
- [54] A. M. Ickes, S. V Bohac, and D. N. Assanis, "Effect of 2-ethylhexyl nitrate cetane improver on NOx emissions from premixed low- temperature diesel combustion," *Energy and Fuels*, vol. 23, no. 10, pp. 4943–4948, 2009.
- [55] S. R. Tieszen, D. W. Stamps, C. K. Westbrook, and W. J. Pitz, "Gaseous hydrocarbonair detonations," *Combust. Flame*, vol. 84, no. 3–4, pp. 376–390, Apr. 1991.
- [56] PubChem Compound Database, "1-butanol," *National Center for Biotechnology Information*. [Online]. Available: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1-butanol#section=Top>. [Accessed: 23-Jan-2018].
- [57] M. B. Celik and A. Colak, "The use of pure ethanol as alternative fuel in a spark ignition engine," *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.*, vol. 23, no. 3, pp. 619–626, 2008.
- [58] T. Efendigil, S. Önüt, and C. Kahraman, "A decision support system for demand forecasting with artificial neural networks and neuro-fuzzy models: A comparative analysis," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 3 PART 2, pp. 6697–6707, 2009.
- [59] P. TAHMİN EDİLMESİ Süleyman NEŞELİ *et al.*, "PREDICTION OF SURFACE ROUGHNESS ON TURNING WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK," *J. Eng. Archit. Fac. Eskişehir Osmangazi Univ.*, vol. 311, no. 3, 2009.
- [60] W. S. McCulloch and W. Pitts, "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity," *Bull. Math. Biophys.*, vol. 5, no. 4, pp. 115–133, 1943.
- [61] S. Haykin, "Neural networks-A comprehensive foundation," *New York: IEEE Press. Herrmann, M., Bauer, H.-U., & Der, R*, vol. psychology. pp. pp107-116, 1994.
- [62] "Sinir Sisteminin Yapısı ve İşlevleri | /dev/null Web Günlüğü." [Online]. Available: <http://www.ibrahimbayraktar.net/2013/11/sinir-sisteminin-yaps-ve-islevleri.html>. [Accessed: 23-Jan-2018].
- [63] E. Öztemel, *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2006.
- [64] Ç. ELMAS, *Yapay Zeka Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2011.
- [65] "Yapay Sinir Ağlarının Katmanları ve Sınıflandırılması #3 | Yapay Zekâ Portalı." [Online]. Available: <https://yapayzeka.ai/yapay-sinir-aglarinin-katmanlari-ve->

siniflandırılması-3/. [Accessed: 24-Jan-2018].

- [66] Y. Ozbay and B. Karlik, "A Recognition of ECG Arrhythmias Using Artificial Neural Networks," *2001 Proc. 23rd Annu. EMBS Int. Conf. Oct. 25-28, Istanbul*, vol. 2, pp. 1680–1683, 2001.
- [67] İ. TÜRKOĞLU and A. ARSLAN, "YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BOZUK ÖRÜNTÜ TANIMA," *F.Ü. Fen ve Müh. Bilim. Derg.*, vol. 8, no. 1, pp. 147–158, 1996.
- [68] Q. He, "Neural Network and Its Application in IR," pp. 1–31, 1999.
- [69] C. Sevim, *ÖNCÜ GÖSTERGELER YAKLAŞIMINA GÖRE FİNANSAL KRİZLER VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ*. Ankara: BDDK Aroks Dijital Doküman Merkezi, 2012.
- [70] H. BUDAK and S. ERPOLAT, "Kredi Riski Tahmininde Yapay Sinir Ağları ve Lojistik Regresyon Analizi Karşılaştırılması," *AJIT-e Online Acad. J. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 9, pp. 19–42, 2012.
- [71] R. Prasad and V. R. Bella, "A Review on Diesel Soot Emission, its Effect and Control," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 5, no. 2, 2011.
- [72] C. W. Wu, R. H. Chen, J. Y. Pu, and T. H. Lin, "The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels," in *Atmospheric Environment*, 2004, vol. 38, no. 40 SPEC.ISS., pp. 7093–7100.
- [73] D. DeMers and G. Walters, "Guide to Exhaust Emission Control Options," in *Series for the CIMAC Committee*, 1999.
- [74] J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, vol. 21. 1988.
- [75] A. Diler, "Şehir İçi Toplu Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslerde Doğal Gaz Kullanımının Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri," İstanbul Teknik Üniversitesi, 2006.
- [76] S. Machado Corrêa and G. Arbilla, "Carbonyl emissions in diesel and biodiesel exhaust," *Atmos. Environ.*, vol. 42, no. 4, pp. 769–775, 2008.
- [77] H. Yamada *et al.*, "Detailed analysis of diesel vehicle exhaust emissions: Nitrogen oxides, hydrocarbons and particulate size distributions," *Proc. Combust. Inst.*, vol. 33, no. 2, pp. 2895–2902, 2011.
- [78] M. Zheng, M. C. Mulenga, G. T. Reader, M. Wang, D. S. K. Ting, and J. Tjong, "Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion," *Fuel*, vol. 87, no. 6, pp. 714–722, 2008.

- [79] F. Payri, V. R. Bermúdez, B. Tormos, and W. G. Linares, “Hydrocarbon emissions speciation in diesel and biodiesel exhausts,” *Atmos. Environ.*, vol. 43, no. 6, pp. 1273–1279, 2009.
- [80] H. C. Dhariwal, “Control of blowby emissions and lubricating oil consumption in I.C. engines,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 38, no. 10–13, pp. 1267–1274, 1997.
- [81] D. Diaz-Sanchez, “The role of diesel exhaust particles and their associated polyaromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease,” *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 52, no. SUPPL. 38, pp. 52–56, 1997.
- [82] T. Lee, J. Park, S. Kwon, J. Lee, and 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.*, vol. 461–462, pp. 377–385, 2013.
- [83] G. Merker, C. Schwarz, G. Stiesch, and F. Otto, *Simulating Combustion: Simulation of combustion and pollutant formation for engine-development*, no. 1. 2014.
- [84] B. Frank, M. E. Schuster, R. Schlögl, and D. S. Su, “Emission of highly activated soot particulate - The other side of the coin with modern diesel engines,” *Angewandte Chemie - International Edition*, vol. 52, no. 10. pp. 2673–2677, 2013.
- [85] N. Englert, “Fine particles and human health - A review of epidemiological studies,” in *Toxicology Letters*, 2004, vol. 149, no. 1–3, pp. 235–242.
- [86] “Introduction to Mechanical Vibrations.” [Online]. Available: <http://www.newagepublishers.com/samplechapter/001413.pdf>. [Accessed: 30-Jan-2018].
- [87] C. M. Harris, *Shock and Vibration Handbook, 2nd ed.*, Fifth Edit., vol. 45, no. 7. New York: McGRAW-HILL, 1977.
- [88] G. Bolelli, V. Cannillo, L. Lusvarghi, and T. Manfredini, “Wear behaviour of thermally sprayed ceramic oxide coatings,” *Wear*, vol. 261, no. 11–12, pp. 1298–1315, 2006.
- [89] I. T. Yilmaz, M. Gumus, and M. Akcay, “Thermal barrier coatings for diesel engines,” *Int. Sci. Conf.*, pp. 19–20, 2010.
- [90] V. Garud *et al.*, “Performance and Combustion Characteristics of Thermal Barrier Coated (YSZ) Low Heat Rejection Diesel Engine,” *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 2, pp. 188–194, 2017.
- [91] I. Taymaz, “The effect of thermal barrier coatings on diesel engine performance,”

- Surf. Coatings Technol.*, vol. 201, no. 9–11 SPEC. ISS., pp. 5249–5252, 2007.
- [92] L. A. Raman, S. Rajakumar, and L. Paradeshi, “Effect of Thermal Barrier Coating on Performance and Emission Characteristics,” *Int. J. Adv. Eng. Technol.*, vol. VII, no. I, pp. 5–7, 2016.
- [93] H. HAZAR and C. ÖNER, “CrN Kaplamanın Dizel Motor Silindir Gömleği Aşınmasına Etkisi,” *Mühendis ve Makine*, vol. 48, no. 575, pp. 14–18, 2007.
- [94] P. Ramaswamy, S. Seetharamu, K. B. R. Varma, N. Raman, and K. J. Rao, “Thermomechanical fatigue characterization of zirconia (8%Y₂O₃- ZrO₂) and mullite thermal barrier coatings on diesel engine components: effect of coatings on engine performance,” *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 214, no. 5, pp. 729–742, 2000.
- [95] R. Kamo, D. Assanis, and W. Bryzik, “Thin Thermal Barrier Coatings for Engines,” *SAE Tech. Pap.*, 1989.
- [96] A. Uzun, I. Çevik, and M. Akçıl, “Effects of thermal barrier coating on a turbocharged diesel engine performance,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 116–119, pp. 505–507, 1999.
- [97] H. Gurbuz and H. Gokkaya, “An experimental study on the effects of the thermal barrier plating over engine fuel consumption exhaust temperature and emissions,” *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 15–19, 2014.
- [98] X. Wang, C. S. Cheung, Y. Di, and Z. Huang, “Diesel engine gaseous and particle emissions fueled with diesel-oxygenate blends,” *Fuel*, vol. 94, pp. 317–323, 2012.
- [99] A. O. Emiroğlu and M. Şen, “Combustion, performance and emission characteristics of various alcohol blends in a single cylinder diesel engine,” *Fuel*, vol. 212, no. June 2017, pp. 34–40, 2018.
- [100] G. Tüccar, T. Özgür, and K. Aydın, “Effect of diesel-microalgae biodiesel-butanol blends on performance and emissions of diesel engine,” *Fuel*, vol. 132, no. 2014, pp. 47–52, 2014.
- [101] B. Higgins, D. Siebers, C. Mueller, and A. Aradi, “Effects of an ignition-enhancing, diesel-fuel additive on diesel-spray evaporation, mixing, ignition, and combustion,” *Symp. Combust.*, vol. 27, no. 2, pp. 1873–1880, 1998.
- [102] D. C. Rakopoulos, C. D. Rakopoulos, E. G. Giakoumis, and A. M. Dimaratos, “Characteristics of performance and emissions in high-speed direct injection diesel engine fueled with diethyl ether/diesel fuel blends,” *Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 214–224, 2012.

- [103] O. Doğan, “The influence of n-butanol/diesel fuel blends utilization on a small diesel engine performance and emissions,” *Fuel*, vol. 90, no. 7, pp. 2467–2472, 2011.
- [104] B. Çirak, “Yapay Sinir Ağları Kullanarak Dizel Motorlarda Termal Bariyer Kaplamanın Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi Neural Networks Using The Investigation Of The Effects Of Thermal Barrier Coating In Diesel Engines Abstract,” vol. 1, pp. 24–35, 2012.
- [105] T. F. Yusaf, D. R. Buttsworth, K. H. Saleh, and B. F. Yousif, “CNG-diesel engine performance and exhaust emission analysis with the aid of artificial neural network,” *Appl. Energy*, vol. 87, no. 5, pp. 1661–1669, 2010.
- [106] İ. Sugözü, F. Aksoy, and Ş. Ayhan BAYDIR, “Bir Dizel Motorunda Ayçiçeği Metil Esteri Kullanımının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi The Effects On Engine Performance And Emissions Usage Of The Sunflower Methyl Ester At A Diesel Engine,” *Electron. J. Mach. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 49–56, 2009.
- [107] E. İleri, “Experimental study of 2-ethylhexyl nitrate effects on engine performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with n-butanol or 1-pentanol diesel-sunflower oil blends,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 118, pp. 320–330, 2016.
- [108] F. KELEN, “Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri,” *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 19, no. 1–2, p. 230, 1913.
- [109] C. Y. Lin and H. A. Lin, “Diesel engine performance and emission characteristics of biodiesel produced by the peroxidation process,” *Fuel*, vol. 85, no. 3, pp. 298–305, 2006.
- [110] S. S. Gill, A. Tsolakis, J. M. Herreros, and A. P. E. York, “Diesel emissions improvements through the use of biodiesel or oxygenated blending components,” *Fuel*, vol. 95, pp. 578–586, 2012.
- [111] S. H. Chan and K. A. Khor, “Effect of thermal barrier coated piston crown on engine characteristics,” *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 9, no. 1, pp. 103–109, 2000.
- [112] M. P. Sudeshkumar, A. A. George, S. Vasanthanathan, and N. Krishnamoorthy, “EXPERIMENTAL STUDY OF PERFORMANCE PARAMETERS AND ENGINE OUT EMISSIONS OF OXYGENATED BLENDS IN A DIRECT INJECTION CI ENGINE,” *Int. J. Adv. Mech. Civ. Eng.*, no. 23, pp. 2394–2827, 2015.
- [113] Y. Ren *et al.*, “Combustion and emissions of a DI diesel engine fuelled with diesel-oxygenate blends,” *Fuel*, vol. 87, no. 12, pp. 2691–2697, 2008.

- [114] Y. Di, C. S. Cheung, and Z. Huang, "Experimental investigation of particulate emissions from a diesel engine fueled with ultralow-sulfur diesel fuel blended with diglyme," *Atmos. Environ.*, vol. 44, pp. 55–63.
- [115] P. Baskar, K. Nanthagopal, and T. Elango, "The effect of two oxygenates on diesel engine emissions," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 55–60, 2011.
- [116] H. K. Imdadul *et al.*, "Evaluation of oxygenated n-butanol-biodiesel blends along with ethyl hexyl nitrate as cetane improver on diesel engine attributes," *J. Clean. Prod.*, vol. 141, pp. 928–939, 2017.
- [117] I. M. Rizwanul Fattah, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, M. Mofijur, and M. J. Abedin, "Effect of antioxidant on the performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm biodiesel blends," *Energy Convers. Manag.*, vol. 79, pp. 265–272, 2014.
- [118] H. Hazar, S. Şap, and E. Şap, "Bir dizel motorda dışı plazma sprey yöntemiyle Cr 3 C 2 kaplanmış egzoz borusunun incelenmesi Investigation of Cr 3 C 2 coated exhaust pipe using a diesel engine exposed plasma spray method," vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2017.
- [119] S. P. Jena, S. K. Acharya, H. C. Das, P. P. Patnaik, and S. Bajpai, "Investigation of the effect of FeCl 3 on combustion and emission of diesel engine with thermal barrier coating," *Sustain. Environ. Res.*, pp. 1–7, 2017.
- [120] R. Li, Z. Wang, P. Ni, Y. Zhao, M. Li, and L. Li, "Effects of cetane number improvers on the performance of diesel engine fuelled with methanol/biodiesel blend," *Fuel*, vol. 128, pp. 180–187, 2014.
- [121] A. Atmanlı, E. İleri, and 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.*, vol. 81, pp. 312–321, 2014.
- [122] B. Challen and R. Baranescu, *Diesel Engine Reference Book*. 1999.
- [123] H. Hazar, "Investigation of the effects of tripropylene glycol addition to diesel fuel on combustion and exhaust emissions at an isolated diesel engine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 142, pp. 62–68, 2017.
- [124] H. K. Imdadul *et al.*, "Influences of ignition improver additive on ternary (diesel-biodiesel-higher alcohol) blends thermal stability and diesel engine performance," *Energy Convers. Manag.*, vol. 123, pp. 252–264, 2016.
- [125] D. C. Rakopoulos, C. D. Rakopoulos, D. T. Hountalas, E. C. Kakaras, E. G.

- Giakoumis, and R. G. Papagiannakis, "Investigation of the performance and emissions of bus engine operating on butanol/diesel fuel blends," *Fuel*, vol. 89, no. 10, pp. 2781–2790, Oct. 2010.
- [126] D. C. Rakopoulos, C. D. Rakopoulos, E. G. Giakoumis, A. M. Dimaratos, and D. C. Kyritsis, "Effects of butanol-diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed di diesel engine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 51, no. 10, pp. 1989–1997, 2010.
- [127] S. H. Chan and K. A. Khor, "Effect of thermal barrier coated piston crown on engine characteristics," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 9, no. 1, pp. 103–109, Feb. 2000.
- [128] T. C. Zannis and D. T. Hountalas, "DI diesel engine performance and emissions from the oxygen enrichment of fuels with various aromatic content," *Energy and Fuels*, vol. 18, no. 3, pp. 659–666, 2004.
- [129] T. L. Ullman, K. B. Spreen, and R. L. Mason, "Effects of Cetane Number on Emissions From a Prototype 1998 Heavy-Duty Diesel Engine," in *SAE Transactions*, 1995, vol. 104, pp. 238–254.
- [130] H. K. Imdadul *et al.*, "Quality improvement of biodiesel blends using different promising fuel additives to reduce fuel consumption and NO emission from CI engine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 138, pp. 327–337, 2017.
- [131] G. Labeckas, S. Slavinskas, and I. Kanapkienė, "The individual effects of cetane number, oxygen content or fuel properties on performance efficiency, exhaust smoke and emissions of a turbocharged CRDI diesel engine – Part 2," *Energy Convers. Manag.*, vol. 149, pp. 442–466, 2017.
- [132] S. Karthikayan, S. Ganesan, P. Vasanthakumar, G. Sankaranarayanan, and M. Dinakar, "Innovative Research Trends in the Application of Thermal Barrier Metal Coating in Internal Combustion Engines," *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 9004–9012, 2017.
- [133] C. Sayin, M. Ilhan, M. Canakci, and M. Gumus, "Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel-methanol blends," *Renew. Energy*, vol. 34, no. 5, pp. 1261–1269, 2009.
- [134] H. Hazar, "Investigation of the effects of tripropylene glycol addition to diesel fuel on combustion and exhaust emissions at an isolated diesel engine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 142, pp. 62–68, Jun. 2017.
- [135] J. Song *et al.*, "Effect of Oxygenated Fuel on Combustion and Emissions in a Light-

Duty Turbo Diesel Engine.”

- [136] G. Labeckas, S. Slavinskas, and I. Kanapkienė, “The individual effects of cetane number, oxygen content or fuel properties on the ignition delay, combustion characteristics, and cyclic variation of a turbocharged CRDI diesel engine – Part 1,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 148, pp. 1003–1027, Sep. 2017.
- [137] L. Siwale *et al.*, “Combustion and emission characteristics of n-butanol/diesel fuel blend in a turbo-charged compression ignition engine,” *Fuel*, vol. 107, pp. 409–418, May 2013.
- [138] H. Hazar, “Cotton methyl ester usage in a diesel engine equipped with insulated combustion chamber,” *Appl. Energy*, vol. 87, no. 1, pp. 134–140, Jan. 2010.
- [139] T. P. Oil *et al.*, “Performance & Emission Studies of Diesel Engine Using Blends of Diesel , Fuel consumption VS Brake power,” *IJSRD -International J. Sci. Res. Dev.*, vol. 2, no. 03, pp. 1390–1394, 2014.
- [140] S. Karthikayan, S. Ganesan, P. Vasanthakumar, G. Sankaranarayanan, and M. Dinakar, “Innovative Research Trends in the Application of Thermal Barrier Metal Coating in Internal Combustion Engines,” *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 8, pp. 9004–9012, 2017.
- [141] H. Gurbuz and H. Gokkaya, “An experimental study on the effects of the thermal barrier plating over engine fuel consumption exhaust temperature and emissions,” *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 15–19, 2014.
- [142] H. K. Rashedul, H. H. Masjuki, M. A. Kalam, Y. H. Teoh, H. G. How, and I. M. Rizwanul Fattah, “Effect of antioxidant on the oxidation stability and combustion-performance-emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel-biodiesel blend,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 106, pp. 849–858, Dec. 2015.
- [143] F. Tomaszewski and G. M. Szymański, “Frequency analysis of vibrations of the internal combustion engine components in the diagnosis of engine processes,” *Arch. Transp.*, vol. 24, no. 1, pp. 117–125, Jan. 2012.
- [144] A. Keskin, “The influence of ethanol-gasoline blends on spark ignition engine vibration characteristics and noise emissions,” *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 32, no. 20, pp. 1851–1860, 2010.
- [145] E. Uludamar, E. Tosun, and K. Aydın, “Experimental and regression analysis of noise and vibration of a compression ignition engine fuelled with various biodiesels,” *Fuel*, 2016.

- [146] D. P. Satsangi and N. Tiwari, "Experimental investigation on combustion, noise, vibrations, performance and emissions characteristics of diesel/n-butanol blends driven genset engine," *Fuel*, vol. 221, pp. 44–60, Jun. 2018.



EKLER

EK-1

NM_KM_3DBM_ARAYUZ_TASARIM

%3DİBÜTİL MALEAT KATKILI - EMİSYON VE PERFORMANS PARAMETRELERİ

Motor Devrini Giriniz

1919

BAŞLA

Normal Motor

NOx(ppm)

270.821

CO2(%vol)

2.3893

EGS(°C)

158.995

HC(ppm)

12.9114

CO(%vol)

0.022097

Duman Yoğunluğu(%)

21.3443

OYT(gr/kWh)

315.0193

Titreşim(m/s2)

14.262

Kaplanmış Motor

NOx(ppm)

280.6227

CO2(%vol)

2.4412

EGS(°C)

166.3718

HC(ppm)

11.7395

CO(%vol)

0.018418

Duman Yoğunluğu(%)

18.6275

OYT(gr/kWh)

292.9269

Titreşim(m/s2)

14.9215



NM_KM_3DEGE_ARAYUZ_TASARIM

%3DİETİLEN GLİKOL DİMETİL ETER KATKILI - EMİSYON VE PERFORMANS PARAMETRELERİ

Motor Devrini Giriniz

2841

BAŞLA

Normal Motor

NOx(ppm)	273.6507	CO2(%vol)	2.4588	Duman Yoğunluğu(%)	28.2798	EGS(°C)	321.2137
HC(ppm)	14.2227	CO(%vol)	0.026552	ÖYT(gr/kWh)	333.619	Titreşim(m/s2)	22.4583

Kaplanmış Motor

NOx(ppm)	289.4366	CO2(%vol)	2.46	Duman Yoğunluğu(%)	24.3467	EGS(°C)	346.4661
HC(ppm)	11.5618	CO(%vol)	0.020039	ÖYT(gr/kWh)	325.7316	Titreşim(m/s2)	24.7571



Motor Devrini Giritiniz

1846

BAŞLA

%3ETİLHEKSİL NİTRAT KATKILI - EMİSYON VE PERFORMANS PARAMETRELERİ

Normal Motor

NOx(ppm)

246.1038

CO2(%vol)

2.1677

EGS(oc)

159.44

HC(ppm)

13.6732

CO(%vol)

0.025762

ÖYTI(gr/kWh)

303.9115

Titreşim(m/s2)

15.5936

Duman Yoğunluğu(%)

20.7048

Kaplanmış Motor

NOx(ppm)

256.3139

CO2(%vol)

2.341

EGS(oc)

161.117

HC(ppm)

12.1486

CO(%vol)

0.022538

ÖYTI(gr/kWh)

301.0519

Titreşim(m/s2)

14.1873

Duman Yoğunluğu(%)

16.3527

✕
□
|

Normal Motor

NOx(ppm) 259.121

2.2523

17.7521

EGS(oC) 154.1549

15.0653

0.023009

310.2301

13.8632



Kaplanmış Motor

NOx(ppm) 261.4738

2.3101 CO₂(%vol)

17.2106

—EGS(oC) —
165.552

HC(ppm) 11.0836

0.019729

299.0616

13.8938

Motor Devrini Giriniz

2011

BAŞLA

NOx(ppm)

275.4817

CO2(%vol)

2.6117

EGS(°C)

162.9355

HC(ppm)

10.9337

CO(%vol)

0.020327

Titreşim(m/s2)

14.242

Duman Yoğunluğu(%)

20.5128

OYT(gr/kWh)

310.1478

Normal Motor

NOx(ppm)

290.8512

CO2(%vol)

2.7171

EGS(°C)

178.9993

HC(ppm)

11.1297

CO(%vol)

0.01706

Titreşim(m/s2)

14.9846

Duman Yoğunluğu(%)

17.6354

OYT(gr/kWh)

296.2956

Kaplanmış Motor



NIM_KM_ARAYUZ_TASARIM

KATKISIZ - EMİSYON VE PERFORMANS PARAMETRELERİ

Motor Devrini Giriniz

2718

BAŞLA



Normal Motor

NOx(ppm)	276.7525	CO2(%vol)	2.2879	Duman Yoğunluğu(%)	32.1892	EGS(°C)	284.8722
HC(ppm)	15.272			ÖYT(gr/kWh)	305.2063	Titreşim(m/s2)	21.9277

Kaplanmış Motor

NOx(ppm)	298.1839	CO2(%vol)	2.3925	Duman Yoğunluğu(%)	27.5019	EGS(°C)	322.7343
HC(ppm)	12.0639	CO(%vol)	0.020863	ÖYT(gr/kWh)	297.1483	Titreşim(m/s2)	23.1952

SONUÇ

DENEYLERİNİZ BAŞARI İLE SONUQLANDI!

OK

Motor Devrini Giriniz

2718

BAŞLA

NOx(ppm)

276.7525

CO2(%vol)

2.2879

EGS(°C)

284.8722

HC(ppm)

15.272

CO(%vol)

0.027792

Titreşim(m/s2)

21.9277

Duman Yoğunluğu(%)

32.1892

ÖYT(gr/kWh)

305.2063

Normal Motor

NOx(ppm)

298.1839

CO2(%vol)

2.3925

EGS(°C)

322.7343

HC(ppm)

12.0639

CO(%vol)

0.020863

Titreşim(m/s2)

23.1952

Duman Yoğunluğu(%)

27.5019

ÖYT(gr/kWh)

297.1483

Kaplanmış Motor



EK-2

```
function varargout = NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM(varargin)
% NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM MATLAB code for
NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM.fig
%   NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM, by itself, creates a new
NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM returns the handle to a new
NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%
NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%   function named CALLBACK in NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM.M with the
given input arguments.
%
%   NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM('Property','Value',...) creates a new
NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM_OpeningFcn gets
called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM_OpeningFcn
via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
```

```

% edit18 the above text to modify the response to help
NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM

% Last Modified by GUIDE v2.5 23-Jun-2018 17:15:14

% Begin initialization code - DO NOT EDIT18
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [], ...
    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if narginout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM is made visible.
function NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM

```

```

handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
axes(handles.axes1)
imshow ('resim2.JPG')

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = NM_KM_9EHN_ARRAYUZ_TASARIM_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

str1=findobj(gcf,'Tag','edit6');

```

```

dev=get(str1,'String');
dev_=str2double(dev);
devir_=dev_(1);
if devir_<1800
errordlg('Yanlis Deger. Lütfen 1800-3000 arasında devir giriniz...','Hata!','error')
cancel(t)
elseif devir_>3000
errordlg('Yanlis Deger. Lütfen 1800-3000 arasında devir giriniz...','Hata!','error')
cancel(t)
end

%NM_CO_9ehn için egitilen ağı yükledik
load('ag2nm_co_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_co_9ehn.mat');
load('ps2nm_co_9ehn.mat');
devir2nm_co_9ehn=get(str1,'String');
devir2nm_co_9ehn=str2double(devir2nm_co_9ehn);
devir2nm_co_9ehn=devir2nm_co_9ehn(1);
devir2nm_co_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_co_9ehn,ps2nm_co_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_co_9ehn=sim(net2nm_co_9ehn,devir2nm_co_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_co_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_co_9ehn,ts2nm_co_9ehn);
%CO alanına yazdırdık
set(handles.edit5, 'String',num2str(cik2nm_co_9ehn));

%NM_CO2_9ehn için egitilen ağı yükledik
load('ag2nm_co2_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_co2_9ehn.mat');
load('ps2nm_co2_9ehn.mat');

```

```

devir2nm_co2_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_co2_9ehn_=str2double(devir2nm_co2_9ehn_);
devir2nm_co2_9ehn=devir2nm_co2_9ehn_(1);
devir2nm_co2_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_co2_9ehn,ps2nm_co2_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_co2_9ehn=sim(net2nm_co2_9ehn,devir2nm_co2_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_co2_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_co2_9ehn,ts2nm_co2_9ehn);
%CO2 alanına yazdırdık
set(handles.edit3, 'String',num2str(cik2nm_co2_9ehn));

%NM_HC_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2nm_hc_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_hc_9ehn.mat');
load('ps2nm_hc_9ehn.mat');
devir2nm_hc_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_hc_9ehn_=str2double(devir2nm_hc_9ehn_);
devir2nm_hc_9ehn=devir2nm_hc_9ehn_(1);
devir2nm_hc_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_hc_9ehn,ps2nm_hc_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_hc_9ehn=sim(net2nm_hc_9ehn,devir2nm_hc_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_hc_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_hc_9ehn,ts2nm_hc_9ehn);
%HC alanına yazdırdık
set(handles.edit4, 'String',num2str(cik2nm_hc_9ehn));

%NM_NOX_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2nm_nox_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik

```

```

load('ts2nm_nox_9ehn.mat');
load('ps2nm_nox_9ehn.mat');
devir2nm_nox_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_nox_9ehn_=str2double(devir2nm_nox_9ehn_);
devir2nm_nox_9ehn=devir2nm_nox_9ehn_(1);
devir2nm_nox_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_nox_9ehn,ps2nm_nox_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_nox_9ehn=sim(net2nm_nox_9ehn,devir2nm_nox_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_nox_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_nox_9ehn,ts2nm_nox_9ehn);
%NOX alanına yazdırdık
set(handles.edit2, 'String',num2str(cik2nm_nox_9ehn));

%NM_OYT_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2nm_oyt_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_oyt_9ehn.mat');
load('ps2nm_oyt_9ehn.mat');
devir2nm_oyt_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_oyt_9ehn_=str2double(devir2nm_oyt_9ehn_);
devir2nm_oyt_9ehn=devir2nm_oyt_9ehn_(1);
devir2nm_oyt_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_oyt_9ehn,ps2nm_oyt_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_oyt_9ehn=sim(net2nm_oyt_9ehn,devir2nm_oyt_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_oyt_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_oyt_9ehn,ts2nm_oyt_9ehn);
%OYT alanına yazdırdık
set(handles.edit95, 'String',num2str(cik2nm_oyt_9ehn));

%NM_EGS_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2nm_egs_9ehn.mat');

```

```

%Normalizasyonun ters cevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_egs_9ehn.mat');
load('ps2nm_egs_9ehn.mat');
devir2nm_egs_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_egs_9ehn_=str2double(devir2nm_egs_9ehn_);
devir2nm_egs_9ehn=devir2nm_egs_9ehn_(1);
devir2nm_egs_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_egs_9ehn,ps2nm_egs_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_egs_9ehn=sim(net2nm_egs_9ehn,devir2nm_egs_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_egs_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_egs_9ehn,ts2nm_egs_9ehn);
%EGS alanına yazdırdık
set(handles.edit96, 'String',num2str(cik2nm_egs_9ehn));

%NM_DUMAN_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2nm_duman_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters cevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_duman_9ehn.mat');
load('ps2nm_duman_9ehn.mat');
devir2nm_duman_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_duman_9ehn_=str2double(devir2nm_duman_9ehn_);
devir2nm_duman_9ehn=devir2nm_duman_9ehn_(1);
devir2nm_duman_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_duman_9ehn,ps2nm_duman_9ehn
);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_duman_9ehn=sim(net2nm_duman_9ehn,devir2nm_duman_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_duman_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_duman_9ehn,ts2nm_duman_9ehn);
%EGS alanına yazdırdık
set(handles.edit97, 'String',num2str(cik2nm_duman_9ehn));

```



```

%NM_TİTREŞİM_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2nm_titresim_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2nm_titresim_9ehn.mat');
load('ps2nm_titresim_9ehn.mat');
devir2nm_titresim_9ehn_=get(str1,'String');
devir2nm_titresim_9ehn_=str2double(devir2nm_titresim_9ehn_);
devir2nm_titresim_9ehn=devir2nm_titresim_9ehn_(1);
devir2nm_titresim_9ehn=mapminmax('apply',devir2nm_titresim_9ehn,ps2nm_titresim_9e
hn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2nm_titresim_9ehn=sim(net2nm_titresim_9ehn,devir2nm_titresim_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2nm_titresim_9ehn=mapminmax('reverse',cik2nm_titresim_9ehn,ts2nm_titresim_9ehn)
;
%TİTREŞİM alanına yazdırdık
set(handles.edit101, 'String',num2str(cik2nm_titresim_9ehn));

%km_duman_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2km_duman_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2km_duman_9ehn.mat');
load('ps2km_duman_9ehn.mat');
devir2km_duman_9ehn_=get(str1,'String');
devir2km_duman_9ehn_=str2double(devir2km_duman_9ehn_);
devir2km_duman_9ehn=devir2km_duman_9ehn_(1);
devir2km_duman_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_duman_9ehn,ps2km_duman_9ehn
);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2km_duman_9ehn=sim(net2km_duman_9ehn,devir2km_duman_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik

```

```
cik2km_duman_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_duman_9ehn,ts2km_duman_9ehn);  
%EGS alanına yazdırdık  
set(handles.edit98, 'String',num2str(cik2km_duman_9ehn));
```

```
%km_egs_9ehn için eğitilen ağı yükledik  
load('ag2km_egs_9ehn.mat');  
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik  
load('ts2km_egs_9ehn.mat');  
load('ps2km_egs_9ehn.mat');  
devir2km_egs_9ehn_=get(str1,'String');  
devir2km_egs_9ehn_=str2double(devir2km_egs_9ehn_);  
devir2km_egs_9ehn=devir2km_egs_9ehn_(1);  
devir2km_egs_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_egs_9ehn,ps2km_egs_9ehn);  
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış  
aldık  
cik2km_egs_9ehn=sim(net2km_egs_9ehn,devir2km_egs_9ehn);  
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik  
cik2km_egs_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_egs_9ehn,ts2km_egs_9ehn);  
%EGS alanına yazdırdık  
set(handles.edit94, 'String',num2str(cik2km_egs_9ehn));
```

```
%km_oyt_9ehn için eğitilen ağı yükledik  
load('ag2km_oyt_9ehn.mat');  
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik  
load('ts2km_oyt_9ehn.mat');  
load('ps2km_oyt_9ehn.mat');  
devir2km_oyt_9ehn_=get(str1,'String');  
devir2km_oyt_9ehn_=str2double(devir2km_oyt_9ehn_);  
devir2km_oyt_9ehn=devir2km_oyt_9ehn_(1);  
devir2km_oyt_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_oyt_9ehn,ps2km_oyt_9ehn);  
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış  
aldık  
cik2km_oyt_9ehn=sim(net2km_oyt_9ehn,devir2km_oyt_9ehn);
```

```

%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2km_oyt_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_oyt_9ehn,ts2km_oyt_9ehn);
%OYT alanına yazdırdık
set(handles.edit93, 'String',num2str(cik2km_oyt_9ehn));

%km_nox_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2km_nox_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2km_nox_9ehn.mat');
load('ps2km_nox_9ehn.mat');
devir2km_nox_9ehn_=get(str1,'String');
devir2km_nox_9ehn_=str2double(devir2km_nox_9ehn_);
devir2km_nox_9ehn=devir2km_nox_9ehn_(1);
devir2km_nox_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_nox_9ehn,ps2km_nox_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2km_nox_9ehn=sim(net2km_nox_9ehn,devir2km_nox_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2km_nox_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_nox_9ehn,ts2km_nox_9ehn);
%NOX alanına yazdırdık
set(handles.edit7, 'String',num2str(cik2km_nox_9ehn));

%km_co2_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2km_co2_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2km_co2_9ehn.mat');
load('ps2km_co2_9ehn.mat');
devir2km_co2_9ehn_=get(str1,'String');
devir2km_co2_9ehn_=str2double(devir2km_co2_9ehn_);
devir2km_co2_9ehn=devir2km_co2_9ehn_(1);
devir2km_co2_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_co2_9ehn,ps2km_co2_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık

```

```

cik2km_co2_9ehn=sim(net2km_co2_9ehn,devir2km_co2_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2km_co2_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_co2_9ehn,ts2km_co2_9ehn);
%CO2 alanına yazdırdık
set(handles.edit77, 'String',num2str(cik2km_co2_9ehn));

%km_hc_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2km_hc_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2km_hc_9ehn.mat');
load('ps2km_hc_9ehn.mat');
devir2km_hc_9ehn_=get(str1,'String');
devir2km_hc_9ehn_=str2double(devir2km_hc_9ehn_);
devir2km_hc_9ehn=devir2km_hc_9ehn_(1);
devir2km_hc_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_hc_9ehn,ps2km_hc_9ehn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2km_hc_9ehn=sim(net2km_hc_9ehn,devir2km_hc_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2km_hc_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_hc_9ehn,ts2km_hc_9ehn);
%HC alanına yazdırdık
set(handles.edit9, 'String',num2str(cik2km_hc_9ehn));

%km_co_9ehn için eğitilen ağı yükledik
load('ag2km_co_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2km_co_9ehn.mat');
load('ps2km_co_9ehn.mat');
devir2km_co_9ehn=get(str1,'String');
devir2km_co_9ehn=str2double(devir2km_co_9ehn);
devir2km_co_9ehn=devir2km_co_9ehn(1);
devir2km_co_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_co_9ehn,ps2km_co_9ehn);

```

```

%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2km_co_9ehn=sim(net2km_co_9ehn,devir2km_co_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2km_co_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_co_9ehn,ts2km_co_9ehn);
%CO alanına yazdırdık
set(handles.edit10, 'String',num2str(cik2km_co_9ehn));

%KM_TİTREŞİM_KATKISIZ için eğitilen ağı yükledik
load('ag2km_titresim_9ehn.mat');
%Normalizasyonun ters çevrilebilmesi için gerekli olan ts'yi yükledik
load('ts2km_titresim_9ehn.mat');
load('ps2km_titresim_9ehn.mat');
devir2km_titresim_9ehn_=get(str1,'String');
devir2km_titresim_9ehn_=str2double(devir2km_titresim_9ehn_);
devir2km_titresim_9ehn=devir2km_titresim_9ehn_(1);
devir2km_titresim_9ehn=mapminmax('apply',devir2km_titresim_9ehn,ps2km_titresim_9e
hn);
%NM_KM_9EHN_ARAYUZ_TASARIM alanından girilen sayıyı ağa gönderip çıkış
aldık
cik2km_titresim_9ehn=sim(net2km_titresim_9ehn,devir2km_titresim_9ehn);
%Normalizasyonu ters çevirip gerçek değer elde ettik
cik2km_titresim_9ehn=mapminmax('reverse',cik2km_titresim_9ehn,ts2km_titresim_9ehn)
;
%TİTREŞİM alanına yazdırdık
set(handles.edit102, 'String',num2str(cik2km_titresim_9ehn));

msgbox('DENEYLERİNİZ BAŞARI İLE SONUÇLANDI!','SONUÇ','HATA')

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to edit6 (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.

```

```
function edit6_CreateFcn(hObject, ~, ~)
```

```

% hObject handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: edit18 controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```
function edit11_Callback(~, ~, ~)
```

```

% hObject handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit11 as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit11 as a double

```

```
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
```

```
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```

% hObject handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit10 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit9 as a double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit8 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit8 as a double

```



```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit7 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.

```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function edit54_Callback(hObject, eventdata, handles)  
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB  
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)  
  
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text  
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as a double
```

ÖZGEÇMİŞ

1989 Ankara doğumluyum. İlk ve ortaokul eğitimimi Konya’da tamamladım. Lise eğitimimi Gaziantep’ de, Gaziantep Anadolu Lisesinde tamamladıktan sonra lisans eğitimimi 2015 yılında Çukurova Üniversitesinde bitirerek, Otomotiv Mühendisliği Bölümünden mezun oldum. Yüksek lisans eğitimime 2016 yılında Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği bölümünde başladım. Aynı zamanda araştırma görevlisi olarak Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği bölümünde görevime devam etmekteyim. Evliyim, Elazığ’da ikamet etmekteyim.

