

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BENZİN - TERSİYER BÜTİL ALKOL VE BENZİN – NAFTALİN
KARIŞIMLARININ BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORUN PERFORMANSINA
VE EKSOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSAN STEZİ

Seda AKYAZ

**OCAK 2007
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BENZİN - TERSİYER BÜTİL ALKOL VE BENZİN – NAFTALİN
KARIŞIMLARININ BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORUN PERFORMANSINA
VE EKSOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

Seda AKYAZ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Yüksek Lisans (Makina Mühendisliği)”
Unvanı Verilmesi için Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15/01/2007
Tezin Savunma Tarihi : 31/01/2007**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan DURGUN
Jüri üyesi : Yrd. Doç. Dr. Hakan BAYRAKTAR
Jüri üyesi : Yrd. Doç. Dr. Zehra ŞAHİN**

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2007

ÖNSÖZ

Günümüzde hızlı sanayileşme ve nüfus artışı birçok problemi de beraberinde getirmiştir. Özellikle ortaya çıkan enerji ihtiyacı giderek artmıştır. İnsanoğlu bir yandan teknolojinin nimetlerinden bir yandan yararlanırken diğer yandan çevre dengesi giderek bozulmaktadır. Fosil kökenli yakıtların teknolojinin gelişmesine bağlı olarak aşırı kullanımı sonucu hızla tükenmesi araştırmacıları alternatif yakıt arayışına itmiştir. İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan eksoz gazları çevre kirliliğine sebep olan önemli etkenlerden biridir. Bu nedenlerle araştırılacak alternatif yakıtlardan içten yanmalı motorun performansını fazla düşürmemesi ve eksoz emisyonlarını olumlu yönde etkilemesi istenmektedir.

Sunulan çalışmada benzine eklenen alışılmış katkı maddeleri yerine; naftalin ve tersiyer bütül alkol katılarak motor performansı ve eksoz emisyonları üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Tez çalışmam süresince bana emeği geçen ve gerek bilgisi gerek tecrübesiyle desteğini eksik etmeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Orhan DURGUN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalar boyunca yardımlarından dolayı Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarında görevli olan tekniker sayın Şenol DÜBÜŞ'e ve yakıtların kimyasal analizlerinin yapılmasında katkılarından dolayı Kimya Bölümü, Döner Sermaye Laboratuvarında görevli Uzman sayın Mustafa MURSALLI'ya teşekkür ederim. Eğitimim süresince benimle bilgilerini ve tecrübelerini paylaşan tüm bölüm hocalarıma teşekkür ederim. Her an yanımda olan tüm adımlarımda manevi desteklerini esirgemeyen Makina Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlilerine ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Benim için hayatımda anlamı ve yeri büyük olan bana her zaman inanan ve destekleyen başta sevgili annem ve babam olmak üzere tüm aileme sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Seda AKYAZ

Trabzon 2007

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
TABLolar DİZİNİ	XVIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Motor Yakıtları.....	3
1.2.1. Katı Yakıtlar	4
1.2.2. Sıvı Yakıtlar	4
1.2.3. Gaz Yakıtlar	5
1.3. Motor Yakıtlarının Kimyasal Özellikleri	6
1.3.1. Yakıtın Yoğunluğu.....	6
1.3.2. Yakıtın Elemansel Bileşimi.....	6
1.3.3. Yakıtın Isıl Değeri.....	7
1.3.4. Yakıtın Alevlenme Noktası.....	7
1.3.5. Yakıtın Viskozitesi.....	7
1.3.6. Yüzey Gerilimi.....	7
1.3.7. Yakıtın Donma Noktası.....	8
1.3.8. Yakıtın Kaynama Noktası	8
1.4. Motorlarda Kullanılabilecek Alternatif Yakıtlar	8
1.4.1. Doğal Gaz.....	9
1.4.2. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı	10
1.4.3. Biyogaz	10
1.4.4. Hidrojen.....	11
1.4.5. Bitkisel Yağlar	12
1.4.6. Alkoller	12

1.5.	Buji Ateşlemeli Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Alkollerin Kullanılması	13
1.5.1.	Metanol	13
1.5.2.	Etanol	14
1.5.3.	Tersiyer Bütil Alkol	15
1.5.4.	Metil Tersiyer Bütil Alkol.....	15
2.	DENEYSEL ÇALIŞMA	16
2.1.	Giriş.....	16
2.2.	Deney Düzenegi	16
2.3.	Motor Deneylerinde Ölçülen Büyüklükler ve Değerlendirilmesi	18
2.3.1.	Ortam Koşulları.....	18
2.3.2.	Devir Sayısı.....	18
2.3.3.	Yakıt Debisi	18
2.3.4.	Hava Debisi.....	19
2.3.5.	Moment	20
2.3.6.	CO miktarının Belirlenmesi	20
2.4.	Motor Karakteristiklerinin Hesaplanması	21
2.4.1.	Döndürme Momenti	21
2.4.2.	Efektif Güç	21
2.4.3.	Ortalama Efektif Basıncı.....	22
2.4.4.	Özgül Yakıt Tüketimi	22
2.4.5.	Efektif Verim	23
2.4.6.	Hava Fazlalık Katsayısı.....	23
2.5.	Yakıtların Maliyet Açısından Değerlendirilmesi	25
2.5.1.	Naftalin-Benzin Karışımının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi	27
2.5.2.	Tersiyer Bütil Alkol-Benzin Karışımının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi	28
2.6.	Motor Deneyleri	29
2.7.	Kullanılan Deney Yakıtları ve Özellikleri	31
2.7.1.	Kurşunsuz Benzin	31
2.7.2.	Naftalin.....	33
2.7.3.	Tersiyer Bütil Alkol	34
3.	BULGULAR VE İRDELEME	36
3.1.	Motor Performans Sonuçlarının İrdelenmesi	36

3.1.1. Değişken Devir Sayılarında Motor Performans Sonuçlarının İrdelenmesi.....	36
3.1.2. Değişken Sıkıştırma Oranlarının Motor Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi	79
3.1.3. Karışımdaki Katkı Miktarı Oranlarının Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi	107
3.2. Eksoz Emisyonu Sonuçlarının İrdelenmesi	135
3.2.1. Değişken Devir Sayılarında CO Emisyonu Sonuçlarının İrdelenmesi	136
3.2.2. Değişken Sıkıştırma Oranlarının CO Emisyonu Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi	142
3.2.3. Karışımdaki Katkı Miktarı Oranlarının CO Emisyonuna Etkisinin İncelenmesi	145
4. SONUÇLAR	150
5. ÖNERİLER	154
6. KAYNAKLAR	155
7. EKLER	157
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Motorlarda vuruntu dayanımını arttırmak amacı ile daha önceleri benzine kurşuntetraetil ($Pb(C_2H_5)_4$), kurşuntetrametil ($Pb(CH_3)_4$), demirpentakarboksit ($Fe(CO)_5$) vb. gibi katkı maddeleri karıştırılmaktaydı. Yakıt teknolojisinin gelişmesinin yardımı ile zehirleyici ve kansorejen etkileri olan kurşunlu yakıtların kullanımından zamanla vazgeçilmiştir. Böylece günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı yaygınlaşmıştır. Sunulan çalışmada kurşunsuz benzinin içerisine; naftalin ve tersiyer bütül alkol (TBA) ayrı ayrı katılarak karışım yakıtların motor performansı ve de eksoz emisyonları üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyle, tam (1/1) gazda, değişken devir sayıları ve farklı sıkıştırma oranları için gerçekleştirilmiştir. Katkı maddesi olarak kullanılan naftalin dört farklı kütleli oranda (% 2, 4, 6, 8), tersiyer bütül alkol ise dört farklı hacimsel oranda (%1, 2, 3, 4) benzine katılmıştır. Deneylelerin tümü elektrikli dinamometre ile donatılmış, değişken sıkıştırma oranlı tek silindri bir benzin motoru kullanılarak yapılmıştır. Deneyle sonuçlarından elde edilen döndürme momenti, efektif güç, ortalama efektif basınç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim ve CO emisyonları değerleri farklı çalışma koşulları için incelenmiştir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar; TBA'ün katkı maddesi olarak katılmasının motor performansını ve eksoz emisyonlarını iyileştirici yönde etkilediğini göstermiştir. TBA'e ilişkin en iyi değerler %2 TBA veya %3 TBA karışım oranları için elde edilmiştir. Naftalinin katkı maddesi olarak katılması motor performansını bir yandan iyileştirirken diğeryandan eksoz emisyonları değerlerini kötüleştirmektedir. Naftalin için en iyi değerler %6 karışım oranında görülmektedir.

CO emisyon değerleri naftalinin katkı miktarı arttırıldıkça artış; TBA'ün katkı miktarı arttııkça düşüş göstermiştir. Naftalin için en düşük CO değerleri %2 karışım oranında, TBA için ise %4 karışım oranında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Yakıtlar, Oksijenatlar, Benzin-Naftalin Karışımları, Benzin-TBA Karışımları, Buji Ateşlemeli Motor Performansı

SUMMARY

Gasoline-Naphthalene and Gasoline-Tertiary Butyl Alcohol Blended Fuels Using on Spark Ignition Engines with Engine Performance and Exhaust Emissions of Effects to Experimentally Examine

For the purpose of increasing the knock resistance in engines, additives such as lead tetraethyl ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$), lead tetra methyl ($\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$), ironpentanecarboxide ($\text{Fe}(\text{CO})_5$), etc. were added to petrol as a result of the advancement in fuel technology, leaded fuels were left out because of their poisonous and carcinogenic effects. Thus the usage of unleaded fuels becomes widespread; this led to the common usage of fuel. In the presented this study, the effects of mixed fuels on engine performance and exhaust emission were examined experimentally by adding naphthalene and tertiary butyl alcohol to the petrol separately. Experiments were conducted (performed) in full gas (1/1) for variable various speeds and different compression ratios. Naphthalene was added to the petrol in four different mass proportions by mass (%2, 4, 6, 8) on the other hand TBA was added to the petrol in four different proportions by volume (%1, 2, 3, 4). All of the experiments were realized (performed) by using a one-cylinder petrol engine with electric dynamometer. Torque, effective power, mean effective pressure, specific fuel consumption, effective efficiency and CO emissions determined from the tests were analyzed for different operation conditions.

The results of the study showed that the use of TBA as an additive effected the engine performance and exhaust emission positively. The best result for TBA was gathered for %2 TBA and %3 TBA mixture proportions. While the addition of naphthalene as an additive improved engine performance, it worsened exhaust emissions. The best values for naphthalene were obtained in %6 mixture.

Co emission values increased as the naphthalene ratio increased. However, it decreased as the addition amount of TBA ratio increased. The lowest CO rate for naphthalene was obtained at %2 mixture ratio and at %4 for TBA.

Key Words: Alternative Fuels, Oxygenates, Mixtures of Petrol and Naphthalene, Mixtures of Petrol and TBA, Spark Ignition Engine Performance

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Deney Düzeneginin Genel Görünüşü	17
Şekil 2. Naftalinin Kimyasal Yapısı	33
Şekil 3. Tersiyer Bütil Alkolün Kimyasal Yapısı	34
Şekil 4. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	37
Şekil 5. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	37
Şekil 6. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	38
Şekil 7. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	38
Şekil 8. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	39
Şekil 9. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	40
Şekil 10. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	40
Şekil 11. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	41
Şekil 12. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	41
Şekil 13. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri	42
Şekil 14. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri	43
Şekil 15. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri	43
Şekil 16. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri	44
Şekil 17. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri	44
Şekil 18. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ$ KMA'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri	45

Şekil 19.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri.....	46
Şekil 20.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri.....	46
Şekil 21.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri.....	47
Şekil 22.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri.....	47
Şekil 23.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri.....	48
Şekil 24.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	49
Şekil 25.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	49
Şekil 26.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	50
Şekil 27.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	50
Şekil 28.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	51
Şekil 29.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	52
Şekil 30.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	52
Şekil 31.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	53
Şekil 32.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	53
Şekil 33.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri	54
Şekil 34.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	55
Şekil 35.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	55
Şekil 36.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	56
Şekil 37.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	56

Şekil 38.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	57
Şekil 39.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	58
Şekil 40.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	58
Şekil 41.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	59
Şekil 42.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	59
Şekil 43.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri.....	60
Şekil 44.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	61
Şekil 45.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	61
Şekil 46.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	62
Şekil 47.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	62
Şekil 48.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	63
Şekil 49.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	64
Şekil 50.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	64
Şekil 51.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	65
Şekil 52.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	65
Şekil 53.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri.....	66
Şekil 54.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri.....	67
Şekil 55.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri.....	67
Şekil 56.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri.....	68

Şekil 57.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	68
Şekil 58.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	69
Şekil 59.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	70
Şekil 60.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	70
Şekil 61.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	71
Şekil 62.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	71
Şekil 63.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri	72
Şekil 64.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	73
Şekil 65.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	74
Şekil 66.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	74
Şekil 67.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	75
Şekil 68.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	75
Şekil 69.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	76
Şekil 70.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	77
Şekil 71.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	77
Şekil 72.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	78
Şekil 73.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri	78
Şekil 74.	$n=900d/dk$ ' da naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri	80
Şekil 75.	$n=1200d/dk$ ' da naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri	80

Şekil 76.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri	81
Şekil 77.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri	82
Şekil 78.	n=1300d/dk' da TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri	82
Şekil 79.	n=1600d/dk' da TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri	83
Şekil 80.	n=900d/dk' da naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri	84
Şekil 81.	n=1200d/dk' da naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri	84
Şekil 82.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri	85
Şekil 83.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri	86
Şekil 84.	n=1300d/dk' da TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri	86
Şekil 85.	n=1600d/dk' da TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri	87
Şekil 86.	n=900d/dk' da naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri	88
Şekil 87.	n=1200d/dk' da naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri	88
Şekil 88.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri	89
Şekil 89.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri	90
Şekil 90.	n=1300d/dk' da TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri	90
Şekil 91.	n=1600d/dk' da TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri	91
Şekil 92.	n=900d/dk' da naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri	92
Şekil 93.	n=1200d/dk' da naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri	92
Şekil 94.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri	93

Şekil 95.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri	94
Şekil 96.	n=1300d/dk' da TBA karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri	94
Şekil 97.	n=1600d/dk' da TBA karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri	95
Şekil 98.	n=900d/dk' da naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri	96
Şekil 99.	n=1200d/dk' da naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri	96
Şekil 100.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri	97
Şekil 101.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri	98
Şekil 102.	n=1300d/dk' da TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri	98
Şekil 103.	n=1600d/dk' da TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri	99
Şekil 104.	n=900d/dk' da naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri	100
Şekil 105.	n=1200d/dk' da naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri	100
Şekil 106.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri	101
Şekil 107.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri	102
Şekil 108.	n=1300d/dk' da TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri	102
Şekil 109.	n=1600d/dk' da TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri	103
Şekil 110.	n=900d/dk' da naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri	104
Şekil 111.	n=1200d/dk' da naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri	104
Şekil 112.	n=1500d/dk' da naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri	105
Şekil 113.	n=1000d/dk' da TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri	106

Şekil 114.	$n=1300d/dk$ 'da TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri	106
Şekil 115.	$n=1600d/dk$ 'da TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri	107
Şekil 116.	$n=900d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimleri	108
Şekil 117.	$n=1200d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimleri	108
Şekil 118.	$n=1500d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimi	109
Şekil 119.	$n=1000d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimleri	110
Şekil 120.	$n=1300d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimleri	110
Şekil 121.	$n=1600d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimleri	111
Şekil 122.	$n=900d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimleri	112
Şekil 123.	$n=1200d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimleri	112
Şekil 124.	$n=1500d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimleri	113
Şekil 125.	$n=1000d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimleri	114
Şekil 126.	$n=1300d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimleri	114
Şekil 127.	$n=1600d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimleri	115
Şekil 128.	$n=900d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimleri	116
Şekil 129.	$n=1200d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimleri	116
Şekil 130.	$n=1500d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimleri	117
Şekil 131.	$n=1000d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimleri	118
Şekil 132.	$n=1300d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimleri	118
Şekil 133.	$n=1600d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimleri	119

Şekil 134.	n=900d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın naftalin oranına göre değişimleri	120
Şekil 135.	n=1200d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın naftalin oranına göre değişimleri	120
Şekil 136.	n=1500d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için ortalama efektif basıncın naftalin oranına göre değişimleri	121
Şekil 137.	n=1000d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için ortalama efektif basıncın TBA oranına göre değişimleri	122
Şekil 138.	n=1300d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için ortalama efektif basıncın TBA oranına göre değişimleri	122
Şekil 139.	n=1600d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için ortalama efektif basıncın TBA oranına göre değişimleri	123
Şekil 140.	n=900d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimleri.....	124
Şekil 141.	n=1200d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimleri.....	124
Şekil 142.	n=1500d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimleri.....	125
Şekil 143.	n=1000d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimleri.....	126
Şekil 144.	n=1300d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimleri.....	126
Şekil 145.	n=1600d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimleri.....	127
Şekil 146.	n=900d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimleri	128
Şekil 147.	n=1200d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimleri	128
Şekil 148.	n=1500d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimleri	129
Şekil 149.	n=1000d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimleri	130
Şekil 150.	n=1300d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimleri	130
Şekil 151.	n=1600d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimleri	131
Şekil 152.	n=900d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimleri	132

Şekil 153.	$n=1200d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimleri	132
Şekil 154.	$n=1500d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimleri	133
Şekil 155.	$n=1000d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimleri	134
Şekil 156.	$n=1300d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimleri	134
Şekil 157.	$n=1600d/dk$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimleri	135
Şekil 158.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	136
Şekil 159.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	137
Şekil 160.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	137
Şekil 161.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	138
Şekil 162.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	138
Şekil 163.	$\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	139
Şekil 164.	$\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	140
Şekil 165.	$\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	140
Şekil 166.	$\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	141
Şekil 167.	$\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri	141
Şekil 168.	$n=900d/dk$ ’da naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri	142
Şekil 169.	$n=1200d/dk$ ’da naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri	143
Şekil 170.	$n=1500d/dk$ ’da naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri	143
Şekil 171.	$n=1000d/dk$ ’da TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri	144

Şekil 172.	n=1300d/dk'da TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri	144
Şekil 173.	n=1600d/dk'da TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri	145
Şekil 174.	n=900d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için CO oranının naftalin oranına göre değişimleri	146
Şekil 175.	n=1200d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için CO oranının naftalin oranına göre değişimleri	146
Şekil 176.	n=1500d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için CO oranının naftalin oranına göre değişimleri	147
Şekil 177.	n=1000d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için CO oranının TBA oranına göre değişimleri	148
Şekil 178.	n=1300d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için CO oranının TBA oranına göre değişimleri	148
Şekil 179.	n=1600d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için CO oranının TBA oranına göre değişimleri	149

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Kurşunsuz benzin ve TBA karışımının gerçek hacimsel yüzdeleri	30
Tablo 2. Kurşunsuz benzin ve naftalin karışımının gerçek kütleli yüzdeleri.....	30
Tablo 3. Kurşunsuz benzinin kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	32
Tablo 4. Naftalinin kimyasal ve fiziksel özellikleri	34
Tablo 5. Tersiyer bütül alkolün kimyasal fiziksel özellikleri.....	35

SEMBOLLER DİZİNİ

AA	: Ateşleme avansı [$^{\circ}$ KMA]
b_e	: Özgül yakıt tüketimi [kg yakıt/kWh]
$b_{e \text{ benzin}}$: Benzin için özgül yakıt tüketimi [kg yakıt/kWh]
$b_{e \text{ karışım}}$: Karışım için özgül yakıt tüketimi [kg yakıt/kWh]
B	: Toplam yakıt tüketimi [kg yakıt/saat]
d	: Orifis çapı [m]
F	: Döndürme momentini oluşturan kuvvet [N]
f_{benzin}	: Benzinin litre fiyatı [YTL/lit]
$f_{\text{katkı}}$: Katkı yakıtın litre fiyatı [YTL/lit]
h	: kütleli gerçekte hava miktarı [kg hava/kg yakıt]
h_{min}	: Kütleli minimum hava miktarı [kg hava/kg yakıt]
$h_{\text{min benzin}}$: Benzin için minimum hava miktarı [kg hava/kg yakıt]
$h_{\text{min katkı}}$: Katkı maddesi için minimum hava miktarı [kg hava/kg yakıt]
H_{min}	: Hacimsel minimum hava miktarı [kmol hava/kmol yakıt]
H_u	: Yakıtın alt ısı değeri [kJ/kg yakıt]
$H_{u \text{ benzin}}$: Benzinin alt ısı değeri [kJ/kg yakıt]
$H_{u \text{ katkı}}$: Katkı maddesinin alt ısı değeri [kJ/kg yakıt]
k	: Sabit (4 zamanlı motorlar için $k=2$, iki zamanlı motorlar için $k=1$)
l	: Moment kolu uzunluğu [m]
\dot{m}_{hava}	: Havanın kütleli debisi [kg/s]
M_d	: Döndürme momenti [Nm]
n	: Devir sayısı [d/dk]
N_e	: Efektif güç [kW]
$N_{e,1}$: Standart ortam koşullarına dönüştürülmüş efektif güç [kW]
$N_{e,2}$: Nem düzeltmesi yapılmış efektif güç [kW]
O_{min}	: Minimum oksijen miktarı [kmol O_2 /kmol yakıt]
P_o	: Ortam basıncı [Pa, mmHg]
P_{me}	: Ortalama efektif basınç [MPa]
R_u	: Ünlversal gaz sabiti [J/kgK]

S	: Terazide oluşan yay kuvveti [N]
TBA	: Tersiyer bütül alkol
t_o	: Kuru termometre sıcaklığı [$^{\circ}$ C]
T_o	: Ortam sıcaklığı [$^{\circ}$ C]
$t_{yaş}$: Yaş termometre sıcaklığı [$^{\circ}$ C]
V_h	: Strok hacmi [lt]
V_i	: Karışımı oluşturan maddelerin hacmi [lt veya kg]
V_{toplam}	: Karışımın toplam hacmi [lt veya kg]
x	: Katkının hacimsel veya kütsel oranı
x_{benzin}	: Karışımındaki benzinin hacimsel veya kütleli oranı
x_i	: Maddelerin karışım içindeki hacimsel veya kütleli oranı
x_r	: Özgül nem
x_{katki}	: Karışımındaki katkı maddesinin hacimsel veya kütleli oranı
x_{nem}	: Nem düzeltme faktörü
Z	: Silindir sayısı
Δh	: Manometrenin kolları arasındaki sıvı seviyesi farkı [mmSS]
Δt	: Δv hacmindeki yakıtın harcanma süresi [s]
Δv	: Ölçekli kaptaki yakıt hacmi [cm^3]
α	: Hava fazlalık katsayısı
ε	: Sıkıştırma oranı
η_e	: Efektif verim
$\mu_{k,hava}$: Kuru havanın kmol kütlesi [kg hava/kmol hava]
$\mu_{r,hava}$: Nemli havanın kmol kütlesi [kg hava/kmol hava]
$\mu_{yakıt}$: Yakıtın kmol kütlesi [kg hava/kmol hava]
ρ_{benzin}	: Benzinin yoğunluğu [kg/lt]
ρ_{hava}	: Havanın yoğunluğu [kg/lt]
$\rho_{karışım}$: Karışım yakıtın yoğunluğu [kg/lt]
ρ_{katki}	: Karışımındaki katkı yakıtın yoğunluğu [kg/lt]
$\rho_{yakıt}$: Yakıtın yoğunluğu [kg/m^3]
W	: Moment koluna asılı ağırlık [N]
ω	: Açısal hız [1/s]

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyadaki enerji ihtiyacı iki ana kaynaktan karşılanmaktadır. Kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları; güneş, rüzgar, dalga, jeotermal, hidrolik, hidrojen, nükleer ve biyokütle enerji kaynakları da yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılır. Fosil yakıt rezervlerinin %70,4'ünü katı yakıtlar, %16,3'ünü petrol, %13,3'ünü ise doğalgaz oluşturmaktadır. Dünyadaki bilinen ham petrol rezervlerinin yaklaşık 50 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir.

Dünyadaki enerjinin %30'u hidrolik ve nükleer santrallerden sağlanmaktadır. Geriye kalan %70' i ise fosil yakıt adı verilen kömür, petrol, gaz veya bunların türevlerinin yakılması ile elde edilmektedir. Doğal kaynakların sınırlı olmasına bağlı olarak sık sık yaşanan enerji darboğazlarının ulusal ekonomilere verdiği zararlar ve yanma çıktılarının küresel iklimde neden olduğu değişiklikler; fosil kaynaklı yakıtların kullanımı için geliştirilmiş teknolojileri tartışılır duruma getirmiştir. [12]

Özellikle son yıllarda gittikçe bilinçlenen kamuoyu dikkate alındığında verimlilikleri arttırılmış ve çevre dostu yanma sistemlerinin geliştirilmesi istemiyle otomotiv tasarımcıları üzerinde baskı oluşturulmaktadır. 1970'li yıllara kadar yüksek performans taşıt tasarımında önemli bir özellikken günümüzde performansın yanı sıra konfor, güvenlik ve gürültü düzeyini kötüleştirmeden; eksoz emisyonları ve yakıt ekonomisini iyileştirmek bunu da taşıt maliyetine yansıtmadan başarmak öncelikli özellikler durumuna gelmiştir.

Atmosferdeki hava kirliliğini artıran nedenlerden önemli biri de taşıtların eksozlarından yayılan gazlardır. İçten yanmalı motorlarda; yakıt deposu, karter havalandırma, yakıt sistemi ve eksozdan 110'dan fazla hava kirletici emisyonların çıktığı saptanmıştır. Buji ateşlemeli motorlarda yakıtın yanması sonunda ile yanma ürünü olarak tam yanmış bileşikler başlıca hidrokarbonlar (C_xH_y), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), kükürt oksit (SO_x), kurşun (Pb) ve is oluşur. Bu emisyonların zehirleyici niteliği yanında atmosferde uzun süre kalmaları durumunda, fotokimyasal sise ve asit yağmurlarına neden olmaları diğer emisyon kaynaklarına göre taşıt eksoz emisyonlarını daha önemli yapmaktadır.

Parçalanmış hidrokarbonlar (C_xH_y) eksik yanma durumunda oluşur ve ayrıca yakıt deposu veya karter havalandırmalarından sıcaklığın etkisiyle yakıt veya yağ buharı şeklinde yayılmaktadırlar. Aromatikler dışındaki hidrokarbonlar zehirleyicidir.

Azotoksitler (NO_x) yakıtın yüksek sıcaklık altında yanması sonucu oluşur. NO , bunların atmosferde yanma sonucu oluşan ilk şeklidir. Çok az bir kısmı azot dioksite (NO_2) dönüşür. Yanma odasındaki sıcaklığı düşürebilmek için eksoz gazlarından bir kısmı emme manifolduna verilir. Eksoz gazları asal gaz olduklarından yanmaya katılmazlar ve böylece silindirdeki yanma sonu sıcaklığı düşürülmüş olur. NO_x 'ler insan ve canlı sağlığını etkiler, zehirlenmelere neden olur. Nitrik asite dönüşerek; organik maddeleri ve yeşil alanları etkileyebilirler.

Karbon monoksit (CO) yakıtın eksik yanması sonucu oluşan bir emisyonudur. Renksiz ve kokusuz bir gazdır. Bu nedenle fark edilmeden solunduğunda fark edilmeden halsizlik ve baygınlık hissi doğurur, zehirlenmelere yol açar. Atmosferdeki CO miktarı genelde sabittir.

Benzinde kütleli olarak %1'in altında kükürt bulunabilir. Kükürdün en önemli yanma ürünü kükürt dioksit (SO_2) dir. Kükürt dioksit daha sonra sülfürik asite (SO_3) dönüşmektedir.

Kurşun (Pb) insan sağlığını etkileyen diğer bir zehirli maddedir.

Hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye paralel olarak her gün dünyamız biraz daha kirlenmekte ve doğal dengesi giderek bozulmaktadır. Bu kirlenme canlı sağlığını ve hayatını tehdit edecek boyutlara ulaşmıştır. Bu gelişmeler karşısında hükümetler ve yönetimler acil önlemler almak zorunda kalmışlardır. Bu amaçla yapılan çalışmalar birçok Avrupa ülkesinde kabul edilmiştir. Avrupa ülkeleri arasında Federal Almanya, İsviçre ve İsveç taşıt ağırlığına bağlı olarak CO , C_xH_y , NO_x gazlarının emisyon değerlerini sınırlayan standartlar getirmişlerdir. 1986'da Federal Almanya kurşunlu benzin yerine kurşunsuz benzin kullanımını zorunlu kılmıştır. 1987'de İsviçre eksoz emisyonlarına standart getirmiş ve kurşuna dayanıklı katalizör kullanımına geçilmiştir. Türkiye'de ise bu konudaki çalışmalara 1988'de başlanmıştır. 1989'da da kurşunsuz benzine geçilmiştir. [9,10]

Eksoz kirliliğini azaltmak için buji ateşlemeli motorlarda uygulanan başlıca yöntemler şunlardır;

1. Karbüratör yerine elektronik kontrollü benzin püskürtme donanımlarının kullanılmalıdır.

2. Normal ateşleme donanımının yerine elektronik ateşleme donanımlarının kullanılmalı ve bazı durumlarda ise çift buji kullanılmalıdır.
3. Sıkıştırma oranı motorda kullanılacak yakıtı uygun olarak mümkün olduğunca yüksek seçilmelidir.
4. Her silindir için bir emme ve bir eksoz subabı yerine 2 emme ve 2 eksoz subabı hatta 3 emme ve 2 eksoz subabı kullanılmalı ayrıca açılıp- kapanma zamanları elektronik olarak kontrol edilmelidir.
5. Seçilen yakıtın vuruntuya dayanımı yüksek olmalı ve yakıtın içerisindeki kükürt oranı düşük olmalıdır.
6. Bütün bu önlemlere karşın eksozda yine de yarı yanmış veya yanmamış maddeler bulunabilir. Bu maddelerin ek hava ile tamamen yakılarak atmosfere atılmaları için katalitik konvertörler kullanılmalıdır.
7. Alkoller vb. gibi alternatif yakıtlar kullanılmalıdır.
8. Farklı motor tasarımları geliştirilmelidir.
9. Klasik içten yanmalı motorlar yerine farklı güç kaynakları kullanılmalıdır.

Sunulan tez çalışmasında benzine katılarak katı naftalin ve oksijenat olarak adlandırılan yakıtlardan olan tersiyer bütil alkol, katkı maddesi olarak, benzine katılarak motor performansı ve eksoz emisyonları üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Öncelikli olarak sadece benzin daha sonra naftalin (%2, 4, 6, 8) ve TBA (%1, 2, 3, 4) farklı oranlarda benzine katılarak elde edilen karışımlarla çalışılmıştır. Deneylelerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak incelenmiş ve yakıtların güncel fiyatları üzerinden maliyet değerlendirilmesi de yapılmıştır.

1.2. Motor Yakıtları

Yakıt ile havanın karıştırılarak makinenin içerisinde kimyasal reaksiyona girmesi sonucu oluşan ısı enerjisini mekanik enerjiye çeviren pistonlu makinelere içten yanmalı motorlar denir. Motorlarda yanma olayı oldukça kısa bir süre içerisinde meydana gelir. Bu nedenle kullanılan motor yakıtlarının motorun yapısına uygun ve motor performansını iyileştirici özelliklerde olmaları istenir. Motor yakıtlarının seçiminde aranacak başlıca özelliklerde şunlardır:

1. Yakıt donanımına uygun olmalıdır. Benzin motorlarında yakıt ile hava her hava koşulunda kolayca buharlaşabilmeli, dizel motorlarında ise basınçlı yakıt sıkıştırılmış havanın içerisine püskürtüldüğünde ince parçacıklara ayrılabilmelidir.
2. Vuruntu dayanımı iyi olmalı ve ilk harekete geçiş kolay olmalıdır.
3. Çevre dostu olmalı, eksoz emisyonlarının kirletici özelliği düşük olmalıdır. Yanma donanımına zarar veren bileşikler oluşturmamalıdır.
4. Yakıtın ısı değeri yüksek olmalıdır.
5. Kolay elde edilebilmeli, depolanabilmeli ve taşınabilirmelidir.
6. Maliyeti ucuz olmalıdır.

Yakıtlar fazlarına göre katı, sıvı, gaz yakıtlar olarak gruplandırılabilirler. Yakıtlar ile ilgili bilgiler kaynak [8,18]'den yararlanılarak verilmiştir.

1.2.1. Katı Yakıtlar

Katı yakıtları iki grupta incelemek olanaklıdır. Karbonca zengin olan ve çeşitli sayıda organik mineralleri içeren yakıtların genel adına kömür denir. Kömür hayvan ve bitki artıklarının çok uzun süre toprak altında yüksek basınç ve sıcaklığın etkisiyle değişime uğraması sonucu oluşur. Yapısındaki başlıca madde karbondur ve bunun yanında H, O, P, S, N, H₂O ve kül gibi maddeleri de bulundurur. Oluşma zamanı uzadıkça yapısındaki karbon oranı artar. O, N, H miktarı azalır. Motorlarda kullanılan kömür tozunun silindire basınçlı hava ile püskürtülerek yanması sağlanmış ancak aşınma gibi teknik nedenlerle motorlarda kömür kullanımından sonraları vazgeçilmiştir. Odunun, susuz ve külsüz olarak elemansal bileşimi %50 C, %6 H, %44 O'dir. Odunun içerisinde kurutulmuş olsa bile nem bulunur. Nem odununun alt ısı değeri düşmesine yol açar.

1.2.2 Sıvı Yakıtlar

Güncel olarak motorlarda kullanılan yakıtlar genellikle sıvı hidrokarbonlar ve alkollerdir. Bu yakıtlar ham petrolden, bitkilerden veya tarımsal artıklardan elde edilir. Yaklaşık 120 yıl boyunca motorlar; ham petrolün damıtılması sonucunda elde edilen sıvı yakıtlara uygun olacak şekilde geliştirilmiştir. Bitkilerden ve tarımsal artıklardan elde

edilen yakıtlar yüksek oranda alkol içerir. Yapılarında hidrojen ile karbon dışında az miktarda O₂, N₂, S, H₂O, Fe, Mg, K, P ve çok az miktarda da Zn, Co bulunur. Korozif bir madde olduğundan yakıtların yapısında çok az miktarda kükürt bulunmaması istenir.

Petrol kaynaklı motor yakıtlarının içinde bulunabilecek başlıca hidrokarbonlar 4 grupta toplanabilir. Parafinler (alkanlar) ısı değerleri yüksek, yoğunlukları düşük, düz zincir bağları kolayca parçalanabildiğinden kendi kendine tutuşma eğilimleri yüksek olan hidrokarbonlardır. Normal parafinlerin kendi kendine tutuşma eğilimi görece yüksek ve vuruntu dayanımları düşüktür. Bu nedenle buji ateşlemeli motorlar için uygun yakıtlar değildir. Buna karşın izo-parafinlerin kendi kendine tutuşma eğilimleri düşüktür, örneğin izo-oktan buji ateşlemeli motorlarda oktan sayısını belirlemede vuruntuya dayanıklı karşılaştırma yakıtı olarak kullanılır. Olefinler (alkenler), molekülündeki çift bağa göre adlandırılırlar. Oktan sayıları yüksektir yani vuruntu dayanımları yüksektir. Mono-olefinler buji ateşlemeli motorlar için uygun yakıtlardır. Di-olefinlerin yapısındaki doymamış karbon atomları havanın oksijeni ile birleşerek sakızimsı bir madde oluşur. Sakızimsı oluşumu önlemek amacıyla yakıtta alkil fenol katılır. Ayrıca yanma sonucu is oluştururlar. Bu nedenle motor yakıtı olarak tercih edilmezler. Naftenlerin (siklo-parafinler veya siklanlar) molekül yapıları halka şeklindedir ve doymuş hidrokarbonlardır. Siklo-parafinler buji ateşlemeli motorlar için çok uygun yakıtlardır. Isıl değerleri aromatlara göre yüksek, parafinlere göre düşüktür. Tutuşma eğilimleri normal ve izo-parafinler arasında bulunur. Yoğunlukları parafinlere göre yüksek, aromatlara göre düşüktür. Hem dizel motorlarında hem de buji ateşlemeli motorlarda motor yakıtı olarak kullanılabilirler. Aromatlar ise, halka şeklinde yapıya sahip doymamış sert kokulu hidrokarbonlardır. Kendi kendine tutuşma eğilimleri ve ısı değerleri düşük, oktan sayıları yüksektir. Oktan sayısını arttırmak için buji ateşlemeli motorlarda motor yakıtına karıştırılırlar.

1.2.3. Gaz Yakıtlar

Gaz yakıtlar elde edilmiş şekline göre doğal ve yapay olarak ikiye ayrılır. Yer gazı olarak da bilinen doğal gaz (LNG), ham petrolün damıtılması veya parçalanması süresince oluşan sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hidrojen, biyogaz gibi yakıtlara doğal ve kömürün koklaştırılması veya gazlaştırılması yöntemleriyle elde edilen gazlara ise yapay olarak elde edilen gaz yakıtlar denir. Koklaştırma, katı yakıtlara oksijensiz ortamda uygulanan ısı

işlemdir. Gaz yakıtların sıvı ve katı yakıtlara göre taşınmaları daha zor ve pahalıdır. Hava ile homojen bir karışım oluştururlar. Hava-gaz karışımının yanabilmesi için daha az havaya gereksinim duyurlar. Eksoz emisyonu değerleri düşüktür. Motorlarda yakıt olarak kullanılmaları durumunda ek donanımlara gerek vardır. Yüksek basınç altında sıkıştırılarak depolanmaları zorluk doğurur. Ayrıca motorlarda kullanıldıklarında volumetrik verimin düşmesine ve sonuçta verim ve gücün düşmesine yol açarlar.

1.3. Motor Yakıtlarının Kimyasal Özellikleri

Yakıtların kimyasal özelliklerinin bilinmesi; yakıtın kalitesinin anlaşılması ve içten yanmalı motorlarda kullanımına uygunluk açısından bilgi edinmemizi sağlar.

1.3.1. Yakıtın Yoğunluğu

Özgül kütle veya yoğunluk yakıtın yapısına ve tutuşma eğilimine ilişkin fikir verir. Moleküllerin yapısındaki hidrojen atomu sayısı arttıkça özgül kütle (kg/m^3) azalır. Yoğunluk arttıkça tutuşma gecikmesi de artar.

1.3.2. Yakıtın Elemansel Bileşimi

Birçok hidrokarbonun ve maddelerin karışımı olan motor yakıtlarının yapılarını ortalama biçimde göstermek üzere; elemansel bileşim ve kapalı formül kavramları kullanılır. 1kg yakıtın yapısında bulunan elementlerin, su ve külün kütlelerine elemansel bileşim denir. Yakıtların yapılarında birçok istenmeyen maddeler de bulunabilir. Yakıtın içerisinde bulunabilecek kükürt hem insan sağlığında zararlı etkiler doğurur hem de yanma sonucu su buharı ve oksijenle zincirleme reaksiyonlara girerek sülfürik asit oluşumuna neden olur. Bu nedenle yakıtın yapısında çok az bulunması ya da hiç bulunmaması istenir. Diğer önemli bir madde de asfalttır. Bunlar oksijenli ve kükürlü büyük moleküllerdir. Normal sıcaklıkta erimediklerinden motor elemanlarının yüzeylerinde birikintilere ve aşınmalara neden olurlar. Ayrıca yakıtın yapısında suyun bulunması da istenmez. Su yakıtın ısıl değerini düşürdüğü gibi yakıt donanımında korozyona da yol açar.

1.3.3. Yakıtın Isıl Değeri

Bir yakıtın birim kütlesinin yanması sonunda açığa çıkan ısıya; yakıtın ısı değeri (kj/kg veya kcal/kg) denir. Gaz yakıtlarda ise birim hacminin enerjisi olarak adlandırılır. Isıl değeri, alt ve üst ısı değeri şeklinde iki tür olabilir. Isıl değeri yakıtların bomba kalorimetresi kullanılarak, deneysel yolla, oluşum entalpilerinden yararlanarak teorik yolla veya yakıtın elemansel bileşiminden yararlanılarak ampirik yolla belirlenebilir. Bomba kalorimetresi kabına konan yakıt yakılarak yanma ürünleri ortam sıcaklığına kadar soğutulur. Dışarı çekilen ısı yakıtın üst ısı değeri olarak adlandırılır. Motorlarda yanma sonu sıcaklıklarında hidrojenin (H₂) yanması sonucu oluşan su buharının buharlaşma ısısı kullanılmadığından bu durumdaki ısı değeri alt ısı değeri olarak gösterilir. Motorların ısı hesaplarında verimin ve yakıt tüketiminin belirlenmesinde alt ısı değeri kavramı kullanılır.

1.3.4. Yakıtın Alevlenme Noktası

Yakıt buharının açık alev ile temas ettiğinde geçici bir alevin oluştuğu sıcaklıktır. Yakıtın buharlaşma miktarına ve buhar basıncına bağlı bir özelliktir. Böylece yakıtın hangi koşullarda depo edilebileceği ve yangın tehlikesi tahmin edilebilir.

1.3.5. Yakıtın Viskozitesi

Viskozite, yakıtın akıcılığı ile ilişkili bir özelliktir. Viskozite küçüldükçe borulardaki akış direnci azalır, yakıt demeti içindeki yakıt damlacık çapı küçülür, yanma iyileşir ve ısı miktarı azalır. Çok düşük olduğunda ise kaçaklara neden olur. Sıcaklık viskozite açısından önemli bir etkidir. Genel olarak sıcaklık arttıkça viskozite küçülür.

1.3.6. Yüzey Gerilimi

Yakıt demetinin parçalanmasında etkili olan bir özelliktir. Yoğunluk sıcaklıkla doğrusal olarak azalır. Özellikle dizel yakıtlarında yakıtın ince parçacıklara ayrılmasını etkiler.

1.3.7. Yakıtın Donma Noktası

Yakıtın kış koşullarındaki durumunu belirlemede fikir verir. Kışın aşırı soğuklarda yakıtın donması veya akıcılığının azalması gibi sorunlar oluşabilir. Kış koşullarında yakıtın donma noktası benzin için +65 °C, dizel yakıtı için –10 °C civarındadır.

1.3.8. Yakıtın Kaynama Noktası

Yakıtın kalitesinin belirlemede önemli bir etmendir. Yakıtların büyük bir bölümünün 250–350 °C’ de buharlaşma özelliklerinin olması gerekir.

1.4. Motorlarda Kullanılabilecek Alternatif Yakıtlar

Dünyada enerji gereksiniminin büyük bölümünün petrol kaynaklarından karşılanmasına, petrol rezervlerinin belirli bölgelerde toplanmış olmasına ve sınırlı oluşuna bağlı olarak gittikçe artan kullanımının sonucu hızla tükenmesi, kökeni petrole dayalı olmayan yakıtlar üzerine yapılan çalışmaların önem kazanmasına neden olmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıtlarda aranacak başlıca özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir. [5,8,17]

1. Motorların verimlerinin yükseltilmeli veya motorun performansı fazla düşürülmemeli,
2. Motorlardan yayılan kirletici eksoz emisyonları azaltılmalı,
3. Motorlarda önemli bir yapısal değişikliğe gerek kalmadan kullanılabilmesi,
4. Üretimi kolay ve maliyeti düşük olmalıdır.

İçten yanmalı motorlarda kullanılması uygun olan başlıca alternatif yakıtlar şunlardır;

a) Gaz Yakıtlar

1. Doğal Gaz; Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Liquefied Natural Gas (LNG)) veya Sıkıştırılmış Doğal Gaz (Compressed Natural Gas (CNG)),
2. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquefied Petroleum Gas (LPG)),
3. Biyogaz (Metan (CH₄), CO₂ ve diğer gazların karışımı),
4. Hidrojen

b) Sıvı Yakıtlar

1. Alkoller (Metil Alkol (Metanol (CH_3OH)), Etil Alkol (Etanol (CH_4OH)) vb.),
2. Bitkisel yağlar

Motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle bir bölümü buji ateşlemeli motorlarda, bir bölümü dizel motorlarında, bir bölümü ise hem buji ateşlemeli motorlarda hem de dizel motorlarında kullanılmaya uygundur.

1.4.1. Doğal Gaz

Doğal gaz, büyük oranda metan (CH_4) gazından oluşur ve doğal yoldan elde edilir. Bunun dışında yapısında düşük oranlarda etan (C_2H_6), propan (C_3H_6), bütan (C_4H_{10}), azot (N_2), pentan (C_5H_{12}) ve karbondioksit (CO_2) gazı da bulundurulur. Oktan sayıları ROS 130, MOS 105 gibi yüksek değerlerdedir. Korozif özelliği yoktur. Bunun yanında ısıl değerinin yüksek oluşu (Üst ısıl değeri $50,8 \text{ MJ/kg}$ ' dir), eksoz gazı emisyonlarının düşük olması ve yakıt maliyeti açısından sağladığı ekonomiklik gibi özellikleri motor yakıtı olarak kullanılmasına olanak sağlar. Taşıtlarda doğal gaz kullanımı sonucu yanma sonu sıcaklıkları düşük olduğundan benzin motorlarında karbonmonoksit (CO) ve HC emisyonlarında azalma görülür. Motorlarda kullanıldığında gürültü düzeyinde de azalma görülür. Doğal gazın buji ateşlemeli motorlarda kullanımı için bir karıştırıcı eklenmesi ve ateşleme sisteminin motora uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Ayrıca depolanması ve depodan motora iletilmesi için ek donanımlar kullanılmalıdır. Hava/yakıt karışımının birim hacimdeki ısıl değerinin düşük olması, yakıt olarak kullanıldığında motorun volumetrik verimini düşürmesi, yüksek basınç altında depolanabilmesi, yakıt tanklarının taşıt ağırlığını arttırması motor yakıtı olarak kullanılması durumunda karşılaşılan yetersizlikler olarak belirtilebilir. Günümüzde doğal gazla çalışan stasyon motorlar, pickup, otobüs gibi taşıt motorları birçok ülkede kullanılmaktadır.

1.4.2. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), ham petrolün rafinasyon işlemi boyunca elde edilir. LPG; propan, bütan ve izomerleri gibi hidrokarbonlar veya bunların karışımlarından oluşur. Yüksek basınç altında sıkıştırılıp sıvılaştırılarak depolanabilir. Setan sayısının düşük oluşu nedeniyle dizel motorlarında motor yakıtı olarak tercih edilmez. Buji ateşlemeli motorlarda kullanıldığında sıkıştırma oranı $\epsilon = 11$ 'lere kadar çıkarılabilir. LPG'nin oktan sayısının 117 gibi yüksek bir değerde oluşu, eksoz emisyonlarının benzin ve dizel yakıtlarına göre daha düşük olması, karbon birikintisi oluşturmaması, maliyetinin petrol yakıtlarına oranla düşük olması motor yakıtı olarak kullanılmasına olanak sağlar. Bunun yanında ısıl değerinin düşük olması, depolanması için gerekli ek donanım nedeniyle taşıt ağırlığının artması, gaz halinde silindire alındığında taze dolgu içinde fazla yer kaplaması birim hacimdeki ısıl değerinin düşmesi sonucu volumetrik verimin ve motor gücünü belirgin olarak düşürmesi, soğukta ilk harekete geçiş zorluğu yaratması, ateşleme avansının motora uygun olarak ayarlanmasını gerektirmesi yakıt olarak kullanımında doğuracağı yetersizlikler olarak belirtilebilir. Türkiye'de son yıllarda ekonomiklik sağlaması bakımından LPG'li taşıtların kullanımı yaygınlaşmıştır.

1.4.3. Biyogaz

Biyogaz, organik bazlı atıkların oksijensiz ortamda biyolojik bozulması sonucunda ortaya çıkan renksiz, kokusuz, havadan hafif, yapısında $\%(50-84)$ metan, $\%(20-45)$ karbondioksit, $\%(1-10)$ hidrojen ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunduran bir gaz karışımıdır. Biyogazın yanma özelliği yapısında bulunan metan (CH_4) gazından ileri gelmektedir. Biyogaz, hava ile yaklaşık $1/7$ oranında karıştırıldığı zaman tam yanma gerçekleşmektedir. Oktan sayısı 110 gibi yüksek bir değerdedir. 1m^3 biyogazın sağladığı ısı miktarı $(4700-5700)\text{kcal/m}^3$ 'dür. Biyogaz, buji ateşlemeli motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilirdiği gibi içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak kullanılabilir. Dizel motorlarında kullanılması durumunda ise ayrıca motora $\%(18-20)$ oranında dizel yakıtının da gönderilmesi (püskürtülmesi) gerekmektedir.

1.4.4. Hidrojen

Hidrojen; su, güneş, rüzgâr, dalga ve biyokütle enerjileri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak veya fosil yakıtlardan birçok değişik teknik kullanılarak üretilmektedir. Üretilmesi aşamasında buhar iyileştirme, atık gazların saflaştırılması, elektroliz, foto süreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi birçok farklı alternatif üretim teknolojileri uygulanmaktadır.

Hidrojen renksiz, kokusuz, havadan daha hafif bir gazdır. Hidrojen klasik yakıtlar içinde birim kütle başına en yüksek enerji kapasitesine sahip olan yakıttır. Isıl değeri ise 141,9 MJ/kg'dır. Hidrojen petrol kökenli yakıtlardan 1,33 kat daha güç sağlamaktadır. Hidrojenin yanması sonucu yanma ürünü olarak sadece su buharı oluşur. Bu nedenle çevre dostu bir yakıttır. Hidrojen; düşük ateşleme enerjisi gerektirmesi, geniş bir karışım aralığında kendi kendine tutuşma yeteneği, yüksek ısıl değere sahip olması, vuruntuya karşı dirençli olması, kirletici eksoz gazı emisyonlarının azlığı ve 130 gibi yüksek oktan sayısı gibi özellikleri ile motor yakıtı olarak kullanılması çekici olan bir yakıttır. Eksoz gazları içerisinde hava kirliliğini neden olacak tek ürün azotoksit (NO_x) bileşikleridir. NO_x 'lerin miktarı yanma odası sıcaklıklarının azaltılması, oksijen konsantrasyonunun azaltılması veya yanma süresinin kısaltılması yolları ile düşürülebilmektedir. Hidrojen kullanımındaki en önemli sorun depolanmasıdır. Bu amaçla birçok yöntem uygulanmaktadır. En yaygın depolama yöntemleri metal hibritlerin kullanımı, sıvı hidrojen ve basınçlı gazlar yardımıyla depolama yöntemleridir.

Hidrojenin taşıtlarda kullanımı yakıt pilleri adı verilen teknolojiyle sadece kimyasal reaksiyon sonucu doğrudan elektrik enerjisi üretilen, çevre dostu ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Burada hidrojen (H_2) ve oksijen (O_2) arasındaki elektrokimyasal reaksiyon sonucu doğrudan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Söz konusu sistemlerin modüler olmaları, yakıt olarak saf hidrojenin yanı sıra doğal gaz, metanol veya kömür gazlarının kullanılabilmesi, sessiz çalışmaları, minimum düzeyde kükürt oksit ve NO_x emisyonları, katı atık problemlerinin olmaması yakıt pillerinin kullanım üstünlüklerindedir. Yakıt pili teknolojisi için çalışmalar devam etmektedir ve 1993'ten bu yana çok sayıda yakıt pilli prototip araçlar üretilmiştir. Ancak; güncel tekniklerle üretiminin pahalı olması ve depolanma güçlükleri, motor elemanları üzerinde kırılma doğurması, yakıt pilleri teknolojisinin tam gelişmemiş olması hidrojenin ticari alternatif yakıt olarak kullanımını engellemektedir.

1.4.5. Bitkisel Yağlar

Bitkisel (kanola, soya vb. bitkilerin) ya da hayvansal kökenli yağların bir katalizör eşliğinde bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda elde edilen yakıt türüdür. Günümüzde bu yöntemle üretilen en önemli alternatif yakıtlardan biri biyodizeldir. Dizel motorlarında motor yakıtına katılarak veya saf olarak kullanılabilir. Biyodizelin ısıl değerinin yüksek oluşu, setan sayısının yüksek oluşu, dizel yakıtına katıldığında eksoz emisyonları değerlerini düşürmesi ve yapısal değişikliğe gerek duyulmaması, maliyet açısından uygun olması ve üretim kolaylığı nedeniyle motor yakıtı olarak kullanılmasını çekici duruma getirmektedir. Bu amaçla soya fasulyesi, ayçiçeği, yer fıstığı, pamuk çekirdeği, zeytin, kolza tohumu, palmiye ve susam yağları gibi bitkisel yağların karışımları veya esterleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Biyodizel yakıtı yüksek viskozite özelliği nedeniyle eksik yanma sonucu motor elemanlarında arızalara, enjektör memelerinde ve yakıt filtresinde tıkanmalara ve kurum birikintisi oluşumuna yol açabilmektedir. Bu nedenlerle biyodizel kullanımından kaynaklanan problemlerinin çözümlenmesine yönelik çalışmalar sürmektedir.

1.4.6. Alkoller

Alkoller; şeker, nişasta gibi bitkisel ürünlerin, bitkisel artıkların fermantasyonu yoluyla veya kömürden yapay olarak elde edilirler. Yapılarında hidrojen (H) ve karbondan (C) başka ek olarak oksijen bulunur. Böylece yanması için hava gereksinimi benzine göre daha azdır. Motorlarda yaygın olarak kullanılan alkoller etanol ve metanoldür. Alkoller benzine %(10–15) oranında katılabileceği gibi %100 oranında da saf olarak kullanılabilirler. Temiz yanan yakıtlardır. Alkoller kullanıldığında yanma sonu sıcaklığı düştüğünden ve yanma iyileştiğinden yanma ürünleri içerisindeki azot oksit (NO_x) ve karbonmonoksit (CO) oranlarında azalma olmaktadır. Başta A.B.D, Brezilya, Kanada olmak üzere birçok ülkede motor yakıtı olarak kullanımının yaygınlaşması amacıyla yasal düzenlemeler yapılmakta ve kullanımı devletler tarafından kanunlarla teşvik edilmektedir. Sunulan çalışmada alkollerle ilgili daha ayrıntılı bilgi aşağıdaki buji ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olarak alkollerin kullanılması bölümünde verilmiştir. [18]

1.5. Buji Ateşlemeli Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Alkollerin Kullanılması

Alkollerin; yanma sonu sıcaklıklarının düşük olması ve vuruntu dayanımlarının diğer petrol ürünü yakıtlardan yüksek oluşu buji ateşlemeli motorlarda kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Kilogram başına düşen ısı değerleri düşüktür. Ancak hava ile karışımlarının ısı değeri hidrokarbonlardan farklı değildir. Buharlaşma ısılarının yüksek olması, silindire emilen dolgunun içinde buharlaşırken dolgu sıcaklığını düşürür ve silindire daha fazla yakıt emilmesine; böylece volumetrik verimin artmasını sağlar. Dolayısıyla güç de artar. Ancak taze dolgu sıcaklığının düşmesi motorun soğukta ilk harekete geçişini zorlaştırmaktadır. Vuruntu dayanımlarının yüksek olması motorun sıkıştırma oranının arttırabilmesine olanak sağlamaktadır. Yüksek miktarda su tutması, benzinle karışma zorluğu, buhar tıkaçına yol açması ve korozyona neden olması, buji ateşlemeli motorlarda kullanılmalarında görülen bazı sakıncalardır. [17]

Motorlarda kullanılan en yaygın alkoller etanol (C_2H_5-OH) ve metanol (CH_3-OH) dür. Tersiyer bütil alkol (TBA- $(CH_3)_3OH$) ve metil tersiyer bütil eter ($C_4H_9OCH_3$) oktan sayıları yüksek olduğundan benzine karıştırılarak oktan sayısını arttırmak amacı ile izapropanol ise düşük donma sıcaklığı nedeni ile karbüratör buzlanması önlemek amacıyla motorlarda katkı yakıtı olarak kullanılabilir. [17]

1.5.1. Metanol

Metanol, fosil yakıtların yüksek sıcaklık altında su buharı ile ısı işlemleri, doğalgaza birtakım distilasyon işlemleri uygulanması, CO ve H_2 ' nin katalitik ortamda sentezleri gibi birçok teknikle elde edilebilir. Renksiz, saydam, hafif kokulu bir sıvıdır. Kimyasal formülü CH_3OH ' dir.

Metanolun ısı değeri $20,1 \text{ Mj/kg}$ ' dir yani benzine göre epeyce düşüktür. Motorlarda sadece saf metanol kullanıldığında benzine göre yakıt tüketimi artmaktadır. Kendi kendine tutuşma eğilimi düşüktür. Buharlaşma ısı yüksek. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmakta buna karşın volumetrik verimi arttırmaktadır. Metanolun nem tutma özelliği sonucu içerisinde bulunabilecek su nedeniyle yakıt donanımlarında korozyona neden olur. Korozyonu önlemek amacıyla yakıt donanımı koruyucu maddelerle kaplanmalıdır. Bunun sonucunda yakıt tankları daha büyük ve ağır

olur. Bu durum taşıt ağırlığının da artmasına yol açar. Metanolun nem tutma özelliğinin yüksek olması metanol-benzin karışımı olan yakıtlarda faz ayrışmasına neden olur. Üst faz benzince, alt faz alkolce zengin olur. Faz ayrışmasını engellemek amacıyla izopropil alkol gibi katkı maddeleri kullanılır. Metanolun diğer olumsuz bir özelliği de zehirleyici olmasıdır. [5,14]

Metanolun yanması sonucunda su buharı, karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) gazları oluşmaktadır. Metanolun yanma sonu sıcaklıkları düşüktür. Bu nedenle yanma ürünleri içinde daha az oranda CO ve NO_x'ler bulunur ve yanmamış hidrokarbonlar da çok az olur. Metanolun motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımı ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Bu amaçla çeşitli oranlarda metanol-benzin karışımlarının kullanımının motor performansı ve eksoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Birçok metanol yakıtlı taşıt prototipleri geliştirilmiş, hatta günümüzde otomotiv firmaları tarafından üretimine geçilerek kullanımı sağlanmıştır.

1.5.2. Etanol

Etanol patates, tahıllar, şeker kamışı ve şeker pancarı gibi tarım ürünlerinin fermantasyonu sonucu elde edilir. Renksiz ve zehirli olmayan bir alkoldür. Kimyasal formülü C₂H₅OH'dır.

Etanolun ısıl değeri 26,9 Mj/kg'dır ve benzine göre düşüktür. Su ile her oranda karışabilir. Oktan sayısının 110 gibi yüksek bir değer olması buji ateşlemeli motorlarda kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Isıl değeri petrolden düşüktür ancak buharlaşma ısısı yüksektir. Nem tutucu özelliğe sahiptir. İçerisinde bulunabilecek su nedeniyle yakıt donanımı üzerinde korozif etkisi vardır. Bu nedenle yakıt ve emme sistemi koruyucu maddelerle kaplanır. Kolaylıkla su çekmesi etanol ve benzin karışımı olan yakıtlarda faz ayrışmasına neden olur. Benzine katılması yanmayı iyileştirir ve vurutuya dayanımı artırır. Üretimini tarım ürünlerinin yetiştirilmesine bağlı olması; geniş tarım alanlarına sahip ülkeler tarafından yaygın olarak kullanımına olanak sağlar. Brezilya taşıtlarda etanol kullanımında öncü bir ülkedir. Etanolun taşıtlarda kullanılması için uygun oranlar %85 etanol ve %15 benzin karışımıdır.

Temiz yanan bir yakıttır. Yanma sonu sıcaklıklarının düşük olması ve yapısında oksijen bulundurması nedeni ile yanma ürünleri içinde daha düşük oranda azotoksitler (NO_x) ve karbonmonoksit (CO) bulunur. Türkiye'deki güncel yakıt fiyatları göz önüne

alınarak; %(4–6) hacimsel oranlarında etil alkol-benzin karışımlarının buji ateşlemeli motorlarda kullanılabileceği belirtilmektedir.

1.5.3. Tersiyer Bütil Alkol

Tersiyer bütil alkol (TBA) izobütülenin katalitik hidrasyonu sonucu elde edilir. Kapalı formülü $(CH_3)_3OH$ 'dir. Renksiz ve keskin kokulu bir alkoldür. Buji ateşlemeli motorlarda faz ayrışmasını engellemek ve oktan sayısını arttırmak amacıyla katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

TBA alkolünün ısı değeri 32,5 Mj/kg'dir, bu nedenle metanol ve etanolun ısı değerlerinden daha yüksek bir ısı değere sahiptir. Buharlaşma ısısı yüksektir ve bu durum taze dolgunun sıcaklığını düşürerek, silindire daha fazla karışım emilmesini, böylelikle volumetrik verimin artmasını sağlar. Buna bağlı olarak güç de artar. TBA daha çok, 100 gibi yüksek bir oktan sayısına sahip olması nedeniyle buji ateşlemeli motorlarda katkı yakıt olarak tercih edilir. Nem tutucu özelliğe sahiptir ve bu nedenle içerdiği su yakıt ve emme sistemlerinde korozyona neden olabilir.

Bileşiminde bulunan oksijen ve yüksek oktan sayısı nedeniyle yanma iyileşerek yanma ürünlerinde özellikle azotoksitler (NO_x) ve karbonmonoksit (CO) oranlarında azalma sağlar.

1.5.4. Metil Tersiyer Bütil Alkol

Metil tersiyer bütil alkol metanol ve izo bütanın kimyasal bileşiminden elde edilir. Kapalı formülü $C_4H_9OCH_3$ 'dür.

Oktan sayısının 110 gibi yüksek bir değerde olması nedeniyle buji ateşlemeli motorlarda yakıt katkısı olarak kullanılmaya elverişlidir. Hava/yakıt oranı benzine göre düşüktür. Bu nedenle yakıt karışımının fakirleşmesine neden olur. MTBE-benzin karışımlarında faz ayrışımı oluşmaz.

Çabuk buharlaşan ve temiz yanan bir yakıttır. Bu özellikleri nedeniyle eksoz emisyonları değerlerinin azalmasını sağlamaktadır.

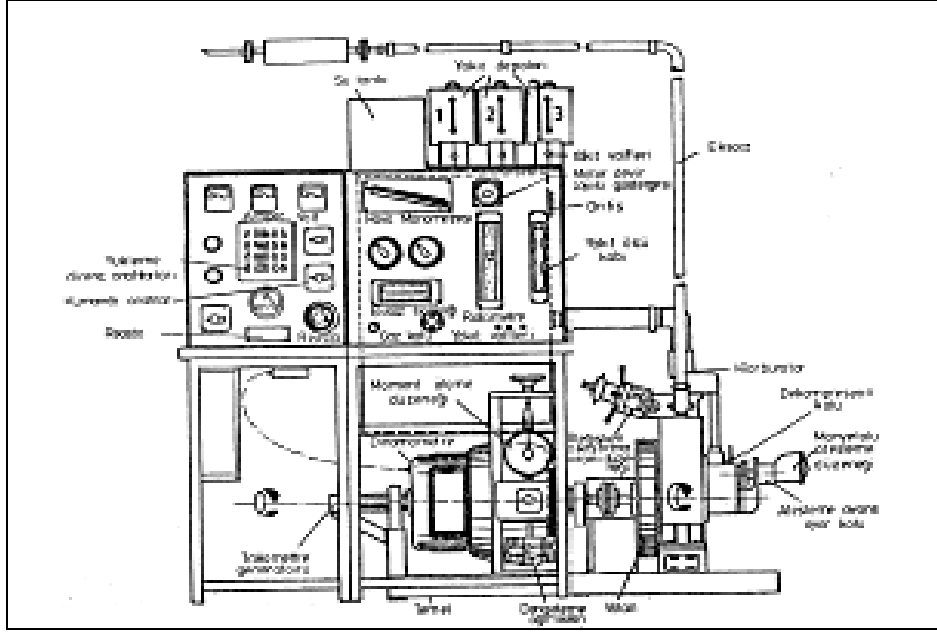
2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Giriş

Yakıt kalitesini arttırabilmek, yakıt tüketimini azaltmak, motor performansını arttırmak ve eksoz emisyonlarını azaltmak amaçları ile benzine birçok kimyasal katkılar eklenebilmektedir. Bu katkı maddeleri yakıtın vurutuya dayanımını arttırmak; buji tırnaklarının ve enjektörlerin kirlenmesini, zank ve tortu oluşumunu, karbüratör buzlanmasını önlemek veya azaltmak için kullanılırlar. Kurşunlu benzin içerisindeki kurşun tetra-etil (TEK) ve kurşun tetra-metil (TMK) katkıları uzun süre kullanıldığında buji tırnaklarının kirlenmesine, silindir yüzeylerinde sıcak korozyona, kanserojen kurşun parçacıklarının oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle de 1970'lerden bu yana doğru kurşunlu benzin yerine kurşunsuz benzin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bugün birçok Avrupa ülkesinde kurşunsuz benzin kullanımı yasalarla zorunlu hale gelmiştir. Günümüzde oktan sayısını arttırabilmek için yapısında oksijen içeren örneğin; metanol, etanol, TBA, MTBE vb. gibi alkoller ve eterler kullanılmaya başlanmıştır. Sunulan deneysel çalışmada ise; benzinin vurutu dayanımını arttırmak için kullanılan bu katkılar yerine naftalin ve TBA kullanılarak motor performansı ve emisyonları üzerindeki etkilerinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

2.2. Deney Düzeneği

Sunulan çalışmada tüm deneyler Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Tecquipment (İngiltere) firmasının üretimi olan tek silindirli, dört zamanlı, su soğutmalı, sıkıştırma oranı değiştirilebilen, benzin veya dizel motoru olarak çalışabilen bir motor deney düzeneğinde kullanılmıştır. Söz konusu deney düzeneğinin genel görünüşü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin genel görünüşü [15]

Deney düzeneği; başlıca bir deney motoru, elektrik dinamometresi, ölçme ve kumanda ünitesinden oluşmaktadır.

Deney motoru, motor kafasının değiştirilmesi ile benzin veya dizel motoru olarak çalıştırılabilmektedir. Sıkıştırma oranı, motor kafasında bulunan vidalı silindirik bir parçanın çevrilerek yanma odasına sokulup çıkarılmasıyla (7,5÷24,5) aralığında ayarlanabilmektedir. Deney motorunun silindir çapı 90mm, strok uzunluğu 120mm, strok hacmi 0,763lt'dir. Motor, benzin motoru olarak çalıştırılmak istenildiğinde emme sistemine eklenen bir karbüratör ve bir manyetolu ateşleme düzeneği kullanılmaktadır. Motorun ilk harekete geçerek volan ve diğer hareketli parçaların kinetik enerji kazanabilmeleri için bir dekompresyon kolu kullanılmaktadır. Dekompresyon kolu ileriye itilerek sabit tutulduğunda eksoz subabı sürekli açık kalarak motorun kolayca hızlanması sağlanmış olmaktadır. Motor miline bağlı bulunan elektrik dinamometresi, motorun ilk harekete geçişinde marş motoru olarak, motor çalıştıktan sonra ise yükleme görevini yapan bir jeneratör olarak görev yapmaktadır.

Elektrik dinamometresinin şehir şebekesinden alınan alternatif akımın bir redresör tarafından doğru akıma çevrilmesiyle marş motoru, kumanda anahtarı jeneratör konumuna getirilerek jeneratör olarak çalışması sağlamaktadır. Jeneratörün ürettiği elektrik enerjisi; kumanda panosundaki bir dizi anahtarların açılıp kapatılmasıyla devreye sokulup

çıkarılabilen elektrik dirençlerinde ısıya dönüştürülerek harcanmaktadır. Böylece motorun istenilen şekilde yüklenmesi sağlamış olmaktadır.

Ölçü aletleri ve kumanda panosu hava, yakıt, soğutma suyu ve eksoz gazları ile ilgili ölçü göstergelerini ve kumanda elemanlarını bulundurmaktadır.

2.3. Motor Deneylerinde Ölçülen Büyüklükler ve Değerlendirilmeleri

Deneylerde ölçülen büyüklükler ve değerlendirilmeleri ile ilgili ayrıntılar Durgun [15] da bulunabilir. Burada hesaplar kısaca tanıtılacaklar. Yakıt karışımları ile ilgili bazı hesap ayrıntıları Durgun [17] gibi kaynaklarda bulunabilir.

2.3.1. Ortam Koşulları

P_o [mmHg] ortam basıncı bir barometre, t_o ve $t_{yaş}$ [°C] ortam sıcaklıkları kuru ve yaş termometreler kullanılarak ölçülmüştür.

2.3.2. Devir Sayısı

n [d/dk] devir sayısı elektrikli takometre aracılığı ile deney düzeneği üzerindeki göstergeden ölçülmüştür.

2.3.3. Yakıt Debisi

Motorun yakıt donanımına eklenen ölçekli kaptan harcanan Δv [cm³] yakıtın Δt [s] harcanma süresi bir süre ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Böylece motorun bir saatte tüketeceği yakıtın kütlesi yani toplam yakıt tüketimi;

$$B \text{ [kg yakıt/saat]} = \frac{\Delta v \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{\Delta t} \cdot \rho_{yakıt} \quad (1)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Ancak burada $\rho_{yakıt}$ yakıt yoğunluğu karışım olmayan yakıtlar için kullanılabilir. Bu nedenle karışım yakıtlar kullanılması durumunda $\rho_{yakıt}$ yakıt

yoğunluğu yerine $\rho_{karışım}$ karışım yakıtın yoğunluğu kullanılmalıdır. Karışım yakıtın yoğunluğu basit bir bağıntıyla hesaplanabilir. $\rho_{karışım}$ karışım yakıtın yoğunluğunun hesaplanması amacı ile,

$$\rho_{karışım} [\text{kg/m}^3] = x_{benzin} \cdot \rho_{benzin} + x_{katki} \cdot \rho_{katki} \quad (2)$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada x terimi katkının hacimsel veya kütleli yüzde oranlarını göstermektedir.

2.3.4. Hava Debisi

Emme havasının debisi, emme sistemine eklenen bir orifis ve manometre düzeneği yardımıyla ölçülmüştür. Emilen hava keskin kenarlı bir orifisten geçerek buradan emme sistemine eklenen büyük hava deposuna girer. Orifisin çapı motorun çalışma koşullarına uygun olarak seçilmelidir. Depo özellikle tek silindirli, dört zamanlı motorlarda emilen hava akımından kaynaklanan akış süreksizliklerinin, titreşimlerin etkisini azaltmak amacıyla kullanılır. Orifise giren ve çıkan havanın basınçları arasındaki fark, orifis girişine yerleştirilen eğik manometreden yükseklik değişimi olarak okunur. Bernoulli denkleminden faydalanılarak elde edilen aşağıdaki bağıntıdan,

$$\dot{m}_{hava} [\text{kg/s}] = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta h \cdot g \cdot \rho_{hava}} \quad (3)$$

havanın kütleli debisi hesaplanır. Burada d [m] orifis çapı, Δh [mmSS] eğik manometrede okunan basınç farkı, g [m/s^2] yer çekimi ivmesi, ρ_{hava} [kg/m^3] havanın yoğunluğudur. ρ_{hava} hava yoğunluğu dış ortam koşullarına bağlı olduğundan ideal gaz denkleminde yararlanılarak,

$$\rho_{hava} = \frac{m}{V_o} = \frac{P_o}{R \cdot T_o} \quad (4)$$

ve

$$\rho_{hava} [\text{kg/m}^3] = \frac{P_o \cdot 10^{-3} \cdot 13,6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6 \cdot g}{R \cdot T_o} \quad (5)$$

bağıntılarından bulunabilir. Burada $R_u = 287$ [j/kgK] üniversal gaz sabitidir.

2.3.5. Moment

Motora bağlanan elektrik dinamometresinin motor ilk harekete geçerken marş motoru, motor çalışırken bir jeneratör görevi yaptığı yukarıda belirtilmişti. Ayrıca kumanda panosundaki anahtarlar istenildiği gibi açılıp kapatılarak motor yükü ayarlanabilmektedir. Elektrik dinamometresinin rotoru motor miline bağlı olarak dönmekte statoru ise rahat hareket etmesini sağlayan yataklar üzerinde bulunmaktadır. Dinamometre çalışırken stator oluşan zıt elektromotor kuvvetinin etkisiyle rotor yönünde dönmeye zorlanır. Statorda oluşan moment motor milindeki döndürme momentine eşittir. Statora etki eden bu moment, bir uçtan moment koluna bağlı olan ve diğer uçtan sabitlenmiş yaylı bir terazi ve moment koluna asılı olan karşı ağırlıklarla dengelenir. S [N] kuvveti yaylı terazi üzerinden ölçülür. Böylece döndürme momentine karşılık gelen F [N] kuvveti ve M_d [Nm] döndürme momenti;

$$F [\text{N}] = W - S \quad (6)$$

ve

$$M_d [\text{Nm}] = F \cdot l \quad (7)$$

bağıntılarından hesaplanabilir.

2.3.6. CO Oranının Belirlenmesi

CO ölçümü basit bir eksoz gazı analizörü ile yapılmıştır. İnce bir plastik hortumun bir ucu eksoz borusu üzerinde bir noktaya sabitlenerek diğer ucu eksoz gazı analizör cihazına bağlanarak eksoz gazlarının içindeki karbon monoksit [CO] oranı cihazın göstergesindeki ibreden ölçülmüştür.

2.4. Motor Karakteristiklerinin Hesaplanması

2.4.1. Döndürme Momenti

Yapılan ölçümler sonucu S [N] yaylı teraziden okunan değer, F [N] döndürme momentini oluşturan kuvvet, W [N] moment koluna asılı olan ağırlık 200 N, l [m] moment kolu uzunluğu 0,3m ise motor çalışırken oluşan M_d döndürme momenti;

$$F \text{ [N]} = W - S \quad (8)$$

ve

$$M_d \text{ [Nm]} = F \cdot l \quad (9)$$

bağıntılarından hesaplanabilir.

2.4.2. Efektif Güç

Döndürme momenti ve devir sayısı bilindiğine göre devir sayısı açısal hız bağıntısından yerine konularak önce motorun açısal hızı hesaplanır. Daha sonra döndürme momenti ve açısal hız kullanılarak efektif güç;

$$N_{e,l} \text{ [kW]} = \frac{M_d \cdot \omega}{1000} \quad (10)$$

ve

$$\omega \left[\frac{1}{s} \right] = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (11)$$

bağıntılarından bulunabilir.

Motor deneylerinin yapıldığı ortamın basıncı ve sıcaklığı ile havanın nemi motor performansını etkileyebilir. Deneyler sırasında standart koşullar ($P_o=1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_o=20^\circ \text{C}$) her zaman sağlanamayacağından deneyin yapıldığı ortamın sıcaklığı, basıncı ve

havanın nemi göz önüne alınarak efektif güç tekrar hesaplanarak standart koşullara dönüştürülmelidir. Bu amaçla önce efektif güç;

$$N_{e,2} [\text{kW}] = N_{e,1} \cdot \frac{1,1013}{P_o} \cdot \sqrt{\frac{T}{293}} \quad (12)$$

bağıntısından yararlanılarak P_o , T_o standart ortam koşullarına dönüştürülür. Ardından deneyler sırasında ölçülen kuru ve yaş termometre sıcaklıkları kullanılarak ve psikometrik diyagramından yararlanılarak x_{nem} nem faktörü belirlenir. Böylece nem düzeltmesi de yapılarak N_e efektif güç;

$$N_e = N_{e,2} \cdot x_{nem} \quad (13)$$

bağıntısından bulunmuş olur.

2.4.3. Ortalama Efektif Basınç

Devir sayısı ve deney motorunun strok hacminin $V_h = 0,763\text{lt}$, silindir sayısının $z = 1, 4$ zamanlı motorlar için $k = 2$ olduğu bilindiğine göre P_{me} ortalama efektif basınç;

$$P_{me} [\text{MPa}] = \frac{N_e \cdot k \cdot 60}{V_h \cdot n \cdot z} \quad (14)$$

bağıntısından hesaplanabilir.

2.4.4. Özgül Yakıt Tüketimi

Motor deneyleri yapılırken motorun 1 saatte tüketeceği yakıtın kütlesi hesaplanmıştır. Efektif güç bilindiğine göre b_e özgül yakıt tüketimi;

$$b_e [\text{kg yakıt/kWh}] = \frac{B}{N_e} \quad (15)$$

bağıntısından belirlenebilir.

2.4.5. Efektif Verim

Özgül yakıt tüketimi bilindiğine göre efektif verim;

$$\eta_e = \frac{3600}{H_u \cdot b_e} \quad (16)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Burada H_u , yakıtın alt ısıl değeridir. Yakıtın alt ısıl değeri Mendeleyev formülünden yararlanarak yani;

$$H_u [\text{Mj/kg yakıt}] = 33,91 \cdot c + 125,6 \cdot h - (o_y - s) - 22,59 \cdot h \quad (17)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Katkı yakıtların ısıl değerleri de; elemansel bileşimleri biliniyorsa yine Mendeleyev formülünden kolayca hesaplanabilir. Karışım yakıtlar için alt ısıl değeri ise;

$$H_{u \text{ karışım}} = \frac{x_{benzin} \cdot \rho_{benzin} \cdot H_{u \text{ benzin}} + x_{katki} \cdot \rho_{katki} \cdot H_{u \text{ katki}}}{x_{benzin} \cdot \rho_{benzin} + x_{katki} \cdot \rho_{katki}} \quad (18)$$

bağıntısından bulunabilir. Burada;

ρ_{benzin} = Benzinin yoğunluğu (kg/lt)

ρ_{katki} = Katkı yakıtın yoğunluğu (kg/lt)

x_{benzin} = Karışımdaki benzinin hacimsel veya kütleli oranı

x_{katki} = Karışımdaki katkı maddesinin hacimsel veya kütleli oranı

$H_{u \text{ benzin}}$ = Benzinin alt ısıl değeri (kj/kg yakıt)

$H_{u \text{ katki}}$ = Katkı maddesinin alt ısıl değeri (kj/kg yakıt)'dır.

2.4.6. Hava Fazlalık Katsayısı

Yapılan ölçümler sonucunda m_{hava} havanın kütleli debisini ve ρ_{hava} yoğunluğunu, B yakıt debisini hesaplamıştık. 1kg yakıtı yakmak üzere gerçekte kullanılan hava miktarının teorik olarak kullanılması gereken hava miktarına oranına hava fazlalık katsayısı denir. Böylece hava fazlalık katsayısı;

$$\alpha = \frac{h}{h_{\min}} \quad (19)$$

bağıntısından kolayca bulunabilir. Burada motorun 1kg yakıtı yakmak için gerçekte kullandığı havanın kütlesi h [kg hava/kg yakıt], gerekli olan minimum havanın kütlesi h_{\min} [kg hava/kg yakıt] dir. Böylece h gerçek hava miktarı;

$$h \text{ [kg hava/kg yakıt]} = \frac{m_{\text{hava}} \cdot 3600}{B} \quad (20)$$

olur. h_{\min} i hesaplamak için gereken O_{\min} minimum oksijen miktarı yakıtın kapalı formülünden yararlanılarak,

$$O_{\min} \text{ [kmol } O_2 \text{/kmol yakıt]} = c + \frac{h}{4} + s - \frac{O_y}{2} \quad (21)$$

şeklinde hesaplanabilir. x_r özgül nemliliğindeki h_{\min} minimum hava miktarı ise;

$$H_{\min} \text{ [kmol hava/kmol yakıt]} = O_{\min} \cdot (1 \text{ kmol } O_2 + 3,762 \text{ kmol } N_2 + 7,657 \cdot x_r \text{ kmol } H_2O) \quad (22)$$

formülünden hesaplanabilir. Böylece kütleli olarak minimum hava miktarı;

$$h_{\min} \text{ [kg hava/kg yakıt]} = H_{\min} \cdot \frac{\mu_{r \text{ hava}}}{\mu_{\text{yakıt}}} \quad (23)$$

bağıntısı kullanılarak bulunabilir. Nemli havanın kilomol kütlesi ise özgül nem ve kuru havanın kilomol kütlesinden faydalanılarak,

$$\mu_{r \text{ hava}} = \mu_{k \text{ hava}} \cdot (1+x_r)/(1+1,608 \cdot x_r) \quad (24)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Kuru havanın kilomol kütlesi $\mu_{k \text{ hava}} = 28,9644$ [kg hava/kmol hava] olarak alınır. Yakıtın kilomol kütlesi kapalı formülünden yararlanılarak;

$$\mu_{yakıt} [\text{kg yakıt/kmol yakıt}] = c. 12,011 + h. 1,008 + o_y. 15,99 \quad (25)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Benzer hesaplamalar yapılarak naftalin ve TBA yakıt katkılarının $O_{min katkı}$, $H_{min katkı}$, $h_{min katkı}$ ve $\mu_{katkı}$ değerleri de bulunabilir. Burada tüm hesaplamalarda naftalin için kütle oranlar, TBA için hacimsel oranlar kullanılmıştır.

Karışım yakıtların minimum hava miktarı ise;

$$h_{min karışım} = \frac{x_{benzin} \cdot \rho_{benzin} \cdot h_{min benzin} + x_{katkı} \cdot \rho_{katkı} \cdot h_{min katkı}}{x_{benzin} \cdot \rho_{benzin} + x_{katkı} \cdot \rho_{katkı}} \quad (26)$$

bağıntısı kullanılarak belirlenebilir. Burada;

ρ_{benzin} = Benzinin yoğunluğu (kg/lt)

$\rho_{katkı}$ = Katkı yakıtın yoğunluğu (kg/lt)

x_{benzin} = Karışımdaki benzinin hacimsel veya kütle oranı

$x_{katkı}$ = Karışımdaki katkı yakıtın hacimsel veya kütle oranı

$h_{min benzin}$ = Benzinin minimum hava miktarı (kg hava/kg yakıt)

$h_{min katkı}$ = Katkı maddesinin minimum hava miktarı (kg hava/ kg yakıt)

dır.

2.5. Yakıtların Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Yakıt karışımının ve benzinin YTL/lt fiyatları, özgül yakıt tüketimleri ve hacimsel oranları bilindiğine göre birim zamanda birim güç başına yakıt karışımının ve benzinin YTL olarak maliyeti için,

$$F_{benzin} [\text{YTL/kWh}] = \sum (x_i \cdot f_i) \cdot \frac{b_{e kararı}}{\rho_{kararı}} \quad (27)$$

$$F_{karışım} [\text{YTL/kWh}] = \frac{f_{benzin} \cdot b_{e benzin}}{\rho_{benzin}} \quad (28)$$

bağıntıları elde edilebilir.[13] Karışımı oluşturan i maddesinin hacimsel oranı;

$$x_i = \frac{V_i}{V_{Toplam}} \quad (29)$$

şeklinde hesaplanabilir. Bağtımda verilen,

$$\begin{aligned} f_{benzin} &= \text{Benzinin litre fiyatı (YTL/lit)} \\ f_{katki} &= \text{Katkı yakıtın litre fiyatı (YTL/lit)} \\ \rho_{benzin} &= \text{Benzinin yoğunluğu (kg/m}^3\text{)} \\ \rho_{katki} &= \text{Karışımındaki katkı yakıtın yoğunluğu (kg/m}^3\text{)} \\ b_{e\ benzin} &= \text{Benzinin özgül yakıt tüketimi (kg yakıt/kWh)} \\ b_{e\ karışım} &= \text{Karışımın özgül yakıt tüketimi (kg yakıt/kWh)} \end{aligned}$$

dir.

Yakıt karışımının benzinin maliyetine göre değişiminin benzinin maliyetine oranı;

$$\frac{\Delta F}{F_{benzin}} = \frac{F_{karışım} - F_{benzin}}{F_{benzin}} = \frac{\sum (x_i \cdot f_i) \cdot b_{e\ karışım} - f_{benzin} \cdot b_{e\ benzin}}{\rho_{katki} \cdot b_{e\ benzin}} \quad (30)$$

şeklinde ifade edilir. Bağtımda $\rho_{karışım} = \sum (x_i \cdot \rho_i)$ yerine yazılarak düzenlenirse;

$$\frac{\Delta F}{F_{benzin}} = \frac{F_{karışım} - F_{benzin}}{F_{benzin}} = \frac{\sum \left(x_i \cdot \frac{f_i}{f_{benzin}} \right) \cdot \frac{b_{e\ karışım}}{b_{e\ benzin}}}{\sum \left(x_i \cdot \frac{\rho_i}{\rho_{benzin}} \right)} - 1 \quad (31)$$

elde edilir. $r_i = \frac{f_i}{f_{benzin}}$ ve $s_i = \frac{\rho_i}{\rho_{benzin}}$ yazılarak toplam karışımındaki yakıt sayısı $n = 2$ ($i =$

1,2) için tekrar düzenlenirse;

$$\frac{\Delta F}{F_{benzin}} = \frac{F_{karışım} - F_{benzin}}{F_{benzin}} = \frac{(x_1 + x_2 \cdot r_2) \cdot \frac{b_{e\ karışım}}{b_{e\ benzin}}}{x_1 + x_2 \cdot s_2} - 1 \quad (32)$$

elde edilir. Son bağıntıda $\Delta b_e = b_e \text{ karışım} - b_e \text{ benzin}$ yerine yazılarak Durgun [5] tarafından verilmiş olan genel bağıntı;

$$\frac{\Delta F}{F_{benzin}} = \frac{F_{karışım} - F_{benzin}}{F_{benzin}} = \frac{x_1 + \sum_2^n (x_i \cdot r_i)}{x_1 + \sum_2^n (x_i \cdot s_i)} \cdot \left(1 + \frac{\Delta b_e}{b_{e \text{ benzin}}} \right) - 1 \quad (33)$$

şeklinde elde edilir.

Genel bağıntının sonucu 100 ile çarpıldığında elde edilen pozitif (+) sayısal değerler yakıt maliyetinin artış yüzdesi, negatif (-) sayısal değerler ise yakıt maliyetinin düşüş yüzdesi anlamına gelmektedir.

2.5.1. Naftalin-Benzin Karışımlarının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Yakıt karışımlarının ve benzinin YTL/lit fiyatları, özgül yakıt tüketimleri ve gerçek kütleli oranları bilindiğine göre naftalin ve benzinin 1kg üzerinden maliyet hesabı yapılabilir. Naftalinin kilogram fiyatı 4YTL/kg'dır. Kullanılan 95 oktanlı kurşunsuz benzinin Trabzon'da, Ocak 2007 deki petrol ofisi pompa fiyatı ise 2,77YTL/lit dir. Öncelikle benzinin kilogram fiyatı;

$$1\text{kg benzinin fiyatı} = \frac{\text{fiyat}}{g} = \frac{2,77}{0,765} = 3,6209 \text{ YTL/kg}$$

olarak elde edilir. Böylece $r_i = \frac{f_i}{f_{benzin}}$ fiyatların oranı ve $s_i = \frac{\rho_i}{\rho_{benzin}}$ yoğunlukların oranı hesabına geçilebilir. Örneğin aşağıdaki gibi bir fiyat karşılaştırması yapılabilir. Böylece kolayca,

$$r_i = \frac{4}{3,6209} = 1,1046 \text{ ve } s_i = \frac{1,03}{0,765} = 1,3464$$

bulunur. Son olarak da özgül yakıt tüketimi oranı $\Delta b_e = b_{e \text{ karışım}} - b_{e \text{ benzin}}$ bağıntısından yararlanarak hesaplanır. Bağıntıdaki $b_{e \text{ benzin}}$ ve $b_{e \text{ karışım}}$ değerleri sıkıştırma oranı 9 için ve nominal devir olarak seçtiğimiz 1300d/dk için deney verilerinin belirlenmesi sonucu bulunan özgül yakıt tüketimi değerleri kullanılarak hesaplama yapılır. Ayrıca burada %2 naftalin için $b_{e \text{ karışım}}$ değeri kullanılmıştır. Gerekli düzenlemeler sonunda,

$$\Delta b_e = 367,13 - 370,41 = -3,28 \text{ kg yakıt/kWh}$$

elde edilir. Buradaki x_i değerleri ana yakıt ve karışım yakıtın gerçek kütleli oranlarıdır. Son olarak bulunan sonuçlar,

$$\frac{\Delta F}{F_{\text{benzin}}} = \frac{F_{\text{karışım}} - F_{\text{benzin}}}{F_{\text{benzin}}} = \frac{x_1 + x_2 \cdot r_2}{x_1 + x_2 \cdot s_2} \cdot \left(1 + \frac{\Delta b_e}{b_{e \text{ benzin}}} \right) - 1$$

bağıntısında yerine yazılarak;

$$\frac{\Delta F}{F_{\text{benzin}}} = \frac{98,039 + 1,961 \cdot 1,1046}{98,039 + 1,961 \cdot 1,3464} \cdot \left(1 + \frac{-3,28}{370,41} \right) - 1 = -1,3523 \cdot 10^{-2}$$

hesaplanır. $\frac{\Delta F}{F_{\text{benzin}}}$ nin 100 ile çarpılması sonunda (-) değer bulunması karışım yakıtımızın yakıt maliyetinin % 1,3523 oranda azalttığını göstermektedir. Naftalin karışım oranlarına ilişkin maliyet analizi sonuçları Ek Tablo 6'da verilmiştir.

2.5.2. TBA- Benzin Karışımlarının Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Bölüm 7.1 de açıklanan maliyet hesabına benzer şekilde TBA-benzin yakıt karışımları için gerçek hacimsel değerleri kullanılarak yapılabilir. Yakıt karışımının ve ana yakıtın YTL/lt fiyatları, özgül yakıt tüketimleri ve gerçek hacimsel oranları bilindiğine göre TBA ve benzinin 1lt başına maliyet hesabı yapılabilir. Örneğin aşağıdaki gibi bir fiyat karşılaştırması yapılabilir; Trabzon'da, Ocak 2007 de TBA'nın fiyatı 12,5YTL/lt'dir. Benzinin fiyatı 2,77YTL/lt'dir. Böylece fiyat ve yoğunluklar oranlarının hesapları yapılırsa,

$$r_i = \frac{12,5}{2,77} = 4,5126 \text{ ve } s_i = \frac{0,789}{0,765} = 1,0313$$

olarak bulunur. Son olarak özgül yakıt tüketimi oranı $\Delta b_e = b_{e \text{ karışım}} - b_{e \text{ benzin}}$ bağıntısından yararlanarak hesaplanır. Burada $b_{e \text{ benzin}}$ ve $b_{e \text{ karışım}}$ değerleri sıkıştırma oranı 9 ve nominal devir olarak seçtiğimiz 1400d/dk için deneysel verilerin belirlenmesi sonucu bulunan özgül yakıt tüketimi değerleri kullanılarak hesaplanabilir. Burada $b_{e \text{ karışım}}$ değeri %1 TBA için seçilmiştir.

$$\Delta b_e \text{ (kg yakıt/kWh)} = 350,75 - 370,2 = -19,45$$

olarak elde edilir. Buradaki x_i değerleri ana yakıtın ve karışım yakıtının gerçek hacimsel oranlarıdır. Böylece elde edilen sonuçlar,

$$\frac{\Delta F}{F_1} = \frac{F_{karışım} - F_1}{F_1} = \frac{x_1 + x_2 \cdot r_2}{x_1 + x_2 \cdot s_2} \cdot \left(1 + \frac{\Delta b_e}{b_{e1}}\right) - 1$$

bağıntısında yerine konursa;

$$\frac{\Delta F}{F_{benzin}} = \frac{99,009 + 0,991 \cdot 4,5126}{99,009 + 0,991 \cdot 1,0313} \cdot \left(1 + \frac{(-20,73)}{374,03}\right) - 1 = -1,9862 \cdot 10^{-2}$$

Olarak hesaplanır. $\frac{\Delta F}{F_{benzin}}$ 100 ile çarpılarak bulunan sonucun (-) olması; karışım yakıtımızın benzine oranla yakıt maliyetinde %1,9862 oranında düşüş sağladığını göstermektedir. TBA karışım oranlarına ilişkin maliyet analizi sonuçları Ek Tablo 7'de verilmiştir.

2.6. Motor Deneyleri

Deneylerin tümü Şubat 2006'da K.T.Ü Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce ortam sıcaklığı ve basıncı, kuru ve yaş termometre sıcaklıkları

ölçülmüştür. Tüm ölçümler her sıkıştırma oranı için tekrarlanmıştır. Deney yakıtı veya karışımları uygun oranlarda hazırlanarak yakıt deposuna doldurulmuştur. Deneylere önce kurşunsuz benzinle başlanmıştır. Deneylere kurşunsuz benzine TBA katkı yakıtı hacimsel olarak %1, %2, %3, %4 oranlarında, naftalin katkı yakıtı ise kütleli olarak %2, %4, %6, %8 oranlarında katılarak devam edilmiştir. Deney düzeneği üzerindeki ölçü ünitesinde gerekli ayarlar ve kumandalar yapıldıktan sonra sıkıştırma oranı (8÷10) ve ateşleme avansı (10°KMA) şeklinde ayarlanarak deney motoru çalıştırılmıştır. Motor çalıştırdıktan sonra soğutma suyu sıcaklığı 50°C'ye ulaşınca kadar beklenmiştir. Motor tam gazda kararlı çalışmaya başladığında devir sayısı 900d/dk'dan başlanarak her aşamada n=100d/dk arttırılarak son olarak n=1600d/dk ya kadar deney verileri okunmuştur. Deneyler boyunca soğutma suyu sıcaklığının 85°C'nin üzerine çıkmaması; elle kumanda edilen bir vana aracılığıyla şehir şebekesinden su verilerek sağlanmıştır.

Deneylerde hazırlanan yakıt karışımlarının gerçek karışım yüzdeleri Tablo 1-2'de sunulmuştur.

Tablo 1. Kurşunsuz benzin ve TBA karışımının gerçek hacimsel yüzdeleri

Yakıt karışımı	K. Benzin (G.hacimsel %)	TBA (G.hacimsel %)
% 1	99,009	0,991
% 2 TBA+K.Benzin	98,039	1,961
% 3	97,087	2,913
% 4	96,154	3,846

Tablo 2. Kurşunsuz benzin ve naftalin karışımının gerçek kütleli yüzdeleri

Yakıt karışımı	K. Benzin (G.kütleli %)	Naftalin (G.kütleli %)
% 2	98,039	1,961
% 4 Naftalin+K.Benzin	96,154	3,846
% 6	94,340	5,660
% 8	92,592	7,408

2.7. Kullanılan Deney Yakıtları Ve Özellikleri

Bu bölümde deneylerde kullanılan yakıtlara ilişkin kısaca bilgi verilecektir. Konunun ayrıntıları [2,5,14,18] gibi kaynaklardan bulunabilir.

2.7.1. Kurşunsuz Benzin

Deneysel çalışmada ana yakıt olarak Petrol Ofisi tarafından satılan kurşunsuz benzin kullanılmıştır. Benzin ham petrolün damıtılması yoluyla elde edilir. Çok sayıda hidrokarbondan meydana gelir. Başlıca bileşenleri olefinler, parafinler, aromatlardır. Benzin için uçuculuk önemli bir özelliktir. Benzin yapısında bulunan en uçucu birleşikten başlayarak buharlaşır. Bu nedenle tek bir kaynama noktası yoktur. Benzin iklim koşullarına ve vuruşta özelliğine göre uygun şekilde seçilir. Kış benzininin daha uçucu yani hava ile daha kolay buharlaşarak tutuşabilir özellikte bir karışım oluşturması, buji ateşlemeli motor yakıtları için önemlidir. Az uçucu yakıtlar kolay yoğunlaşarak silindirlerin emme kanallarına yapışır ve fakir karışım oranlarının oluşmasına neden olur. Çok uçucu yakıtlar ise, özellikle yazın yerel sıcaklık farklarından dolayı buharlaşarak sıvı benzin akışını engellerler, yani buhar tıkaçına yol açarlar.

Buji ateşlemeli motorlarında yanma, sıkıştırma zamanının sonuna doğru, bujinin tırnakları arasında oluşan elektrik kıvılcımıyla başlar. Oluşan küresel alev cephesi ilerlerken yanma odasının basınç ve sıcaklığının artması nedeniyle alev cephesinin henüz ulaşmadığı bölgelerde kendi kendine tutuşma ile ikinci bir yanma bölgesi oluşabilir. Bu iki yanma cephesinin karşılıklı ilerlemeleri sonucu yanma hızı 300-350m/s'ye ve yanma odası basıncı 9-12MPa değerine ulaşabilir. Bu basınç artışı bir ses dalgası şeklinde de kendini gösterir. Bu basınç artışları motordan metalik sese benzeyen bir sesin duyulmasına neden olur ve vuruşta diye adlandırılır. Yüksek yanma sonu sıcaklıkları parçalanma reaksiyonlarının artmasına ve yanma ürünleri içinde daha fazla oranda CO, NO_x, C_xH_y gibi çoğu zehirli yarı yanmış veya yanmamış bileşiklerin bulunmasına yol açar. Bu da hem eksoz kirliliğini hem de yakıt tüketimini artırır. Öte yandan ani basınç artışıyla oluşan titreşimler dolayısıyla yakıt tüketimi artar. Darbelerin etkisiyle motor pistonu ve yatakları yorulur. Gazlardan çeperlere ısı geçişi artar. Bu durum da supapların ve silindir kafasının ergimesine yol açar. Bu nedenle yakıtların vuruşta dayanımlarının yüksek olması istenir.

Vuruntuya dayanımı arttırmak amacı ile benzine bazı katkı maddeleri katılmaktadır. Başlangıçta yaygın olarak; kurşuntetraetil ($Pb(C_2H_5)_4$), kurşuntetrametil ($Pb(CH_3)_4$), demirpentakarboksit ($Fe(CO)_5$) vb. gibi katkı maddeleri kullanılmaktaydı. Kurşunlu yakıtlardan zehirleyici ve kansorejen etkileri nedeniyle kullanımından zamanla vazgeçilmiştir. Böylece günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı yaygınlaşmıştır. Ayrıca oksijenli bileşiklerden olan alkoller ve eterler de oktan sayısını yükseltici ve eksoz emisyonu değerlerini düşürücü özelliklerinden dolayı motorlarda yakıt katkısı olarak kullanılmaktadırlar. Bunun dışında vuruntuyu önlemek amacıyla sıkıştırma oranının fazla yüksek seçilmesi, bujinin eksoz subabına yakın bir konuma yerleştirilmesi, yanma odası şeklinin karışımın homojen olarak dağılımını sağlayacak şekilde tasarlanması, soğutma donanımının iyileştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca benzinin içerisindeki yapışkan madde miktarının az olmalı, benzin geçtiği boru ve kanallarda korozyona neden olmamalı, kükürt ve su oranı düşük olmalıdır.

Sunulan deneysel çalışmada kullanılan ana yakıtta (kurşunsuz benzine) ilişkin bazı özellikler Tablo 3'te verilmiştir.

Önceden de belirtildiği gibi; bu deneysel çalışmada katkı yakıtı olarak katı naftalin ve tersiyer bütül alkol kullanılmıştır.

Tablo 3. Kurşunsuz benzinin kimyasal ve fiziksel özellikleri [5]

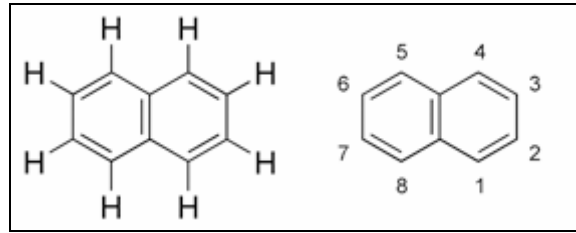
Kapalı formülü		$C_{6-8,3}H_{13,1-18}$
Molekül kütlesi	kg/kmol	86–115
Yoğunluğu	kg/m ³	*0,765
Stokiyometrik karışım için hava/yakıt oranı		14,5
Kurşun içeriği	gPb/lt	**0,013
Kükürt içeriği	% ağırlık	0,005
Alt ısı değeri	Mj/kg	*43,472
Buharlaştırma ısısı	kJ/kg	300–350
Kaynama noktası	°C	26,7–225
Oktan sayısı		
ROS		**95
MOS		**85

*K.T.Ü, Kimya Bölümü'nde deneyler sonucu elde edilen değerler

**TÜPRAŞ'a ait katalogdan alınan değerler

2.7.2. Naftalin

Karışım için kullanılacak naftalin Trabzon da şehir içersinde bir tuhafiye dükkânından temin edilmiştir. Naftalin keskin kokulu, beyaz renkte, pulumsu yapıda bir maddedir. Genellikle böcekleri ortamdan uzak tutmak için ve koku giderici olarak kullanılmaktadır. Sanayide eritici, yakıt ve boya hammaddesi olarak; ayrıca eczacılık ve parfümeride ise ara madde olarak kullanılmaktadır. Naftalin fosil yakıtların doğal bir bileşenidir. Isıl ve katalitik parçalanma sırasında düşük sıcaklıklarda elde edilir. Naftalin aromatik bir hidrokarbondur. Aromatlar aynı zamanda buji ateşlemeli motorlarda oktan sayısını arttırmak amacıyla motor yakıtına karıştırılabilmektedir. Kapalı formülü $C_{10}H_8$ 'dir. İki benzen halkasının birbirine bağlanmasıyla oluşur. Açık kimyasal formülü Şekil 2'de gibidir.



Şekil 2. Naftalinin kimyasal yapısı

Naftalin katı fazdan, sıvı faza geçmeden buharlaşarak, gaz faza geçer. Bu özelliğe süblimleşme denilir. Naftalinin bir türevi olan α -metil-naftalin sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda (dizel motorlarında) setan sayısının ölçümünde karşılaştırma yakıtı olarak kullanılır ve setan sayısı 0 olarak alınır. Molekül kütlesi en yüksek yakıtlardandır. Buhar basıncı yüksek olduğundan çok kolay buharlaşır. Kendi kendine tutuşma özelliği düşüktür. Isıl değerleri benzine göre düşüktür. Ayrıca yanma sırasında is oluşur. Aşırı çözünürlüğü nedeniyle contaların bozulmasına neden olabilir. Diğer yakıtlardan daha fazla su tutucu özelliğe sahiptir. Yakıt bünyesinde tutulan su, düşük sıcaklıklarda donarak özellikle uçak motorlarında arızalara yol açmaktadır. Hava ile karıştığında yanıcı bir karışım oluşturur. Ayrıca benzin, alkol, eter ve asetonun içersinde çözünebilir. Buna karşılık suda az çözünür. Kanserojen yakıtlardır. Uzun süre solunması sakıncalıdır.

Deneylerde katkı maddesi olarak kullanılan katı naftaline ait bazı özellikler Tablo 4'te verilmiştir.

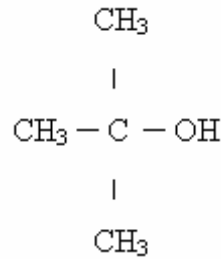
Tablo 4. Naftalinin kimyasal ve fiziksel özellikleri [2,20]

Kapalı formülü		C ₁₀ H ₈
Molekül kütlesi	kg/kmol	128,17
Yoğunluğu	kg/m ³	*1,030
Isıl değerleri		
Üst ısıl değeri	Mj/kg	40,263
Alt ısıl değeri	Mj/kg	30,493- * 41,800
Buhar basıncı	mm/Hg	0,087
Kaynama noktası	⁰ C	218
Donma noktası	⁰ C	80–82
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı	⁰ C	526
Parlama noktası	⁰ C	78,89
Çözünürlük		Alkol, eter

*K.T.Ü, Kimya Bölümü'nde deneyler sonucu elde edilen değerler

2.7.3. Tersiyer Bütil Alkol (TBA)

Sunulan çalışmada karışım için kullanılan TBA, %99 saflıktadır ve Merck firmasından sağlanmıştır. Kapalı formülü (CH₃)₃OH'dır ve renksiz, keskin kokulu bir alkoldür. Buji ateşlemeli motorlarda faz ayrışmasını engellemek ve oktan sayısını arttırmak amacıyla katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında boya maddelerini temizlemede, bazı kimyasal maddelerin senteziyle tat verici olarak ve parfüm sanayisinde kullanılmaktadır. İzobütülenin katalitik hidrasyonu sonucu elde edilebilir. TBA'nın açık kimyasal formülü Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. TBA'nın kimyasal yapısı

TBA'nın donma sıcaklığı 25⁰C, kaynama sıcaklığı 82⁰C'dir. Oda sıcaklığında katı fazda bulunur. Isıl değeri metanol ve etanolden yüksektir. Bileşiminde bulunan oksijen nedeniyle yanması için benzine göre daha az miktarda hava gerektirir. Üst Isıl değeri benzinden daha düşüktür. TBA daha çok, yüksek oktan sayısı nedeniyle buji ateşlemeli motorlarda tercih edilmektedir. Nem tutma özelliği vardır. İçerdiği su nedeniyle yakıt ve emme sistemlerinde korozyona neden olabilir.

Deneysel çalışmada kullanılan diğer bir madde olan TBA'e ait bazı özellikler Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Tersiyer bütül alkolün kimyasal ve fiziksel özellikleri [19]

Kapalı formülü		(CH ₃) ₃ OH
Molekül kütlesi	kg/kmol	74,12
Yoğunluğu	kg /m ³	*0,789
Alt Isıl değeri	Mj/kg	32,5- *35,174
Oksijen oranı		21,6
Stokiyometrik karışım için hava/yakıt oranı		11,2
Gizli buharlaşma ısısı	MJ/kg	0,57
Kaynama noktası	⁰ C	82,9
Donma noktası	⁰ C	25,7
Çözünürlük		Su, alkol, eter
Oktan sayısı		
ROS		105
MOS		95

*K.T.Ü, Kimya Bölümü'nde deneyler sonucu elde edilen değerler

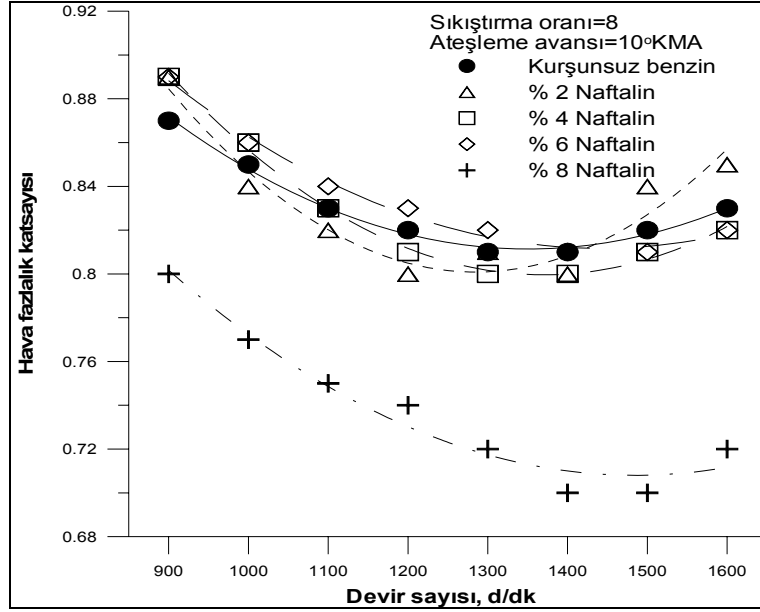
3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1 Motor Performans Sonuçlarının İrdelenmesi

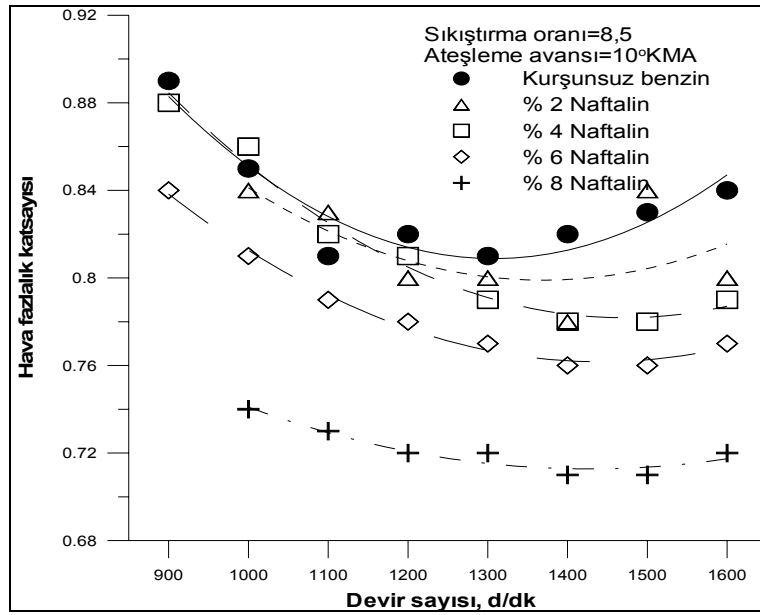
Sunulan çalışmada deneylerde ölçülen değerler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen döndürme momenti, efektif güç, ortalama efektif basınç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim gibi motor performansını gösteren büyüklükler grafikler şeklinde gösterilmiştir. Buna ek olarak İlaveten motor performans değerleri ile ilişkili olan hava fazlalık katsayısı ve eksoz sıcaklığı gibi değerlere de sonuçlara da yer verilmiştir. Bütün bu parametrelerin değişimleri ve birbirleri üzerindeki etkileri, benzin ve tüm yakıt karışımları için değişik devir sayıları, sıkıştırma oranları ve katkı miktarları gibi farklı koşullarda irdelenmiştir.

3.1.1 Değişken Devir Sayılarında Motor Performans Sonuçlarının İrdelenmesi

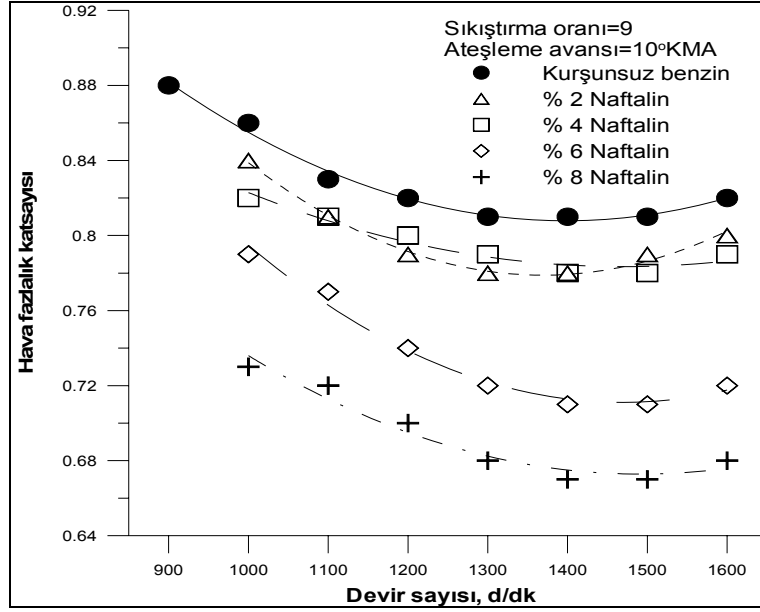
Bu bölümde döndürme momenti, efektif güç, ortalama efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, hava fazlalık katsayısı ve eksoz sıcaklığı gibi parametrelerin her biri için değişken devir sayılarında, yakıt ve yakıt karışımları sonuçlarının değişimleri irdelenecektir.



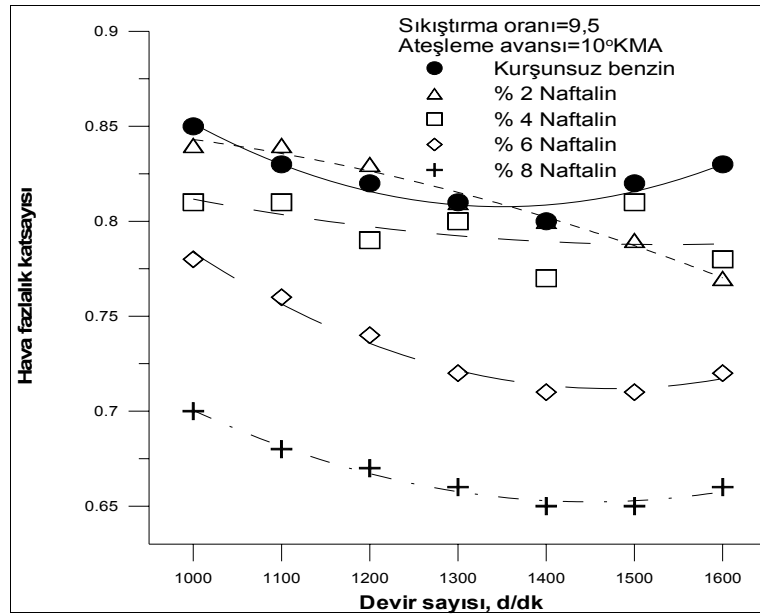
Şekil 4. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri



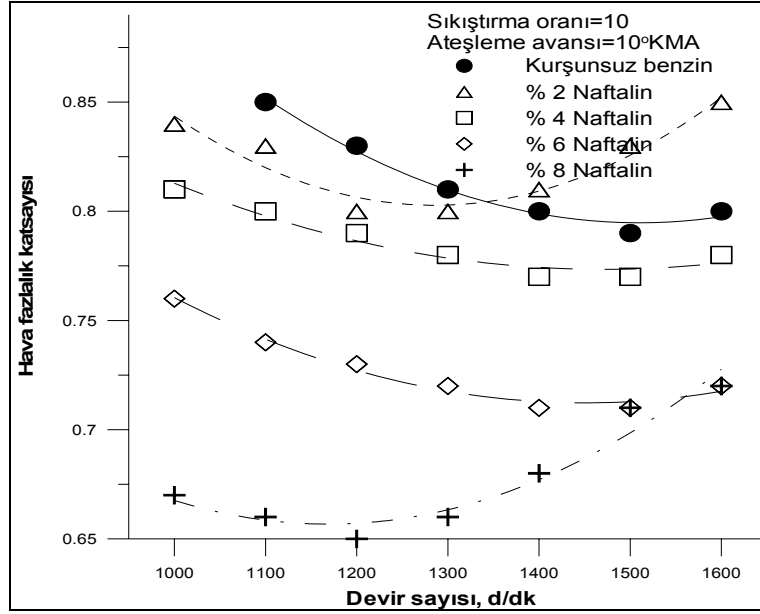
Şekil 5. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 6. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri

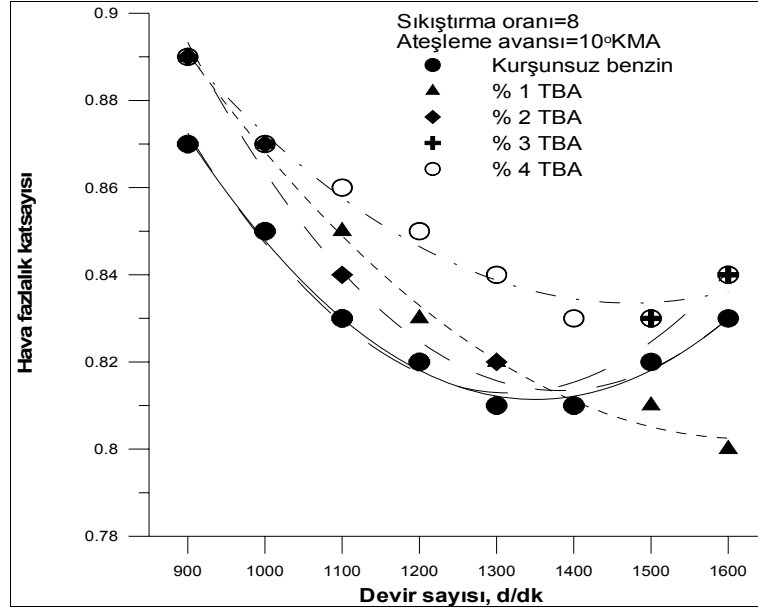


Şekil 7. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri

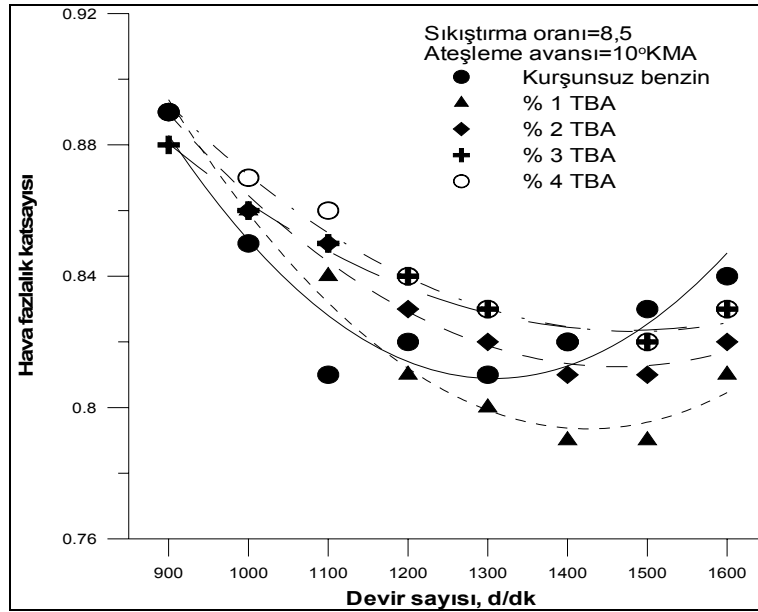


Şekil 8. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri

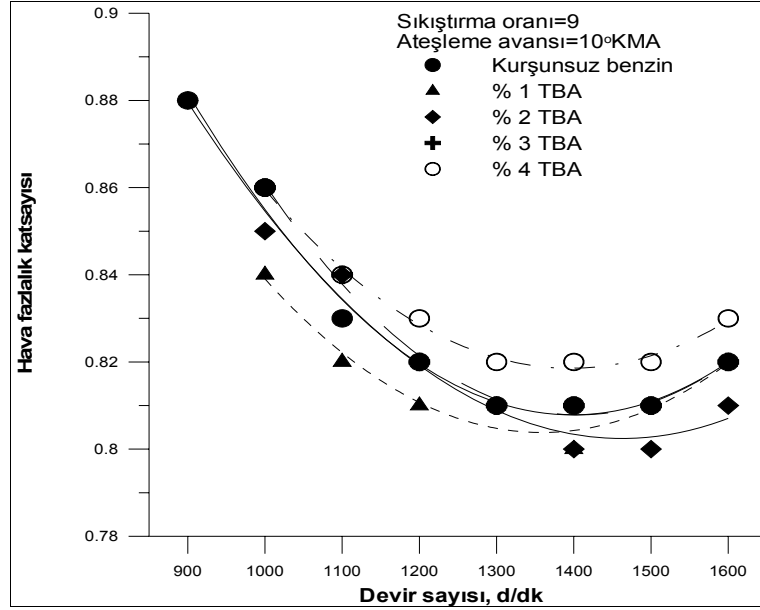
Şekil 4 – Şekil 8’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler sunulmuştur. Hava fazlalık katsayısına ilişkin eğriler incelendiğinde, devir sayısı arttıkça belli bir devire kadar azalma ve daha sonra artan karakterde eğriler elde edildiği görülür. $n=900-1000$ d/dk devir sayısı durumunda hava fazlalık katsayısı en yüksek değerleri almıştır. Sıkıştırma oranı arttıkça hava fazlalık katsayısı değerleri düşmektedir. Naftalin karışımları için eğrilere oranlarına bakıldığında sıkıştırma oranı arttıkça hava fazlalık katsayısı değerlerinin azaldığı görülebilir. Bu durum; naftalinin karbon (C) ve hidrojen (H) atomlarından oluşması nedeniyle silindire emilen yakıt karışımının karbonca zengin olmasından ve yanma işlemi sırasında daha fazla oksijene gereksinim duymasından ileri gelmektedir. Emilen hava yeterli olmadığı için karışım zenginleşmekte böylece hava fazlalık katsayısı azalmaktadır.



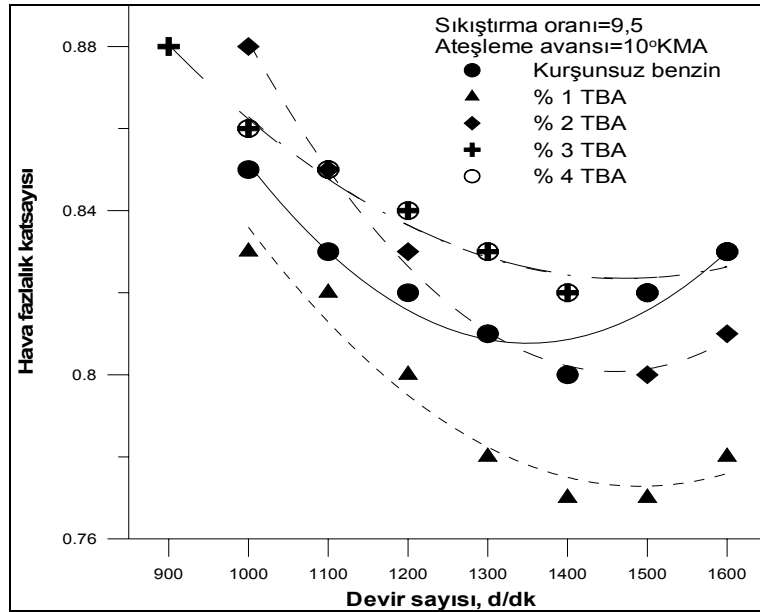
Şekil 9. $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri



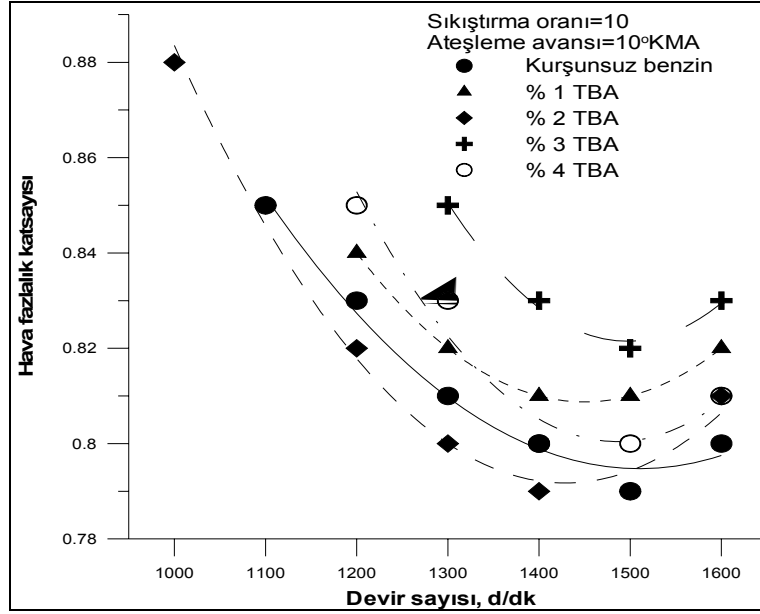
Şekil 10. $\varepsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 11. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri

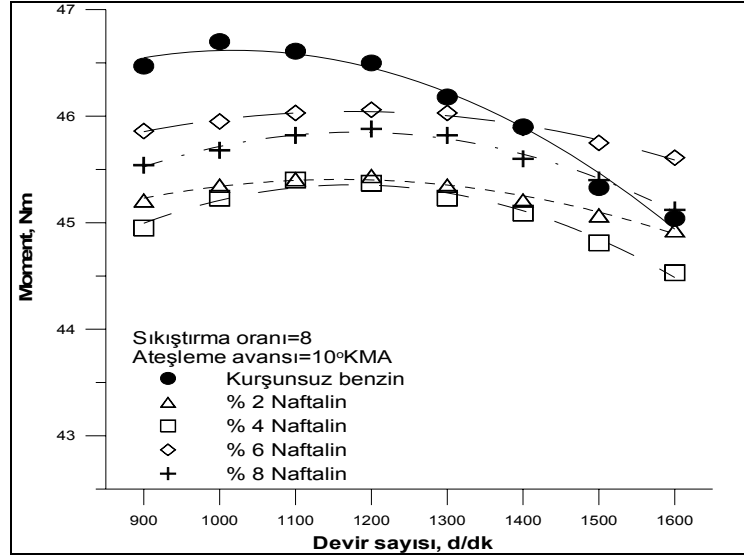


Şekil 12. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri

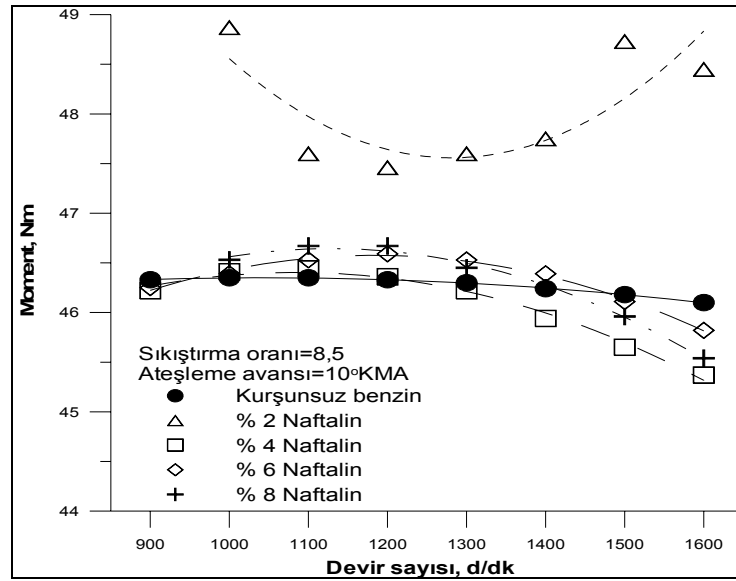


Şekil 13. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimleri

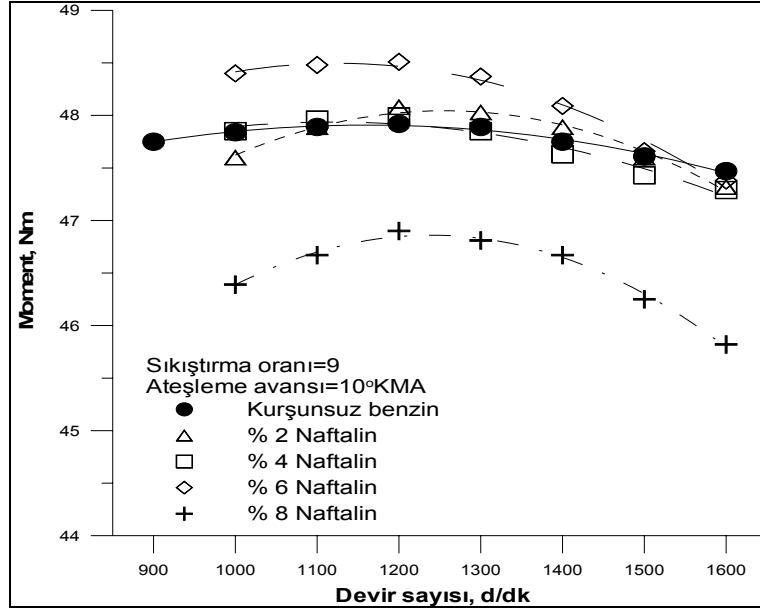
Şekil 9 – Şekil 13'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının devir sayısına göre değişimlerini gösteren grafikler verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, tersiyer bütül alkol oranı arttıkça hava fazlalık katsayısında genel olarak artış olduğu görülebilir. Devir sayısı arttıkça hava fazlalık katsayısı belli bir devire kadar azalmakta bu devirden sonra biraz artmaktadır. Özellikle TBA karışımları için hava fazlalık katsayısı en yüksek değerlerini $n=900-1000$ d/dk, en düşük değerlerini ise $1400-1500$ d/dk da almaktadır. Ancak bu artışlar düşük oranlarda olmuştur. Bunun nedeni TBA'ün kurşunsuz benzine göre daha yüksek hava-yakıt oranına sahip olmasıdır. Hava fazlalık katsayısındaki artış hava-yakıt karışımının fakirleşmesine neden olmaktadır. TBA'nın normal atmosfer koşullarında katı halde bulunmasına rağmen alkoller, genel olarak buharlaşma ısılarının yüksek olması nedeniyle emme işlemi sırasında, silindire emilen dolgunun sıcaklığını düşürmektedir. Bu düşüş hava-yakıt karışımı içerisindeki havanın yoğunluğunun artmasına neden olur. Böylece hava miktarı artışı hava fazlalık katsayısının artmasına yol açmaktadır. Tüm çalışma koşullarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısı değerlerinde kurşunsuz benzine göre arttığı belirlenmiştir.



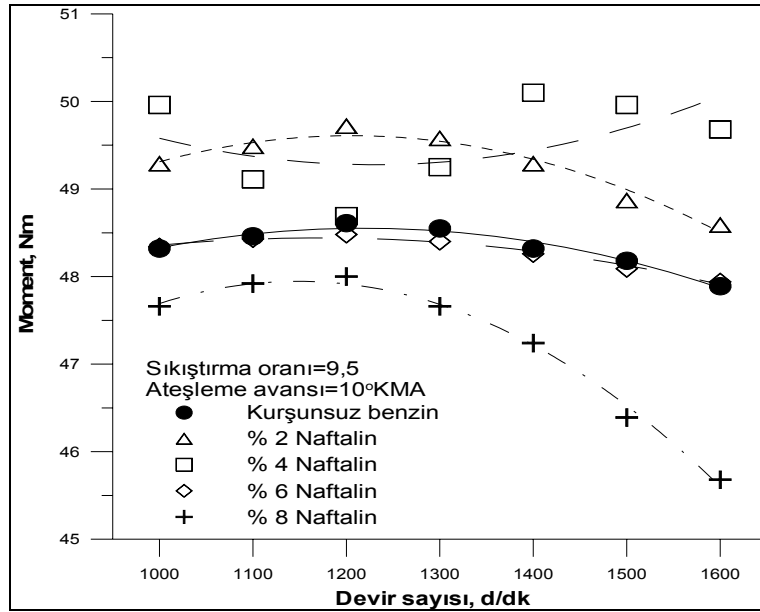
Şekil 14. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri



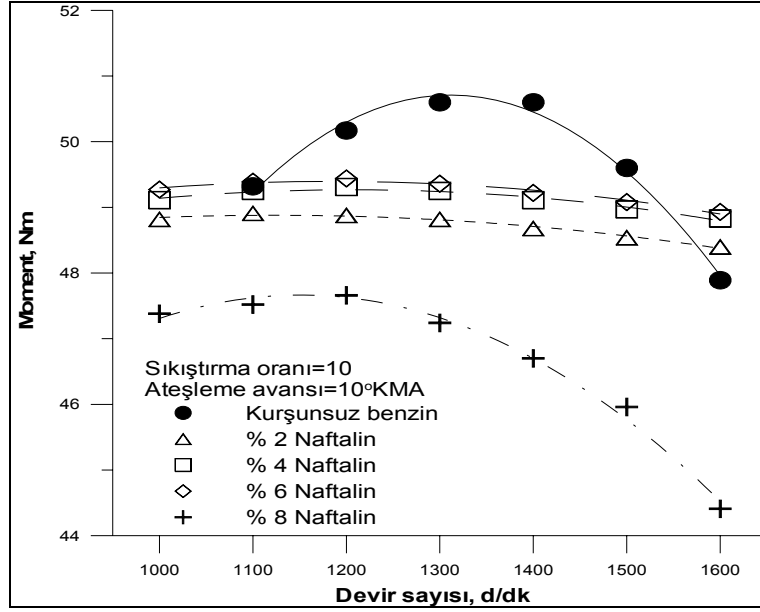
Şekil 15. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 16. $\varepsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri

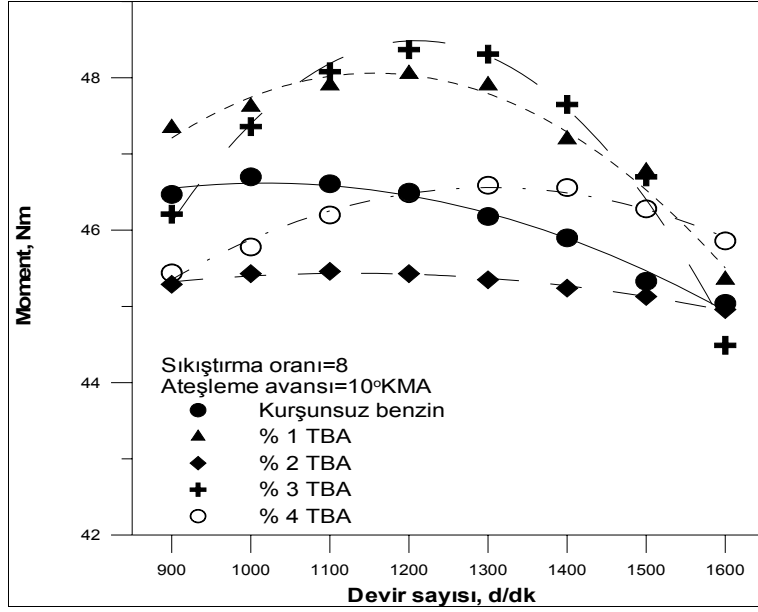


Şekil 17. $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri

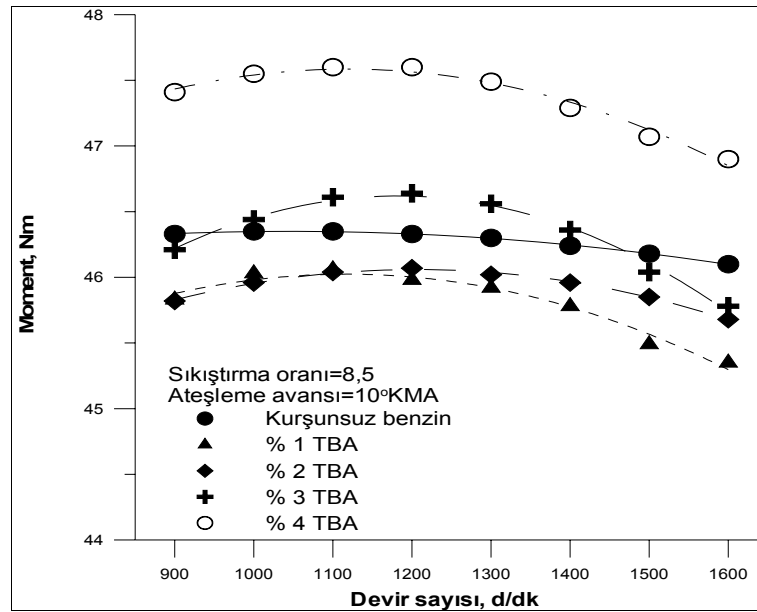


Şekil 18. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri

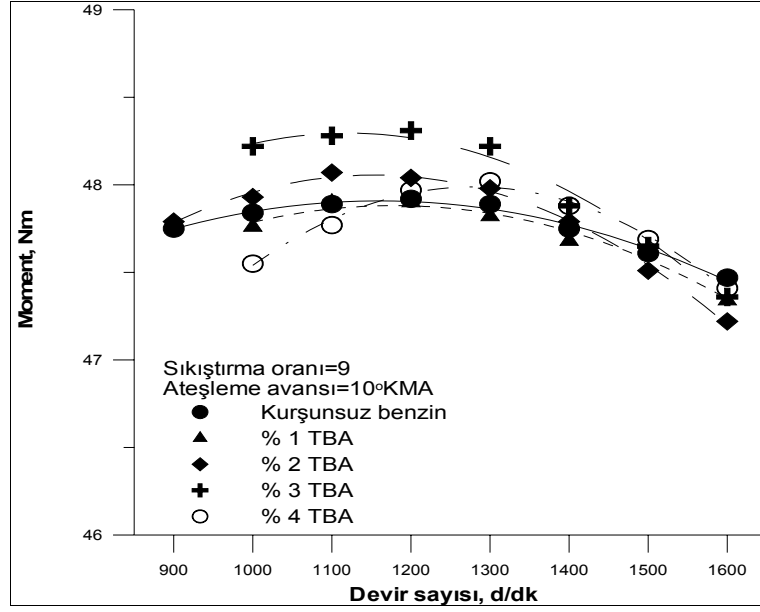
Şekil 14 – Şekil 18’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Döndürme momentine ilişkin eğriler incelendiğinde, döndürme momentinin belli bir devir sayısına kadar arttığı ve daha sonra azaldığı görülmektedir. En yüksek moment değeri $n=1500$ d/dk için elde edilmiştir. Genel olarak döndürme momenti değerlerinde benzine göre düşük sıkıştırma oranlarında kısmen artış, yüksek sıkıştırma oranlarında düşüş görülmektedir. Karışım oranı arttıkça moment grafiklerinden anlaşılacağı üzere döndürme momenti değeri düşmektedir.



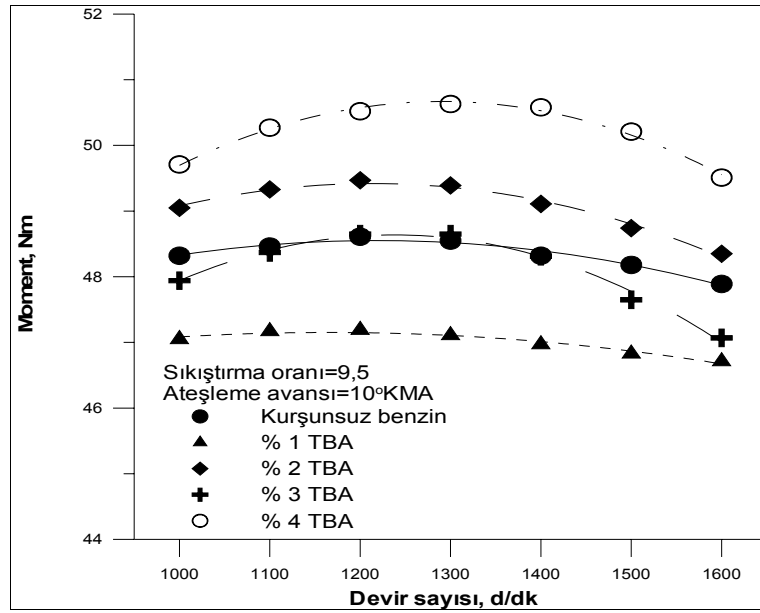
Şekil 19. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri



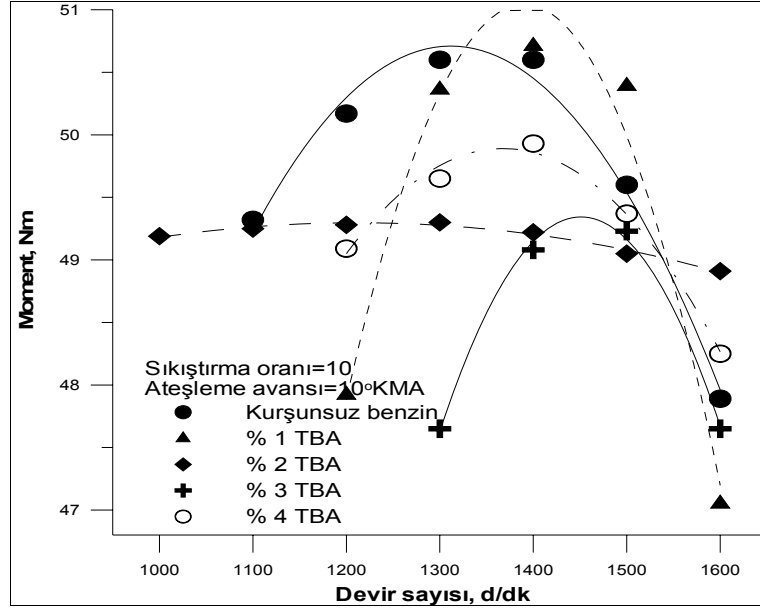
Şekil 20. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 21. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri

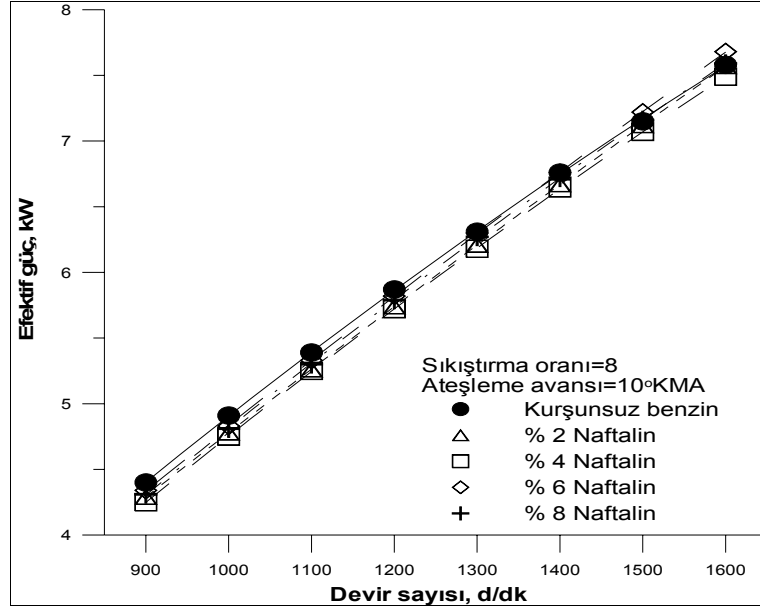


Şekil 22. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri

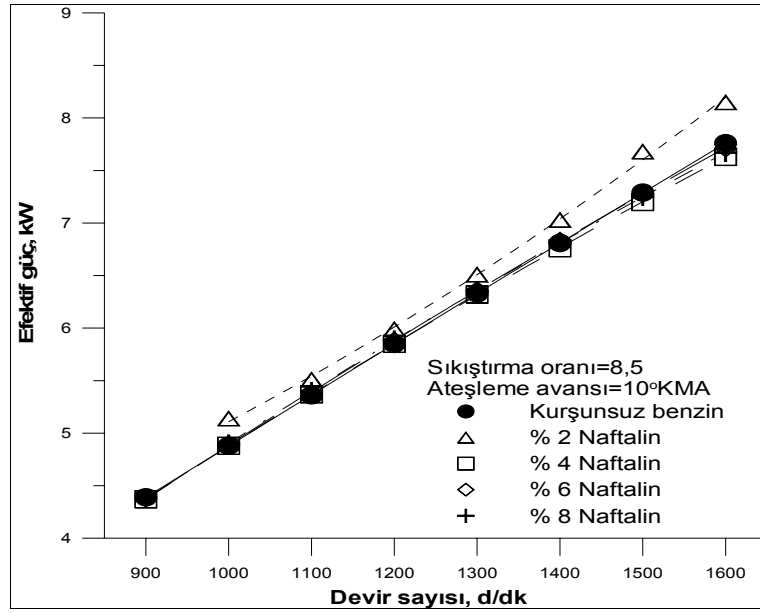


Şekil 23. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimleri

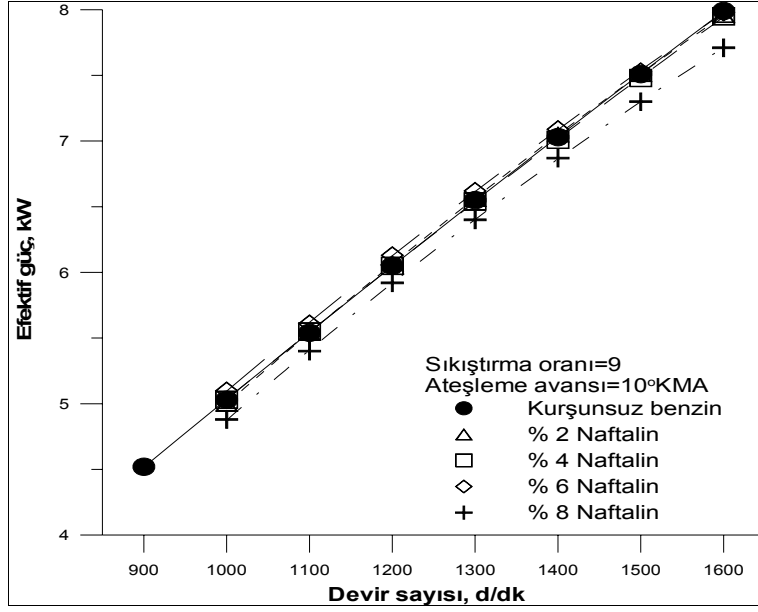
Şekil 19 – Şekil 23'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için döndürme momentinin devir sayısına göre değişimini gösteren eğriler verilmiştir. Döndürme momenti ve ortalama efektif basınç eğrileri benzer karakteristiktir. Eğriler incelendiğinde, devir sayısı 1200-1300d/dk için en yüksek döndürme momenti değerlerini elde edilmiştir. Sıkıştırma oranı arttıkça moment değerlerinde artış görülmüştür. TBA karışım oranı arttıkça da döndürme momenti değerlerinde artış olmaktadır. En yüksek döndürme momenti değerleri % 3 TBA karışımı için elde edildiği görülebilir. Sadece kurşunsuz benzin kullanılarak yapılan deneylerde motor yükü arttırıldığında yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntu meydana gelmektedir. Ancak bu durum TBA ve naftalin karışımlarıyla yapılan deneylerde oluşmamıştır. Bunun nedeni; kullanılan katkı maddelerinin oktan sayılarının yüksek olmasının yakıtın vuruntu eğilimini azaltmasıdır.



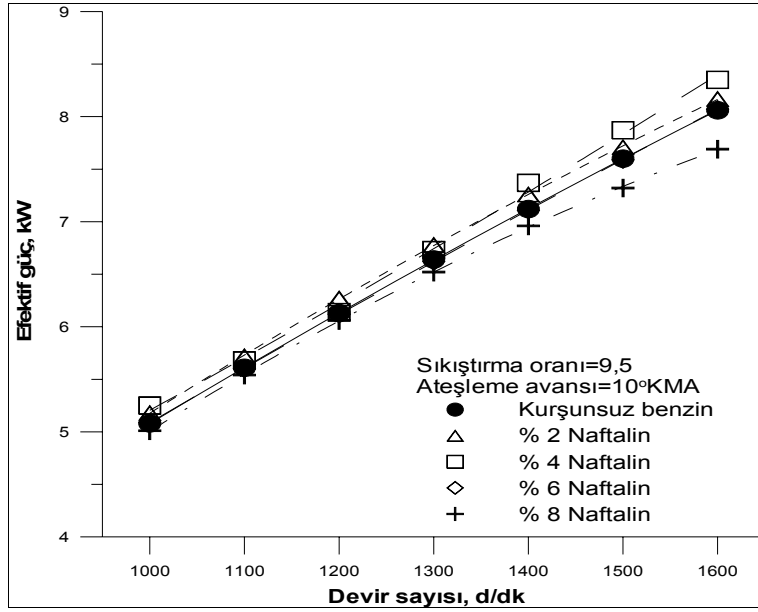
Şekil 24. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri



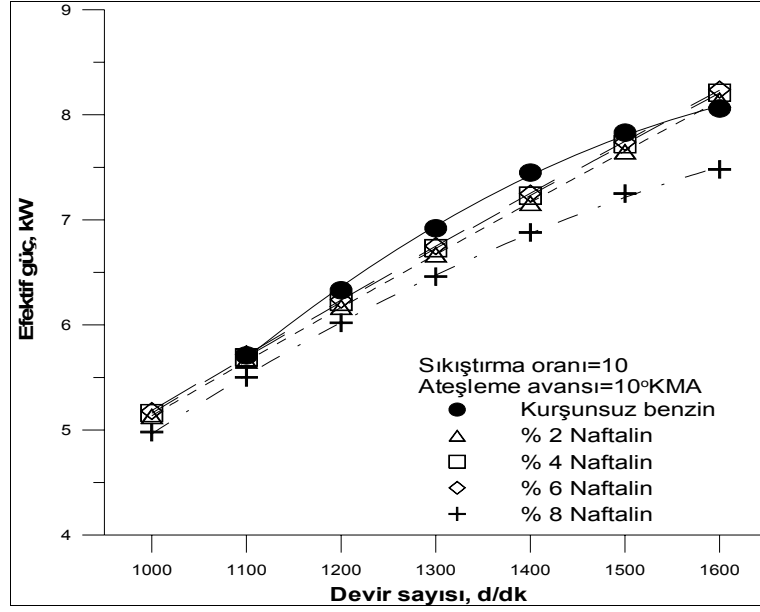
Şekil 25. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri



Şekil 26. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri

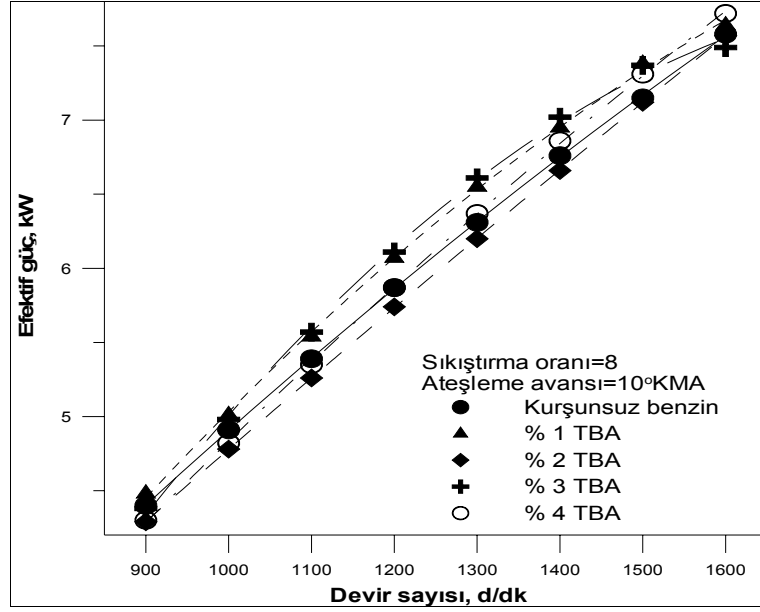


Şekil 27. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri

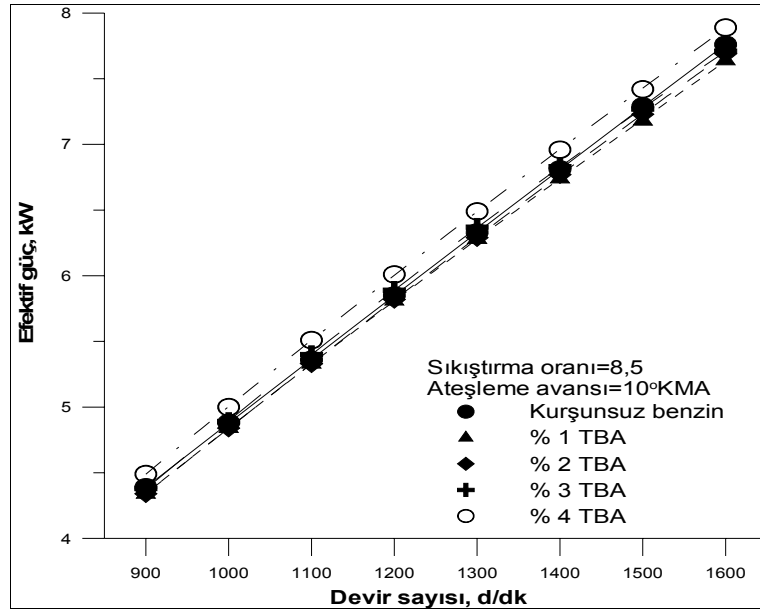


Şekil 28. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri

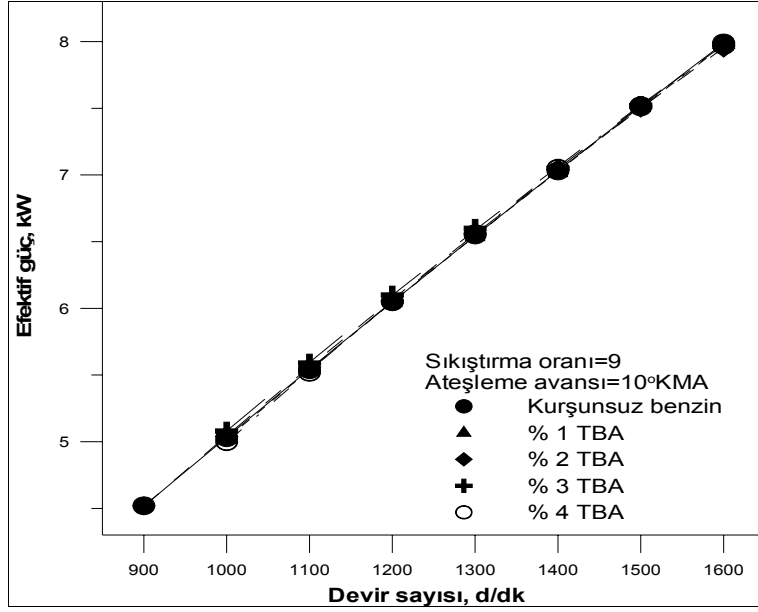
Şekil 24 – Şekil 28’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Efektif güce ilişkin eğriler incelendiğinde, devir sayısına bağlı olarak gücün arttığı görülür. En yüksek efektif güç değerleri $n=1600d/dk$ durumunda elde edilmiştir. Düşük sıkıştırma oranları için efektif güç değerlerinde benzine göre biraz düşüş olurken, yüksek sıkıştırma oranlarında güçte artış gözlenmektedir. Özellikle % 2 ve % 4 naftalin karışım oranlarında efektif güç değerlerinin birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. En düşük güç değeri % 8 naftalin karışımı durumunda elde edilmiştir.



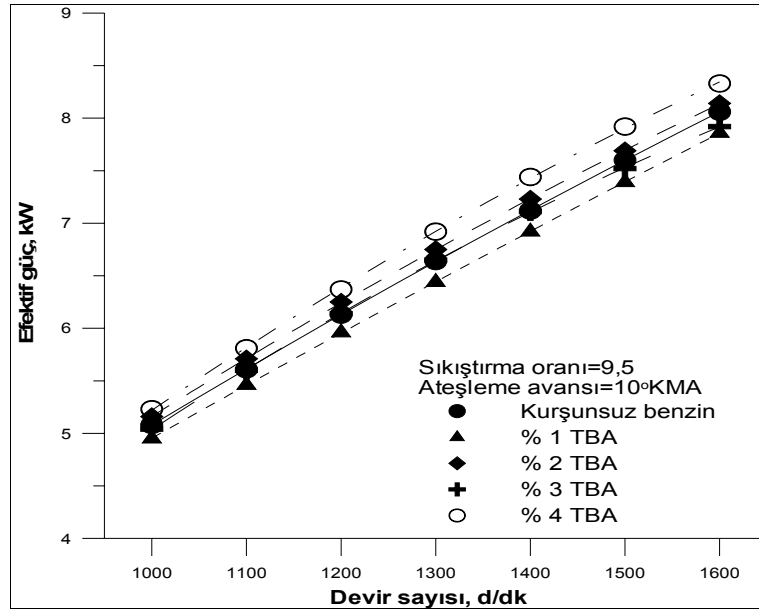
Şekil 29. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri



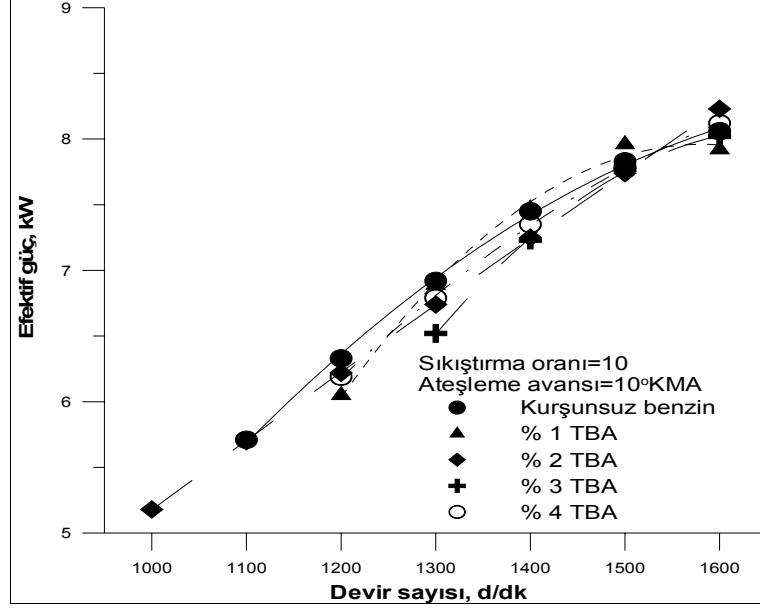
Şekil 30. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri



Şekil 31. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri



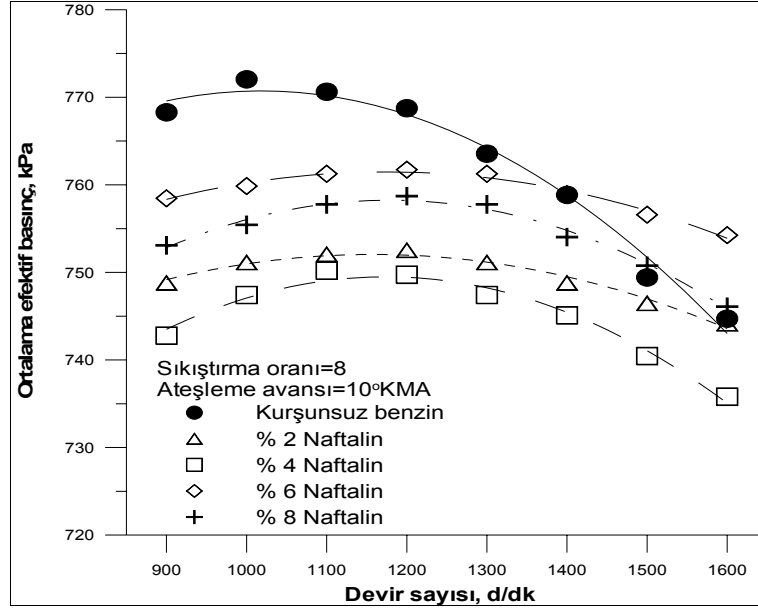
Şekil 32. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri



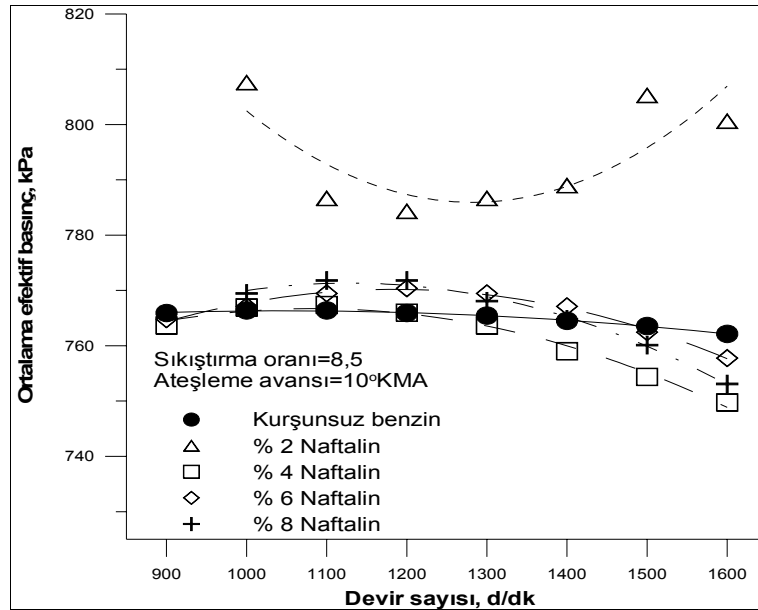
Şekil 33. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimleri

Şekil 29 – Şekil 33’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için efektif gücün devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Eğriler incelendiğinde, tüm TBA karışım oranları için elde edilen efektif verim eğrilerinin birbirine çok yakın oldukları görülür. Ayrıca devir sayısına bağlı olarak efektif verimin arttığı görülmektedir. Düşük sıkıştırma oranları için elde edilen efektif güç eğrileri daha belirgin olmakta ve TBA karışım oranının artmasıyla güçte artış görülmektedir. TBA; yapısında bulunan oksijen nedeniyle yanma işlemini iyileştirerek efektif gücün artmasını sağlamaktadır. Yüksek sıkıştırma oranlarında güç eğrileri birbiriyle çakışmaktadır. Genel olarak %(3-4) TBA karışım oranları kullanıldığında kurşunsuz benzine göre daha yüksek efektif güçler elde edilmektedir. Efektif güçteki artışta en önemli etken yakıtın karışım durumunda oktan sayısının yani vurutuya dayanımının artmasıdır.

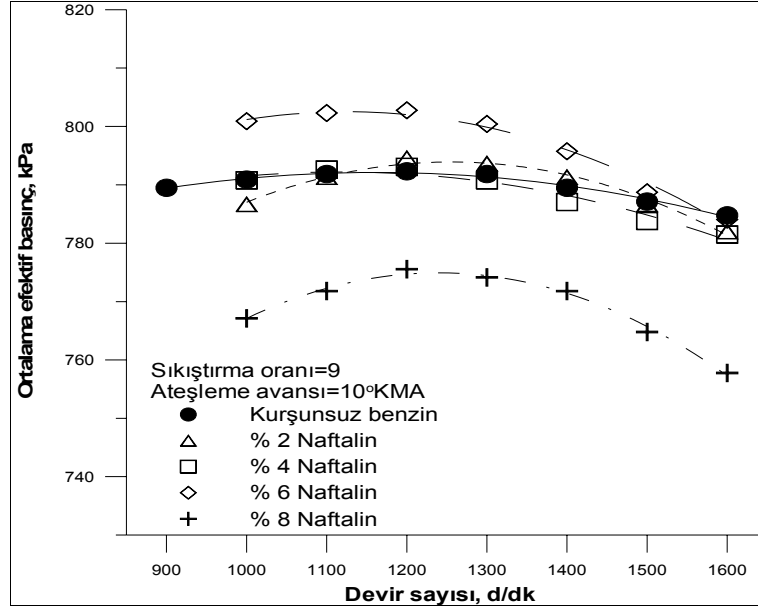
Düşük devir sayılarında yüksek oktan sayısına sahip yakıt ve yakıt karışımları kullanılması efektif güçte artışa neden olmaktadır. Motorun yük durumuna, devir sayısına değiştiğinden düşük devir sayılarında motor zorlanmakta ve vurutu eğilimi artmaktadır.



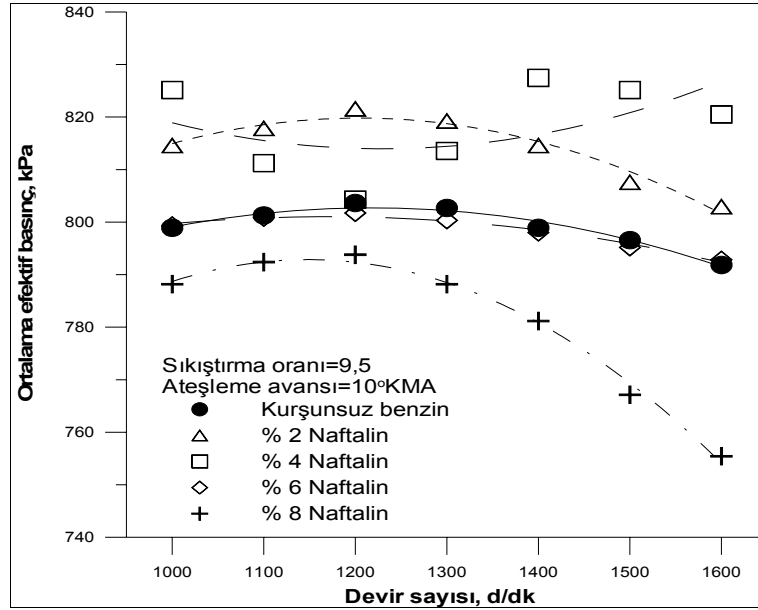
Şekil 34. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri



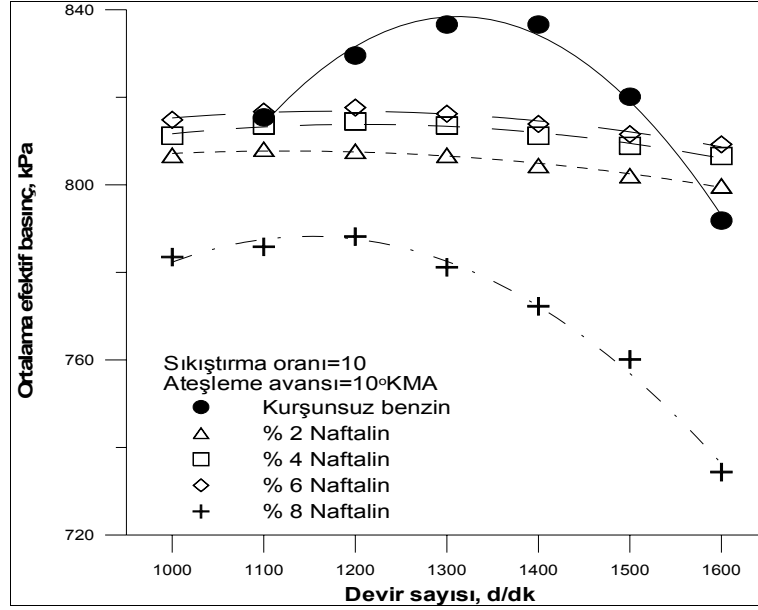
Şekil 35. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri



Şekil 36. $\varepsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri

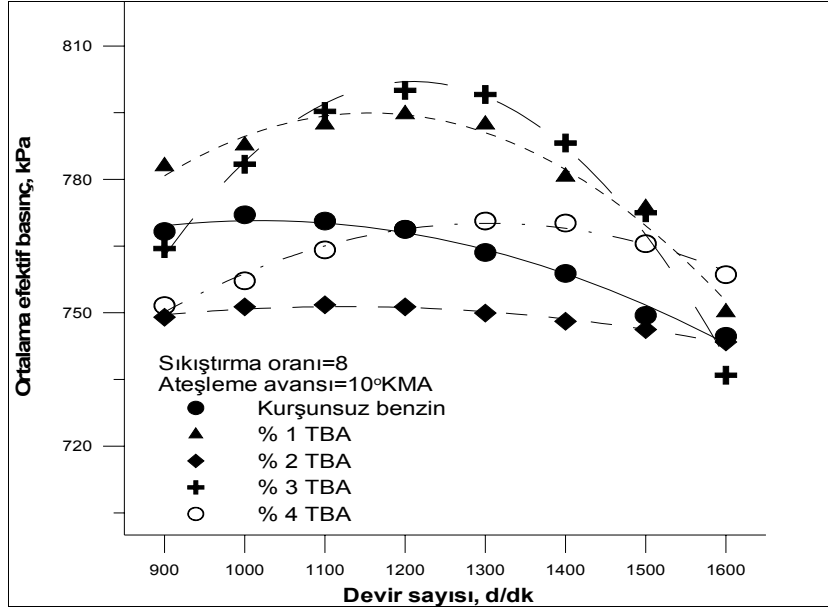


Şekil 37. $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri

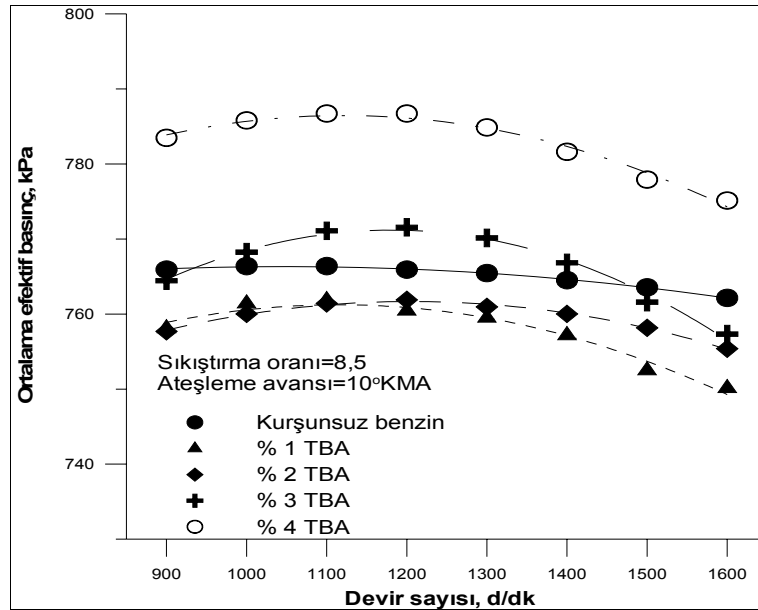


Şekil 38. $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için ortalama efektif basınç devir sayısına göre değişimleri

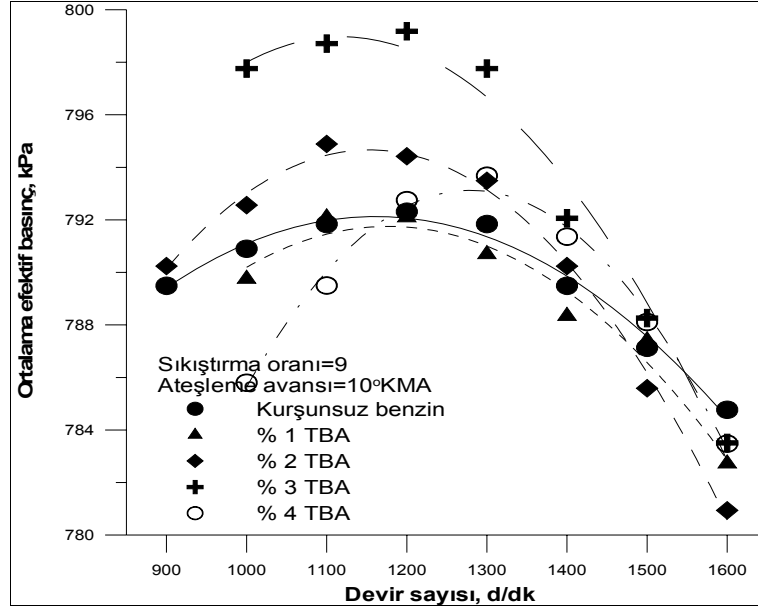
Şekil 34 – Şekil 38'de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için ortalama efektif basınç devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Ortalama efektif basınca ilişkin eğriler incelendiğinde, devir sayısına bağlı olarak ortalama efektif basınç belli bir devire kadar arttığı ve daha sonra azaldığı görülmektedir. En yüksek efektif basınç değerleri $n=1200$ d/dk için elde edilmiştir. Düşük sıkıştırma oranları için efektif basınç değerleri kurşunsuz benzin değerlerine daha yakın olmaktadır. Sıkıştırma oranı arttıkça efektif basınç değerleri yükselmektedir. Karışım oranı arttıkça %8 karışım oranı haricinde ortalama efektif basınç değerleri artmaktadır.



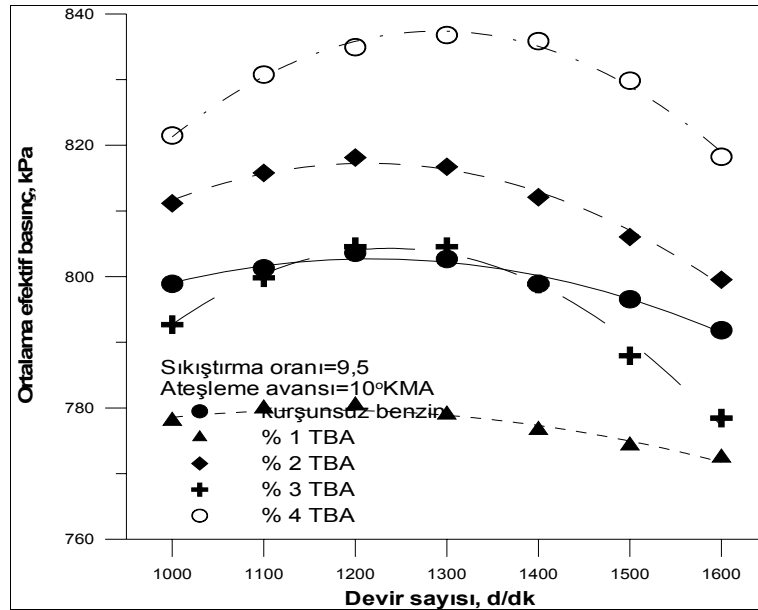
Şekil 39. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri



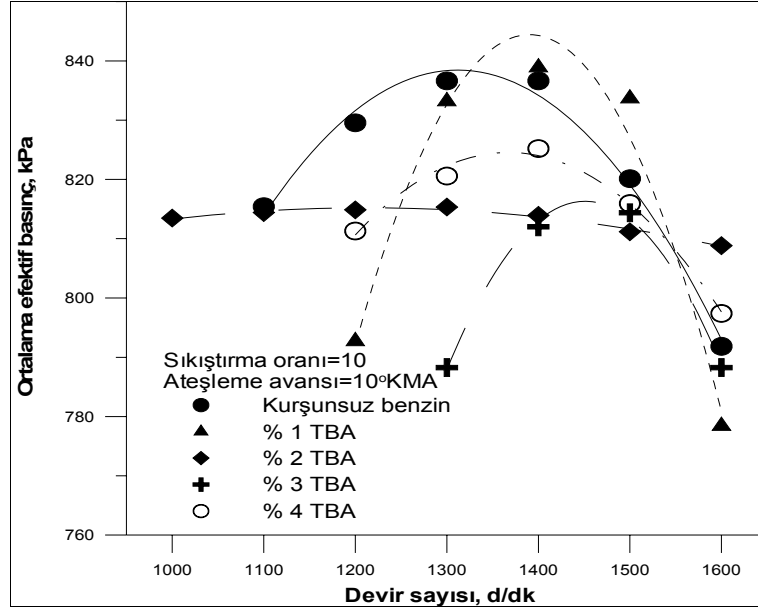
Şekil 40. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri



Şekil 41. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri



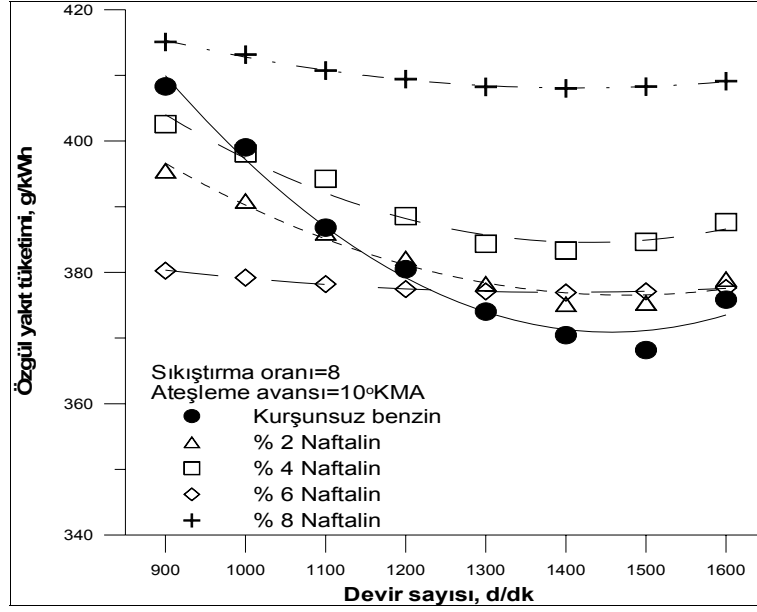
Şekil 42. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimleri



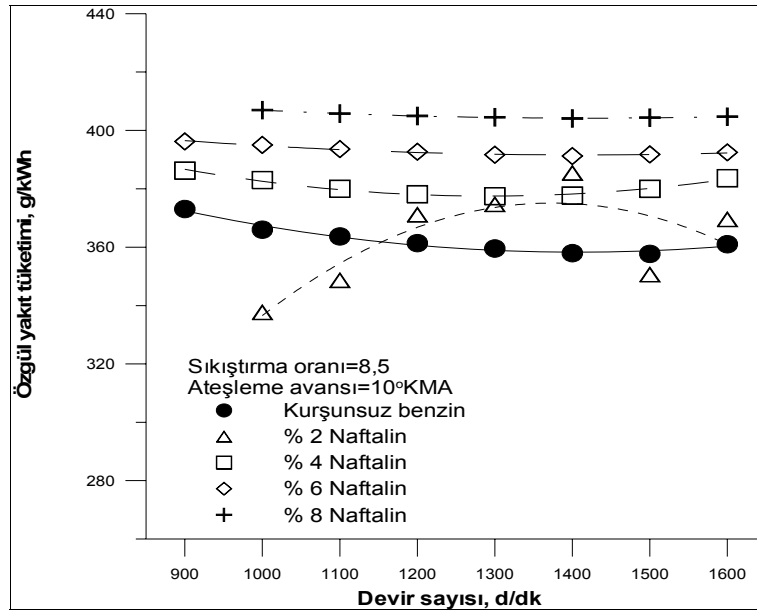
Şekil 43. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimleri

Şekil 39 – Şekil 43'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Eğriler incelendiğinde, ortalama efektif basıncın devir sayısına bağlı olarak arttığı belli bir devir sayısından sonra azaldığı görülmektedir. Burada döndürme momentine benzer karakterde eğriler elde edilmektedir. Sıkıştırma oranı arttıkça ortalama efektif basınç değerleri de artmaktadır. Genel olarak TBA karışımları için $n=1200-1300$ d/dk devir sayılarında ortalama efektif basınç değerleri için en yüksek değerler elde edilmiştir. Bu devirden sonra bazı yakıt karışımları için ortalama efektif basınç değerleri sabit kalmış ve daha sonra azalmaya başlamıştır.

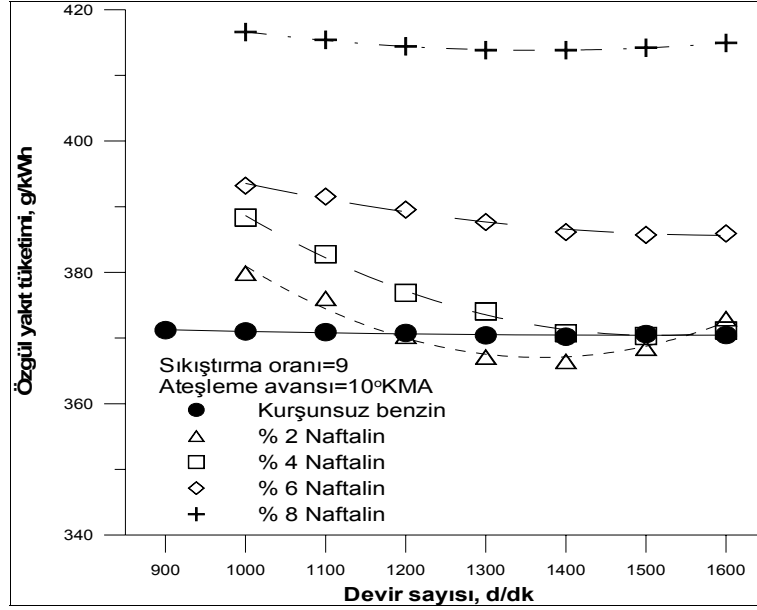
Düşük devir sayılarında efektif basıncın düşük değerler alması motorun yavaş çalışmasına bağlı olarak silindir duvarlarına olan ısı transferinin artmasından ve motorun fazla yüklenmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Yüksek devir sayılarında meydana gelen mekanik, kısılma ve sürtünme kayıpları artmaktadır. Bu durum efektif basınç değerlerinde düşüşe sebep olmaktadır. Özellikle düşük sıkıştırma oranlarında ortalama efektif basınç değerleri daha yüksek olmaktadır. Yakıt veya yakıt karışımlarının oktan sayısının yüksek olması motorun yüklü çalışması sırasında zorlanması sonucu meydana gelebilecek vuruntu olasılığını azaltmaktadır. Böylece daha iyi efektif basınç eğrileri elde edilmiştir.



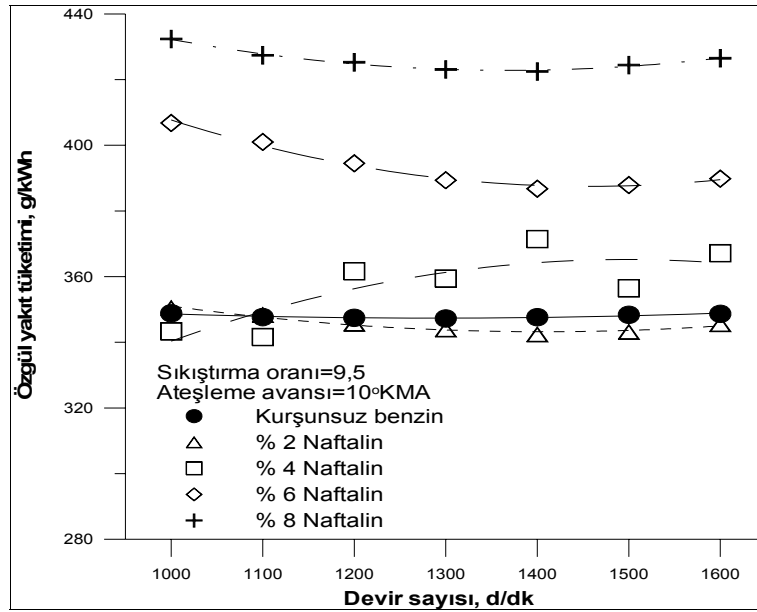
Şekil 44. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri



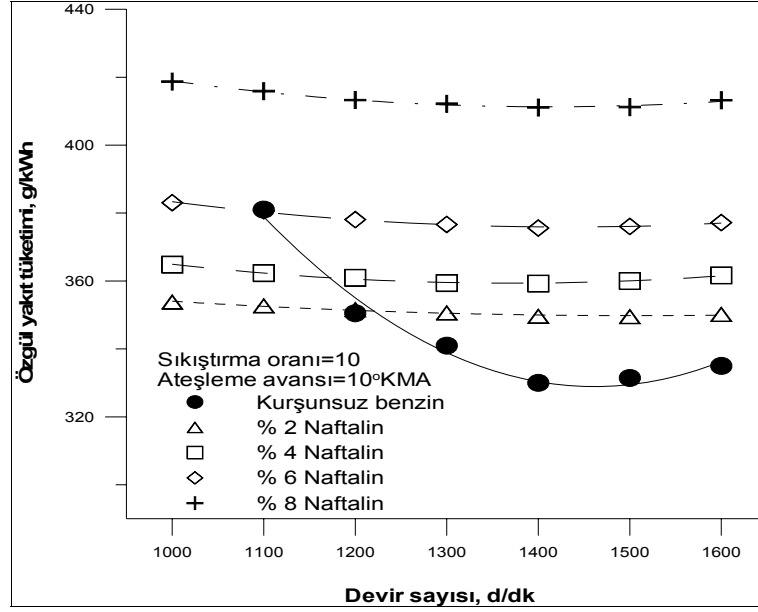
Şekil 45. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 46. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri

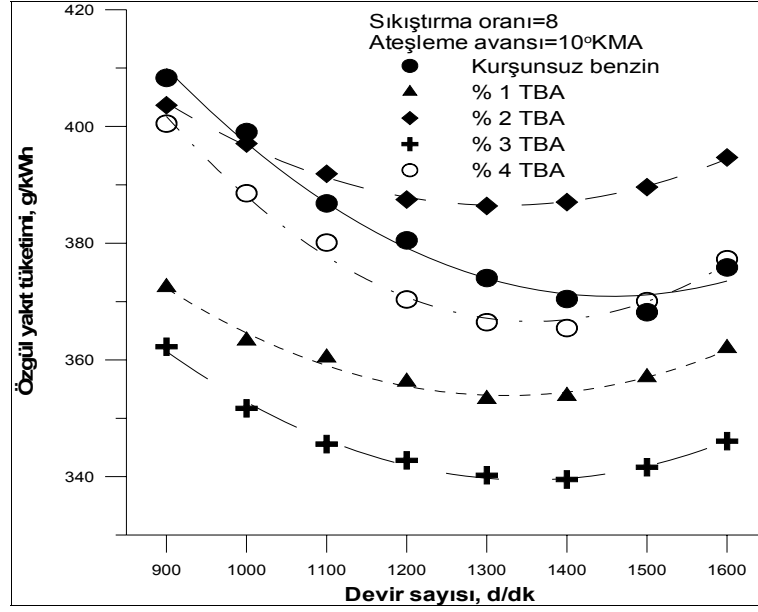


Şekil 47. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri

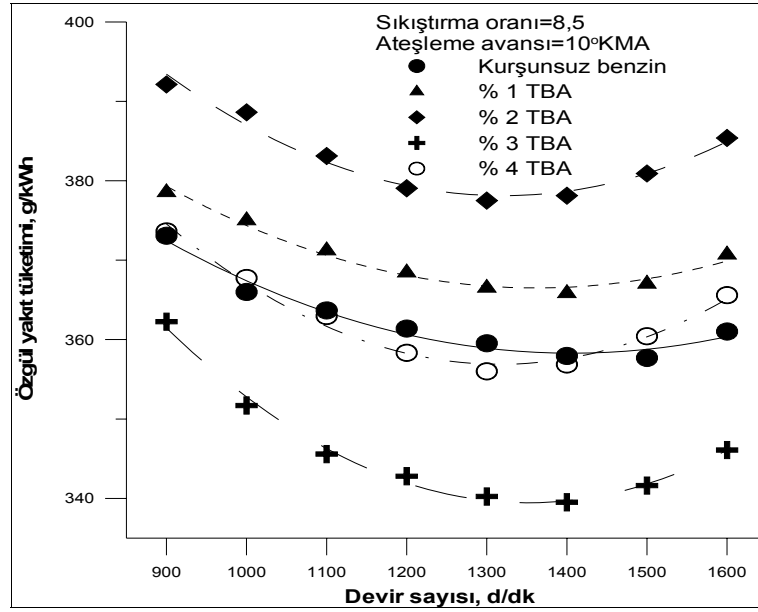


Şekil 48. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri

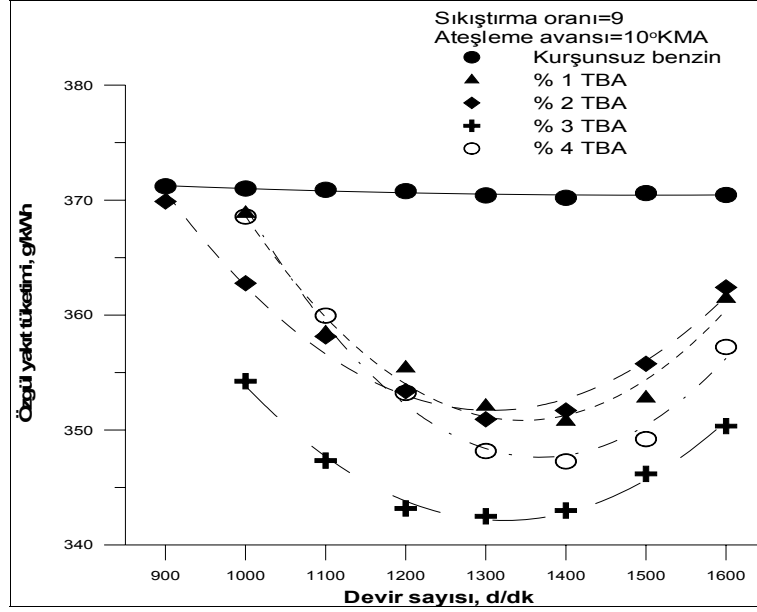
Şekil 44 – Şekil 48’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Özgül yakıt tüketimi karakteristik olarak efektif verim eğrilerinin tam tersidir. Özgül yakıt tüketimine ilişkin eğriler incelendiğinde, devir sayısı arttıkça yakıt tüketiminin azaldığı ve daha sonra biraz arttığı görülmektedir. En yüksek özgül yakıt tüketimi değerleri $n=1300-1400/dk$ durumunda görülmektedir. Sıkıştırma oranı arttıkça benzine göre yakıt tüketimi de artmaktadır. Naftalin karışım oranı arttıkça yakıt tüketimi artmaktadır. Özgül yakıt tüketimi değerlerinin kurşunsuz benzine göre yüksek olması katkı maddelerinin ısıl değerlerinin kurşunsuz benzine oranla daha düşük ısıl değere sahip olması ve motorun zengin karışımla çalışmasından kaynaklanmaktadır.



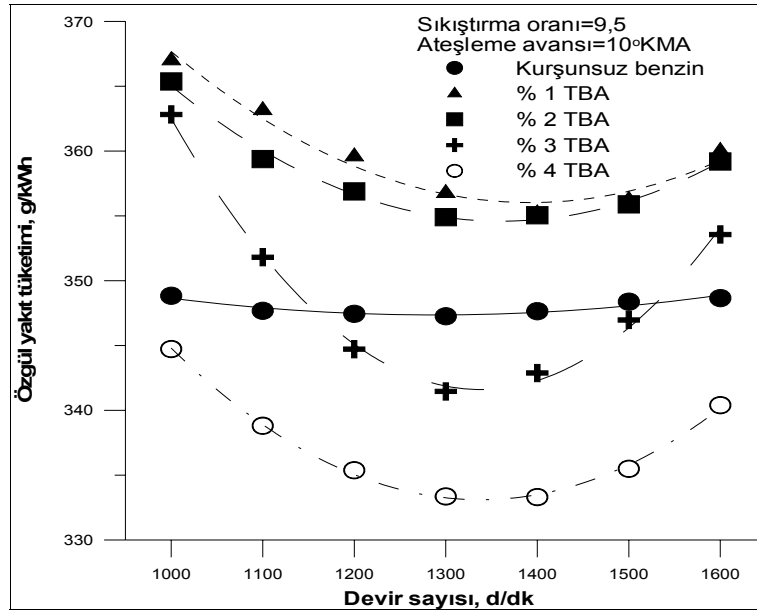
Şekil 49. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri



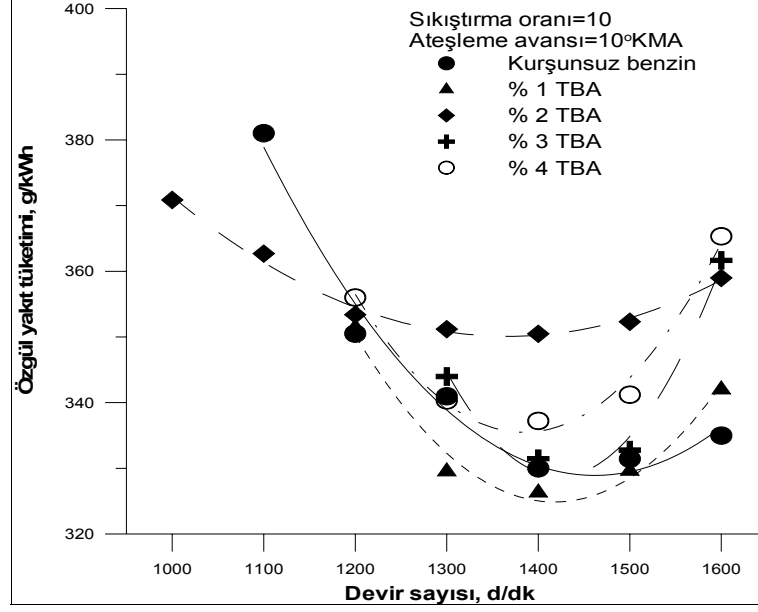
Şekil 50. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 51. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri

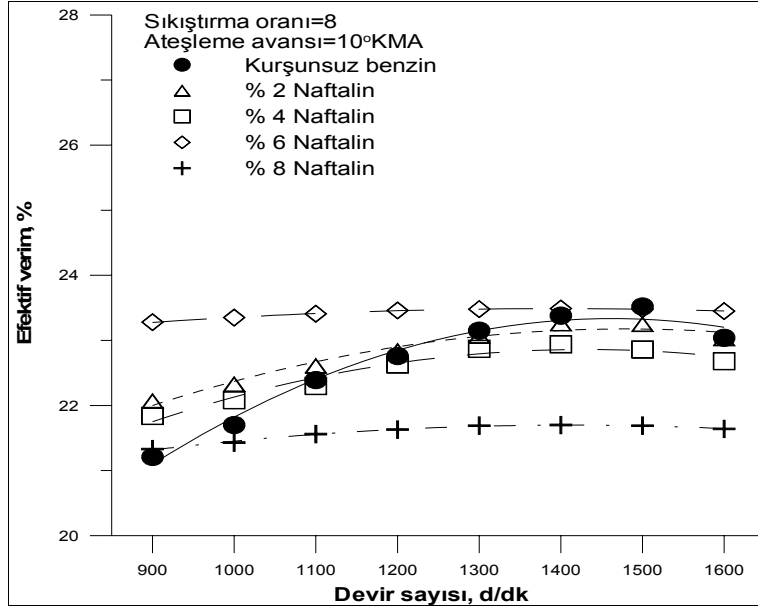


Şekil 52. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri

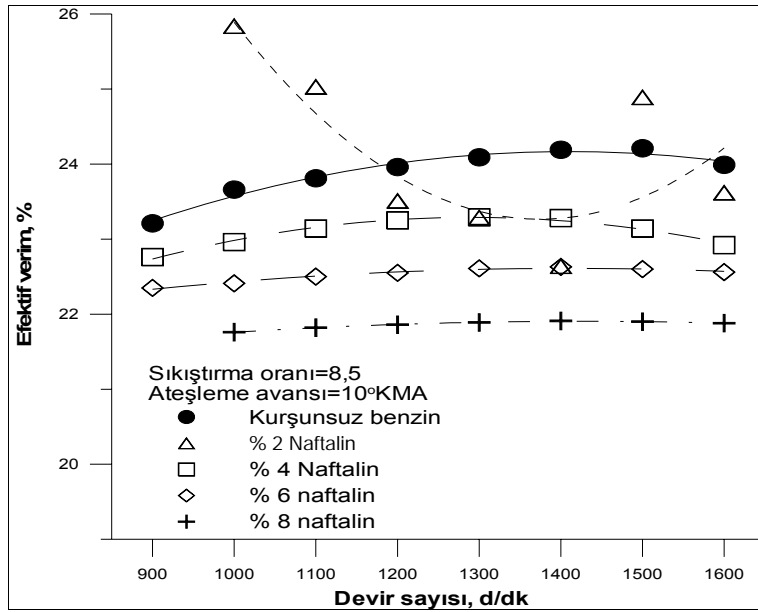


Şekil 53. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimleri

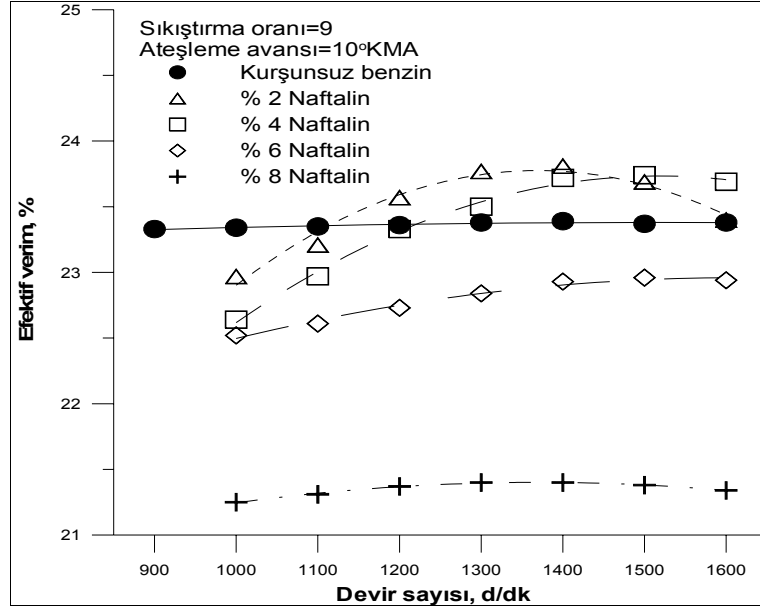
Şekil 49 – Şekil 53'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Nominal devir için efektif verim eğrisindeki değer en yüksek iken özgül yakıt tüketimi eğrisi için en düşük değeri almaktadır. Efektif verim eğrisi artarak belli bir devirden sonra düşüşe geçerken özgül yakıt tüketimi eğrisi giderek azalan belli bir devirden sonra ise artan bir karaktere sahiptir. Genel olarak benzin ve TBA karışımları için $n=1300-1400$ d/dk devir sayılarında en yüksek özgül yakıt tüketimi değerleri oluşmaktadır. Eğriler incelendiğinde, TBA karışımlarının özgül yakıt tüketimi değerlerinde kurşunsuz benzine göre sıkıştırma oranı arttıkça düşüşe yol açtığı görülebilir. Tüm TBA karışımlarının benzine göre en düşük özgül yakıt tüketimi değerlerin $\varepsilon=9$ sıkıştırma oranında elde edilmiştir. Ayrıca TBA katkı oranı arttıkça özgül yakıt tüketimi değerlerinde azalma görülmektedir. En düşük özgül yakıt tüketimi değerleri %3 TBA karışımı için elde edilmiştir. Bunun yanında %2 TBA karışımı için kurşunsuz benzine ve TBA karışımlarına göre en yüksek özgül yakıt tüketimi değerleri elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketimindeki azalışın motorun fakir karışımla çalışmadığı için yanmanın ve efektif verimin iyileşmesinden böylece; TBA'nın ısı değerinin kurşunsuz benzine göre daha düşük olmasına karşın yakıt karışımının ısı değerinin daha fazla bölümünün yararlı işe dönüştürülebilmesinden kaynaklandığı söylenebilir.



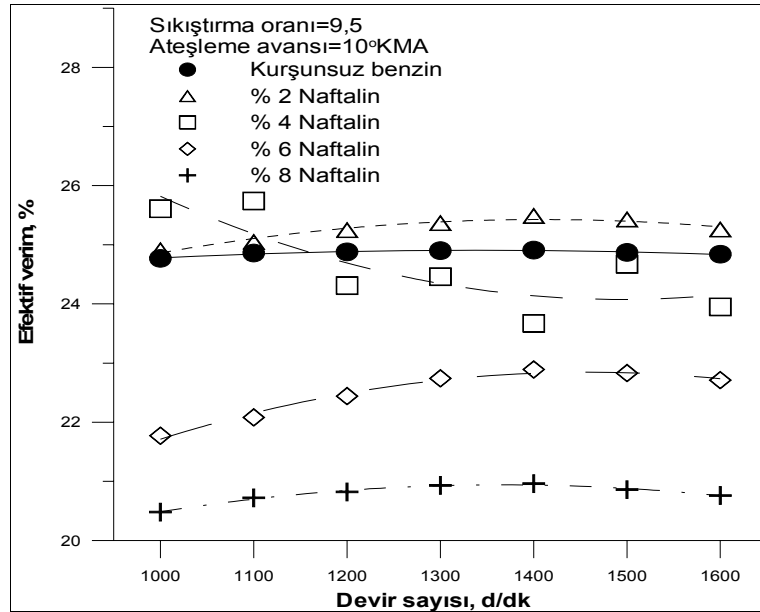
Şekil 54. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri



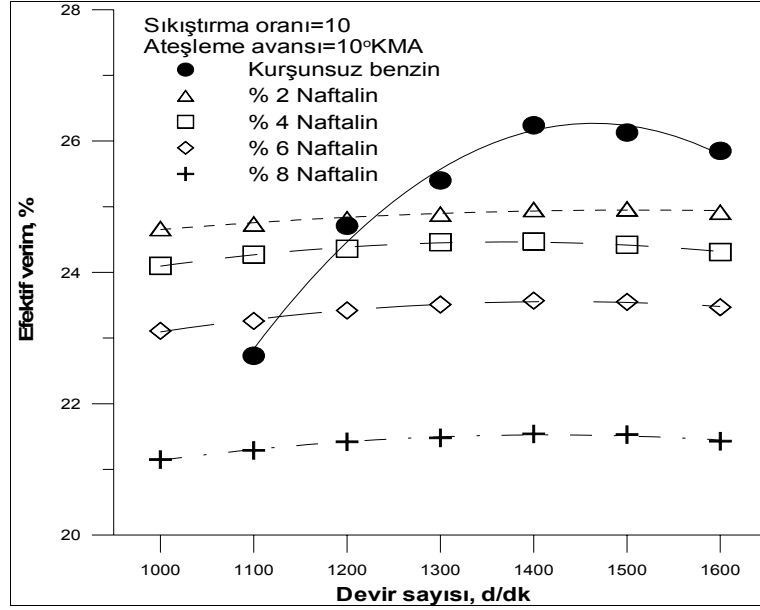
Şekil 55. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 56. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri

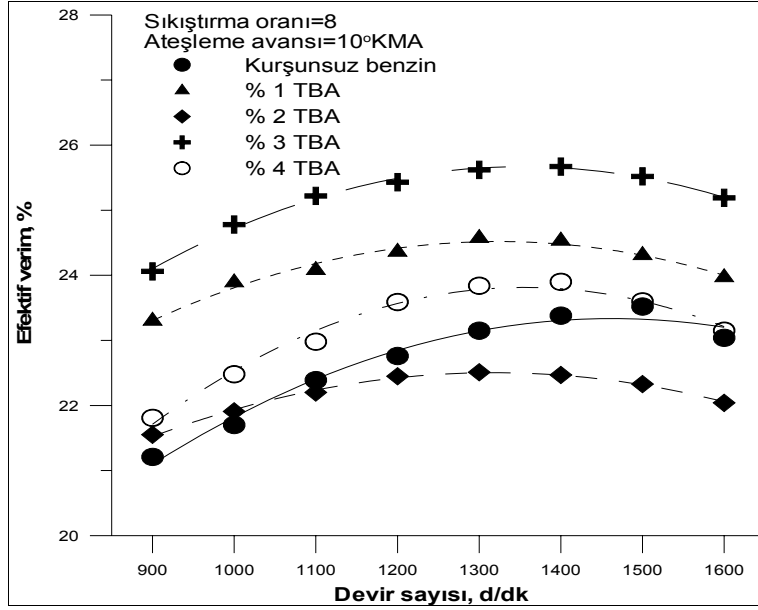


Şekil 57. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri

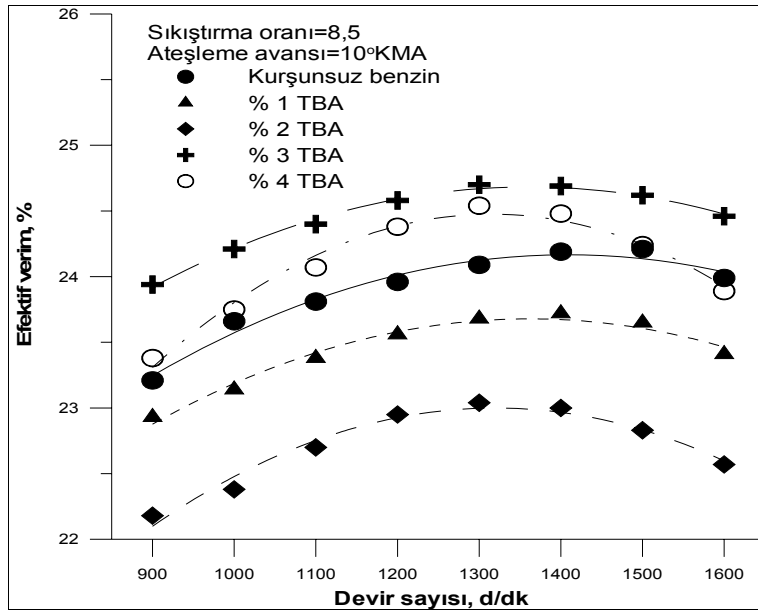


Şekil 58. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri

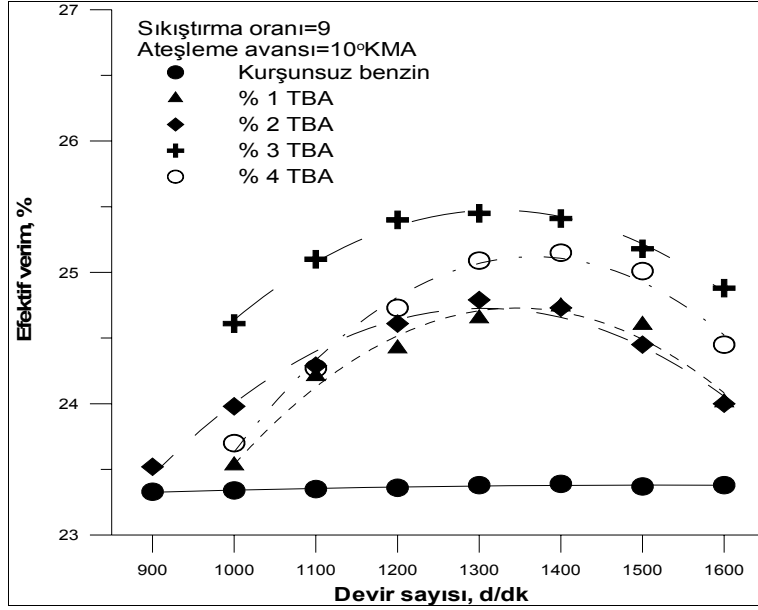
Şekil 54 – Şekil 58’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Efektif verim eğrileri incelendiğinde, $n=1300-1400d/dk$ için en yüksek değerleri aldıkları görülür. Düşük sıkıştırma oranlarında karışımlar için benzinin verim değerlerine daha yakın değerler elde edilmiş ve sıkıştırma oranı yükseldikçe benzine göre düşüş gözlenmiştir. Karışım oranı arttıkça efektif verim değerleri düşmektedir. Bu düşüş naftalinin kimyasal yapısından dolayı yakıt karışımının karbonca zenginleşmesinden; yanma için daha fazla havaya gerek duyulmasından ve ısı değerinin benzine göre daha düşük oluşundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca efektif verim; motor yüküne, devir sayısına ve mekanik kayıplara bağlı olarak değişmektedir.



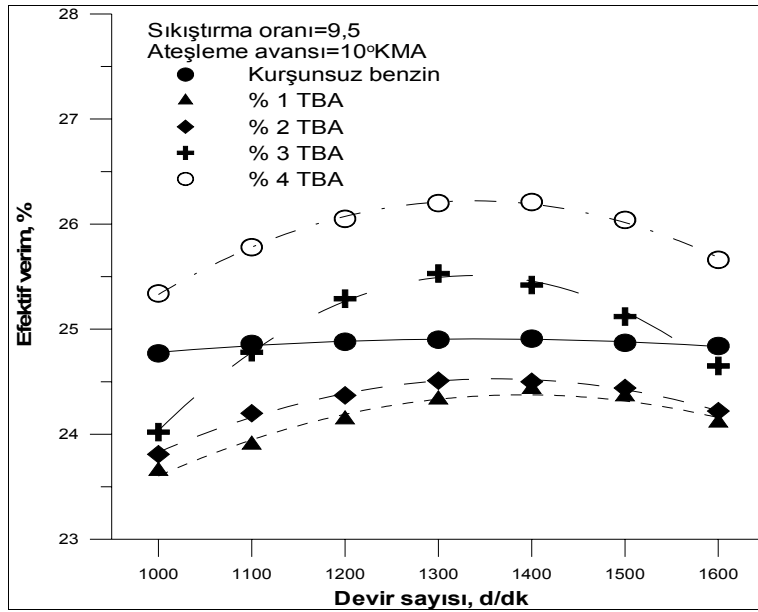
Şekil 59. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri



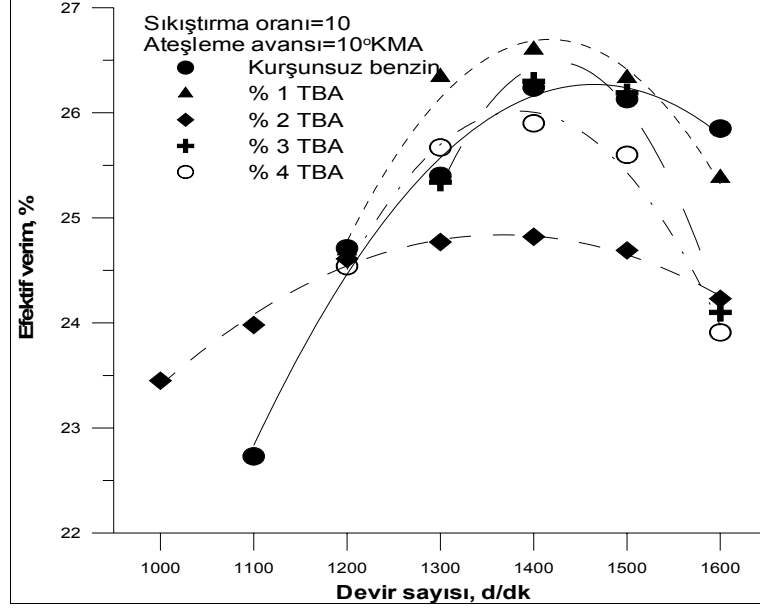
Şekil 60. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 61. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri



Şekil 62. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri

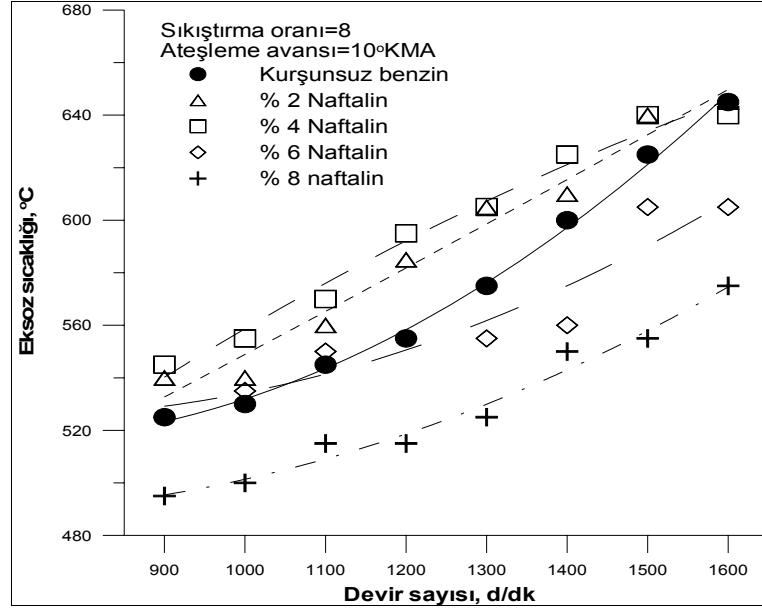


Şekil 63. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimleri

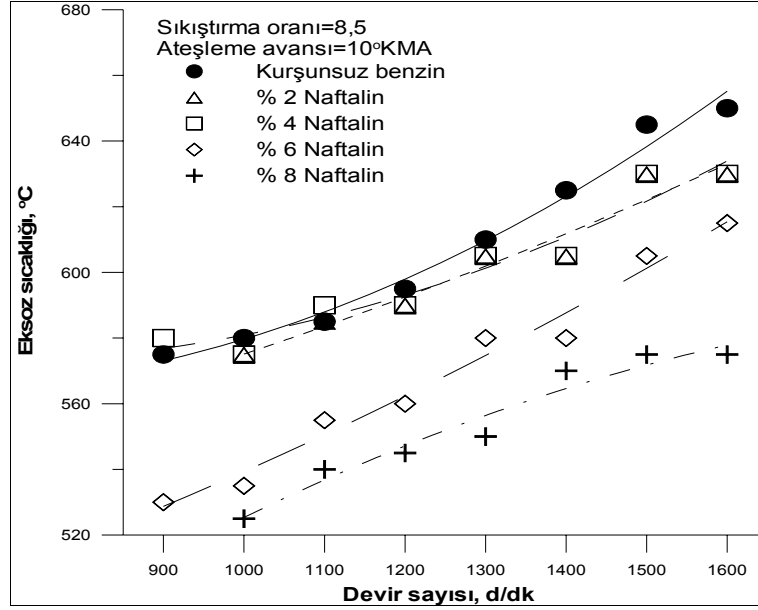
Şekil 59 – Şekil 63'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için efektif verimin devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde efektif verimin devir sayısına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Verim belli bir devir sayısına kadar artış göstermiş daha sonra düşmeye başlamıştır. $n=1300-1400$ d/dk devir sayılarında benzin ve TBA karışımları için efektif verim değerleri artarak en yüksek değerleri almaktadır. Grafiklerden anlaşılacağı üzere; kurşunsuz benzine ilişkin efektif verim eğrileri TBA karışım eğrilerine göre $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda en düşük değerleri almaktadır. Genel olarak karışım oranı arttıkça efektif verim değerleri de artmaktadır. Özellikle % 3 TBA karışımına ilişkin efektif verim değerleri kurşunsuz benzin ve diğer TBA karışım oranlarına ilişkin değerlere göre daha yüksektir. Sıkıştırma oranı arttıkça efektif verim değerlerinde artış görülmektedir. Ancak bu durumda vuruntu eğilimi de arttırmaktadır. Kullanılan yakıtların oktan sayılarının yüksek olması nedeniyle vuruntuya dayanıklı olmaları ve katkı oranının giderek artırılması bu tehlikeyi ortadan kaldırmaktadır.

Alkoller; benzine göre hızlı bir şekilde buharlaşması ve de buharlaşma ısılarının yüksek olması nedeniyle silindire emilen dolgu sıcaklığını düşürerek, volumetrik verimi dolayısıyla efektif verimi arttırmaktadır. Ayrıca alkollere; benzine göre oldukça düşük stokiometrik hava-yakıt oranına sahip olmaları nedeniyle, motorlarda kullanılmaları durumunda hava-yakıt karışımının fakirleşmesini böylece efektif verimin artmasını

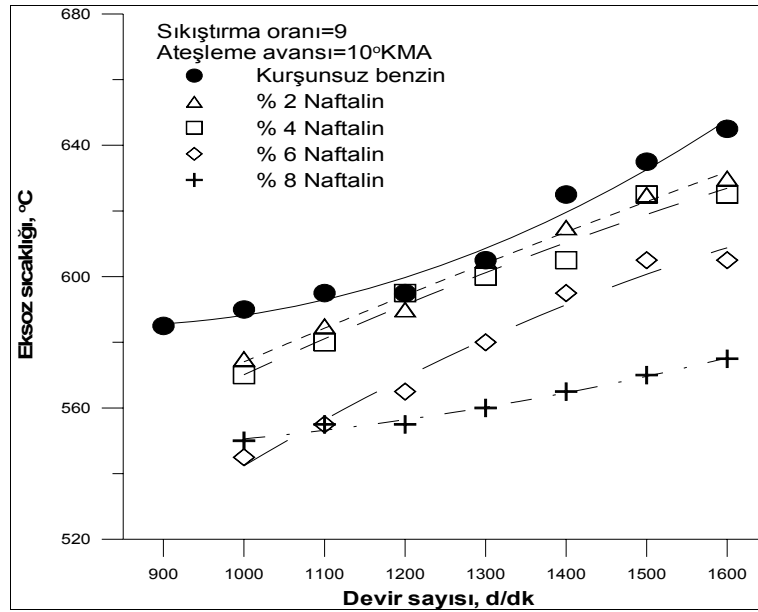
sağlamaktadır. Karışımın aşırı derecede fakirleşmesi durumunda ise motor yüklü durumda iken istenilen gücü üretilmediği için çalışmamıştır. Bu durumun daha çok sıkıştırma oranı $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda meydana geldiği gözlenmiştir. TBA kimyasal yapısında oksijen bulundurması nedeniyle yanma sırasında daha fazla oksijen sağlamakta böylece yanma işlemi iyileştirilerek efektif verimin artmasına yol açmaktadır.



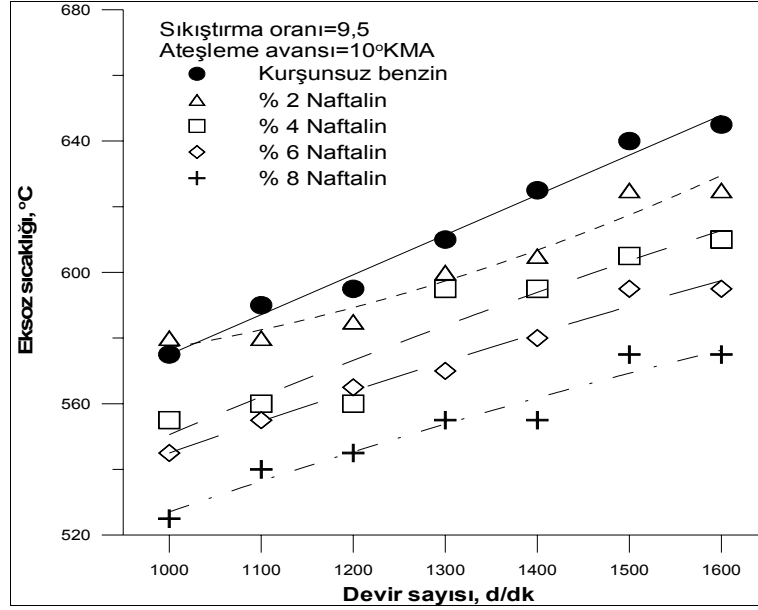
Şekil 64. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



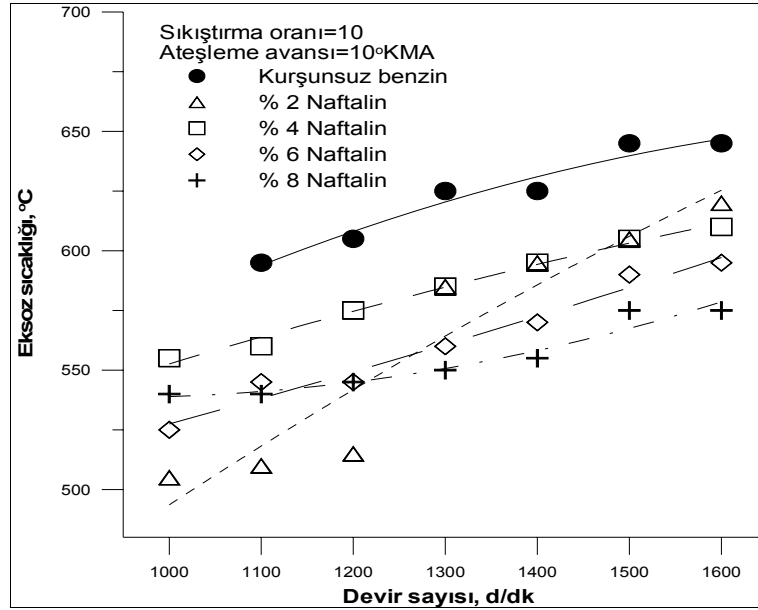
Şekil 65. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 66. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



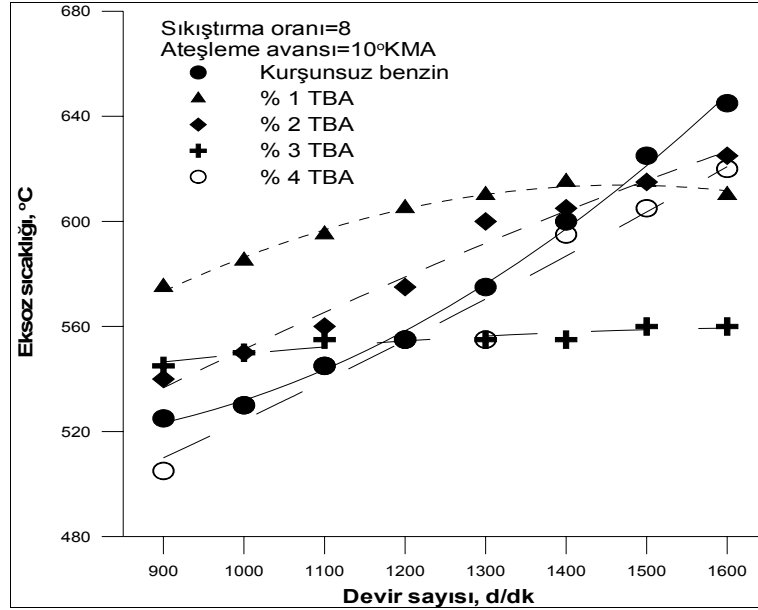
Şekil 67. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



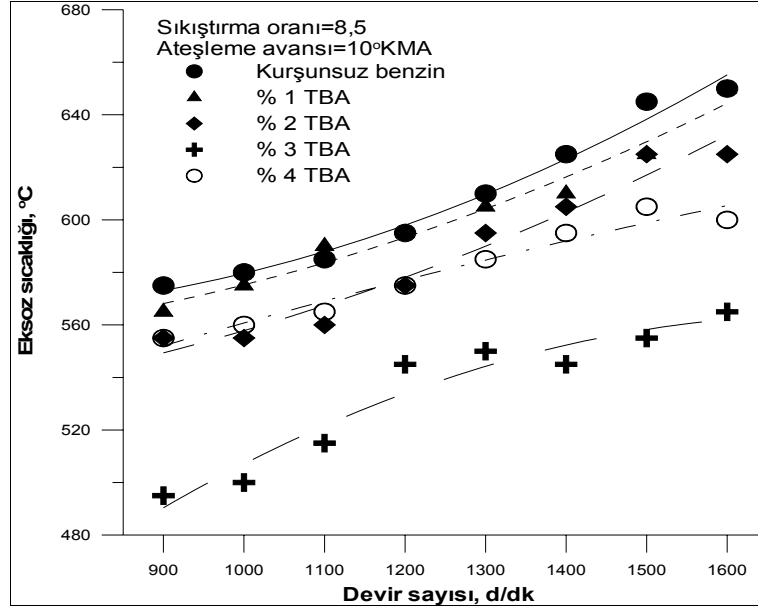
Şekil 68. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri

Şekil 64 – Şekil 68'de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Eksoz sıcaklığına ilişkin eğriler incelendiğinde, eksoz sıcaklık değerlerinin devir sayısı arttıkça arttığı belli devirlerde sabit kaldığı görülmektedir. Eksoz sıcaklık değerleri düşük sıkıştırma

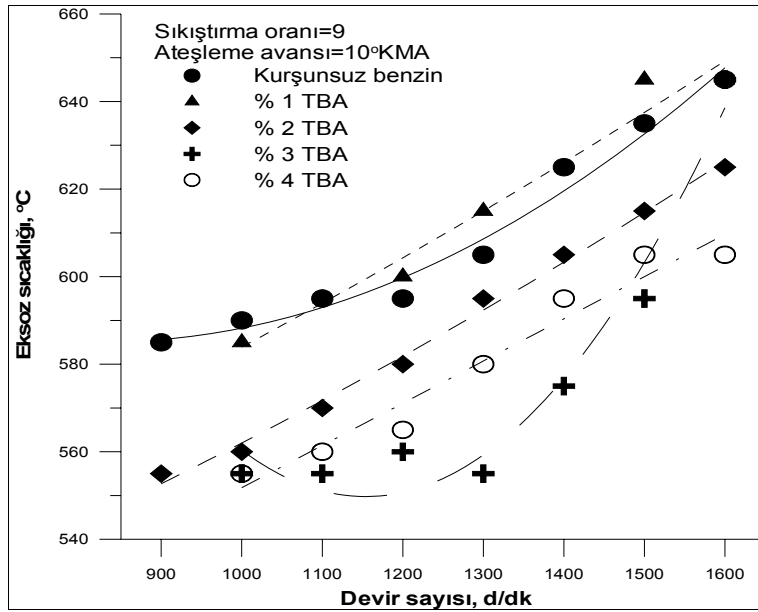
oranlarında kurşunsuz benzine göre yüksek değerler alırken, sıkıştırma oranı arttıkça eksoz sıcaklığında düşüş görülmektedir. Naftalin karışım oranı arttıkça eksoz sıcaklığı düşmektedir. Eksoz sıcaklığı $n=1500-1600$ d/dk durumunda en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Eksoz sıcaklığındaki bu azalış naftalinin ısı değeri benzine göre düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



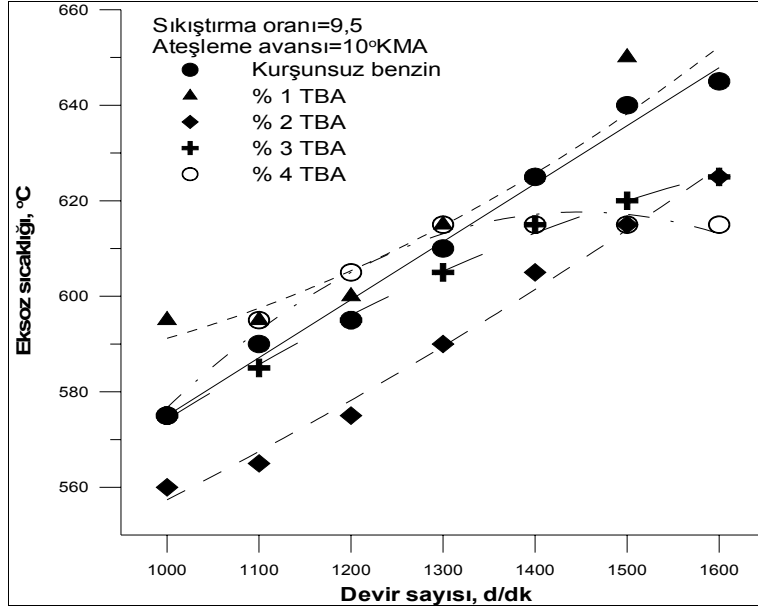
Şekil 69. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



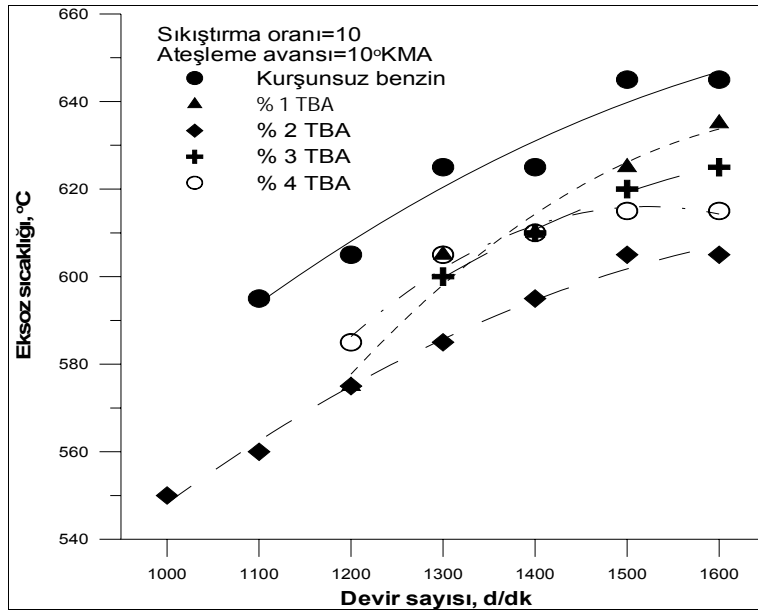
Şekil 70. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 71. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 72. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri



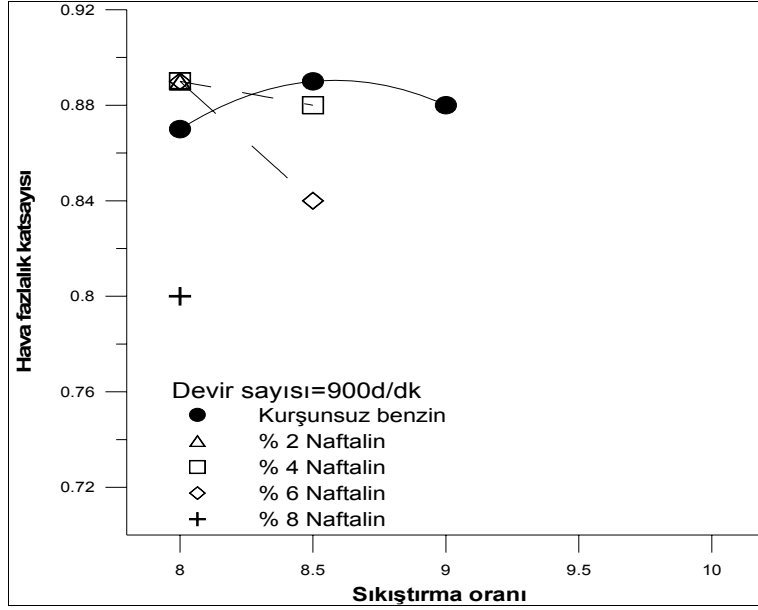
Şekil 73. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimleri

Şekil 69– Şekil 73’te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için eksoz sıcaklığının devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, tüm çalışma koşulları için eksoz sıcaklığının devir sayısına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Devir sayısı 1500–1600d/dk için eksoz sıcaklığı en yüksek değerleri almaktadır. Genel olarak alkollerin benzine katkı maddesi olarak katılmasının yanma sonu sıcaklığını düşürdüğü bilinmektedir. TBA karışım oranları arttıkça eksoz sıcaklıkları değerlerinin de düştüğü görülmektedir. Bunun nedenleri olarak; TBA’nın benzine göre daha düşük ısı değere sahip olması ve buharlaşma ısısının yüksek olması nedeniyle dolgu sıcaklığını düşürmesi gösterilebilir. Grafiklere bakıldığında TBA karışım yakıtlarının kurşunsuz benzine göre en düşük eksoz sıcaklıkları $\varepsilon=8,5$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda olduğu görülür.

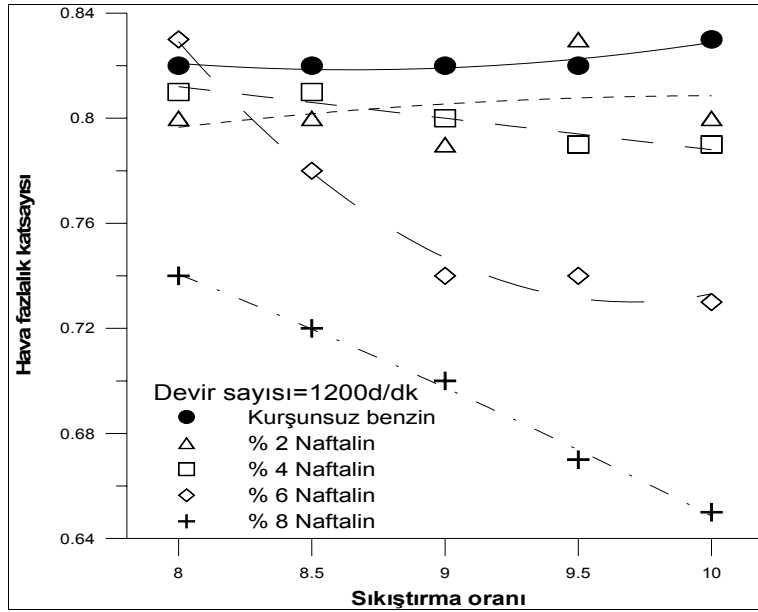
Eksoz sıcaklıkları değerlerindeki düzensizliklerin kullanılan deney düzeneğinin soğutma sisteminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Deney düzeneğinin soğutma suyu sisteminde, soğutma suyu sıcaklığının yükselmesi durumunda şehir şebekesine bağlı bir vana aracılığıyla depoya soğuk su verilerek motor bloğu içerisinde dolaşan soğutma suyunun sıcaklığı düşürülmektedir. Soğutma suyunun devreye girmesi işleminin elle kontrol ediliyor olması sistemin kararlı olarak çalışmamasına yol açtığı ve eksoz sıcaklıklarını etkilediği düşünülebilir.

3.1.2. Değişik Sıkıştırma Oranlarının Motor Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

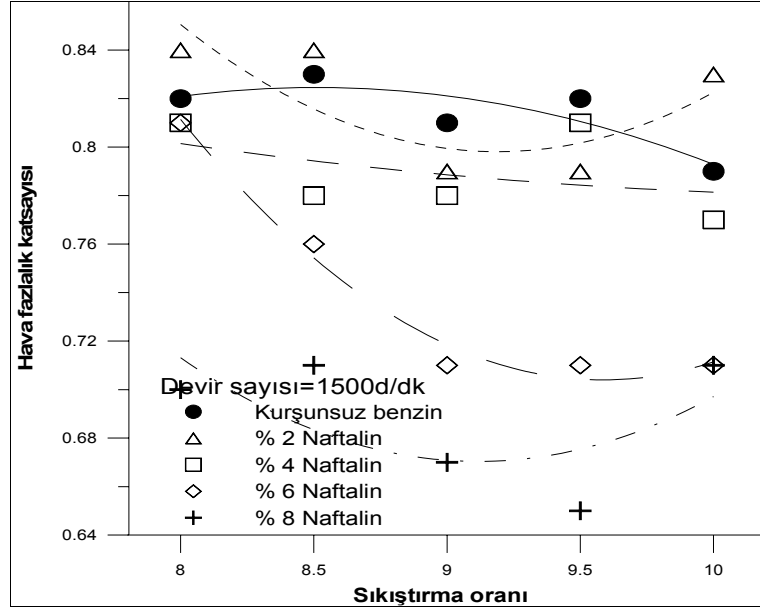
Bu bölümde farklı sıkıştırma oranlarının döndürme momenti, efektif güç, ortalama efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, hava fazlalık katsayısı ve eksoz sıcaklığı gibi karakteristikler durumunda benzin ve yakıt karışımları üzerindeki etkileri, benzin ve yakıt karışımları için irdelenmiştir.



Şekil 74. n=1000d/dk'da naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri

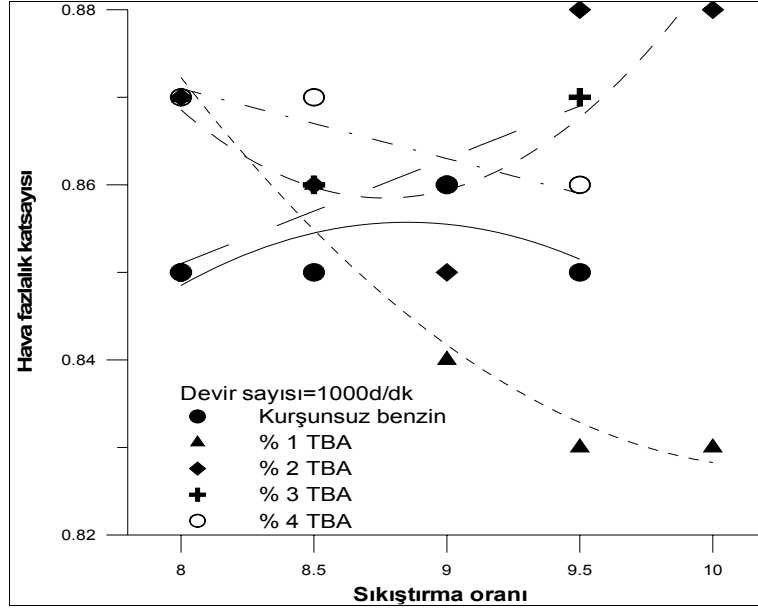


Şekil 75. n=1200d/dk'da naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri

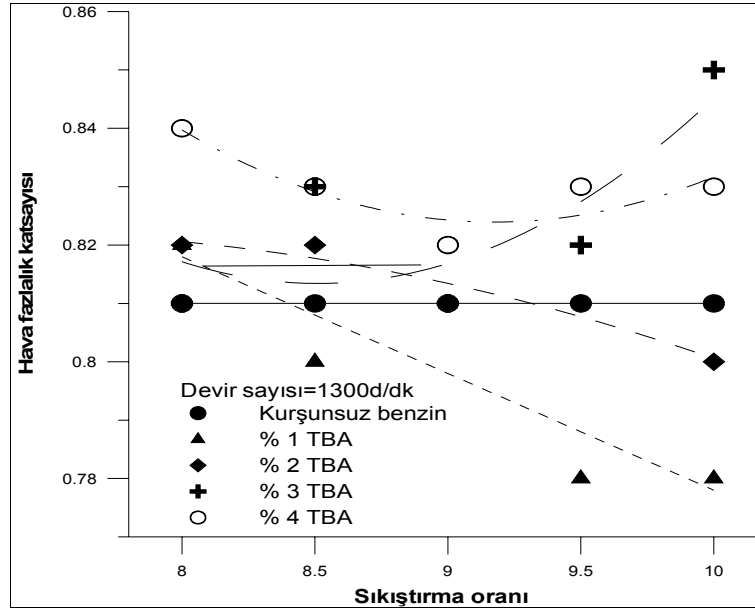


Şekil 76. $n=1500d/dk$ 'da naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri

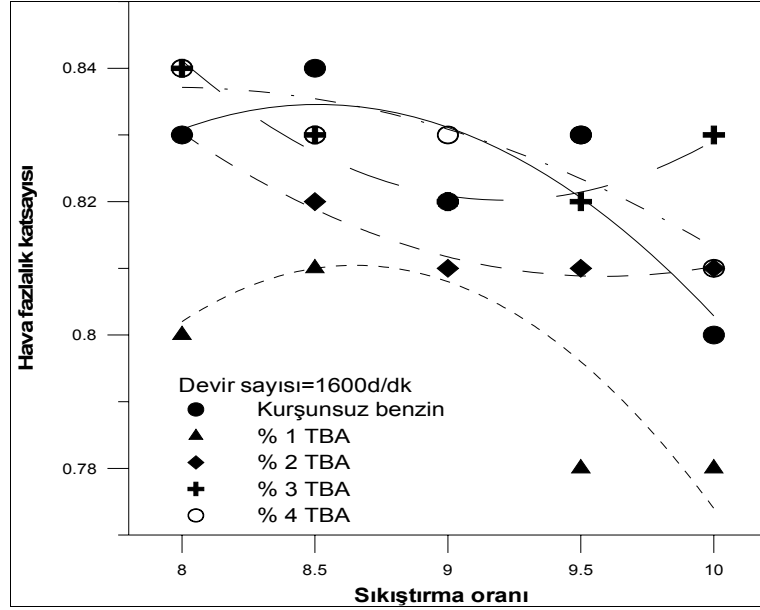
Şekil 74 – Şekil 76'da, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Hava fazlalık katsayısına ait eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça belirgin olarak $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumlarında değerlerin düştüğü görülmektedir. Devir sayısı arttıkça hava fazlalık katsayısı azalmaktadır. Naftalin oranı arttıkça hava fazlalık katsayısı değerleri düşmektedir. En yüksek değerler $n=900d/dk$ ve $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda elde edilmiştir. Eğrilere bakıldığında %4 naftalin katkısı için elde edilen değerler kurşunsuz benzin değerlerine daha yakın olduğu görülmektedir. Hava fazlalık katsayısındaki düşüş yakıt karışımının karbonca zengin olması nedeniyle hava-yakıt karışımının yanması için gerekli hava sağlanamamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 77. $n=1000\text{d/dk}$ 'da TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri

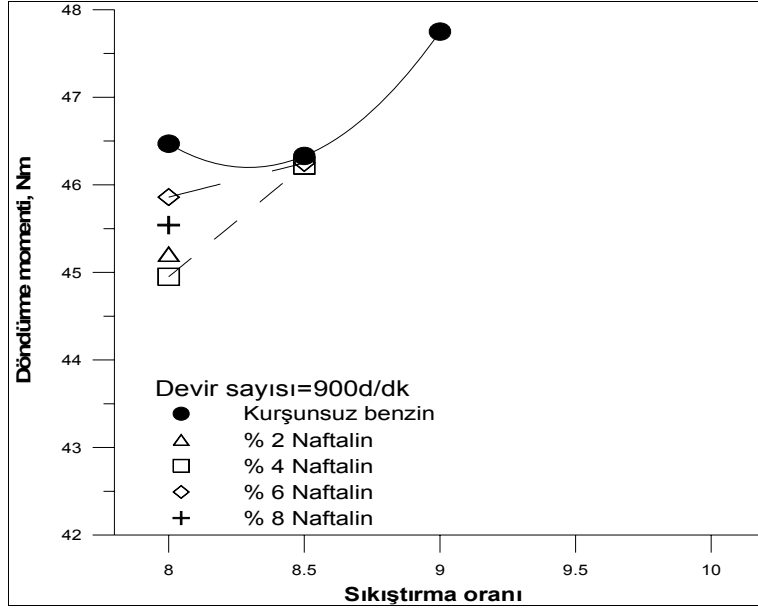


Şekil 78. $n=1300\text{d/dk}$ 'da TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri

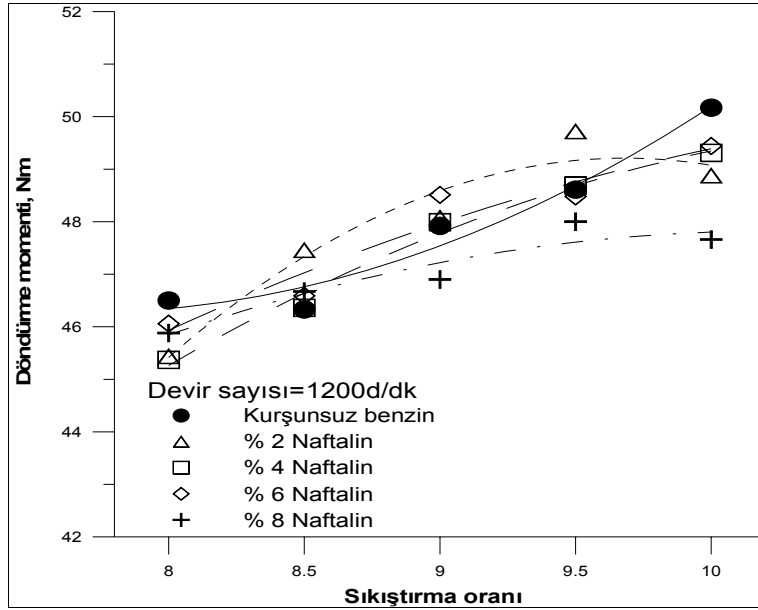


Şekil 79. $n=1600\text{d/dk}$ 'da TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimleri

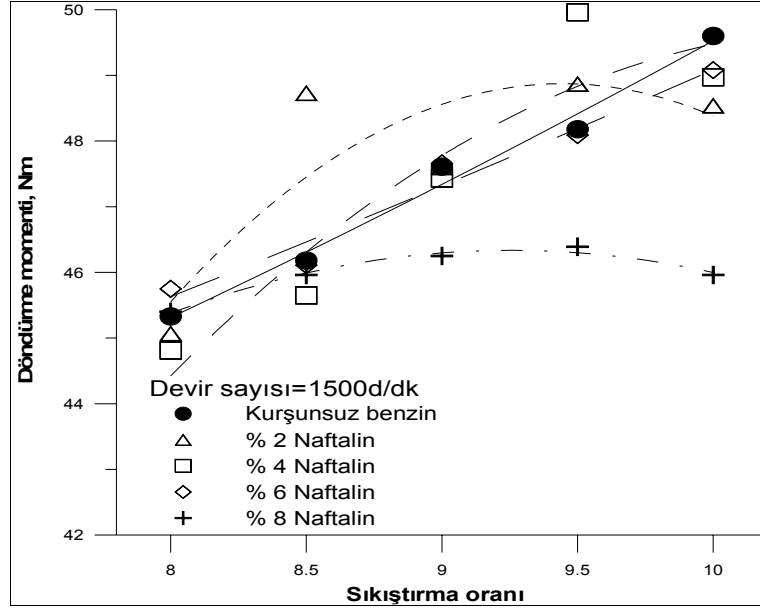
Şekil 77 – Şekil 79'da, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça genel olarak %1 TBA ve %2 TBA karışım oranlarına ilişkin hava fazlalık katsayısı değerlerinin azalmakta olduğu %3 TBA ve %4 TBA karışımlarına ilişkin değerlerin ise artmakta olduğu görülür. Kurşunsuz benzine göre en yüksek hava fazlalık katsayısı değerleri $n=1000\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda elde edilmektedir. TBA kurşunsuz benzine göre daha yüksek stokiyometrik hava-yakıt oranına sahiptir. Hava fazlalık katsayısındaki artış; TBA'nın buharlaşma ısısının yüksek olması nedeniyle silindire emilen dolgu sıcaklığının düşmesinden ve yapısında bulunan oksijenden böylece havanın yoğunlunun artmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 80. $n=900\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri

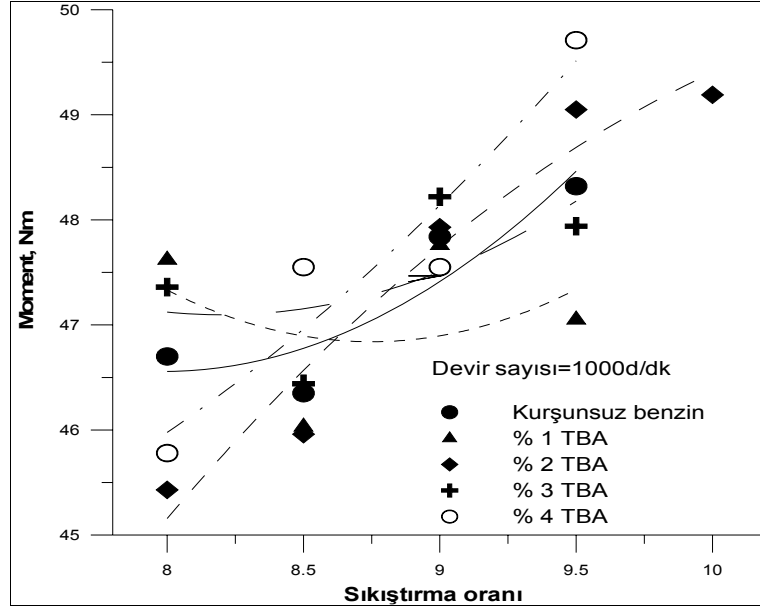


Şekil 81. $n=1200\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri

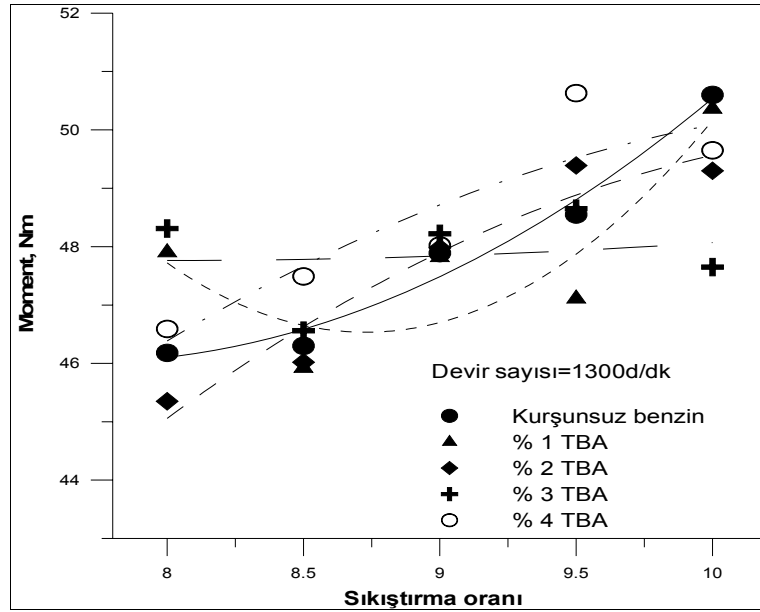


Şekil 82. $n=1500\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri

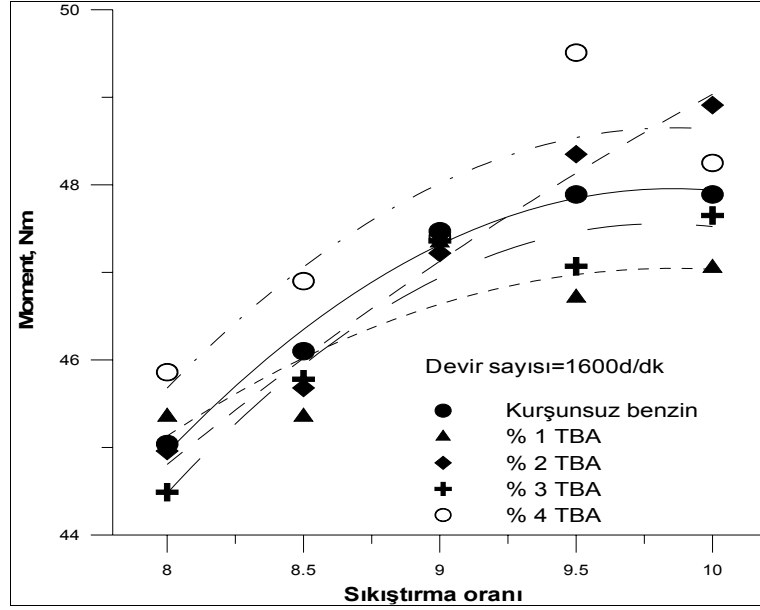
Şekil 81 – Şekil 82’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Döndürme momentine ilişkin eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça moment değerlerinin düştüğü görülür. Devir sayısı arttıkça döndürme momenti değerleri de artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en düşük döndürme momenti değerleri $n=900\text{d/dk}$, $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda, en yüksek moment değerleri ise $n=1500\text{d/dk}$, $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda elde edilmektedir. En düşük döndürme momenti değerleri %8 naftalin karışımı için belirlenmiştir.



Şekil 83. n=1000d/dk'da TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri



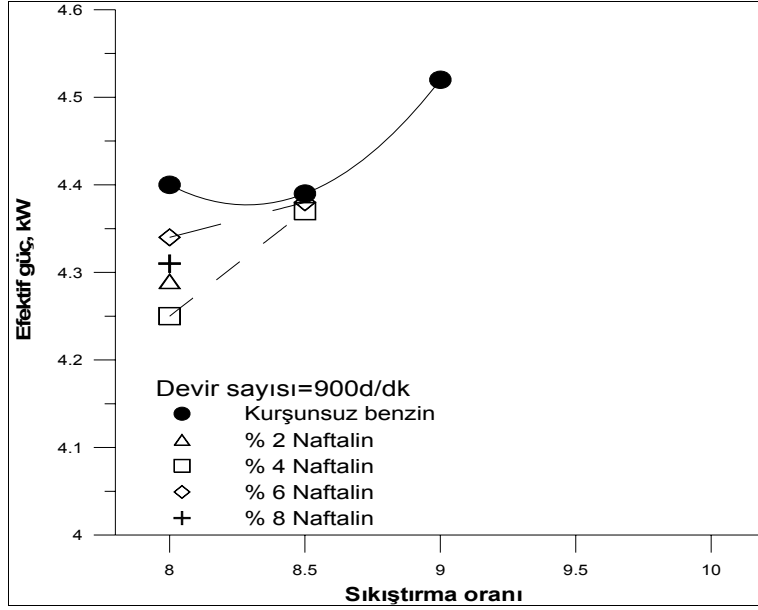
Şekil 84. n=1300d/dk'da TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri



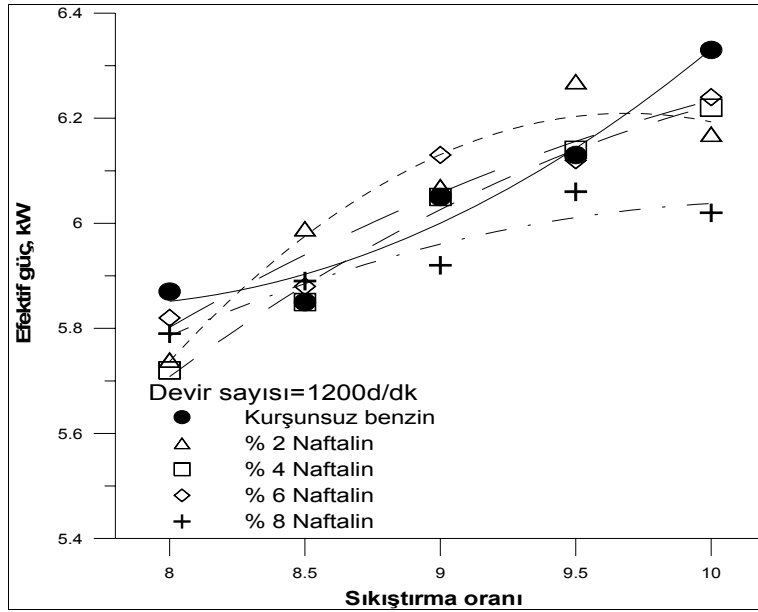
Şekil 85. $n=1600$ d/dk'da TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimleri

Şekil 83 – Şekil 85'de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için döndürme momentinin sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, döndürme momenti değerlerinin genel olarak sıkıştırma oranının ile arttığı görülmektedir. Devir sayısı arttıkça moment değerleri düşmektedir. Kurşunsuz benzine göre en yüksek döndürme momenti değerleri $n=1300$ d/dk, $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda, en düşük değerler ise $n=1000$ d/dk, $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda oluşmaktadır.

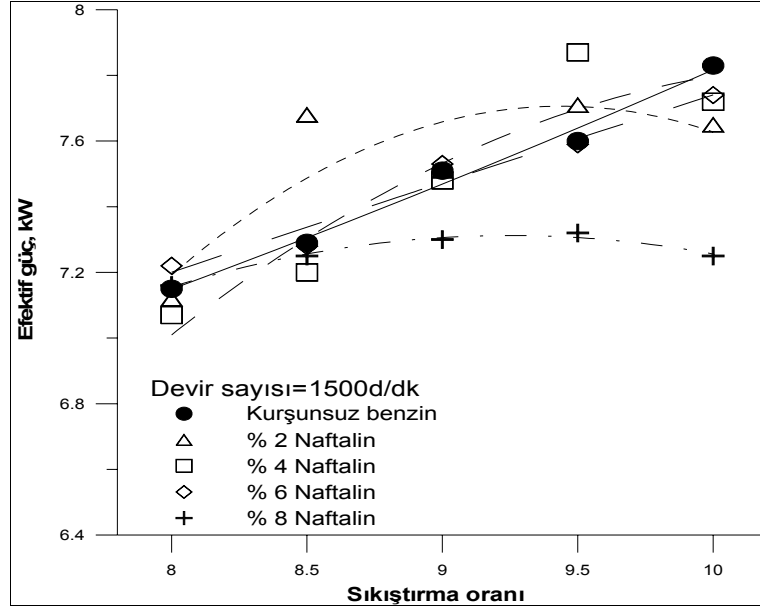
Deneyler sırasında yakıt olarak kurşunsuz benzin kullanıldığında motor yükü artırıldığında yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntu meydana gelmektedir. Ancak TBA ve naftalin karışımlarıyla yapılan deneylerde vuruntu olayı gerçekleşmemektedir. Vuruntunun oluşmaması katkı maddelerinin vuruntu dayanımlarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 86. $n=900\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri

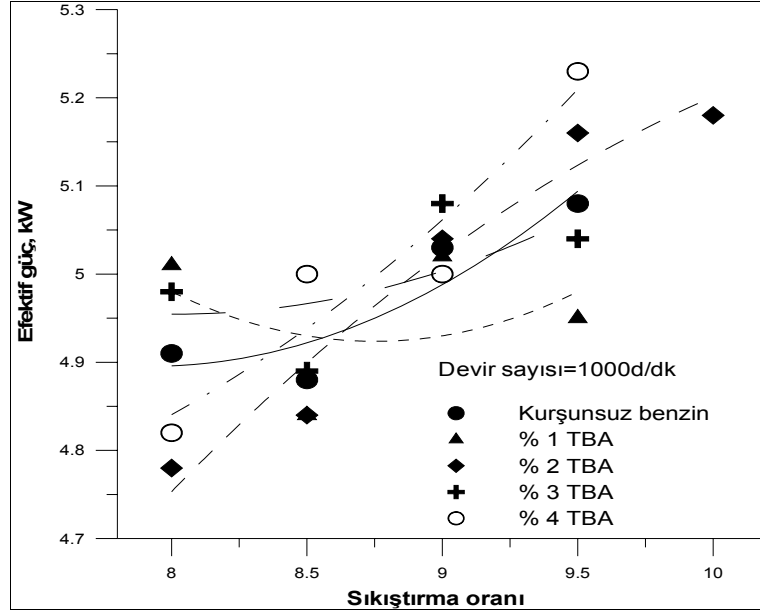


Şekil 87. $n=1200\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri

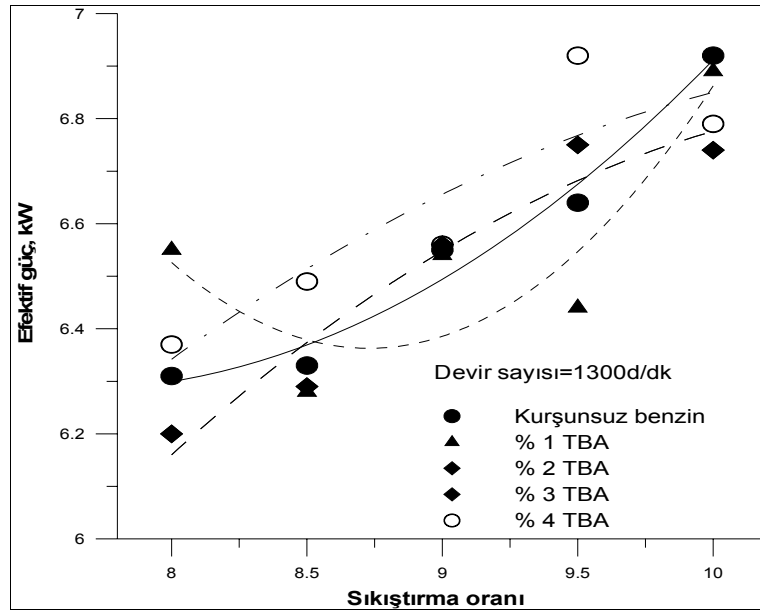


Şekil 88. $n=1500d/dk$ 'da naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri

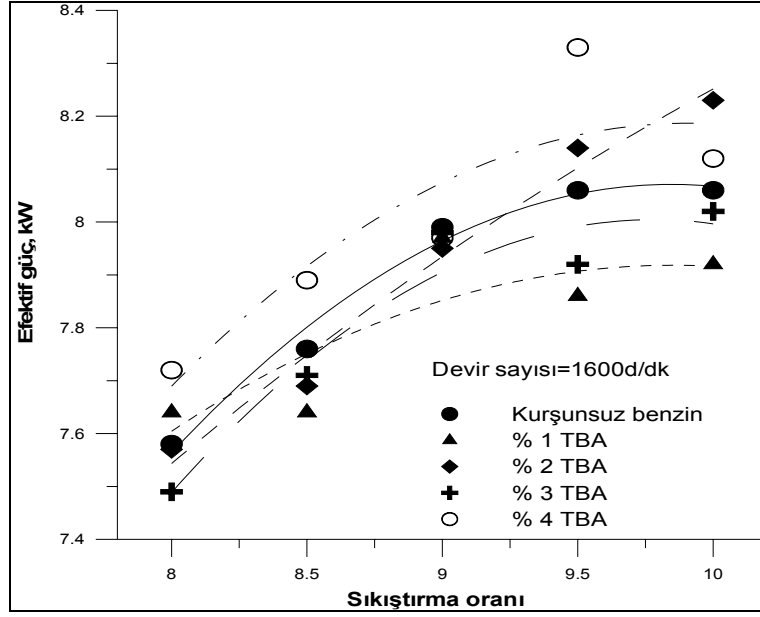
Şekil 85 – Şekil 87’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Efektif güce ilişkin eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranının artması ile efektif gücün de arttığı görülür. Devir sayısı arttıkça güçte belirgin artış görülmektedir. Sıkıştırma oranlarının $\epsilon=8$ ve de $\epsilon=10$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda efektif güç değerleri benzine göre düşmektedir. Sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda benzine göre yakıt karışımları efektif güç değerleri birbirine yakınlamaktadır. Benzine göre en yüksek efektif güç değerleri $\epsilon=9$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda görülmektedir. Karışım oranları arttıkça efektif güç kısmen azalmaktadır. En düşük efektif güç değerleri %8 naftalin karışım oranında görülmektedir.



Şekil 89. $n=1000$ d/dk'da TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri



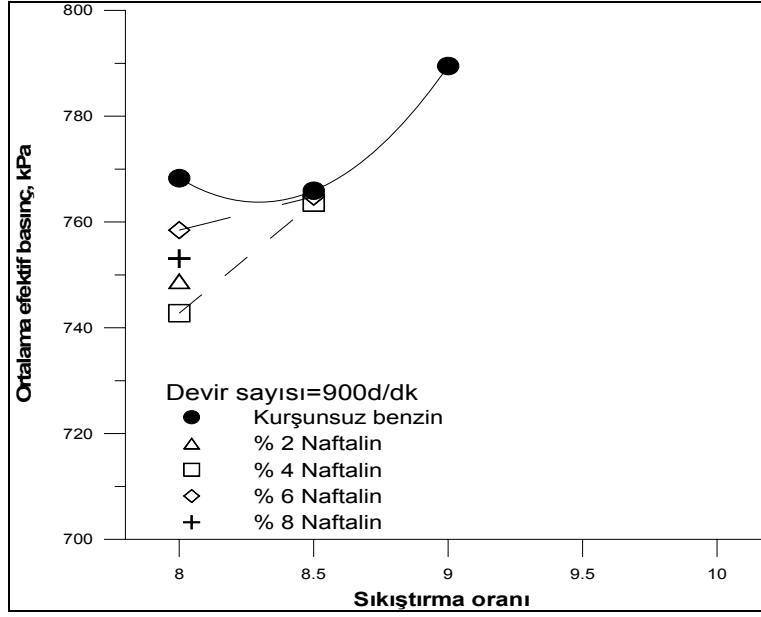
Şekil 90. $n=1300$ d/dk'da TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri



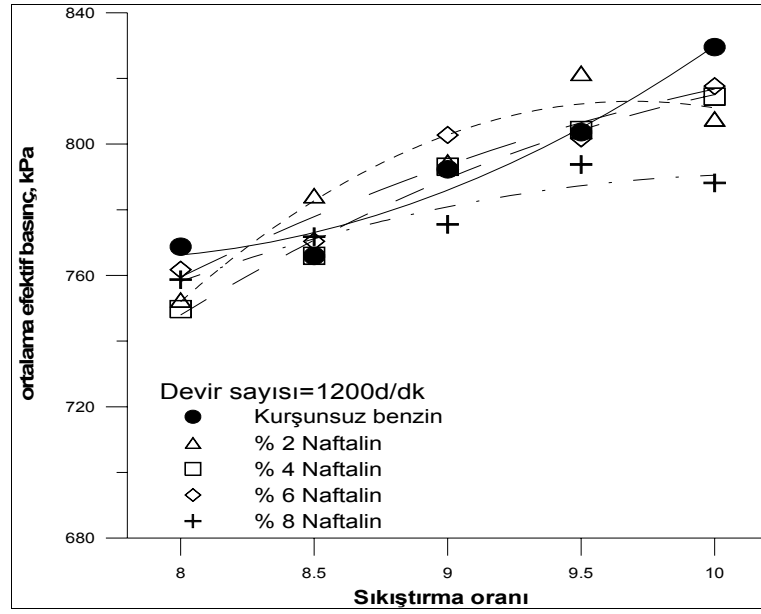
Şekil 91. $n=1600d/dk$ 'da TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimleri

Şekil 88 – Şekil 91’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için efektif gücün sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, efektif gücün sıkıştırma oranı arttıkça arttığı görülür. Sıkıştırma oranının $\epsilon=10$ olması durumunda en yüksek değerler elde edilmiştir. Kurşunsuz benzine en yakın efektif güç değerleri sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda elde edilmiştir. En yüksek efektif güç ise $n=1600d/dk$ için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda oluşmuştur.

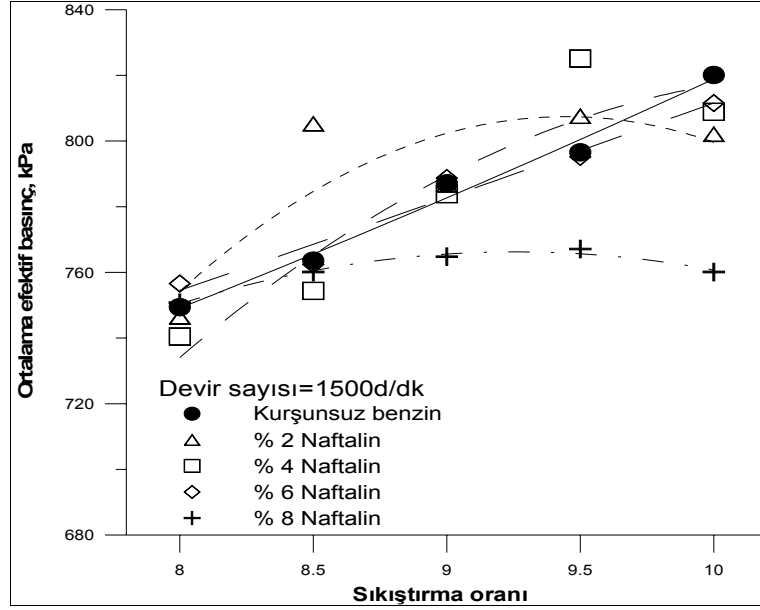
Motor düşük devir sayılarında çalışırken zorlanmakta böylece vuruntu eğilimi artmaktadır. Kullanılan katkı yakıtların oktan sayılarının yüksek olması nedeniyle tüm çalışma koşullarında vuruntu görülmemiştir.



Şekil 92. n=900d/dk'da naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın sıkıştırma oranına göre değişimleri

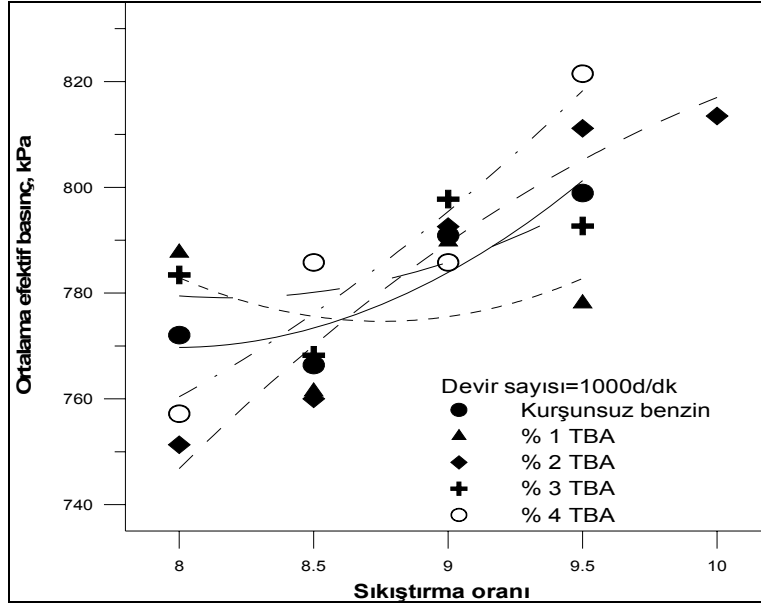


Şekil 93. n=1200d/dk'da naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın sıkıştırma oranına göre değişimleri

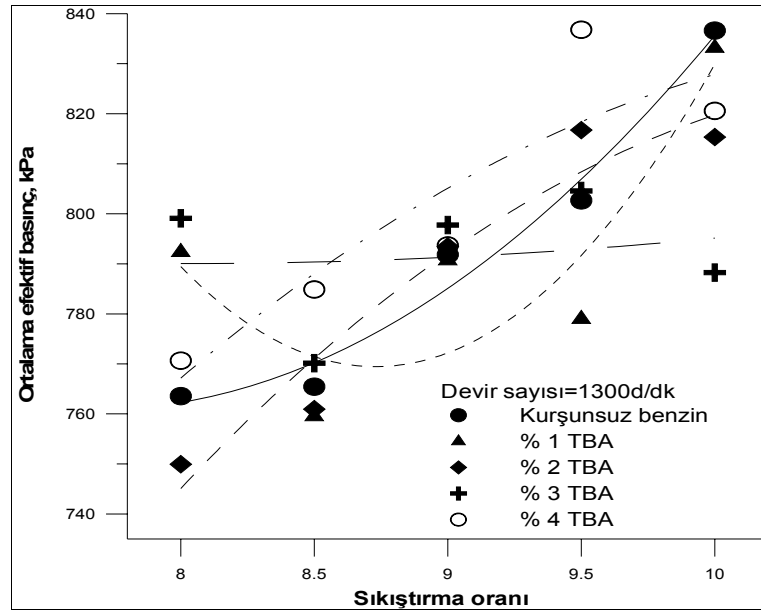


Şekil 94. $n=1500$ d/dk'da naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın sıkıştırma oranına göre değişimleri

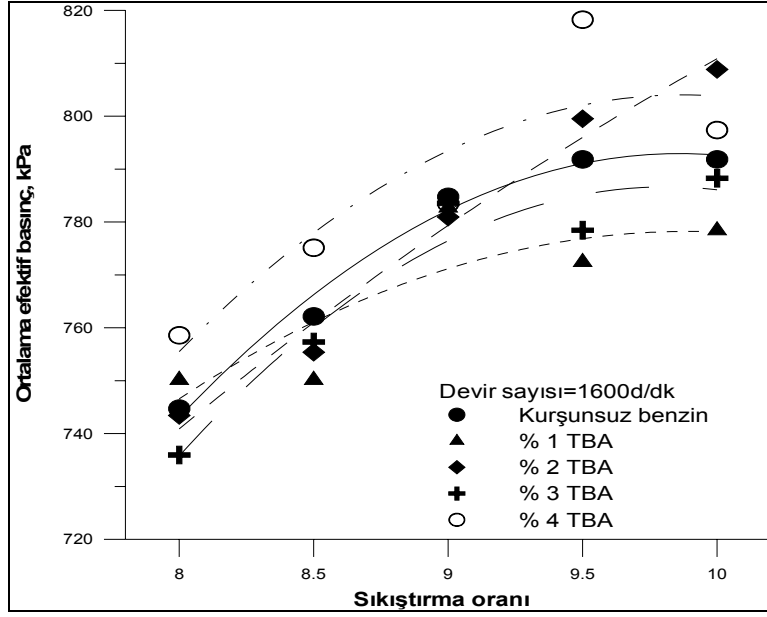
Şekil 92 – Şekil 94'de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Ortalama efektif basınçla ilişkin eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranının artması ile efektif basınç değerinin de arttığı görülür. Öte yandan devir sayısı arttıkça basınç değerlerinin düştüğü görülmüştür. Sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda karışım yakıtları için elde edilen efektif basınç değerleri kurşunsuz benzine en yakın değerleri almaktadır. Benzine göre en yüksek efektif basınç değerlerini $n=1200$ d/dk için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda, en düşük basınç değerlerini ise $n=1500$ d/dk için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda göstermektedir.



Şekil 95. $n=1000d/dk$ 'da TBA karışımları için ortalama efektif basınçın sıkıştırma oranına göre değişimleri



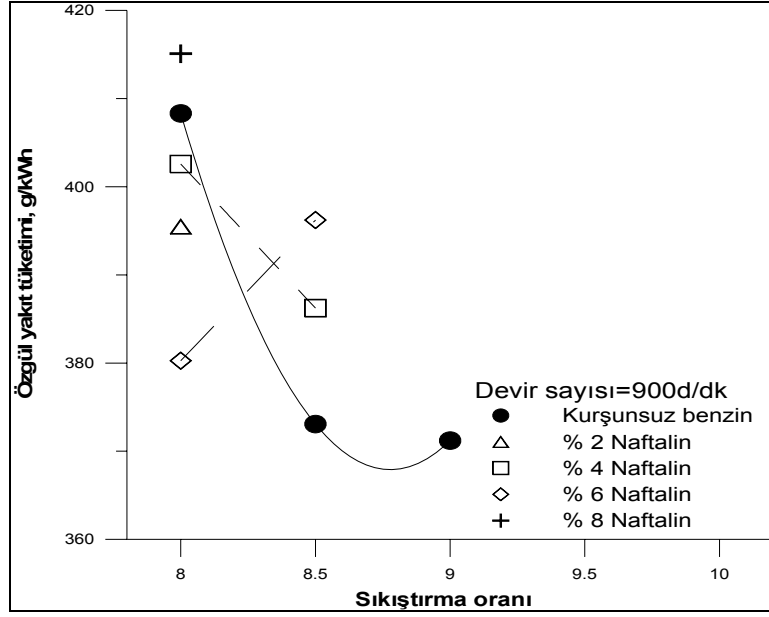
Şekil 96. $n=1300d/dk$ 'da TBA karışımları için ortalama efektif basınçın sıkıştırma oranına göre değişimleri



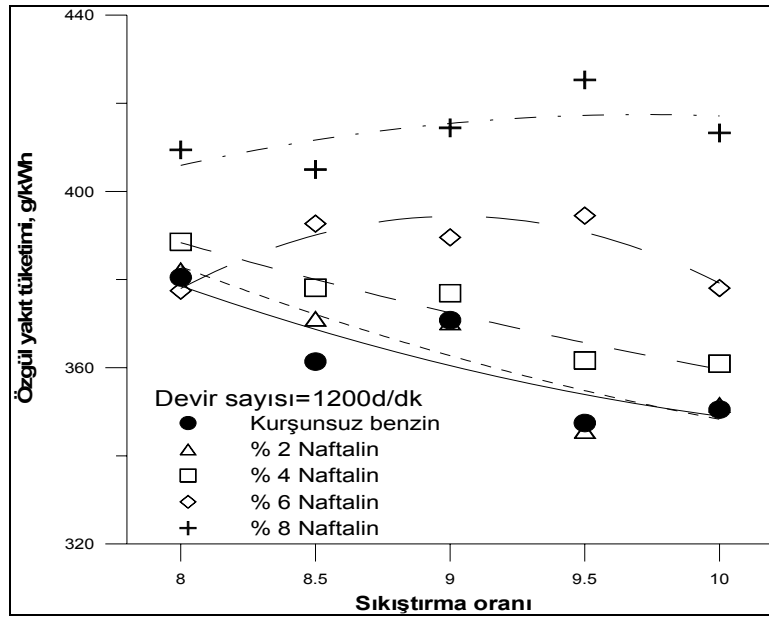
Şekil 97. n=1600d/dk'da TBA karışımları için ortalama efektif basıncın sıkıştırma oranına göre değişimleri

Şekil 95 – Şekil 97'de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için ortalama efektif basıncın devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça ortalama efektif basıncında arttığı görülür. Devir sayısı yükseldikçe basınç değerlerinin düştüğü görülmektedir. Sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda karışım yakıtlar için elde edilen efektif basınç değerleri kurşunsuz benzinin basınç değerleriyle çakışmaktadır. Benzine göre en yüksek basınç değerleri n=1300d/dk için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda, en düşük basınç değerleri ise n=1300d/dk ve $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ durumunda elde edilmiştir.

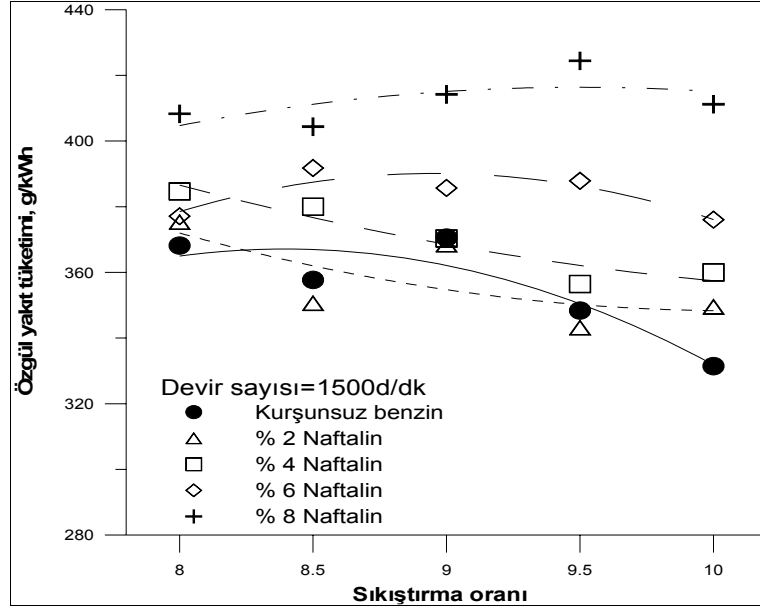
Düşük devir sayılarında motorun yavaş çalışmasına bağlı olarak meydana gelen ısı kayıplarının artması, yüksek devir sayılarında ise mekanik, kısılma ve sürtünme kayıplarının artması efektif basıncın düşmesine neden olabilir.



Şekil 98. n=900d/dk'da naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri

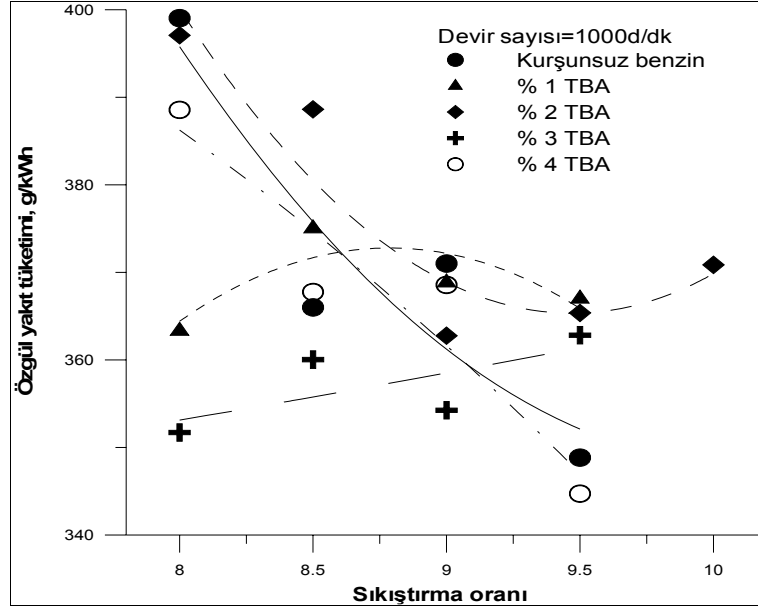


Şekil 99. n=1200d/dk'da naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri

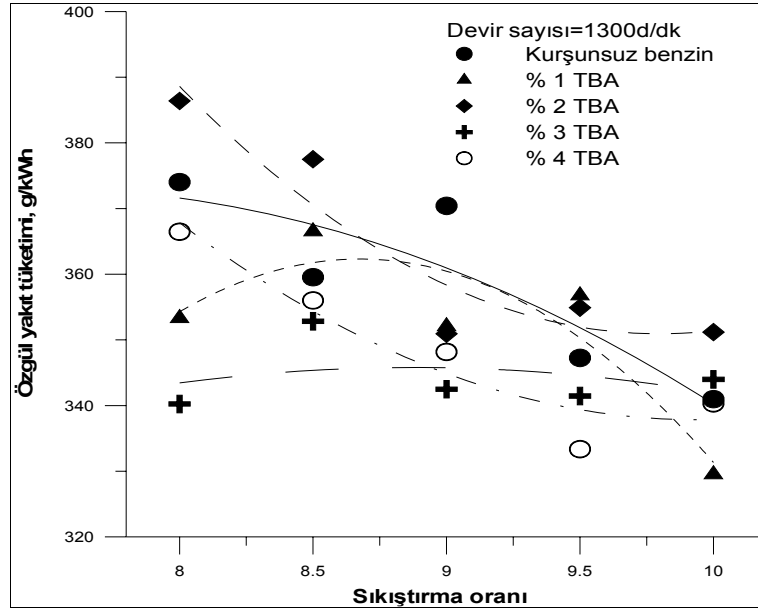


Şekil 100. $n=1500d/dk$ 'da naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri

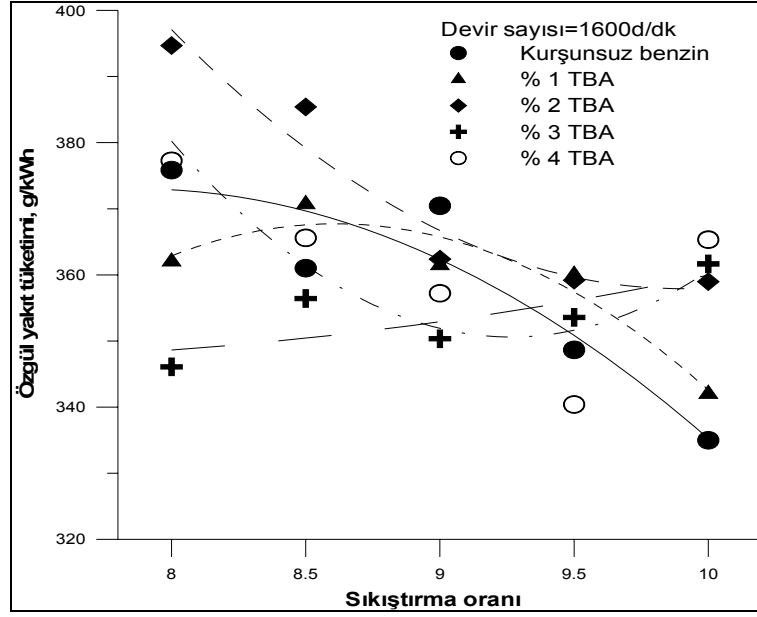
Şekil 98 – Şekil 100'de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Özgül yakıt tüketimine ilişkin eğriler incelendiğinde, yakıt tüketiminin sıkıştırma oranı arttıkça azaldığı görülmektedir. Öte yandan devir sayısı arttıkça yakıt tüketimi azalmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en yüksek değerler $n=1500d/dk$, $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda, en düşük değerler ise $n=900d/dk$, $\epsilon=8$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda görülmektedir. Naftalinin katkı miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi de artmaktadır. Bu düşüş naftalinin ısı değerinin kurşunsuz benzine göre düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 101. $n=1000d/dk$ 'da TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri

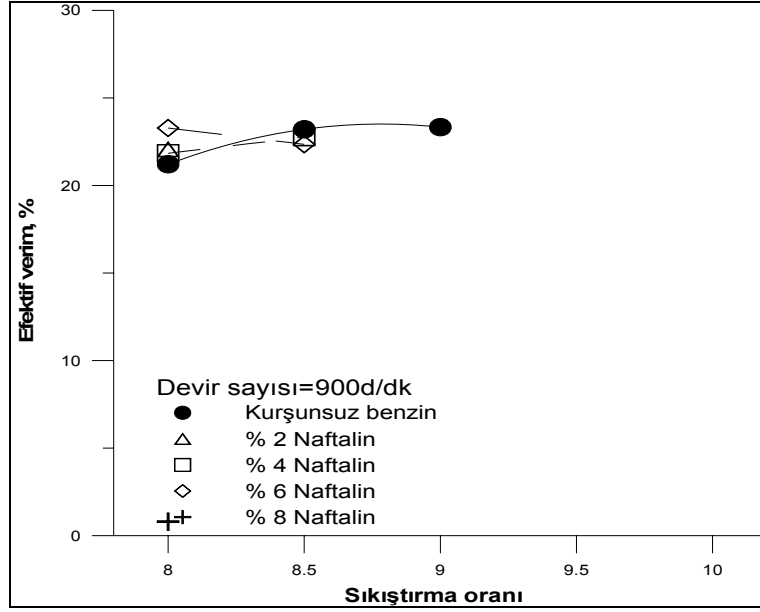


Şekil 102. $n=1300d/dk$ 'da TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri

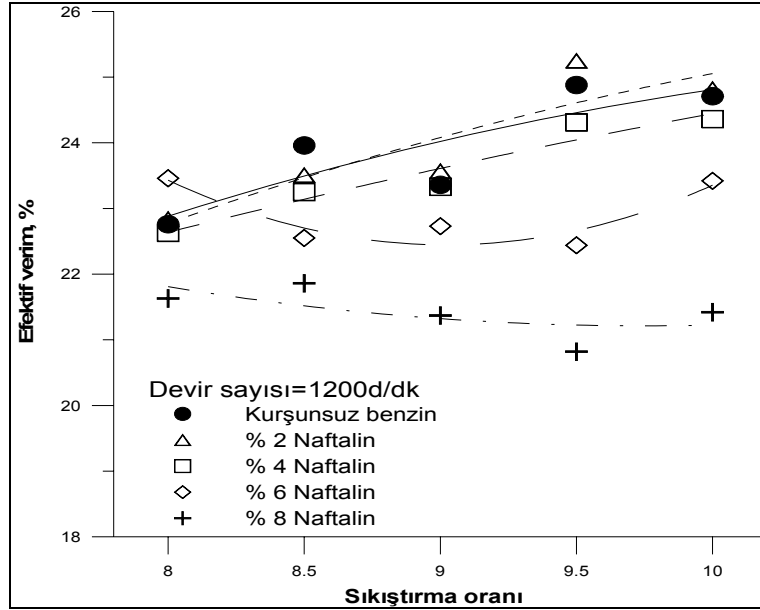


Şekil 103. $n=1600d/dk$ 'da TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimleri

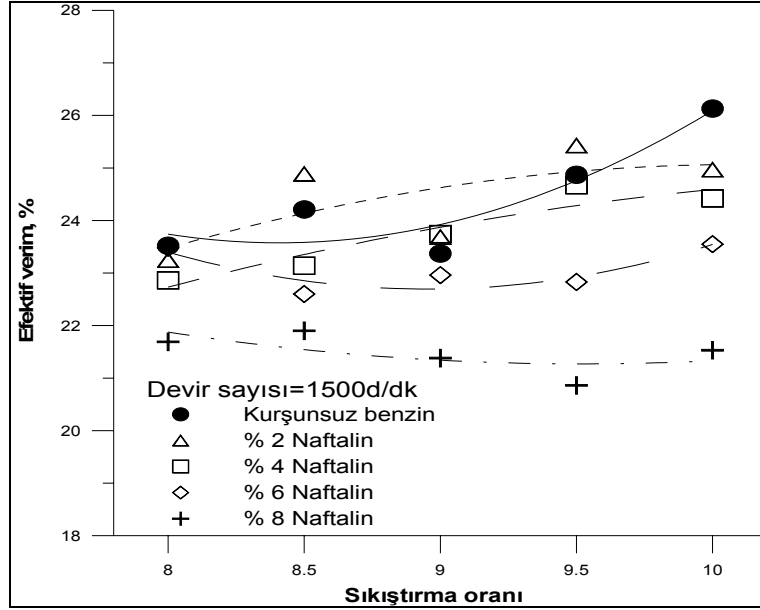
Şekil 101 – Şekil 103'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, genel olarak özgül yakıt tüketiminin sıkıştırma oranının artmasıyla düştüğü görülmektedir. Devir sayısı $n=1300d/dk$ durumunda yakıt tüketimindeki azalma en fazla olmaktadır. Sıkıştırma oranının $\epsilon=9$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda yakıt tüketimi değerleri benzinin değerlerine yaklaşmaktadır. Sıkıştırma oranının $\epsilon=10$ olması durumunda en yüksek yakıt tüketimi değerleri elde edilmektedir. En yüksek yakıt tüketimi değerleri $n=1000d/dk$ durumunda görülmektedir. Özgül yakıt tüketimindeki azalış, TBA'nın ısı değerin kurşunsuz benzine göre daha düşük olmasına karşın motorun fakir karışımla çalışmasından kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 104. n=900d/dk'da naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

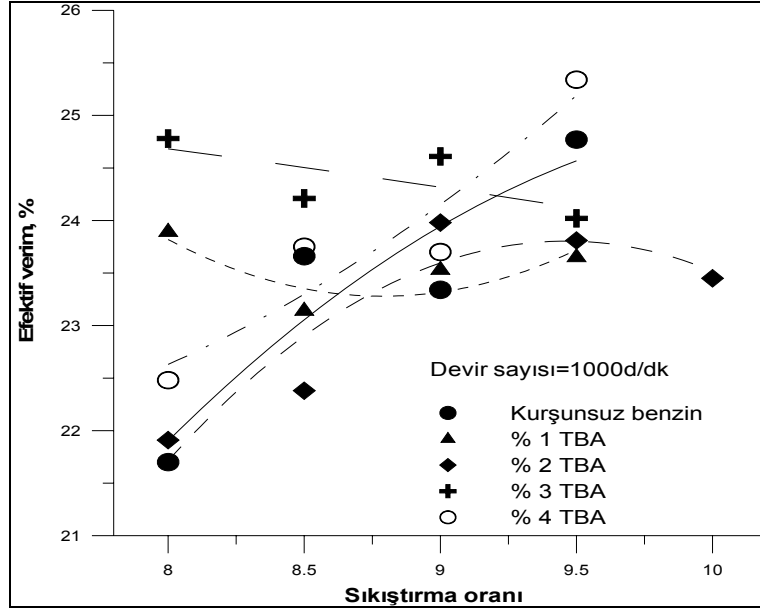


Şekil 105. n=1200d/dk'da naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

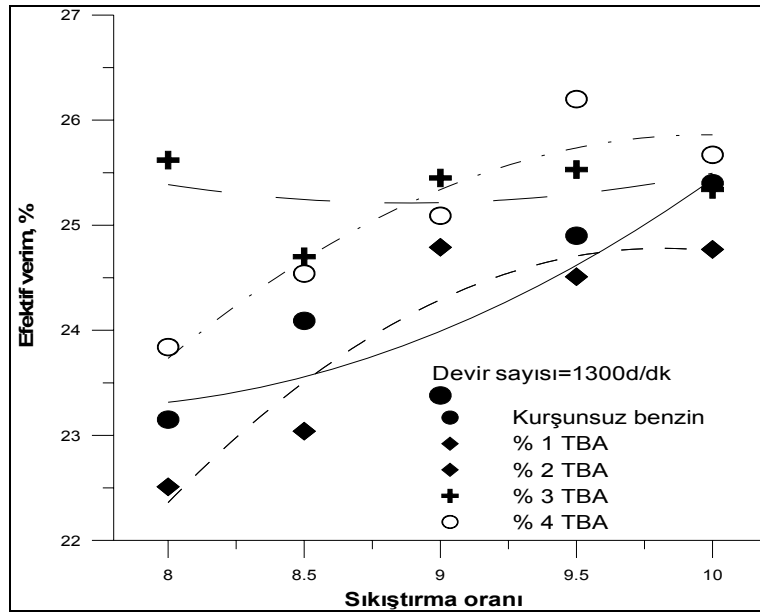


Şekil 106. n=1500d/dk'da naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

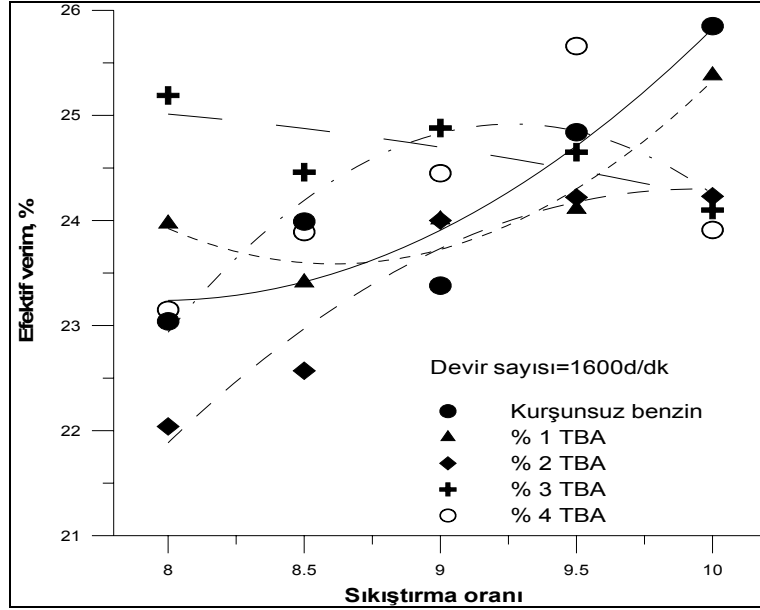
Şekil 104 – Şekil 106'da, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Efektif verim eğrileri incelendiğinde, sıkıştırma oranı veya devir sayısı arttıkça veriminde arttığı görülür. Karışım oranlarına ilişkin efektif verim değerleri katkı miktarının artışıyla azalmaktadır. Kurşunsuz benzinin yakıt karışımlarına göre en yüksek efektif verim değerleri n=1500d/dk, $\epsilon=10$ ve AA=10°KMA durumunda, en düşük verim değerleri ise n=1500d/dk, $\epsilon=8$ ve AA=10°KMA durumunda görülmektedir. Naftalin katkı oranı arttıkça efektif verim azalmaktadır. Sıkıştırma oranı arttıkça vuruntu eğilimi de arttırmaktadır. Kullanılan yakıtların vuruntu dayanımlarının yüksek olması ve katkı oranının giderek arttırılmış olması vuruntu oluşmasını önlemektedir.



Şekil 107. $n=1000d/dk$ 'da TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

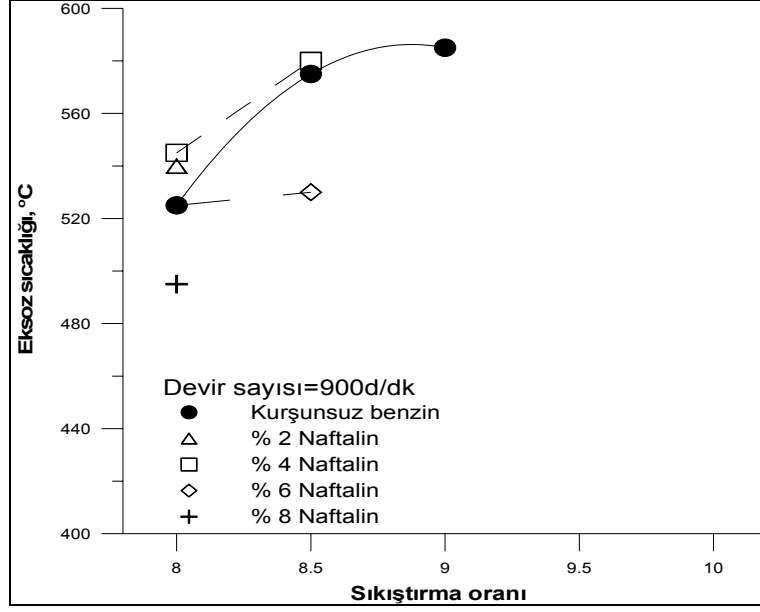


Şekil 108. $n=1300d/dk$ 'da TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

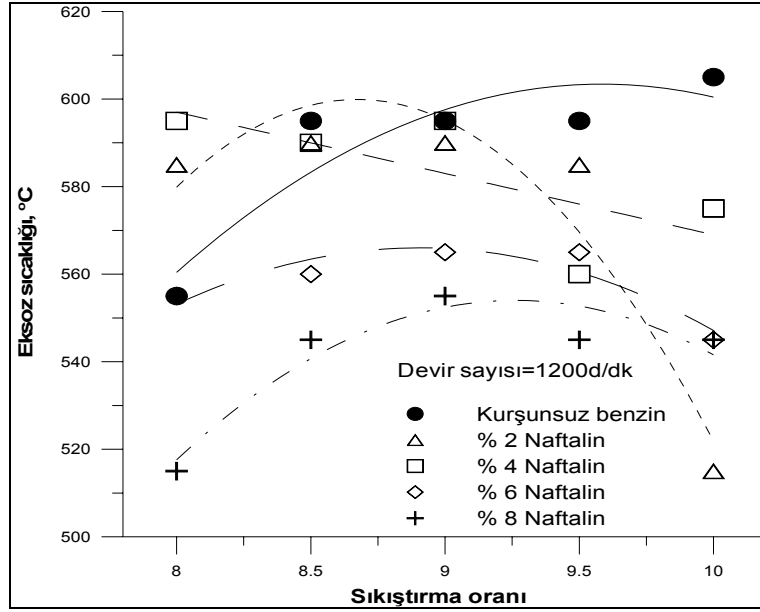


Şekil 109. $n=1600d/dk$ 'da TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimleri

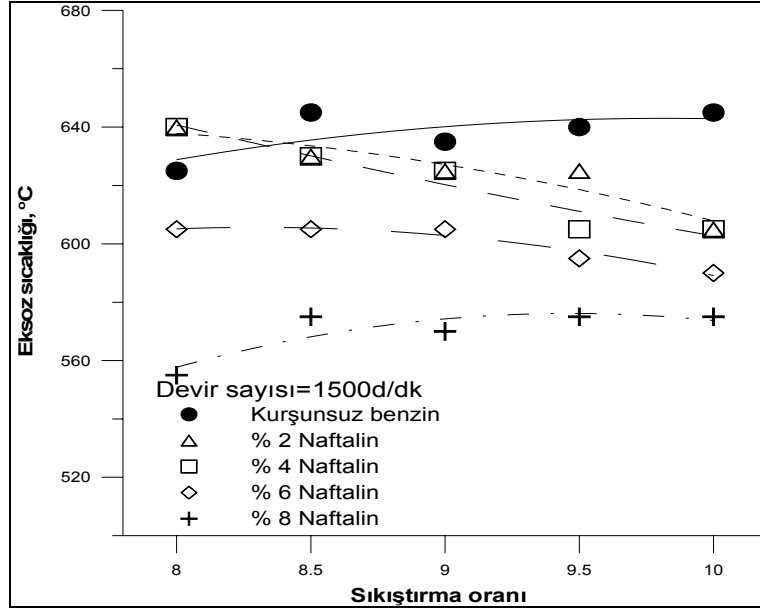
Şekil 107 – Şekil 109'da, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Sıkıştırma oranı arttıkça efektif verim eğrileri belli bir sıkıştırma oranına kadar azalan daha sonra tekrar artan bir karakter göstermektedir. Sıkıştırma oranının $\epsilon=9$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ olması durumunda karışım yakıtlarının kurşunsuz benzine göre verimleri en yüksek değerleri almaktadır. Devir sayısı arttıkça efektif verim de artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre efektif verim değerleri sıkıştırma oranı $\epsilon=10$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ olması durumunda en düşük değerleri almaktadır. Efektif verimin değerleri en düşük $n=1000d/dk$ için $\epsilon=8$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda, en yüksek değerleri ise $n=1600d/dk$ için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda görülmektedir. Katkı oranı %3 TBA için elde edilen değerlerin diğer karışım oranları için elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. TBA; buharlaşma ısısının yüksek olması nedeniyle dolgu karışımının sıcaklığının düşürerek efektif verimin artmasına sağlar. TBA'ün benzine göre oldukça düşük stokiyometrik hava-yakıt oranına sahiptir. Böylece yakıt katkısı olarak kullanılması durumunda hava-yakıt karışımının fakirleşmesi nedeniyle de efektif verimin artmasını sağlamaktadır.



Şekil 110. $n=900\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri

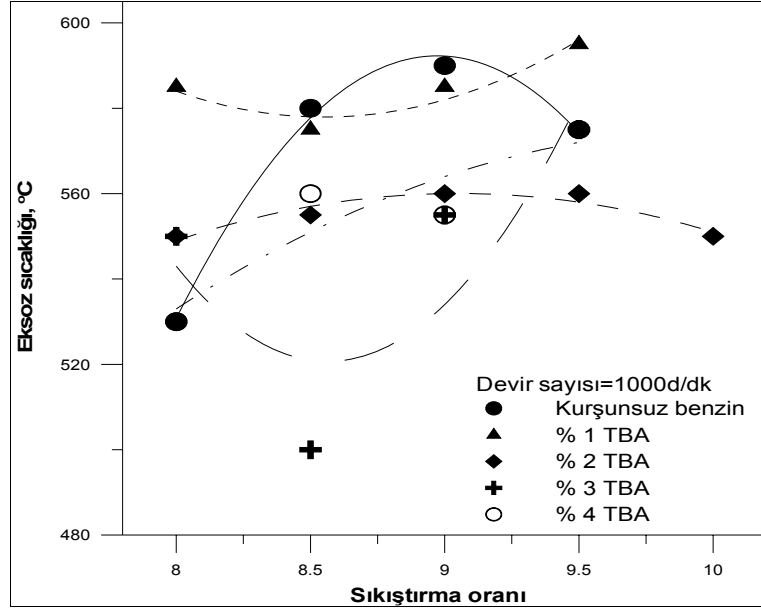


Şekil 111. $n=1200\text{d/dk}$ 'da naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri

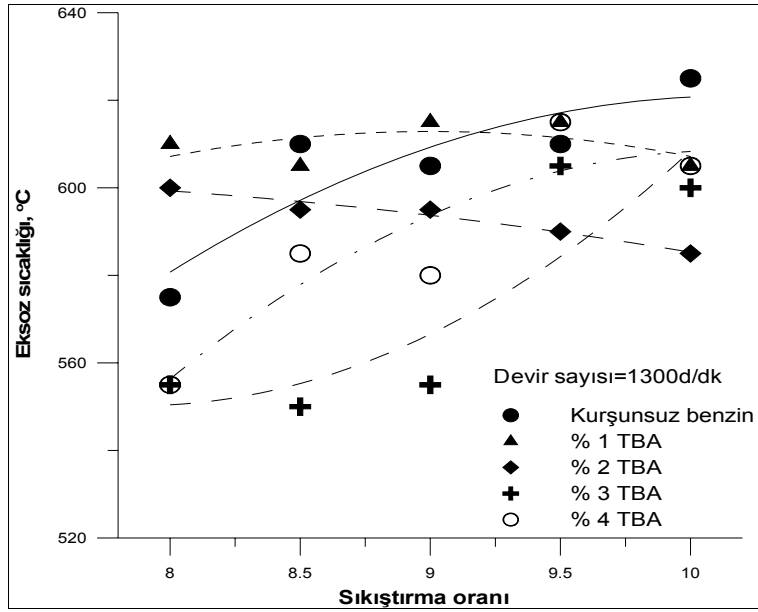


Şekil 112. n=1500d/dk'da naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri

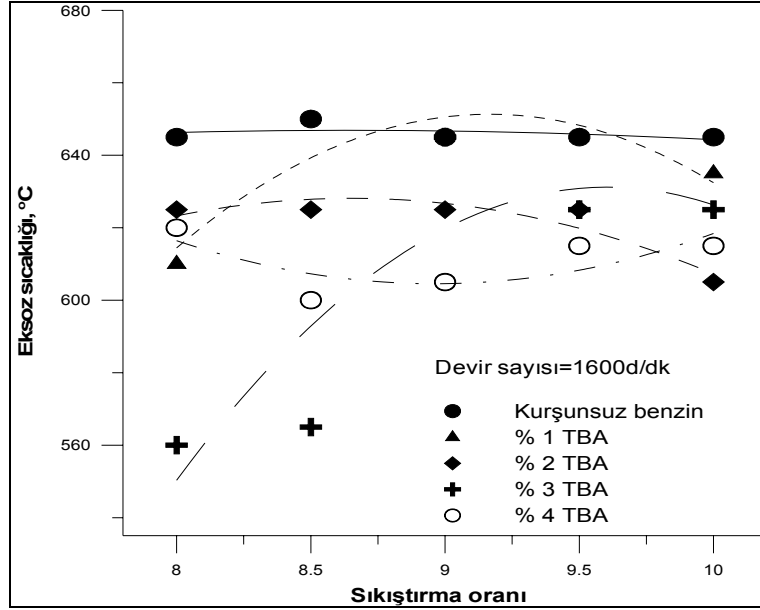
Şekil 110 – Şekil 112’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Eksoz sıcaklığına ilişkin eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranına yükseldikçe eksoz sıcaklığının kurşunsuz benzine göre düştüğü görülür. Devir sayısı arttıkça eksoz sıcaklığı da yükselmektedir. En düşük sıcaklık değerleri n=900d/dk için $\epsilon=8$ ve AA=10°KMA durumunda, en yüksek sıcaklık değerleri n=1500d/dk için $\epsilon=8$ ve AA=10°KMA durumunda elde edilmiştir. Eksoz sıcaklığı karışım oranı arttıkça düşmektedir. Eksoz sıcaklığındaki bu düşüş naftalinin ısıl değerinin kurşunsuz benzine göre düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 113. $n=1000\text{d/dk}$ 'da TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri



Şekil 114. $n=1300\text{d/dk}$ 'da TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri

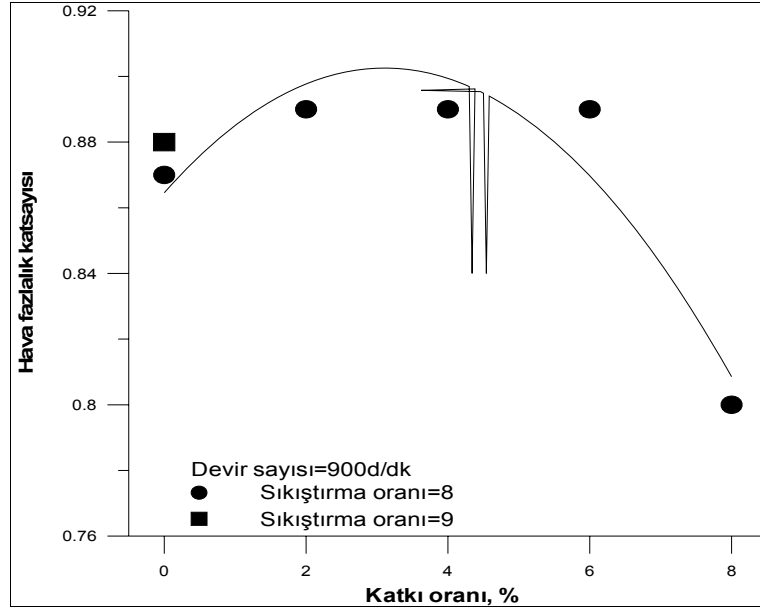


Şekil 115. $n=1600\text{d/dk}$ 'da TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimleri

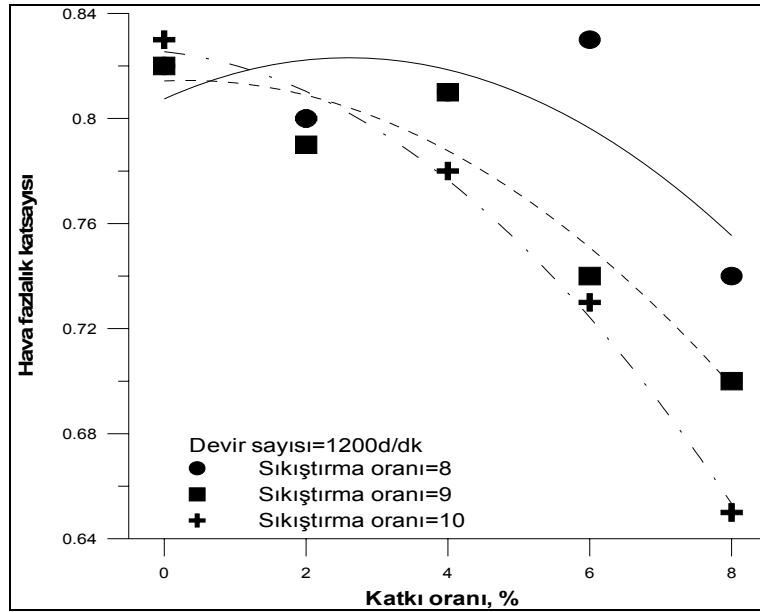
Şekil 114 – Şekil 116'da, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için eksoz sıcaklığının sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça eksoz sıcaklığının yükseldiği görülür. Devir sayısı arttıkça eksoz sıcaklığı da artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en düşük eksoz sıcaklığı değerleri $n=1000\text{d/dk}$ için $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda, en yüksek sıcaklık değerleri ise $n=1600\text{d/dk}$ için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda görülmektedir. Öte yandan karışım oranı arttıkça eksoz sıcaklık değerlerinin düştüğü görülmektedir. Eksoz sıcaklığındaki bu düşüş deney düzeneğinin soğutma sisteminin yetersizliğinden ve TBA'nın benzine göre ısı değeri düşük olmasına karşın buharlaşma ısısının yüksek olması nedeniyle dolgu sıcaklığını dolayısıyla yanma sonu sıcaklıklarını düşürmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

3.1.3. Karışım Katkı Oranlarının Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi

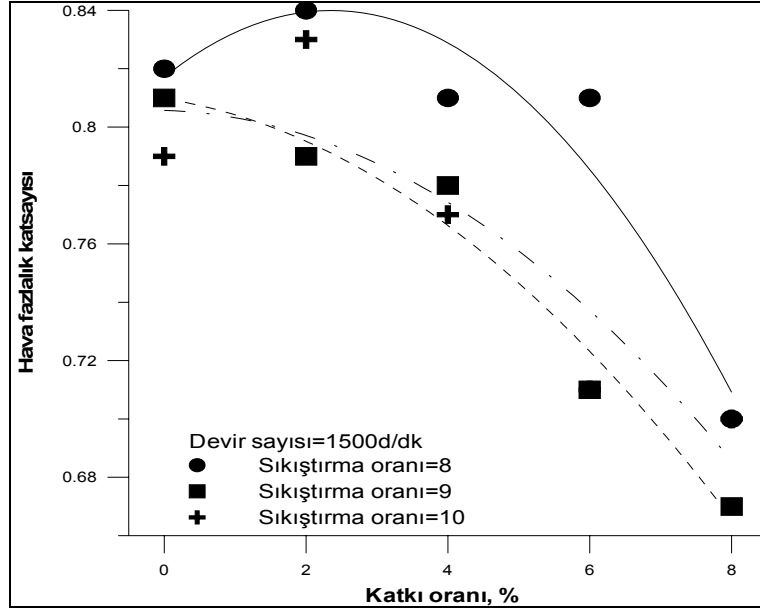
Bu bölümde döndürme momenti, efektif güç, ortalama efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, hava fazlalık katsayısı ve eksoz sıcaklığı gibi parametrelerin her biri için değişken karışım oranlarında yakıt ve yakıt karışımları sonuçlarının değişimleri incelenecektir.



Şekil 116. $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimleri

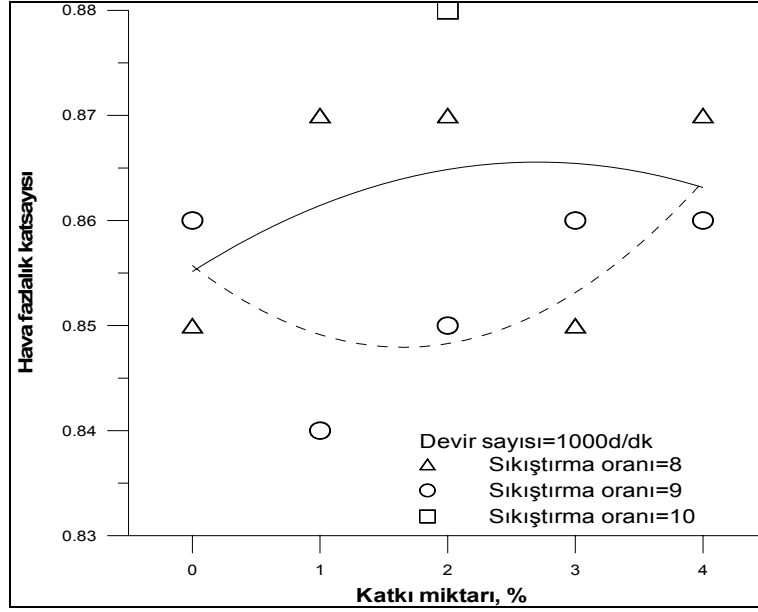


Şekil 117. $n=1200\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimleri

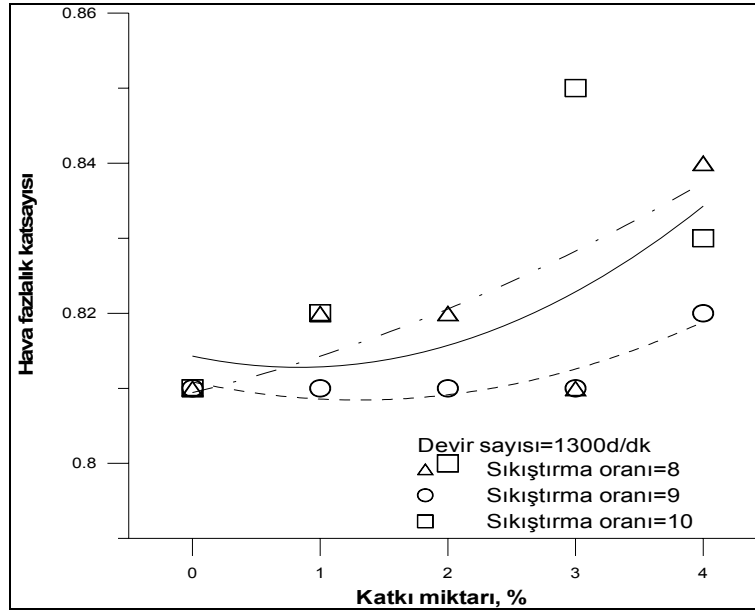


Şekil 118. $n=1500\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimleri

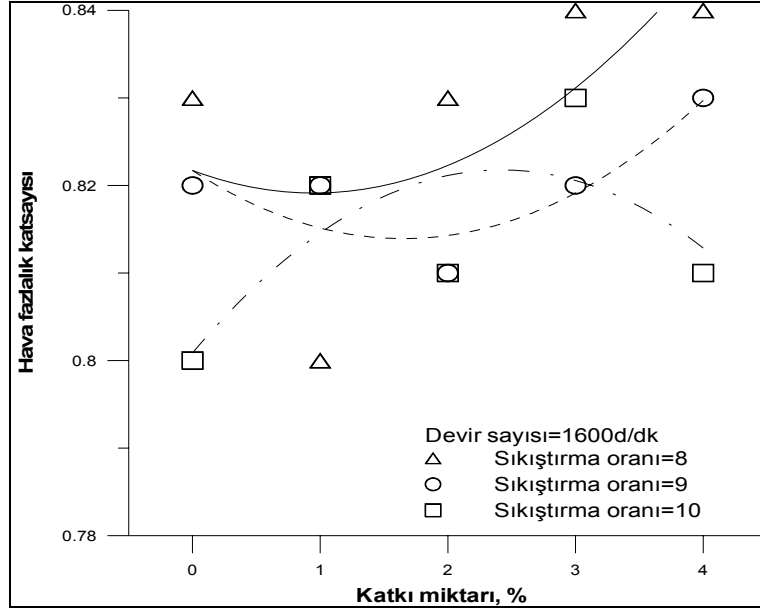
Şekil 116 – Şekil 118’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için hava fazlalık katsayısının naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Hava fazlalık katsayısına ilişkin eğriler, hava fazlalık katsayısının sıkıştırma oranı arttıkça düştüğü görülmektedir. Naftalin oranı arttıkça hava fazlalık katsayısı değerleri düşmektedir. Öte yandan devir sayısı arttıkça hava fazlalık katsayısı azalmaktadır. Eğrilere bakıldığında $n=1200\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %2 naftalin katkısı için elde edilen değerlerin kurşunsuz benzin değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Hava fazlalık katsayısında ki azalma; yakıt karışım oranlarının artması ile yakıt karışımlarının karbonca zenginleşmesi ve hava-yakıt karışımının yanması için gerekli havanın sağlanamamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 119. $n=1000$ d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimleri

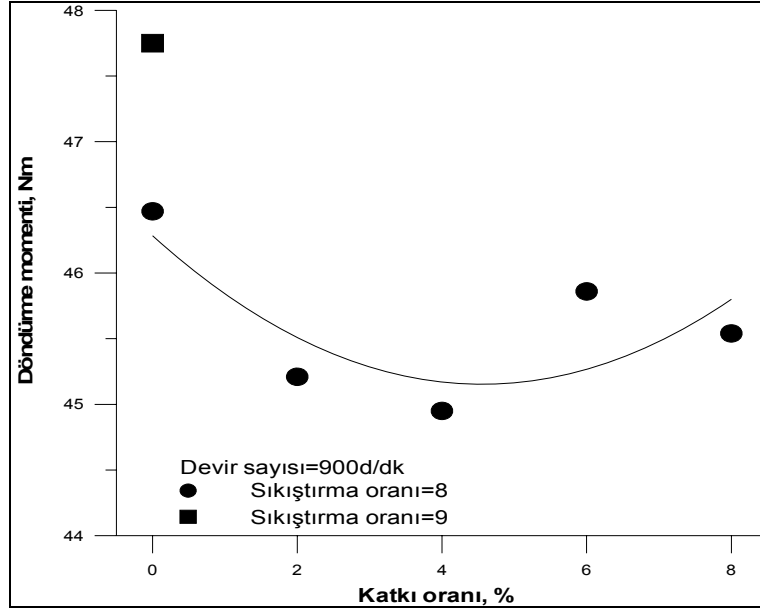


Şekil 120. $n=1300$ d/dk ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimleri

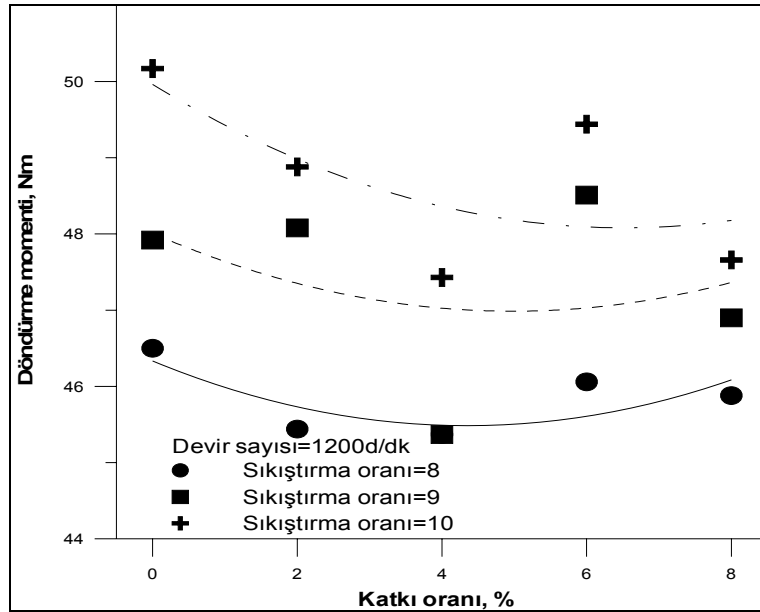


Şekil 121. $n=1600$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimleri

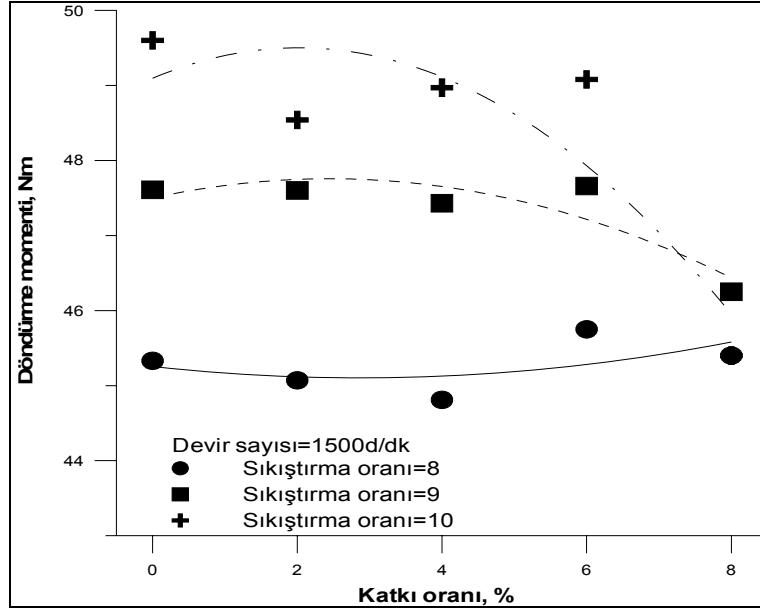
Şekil 119 – Şekil 121’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için hava fazlalık katsayısının TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, katkı oranı arttıkça hava fazlalık katsayısının arttığı, sıkıştırma oranının arttıkça azaldığı görülebilir. Öte yandan devir sayısı arttıkça hava fazlalık katsayısı değerlerinin azaldığı görülmektedir. Kurşunsuz benzine göre en yüksek hava fazlalık katsayısı değerleri $n=1000$ d/dk, $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda %4 katkı oranında görülmektedir. TBA; yapısında bulunan oksijen ve stokiyometrik hava-yakıt oranının benzine göre daha yüksek olması nedeniyle hava-yakıt karışımının fakirleşmesine, ayrıca yüksek buharlaşma ısısının etkisiyle taze dolgunun yoğunluğunu arttırarak hava fazlalık katsayısının yükselmesine neden olmaktadır.



Şekil 122. $n=900$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimleri

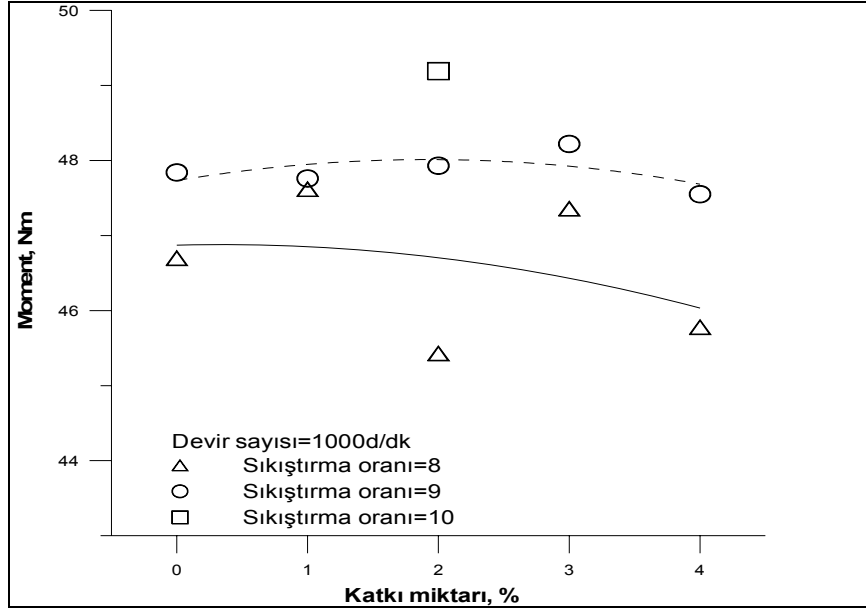


Şekil 123. $n=1200$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimleri

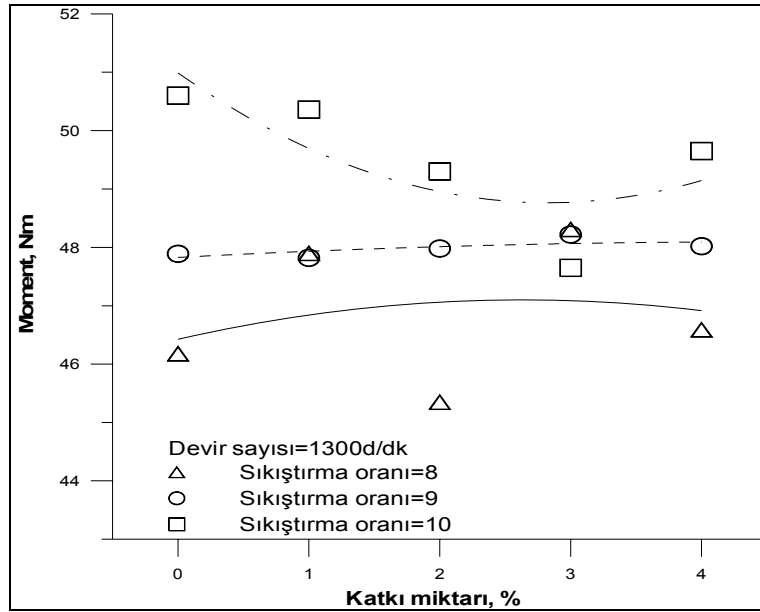


Şekil 124. $n=1500\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimleri

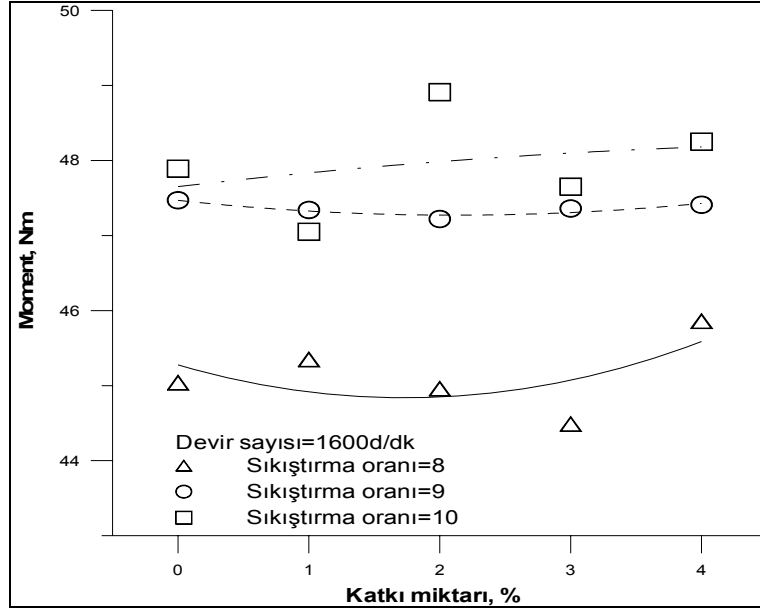
Şekil 122 – Şekil 124’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için döndürme momentinin naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Döndürme momentine ilişkin eğriler incelendiğinde, katkı oranı arttıkça moment değerlerinin düştüğü görülür. Öte yandan sıkıştırma oranı arttıkça döndürme momenti de artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en yüksek döndürme momenti değeri $n=1200\text{d/dk}$ için $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %6 naftalin oranı için elde edilmiştir. En düşük moment değerleri ise %8 naftalin oranında görülmektedir.



Şekil 125. $n=1000\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimleri



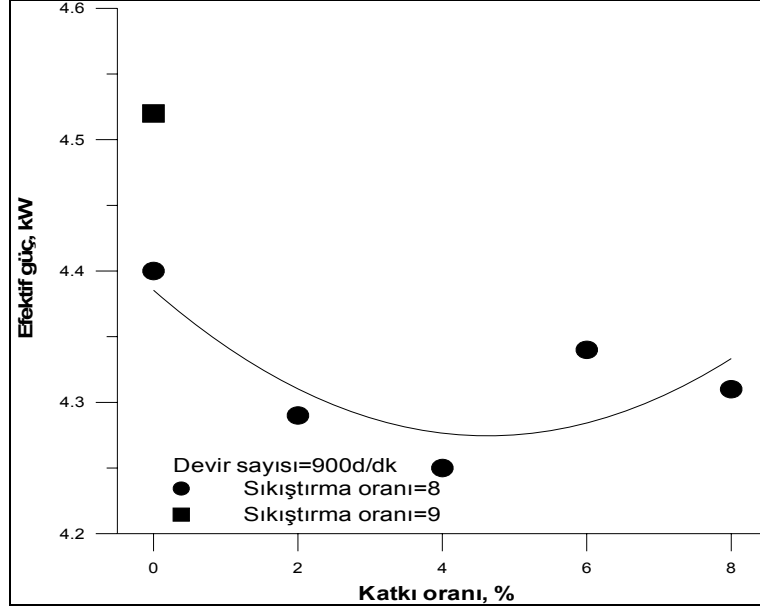
Şekil 126. $n=1300\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimleri



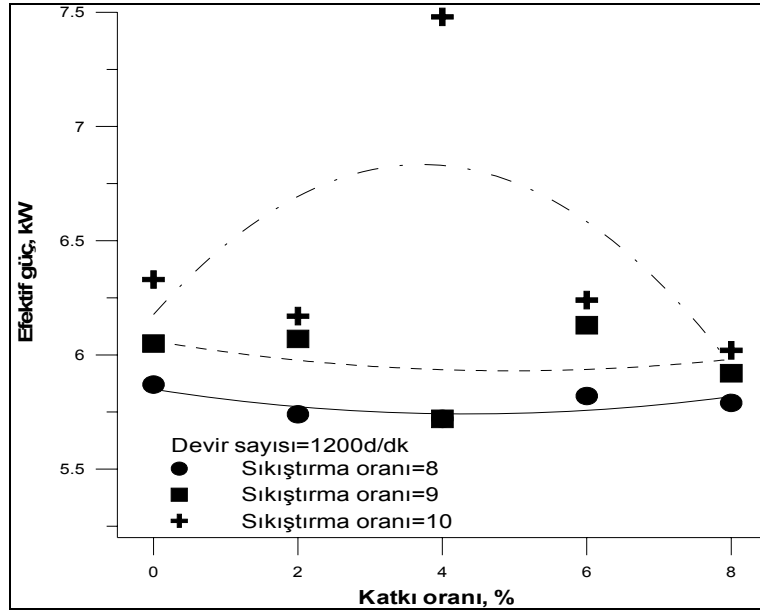
Şekil 127. $n=1600\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimleri

Şekil 125 – Şekil 127’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için döndürme momentinin TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, döndürme momenti değerlerinin genel olarak katkı oranının artışıyla arttığı görülmektedir. Öte yandan devir sayısı arttıkça moment değerleri düşmekte; sıkıştırma oranı arttıkça döndürme momenti artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en yüksek döndürme momenti değerleri $n=1600\text{d/dk}$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %2 TBA oranında görülmektedir.

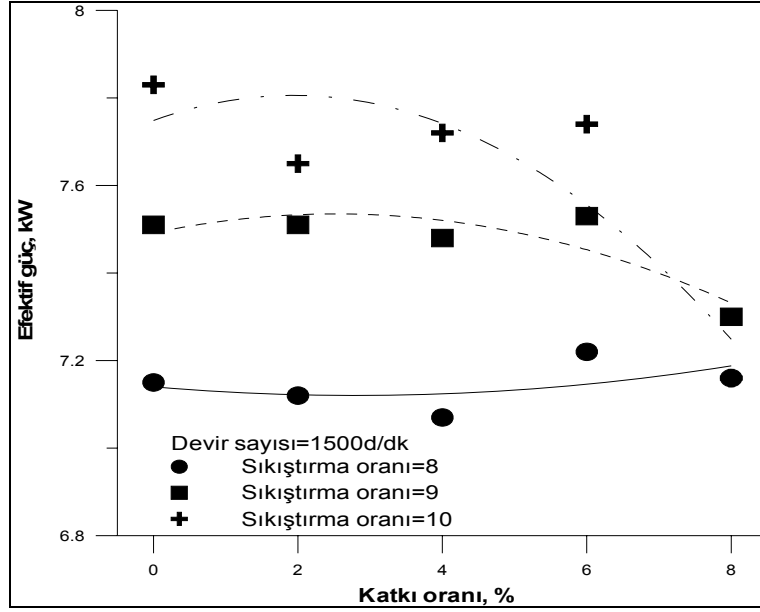
Ana yakıt olarak kurşunsuz benzin kullanılması durumunda motor yükü arttırıldığında yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntu meydana gelmektedir. TBA ve naftalin karışımlarıyla yapılan deneylerde katkı yakıtların vuruntu dayanımının yüksek olması motorun vuruntulu çalışma eğilimini azaltmaktadır.



Şekil 128. $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimleri

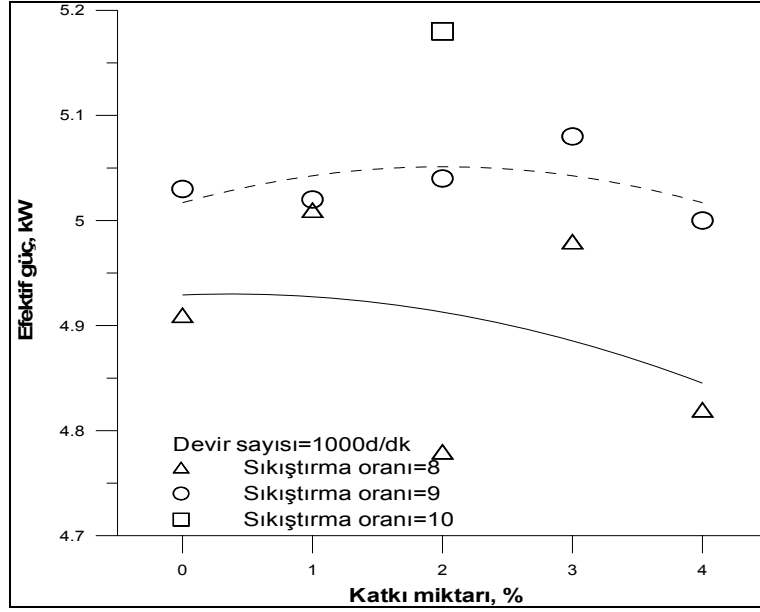


Şekil 129. $n=1200\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimleri

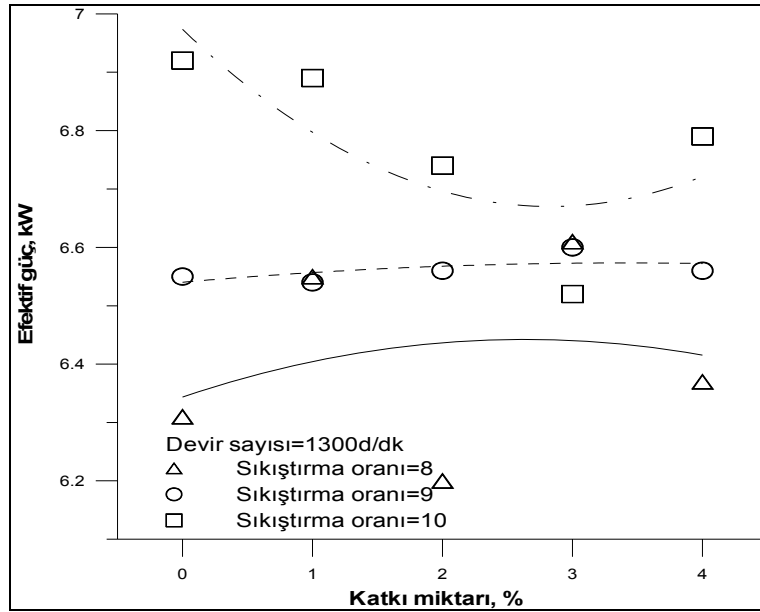


Şekil 130. $n=1500\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimleri

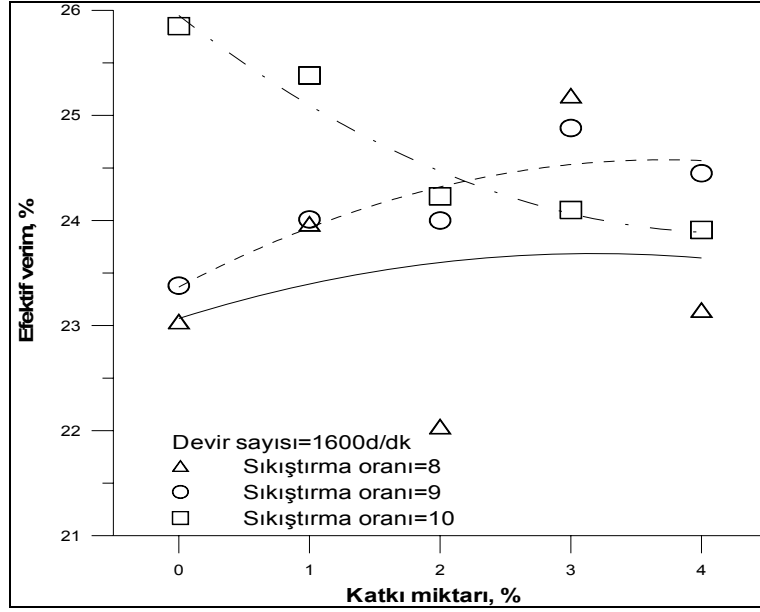
Şekil 128–130’da, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için efektif gücün naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Efektif güce ilişkin eğriler incelendiğinde, katkı oranı arttıkça efektif güç değerlerinin arttığı görülür. Ayrıca devir sayısı arttıkça güçte belirgin artış görülmektedir. Öte yandan sıkıştırma oranı arttıkça efektif güç değerleri düşmektedir. Sıkıştırma oranı $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda ve $n=1500\text{d/dk}$ benzine göre en yüksek efektif güç değerleri %6 karışım oranında elde edilmektedir. Karışım oranları arttıkça efektif güç kısmen azalmaktadır. En düşük efektif güç değerleri %8 naftalin karışım oranında görülmektedir.



Şekil 131. $n=1000\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimleri



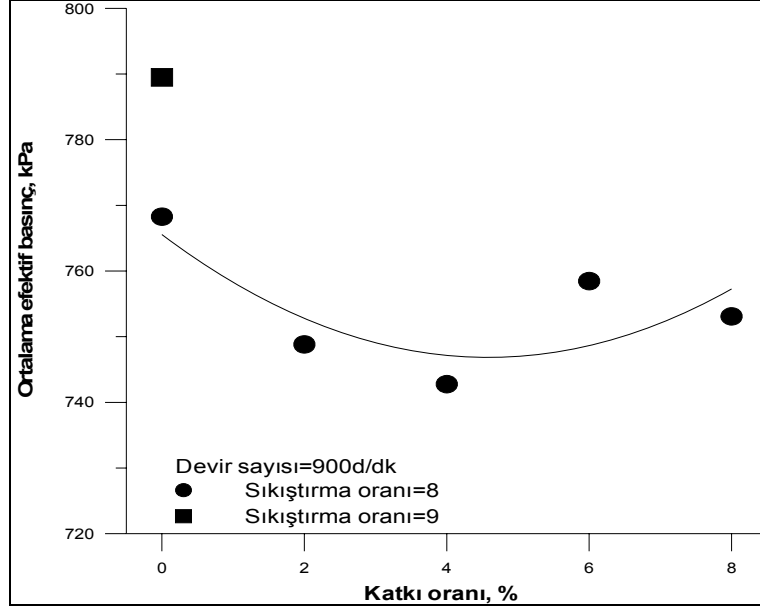
Şekil 132. $n=1300\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimleri



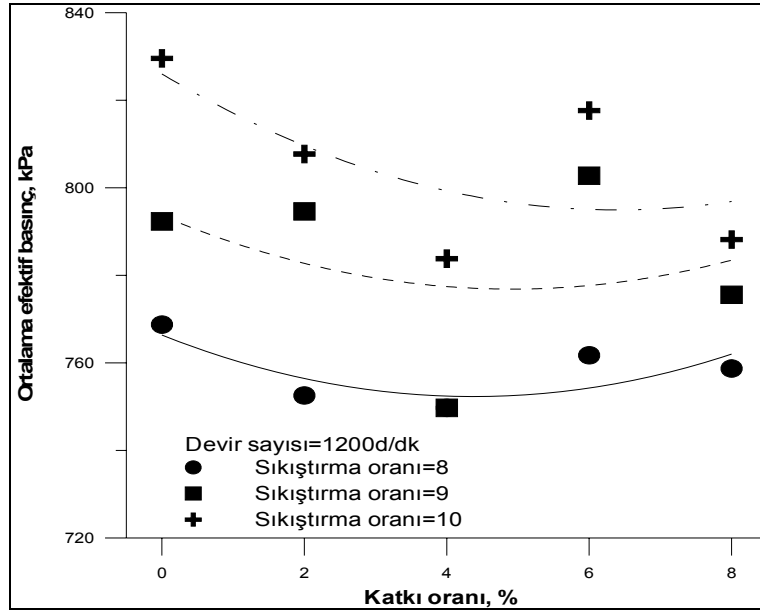
Şekil 133. $n=1600\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimleri

Şekil 131-133'te, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için efektif gücün TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, efektif gücün bazı katkı oranları için artarken bazı katkı oranları için azaldığı görülür. Ayrıca devir sayısı arttıkça efektif güç değerleri artmaktadır. Öte yandan sıkıştırma oranı arttıkça güçte artış görülmektedir. Benzinin efektif güç değerlerine göre sıkıştırma oranının $n=1600\text{d/dk}$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda en yüksek değerler %3 TBA karışım oranı için elde edilmiştir. En düşük değerleri $n=1300\text{d/dk}$ ve $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %4 TBA karışım oranında göstermektedir.

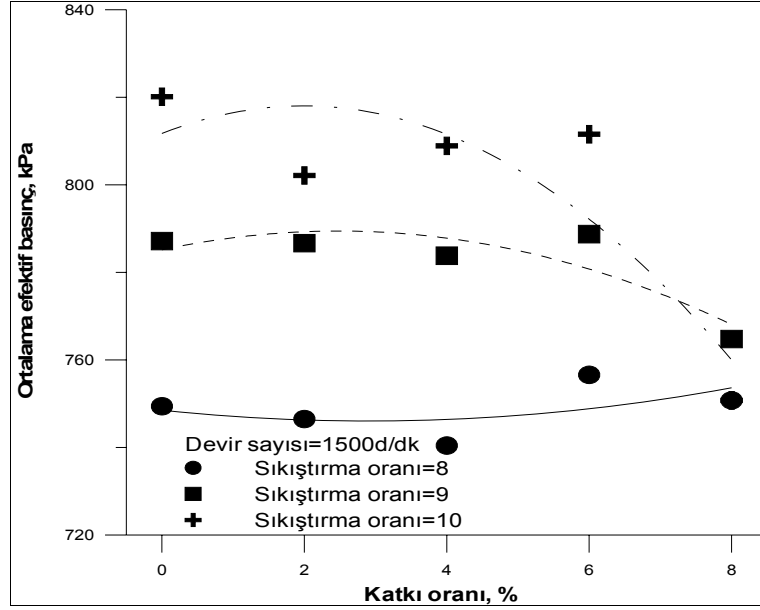
Kullanılan katkı yakıtların oktan sayılarının yüksek olması nedeniyle tüm çalışma koşullarında vuruntu oluşmamıştır.



Şekil 134. $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın naftalin oranına göre değişimleri

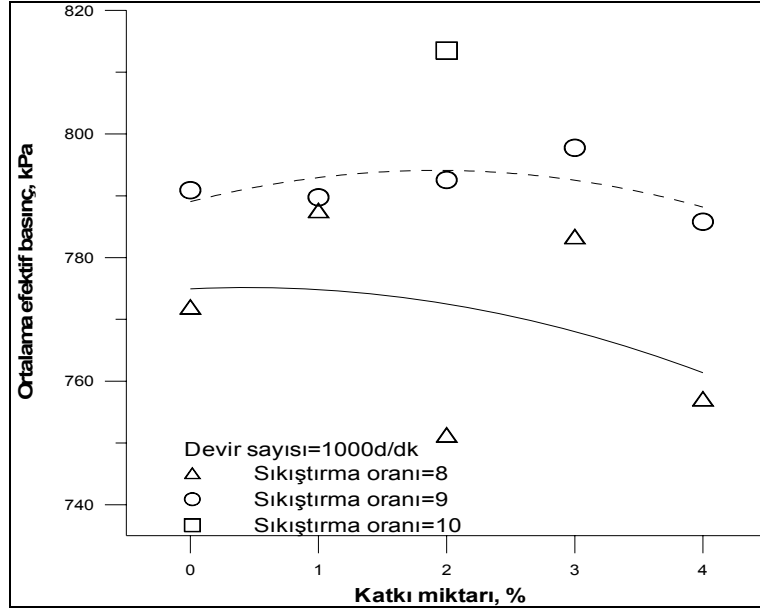


Şekil 135. $n=1200\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın naftalin oranına göre değişimleri

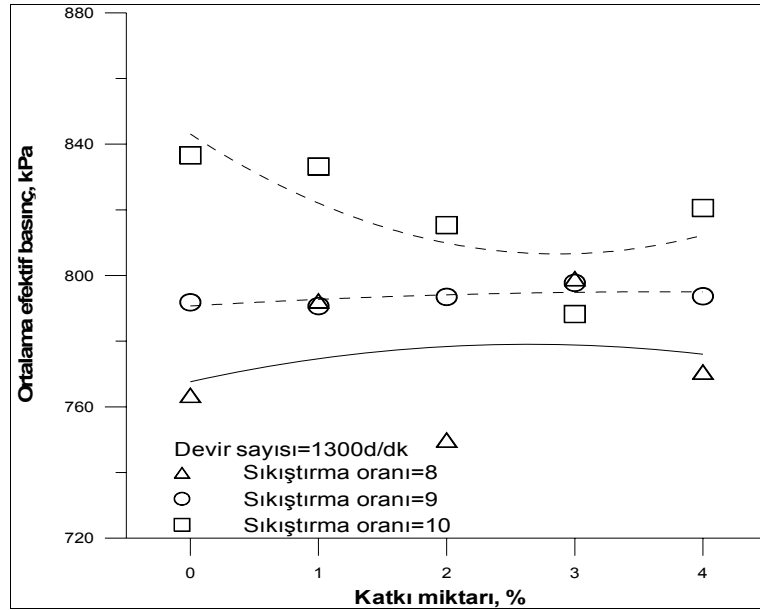


Şekil 136. $n=1500$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın naftalin oranına göre değişimleri

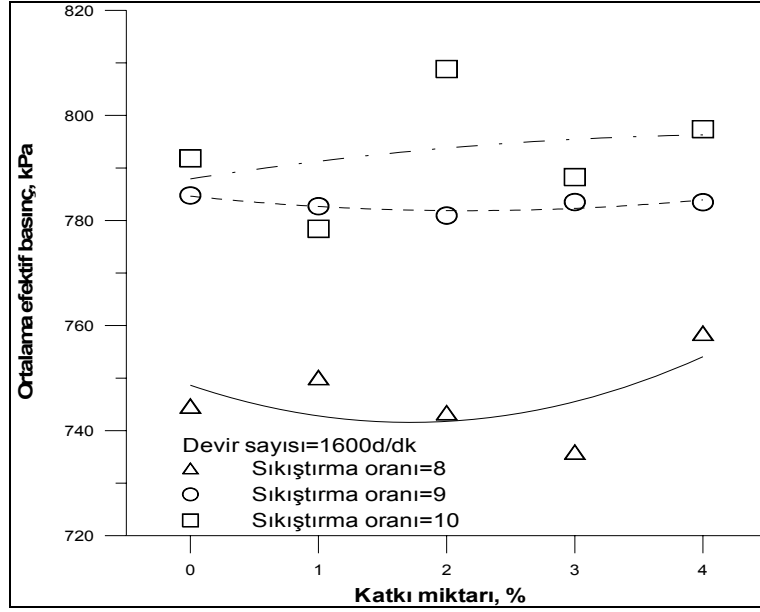
Şekil 134 – Şekil 136’da, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için ortalama efektif basınçın naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Ortalama efektif basınca ilişkin eğriler incelendiğinde, katkı oranının artması ile efektif basınç değerinin azaldığı görülür. Ayrıca devir sayısı arttıkça basınç değerlerinin azaldığı görülmektedir. Öte yandan sıkıştırma oranı arttıkça basınç değerleri artmaktadır. Benzine göre en yüksek efektif basınç değerleri $n=1500$ d/dk için $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda %6 naftalin karışım oranında, en düşük basınç değerlerini ise $n=1200$ d/dk için %4 naftalin karışım oranında göstermektedir.



Şekil 137. $n=1000$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için ortalama efektif basınçın TBA oranına göre değişimleri

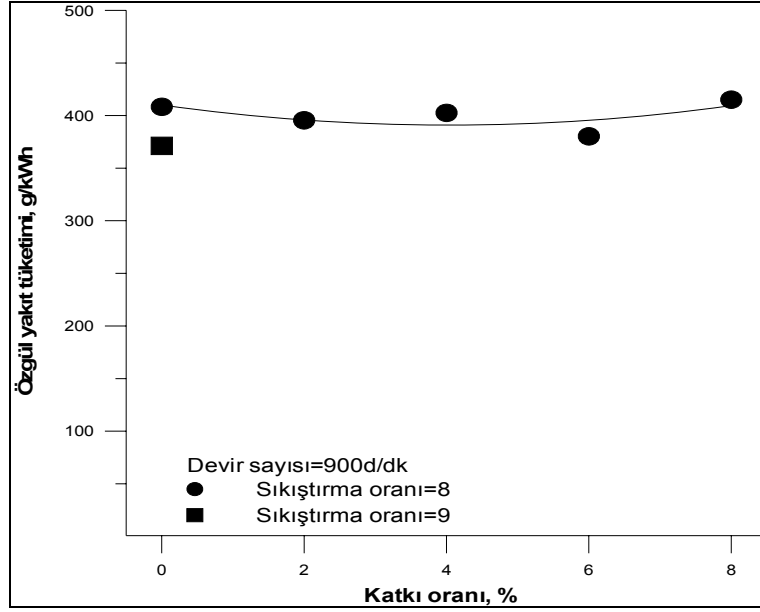


Şekil 138. $n=1300$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için ortalama efektif basınçın TBA oranına göre değişimleri

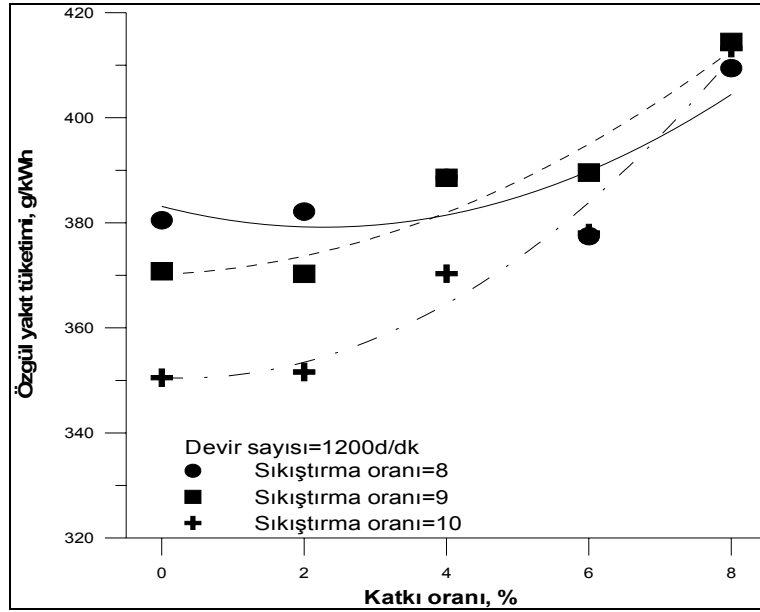


Şekil 139. $n=1600$ d/dk ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için ortalama efektif basınçın TBA oranına göre değişimleri

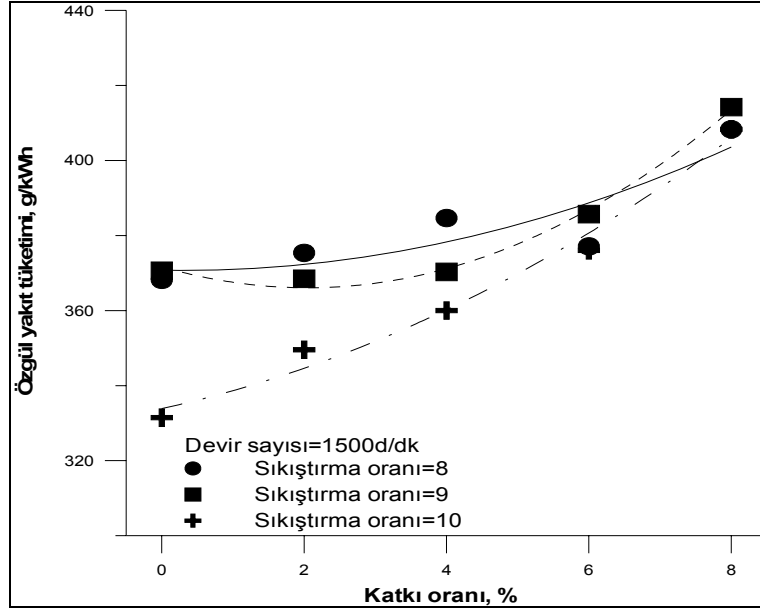
Şekil 137– Şekil 139’da, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için ortalama efektif basınçın TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça ortalama efektif basınçın arttığı görülmektedir. Devir sayısı $n=1300$ d/dk için efektif basınç en yüksek değerleri almaktadır. Benzine göre en yüksek basınç değerleri $n=1000$ d/dk için $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda %2 TBA karışım oranı, en yüksek basınç değerleri ise $n=1300$ d/dk için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ$ KMA durumunda %1 TBA karışım oranında elde edilmektedir. Yüksek devir sayılarında mekanik, kısılma ve sürtünme kayıplarının artması nedeniyle efektif basınç düşmektedir.



Şekil 140. $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimleri

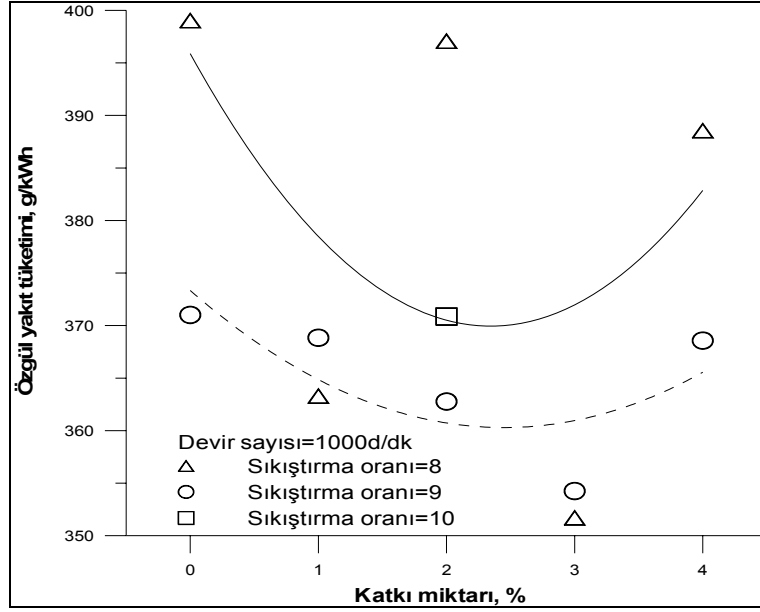


Şekil 141. $n=1200\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimleri

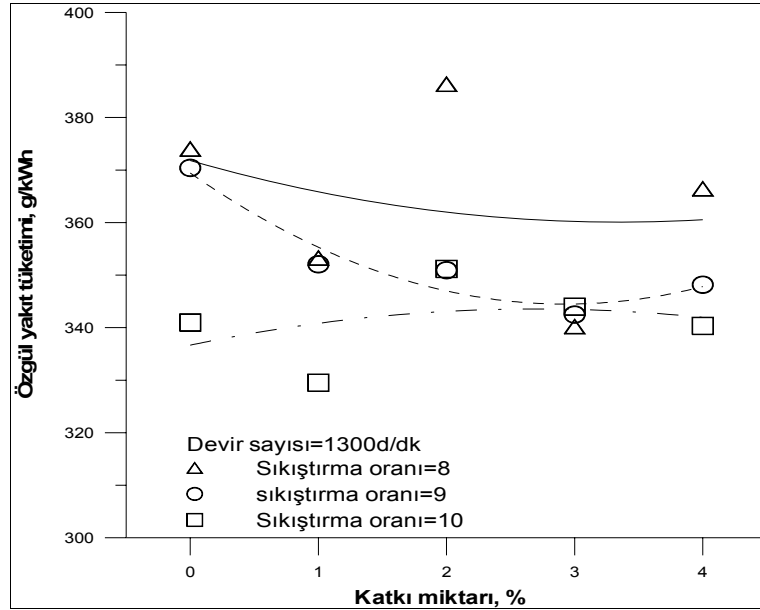


Şekil 142. $n=1500\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimleri

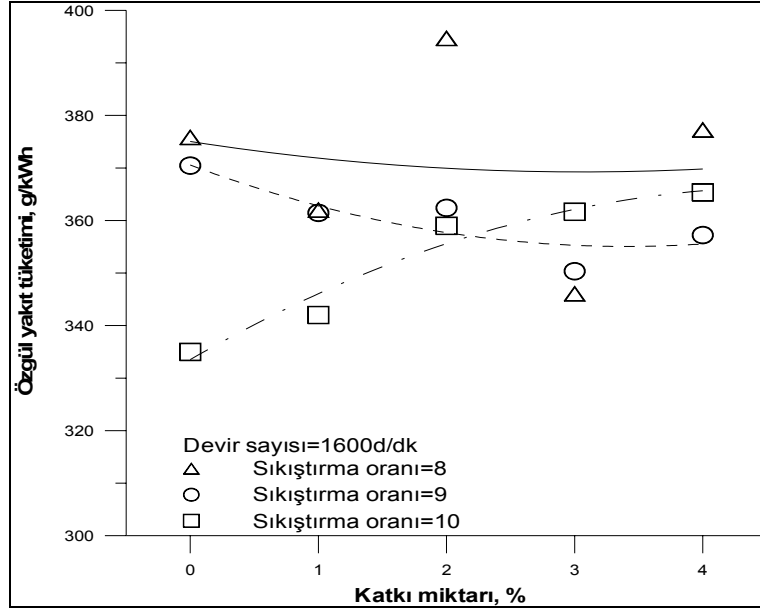
Şekil 140 – Şekil 142’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için özgül yakıt tüketiminin naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Özgül yakıt tüketimine ilişkin eğriler incelendiğinde, yakıt tüketiminin katkı oranı arttıkça arttığı görülmektedir. Ayrıca devir sayısı arttıkça yakıt tüketimi azalmaktadır. Öte yandan sıkıştırma oranı arttıkça yakıt tüketimi azalmaktadır. Kurşunsuz benzinin yakıt tüketimi değerlerine göre en yüksek değerleri $n=1200\text{d/dk}$, $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %8 naftalin karışımında, en düşük değerler $n=1500\text{d/dk}$, $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %6 naftalin karışımında elde edilmektedir. Naftalinin katkı miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi de artmaktadır. Efektif verim düştükçe yakıt tüketimi artmaktadır.



Şekil 143. $n=1000\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimleri

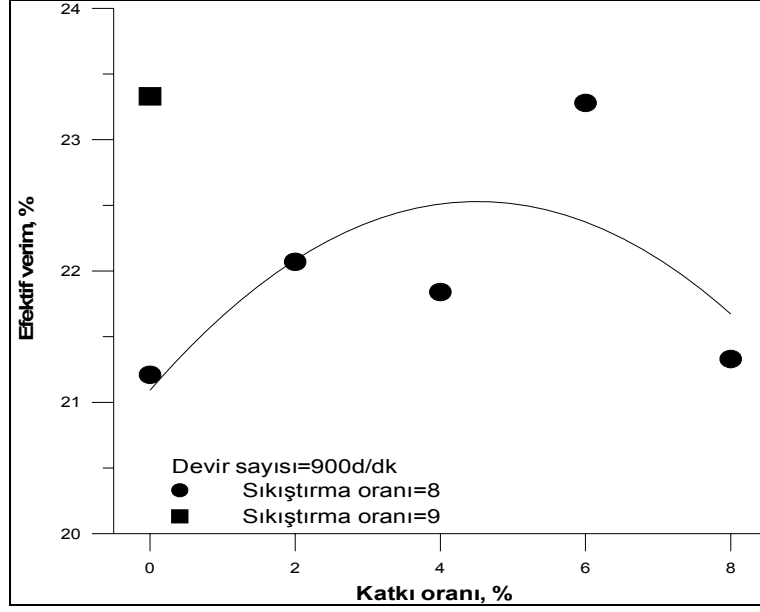


Şekil 144. $n=1300\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimleri

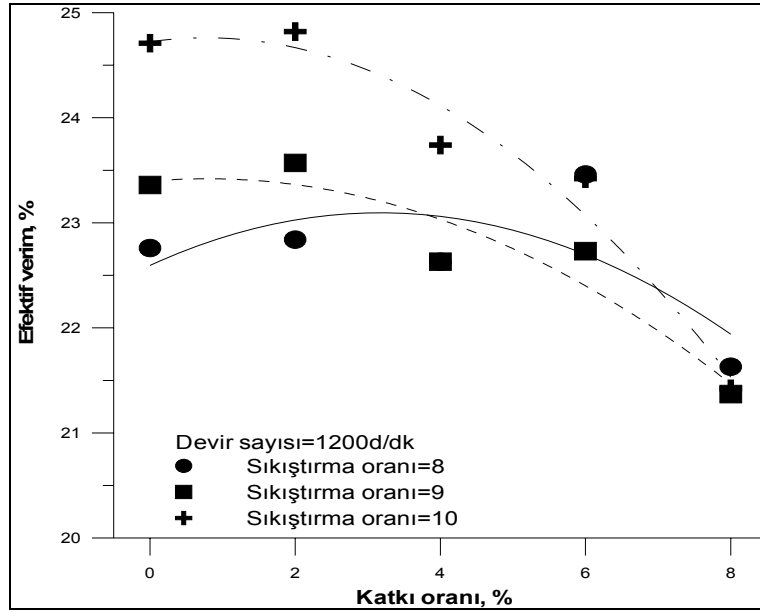


Şekil 145. $n=1600\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimleri

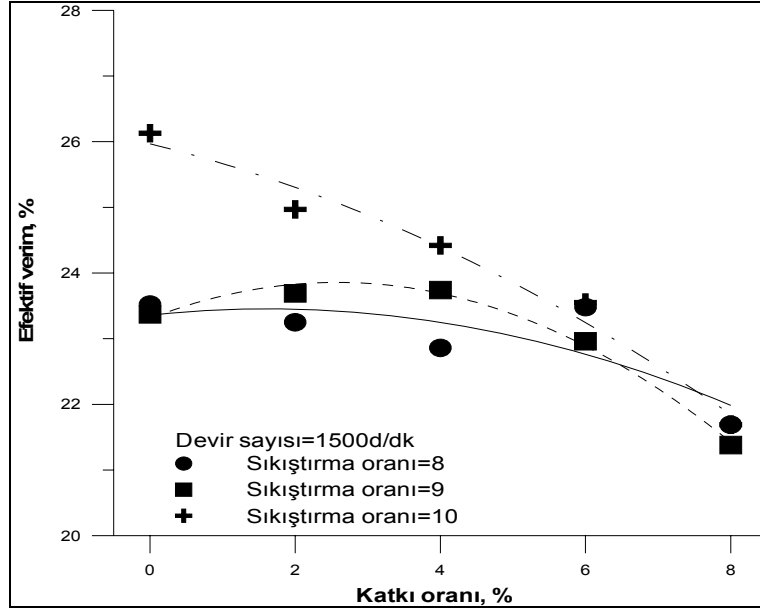
Şekil 143 – Şekil 145’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için özgül yakıt tüketiminin TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranı arttıkça özgül yakıt tüketiminin azaldığı görülmektedir. Ayrıca devir sayısı yükseldikçe yakıt tüketimi azalmaktadır. Özgül yakıt tüketimi $n=1300\text{d/dk}$, $\varepsilon=10$ ve $AA=10^0\text{KMA}$ durumunda %1 TBA karışım oranında en düşük değeri almaktadır. Sıkıştırma oranı %3 TBA karışım oranında yakıt tüketiminde belirgin bir düşüş olmaktadır. Motorun karışımdaki katkı oranının artmasıyla giderek fakir karışımla çalışması ve TBA’ün ısı değerinin kurşunsuz benzine göre düşük olması nedeniyle özgül yakıt tüketiminde azalma görülmektedir.



Şekil 146. $n=900d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimleri

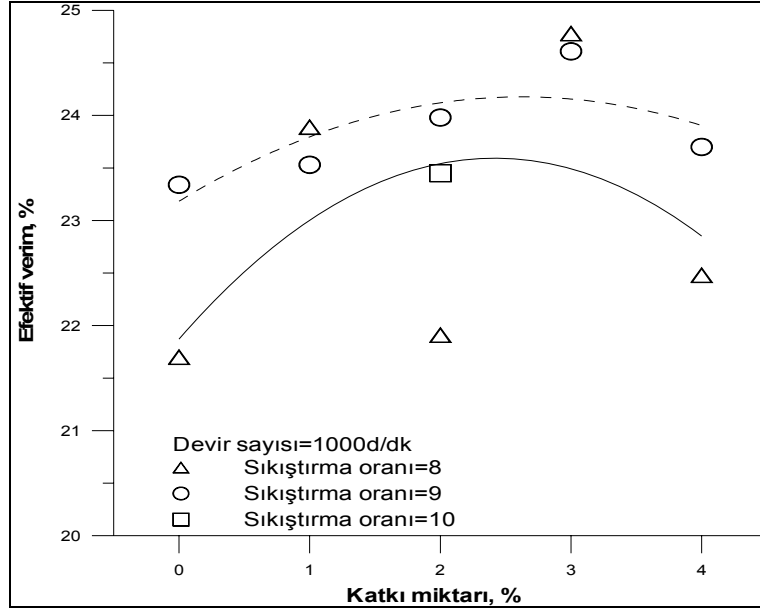


Şekil 147. $n=1200d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimleri

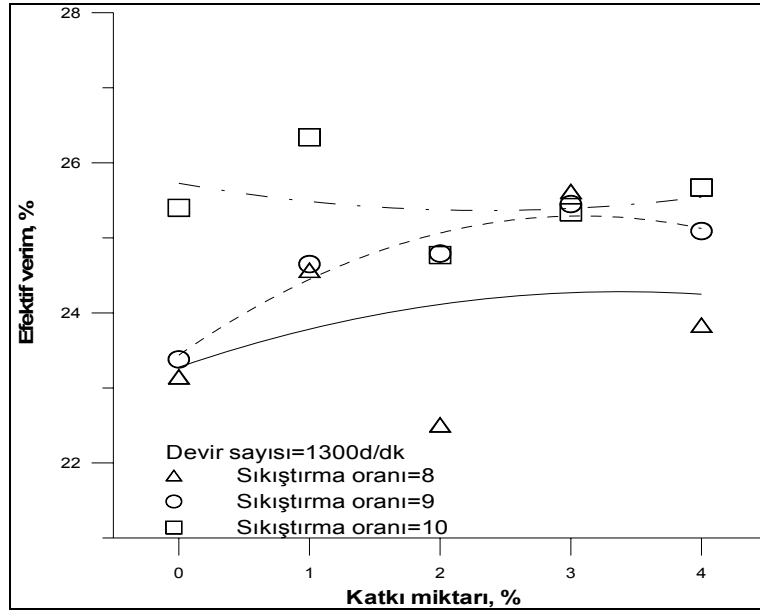


Şekil 148. $n=1500\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimleri

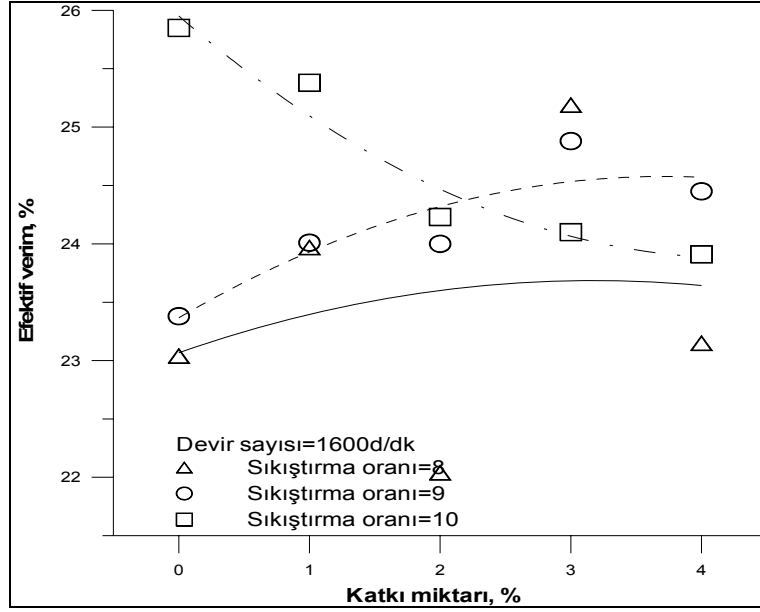
Şekil 146 – Şekil 149’da, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için efektif verimin naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Efektif verim eğrileri incelendiğinde, sıkıştırma oranı veya devir sayısı arttıkça verimin arttığı görülür. Ayrıca karışım oranlarına ilişkin efektif verim değerleri katkı miktarının artışıyla azalmaktadır. Kurşunsuz benzinin yakıt karışımlarına göre en yüksek efektif verim değerleri $n=1200\text{d/dk}$ için $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %6 naftalin karışım oranında, en düşük verim değerleri ise $n=1200\text{d/dk}$ için $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %8 naftalin karışım oranında görülmektedir. Karışım oranı arttıkça yakıt karışımının fakirleşmesi nedeniyle sıkıştırma oranı arttıkça vuruş olasılığı da artmaktadır. Kullanılan yakıtların vuruş dayanımlarının yüksek olması vuruş oluşmasını engellemektedir.



Şekil 149. $n=1000d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimleri

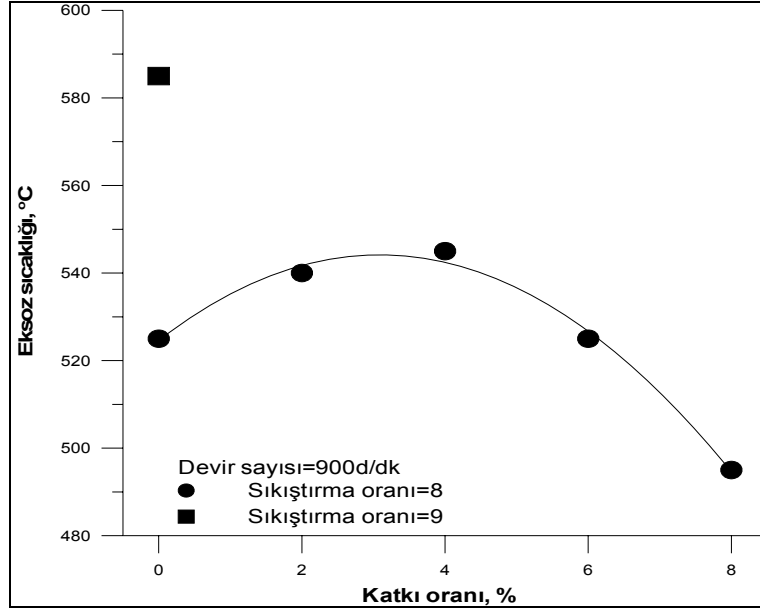


Şekil 150. $n=1300d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimleri

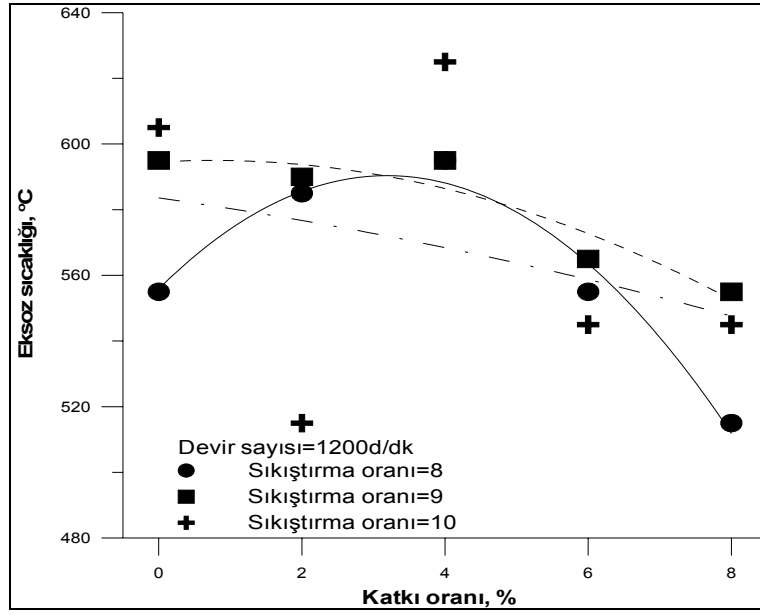


Şekil 151. $n=1600d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimleri

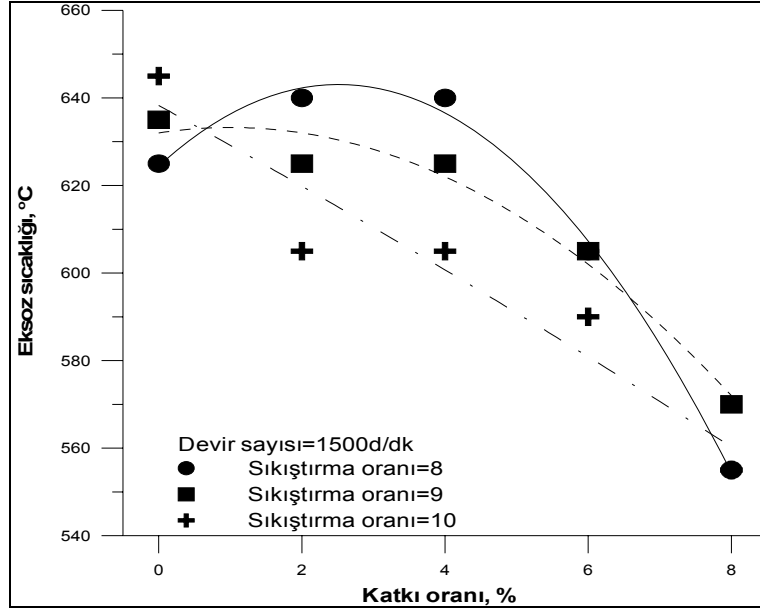
Şekil 150 – Şekil 151’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için efektif verimin TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Karışım oranı arttıkça efektif verim eğrileri belli bir sıkıştırma oranına kadar artan daha sonra tekrar azalan bir karakter göstermektedir. Sıkıştırma oranının arttıkça efektif verim değerleri artmaktadır. Sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^0KMA$ durumunda efektif verim değerlerinin karışım oranı arttıkça azaldığı görülmektedir. Ayrıca devir sayısı arttıkça efektif verim artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre efektif verim değerleri sıkıştırma oranı $\epsilon=10$ ve $AA=10^0KMA$ durumunda en düşük değerleri almaktadır. Efektif verim değerleri en düşük değeri $n=1300d/dk$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^0KMA$ durumunda %3 TBA karışım oranında, en yüksek değeri ise $n=1600d/dk$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^0KMA$ durumunda %2 TBA karışım oranında elde edilmiştir. TBA buharlaşma ısısının yüksek olması nedeniyle dolgu karışımının sıcaklığını düşürerek volumetrik verimin artmasına neden olur. TBA’ün benzine oranla oldukça düşük stokiometrik hava-yakıt oranına sahip olması yakıt katkısı olarak kullanılmaları durumunda hava-yakıt karışımını fakirleştirmesini böylece efektif verimin artmasını sağlamaktadır.



Şekil 152. $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimleri

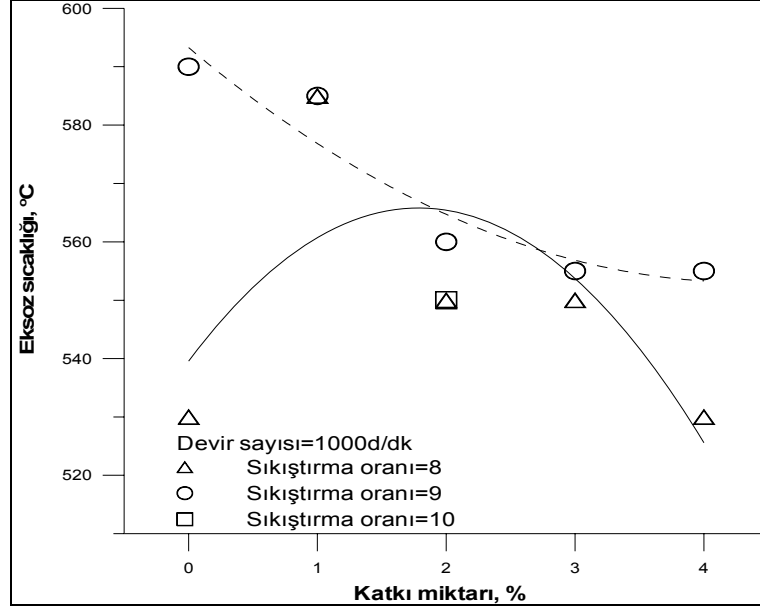


Şekil 153. $n=1200\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimleri

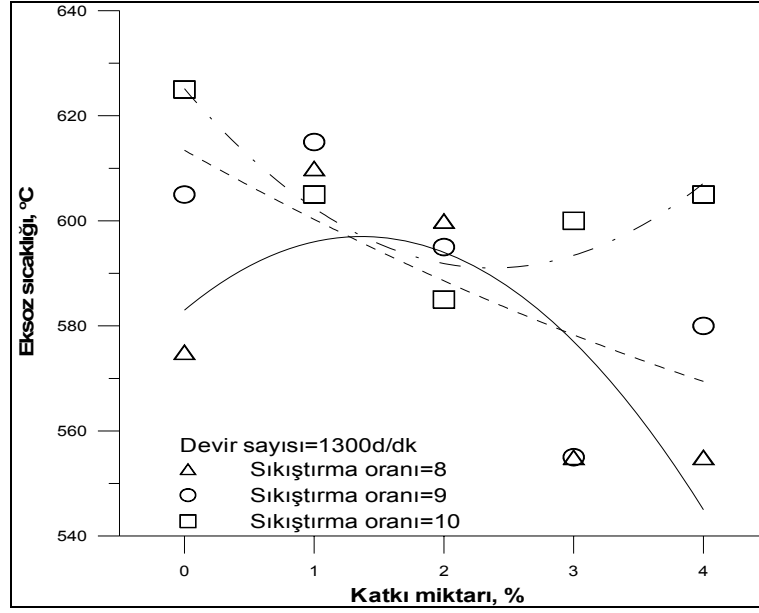


Şekil 154. $n=1500\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimleri

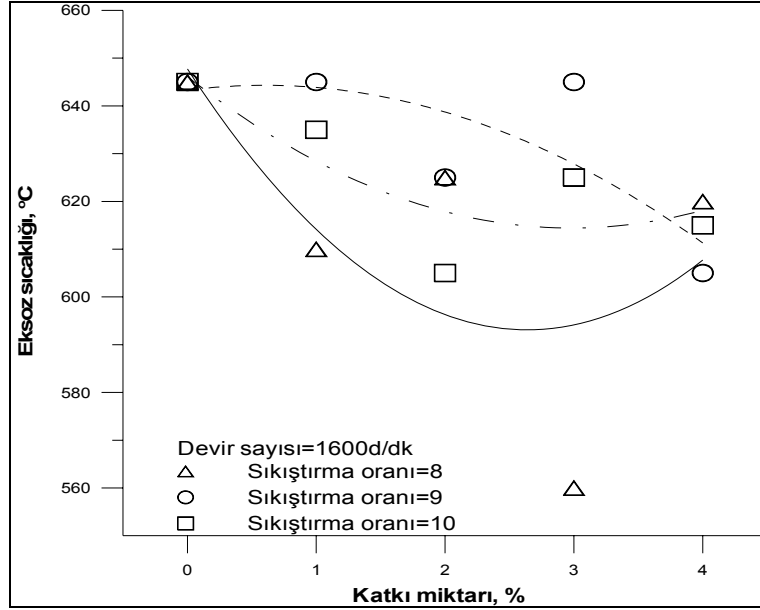
Şekil 152 – Şekil 154’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için eksoz sıcaklığının naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Eksoz sıcaklığına ilişkin eğriler incelendiğinde, eksoz sıcaklığının karışım oranı arttıkça düştüğü görülmektedir. Ayrıca devir sayısı arttıkça eksoz sıcaklığı yükselmektedir. En düşük eksoz sıcaklıkları sıkıştırma oranı $\varepsilon=8$ durumunda görülmüştür. En düşük sıcaklık değerleri $n=900\text{d/dk}$ için $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %8 naftalin karışımı için, en yüksek sıcaklık değerleri $n=1500\text{d/dk}$ için $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %6 naftalin karışımı için elde edilmiştir. Eksoz sıcaklığındaki bu düşüş naftalinin yanmayı kötüleştirmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 155. $n=1000\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimleri



Şekil 156. $n=1300\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimleri



Şekil 157. $n=1600d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimleri

Şekil 155 – Şekil 157’de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için eksoz sıcaklığının TBA oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, katkı oranı arttıkça eksoz sıcaklık değerlerinin düştüğü görülmektedir. Ayrıca devir sayısı arttıkça eksoz sıcaklığı da artmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en düşük eksoz sıcaklığı değerleri $n=1000d/dk$ için $\epsilon=8$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda, en yüksek sıcaklık değerleri $n=1600d/dk$ için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ durumunda görülmektedir. En yüksek eksoz sıcaklıkları ise %3 TBA karışım oranında, en yüksek sıcaklık değerleri ise %1 TBA karışım oranında görülmektedir. Eksoz sıcaklığındaki artışlar deney düzeneğinin soğutma sisteminin yetersizliğinden, düşüşler karışımın ısıl değerinin benzine göre düşük olmasından ve buharlaşma ısısının yüksek olmasının dolgu sıcaklığını düşürmesi nedeniyle yanma sonu sıcaklıklarının düşmesinden kaynaklanmaktadır.

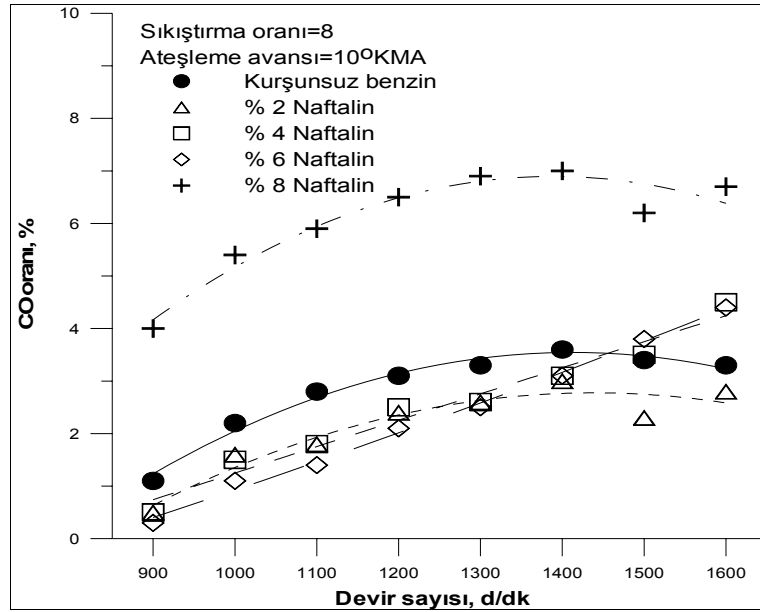
3.2. Eksoz Emisyonu Sonuçlarının İrdelenmesi

Burada kurşunsuz benzin ve katkı yakıtlarının eksoz emisyonları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gerekli ölçümleri yapabilecek ayrıntılı bir eksoz ölçüm cihazı mevcut olmadığından yalnızca gaz analizör aletiyle CO oranı ölçülebilmektedir. Bu bölümde değişik çalışma koşulları için değişken devir sayıları, farklı sıkıştırma oranları ve yakıt karışımları

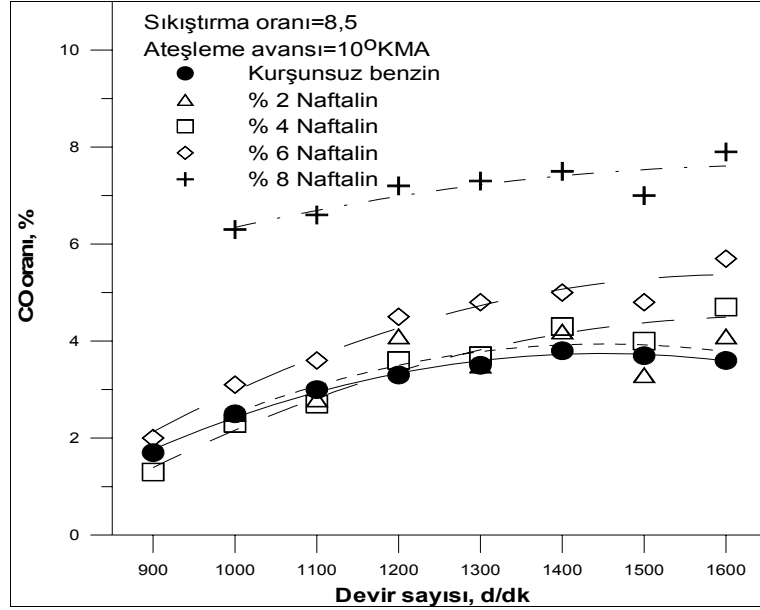
içerisindeki TBA ve naftalin oranlarına ilişkin CO emisyonlarının değişimlerini gösteren grafiklere yer verilmiştir.

3.2.1. Değişken Devir Sayılarında CO Emisyonu Sonuçlarının İrdelenmesi

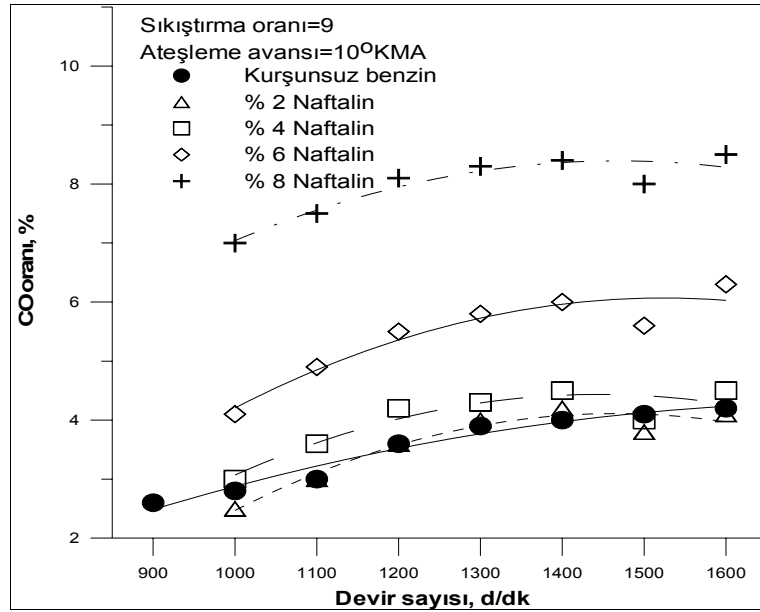
Bu bölümde değişken devir sayıları için yapılan deneylerden elde edilen CO emisyon değerleri eğriler şeklinde verilmiştir. CO emisyon değerlerindeki artış ve azalışlara neden olan etmenler irdelenmiştir.



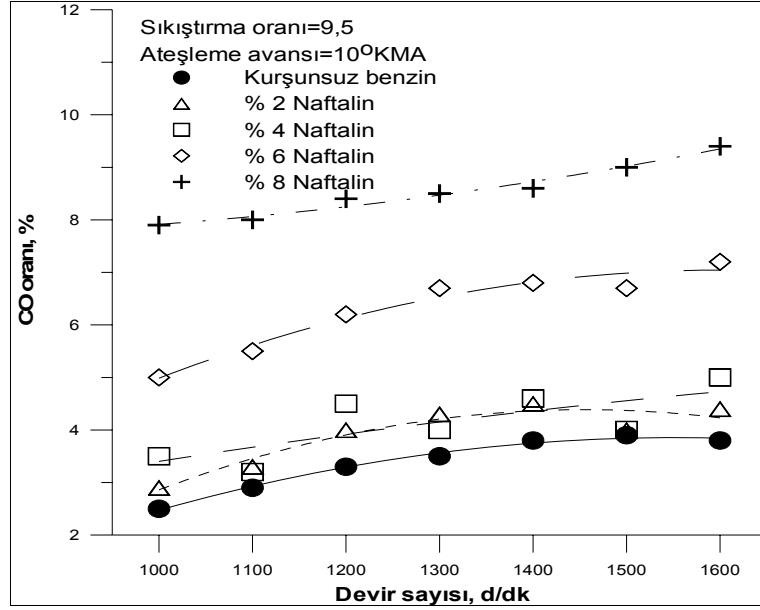
Şekil 158. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



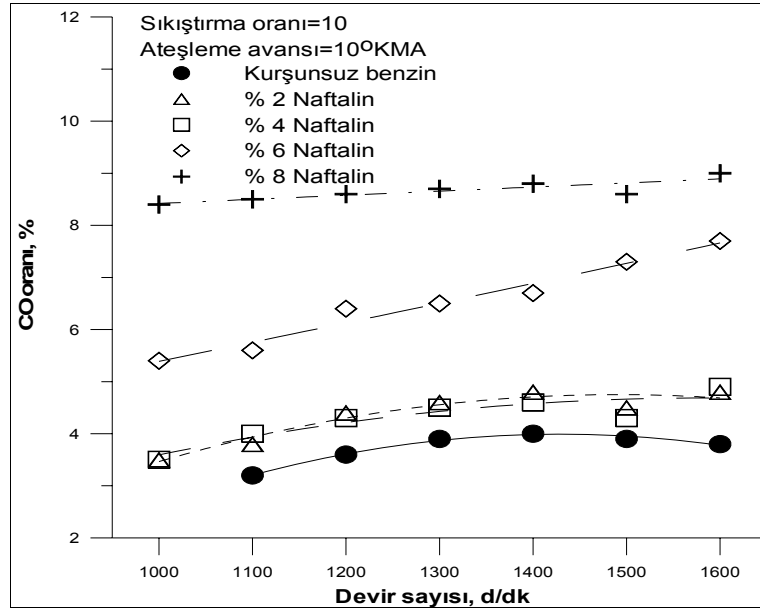
Şekil 159. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 160. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



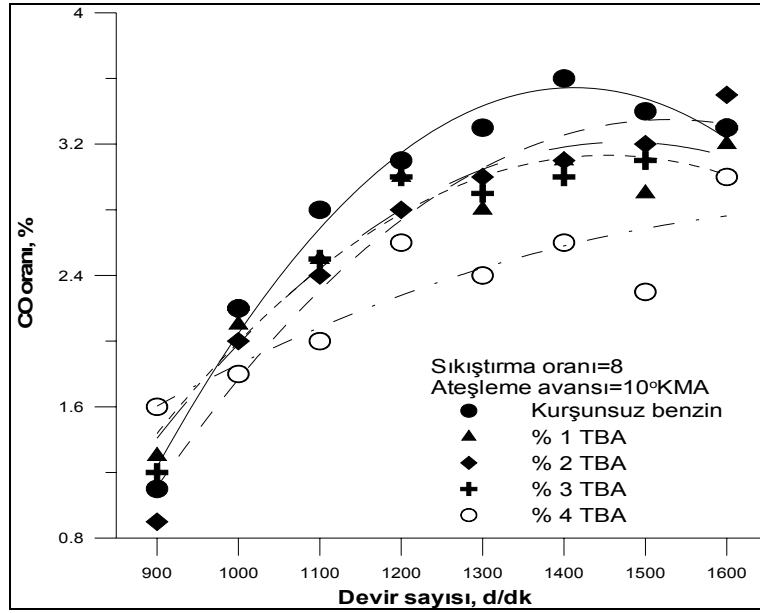
Şekil 161. $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



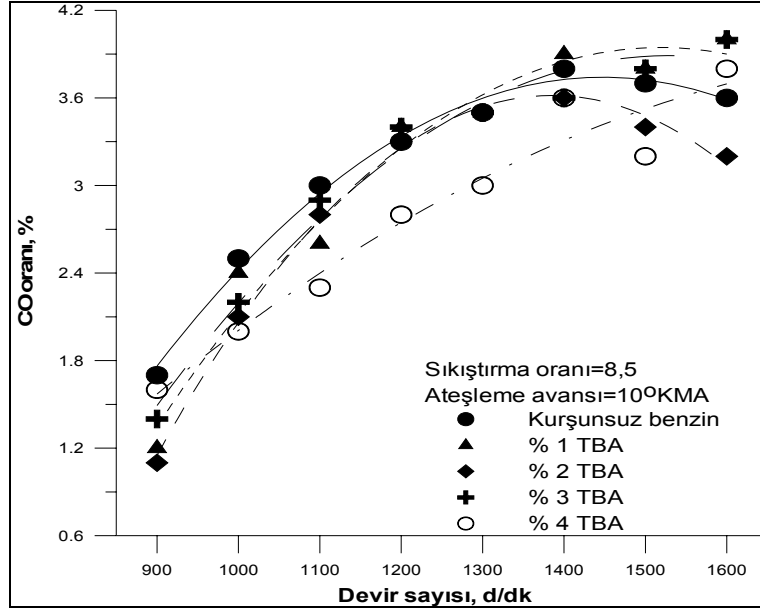
Şekil 162. $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri

Şekil 158 – Şekil 162’de, kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, devir sayısının artışı ile CO oranında da artış olduğu görülmektedir. CO oranları özellikle $n=1400-1600$ d/dk için en yüksek değerleri almıştır. Eğrilerde devir sayısı arttıkça emisyon

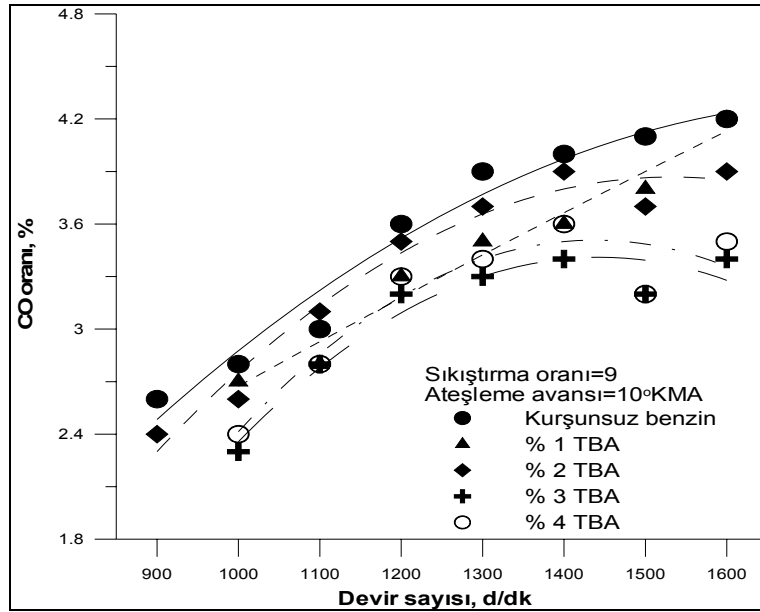
değerlerinde de artış olmuştur. Daha sonrasında $n=1500$ d/dk da düşüş meydana gelmiştir. Tekrar $n=1600$ d/dk için en yüksek emisyon değerine ulaşılmıştır. En düşük emisyon değerleri $n=900$ d/dk için elde edilmiştir. Sıkıştırma oranı arttıkça eğriler birbirinden uzaklaşmıştır. Düşük sıkıştırma oranlarında kurşunsuz benzinin emisyon değerleri naftalin karışımlarının CO değerlerine daha yakın görülmektedir. Karışım oranı arttıkça CO oranında artış kaydedilmiştir. CO değerlerindeki artış, naftalinin ısıl değerinin benzine oranla düşük olmasına karşın yapısında bulunan karbon atomlarının yanma süresince sıcaklığın etkisiyle daha fazla CO oluşumuna neden olmasından, yanma sonu sıcaklıklarının artması sonucu yüksek devirlerde parçalanma reaksiyonlarının hızlanması ile CO değerlerinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır.



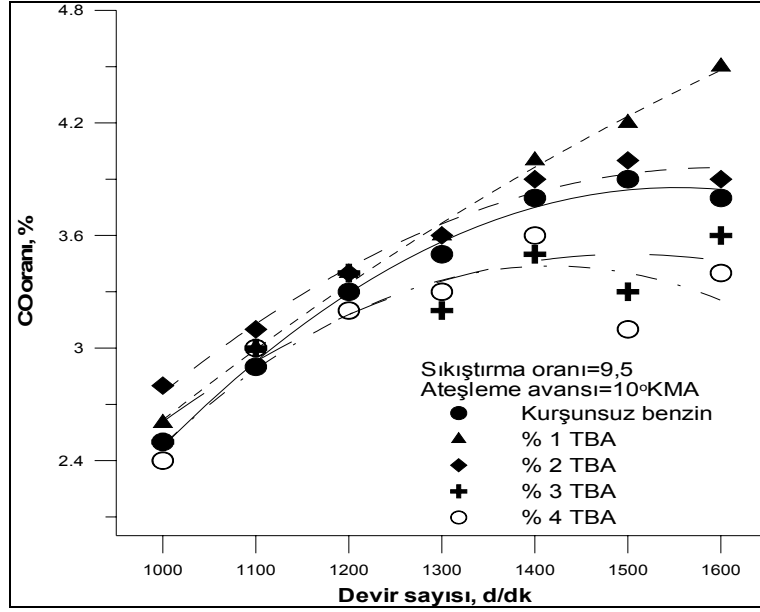
Şekil 163. $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



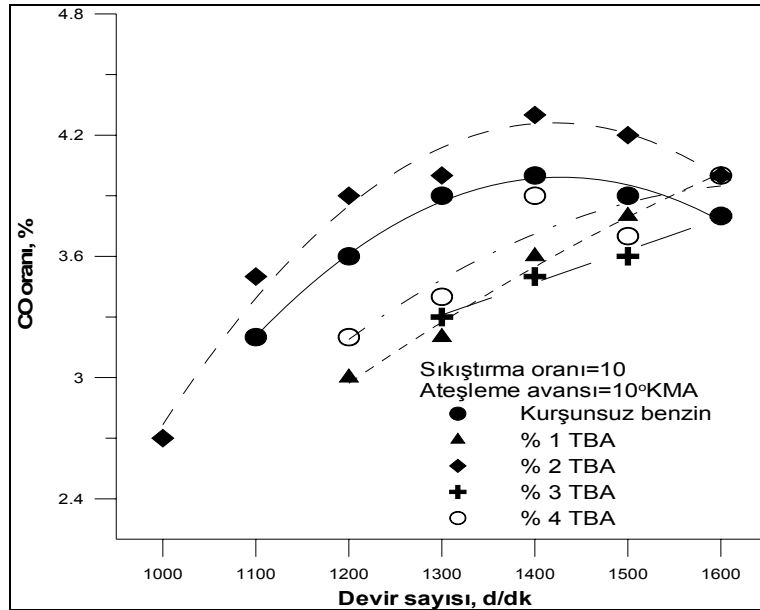
Şekil 164. $\epsilon=8,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 165. $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ 'nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



Şekil 166. $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri



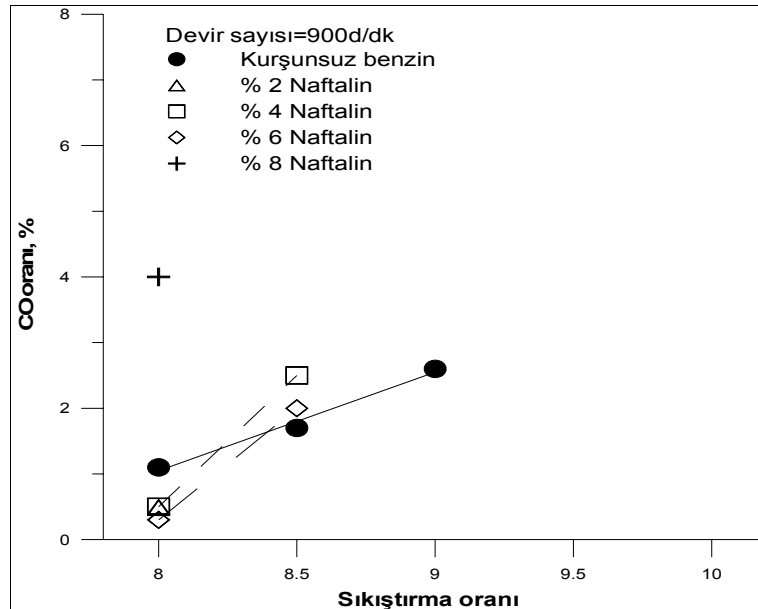
Şekil 167. $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ KMA$ 'nda TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimleri

Şekil 163 – Şekil 167'de, kurşunsuz benzin-TBA karışımları için CO oranının devir sayısına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. CO emisyonlarına ilişkin eğriler incelendiğinde, en düşük oranlarının $n=900$ d/dk durumunda olduğu görülmüştür. CO emisyonlarına ilişkin değerler devir sayısı arttıkça belli bir değere kadar artış göstermiş

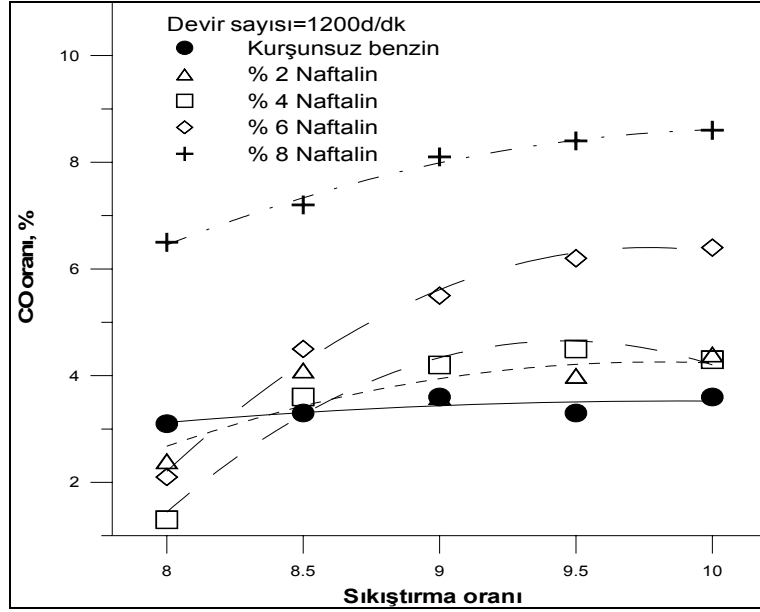
daha sonra biraz azalmış ya da giderek yükselen bir karakter göstermiştir. Devir sayısı arttıkça emisyon değerinde artış olmuştur. TBA karışım oranı arttıkça benzine oranla daha düşük CO değerleri elde edilmiştir. Bu düşüş TBA'nın; yapısında bulundurduğu oksijen sayesinde karışımının yanması için gerekli oksijen ihtiyacının azalmasına yani dolgu karışımının fakirleşmesine, ısıl değerinin benzine oranla düşük olduğunda ve buharlaşma ısısının yüksek olduğundan emme işlemi sırasında dolgu karışımının sıcaklığını düşürerek yanma sonu sıcaklığının düşmesine neden olmasından kaynaklanmaktadır. Motor yükünün artmasıyla vuruntu eğilimi de artmaktadır. Ancak TBA'nın kurşunsuz benzine göre oktan sayısının yüksek olması vuruntu tehlikesini azaltmaktadır.

3.2.2. Değişken Sıkıştırma Oranlarının CO Emisyonu Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

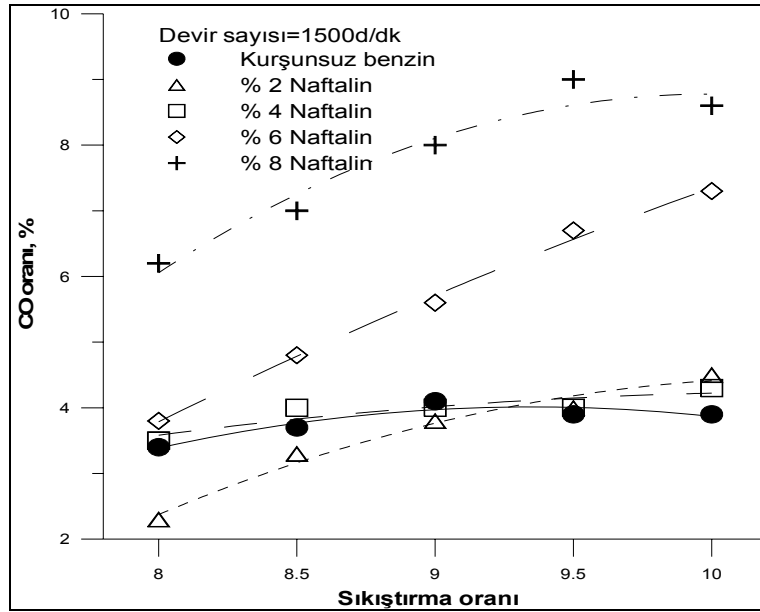
Bu bölümde naftalin ve tersiyer bütül alkol için kurşunsuz benzin ve yakıt karışımlarının sıkıştırma oranına bağlı olarak farklı devir sayılarında CO emisyonu üzerindeki etkisini gösteren eğrilere yer verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek etkili olan faktörler tartışılmıştır.



Şekil 168. n=900d/dk'da naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri



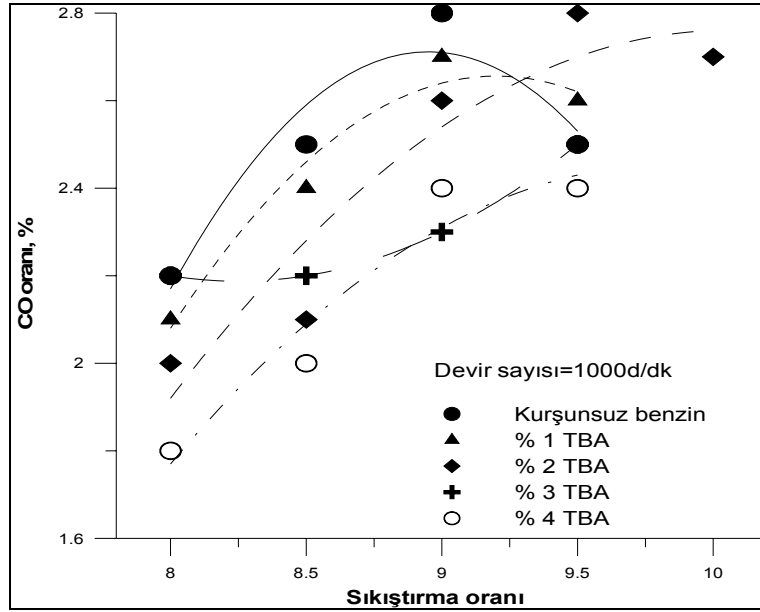
Şekil 169. n=1200d/dk'da naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri



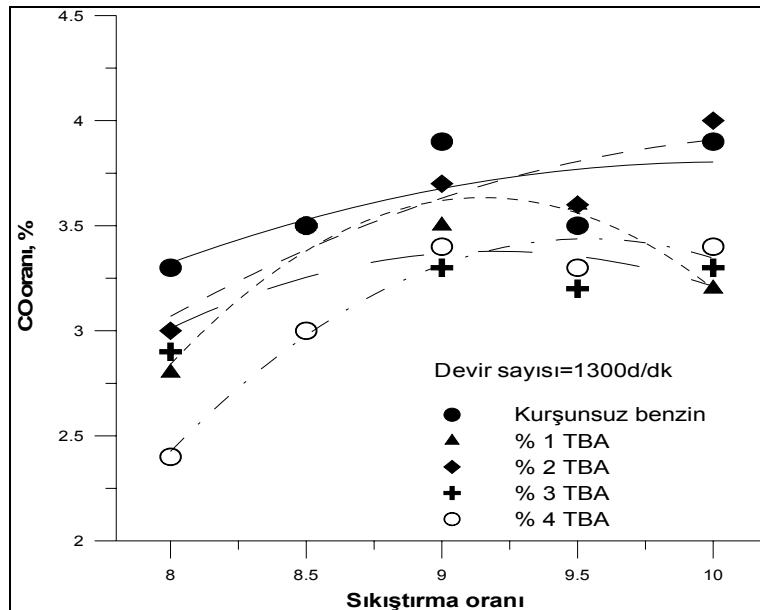
Şekil 170. n=1500d/dk'da naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri

Şekil 168 – Şekil 170'de, n=900–1200–1500d/dk durumlarında kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranındaki artışa bağlı olarak CO oranında da artış olduğu görülür. CO en düşük olduğu değer sıkıştırma oranının $\epsilon=8$ ve

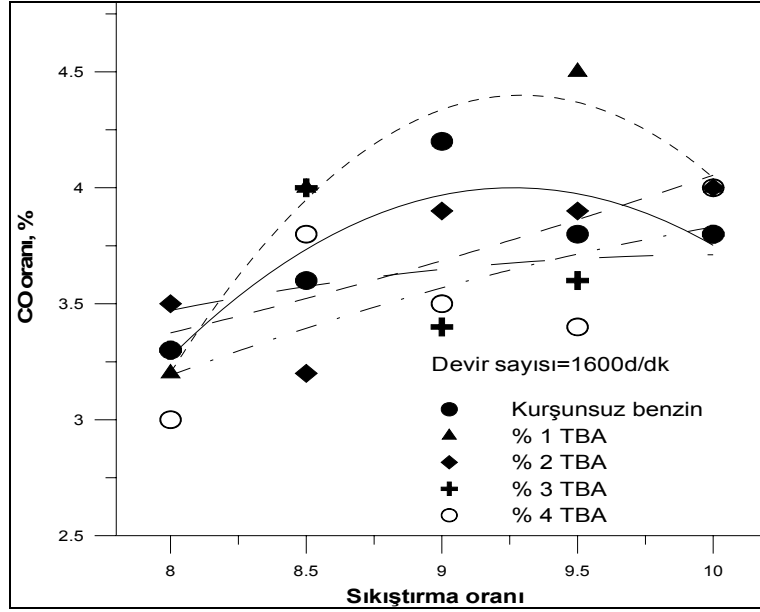
AA=10°KMA için elde edilmiştir. Devir sayısı yükseldikçe CO oranı da artmaktadır. En düşük CO değerleri % 2 karışım oranında elde edilmiştir. Naftalin; ısıl değerinin benzine göre düşük olmasına karşın yapısında bulunan karbon (C) atomu nedeniyle yanma sonunda daha çok CO oluşumuna neden olmaktadır.



Şekil 171. n=1000d/dk'da TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri



Şekil 172. n=1300d/dk'da TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri

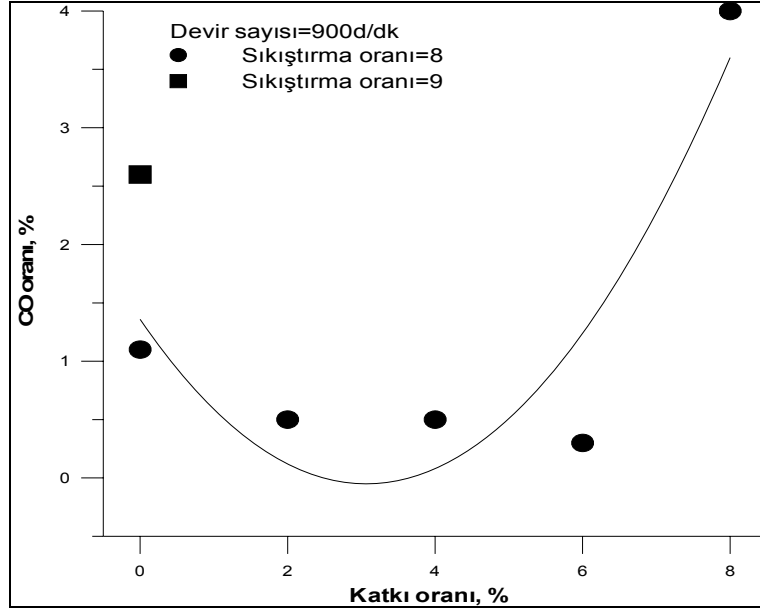


Şekil 173. n=1600d/dk'da TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimleri

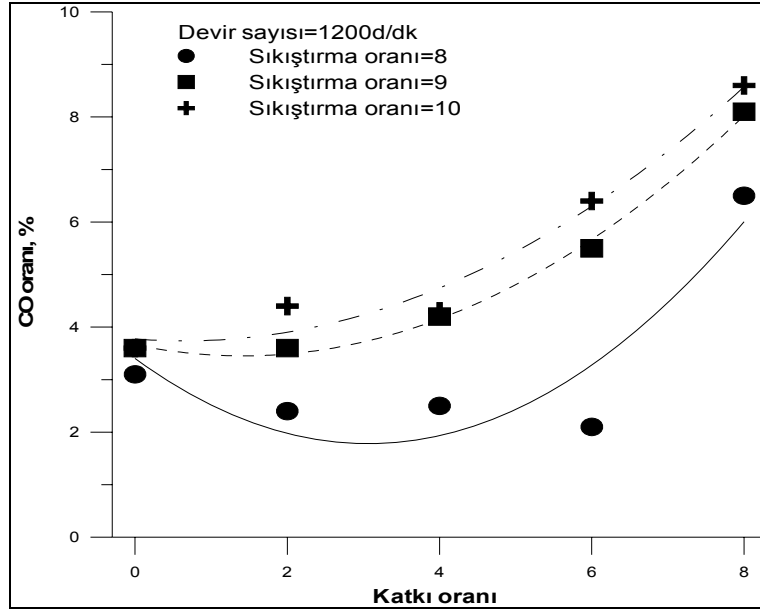
Şekil 171– Şekil 173'de, n=1000–1300–1600d/dk için kurşunsuz benzin -TBA karışımları için CO oranının sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, sıkıştırma oranının $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ KMA$ olması durumunda en düşük CO oranlarının elde edildiği görülür. Sıkıştırma oranı arttıkça CO değerleri artan belli bir devirden sonra ise biraz azalan bir karakter göstermiştir. Genel olarak TBA karışım oranı arttıkça kurşunsuz benzine göre CO değerlerinde düşüş görülmektedir. Ayrıca devir sayısı arttıkça CO oranı artmaktadır. Yakıt katkısı olarak TBA kullanıldığında ısıl değerinin benzine göre düşük olması ve yapısındaki oksijen nedeniyle yanmayı iyileştirerek yanma sonu sıcaklıklarını düşüreceğinden parçalanma reaksiyonları azalmakta CO değerleri düşmektedir.

3.2.3. Karışımdaki Katkı Miktarı Oranlarının CO Emisyonuna Etkisinin İncelenmesi

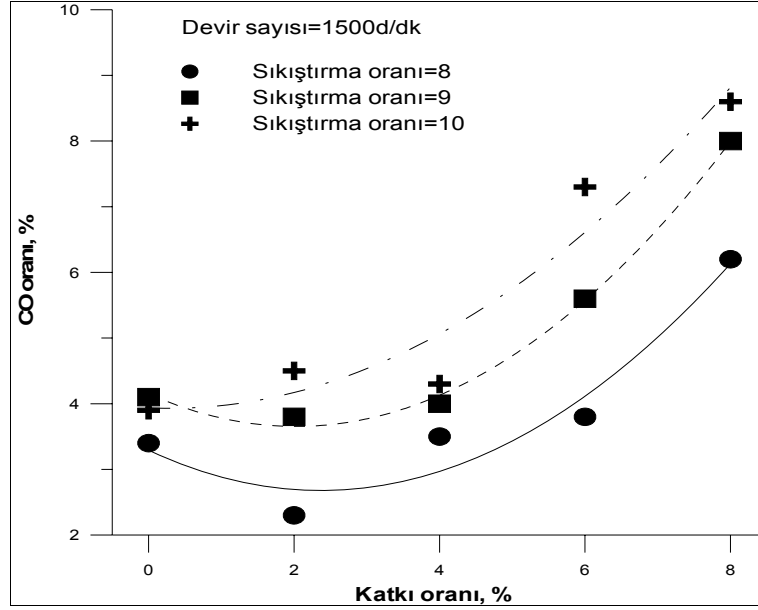
Bu bölümde naftalin ve tersiyer bütül alkol karışımları için kurşunsuz benzin ve yakıt karışımlarının katkı miktarına bağlı olarak farklı devir sayılarında CO oranındaki değişimleri gösteren eğrilere yer verilmiştir. Ayrıca sonuçlar değerlendirilerek etkili olan faktörler tartışılmıştır.



Şekil 174. $n=900\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için CO oranının naftalin oranına göre değişimleri

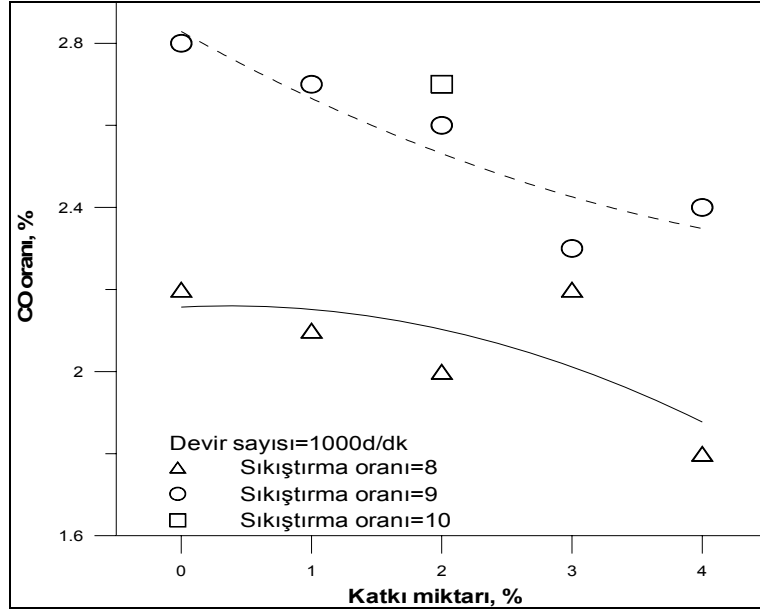


Şekil 175. $n=1200\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için CO oranının naftalin oranına göre değişimleri

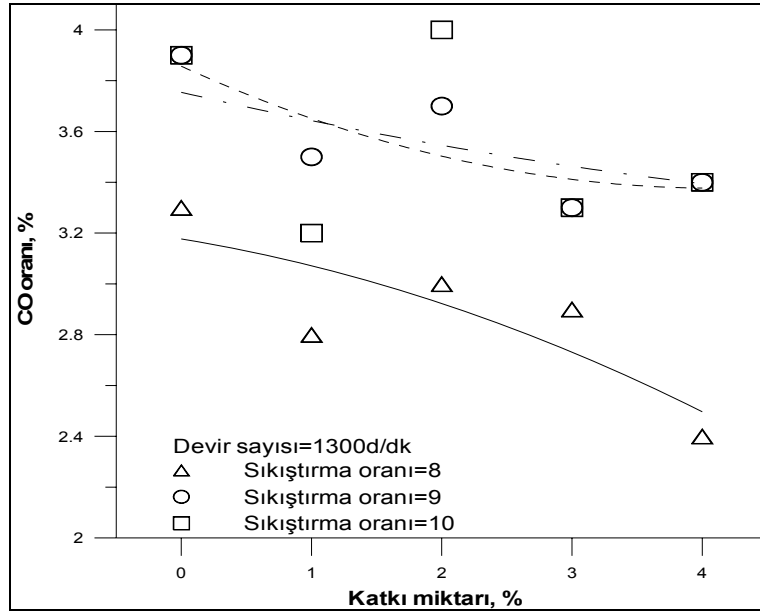


Şekil 176. $n=1500d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında naftalin karışımları için CO oranının naftalin oranına göre değişimleri

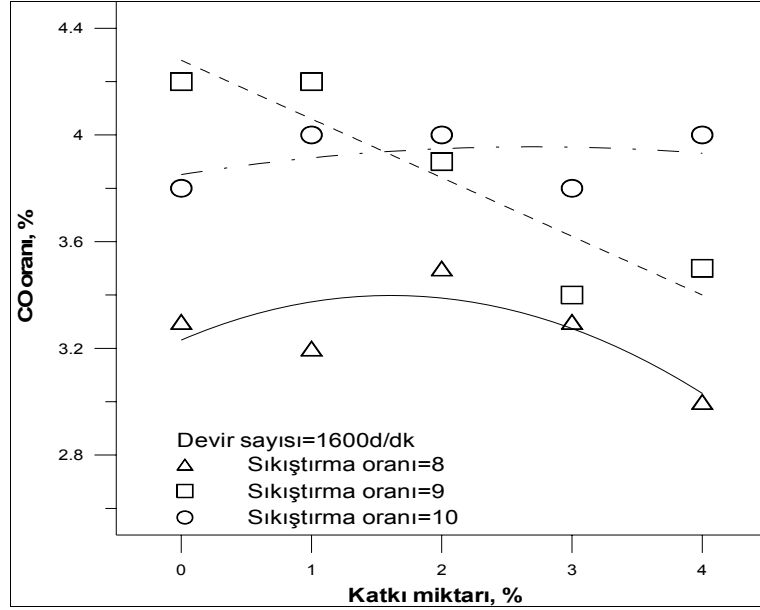
Şekil 174- Şekil 176'da, $n=900-1200-1500d/dk$ da kurşunsuz benzin-naftalin karışımları için CO oranının karışımdaki naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. Bu eğriler incelendiğinde, $\epsilon=8$ ve $AA=10^0KMA$ olması durumunda devir sayısının artmasına karşın CO oranının en düşük değerleri aldığı görülmektedir. Ayrıca sıkıştırma oranı arttıkça CO oranında artış olduğu görülmüştür. Katkı yakıtı olarak naftalin karışımlarının kullanılması durumunda en düşük karbon monoksit değerleri % 2 karışım oranında elde edilmiştir. CO oranındaki azalış, düşük devirlerde yanma sonucu sıcaklığının düşük olmasına bağlı olarak parçalanma reaksiyonlarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Devir sayısı yükseldikçe CO oranı da artmaktadır. CO oranındaki artış karışım oranının artması ile naftalinin yapısında bulunan karbon (C) atomlarının yakıt karışımındaki karbon oranını yükselterek CO oluşumunu arttırmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 177. $n=1000\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için CO oranının TBA oranına göre değişimleri



Şekil 178. $n=1300\text{d/dk}$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için CO oranının TBA oranına göre değişimleri



Şekil 179. $n=1600d/dk$ ve $\epsilon=8-9-10$ durumlarında TBA karışımları için CO oranının TBA oranına göre değişimleri

Şekil 177 – Şekil 179’da, $n=1000-1300-1500d/dk$ da kurşunsuz benzin - TBA karışımları için CO oranının karışımdaki naftalin oranına göre değişimlerini gösteren eğriler verilmiştir. CO oranını gösteren eğriler incelendiğinde, en düşük oranların $\epsilon=8$ ve $AA=10^{\circ}KMA$ olması durumunda elde edildiği görülebilir. Ayrıca sıkıştırma oranı arttıkça CO oranın arttığı görülmektedir. En düşük CO değerleri % 4 karışım oranı için elde edilmiştir. Karışım oranı arttıkça CO oranı azalma göstermektedir. TBA yapısında bulundurduğu oksijen nedeniyle yakıt karışımı fakirleşerek yanma iyileşmektedir. Böylece yanma sonu sıcaklığı düştüğünden parçalanma reaksiyonları da azalacağından CO oranı düşmektedir.

4. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada katkı yakıtı olarak katı naftalin kullanılmasının; bulgular bölümünde yapılan açıklamalarda belirtildiği gibi, değişik çalışma koşullarında değişik devir, farklı sıkıştırma oranları ve karışım oranları için motor performansını iyi yönde etkilediği, buna karşın eksoz emisyonlarını kötüleştirdiği görülmektedir. Yüksek sıkıştırma oranlarında naftalin katkısı efektif verimde iyileşme, özgül yakıt tüketiminde azalma, ortalama efektif basınçta ve döndürme momentinde artış ve efektif verimde artış sağlamaktadır. Yapılan deneysel çalışmada kurşunsuz benzin - naftalin karışımları için elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ortalama efektif basınç değerlerinin yüksek sıkıştırma oranlarında kurşunsuz benzine göre arttığı görülmüştür. Özellikle sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda sonuçlar benzinin basınç değerleriyle çakışmaktadır. Sıkıştırma oranının $n=1500\text{d/dk}$ için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda en yüksek efektif basınç değerlerine ulaşılmıştır. Karışım oranına göre en yüksek artış $n=1200\text{d/dk}$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %6 naftalin karışım oranında elde edilmiştir.
- Devir sayısı arttıkça güçte belirgin artış görülmektedir. Sıkıştırma oranı $\epsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda kurşunsuz benzine göre yakıt karışımlarının efektif güç değerleri birbirine yakınlaşmaktadır. Benzine göre efektif güçteki en yüksek artış $n=1500\text{d/dk}$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %6 karışım oranında görülmektedir. En düşük efektif güç değerleri %8 naftalin karışım oranı için elde edilmiştir.
- Sıkıştırma oranı arttıkça döndürme momenti de artmaktadır. En yüksek moment değerleri ise $n=1500\text{d/dk}$ için $\epsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda görülmektedir. En düşük döndürme momenti değerleri %8 naftalin karışım oranı için elde edilmiştir. Karışım oranına göre en yüksek döndürme momenti değeri $n=1200\text{d/dk}$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %6 naftalin oranı için elde edilmiştir.
- Sıkıştırma oranının artmasıyla efektif verim değerlerinin de arttığı görülmüştür. Kurşunsuz benzine göre en yüksek efektif verim değerleri $n=1500\text{d/dk}$ için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda elde edilmiştir. Karışım oranına göre efektif

verimdeki en yüksek artışı $n=1200\text{d/dk}$, $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %2 naftalin karışım oranında göstermektedir.

- Yakıt tüketiminin sıkıştırma oranı arttıkça azaldığı görülmektedir. En düşük değerler $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda elde edilmiştir. Naftalinin katkı miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi de artmaktadır. Katkı oranına göre en yüksek düşüşe $n=1500\text{d/dk}$, $\varepsilon=10$ durumunda %2 naftalin karışımında ulaşılmıştır.
- En düşük CO değerleri $n=900\text{d/dk}$ için $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda % 2 naftalin karışım oranında görülmektedir. Karışım oranı arttıkça CO oranları da yükselmektedir.
- Yukarıda özetlenen açıklamalar ışığında; kurşunsuz benzin-naftalin karışımlarının en uygun çalışma koşullarının, motor performansı açısından $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %6 naftalin karışım oranının; CO miktarı açısından ise $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %2 naftalin oranının olduğu söylenebilir.
- Naftalin yakıt karışımlarının benzine göre maliyet analizleri sonuçları Ekler Tablo 6.'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kurşunsuz benzin yerine naftalin karışımlarının kullanılmasının maliyeti arttırdığı anlaşılır. En düşük maliyet %2 naftalin karışım oranı için elde edilmektedir.

Yapılan deneysel çalışmada diğer bir katkı yakıtı olarak TBA kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; bulgular bölümünde yapılan açıklamalarda da belirtildiği gibi değişik devirlerde, farklı sıkıştırma oranları ve karışım oranları için değişik çalışma koşullarında motor performansı ve eksoz emisyonları açısından iyileşme sağlandığı anlaşılmaktadır. Yüksek sıkıştırma oranlarında TBA katkısı efektif verimde iyileşme, özgül yakıt tüketiminde azalma, ortalama efektif basınçta ve döndürme momentinde artış ve efektif verimde artış sağlamaktadır. Yapılan deneysel çalışmadan kurşunsuz benzin - TBA karışımları için elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sıkıştırma oranı $\varepsilon=9$ olması durumunda; karışım yakıtlar için elde edilen efektif basınç değerleri kurşunsuz benzinin basınç değerleriyle çakışmaktadır. Sıkıştırma oranı arttıkça basınç değerleri de artmaktadır. Benzine göre en yüksek basınç değerleri ise $n=1300\text{d/dk}$ için $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda elde edilmiştir. Karışımında katkı oranının artması ile efektif basınç değeri azalmaktadır. Benzine göre efektif basınçtaki en yüksek artış $n=1300\text{d/dk}$ için

$\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda % 1 TBA karışım oranında sağlanmıştır.

- Kurşunsuz benzine göre en yüksek döndürme momenti değerleri $n=1300\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda elde edilmiştir. Sıkıştırma oranı arttıkça döndürme momenti de artmaktadır. Değişik karışım oranlarında göre döndürme momentindeki en yüksek artış değerleri $n=1600\text{d/dk}$ için $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %2 TBA karışım oranında sağlanmıştır.
- Yüksek sıkıştırma oranlarında güç eğrileri birbiriyle çakışmaktadır. Genel olarak %3 veya %4 TBA karışım oranları kullanıldığında kurşunsuz benzine göre daha yüksek efektif güç değerleri elde edilmiştir. Kurşunsuz benzine göre en yakın efektif güç değerleri sıkıştırma oranı $\varepsilon=9$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda görülmektedir. Değişik karışım oranlarında göre efektif güçteki en yüksek artış $n=1600\text{d/dk}$ için $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %3 TBA karışım oranında sağlanmıştır.
- Sıkıştırma oranına göre en yüksek verim değerleri $n=1600\text{d/dk}$ için $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda elde edilmiştir. Katkı oranı %3 TBA için elde edilen değerlerini diğer karışım oranları için elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Efektif verim değerlerindeki en büyük artış $n=1600\text{d/dk}$ için $\varepsilon=10$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda %2 TBA karışım oranında elde edilmiştir.
- Kurşunsuz benzine göre en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri $n=900\text{d/dk}$ ve $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda elde edilmektedir. TBA katkı miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. Ayrıca sıkıştırma oranı arttıkça yakıt tüketimi azalmaktadır. Kurşunsuz benzine göre en düşük özgül yakıt tüketimi değerleri $n=1300\text{d/dk}$ için ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ durumunda %1 TBA karışım oranında görülmektedir.
- CO oranında en yüksek düşüş $\varepsilon=8$ ve $AA=10^\circ\text{KMA}$ olması durumunda sağlanmıştır. Sıkıştırma oranı arttıkça CO oranının da arttığı görülmektedir. En düşük CO değerleri %4 TBA karışım oranı için elde edilmiştir.
- TBA yakıt karışımlarının benzine göre maliyet analizleri sonuçları Ekler Tablo 7.'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kurşunsuz benzin yerine TBA karışımlarının kullanılmasının maliyeti sadece %1 TBA karışım oranı için düşürdüğü anlaşılır.

- Yukarıda verilen açıklamalar ışığında; kurşunsuz benzin - TBA karışımları için en uygun çalışma koşullarının, motor performansı açısından $n=1600$ d/dk için $\epsilon=10$ ve $AA=10^\circ$ KMA olması durumunda %2 TBA veya %3 TBA karışım oranlarının; CO miktarı açısından ise $\epsilon=8$ ve $AA=10^\circ$ KMA olması durumunda %4 TBA karışım oranının olduğu söylenebilir.

5. ÖNERİLER

Sunulan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında; aşağıdaki öneriler yapılabilir.

- Sunulan çalışmadakinin benzeri deneyler farklı deney motorları ve taşıt motorları ile yapılabilir. Buradan elde edilecek sonuçlarla daha genel sonuçlara ulaşılabilir.
- Eksoz emisyonlarının ölçümünde daha modern cihazlar kullanılarak CO oranı dışında NO_x gibi zararlı eksoz emisyonları ölçülmeli ve oksijenatların eksoz emisyonları üzerindeki etkileri belirlenmelidir.
- Oksijenatların üretimi yaygınlaştırılabilir ve yakıt katkısı olarak kullanılması ekonomik açıdan cazip kılınabilir.
- Buji ateşlemeli motorlarda benzine katkı maddesi olarak %6 yerine daha düşük oranlarda naftalin katılması düşünülebilir. Örneğin; %6,5-7-7,5 naftalin oranları denenebilir.
- Sonuçlar dikkate alınarak %4 den yüksek oranlarda benzine TBA katılarak motor performansı ve eksoz emisyonu açısından daha genel yargılara varılabilir.
- TBA-benzin karışımları deneylerinden elde edilen sonuçlar etanol, metanol vb. gibi alkollerle de denenerek motor performansı ve eksoz emisyonları üzerindeki etkileri karşılaştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

- 1- Çetinkaya, S., Çelik, M. B., Buji Ateşlemeli Motorlarda Yakıt Olarak Metanol-Benzin Karışımlarının Kullanılması, 5. Yanma Sempozyumu, 1997, İstanbul, 255-266.
- 2- Mohsen, M. O., Relations Ship between Gasoline Anti-Knock Agents, Gasoline Aromatics Content and SI Engine Emissions, Alexandria University, SAE Technical Paper 961225, May 6-8 1999
- 3- Bilgin, A., Durgun, O. ve Şahin, Z., Diesel Yakıtına TBME Katılmasının Motor Performansına Etkisi, 13. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 5-7 Eylül 2001, Konya.
- 4- Alasfour, F. N., Butanol a Single Cylinder Engine Study; Engine Performance, International Journal of Energy Research, e 21, 21-30, 1997
- 5- Sezer, İ., Normal Benzine Metanol ve MTBE Katılmasının Buji Ateşlemeli Motorun Performansına ve Eksoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ocak 2002
- 6- Plaut, P., The Comparison and Ranking of Policies for Abating Mobile-Source Emissions, Transportation Research Part D, 3 (1998) 193-205.
- 7- Gauom, M., Martin, D. W., Combustion Characteristics of Higher Alcohol-Gasoline Blends, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, West Virginia University, USA
- 8- Heywood, J. B., Internal Combustion Engine Fundamentals, Mc Graw-Hill, 1988.
- 9- Bilgin, A., Durgun, O., Taşıt Motorlarında Kirletici Emisyonların Oluşum Mekanizmaları ve Önlenmesi, 5. Yanma Sempozyumu, 1997, İstanbul, 196-208.
- 10- Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A., Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği, 1994
- 11- Haşımoğlu, C., Ciniviz, M., Uçar, G., Günümüzde İçten Yanmalı Motorlarda Hidrojen Yakıtının Kullanılması, Selçuk Üniversitesi Tef, Makina Eğitimi Bölümü, Konya
- 12- Özdemir, B. İ., Alevsiz Yanma Teknolojisinin Yanma Sistemlerinde Ortaya Çıkan Nox Emisyonlarının Azaltılmasında Bir Yöntem Olarak Kullanılması, İ.T.Ü. Makina Fakültesi
- 13- Durgun, O., Motorlarda Benzin - Etil Alkol - İzoproponal Karışımlarının Kullanılması, İkinci Yanma Sempozyumu, 18-20 Eylül 1989, İstanbul.

- 14-Kızıltan, E., Motor Yakıtlarına Alkol Katılmasının Motor Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 1988
- 15-Durgun, O., Motorlarda Deneysel Yöntemler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Trabzon-1995.
- 16-Bayraktar, H., Durgun, O., Buji Ateşlemeli Motorlar İçin Alternatif Yakıtların Teorik Olarak Değerlendirilmesi ve Pratik Olarak Kullanılabilirliği, Mühendis ve Makina Haziran 2004, 533
- 17-Durgun, O., Yakıtlar ve Yanma Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon-(Basılmamış).
- 18-Safgönül, B, Arslan, H. E., Ergenemen, M., Soruşbay, C., İçten Yanmalı Motorlar, İ.T.Ü Makina Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı
- 19-<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search/ProductDetail/ALDRICH/308250>, 19.09.2006
- 20- <http://www.chemicalland21.com/arakorhi/petrochemical/NAPHTHALENE.htm> 25.11.2006

7. EKLER

Ek Tablo 1. $\varepsilon=8$ ve $AA=10$ °KMA’nda deneylerde kullanılan yakıtlar ve yakıt karışımlarının performans değerlerinin devir sayılarına göre değişimleri

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Kurşunsuz benzin	Hava fazlalık katsayısı	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,81	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	46,47	46,7	46,61	46,5	46,18	45,9	45,33	45,04
	Efektif güç [kW]	4,4	4,91	5,39	5,87	6,31	6,76	7,15	7,58
	Ort. efektif basınç [kPa]	768,28	772,05	770,63	768,75	763,56	758,85	749,42	744,71
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	408,32	399,04	386,82	380,49	374,03	370,44	368,17	375,85
	Efektif verim [%]	21,21	21,7	22,39	22,76	23,15	23,38	23,52	23,04
	Eksoz sıcaklığı [°C]	525	530	545	555	575	600	625	645
	CO oranı [%]	1,1	2,2	2,8	3,1	3,3	3,6	3,4	3,3

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
2 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,84	0,82	0,80	0,81	0,80	0,84	0,85
	Döndürme momenti [Nm]	45,21	45,35	45,41	45,44	45,35	45,21	45,07	44,93
	Efektif güç [kW]	4,29	4,78	5,26	5,74	6,21	6,67	7,12	7,57
	Ort. efektif basınç [kPa]	748,82	751,15	752,09	752,55	751,15	748,82	746,49	744,16
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	395,49	390,91	386,05	382,14	378,29	375,19	375,37	379
	Efektif verim [%]	22,07	22,33	22,61	22,84	23,07	23,26	23,25	23,03
	Eksoz sıcaklığı [°C]	540	540	560	585	605	610	640	645
	CO oranı [%]	0,5	1,6	1,8	2,4	2,6	3	2,3	2,8

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,86	0,83	0,81	0,8	0,8	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	44,95	45,23	45,4	45,37	45,23	45,09	44,81	44,53
	Efektif güç [kW]	4,25	4,75	5,25	5,72	6,18	6,64	7,07	7,49
	Ort. efektif basınç [kPa]	742,77	747,41	750,19	749,73	747,41	745,09	740,44	735,8
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	402,58	398,12	394,26	388,57	384,36	383,33	384,65	387,66
	Efektif verim [%]	21,84	22,08	22,3	22,63	22,87	22,94	22,86	22,68
	Eksoz sıcaklığı [°C]	545	555	570	595	605	625	640	640
	CO oranı [%]	0,5	1,5	1,8	2,5	2,6	3,1	3,5	4,5

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 6 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	45,46	45,95	46,03	46,06	46,03	45,89	45,75	45,61
	Efektif güç [kW]	4,34	4,83	5,33	5,82	6,3	6,76	7,22	7,68
	Ort. efektif basınç [kPa]	758,46	759,86	761,26	761,73	761,26	758,92	756,59	754,25
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	380,26	379,2	378,21	377,46	377,09	376,93	377,1	377,62
	Efektif verim [%]	23,28	23,35	23,41	23,46	23,48	23,49	23,48	23,45
	Eksoz sıcaklığı [°C]	525	535	550	555	555	560	605	605
	CO oranı [%]	0,3	1,1	1,4	2,1	2,5	3,1	3,8	4,4

Ek Tablo 1'in devamı

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 8 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	0,8	0,77	0,75	0,74	0,72	0,7	0,7	0,72
	Döndürme momenti [Nm]	45,54	45,68	45,82	45,88	45,82	45,6	45,4	45,12
	Efektif güç [kW]	4,31	4,81	5,3	5,79	6,27	6,72	7,16	7,59
	Ort. efektif basınç [kPa]	753,09	755,43	757,77	758,71	757,77	754,03	750,76	746,08
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	415,09	413,16	410,73	409,43	408,26	408,02	408,29	409,12
	Efektif verim [%]	21,33	21,43	21,56	21,63	21,69	21,7	21,69	21,64
	Eksoz sıcaklığı [°C]	495	500	515	515	525	550	555	575
	CO oranı [%]	4	5,4	5,9	6,5	6,9	7	6,2	6,7

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 1 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,81	0,8
	Döndürme momenti [Nm]	47,34	47,62	47,9	48,05	47,9	47,19	46,77	45,35
	Efektif güç [kW]	4,48	5,01	5,54	6,07	6,55	6,95	7,38	7,64
	Ort. efektif basınç [kPa]	782,95	787,64	792,33	794,67	792,33	780,61	773,58	750,13
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	372,46	363,31	360,4	356,26	353,3	353,8	357,02	362,02
	Efektif verim [%]	23,3	23,89	24,08	24,36	24,57	24,53	24,31	23,97
	Eksoz sıcaklığı [°C]	575	585	595	605	610	615	615	610
	CO oranı [%]	1,3	2,1	2,5	3	2,8	3,1	2,9	3,2

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,87	0,84	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	45,29	45,43	45,46	45,43	45,35	45,24	45,13	44,96
	Efektif güç [kW]	4,29	4,78	5,26	5,74	6,2	6,66	7,12	7,57
	Ort. efektif basınç [kPa]	749,01	751,33	751,8	751,33	749,94	748,08	746,23	743,44
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	403,64	397,08	391,89	387,48	386,38	387,05	389,61	394,7
	Efektif verim [%]	21,55	21,91	22,2	22,45	22,51	22,47	22,33	22,04
	Eksoz sıcaklığı [°C]	540	550	560	575	600	605	615	625
	CO oranı [%]	0,9	2	2,4	2,8	3	3,1	3,2	3,5

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 3 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,81	0,83	0,84
	Döndürme momenti [Nm]	46,21	47,36	48,08	48,37	48,31	47,65	46,7	44,49
	Efektif güç [kW]	4,38	4,98	5,57	6,11	6,61	7,02	7,37	7,49
	Ort. efektif basınç [kPa]	764,44	783,43	795,3	800,05	799,1	788,18	772,51	735,95
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	362,26	351,71	345,58	342,8	340,24	339,52	341,62	346,09
	Efektif verim [%]	24,06	24,78	25,22	25,43	25,62	25,67	25,52	25,19
	Eksoz sıcaklığı [°C]	545	500	555	555	555	555	600	600
	CO oranı [%]	1,2	2,2	2,5	3	2,9	3	3,1	3,3

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,84
	Döndürme momenti [Nm]	45,44	45,78	46,2	46,48	46,59	46,56	46,28	45,86
	Efektif güç [kW]	4,3	4,82	5,35	5,87	6,37	6,86	7,31	7,72
	Ort. efektif basınç [kPa]	751,62	757,19	764,15	768,79	770,65	770,18	765,54	758,58
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	400,49	388,56	380,11	370,36	366,47	365,46	370,08	377,26
	Efektif verim [%]	22,81	22,48	22,98	23,59	23,84	23,9	23,6	23,15
	Eksoz sıcaklığı [°C]	505	530	545	555	555	595	605	620
	CO oranı [%]	1,6	1,8	2	2,6	2,4	2,6	2,3	3

Ek Tablo 2. $\varepsilon=8,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda deneylerde kullanılan yakıtlar ve yakıt karışımlarının performans değerlerinin devir sayılarına göre değişimleri

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Kurşunsuz benzin	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,85	0,81	0,82	0,81	0,82	0,83	0,84
	Döndürme momenti [Nm]	46,33	46,35	46,35	46,33	46,3	46,24	46,18	46,1
	Efektif güç [kW]	4,39	4,88	5,36	5,85	6,33	6,81	7,29	7,76
	Ort. efektif basınç [kPa]	765,92	766,39	766,39	765,92	765,45	764,51	763,56	762,15
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	373,08	366	363,68	361,39	359,54	357,94	357,7	361,02
	Efektif verim [%]	23,21	23,66	23,81	23,96	2409	24,19	24,21	23,99
	Eksoz sıcaklığı [°C]	575	580	585	595	610	625	645	650
	CO oranı [%]	1,1	2,5	3	3,3	3,5	3,8	3,7	3,6

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,84	0,83	0,8	0,8	0,78	0,84	0,8
	Döndürme momenti [Nm]	-	48,47	47,6	47,46	47,6	47,75	48,73	48,45
	Efektif güç [kW]	-	5,14	5,51	5,99	6,51	7,03	7,68	8,15
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	807,62	786,68	784,35	786,68	789	805,3	800,64
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	337,72	348,69	371,14	374,72	385,45	350,65	369,56
	Efektif verim [%]	-	25,84	25,03	25,51	23,29	22,64	24,89	23,62
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	575	585	590	605	605	630	630
	CO oranı [%]	-	2,5	2,8	4,1	3,5	4,2	3,3	4,1

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	0,88	0,86	0,82	0,81	0,79	0,78	0,78	0,79
	Döndürme momenti [Nm]	46,22	46,41	46,44	46,36	46,22	45,94	45,65	45,37
	Efektif güç [kW]	4,37	4,88	5,37	5,85	6,32	6,76	7,2	7,63
	Ort. efektif basınç [kPa]	763,66	766,91	767,37	765,98	763,66	759,01	754,37	749,73
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	386,23	383	380,02	378,13	377,46	377,66	380	383,64
	Efektif verim [%]	22,76	22,96	23,14	23,25	23,29	23,28	23,14	22,92
	Eksoz sıcaklığı [°C]	580	575	590	590	605	605	630	630
	CO oranı [%]	1,3	2,3	2,7	3,6	3,7	4,3	4	

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 6 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	0,84	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,76	0,77
	Döndürme momenti [Nm]	46,25	46,39	46,53	46,59	46,53	46,39	46,11	45,82
	Efektif güç [kW]	4,38	4,88	5,38	5,88	6,36	6,83	7,28	7,71
	Ort. efektif basınç [kPa]	764,79	767,13	769,47	770,4	769,47	767,13	762,45	757,77
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	396,22	395,04	393,59	392,69	391,67	391,21	391,78	392,47
	Efektif verim [%]	22,35	22,41	22,5	22,55	22,61	22,63	22,6	22,56
	Eksoz sıcaklığı [°C]	530	535	555	560	580	580	605	615
	CO oranı [%]	2	3,1	3,6	4,5	4,8	5	4,8	5,7

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 8 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71	0,72
	Döndürme momenti [Nm]	-	46,53	46,67	46,67	46,45	46,25	45,96	45,54
	Efektif güç [kW]	-	4,9	5,4	5,89	6,35	6,81	7,25	7,67
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	769,47	771,8	771,8	768,06	764,79	760,11	753,09
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	406,96	405,76	404,97	404,5	404,1	404,38	404,72
	Efektif verim [%]	-	21,76	21,82	21,86	21,89	21,91	21,9	21,88
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	525	540	545	550	570	575	575
	CO oranı [%]	-	6,3	3,6	7,2	7,3	7,5	7	7,9

Ek Tablo 2'nin devamı

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 1 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,86	0,84	0,81	0,80	0,79	0,79	0,81
	Döndürme momenti [Nm]	45,83	46,03	46,06	45,98	45,92	45,78	45,49	45,35
	Efektif güç [kW]	22,93	23,14	23,38	23,56	23,68	23,72	23,65	23,41
	Ort. efektif basınç [kPa]	758,1	761,39	761,85	760,45	759,51	757,17	752,48	750,13
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	378,55	375,01	371,22	368,44	366,51	365,84	367,03	370,7
	Efektif verim [%]	4,34	4,84	5,33	5,81	6,28	6,74	7,18	7,64
	Eksoz sıcaklığı [°C]	565	575	590	595	605	610	625	650
	CO oranı [%]	1,2	2,4	2,6	3,4	3,5	3,9	3,8	4

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,86	0,85	0,83	0,82	0,81	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	45,82	45,96	46,04	46,07	46,02	45,96	45,85	45,68
	Efektif güç [kW]	4,34	4,84	5,33	5,82	6,29	6,77	7,23	7,69
	Ort. efektif basınç [kPa]	757,7	760,02	761,42	761,88	760,95	760,02	758,16	755,37
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	392,13	388,62	383,12	379,06	377,51	378,13	380,92	385,4
	Efektif verim [%]	22,18	22,38	22,7	22,95	23,04	23	22,83	22,57
	Eksoz sıcaklığı [°C]	555	555	600	575	595	605	625	625
	CO oranı [%]	1,1	2,1	2,8	3,3	3,5	3,6	3,4	3,2

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 3 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	46,21	46,44	46,61	46,64	46,56	46,36	46,04	45,78
	Efektif güç [kW]	23,94	24,21	24,4	24,58	24,7	24,69	24,62	24,46
	Ort. efektif basınç [kPa]	764,44	468,24	771,09	771,56	770,14	766,82	761,59	757,32
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	364,07	360,04	357,26	354,56	352,84	353,05	354,07	356,43
	Efektif verim [%]	4,38	4,89	5,4	5,89	6,37	6,83	7,27	7,71
	Eksoz sıcaklığı [°C]	495	500	515	545	550	545	555	565
	CO oranı [%]	1,4	2,2	2,9	3,4	3,5	3,6	3,8	4

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,82	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	47,41	47,55	47,6	47,6	47,49	47,29	47,07	46,9
	Efektif güç [kW]	4,49	5	5,51	6,01	6,49	6,96	7,42	7,89
	Ort. efektif basınç [kPa]	783,48	785,8	786,72	786,72	784,87	781,62	777,92	775,13
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	373,63	367,76	362,97	358,34	356,01	356,87	360,43	365,6
	Efektif verim [%]	23,38	23,75	24,07	24,38	24,54	24,48	24,24	23,89
	Eksoz sıcaklığı [°C]	555	560	565	575	585	595	605	600
	CO oranı [%]	1,6	2	2,3	2,8	3	3,6	3,2	3,8

Ek Tablo 3. $\varepsilon=9$ ve $AA=10$ °KMA’nda deneyde kullanılan yakıtlar ve yakıt karışımlarının performans değerlerinin devir sayılarına göre değişimleri

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Kurşunsuz benzin	Hava fazlalık katsayısı	0,88	0,86	0,83	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	47,75	47,84	47,89	47,92	47,89	47,75	47,61	7,47
	Efektif güç [kW]	4,52	5,03	5,54	6,05	6,55	7,03	7,51	7,99
	Ort. efektif basınç [kPa]	789,49	790,9	791,84	792,31	791,84	789,49	787,13	784,77
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	371,2	371,01	370,9	370,78	370,41	370,2	370,61	370,45
	Efektif verim [%]	23,33	23,34	23,35	23,36	23,38	23,29	23,37	23,38
	Eksoz sıcaklığı [°C]	585	590	595	595	605	625	635	645
	CO oranı [%]	2,6	2,8	3	3,6	3,9	4	4,1	4,2

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,84	0,81	0,79	0,78	0,78	0,79	0,8
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,6	47,89	48,08	48,03	47,89	47,6	47,32
	Efektif güç [kW]	-	5	5,54	6,07	6,56	7,05	7,51	7,96
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	786,68	791,33	794,59	793,66	791,33	786,68	782,02
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	379,89	376,06	370,3	367,13	366,47	368,47	372,97
	Efektif verim [%]	-	22,97	23,21	23,57	23,77	23,81	23,69	23,4
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	575	585	590	605	615	625	630
	CO oranı [%]	-	2,5	3	3,6	4	4,2	3,8	4,1

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,82	0,81	0,8	0,79	0,78	0,78	0,79
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,85	47,96	47,99	47,85	47,63	47,43	47,29
	Efektif güç [kW]	-	5,03	5,55	6,05	6,54	7,01	7,48	7,95
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	790,76	792,61	793,08	790,76	787,05	783,8	781,48
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	388,34	382,76	376,89	374,05	370,73	370,31	371,15
	Efektif verim [%]	-	22,64	22,97	23,33	23,5	23,72	23,74	23,69
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	570	580	595	600	605	625	625
	CO oranı [%]	-	3	3,6	4,2	4,3	4,5	4	4,5

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 6 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,79	0,77	0,74	0,72	0,71	0,71	0,72
	Döndürme momenti [Nm]	-	48,4	48,48	48,51	48,37	48,09	47,66	47,38
	Efektif güç [kW]	-	5,1	5,61	6,13	6,62	7,09	7,53	7,98
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	800,9	802,3	802,77	800,43	795,75	788,73	784,04
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	393,2	391,55	389,56	387,67	386,13	385,71	385,92
	Efektif verim [%]	-	22,52	22,61	22,73	22,84	22,93	22,96	22,94
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	545	555	565	580	595	605	605
	CO oranı [%]	-	4,1	4,9	5,5	5,8	6	5,6	6,3

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 8 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,73	0,72	0,7	0,68	0,67	0,67	0,68
	Döndürme momenti [Nm]	-	46,39	46,67	46,9	46,81	46,67	46,25	45,82
	Efektif güç [kW]	-	4,88	5,4	5,92	6,4	6,87	7,3	7,71
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	767,13	771,8	775,55	774,14	771,8	764,79	757,77
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	414,6	415,41	414,42	413,84	413,84	414,21	414,95
	Efektif verim [%]	-	21,25	21,31	21,37	21,4	21,4	21,38	21,34
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	550	555	555	560	565	570	575
	CO oranı [%]	-	7	7,5	8,1	8,3	8,4	8	8,5

Ek Tablo 3'ün devamı

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 1 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,84	0,82	0,81	0,81	0,8	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,76	47,9	47,9	47,82	47,68	47,62	47,34
	Efektif güç [kW]	-	5,02	5,54	6,05	6,54	7,02	7,51	7,97
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	789,75	792,09	792,09	790,69	788,34	787,41	782,72
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	368,84	358,43	355,38	352,06	350,75	352,77	361,45
	Efektif verim [%]	-	23,53	24,21	4,42	24,65	24,74	24,6	24,01
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	585	595	600	615	625	645	645
	CO oranı [%]	-	2,7	2,8	3,3	3,5	3,6	3,8	4,2

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 TBA	Hava fazlalık katsayısı	0,88	0,85	0,84	0,82	0,81	0,8	0,8	81
	Döndürme momenti [Nm]	47,79	47,93	48,07	48,04	47,98	47,79	47,51	47,22
	Efektif güç [kW]	4,52	5,04	5,56	6,06	6,56	7,04	7,5	7,95
	Ort. efektif basınç [kPa]	790,24	792,56	794,89	794,42	793,49	790,24	785,59	780,94
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	369,89	362,77	358,14	358,38	350,93	351,7	355,76	362,4
	Efektif verim [%]	23,52	23,98	24,29	24,61	24,79	24,73	24,45	24
	Eksoz sıcaklığı [°C]	555	560	570	580	595	605	615	625
	CO oranı [%]	2,4	2,6	3,1	3,5	3,7	3,9	3,7	3,9

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 3 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,86	0,84	0,82	0,82	0,81	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	-	48,22	48,28	48,31	48,22	47,88	47,65	47,36
	Efektif güç [kW]	-	5,08	5,59	6,1	6,6	7,05	7,52	7,98
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	797,76	798,71	799,18	797,76	792,06	788,26	783,51
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	354,25	347,34	343,18	342,49	342,99	346,18	350,34
	Efektif verim [%]	-	24,61	25,1	25,4	25,45	25,41	25,18	24,88
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	555	555	560	555	575	595	645
	CO oranı [%]	-	2,3	2,8	3,2	3,3	3,4	3,2	3,4

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,86	0,84	0,83	0,82	0,82	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,55	47,77	47,97	48,02	47,88	47,69	47,41
	Efektif güç [kW]	-	5	5,52	6,05	6,56	7,05	7,52	7,97
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	785,8	789,5	792,75	793,68	791,36	788,11	783,48
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	368,57	359,95	353,23	348,17	347,27	349,21	357,22
	Efektif verim [%]	-	23,7	24,27	24,73	25,09	25,15	25,01	24,45
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	555	560	565	580	595	605	605
	CO oranı [%]	-	2,4	2,8	3,3	3,4	3,6	3,2	3,5

Ek Tablo 4. $\varepsilon=9,5$ ve $AA=10$ °KMA’nda deneylerde kullanılan yakıtlar ve yakıt karışımlarının performans değerlerinin devir sayılarına göre değişimleri

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Kurşunsuz benzin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,85	0,83	0,82	0,81	0,8	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	-	48,32	48,46	48,61	48,55	48,32	48,18	47,89
	Efektif güç [kW]	-	5,08	5,61	6,13	6,64	7,12	7,6	8,06
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	798,91	801,27	803,63	802,68	798,91	796,56	791,84
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	348,84	347,68	347,45	347,26	347,65	348,38	348,66
	Efektif verim [%]	-	24,77	24,86	24,88	24,9	24,91	24,87	24,84
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	575	590	595	610	625	640	645
	CO oranı [%]	-	2,5	2,9	3,3	3,5	3,8	3,9	3,8

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,84	0,84	0,83	0,81	0,8	0,79	0,77
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,29	49,49	49,72	49,58	49,29	48,87	48,59
	Efektif güç [kW]	-	5,18	5,72	6,27	6,78	7,26	7,71	8,17
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	814,61	817,86	821,59	819,26	814,61	807,62	802,97
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	350,42	348,38	345,66	343,93	342,43	343,21	345,54
	Efektif verim [%]	-	24,91	25,05	25,25	25,37	25,49	25,43	25,26
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	580	580	585	600	605	625	625
	CO oranı [%]	-	2,9	3,3	4	4,3	4,5	4	4,4

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,81	0,81	0,79	0,8	0,77	0,81	0,78
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,96	49,11	48,69	49,25	50,1	49,96	49,68
	Efektif güç [kW]	-	5,25	5,68	6,14	6,73	7,37	7,87	8,35
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	825,13	811,22	804,27	813,54	827,45	825,13	820,5
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	343,33	341,59	361,64	359,4	371,43	356,45	367,14
	Efektif verim [%]	-	25,61	25,74	24,31	24,46	23,67	24,67	23,95
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	555	560	560	595	595	605	610
	CO oranı [%]	-	3,5	3,2	4,5	4	4,6	4	5

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 6 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,71	0,72
	Döndürme momenti [Nm]	-	48,34	48,43	48,48	48,4	48,26	48,09	47,94
	Efektif güç [kW]	-	5,09	5,6	6,12	6,62	7,11	7,59	8,07
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	799,4	800,81	801,74	800,34	798	795,19	792,85
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	406,79	401	394,5	389,36	386,78	387,88	389,83
	Efektif verim [%]	-	21,77	22,08	22,44	22,74	22,89	22,83	22,71
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	545	555	565	570	580	595	595
	CO oranı [%]	-	5	5,5	6,2	6,7	6,8	6,7	7,2

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 8 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,7	0,68	0,67	0,66	0,65	0,65	0,66
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,66	47,92	48	47,66	47,24	46,39	45,68
	Efektif güç [kW]	-	5,01	5,54	6,06	6,52	6,96	7,32	7,69
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	788,18	792,39	793,79	788,18	781,16	767,13	755,43
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	432,38	427,42	425,29	423,1	422,47	424,42	426,52
	Efektif verim [%]	-	20,48	20,72	20,82	20,93	20,96	20,86	20,76
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	525	540	545	555	555	575	575
	CO oranı [%]	-	7,9	8	8,4	8,5	8,6	9	9,4

Ek Tablo 4'ün devamı

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 1 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,83	0,82	0,8	0,78	0,77	0,77	0,78
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,05	47,17	47,19	47,11	46,97	46,83	46,71
	Efektif güç [kW]	-	4,95	5,46	5,96	6,44	6,92	7,39	7,86
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	778,03	779,91	780,38	778,97	776,63	774,28	772,41
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	366,99	363,15	359,59	356,76	355,19	356,24	360,01
	Efektif verim [%]	-	23,65	23,9	24,14	24,33	24,43	24,36	24,11
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	595	595	600	615	625	650	645
	CO oranı [%]	-	2,6	3	3,4	3,6	4	4,2	4,5

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,88	0,85	0,83	0,81	0,8	0,8	0,81
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,05	49,33	49,47	49,39	49,11	48,74	48,35
	Efektif güç [kW]	-	5,16	5,71	6,25	6,75	7,23	7,69	8,14
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	811,16	815,8	818,13	816,73	812,09	806,04	799,53
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	365,37	359,38	356,89	354,9	355,05	355,89	359,2
	Efektif verim [%]	-	23,81	24,2	24,37	24,51	24,5	24,44	24,22
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	560	565	575	590	605	615	625
	CO oranı [%]	-	2,8	3,1	3,4	3,6	3,9	4	3,9

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 3 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,94	48,37	48,65	48,65	48,31	47,65	47,07
	Efektif güç [kW]	-	5,04	5,6	6,14	6,65	7,11	7,52	7,92
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	792,69	799,81	804,56	804,56	798,86	787,95	778,45
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	362,83	351,81	344,72	341,46	342,88	346,97	353,57
	Efektif verim [%]	-	24,02	24,78	25,29	25,53	25,42	25,12	24,65
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	575	585	595	605	615	620	625
	CO oranı [%]	-	2,5	3	3,4	3,2	3,5	3,3	3,6

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,71	50,27	50,52	50,63	50,58	50,21	49,51
	Efektif güç [kW]	-	5,23	5,81	6,37	6,92	7,44	7,92	8,33
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	821,49	830,77	834,94	836,79	835,86	829,84	818,25
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	344,73	338,81	335,38	333,36	333,31	335,49	340,4
	Efektif verim [%]	-	25,24	25,78	26,05	26,2	26,21	26,04	25,66
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	575	595	605	615	615	615	615
	CO oranı [%]	-	2,4	3	3,2	3,3	3,6	3,1	3,4

Ek Tablo 5. $\varepsilon=10$ ve $AA=10$ °KMA’nda deneyde kullanılan yakıtlar ve yakıt karışımlarının performans değerlerinin devir sayılarına göre değişimleri

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
Kurşunsuz benzin	Hava fazlalık katsayısı	-	-	0,85	0,83	0,81	0,8	0,79	0,8
	Döndürme momenti [Nm]	-	-	49,32	50,17	50,6	50,6	49,6	47,89
	Efektif güç [kW]	-	-	5,71	6,33	6,92	7,45	7,83	8,06
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	-	815,41	829,55	836,62	836,62	820,12	791,84
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	-	381,03	350,51	340,97	330	331,45	334,99
	Efektif verim [%]	-	-	22,73	24,71	25,4	26,24	26,13	25,85
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	-	595	605	625	625	645	645
	CO oranı [%]	-	-	3,2	3,6	3,9	4	3,9	3,8

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,84	0,83	0,8	0,8	0,81	0,83	0,85
	Döndürme momenti [Nm]	-	48,82	48,91	48,88	48,82	48,68	48,54	48,4
	Efektif güç [kW]	-	5,13	5,66	6,17	6,67	7,16	7,65	8,14
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	806,78	808,17	807,71	806,78	804,45	802,13	799,8
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	353,82	352,73	351,6	350,63	349,66	349,55	350,22
	Efektif verim [%]	-	24,67	24,74	24,82	24,89	24,96	24,97	24,92
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	505	510	515	585	595	605	620
	CO oranı [%]	-	3,5	3,8	4,4	4,6	4,8	4,5	4,8

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,81	0,8	0,79	0,78	0,77	0,77	0,78
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,11	49,25	49,31	49,25	49,11	48,97	48,83
	Efektif güç [kW]	-	5,16	5,69	6,22	6,73	7,23	7,72	8,21
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	811,22	813,54	814,47	813,54	811,22	808,91	806,59
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	364,83	362,32	360,92	359,4	359,24	360	361,62
	Efektif verim [%]	-	24,1	24,27	24,36	24,46	24,47	24,42	24,31
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	555	560	575	585	595	605	610
	CO oranı [%]	-	3,5	4	4,3	4,5	4,6	4,3	4,9

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 6 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,71	0,72
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,27	49,39	49,44	49,36	49,22	49,08	48,93
	Efektif güç [kW]	-	5,18	5,72	6,24	6,75	7,25	7,74	8,24
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	814,84	816,71	817,65	816,24	813,9	811,56	809,23
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	383,06	380,71	378,07	376,66	375,58	376,05	377,2
	Efektif verim [%]	-	23,11	23,26	23,42	23,51	23,57	23,55	23,47
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	525	545	545	560	570	590	595
	CO oranı [%]	-	5,4	5,6	6,4	6,5	6,7	7,3	7,7

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 8 Naftalin	Hava fazlalık katsayısı	-	0,67	0,66	0,65	0,66	0,68	0,71	0,72
	Döndürme momenti [Nm]	-	47,38	47,52	47,66	47,24	46,7	45,96	44,41
	Efektif güç [kW]	-	4,98	5,5	6,02	6,46	6,88	7,25	7,48
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	783,5	785,84	788,18	781,16	772,27	760,11	734,38
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	418,72	415,9	413,27	412,18	411,11	411,2	413,22
	Efektif verim [%]	-	21,15	21,29	21,42	21,48	21,54	21,53	21,43
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	540	540	545	550	555	575	575
	CO oranı [%]	-	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,6	9

Ek Tablo 5'in devamı

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 1 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	-	-	0,84	0,82	0,81	0,81	0,82
	Döndürme momenti [Nm]	-	-	-	47,92	50,36	50,71	50,39	47,05
	Efektif güç [kW]	-	-	-	6,05	6,89	7,47	7,96	7,96
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	-	-	792,71	833,18	838,89	833,65	778,42
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	-	-	351,45	329,52	326,31	329,61	342
	Efektif verim [%]	-	-	-	24,69	26,34	26,6	26,33	25,38
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	-	-	575	605	610	625	635
	CO oranı [%]	-	-	-	3	3,2	3,6	3,8	4

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 2 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	0,88	0,85	0,82	0,8	0,79	0,79	0,81
	Döndürme momenti [Nm]	-	49,19	49,25	49,28	49,3	49,22	49,05	48,91
	Efektif güç [kW]	-	5,18	5,7	6,22	6,74	6,25	7,74	8,23
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	813,48	814,41	814,87	815,34	813,94	811,16	808,83
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	370,86	362,69	353,4	351,18	350,48	352,32	358,98
	Efektif verim [%]	-	23,45	23,98	24,61	24,77	24,82	24,69	24,23
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	550	560	575	585	595	605	605
	CO oranı [%]	-	2,7	3,5	3,9	4	4,3	4,2	4

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 3 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	-	-	-	0,85	0,83	0,82	0,83
	Döndürme momenti [Nm]	-	-	-	-	47,65	49,08	49,23	47,65
	Efektif güç [kW]	-	-	-	-	6,52	7,23	7,77	8,02
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	-	-	-	788,26	812	814,38	788,26
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	-	-	-	343,99	331,47	332,77	361,67
	Efektif verim [%]	-	-	-	-	25,34	26,3	26,19	24,1
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	-	-	-	600	610	620	625
	CO oranı [%]	-	-	-	-	3,3	3,5	3,6	3,8

Yakıt	Devir sayısı [d/dk]	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
% 4 TBA	Hava fazlalık katsayısı	-	-	-	0,85	0,83	0,8	0,8	0,81
	Döndürme momenti [Nm]	-	-	-	49,09	49,65	49,93	49,37	48,25
	Efektif güç [kW]	-	-	-	6,19	6,79	7,35	7,79	8,12
	Ort. efektif basınç [kPa]	-	-	-	811,29	820,57	825,2	815,93	797,39
	Özgül yakıt tük.[g/kWh]	-	-	-	356,01	340,33	337,22	341,21	365,33
	Efektif verim [%]	-	-	-	24,54	25,67	25,9	25,6	23,91
	Eksoz sıcaklığı [°C]	-	-	-	585	605	610	615	615
	CO oranı [%]	-	-	-	3,2	3,4	3,9	3,7	4

Ek Tablo 6. n=1300d/dk için $\epsilon=9$ ve AA=10 °KMA'da naftalin karışımlarının benzin fiyatına göre değişim oranları

Maliyet hesabı oranları (%)			
%2 Naftalin	%4 Naftalin	%6 Naftalin	%8 Naftalin
-1,3523	+0,0559	+3,2548	+9,7736

Ek Tablo 7. n=1400d/dk için $\epsilon=9$ ve AA=10 °KMA'da TBA karışımlarının benzin fiyatına göre değişim oranları

Maliyet hesabı oranları (%)			
%1 TBA	%2 TBA	%3 TBA	%4 TBA
-1,9862	+1,4844	+2,1307	+6,3507

ÖZGEÇMİŞ

27.03.1978 yılında Trabzon'da doğdu. İlkokul öğrenimini 24 Şubat İlk Öğretim Okulu'nda tamamladı. Ortaokul öğrenimine Cumhuriyet Orta Okulu'nda devam etti. Lise öğrenimini Trabzon lise'sinde tamamladı. 1996 yılında Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümü, Otomotiv Öğretmenliği programını kazandı. 2000 yılında yüksek bir dereceyle üniversite öğrenimini tamamladı. Eğitimi boyunca başarısı nedeniyle hem Sakarya Üniversitesi hem de Türk Eğitim Vakfı tarafından maddi ve manevi olarak desteklendi. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nde tezli yüksek lisans eğitimine başladı.