

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ATIK LASTİKLERDEN ELDE EDİLEN YAKIT VE DİETİL
ETERİN DİZEL MOTORLARDA KULLANIMININ
ARAŞTIRILMASI**

Muhammet ÇİMEN

Yüksek Lisans Tezi

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Enerji Bilim Dalı

TEMMUZ 2023

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**ATIK LASTİKLERDEN ELDE EDİLEN YAKIT VE DİETİL ETERİN
DİZEL MOTORLARDA KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

Tez Yazarı

Muhammet ÇİMEN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Halit Lutfi YÜCEL

TEMMUZ 2023

ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı:	Atık Lastiklerden Elde Edilen Yakıt Ve Dietil Eterin Dizel Motorlarda Kullanımının Araştırılması
Yazarı:	Muhammet ÇİMEN
İlk Teslim Tarihi:	05.06.2023
Savunma Tarihi:	10.07.2023

TEZ ONAYI

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

Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi Halit Lutfi YÜCEL Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Cengiz YILDIZ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Üye:	Prof. Dr. Hasan BAYINDIR Dicle Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	Onayladım

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

İmza

Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Atık Lastiklerden Elde Edilen Yakıt Ve Dietil Eterin Dizel Motorlarda Kullanımının Araştırılması ” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

10.07.2023

Muhammet ÇİMEN



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında atık lastiklerden elde edilen yakıt ve dietil eterin dizel motorlarda kullanımının motor performansına, emisyonlara etkisi deneylerle incelenmiş ve motor elemanlarına etkisi gözlemlenmiştir. Ülkemizde, endüstrileşme ve doğal kaynakların bilinçsiz kullanımının sonucu yarattığı çevre kirliliğinin etkisini son yıllarda daha fazla hissedilmeye başlamıştır. Ülkemizde motorlu taşıt sayısındaki artışa paralel olarak ömrünü tamamlamış taşıt lastiğinden kaynaklanan çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi olumsuz çevre faktörleri de artmaktadır. Ülkemiz ve diğer ülkeler içinde bu durum için çözüm yolları araştırılmaktadır. Lastik içerisinde barındırdığı önemli malzemelerle birlikte geri dönüşüm açısından çok önemlidir. Fosil yakıt rezervlerine olan sürekli talep sonucunda bir gün bitecek endişesinden dolayı son zamanlarda alternatif yakıt arayışı içerisine girilmiştir. Atık taşıt lastiklerinden elde edilen piroliz lastik yağı, dietil eter ve motorin karışımlarının kullanımıyla emisyonların ve performansın iyileştirilmesi ve ilerde kullanılabilecek alternatif yakıt olması hedeflenmiştir.

Bu tez çalışmasında çalışmalarım süresince engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, benden yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halit Lutfi YÜCEL'e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Deney çalışmalarında yardımlarını eksik etmeyen Sayın Arş. Gör. Hüseyin SEVİNÇ'e saygılarımı sunarım. Atık lastik yağının analizlerinin yapılmasında katkılarından dolayı TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nden Sayın Sevcan KARGIN hanımefendiye teşekkürlerimi sunuyorum. Deney düzeneğinin hazırlanmasında ve deney çalışmalarımızın gerçekleştirilmesi için büyük özveriyle çalışan Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü atölye teknisyenlerine ve bölümdeki hocalarıma teşekkür ediyorum.

Son olarak, hiçbir zaman hakkını ödeyemeyeceğim her zaman yanımda olan beni büyüten ve bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan kıymetli Anneme, aynı şekilde maddi manevi desteğini esirgemeyen kıymetli ablama şükranlarımı sunarım. Bu tezimi ise kaybettiğim babama ithaf ediyorum.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından **MF.22.47** protokol numaralı proje ile desteklenmiştir.

Muhammet ÇİMEN
ELAZIĞ, 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
SİMGELER	xiii
KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LASTİK	5
2.1. Lastiğin Tarihçesi.....	5
2.2. Kauçuk ve Türleri.....	6
2.2.1. Doğal Kauçuk	6
2.2.2. Yapay Kauçuk.....	7
2.3. Lastiğin Yapısal Özellikleri.....	8
2.3.1. Sırt (Taban).....	8
2.3.2. Omuz	9
2.3.3. Yanak.....	9
2.3.4. Topuk.....	9
2.4. Lastiklerin Sınıflandırılması.....	10
2.4.1. Yapılarına Göre.....	10
2.4.2. Hava Tutma Sistemlerine Göre	11
2.5. Ömrünü Tamamlamış Lastikler.....	12
2.6. Ömrünü Tamamlamamış Lastiklerin Sorunları	13
2.7. Dünyada ve Ülkemizde Atık Lastik	14
2.8. Atık Lastiklerin Pirolyzi	16
3. DİZEL YAKITLAR	18
3.1. Dizel Yakıt Özellikleri	18
3.1.1. Setan Sayısı.....	18
3.1.2. Viskozite	19
3.1.3. Yoğunluk	20
3.1.4. Isıl Değer	21
3.1.5. Distilasyon (Uçuculuk)	21
3.1.6. Alevlenme ve Parlama Noktası	21
3.1.7. Atık Karbon Kalıntısı.....	22
3.1.8. Kül İçeriği	22
3.1.9. Kükürt İçeriği.....	23
3.1.10. Soğuk Akış Özelliği.....	23
3.1.11. API Gravitesi ve Özgül Ağırlık.....	24
3.2. Dizel Motorlarda Egzoz Emisyonlarının Oluşumu.....	24
3.2.1. Partikül Madde ve İS Emisyonu	25
3.2.2. Hidrokarbon(HC) Egzoz Emisyonu	25
3.2.3. Karbonmonoksit(CO) Egzoz Emisyonu.....	25
3.2.4. Karbondioksit(CO ₂) Egzoz Emisyonu.....	26
3.2.5. Azot Oksit Egzoz Emisyonu (NO _x).....	26
3.2.6. Kükürt Oksit Egzoz Emisyonu (SO _x).....	26

4. DİETİL ETER.....	27
4.1. Dietil Eter Üretimi.....	27
4.2. Dietil Eter Kimyasal Yapısı.....	28
5. MATERYAL VE METOT	30
5.1. Deney Düzeneği	30
5.2. Deneylerde Kullanılan Dizel Motorlar	33
5.3. Egzoz Emisyon Cihazı	35
5.4. Takometre	37
5.5. Ses Ölçüm Cihazı	37
5.6. Deney Yakıtları	38
5.7. Yakıt Tüketimi Ölçümü.....	42
5.8. Motor Parçalarının Temizlenme İşlemi	43
5.9. Yakıt Karışımlarının Dizel Motorda Test Edilmesi	46
5.10. Deneysel Hesaplamalar	47
5.10.1. Motor Döndürme Momentinin Hesaplanması.....	48
5.10.2. Motor Efektif Gücünün Hesaplanması.....	48
5.10.3. Özgül Yakıt Tüketiminin Hesaplanması	48
6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	49
6.1. Motor Performans Testi.....	49
6.1.1. Motor Gücü.....	49
6.1.2. Motor Döndürme Momenti.....	51
6.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi	53
6.2. Egzoz Emisyon Ölçüm Değerleri	55
6.2.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu	56
6.2.2. Karbondioksit (CO ₂) Emisyonu	57
6.2.3. Hidrokarbon (HC) Emisyonu	59
6.2.4. Azot Oksit (NO _x) Emisyonu	61
6.3. Motor Elemanları Üzerine Deney Yakıtlarının Etkilerini İncelemek İçin Yapılan Deney Sonuçları	63
6.3.1. %100 Dizel Yakıtla Çalışma Sonucunda Motor Parçalarının İncelenmesi	64
6.3.2. %25 Dizel + %75 Atık Lastik Yağı İle Çalışma Sonucunda Motor Parçalarının İncelenmesi.....	69
6.3.3. %25 Dizel %75 Atık Lastik Yağı+%7 Dietil Eter İle Çalışma Sonucunda Motor Parçalarının İncelenmesi.....	77
6.4. Hazırlanan Deney Karışımlarının Motor Sesine Etkisinin İncelenmesi.....	84
6.4.1. %100 Dizel Yakıtıyla Çalışma Sonucunda Motor Ses Ölçüm Değerleri	85
6.4.2. %25 Dizel+%75 Atık Lastik Yağı ile Çalışma Sonucunda Motor Ses Ölçüm Değerleri	85
6.4.3. %25 Dizel+%75 Atık Lastik Yağı+%7 Dietil Eter ile Çalışma Sonucunda Motor Ses Ölçüm Değerleri	86
7. SONUÇLAR	88
ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Atık Lastiklerden Elde Edilen Yakıt Ve Dietil Eterin Dizel Motorlarda Kullanımının Araştırılması

Muhammet ÇİMEN

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2023, Sayfa: xiv + 94

Sürekli şekilde nüfus artışı ve sanayileşme dünya enerji tüketimindeki hızlı artışı beraberinde getirmiş ve bunun sonucu olarak fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak için araştırmacılar alternatif yakıt konusunda çalışmalar yapmaya başlamıştır. İnsan ve çevre sağlığı açısından ciddi problemlere sebep olan atık malzemelerin yeniden kazanılması ve tarımda, ulaşımda ve sanayide alternatif yakıt bulunması için araştırmacılar atık malzemelerin geri dönüşümü konusuna odaklanmıştır. Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak motorin + atık lastik yağı karışımlarının kullanımının yanı sıra etanol, bütanol, metanol, dietil eter gibi yüksek oksijen oranlarına sahip birçok katkı maddesi kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında motorin + atık lastik yağı yakıt karışımlarına ilave olarak dietil eter katkı maddesi kullanılmıştır. Hacimce belirli oranlarda hazırlanan yakıt karışımlarının dizel motorlarda kullanılması sonucunda motor performansı ve emisyon karakteristikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Atık lastik yağı + motorin karışımlarının dizel motorda kullanılması halinde CO, NO_x ve HC emisyonlarında motorinle çalıştırmaya göre artış olmuştur. Motor gücü yaklaşık olarak aynı kalırken özgül yakıt tüketiminde düşüş meydana gelmiştir. Atık lastik yağı + motorin + dietil eter karışımlarında tüm emisyon değerlerinde iyileşme elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketiminde ise dietil eter karışımıyla birlikte düşüş elde edilirken motor gücünde kayda değer bir değişim gözlenmemiştir.

Hacimce belirlenen oranlarda hazırlanan karışımların tek silindirli dizel bir motorun parçalarına olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada yüksek oranda kullanılan atık lastik yağı karışımı sonrasında motor parçaları üzerinde kalıntı miktarının arttığı gözlenmiştir. Dietil eter katkı malzemesinin ise hazırlanan yakıt karışımlarında motor parçalarına etkisi incelediğinde düşük miktarda kalıntı oranını azalttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık lastik yağı, Motorin, Dietil eter, Dizel motor, Alternatif yakıt

ABSTRACT

Investigation of the Use of Fuel and Diethyl Ether from Waste Tires in Diesel Engines

Muhammet ÇİMEN

Master's Thesis

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

July 2023, Pages: xiv + 94

Continuous population growth and industrialization have brought about a rapid increase in world energy consumption, and as a result, researchers have started to work on alternative fuels in order to reduce the dependence on fossil fuels. Researchers have focused on recycling of waste materials in order to recover waste materials that cause serious problems in terms of human and environmental health and to find alternative fuels in agriculture, transportation and industry. In addition to the use of diesel + waste tire oil mixtures as an alternative fuel for diesel engines, many additives with high oxygen ratios such as ethanol, butanol, methanol, diethyl ether are used. In this thesis, diethyl ether additive was used in addition to diesel fuel + waste tire oil fuel mixtures. It is aimed to examine the effects on engine performance and emission characteristics as a result of the use of fuel mixtures prepared in certain proportions by volume in diesel engines.

If waste tire oil + diesel fuel mixtures are used in a diesel engine, there was an increase in CO, NO_x and HC emissions compared to operating with diesel oil. While engine power remained approximately the same, specific fuel consumption decreased. All emission values were improved in waste tire oil + diesel fuel + diethyl ether mixtures. While the specific fuel consumption decreased with the diethyl ether mixture, no significant change was observed in the engine power

The effects of the mixtures prepared at the ratios determined by volume on the parts of a single cylinder diesel engine were investigated. It was observed that the amount of residue on the engine parts increased after the waste tire oil mixture, which was used at a high rate in the study. When the effect of the diethyl ether additive on the engine parts in the prepared fuel mixtures was examined, it was observed that it reduced the residue rate in a low amount.

Keywords: Waste tire oil, Diesel, Diethyl ether, Diesel engine, Alternative fuel

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Doğal kauçuk izoprenin kimyasal formülü [18].....	6
Şekil 2. 2. Doğal kauçuk ağacı [12].....	7
Şekil 2. 3. Stiren-bütadien kauçuğunun kimyasal formülü [14]	7
Şekil 2. 4. Otomobil lastiğinin yapısı [15].....	8
Şekil 2. 5. Çapraz ve Radyal yapıli lastik karşılaştırılması [16].....	10
Şekil 2. 6. Radyal ve Çapraz lastik yapısı [17].....	11
Şekil 2. 7. Tubeless ve Tube-Type lastiklerin karşılaştırılması [16]	12
Şekil 2. 8. Atık lastikler [19]	12
Şekil 2. 9. Kaliforniya ,Stanislaus County ilçesinde lastik yangını (Eylül 1999) [21]	14
Şekil 2. 10. Atık lastiklerden piroliz işlemi sonucu oluşan ürünler.....	17
Şekil 2. 11. Atık lastiklerden piroliz işlemi sonrasında oluşan ürünlerin şematik gösterimi.....	17
Şekil 3. 1. Damıtma işlemi	18
Şekil 5. 1. Deneyisel çalışmada kullanılan dinamometre ve dizel motor.	31
Şekil 5. 2. Deney düzeneğine ait şema	32
Şekil 5. 3. Deneylerde kullanılan Borghi Saveri dinamometre	33
Şekil 5. 4. Deneyisel çalışmada kullanılan dizel motor.....	34
Şekil 5. 5. Deneyde kullanılan pancar motor.....	35
Şekil 5. 6. BOSCH marka egzoz emisyon ölçüm cihazı	36
Şekil 5. 7. Deneyde kullanılan takometre.....	37
Şekil 5. 8. Deneyde kullanılan ses ölçüm cihazı	38
Şekil 5. 9. Deneylerde kullanılan yakıt karışım numuneleri.....	39
Şekil 5. 10. Hazırlanan ölçüm düzeneği.....	42
Şekil 5. 11. Yakıt ölçüm düzeneği şeması.....	43
Şekil 5. 12. Pancar motor sökülmüş hali	44
Şekil 5. 13. Temizlenen motor silindir üst kapağı.....	44
Şekil 5. 14. Külbütörler	45
Şekil 5. 15. Piston.....	45
Şekil 5. 16. Egzoz ve Emme supabı	46
Şekil 5. 17. Deney akış diyagramı.....	46
Şekil 5. 18. Pancar motor için deney akış diyagramı.....	47
Şekil 6. 1. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının motor gücüne etkisi	50

Şekil 6. 2. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının motor gücüne etkisi	50
Şekil 6. 3. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının motor momentine etkisi	52
Şekil 6. 4. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının motor momentine etkisi	52
Şekil 6. 5. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi	54
Şekil 6. 6. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi	55
Şekil 6. 7. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının CO Emisyonuna etkisi	56
Şekil 6. 8. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının CO Emisyonuna etkisi	57
Şekil 6. 9. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının CO ₂ Emisyonuna etkisi	58
Şekil 6. 10. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının CO ₂ Emisyonuna etkisi	59
Şekil 6. 11. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının HC Emisyonuna etkisi	60
Şekil 6. 12. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının HC Emisyonuna etkisi	61
Şekil 6. 13. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının NO _x Emisyonuna etkisi	62
Şekil 6. 14. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının NO _x Emisyonuna etkisi	63
Şekil 6. 15. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görünüşü	64
Şekil 6. 16. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü	65
Şekil 6. 17. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü	65
Şekil 6. 18. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda silindirin görünüşü	66
Şekil 6. 19. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinin görünüşü	66
Şekil 6. 20. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü	67
Şekil 6. 21. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü	67
Şekil 6. 22. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesi görünüşü	68
Şekil 6. 23. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görünüşü	68
Şekil 6. 24. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlerin görünüşü	69
Şekil 6. 25. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görünüşü	70
Şekil 6. 26. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının oturma yüzeylerinin görünüşü	71
Şekil 6. 27. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü	72
Şekil 6. 28. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda silindirin görünüşü	73
Şekil 6. 29. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinin görünüşü	73
Şekil 6. 30. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda pistonun görünüşü	74
Şekil 6. 31. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda pistonun görünüşü	75
Şekil 6. 32. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesi görünüşü	76
Şekil 6. 33. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görünüşü	76
Şekil 6. 34. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlerin görünüşü	77

Şekil 6. 35. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görünüşü	78
Şekil 6. 36. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü	79
Şekil 6. 37. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü	79
Şekil 6. 38. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda silindirin görünüşü.....	80
Şekil 6. 39. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinin görünüşü	80
Şekil 6. 40. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü	81
Şekil 6. 41. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü	81
Şekil 6. 42. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesi görünüşü.....	82
Şekil 6. 43. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görünüşü	83
Şekil 6. 44. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütör gövdesinin görünüşü	84
Şekil 6. 45. Yakıt karışımlarının motor ses ölçüm değerleri	87

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2. 1. Otomobil ve kamyon lastiğinin malzeme dağılımlarının karşılaştırılması[20]	13
Tablo 5. 1. Deneyde kullanılan dizel motorun teknik özellikleri	34
Tablo 5. 2. Deneyde kullanılan pancar motorun teknik özellikleri	35
Tablo 5. 3. Egzoz emisyon cihazının özellikleri	36
Tablo 5. 4. Dizel yakıt özellikleri	40
Tablo 5. 5. Atık lastik yağı özellikleri.....	40
Tablo 5. 6. %95 Dizel + %5 Atık lastik yağı özellikleri	40
Tablo 5. 7. %90 Dizel +%10 Atık lastik yağı özellikleri	40
Tablo 5. 8. %85 Dizel +%15 Atık lastik yağı özellikleri	41
Tablo 5. 9. %85 Dizel + %15 Atık lastik yağı + %5 Dietil eter özellikleri.....	41
Tablo 5. 10. %85 Dizel + %15 Atık lastik yağı + %7 Dietil eter özellikleri.....	41
Tablo 5. 11. %25 Dizel + %75 Atık lastik yağı özellikleri	41
Tablo 5. 12. %25 Dizel + %75 Atık lastik yağı + %7 Dietil eter özellikleri.....	41
Tablo 6. 1. D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ses ölçüm değerleri	85
Tablo 6. 2. D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda ses ölçüm değerleri	85
Tablo 6. 3. D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda ses ölçüm değerleri.....	86

SİMGELER

Sayfa

°	: Derece
b_e	: Özgöl yakıt tüketimi
°C	: Santigrat derece (Celcius)
C	: Karbon
Cl	: Klorür
CO	: Karbon monoksit
CO_2	: Karbon dioksit
d/d	: Dakikadaki devir sayısı
HC	: Hidrokarbon
HCl	: Hidroklorik
H_2	: Hidrojen
H_2O	: Su
M_d	: Döndürme momenti
NO	: Azot monoksit
O_2	: Oksijen
P_e	: Efektif motor gücü
ppm	: Milyondaki partikül miktarı
S	: Kükürt
SO_2	: Kükürt dioksit

KISALTMALAR

Sayfa

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devleti
ALY	: Atık lastik yağı
Ark.	: Arkadaşları
BG	: Beygir gücü
BR	: Poli Bütadien Kauçuk
BSFC	: Fren özgül yakıt tüketimi
BTE	: Fren ısı verimi
D	: Dizel
DEE	: Dietil eter
dk	: Dakika
EPDM	: Etilen Propilen Dien Terpolimeri
g	: Gram
LASDER	: Lastik Sanayicileri Derneği
m	: Metre
mm	: Milimetre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
MJ	: Megajoule
MW	: Megawatt
N	: Newton
Nm	: Newton metre
NR	: Doğal kauçuk
ÖTL	: Ömrünü tamamlamış lastik
SBR	: Stiren Bütadien Kauçuk
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
W	: Watt

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artarken sanayileşme, yeni boyutlar kazanmakta ve insanların yaşam kalitesini yükseltme isteği atık miktarını artırmaktadır. Fabrika sayısındaki artış, üretimi artırmaya yardımcı olsa da, nüfus artışıyla birlikte tüketim hızla artmaktadır. Sürekli artan tüketim, aynı hızda artan bir atık sorunu yaratır. İlk endüstri devrimini yaşayan ülkeler, atıkların ortadan kaldırılması ve geri kazanılması konusunda sorunlar yaşamıştır ve bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle bu sorunlar çözülmeye çalışılmıştır. Günümüzde atık oluşumu ve çevresel sorunlara verilen önem her geçen gün artmaktadır. Doğal dengenin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi için geri dönüşüm yöntemleri son derece önemlidir. Geri dönüşüm işlemleri hem doğaya hem de yaşam kalitesine katkı sağlar. Geri dönüşüm konusunda ilerleyen ülkeler ekonomilerine büyük değer katarlar.

Atıkların çevreye verdiği zararlar göz ardı edilemeyecek derecede büyüktür. Yıllar boyunca atıkların doğal olarak çözülmemesi, görsel kirlilik yanında yer altı ve deniz sularının kirlenmesi, toprak zehirlenmesi gibi sorunları da beraberinde getirmiştir. Günümüzde çevre kirliliği, görsel kirlilik ve atık lastiklerin depolanmasıyla ilgili sıkıntılar, geri dönüşümü zorunlu kılmaktadır.

Gelişmekte olan ülkeler, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için alternatif enerji kaynaklarına yönelmekte ve bu durum petrol ve petrol türevlerinin ülkelerin enerji dengesindeki önemini vurgulamaktadır. Petrol kaynaklarına sahip olan ülkelerin hızla zenginleştiği ve geliştiği, petrolün büyük katkılar sağladığı görülmektedir. Birçok ülkede ulaşımın çoğunlukla karayoluyla gerçekleştiği düşünüldüğünde, petrol ve petrol türevli ürünlerin otomotiv sektöründe öncü malzemeler olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde otomotiv sektörü büyük talep gören bir sektördür ve her yıl farklı modellerde otomobiller üretilmektedir. Otomobil üretimi arttıkça üretilen otomobil lastiği ve atık lastik miktarı da hızla artmaktadır. Atık lastiklerin doğada doğal olarak çözünmesi çok uzun zaman almaktadır. Geri dönüşüm yapılmadan doğaya bırakılan atık lastikler, doğayı ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Kontrolsüz şekilde çevreye atılan lastikler, yüksek kalorifik içerikleri nedeniyle söndürülmesi zor yangınlara, hava kirliliğine ve su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır.

Otomobil lastikleri uzun süreli kullanımlar sonucunda aşınmaya maruz kalırlar. Diş derinliği 1.6 mm'nin altına düşen lastikler, fiziksel özelliklerini ve güvenilirliklerini kaybettikleri için kullanılamaz hale gelirler. Bu tür lastiklere ÖTL (Ömrünü Tamamlamış Lastik) denir [1].

Literatürde atık lastiklerin farklı kullanım alanları ve dizel motorlar üzerinde uygulanan birçok çalışma aşağıda gösterilmektedir:

Thomas ve ark. [2], atık lastik kauçuğu imhasının dünyanın her yerinde önemli bir çevre sorunu haline geldiğini belirtmişlerdir. Her yıl tüm dünyada milyonlarca lastik ömrünü tamamlayarak atık lastik konumuna gelmektedir. Bu atık lastikler çevreye uygunsuz olarak

atılmakta veya gömülmektedir. Bu da ekolojik denge için çok ciddi tehditler oluşturmaktadır. Her yıl yaklaşık 1000 milyon lastiğin hizmet ömrünü doldurduğu tahmin edilmekte ve bunun %50'den fazlası herhangi bir işlem görmeden düzenli depolama alanlarına veya çöplere atılmaktadır. 2030 yılına gelindiğinde, düzenli olarak atılacak 5000 milyon lastik olacaktır. En kolay ve en ucuz bertaraf yöntemi olan lastik yakma, ciddi yangın tehlikelerine neden olmaktadır. Atık lastiklerin yakılması sonucu arta kalan toz çevreyi kirletir. Atık lastik kauçuğunun kullanımı için olası çözümlerden biri, çimento betonuna dahil edilmesidir. Bu çalışmada, kauçuklanmış betonun taze ve sertleştirilmiş özellikleri ile ilgili yayınlanan bazı araştırmalara genel bir bakış sunmaktadır. Araştırmalar, hurda lastik ile işlenebilir beton karışımlarının yapılabileceği ve bazı özel amaçlar için hafif kauçuk agregalı beton yapmanın mümkün olduğu sonucu elde edilmiştir. Kauçuklaştırılmış beton donma-çözülme, asit saldırısı ve klorür iyonu penetrasyonuna karşı yüksek direnç gösterdiği ve silis dumanının kauçuklaştırılmış betonda kullanılması, sülfat, asit ve klorür ortamlarına karşı yüksek mukavemet ve yüksek direnç sağladığı görülmüştür.

Godlewska [3], Polonya'daki atık lastiklerin geri kazanımı ve geri dönüşümü konusunda bir pazar araştırması yapmıştır. Çalışmada kullanılmış lastiklerin geri kazanımı ve geri dönüşümü için organizasyonel ve yasal koşulların analizi yapılmıştır. Ek olarak piyasada geri kazanım ve atık lastiklerin geri dönüşümüne ilişkin temel sorunlar ve gelişme beklentileri vurgulanmıştır. Literatür analizi, mevzuat ve istatistiksel veri analizi gibi araştırma yöntemleri kullanmıştır. Analizlerin temel bulgusu, problemleri atıklardan kullanılmış lastiklerin endüstride arzu edilen hammaddeye dönüşmesidir. Bu atık yönetiminde etkili yönetim araçlarının uygulanması sayesinde mümkün olmuştur.

Hürdoğan ve ark. [4], için atık lastiklerin imhası, çözülmesi gereken en önemli çevre sorunlarından biridir. Bu sorun, dizel motorlar için atık lastikler dikkate alınarak çözülebilir. Bu çalışmada atık lastik piroliz yağı karışımları ile çalışan bir dört zamanlı, dört silindir, hava soğutmalı, doğrudan enjeksiyonlu bir dizel motorda motor performansı ve egzoz emisyonları analiz edilmiş ve dizel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar atık lastik piroliz yağı-dizel karışımlarının dizel yakıtla benzer performans gösterdiğini göstermiştir. Atık lastik piroliz yağı karışımlarının herhangi bir motor modifikasyonu olmaksızın dizel motorlarda verimli bir şekilde kullanılabileceği bulunmuştur.

Wang ve arkadaşlarına göre [5], fosil yakıtlara artan talep nedeniyle, atık maddelerden elde edilen alternatif yakıtlar ilgi görmektedir. Piroliz, temiz emisyonlar sağladığı ve değerli sıvı veya katı ürünler ürettiği için atık lastiklerin işlenmesinde önemli bir çözüm olmuştur. Atık lastiklerden elde edilen piroliz yağı, dizel yakıtla benzer fiziksel ve kimyasal özellikler nedeniyle petrol dizeli için kullanılabilir bir potansiyel haline gelmiştir. Bu çalışmada, atık lastikler laboratuvar ölçekli sabit yataklı bir reaktörde çeşitli reaksiyon sıcaklıklarında pirolize edilmiştir. Farklı piroliz sıcaklıklarından elde edilen sıvı, katı ve gaz ürün verimleri ile yağ ürününün özellik ve element

analizleri karşılaştırılmıştır. Çeşitli piroliz sıcaklıklarından türetilen lastik piroliz yağı, farklı oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılmış ve bir dizel motorda test edilmiştir. Yakıt tüketimi, silindir basıncı, motor gücü ve SO_2 emisyonu gibi motor performansları incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Lastik piroliz yağ oranının artırılmasının daha kötü motor performansına yol açtığını ancak daha yüksek piroliz sıcaklıklarından üretilen lastik piroliz yağlarının kullanılarak performansın artırılabilceğini göstermiştir.

Karagöz ve ark. [6], atık lastik yongalarını piroliz ermiş ve elde edilen yağı farklı oranlarda (hacimce %0, %10, %30 ve %50) saf dizel yakıtına karıştırmışlardır. Testler 2000 d/d sabit motor devri altında dört farklı motor yükünde (3, 6, 9 ve 12 Nm) tek silindirli bir dizel motor üzerinde gerçekleştirilmiştir. Performans, emisyon (CO , NO_x ve HC), titreşim ve gürültü karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Atık lastik piroliz sıvılarının ısı değeri dizel yakıtından daha düşük olduğu için tüm motor yüklerinde lastik piroliz yağı-dizel karışımının içeriğindeki artışla birlikte özgül yakıt tüketimi kademeli olarak artmış ve ısı verim azalmıştır. Öte yandan lastik piroliz yakıtı-dizel karışımlarının tutuşma gecikmesinin, lastik piroliz yakıtının düşük setan sayısı nedeniyle dizel yakıtındakinden daha uzun olduğu görülmektedir. Maksimum ısı yayma oranı ve maksimum silindir içi basıncının bu nedenle lastik piroliz yakıtı-dizel karışımlarında daha yüksek olduğu görülmüştür. Ek olarak bu yakıtlarda, hem daha yüksek ısı yayma oranı ve silindir basıncı, hem de titreşim ve gürültü seviyelerini artırmak için tetiklendiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, üretilen lastik piroliz yakıtı karbon ve oksijen içeriği kısmen temiz dizel yakıtı yakındır, ancak dizel yakıtta hidrojen içeriği daha yüksektir. Bu nedenle test yakıtları arasında önemli bir CO değişimi gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte, NO_x emisyonunda hafif bir artış ve HC emisyonunda yüksek ve yavaş yavaş karışımların lastik piroliz sıvısı içeriğindeki artış ile azaltılabilir. Sonuç olarak, bu çalışma lastik piroliz sıvısının kullanımının alternatif olarak herhangi bir değişiklik yapılmadan dizel yakıtla harmanlanabileceğini (% 50'ye kadar) vurgulamakta ve hem atık yönetimi hem de tüketilen fosil yakıtların çözümü için umut verici sonuçlar sunmaktadır.

Ayhan ve ark. [7] yaptıkları çalışmada, dizel motorlarda kullanılabilecek yenilenebilir, yüksek setan sayılı, enerji yoğunluğu makul seviyede olan, yüksek oksijen içeriği, düşük ateşleme sıcaklığı ve yüksek uçuculuğa sahip alternatif yakıtlardan biri olan DEE'nin (Dietil eter) motor performansı ve emisyon özellikleri üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Tek silindirli, direkt enjeksiyonlu ve su soğutmalı bir dizel motorda DEE-Dizel karışımlarının etkisi test edilmiştir. DEE-Dizel karışımları, DEE3 (%3 DEE+%97 Dizel), DEE5 (%5 DEE) ve DEE7 (%7 DEE) olarak farklı kütle oranlarında hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalar, tam yük şartlarında 1000, 1300, 1600, 1900 ve 2000 d/d motor hızlarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, DEE karışımlarının kullanıldığı durumlarda motor döndürme momenti ve efektif gücün azaldığını, özgül yakıt tüketimi ve efektif verimde iyileşmeler olduğunu göstermektedir. Ayrıca, dizel motorlarda yaygın olan NO_x ve is emisyonlarında belirgin bir azalma tespit edilmiştir.

Gücer ve ark. [8], gerçek yol şartlarını baz alan çalışmada, kısmi yük altında farklı yakıtların kullanımıyla oluşan egzoz emisyon değişimleri incelenmişlerdir. Deneylerde tek silindirli bir dizel motor hidrolik bir dinamometre ünitesi tarafından yüklenmiştir. Dört farklı motor hızında, %100 motorin (D100), %90 motorin +%10 etanol (D90E10), %80 motorin +%20 etanol (D80E10), %80 motorin +%10 etanol +%10 dietil eter (D80E10DEE10) ve %85 motorin +%10 etanol +%5 dietil eter (D85E10DEE5) yakıtları kullanılmıştır. En düşük CO ve HC emisyonları %90 motorin +%10 etanol karışımında elde edilmiştir. En düşük NO emisyonu ise %80 motorin +%10 etanol +%10 dietil eter yakıtında gözlemlenmiştir. Ayrıca D80E10DEE10 yakıtının kullanıldığı motorlarda, DEE oranına bağlı olarak yanmanın bir miktar olumsuz etkilendiği ve bunun CO ve HC gibi emisyon sonuçlarına yansıdığı görülmüştür.

Sezer [9], yapmış olduğu deneysel çalışmada, dietil eter (DEE) ile motorin karışımlarının motor performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yakıt karışımları motorine %2,5, %5, %7,5 ve %10 oranlarında dietil eter eklenerek hazırlanmıştır. Deneylerde direkt enjeksiyonlu tek silindirli bir dizel deney motoru kullanılmış ve sıkıştırma oranı 20 olarak belirlenmiştir. Saf motorin ve dietil eter-motorin karışımları kullanılarak tam gaz durumunda ve farklı devir sayılarında deneyler yapılmıştır. Çalışma sonuçları, dietil eter katılmasının ortalama efektif basınç, döndürme momenti ve efektif güç gibi motor performans parametrelerinde azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Performans parametrelerindeki azalma, artan karışım oranıyla birlikte artmıştır. DEE10 karışımıyla ortalama efektif basınçta %5,1'lik maksimum bir düşüş elde edilmiştir. Öte yandan, %7,5 karışım oranına kadar efektif verim artmış ve özgül yakıt tüketimi azalmıştır. En yüksek efektif verim artışı %10,9 ile DEE7,5 karışımıyla elde edilmiştir. Aynı karışım özgül yakıt tüketiminde %8,7'lik bir düşüş sağlamıştır. Ayrıca artan dietil eter oranıyla birlikte hava fazlalık katsayısında artış ve egzoz gazı sıcaklığında azalma gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı çevre kirliliğinin önüne geçilmesine yardımcı olmak ve fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmak için atık lastiklerden elde edilen atık lastik yağı yakıtının belirlenen farklı hacimsel oranlarda karıştırılarak içten yanmalı dizel bir motorda yakıt olarak kullanılması sonucunda performans, egzoz emisyon değerleri ve motor parçaları üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemektir. Katkı maddesi olarak dietil eter tercih edilmiştir.

2. LASTİK

Lastikler, kauçuktan üretilen ve bazı bağlayıcı ve güçlendirici bileşenlerle takviye edilen, kullanılan takviye malzemesine göre sınıflandırılan araç lastikleri olarak adlandırılan çeşitli tip ve boyuttaki ürünlerdir. Taşıt lastikleri, kauçuk, kord bezi ve çelik teller ile çeşitli kimyasal maddelerin birleşimiyle oluşturulan, aracın yere temasını sağlayan tek ve en önemli parçalardır [10].

2.1. Lastiğin Tarihçesi

1888 yılında İskoç veteriner Boyd Dunlop, hava ile doldurulmuş pnömatik lastikleri icat eden kişidir. Bu lastikleri ilk olarak üç tekerlekli bir bisiklette denemiştir. Herhangi bir sorunla karşılaşmayınca kaymayı önlemek amacıyla kanvas üzerine kauçuk parçalar yapıştırarak bu lastikleri bir bisiklette kullanmıştır. Sonuçlar başarılı olmuş ve pnömatik lastiklerin temelleri atılmıştır.

Boncuk telli lastik, C. K. Welch tarafından 1891 yılında icat edilmiş ve lastik teknolojisinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Aynı yıl, Michelin kardeşler, elle takılıp sökülebilen lastiklerin patentini almışlardır. 1904 yılında ise Firestone ve Goodyear Tire Company, düz yanlı boncuklu lastikleri geliştirmişlerdir. 1908 yılına gelindiğinde, tüm Amerikan lastik üreticilerinin bu firmaların üretim tekniklerini benimsediği görülmektedir. Bu dönemde, İngiltere'de kullanılan lastik kord ipliği ve çapraz radyal kıvrım metodu, 1913'te ortaya çıkmış olup, 35 yıl sonra Michelin tarafından 1948'de Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaya başlanmıştır. Kord ipliği, kalın bir pamuk ipliğinin örülmesiyle elde edilmektedir.

Fiyatların yüksek olması nedeniyle ipek ipliği, kord ipliği imalatında kullanılmamıştır. Ancak, 1928 yılında ABD'de bulunan Dupont şirketi, sentetik reaksiyonların temel teorisini oluşturarak 1930'larda birçok hızlı gelişmeye olanak sağlamıştır. 1948 yılından önce, suni ipek kord ipliği, ısıya duyarlı pamuk kord ipliği üzerine geliştirilmiş ve pazarın %75'ine hâkim olmuştur. 1948 yılında naylon kord ipliği icat edilmiş ve 1959 yılına kadar suni ipek ile rekabet etmiştir. Naylon, 1960'ta fiyat rekabetinde üstünlük sağlamış ve pazarı domine etmeye başlamıştır. 1962 yılında Dupont, Kevlar adı verilen çelikten beş kat daha sağlam ve boyutsal stabilitesi olan bir poliamit fiber icat etmiştir. Ancak çok pahalı bir malzeme olduğu için sadece seçkin binek otomobillerde kullanılmıştır.

Bu şekilde malzemelerin ve üretim teknolojisinin ilerlemesi ve otomobil performansındaki artış, lastiklerin dinamik özelliklerine daha fazla odaklanmayı sağlamıştır. Özellikle yol ve araç gelişimiyle paralel olarak, binek otomobil lastikleri daha yüksek hız kontrolü ve güvenlik sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Yeni ekonomik ve yüksek performanslı lastiklerin geliştirilmesi

alışmaları devam etmektedir. Otomobillerle birlikte, lastikler de orantılı olarak ve en yüksek srtş hızları açısından önemli ilerlemeler kaydetmiştir [11].

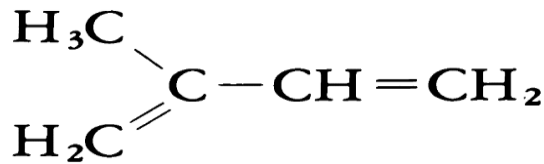
2.2. Kauçuk ve Türleri

Kauçuk genellikle lastik üretiminde kullanılan bir malzemedir. Kauçuk maddesi kökeni Brezilya'ya dayanan tropikal ağaçlardan elde edilir. Bu ağaçlar kauçuk ağaçları olarak bilinir ve Brezilya, Seylan, Meksika, Cava Adası, Orta ve Doğu Afrika gibi humus bakımından zengin yaş topraklarda yetişir. Kauçuk ağacı yaklaşık 30 metre uzunluğunda yuvarlak gövdeli bir aatır. Yüzyıllardan beri, doğal kauçuk, kauçuk aacına çizikler atılarak elde edilen süt benzeri sıvının toplanması ve kurumasıyla elde edilir. Daha sonra çeşitli işlemlerle şekillendirilir. 20. yüzyılda, kimyanın ilerlemesi, doğal kauçuktan yapay versiyonun üretilmesine olanak sağladı.

Kauçuk, günümüz endüstrisinde önemli bir malzeme haline gelmiştir. Hem motorlu hem de motorsuz araçların tekerleklerinden çeşitli yağmurluklara, ayakkabılardan elektrik izolasyonlarına, düğmelerden taraklara ve kalemlere kadar birçok üründe kullanılır. Ayrıca yapıştırma çözeltileri ve diğer endüstriyel uygulamalarda da kauçuğun kullanımı vardır. Doğal kauçuğun sınırlı kaynakları ve talebi karşılayamaması nedeniyle, 1906 yılında Almanlar tarafından sentetik kauçuk üretilmiştir. Son yıllarda, doğal kauçuğun yanı sıra sentetik kauçuğun da yaygınlaşmasıyla birlikte birçok farklı kauçuk türü ortaya çıkmıştır.

2.2.1. Doğal Kauçuk

Doğal kauçuk, genel formülü (C_5H_8)_n olan bir hidrokarbon türüdür. Bu kauçuk maddesi, kauçuk ağacının süt benzeri akışkanı olan lateks yoluyla elde edilebilir. Lateks, yaklaşık %30-40 kauçuk (cis-1,4 poliizopren), %2 reçine, %60-65 su ve %2-5 lipid ve proteinler içerir. Michealle Faraday tarafından 1826 yılında ilk kez (C_5H_8)_n formülüyle tanımlanan doğal kauçuk, bu özellikleriyle bilinir[18]. Doğal kauçuk izoprenin kimyasal formülü şekil 2.1'de gösterilmiştir.



şekil 2. 1. Doğal kauçuk izoprenin kimyasal formülü [18]

Doğal kauçuk Maniloy, Fieus Elastiea, kse otu ve kök sakız gibi bitkilerden elde edilmektedir. Doğal kauçuk ağacı şekil 2.2'de yer almaktadır. Ekonomi açısından daha faydalı olduğu için üretiminde daha çok Hevea Brasiliensis bitkisi kullanılmaktadır.

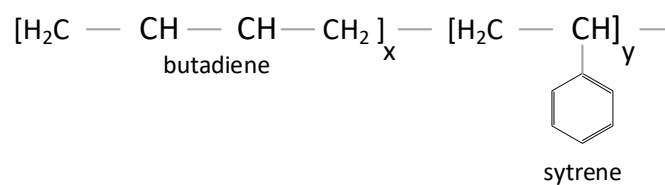


Şekil 2. 2. Doğal kauçuk ağacı [12]

2.2.2. Yapay Kauçuk

Sanayi sektöründe en yaygın kullanılan yapay kauçuk türleri arasında Stiren Bütadien kauçuk (SBR), Bütadien kauçuk (BR), Butil kauçuk (IIR), Etilen-Propilen kauçuk (EPM ve EPDM), Kloropren kauçuk (CR), Akrilonitril-Bütadien kauçuk (NBR) ve Polisülfid kauçuk (PTR) bulunmaktadır. Bu kauçuk türleri, endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir [13]. Dünya genelinde üretilen sentetik kauçuğun büyük bir kısmı SBR kauçuğudur ve kimyasal formülü Şekil 2.3' te gösterilmiştir. SBR kauçuğu, petrol ve petrol türevi malzemelerden elde edilmektedir. Bu şekilde sentetik kauçuğun yaygın bir türü olan SBR kauçuğu, endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir.

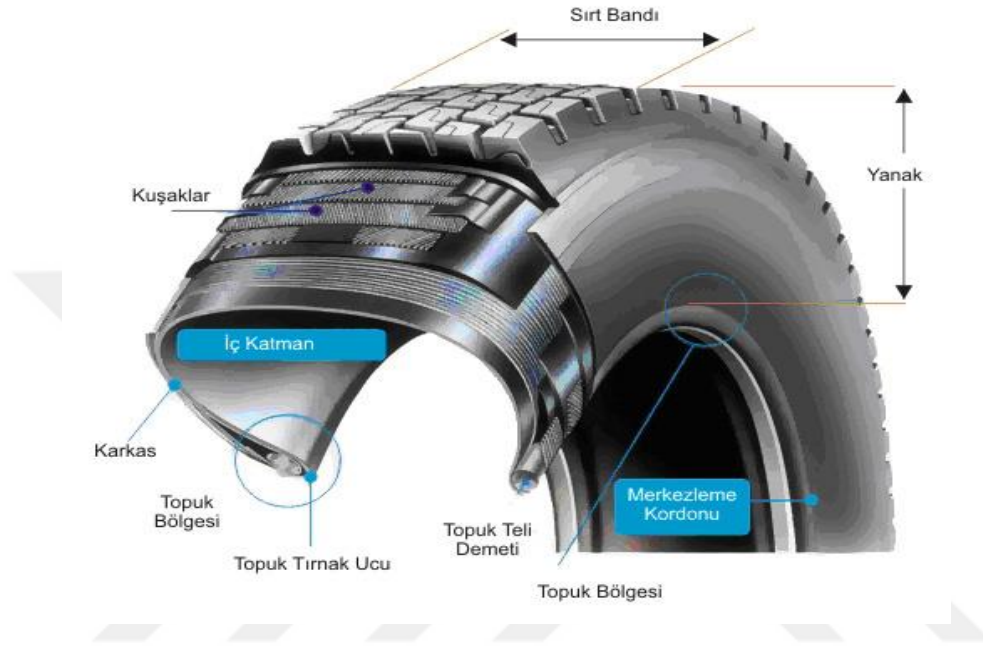
SBR kauçuğu, strien ve bütadienin bir kopolimeridir. Bu tür kauçuğun üretimi için emülsiyon ve polimerizasyon yöntemleri kullanılmaktadır, ancak genellikle emülsiyon polimerizasyonu tercih edilmektedir. Bu yöntemle SBR kauçuğu üretilirken, strien ve bütadien bileşenleri kopolimer haline getirilir ve sentetik kauçuğun istenen özelliklerini elde etmek için uygun reaksiyon şartları sağlanır.



Şekil 2. 3. Stiren-bütadien kauçuğunun kimyasal formülü [14]

2.3. Lastiğin Yapısal Özellikleri

Lastik, genel yapısıyla sırt, omuz, yanak ve topuk olmak üzere dört ana bölümden oluşur. Her bir bölümün farklı görevleri ve özellikleri vardır. Şekil 2.4'te otomobil lastiğinin kısımları detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. 4. Otomobil lastiğinin yapısı [15]

2.3.1. Sırt (Taban)

Lastiğin sırt kısmı, lastiğin zeminle temas eden ve önemli işlevlere sahip olan kauçuk bölümüdür. Sırt kısmında yer alan kanallar ve bloklar, lastiğin yol tutuşunu, su tahliyesini ve soğumasını sağlamak için tasarlanmıştır. Bu bölüm, yol yüzeyiyle doğrudan temas halinde olduğundan aşınmaya daha fazla maruz kalır. Sırt kısmının aşınmasını etkileyen faktörler arasında hız, sıcaklık, yol yapısı ve yol koşulları yer alır. Sırt bölgesi, kesici maddelere ve aşınmaya karşı dayanıklı olmalıdır, çünkü zeminle temas eden kritik bir bölgedir. Bu nedenle, lastiğin sırt kısmı son derece önemlidir. Her lastiğin kullanılacağı durumlara göre farklı sırt desenleri vardır. Lastikte yer alan bazı kısımlar;

Eksiz Naylon Şerit: Sağlam, düzgün güçlü yol tutuşu ve lastiğe dayanıklılık kazandırır.

Kuşak: Radyal lastiklerin gövde ve sırt arasında bulunan bir bileşendir. Bu bileşen, çelik, naylon ve benzeri malzemelerden oluşur ve gövdeyi çevresel olarak sararak yapıyı güçlendirir. Kuşağın

temel görevi, sırt bölgesinde denge sağlamak, düzensiz aşınmayı önlemek ve yol tutuşuna katkıda bulunmaktır. Böylece lastiğin performansını artırır ve daha dengeli bir sürüş deneyimi sağlar.

Darbe Katı: Yüksek hızlarda dengeyi korumak, iyi bir sürüşü ve kuşağın dış etkilere karşı muhafaza edilmesini sağlar.

Karkas (Gövde): Lastiğin alt kısmında bulunan ve bir telin diğerine uzanan destek bölümüdür. Bu karkas yapısı, polyester kord bezinden yapılan uzunlamasına lifler aracılığıyla yükü taşır. Aynı zamanda yatay lifler, yapının bir arada kalmasını sağlayarak destek sağlar. Karkas veya gövde, lastiğin dayanıklılığını ve sağlamlığını artırarak, yol tutuşunu iyileştirir ve dengeli bir sürüş deneyimi sunar.

Astar: Lastiğin hava sızıntısından korumak amacıyla kullanılır ve kauçuktan yapılmaktadır.

2.3.2. Omuz

Omuz Bölgesi, lastiğin sırt kısmından yanak kısmına geçiş yaptığı kalın kauçuk bölgedir. Radyal veya çapraz lastik yapılarına bağlı olarak, sırtın altında kuşak veya darbe katları bulunur. Omuzun temel görevi, lastiğin sırt bölgesinde oluşan ısıyı dışarı atmak ve karkası korumaktır. Bu alan, lastiğin sürüş esnasında oluşan ısının dağılmasını sağlar ve aynı zamanda lastiğin dayanıklılığını artırır. Omuz bölgesi, lastiğin performansını ve güvenliğini etkileyen önemli bir parçadır.

2.3.3. Yanak

Yanak kısmı, lastiğin etrafında sırt ve topuk bölgeleri arasında yer alan ve yola temas etmeyen kauçuk yapıdır. Yanak bölgesinde, hava etkilerine karşı dayanıklı bir karışım kullanılır. Bu bölge, gövdeye yandan gelen sürtünmelere karşı koruma sağlar ve lastiğe esneklik kazandırır. Yüksek ve ultra yüksek performanslı lastiklerde, direksiyon kontrolünün artırılması amacıyla çelik veya naylon takviyeler de kullanılabilir. Lastiğin markalama bilgileri ve ebat yazıları da genellikle yanak bölgesinde yer alır. Yanak kısmı, lastiğin güvenlik, dayanıklılık ve performansına katkıda bulunan önemli bir parçadır.

2.3.4. Topuk

Topuk, lastiğin jantla temas eden bölgesinde bulunan ve lastik bileşenlerinin tümünü kapsayan bir kısımdır. Topuk, lastiğin janta geçmesini ve sıkı bir şekilde bağlanmasını sağlar. Bu şekilde lastiğin dışarı hava sızdırmasını engeller. Topuk, lastiğin jantla güvenli bir şekilde bağlantı kurmasını sağlayarak lastiğin performansını ve dayanıklılığını artırır. Aynı zamanda lastiğin jant üzerinde doğru konumda kalmasını sağlayarak sürüş güvenliğini de destekler. Topuk, lastiğin jantla olan etkileşiminde önemli bir rol oynar ve lastiğin sağlam bir şekilde monte edilmesini sağlar.

2.4. Lastiklerin Sınıflandırılması

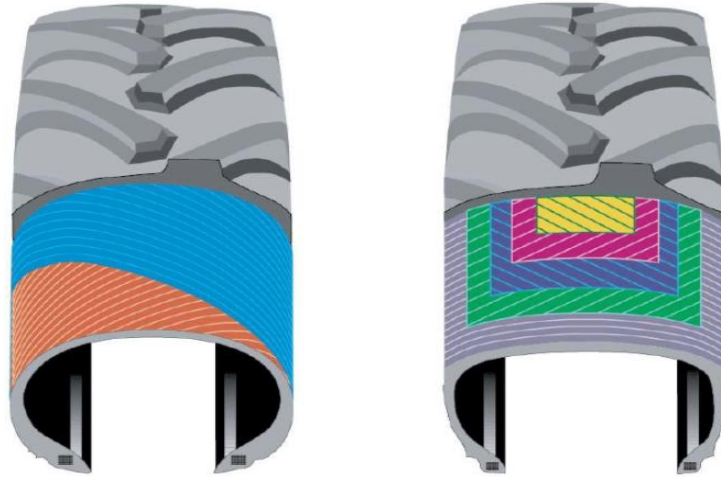
Lastikler yapılarına ve hava tutma sistemlerine göre 2 ana başlıkta değerlendirilir.

2.4.1. Yapılarına Göre

Çapraz, radyal ve yarı radyal olarak sınıflandırılır.

Çapraz Lastikler

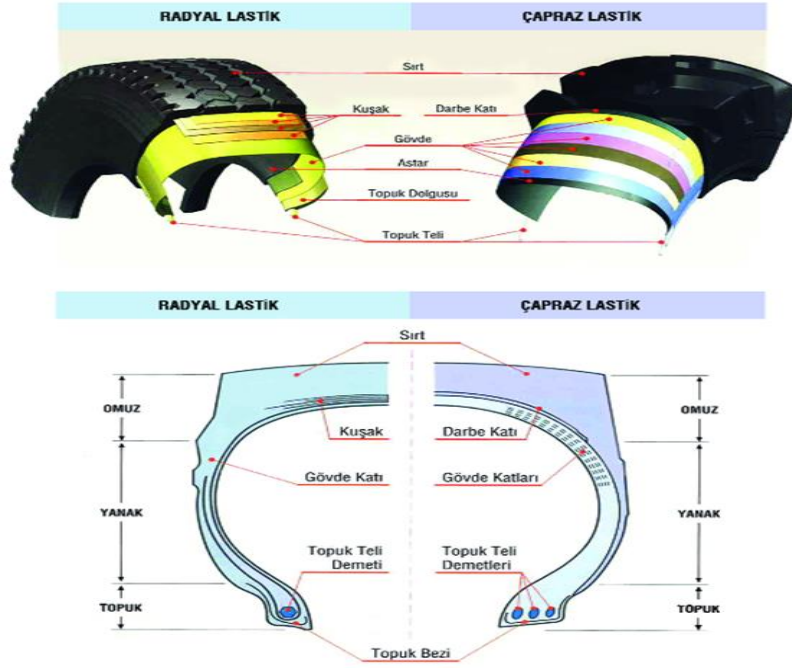
Lastik teknolojisinin doğuşu, bu tip lastiklerden oluşan ve geleneksel gövde yapısına sahip olan lastiklerle başlamıştır. Lastiğin gövdesini oluşturan katlar, birbirlerine göre çapraz yönde konumlanmışlardır. Bu katlardaki tekstil kord iplikleri, bir topuktan diğerine dönüş eksenine göre 30-40° açılarla bağlanmışlardır. Her bir kat, yaklaşık olarak 90°lik açılarla diğer katı çapraz şekilde keser. Bu çapraz yapısı, lastiğin sağlamlığını ve dayanıklılığını artırır.



Şekil 2. 5. Çapraz ve Radyal yapıli lastik karşılaştırılması [16]

Radyal Lastikler

Yüksek güçlü araçların gereksinimleri doğrultusunda lastik teknolojisindeki gelişmeler, radyal lastikler olarak adlandırılan lastiklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Radyal lastikler, gövde katlarının tamamının aynı yönde uzandığı ve birbirleri arasında açı farkının oluşmadığı lastiklerdir. Bu lastiklerdeki çelik veya tekstil kord iplikleri, bir topuktan diğerine lastiğin dönme eksenine göre 90°lik açıyla uzanır. Katlar birbirleriyle paralel olarak yer alır ve çaprazlama kesimler içermez. Performansı artırmak amacıyla, katlar üzerinde zorunlu olarak 15-20° açılı tekstil veya çelik kuşaklar bulunur. Lastik teknolojisindeki büyük ilerlemeler sonucunda çapraz lastiklerin yerine radyal lastikler tercih edilmeye başlanmıştır. Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da çapraz ve radyal yapıli lastiklerin karşılaştırılmasına ait görseller sunulmaktadır.



Şekil 2. 6. Radyal ve Çapraz lastik yapısı [17]

2.4.2. Hava Tutma Sistemlerine Göre

Tubeless (İç lastiksiz) ve Tube-type (İç lastikli) olarak sınıflandırılır.

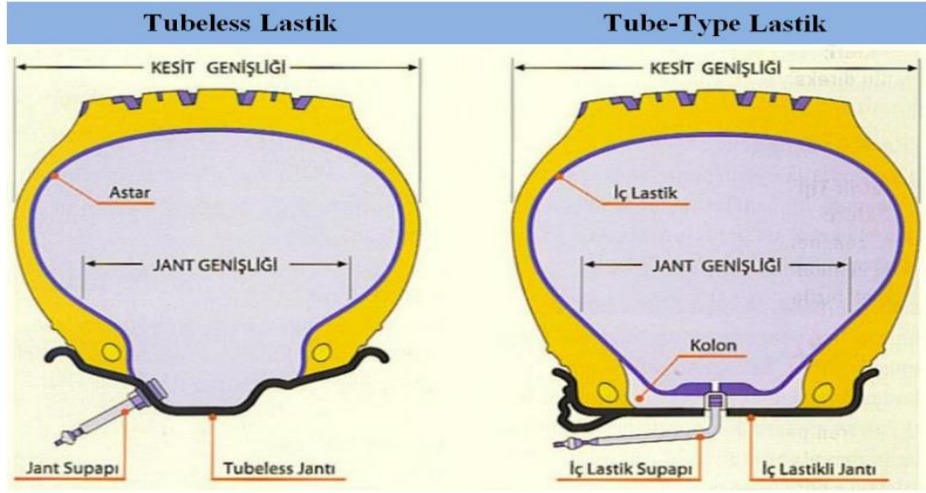
Tubeless Lastikler (İç Lastiksiz)

Bu tür lastiklerde iç lastik bulunmamaktadır. Basınçlı hava, özel formüle sahip kalın bir lastik iç kaplama tarafından lastiğin içinde tutulurken yüksek sızdırmazlık etkinliği sağlanır. Tubeless lastiklerde ise iç lastik bulunmadığı için hava supabı doğrudan jant çemberine konumlandırılmıştır.

Tubeless lastiklerde, patlama durumunda hava yavaş yavaş boşalır, ani bir patlama oluşmaz. İç lastik, kolon ve jant halkaları olmadığı için lastiğin sökölüp takılması daha kolaydır. Ayrıca, kesit oranı daha az olduğundan direksiyon hâkimiyeti oldukça iyidir.

Tube-Type Lastikler (İç Lastikli)

Tube-Type lastiklerde, iç lastiğin varlığıyla basınçlı havanın kontrol altında tutulduğu ayrı bir iç lastik bulunur. Hava supabı ise jant çemberindeki bir delikten dışarı doğru iç lastiğe bağlanır. Tube-Type lastiklerde, olası bir patlama durumunda iç lastik içerisindeki basınçlı hava aniden boşalır. Şekil 2.7’de tubeless ve tube-type lastiklerin karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 2. 7. Tubeless ve Tube-Type lastiklerin karşılaştırılması [16]

2.5. Ömrünü Tamamlamış Lastikler

Ömrünü tamamlamış lastikler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı ve 2007 yılında yürürlüğe giren yönetmelikte “faydalı ömrünü tamamladığı belirlenerek araçtan sökülen orijinal veya kaplanmış, bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılamayacak durumda olan ve üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastikler” şeklinde ifade edilmektedir [18].

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 1,5 milyar lastik üretilmektedir. Avrupa ülkelerinde atık lastiklerin kontrolü için sıkı yasalar olsa da, depolanmış lastikler ve kayıt dışı olarak kabul edilenlerle birlikte yaklaşık 4 milyar atık lastik çevresel tehdit oluşturmaktadır. Ülkemizde ise LASDER verilerine göre yılda 300 bin tonun üzerinde atık lastik oluşmaktadır. Bu atık lastiklerin yaklaşık 50 bin tonu lastik yenileme piyasasında kullanılırken, kalan 250 bin ton atık lastik ÖTL olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 2.8'de atık lastiklerin gösterildiği bir örnek bulunmaktadır.



Şekil 2. 8. Atık lastikler [19]

Oluşan bu ÖTL'lerin geri dönüşümü ekonomi ve çevre açısından oldukça önemlidir. Otomobil ve kamyon lastiklerinin yüzdece maddesel dağılımı Tablo 2.1'de gösterilmektedir.

Tablo 2. 1. Otomobil ve kamyon lastiğinin malzeme dağılımlarının karşılaştırılması[20]

İçindekiler	Araba Lastiği (%)	Kamyon Lastiği (%)
Kauçuk	47	45
Karbon siyahı	21,5	22
Metal	16,5	25
Tekstil	5,5	0
ZnO	1	2
Kükürt	1	1
Katkılar	7,5	5
Toplam karbon malzeme	74	67

2.6. Ömrünü Tamamlamamış Lastiklerin Sorunları

Ülkemizde, kontrolsüzce kullanılan doğal kaynaklar ve sanayileşmenin etkisiyle çevre kirliliği endişe verici bir şekilde artmaktadır. Motorlu taşıtların sayısının artmasıyla birlikte kullanım ömrünü tamamlamış lastiklerin miktarı da artış göstermektedir. Bu durum, atık araç lastiklerinden kaynaklanan çevre kirliliğinin hızla artmasına neden olmaktadır. Hem ülkemizde hem de dünya genelinde, bu çevresel sorun önemli bir tehdit olarak kabul edilmekte ve çözüm arayışları hızla devam etmektedir.

Atık lastikler, petrol türevli malzemeler içerdikleri için enerji değerleri kaliteli bir kömürün enerji değerine eşdeğerdir. Fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesine ek olarak, atık lastikler alternatif bir enerji kaynağı oluşturmaktadır. Ancak, atık lastiklerin yüksek enerji içeriği nedeniyle, yangın durumunda söndürülmesi zor olan ve güçlü yangınlara neden olabilen riskleri bulunmaktadır. Şekil 2.9'da Kaliforniya'da atık lastiklerden kaynaklanan bir yangın örneği gösterilmektedir. Ayrıca, yangınların olduğu bölgelerdeki bitki ve hayvan yaşamı ile insan sağlığı, ortaya çıkan zehirli gazlarla olumsuz etkilenmekte ve bazı canlıların ölümüne neden olmaktadır. Lastiklerin yanması sonucunda atmosfere salınan zehirli gazlar, zaten küresel ısınma ile mücadele eden dünyamızı daha da olumsuz etkilemektedir.



Şekil 2. 9. Kaliforniya ,Stanislaus County ilçesinde lastik yangını (Eylül 1999) [21]

Atık lastiklerin rastgele ortamlara bırakılması, sivrisineklerin çoğalması için uygun bir ortam sağlayarak sivrisinek salgınlarına neden olabilir. Sivrisineklerin bulunduğu bölgelerde bulaşıcı hastalıkların yayılma riski artmaktadır. Ayrıca, zararlı böcek larvalarının üremesi ve çevreye yayılması, özellikle çocuklar arasında ciddi hastalıklara yol açabilir. Bu nedenle atık lastiklerin kontrolsüzce atılmaması ve uygun şekilde yönetilmesi önemlidir.

Tüm ülkeler, kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin yönetimi konusunda çeşitli politikalar ve yöntemler geliştirmektedir. Atık yönetimi, ekonomisi gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde önemli bir tartışma konusu haline gelmiştir. İklim değişiklikleri, küresel ısınma ve bu durumun yol açtığı çevresel sorunlar konusunda endişeler açık bir şekilde dile getirilmektedir. Bu nedenle, atık yönetimi konusu popülerlik kazanmış ve büyük önem taşımaktadır.

Atık lastiklerin doğal olarak parçalanması uzun bir süreç gerektirdiğinden, güçlü ekonomilere sahip ülkeler, atık lastiklerin çevresel etkilerini önlemek için çeşitli önlemler almışlardır. Bu olumsuz etkileri önlemek ve atık yönetimini sağlamak için geri dönüşümün en önemli seçenek olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, geri dönüşüm önlemleri, atık lastiklerin çevreye verdiği zararı en aza indirmek için önemli bir rol oynamaktadır.

2.7. Dünyada ve Ülkemizde Atık Lastik

Dünya genelinde hızlı ekonomik büyüme ve otomotiv endüstrisinin gelişmesiyle birlikte atık lastiklerin sayısı hızla artmaktadır. Yaklaşık 3 milyar lastik üretilerek lastik tüketiminin sonucu olarak bu artış gerçekleşmektedir. Bu durum, atık lastiklerin yönetimi konusunda daha fazla önlem alınmasını gerektiren bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

TÜİK'in 2019 yılı Ekim ayı verilerine göre, ülkemizde toplamda 23 milyon 153 bin 556 adet taşıt trafiğe kayıtlıdır. Bu taşıtların %54,1'i otomobillerden oluşurken, %16,4'ünü kamyonetler, %14,3'ünü motosikletler, %8,2'sini traktörler, %3,7'sini kamyonlar, %2,1'ini minibüsler, %0,9'unu

otobüsler ve %0,3'ünü ise özel amaçlı taşıtlar oluşturur. Ekim ayında trafiğe kaydedilen toplam 68 bin 69 taşıt içinde ise otomobiller %63,7 ile en yüksek oranda yer alırken, onu sırasıyla %17,7 ile motosikletler, %11 ile kamyonetler ve %4,6 ile traktörler takip eder. Minibüsler, otobüsler, kamyonlar ve özel amaçlı taşıtlar ise toplam taşıtların %3'ünü oluşturur. Ekim ayında geçen yılın aynı dönemine göre trafiğe kaydedilen taşıt sayısında %78,6'lık bir artış gerçekleşmiştir. Bu artış otomobillerde %134, minibüslerde %42,1, kamyonetlerde %74,4, kamyonlarda %109,9 ve motosikletlerde %21,1 olarak kaydedilmiştir. Ancak otobüslerde %3, özel amaçlı taşıtlarda %70,5 ve traktörlerde %19,6 oranında bir azalış olmuştur [22]. ABD'deki trafiğe kayıtlı araç sayısı yaklaşık 239 milyon olup bu araçlarda kullanılan lastik sayısı ise yaklaşık 1 milyar olarak bilinmektedir. Her yıl ABD'de yaklaşık 300 milyon lastik kullanım dışı kalmakta ve bu lastiklerin 250 milyonu ÖTL (Ömrünü Tamamlamış Lastik) olarak sınıflandırılmaktadır. Bu kullanım ömrünü tamamlamış lastiklerin %85'i araç lastikleri, %15'i ise kamyon lastiklerinden oluşmaktadır. ABD'de atık lastik miktarı sürekli olarak artış göstermektedir ve günümüzde kayıt dışı değerlerle birlikte yaklaşık 3 milyar adet hurda lastiğin biriktiği düşünülmektedir [23].

2006 yılında başlayan düzenlemelerle birlikte ülkemizde kullanılmış araç lastikleriyle ilgili düzenlemeler yapılmış olsa da atık lastiklerin geri kazanımı istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Hala kullanılmış lastikler kontrolsüz bir şekilde denizlere, katı atık toplama alanlarının kenarlarına, benzin istasyonlarına, yollara, boş arazilere terk edilmektedir. 2006 yılında yayımlanan Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrollü Yönetmeliği ile atık lastiklerin kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesi gerektiği belirtilmiş olsa da gerekli denetlemeler yapılmadığı için ülkemizde çevresel açıdan tehdit oluşturmaktadır. Ülkemizde ve AB ülkelerinde atık lastiklerin depolama sahalarında bertaraf edilmesi yasaklanmıştır [18].

2016 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan düzenleme, ülkemizde atık lastiklerin kaderini değiştirmiştir. Bakanlık, atık lastikleri biyokütle kapsamına alarak atık lastik sektörünün gelişimini desteklemeyi amaçlamıştır. Bu düzenlemenin ardından Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı liderliğinde Erzincan'da, ömrünü tamamlamış lastiklerin geri dönüşümü için büyük bir tesis kurulmuştur. Era Çevre Teknolojileri AŞ tarafından yürütülen bu tesis, günlük olarak 55 ton ÖTL geri kazanımı yapmaktadır. Bu süreçte, 55 ton atık lastiğin 15 tonu çelik tellere ayrıştırılarak demir çelik sektöründe kullanılmak üzere değerlendirilmektedir. Geriye kalan 40 ton lastik granül, karbon siyahı ve pirolitik yağ ürünlerine dönüştürülmektedir. Tesis bünyesinde gerçekleştirilen piroliz işlemiyle elde edilen pirolitik yağlar, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Her gün 80 W'lık bir güç üretilirken, yıllık toplamda 40 bin MW elektrik enerjisi üretilmektedir.

2.8. Atık Lastiklerin Pirolizi

Piroliz, organik maddelerin oksijen içermeyen ortamda ısıtılmasıyla gerçekleşen temel parçalanma sürecidir. Bu süreçte lastikler ve plastik gibi hidrokarbon yapısına sahip malzemeler gazlaştırma, sıvılaştırma ve piroliz gibi ısı enerji dönüşüm süreçlerine tabi tutulur. Bu dönüşümler, temiz bir enerji elde etmeyi amaçlar ve petrol ile yakıt dışı materyallerden alternatif enerji üretmeyi hedefler. Bunun yanı sıra, taşınabilirlik kolaylığı, yenilenebilir enerji üretimi ve daha az gaz emisyonu gibi avantajlar da aranır. Piroliz için kullanılan ısı, malzemenin kimyasal yapısını bozacak ve yeni bir madde oluşumunu sağlayacak düzeyde olmalıdır. Bu nedenle, atık lastiklerin piroliz işlemi, içerdikleri kauçuk malzemesinin bozulmasını hedefler.

Piroliz işlemi genellikle 300-900 °C aralığında ve oksijensiz ortamlarda gerçekleşir. Bu işlem, kauçuğun 4-6 MJ/kg aralığında enerji üretmesini sağlar. Piroliz işlemi sonucunda gaz, karbon siyahı ve yağ olmak üzere üç farklı ürün elde edilir [24].

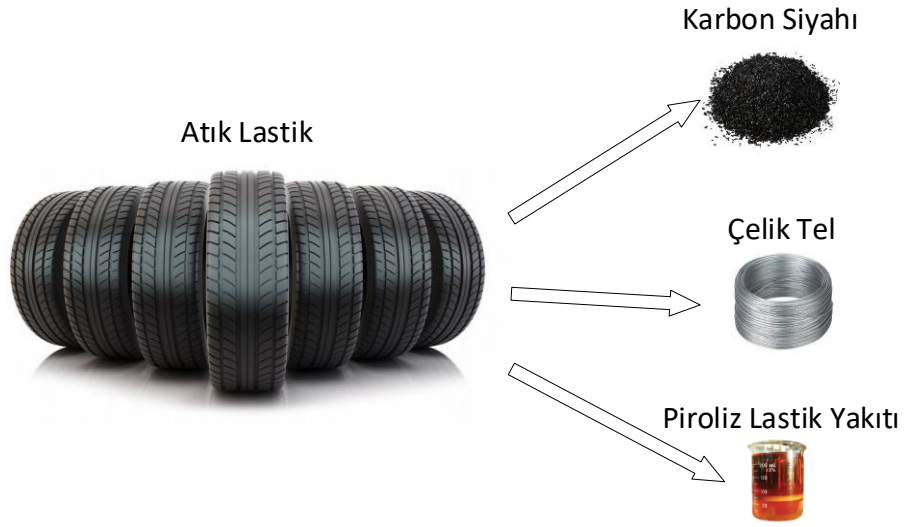
Piroliz işlemi, yapıldığı sıcaklığa bağlı olarak farklı ürünlerin ortaya çıkmasına neden olur. Örneğin, 300-400°C aralığında gerçekleştirildiğinde sıvı üretimi oluşmaz, ancak sıcaklık 700 °C 'nin üzerine çıkarıldığında sıvı ürünler parçalanır ve metan, etan gibi gazlar açığa çıkar. Ürünlerin kalitesi ve ağırlığı, piroliz işleminin sıcaklığına bağlı olarak değişir. Piroliz işlemi sayesinde lastiğin tamamı geri dönüştürülür ve ayrıca elektrik enerjisi üretimi de sağlanır [24].

Piroliz yöntemi, kullanım ömrünü tamamlamış atık lastiklerin oksijensiz bir reaktörde 450 °C ila 700 °C arasında ısıtılarak değerli ürünler elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, reaktördeki atık lastikler yumuşatılır ve daha sonra kauçuk polimerleri daha küçük moleküllere ayrıştırılır. Elde edilen bu daha küçük moleküller buharlaşır ve reaktörden çıkar. Bu buharlar, güç üretmek için doğrudan yakılabileceği gibi genellikle yakıt olarak kullanılan yağlı bir sıvı olan piroliz yağına yoğunlaştırılabilir.

Pirolitik yağ, atık lastiğin pirolizinden elde edilen bir üründür ve özellikleri iyileştirildiğinde alternatif bir yakıt olarak taşıtlarda kullanılabilir. Pirolitik yakıtın özellikleri, kükürt içeriğinin ve viskozitesinin azaltılmasıyla dizel yakıtının özelliklerine yaklaştırılabilir, böylece dizel yakıt ile belirli oranlarda bir arada kullanılabilir.

Atık lastiklerin geri kazanımı sayesinde birçok farklı alanda bizlere fayda sağlar. Enerji geri dönüşümü sayesinde enerji kaynaklarından tasarruf edilmesini sağlar, termal işlem veya ısınma amaçlarıyla sanayide kullanıla bilinir, bazı endüstriyel süreçlerde ve enerji üretim tesislerinde yakıt olarak kullanılır bunun sayesinde fosil yakıtlara olan bağılılığı azaltarak çevresel etkilerini düşürebilir, bazı kimyasal ürünlerin hammaddesi olarak plastik veya kauçuk üretiminde kullanılır.

Şekil 2.10'da atık lastiklere uygulanan piroliz işlemi sonrasında elde edilen ürünlerin görseli verilmiştir.



Şekil 2. 10. Atık lastiklerden piroliz işlemi sonucu oluşan ürünler

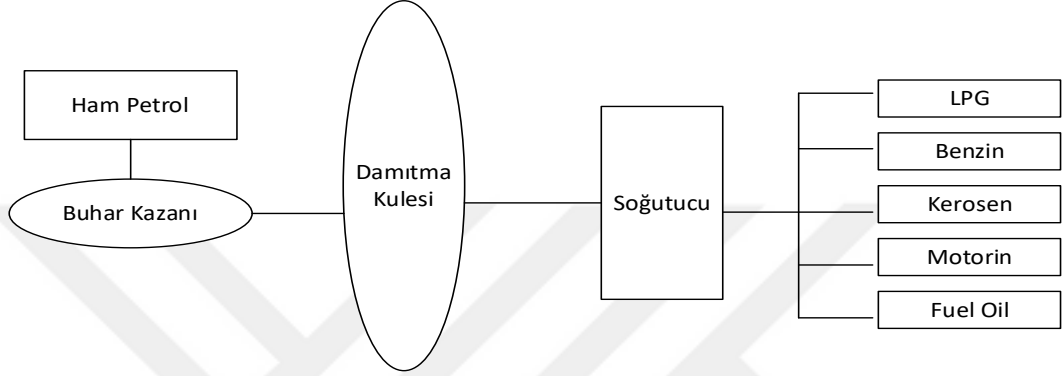
Şekil 2.11’de atık lastiklere uygulanan piroliz sonrasında elde edilen ürünlerin detaylı olarak gösterimi şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2. 11. Atık lastiklerden piroliz işlemi sonrasında oluşan ürünlerin şematik gösterimi

3. DİZEL YAKITLAR

Dizel yakıtı, yüksek enerji verimi ve yakıt tasarrufu sağlaması nedeniyle, motorlu taşıtlar, gemiler, jeneratörler ve birçok endüstriyel sektörde kullanılan bir yakıt türüdür. Bu yakıt, ham petrolün damıtılması ve rafinerilerde işlenmesiyle elde edilir. Ağır yakıt yağı olarak da bilinen dizel yakıtı, tarımsal uygulamalarda da yaygın olarak kullanılır. Şekil 3.1’de damıtma işlemine ait bilgi verilmiştir.



Şekil 3. 1. Damıtma işlemi

3.1. Dizel Yakıt Özellikleri

Dizel yakıt, ham petrolün 200-380 °C aralığında damıtılmasıyla elde edilir ve özgül ağırlığı 0,89 kg/dm³'tür. Dizel motorlar, yakıtın sıcaklığı ve basıncını artırarak tutuşturur ve daha verimli ve güçlü bir şekilde çalışır. Dizel yakıtı, daha yüksek bir viskoziteye sahip olduğundan, özel enjeksiyon sistemleri ve yakıt filtreleri gerektirir. Ancak, dizel motorları önemli ölçüde is ve azot oksit emisyonu üretir. Bu nedenle alternatif yakıt türleri araştırılmaktadır.

3.1.1. Setan Sayısı

Setan sayısı, dizel motorlu araçların performansını belirleyen önemli bir özelliktir. Bu özellik, yakıtın motor silindirlerinde ne kadar hızlı yanacağını gösterir. Dizel yakıtlar için yüksek setan sayısı, daha verimli yanma ve daha az egzoz emisyonu anlamına gelir. Bu nedenle yüksek setan sayısına sahip yakıtlar daha iyi performans, daha az gürültü ve daha düşük emisyon seviyeleri sağlayabilir.

Setan sayısı, yakıtın laboratuvar testleriyle ölçülen ve yanma hızı performansına göre belirlenen önemli bir özelliktir. Referans dizel yakıtıyla karşılaştırılan yakıtın setan sayısı, motor performansını ve egzoz emisyonlarını etkiler. Normalde setan sayısı 40-55 aralığında değişebilir, Bazı yüksek performanslı dizel motorlar için özel olarak formüle edilmiş yakıtlar daha yüksek setan sayısına sahip olabilir.

Setan sayısı, yakıtın performansını, motor gücünü ve emisyon seviyelerini etkileyen kritik bir faktördür. Yüksek setan sayısına sahip dizel yakıtları kullanarak daha az duman, daha az gürültü, daha az egzoz emisyonu ve daha yüksek performans elde edilebilir.

Setan sayısı düşük sıcaklık koşullarında özellikle önemlidir. Ayrıca, setan sayısı yakıtın kaynama noktası ve aromatik içeriğiyle de bağlantılıdır. Bu nedenle setan sayısı, yanma davranışını ve egzoz özelliklerini etkileyen kritik bir parametredir [25].

Dizel yakıtların özelliklerinden biri olan setan sayısı, havanın sıkıştırılması sonucunda ısınan havanın kendiliğinden yanma özelliğini belirleyen bir sayıdır [26].

Yüksek setan sayısı ve kısa tutuşma gecikmesi, dizel motorlarda daha iyi performans elde etmek için önemlidir. Yakıtın tam ve düzgün bir şekilde enjekte edilmesi, yanmanın tamamlanması ve kaliteli egzoz gazı sağlanması açısından önemlidir. Bu şekilde genellikle daha az kurum, yanmamış hidrokarbonlar ve partikül madde salınımı gerçekleşir. Ayrıca yakıtın tutuşma özellikleri, vuruntuyu da etkileyerek egzoz özellikleriyle birlikte önemli bir faktördür [27].

Yakıtın setan sayısının motor performansına etkisi konusunda yapılan çalışmalar, setan sayısı yüksek olan yakıtların NO_x ve HC emisyonları üzerinde azaltıcı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu yakıtların is emisyonlarını artırdığı da belirtilmektedir. Ayrıca setan sayısı çok düşük olan yakıtların soğuk hava koşullarında motorun çalışmasını zorlaştırdığı ve emisyonları negatif yönde etkilediği saptanmıştır [28].

3.1.2. Viskozite

Viskozite, sıvının akışa karşı gösterdiği direnci ifade eder ve ölçümü için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Saybolt viskozimetresi, sıklıkla kullanılan bir viskozite ölçüm cihazıdır. Bu cihazda belirli bir sürede belirli miktarda sıvının akması ve bu değerlerin kaydedilmesi esasına dayanır. Zaman dilimi uzadıkça, sıvının viskozite değeri artar; kısaldıkça ise azalır. Saybolt viskozimetresi sonuçları, ölçüm sırasındaki sıcaklık değeriyle birlikte (100 °F 35-70 saybolt universal saniye) ifade edilir [29].

Sıvı yakıtların viskozitesi, kinematik ve dinamik viskozite değerleri kullanılarak belirlenir. Akışkan viskozite, sıvı yakıtların hareket kolaylığını belirler. Düşük viskozite değerleri, sıkıştırma ateşlemeli motorlarda yakıtın hızlı atomizasyonunu sağlar ve kontak gecikme süresini azaltır. Ancak mekanik yakıt pompalarıyla ilgili olarak daha yüksek kinematik viskozite, yakıt kaçağı kayıplarının azalmasına neden olur ve daha yüksek enjeksiyon basınçlarına yol açar [30].

Yakıt viskozitesi yanmanın kalitesi açısından son derece önemlidir. Atomizasyon ve yakıtın silindir içinde doğru bir şekilde dağılması için uygun bir viskozite değeri gereklidir. Bu özellik, sadece pompa ve enjektörler için değil, aynı zamanda silindir içinde iyi bir yanma sağlamak için de önemlidir. Viskozite arttıkça yakıt tanecikleri büyür ve bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü yanma odasında iyi bir yanma gerçekleşmesini engeller. Yüksek viskoziteli yakıtlar silindir

duvarlarına çarpmadıklarında da zerreciklere ayrılamazlar ve bu da yanmanın isli olmasına neden olur. Ancak çok düşük viskoziteli yakıtlar da istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Bu durumda, yakıt silindir içinde mükemmel bir hava-yakıt karışımı oluşturacak şekilde nüfuz edemez.

Dizel yakıtın viskozite değeri, atomizasyon ve dağılma dereceleri gibi önemli faktörleri belirleyerek yanma için gerekli olan ideal yakıt-hava karışımını elde etmede etkili bir faktördür. Yakıt zerreciklerinin büyüklüğü, enjekte edilen yakıtın yanma odasında nüfuz ettiği mesafeyi belirler. Viskozitenin büyük olması, yakıtın homojen yanma sağlayamayacak şekilde enjekte edilememesi ve isli yanmaya sebep olmasıyla sonuçlanır. Düşük viskoziteli yakıtlar ise yakıt pompasından sıztıntılara sebep olur ve yağlama özellikleri de düşüktür. Bu nedenle, viskozitenin uygun olması, yanmanın verimli ve temiz olması için önemlidir [26].

3.1.3. Yoğunluk

Yakıtın özgül kütlesi motor performansı özellikleri ile birlikte partikül madde, NO_x ve HC emisyonlarını da etkileyen önemli bir faktördür. Dizel yakıtın yüksek yoğunluğu, yakıtın içerdiği enerji yoğunluğunu arttırarak yanma veriminde iyileşme sağlayabilir. Ancak aşırı yoğunluk seviyeleri, enjektörlerde sorunlara ve bazı emisyon değerlerinde artışlara neden olabilir [27].

Dizel yakıtının yoğunluğu arttıkça, püskürtülen yakıtın kütlesi de artacağından is emisyonu da artar. Öte yandan, yakıt yoğunluğunun düşük olması da tüketilen yakıt miktarını artırabilir. Yakıt yoğunluğu arttıkça, püskürtülen yakıt miktarı artacağından is emisyonlarında olumsuz bir etki görülebilir.

Yoğunluk birim hacimdeki madde miktarını ifade eder. Yakıtın yoğunluğu ölçülürken ortam koşulları dikkate alınmalıdır ve ölçüm sonuçları referans sıcaklıklarıyla birlikte ifade edilmelidir (örneğin, 15°C'de 900,0 kg/m³). Motorin (mazot), özellikle dizel motorlarda kullanılan bir yakıt türüdür. Dizel yakıtlar hidrokarbon içerikli ve farklı yoğunluklarda bulunabilen yakıtlardır. Yakıtın yoğunluğu performans özellikleriyle de ilişkilidir ve bu özellikler atomizasyon verimliliğini etkileyebilir. Yakıtın yoğunluğundaki değişim, motorun güç çıkışını da etkileyebilir, bu nedenle yakıtın yoğunluğu önemli bir parametredir. Yakıt yoğunluğu, enjektörlerin püskürtme işlevi ve yanma verimliliği dahil birçok performans özelliğine etki etmektedir. Yakıtın yoğunluğu, enjeksiyon işlemi sırasında püskürtülen yakıt miktarını etkileyerek yanma verimliliğini belirler. Özellikle is emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yakıt pompası aracılığıyla silindirlere ulaştırılan yakıt, hacimsel olarak ölçülür. Yakıt yoğunluğundaki değişim, enerji içeriğine doğrudan etki eder ve yüksek yoğunluğa sahip dizel yakıt, ortalama indike basıncını yükseltir. Aynı zamanda, yakıt yoğunluğunun artması, silindire giren yakıt/hava oranını artırır ve zengin karışım oluşmasına neden olur. Bu da bazı emisyonların, özellikle de is emisyonlarının artmasına neden olur [28].

Yoğunluk performans özellikleri arasında setan sayısı ve ısıtma değeri gibi birçok faktöre etki eder. Yakıt atomizasyonunun verimliliği yoğunlukla ilişkilidir. Dizel yakıt enjeksiyon

sistemleri yakıtı hacim bazında ölçer, bu nedenle yoğunluktaki değişiklikler farklı yoğunlukta yakıtın enjekte edilmesine yol açarak motorun çıkış gücünü etkiler [31].

3.1.4. Isıl Değer

Isıl değer, bir yakıtın birim miktarının yakılması sonucu ortaya çıkan enerjiyi ifade eder. Motorin gibi sıvı yakıtların ısı değeri, kilogram başına ortaya çıkan enerjiyi kJ/kg olarak belirtir. Isıl değer, alt ısı değeri ve üst ısı değeri olmak üzere iki türde ölçülür. Motorin, hidrokarbon içeren bir yakıttır ve yanma reaksiyonunda ortaya çıkan su, alt ve üst ısı değerinin hesaplanmasında anahtar rol oynar. Yakıtın tam yanması sonucu meydana gelen su, buhar fazında olursa alt ısı değeri, sıvı fazda olursa üst ısı değeri olarak ölçülür. Bu ölçümler cihazlar kullanılarak yapılırken, kimyasal formülünden de yararlanılarak ölçüm sağlanabilir. Dizel motorlarda kullanılan yakıtlar ve katkı maddeleri, farklı ısı değerlerine sahip olabilirler ve yanma reaksiyonu sonucu oluşan suyun buhar fazında olması nedeniyle alt ısı değeri dikkate alınır [27].

3.1.5. Distilasyon (Uçuculuk)

Yakıtların özelliklerini belirleyen önemli bir parametre olan distilasyon, kaynama sıcaklığı aralığını ifade eder. Distilasyon ayrıca yakıtın yoğunluğu, viskozitesi ve setan sayısı gibi özelliklerini de etkiler. Kalite kontrolü için hayati bir öneme sahiptir. Motorun performansı üzerinde önemli bir etkisi olan distilasyon sıcaklığı, yakıtın belirli bir yüzdesinin buharlaştığı sıcaklığı ifade eder. Özellikle %15 distilasyon sıcaklığı, soğuk havalarda motorun çalışmasını, hızlanmasını ve diğer özelliklerini etkiler. Yakıtın içindeki HC'lerin yakılması zorlaştırdığı düşünüldüğünde, en yüksek distilasyon sıcaklığının düşürülmesi bu bileşenlerin azalmasına yardımcı olur ve viskozite ile yoğunluğun azalmasına da yol açar [32].

Dizel motorlar için önemli bir parametre olan distilasyon veya uçuculuk, yakıtın yanma sürecinde ve motorun daha kolay çalışmasında kritik bir rol oynar. Yakıtın iyi bir hava-yakıt karışımı oluşturabilmesi için uygun bir uçuculuk özelliği gereklidir. Bunun nedeni, dumansız yanmanın sağlanabilmesi için doğru hava-yakıt karışımının oluşturulması gerekliliğidir [33].

3.1.6. Alevlenme ve Parlama Noktası

Yakıtların bir diğer önemli özelliği alevlenme noktasıdır. Alevlenme noktası, tutuşan buhar fazının yanmaya devam ettiği sıcaklık değeridir ve parlama noktası sıcaklığından daha yüksektir. Benzin gibi hızlı buharlaşan yakıtların alevlenme noktaları düşük sıcaklık değerlerinde gerçekleşirken, dizel gibi yakıtların alevlenme noktaları daha yüksektir. Bu nedenle, dizel yakıtlar benzin türevi yakıtlara göre daha güvenli taşınabilir ve depolanabilirler. Bazı dizel yakıt türlerinin deniz seviyesinde alevlenme sıcaklıkları 340-420 Kelvin arasında değişmektedir [34].

Bileşiklerin buharlaşabilirliği genellikle kaynama noktası ile belirlenir. Kaynama noktası düştükçe buharlaşma hızı artar. Buharlaşma hızı arttıkça, parlama noktası da düşer. Dolayısıyla, parlama noktası ve normal kaynama noktası arasında doğru orantılı bir ilişki vardır ve bu iki faktör birbirini etkiler [35].

Yakıtların kendiliğinden tutuşma özellikleri, bulundukları ortama bağlıdır ve alevlenme sıcaklığı, parlama sıcaklığından biraz daha yüksektir. Buharlaşma sıcaklığı yüksek olan dizel yakıtlar, daha güvenli kabul edilirler [36].

Dizel yakıtların emniyet açısından büyük önemi olan parlama noktası, depolama ve yangın önleme için dikkate alınması gereken bir faktördür. Genellikle yakıtların parlama noktası 65-150°C arasında olmalı ve 36°C'nin altına düşmemelidir. Böylece güvenli bir kullanım sağlanabilir. Yakıtın parlama noktası, bir yakıtın buharının hava oranıyla karıştırıldığında kıvılcımla tutuşabilecek sıcaklığı ifade eder. Standart test yöntemleri, ASTM D93 veya ISO 2719 gibi, bu parlama noktasının ölçümünü standartlaştırılmış araçlarla yaparlar. Yakıtın parlama noktası, motor performansı açısından önemli değildir ve değişiklikleri kendiliğinden tutuşma sıcaklığı veya diğer yanma özelliklerini etkilemez [37].

3.1.7. Atık Karbon Kalıntısı

Dizel yakıtın motor içinde yanması, karbon birikimine yol açma riskini taşır. Bu birikintiler diğer parçalarda aşırı ısı ve korozyona neden olabilir. Bu da motor performansını olumsuz etkileyebilir. Dizel yakıtın karbon zinciri karışımları genellikle 8-21 karbon atomu içerir. Yüksek karbon oranı olan yakıtların yanması zor olabilir ve emisyon seviyelerinin yükselmesine neden olabilir. Ayrıca hidrokarbon ve is emisyonlarını da artırabilirler [38].

Yüksek karbon kalıntısı içeren yakıtlar motorun yakıt sistemi (yakıt deposu, yakıt pompası ve enjektör) yanı sıra supaplar, silindir segmanları ve cidarında birikim yaparlar. Bu birikintiler, silindir içinde sıcak bölgeler oluşturur ve bu durum motorun standart ısıl iletimini değiştirerek aşırı ısınmaya, parçaların korozyona ve çatlamalara maruz kalmasına neden olur. Ayrıca, bu kalıntıların neden olduğu sıcak bölgeler yanma performansını ve emisyon değerlerini etkiler. Özellikle HC ve is emisyonlarında olumsuz bir etki yaratarak artışlarına neden olur [28].

3.1.8. Kül İçeriği

Yakıtta yüksek kül oranı, yanma sonucu motor parçalarında kalıntı birikimine ve özellikle egzoz supaplarında aşındırıcı etki yaratan zımpara tozu benzeri maddelerin oluşumuna neden olur. Ayrıca kül oranının yüksek olması yakıt sisteminde de sorunlara yol açar, enjektör uçlarında tıkanmalar meydana gelir. Bu da silindir içine püskürtülen yakıt miktarında değişikliklere neden

olabilir ve motor performansında düşüşe yol açabilir. Dolayısıyla yakıtın kül bırakma oranının %0,01'den fazla olmaması, motorun uzun ömürlü olması için önemlidir [28].

Yakıt içerisindeki madeni tuzların neden olduğu kül motorda aşındırıcı bir etki yaratır ve bu nedenle yakıtın kül bırakma oranı %0,01'den fazla olmamalıdır [37].

3.1.9. Kükürt İçeriği

Dizel yakıtın içerdiği kükürt, dizel motoru üzerinde birçok olumsuz etkiye sahiptir. Yanma sonucunda açığa çıkan SO ve SO₂ gibi zararlı gazlar yanı sıra, kükürt ayrıca pistonlar, segmanlar ve motor bloğu gibi kritik motor parçalarında geri dönüşümsüz hasara neden olabilir. Bu nedenle yakıttaki kükürt miktarının en aza indirilmesi son derece önemlidir. Kükürtü yakıttan ayırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır ancak en yaygın olanı hidrosülfürizasyondur. Bu yöntemde yakıt yüksek basınçta hidrojenle birleştirilir ve 300-450 derece arasında bir sıcaklıkta işlem görür. Bu işlem sonucunda yakıttaki kükürt H₂S (hidrojen sülfür) şeklinde ayrıştırılır [39].

Ham petrolün rafinasyon süreci sonucunda motorinin bileşenlerinden birisi kükürt bileşikleridir. Kükürt oranı rafinasyon sırasında kontrol edilirken, hidrosülfürizasyon yöntemi ile yakıtın içindeki kükürt hidrojen ile tepkimeye girerek H₂S (Hidrojen Sülfür) bileşiklerini oluşturur. Ancak, kükürtün yanma sonucu egzoz emisyonlarından is emisyonlarının oluşmasında etkisi vardır. Kükürt (S), oksijen ile birleşerek kükürtdioksit (SO₂) oluşturur ve SO₂, is parçacıklarının büyüklüğünü artırarak etkisini artırır [28].

3.1.10. Soğuk Akış Özelliği

Soğuk hava koşullarında yakıtın yanması ve enjektörlerden silindirin içine püskürtülmesi zorlaşır. Bu sebeple, yakıtın soğuk havalarda akma özelliğinin iyi olması önemlidir. Akma özelliği düşük olan yakıtlar, enjektörleri tıkararak yakıtın yavaş akmasına veya donmasına sebep olabilir. Ayrıca, silindir içinde yanmanın zorlaşması ve yanmış yakıtın tahliyesinin güçleşmesi gibi problemlerle de karşılaşılabilir.

Dizel yakıtın içeriğinde parafin bulunur ve düşük sıcaklıklarda bu ağır parafin molekülleri ayrılarak çökelirler. Bu durumda, yakıtın akışkanlığı azalır ve akma sınırı adı verilen son sıcaklığa kadar akabilir. Akma sınırı, yakıtın pompalanmasını zorlaştırır ve filtreleri tıkar. Kükürt içeriği düşük olan yakıtların akma noktası daha yüksek olur. Bu nedenle, düşük akma noktasına sahip yakıtların kullanımı özellikle soğuk iklimlerde önemlidir [24].

Lapuerta ve ark. yaptıkları çalışmada dizel yakıtına metanol, etanol, propanol, butanol ve pentanol gibi alkol türlerinin karıştırılmasının soğuk akış özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Farklı oranlarda standart dizel yakıtı ile bu alkol türlerini karıştırarak yapılan çalışmalar sonucunda,

yüksek konsantrasyonda ki alkol türlerinin soğuk akış özelliklerini önemli ölçüde geliştirebileceği sonucuna ulaşılmıştır [40].

3.1.11. API Gravitesi ve Özgül Ağırlık

Yakıtın birim hacminin ağırlığı olarak tanımlanan özgül ağırlık, yakıtın belli bir hacimdeki ağırlığının o hacimdeki suyun ağırlığına oranıdır. Yakıtın özgül ağırlığı yüksekse, daha fazla karbon içerir ve büyük bir ısı enerjisiye sahip olur. Dizel yakıtların özgül ağırlığı, temin edildiği ham petrolün cinsine göre değişebilir ve 60°F yani 15,5°C sıcaklığında 0,835-0,934 arasında değişebilir [37].

API gravitesi, petrolün yoğunluğunun ölçülmesinde kullanılan bir ölçü birimidir ve Amerikan Petrol Enstitüsü tarafından tanımlanmıştır. Bu ölçü birimi, özgül ağırlık değerinin tersi olarak hesaplanmaktadır. API değeri arttıkça petrolün daha hafif olduğu ve yoğunluğunun daha az olduğu anlaşılmaktadır. Bu ölçü birimi petrol endüstrisinde sıklıkla kullanılmakta olup, piyasadaki petrol çeşitlerinin özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır [24]. Petrolün yoğunluğu, API gravitesi kullanılarak ölçülmektedir. Su, API değeri 10 olan 1 gr/cc standardına göre kabul edildiğinde petrolün yoğunluğu hesaplanabilir ve bu yoğunluk su yoğunluğuna oranlanarak SG (Spesifik Gravite) olarak ifade edilir. Brent petrolü gibi kabul gören ve piyasanın üçte ikisini kontrol eden petrolün API değeri 38'dir. API değeri arttıkça, petrolün hafif olduğu anlaşılır. Yoğunluk arttıkça ise API değeri azalır. Petrolün en hafif API değeri 57 iken, en ağır petrolün API değeri 7 olarak ölçülmüştür [41]. API gravite değeri düşük olan yakıtlar, tutuşma özellikleri ve viskozite değerleri dahilindeki sınırların izin verdiği ölçüde tercih edilmelidir. Bu tercihin nedeni, ekonomik koşullar altında yüksek özgül ağırlığa sahip yakıt üretimini mümkün kılmasıdır [42].

3.2. Dizel Motorlarda Egzoz Emisyonlarının Oluşumu

Hava kirliliği, havadaki doğal bileşenlerin temel yapılarında değişim olması veya zararlı maddelerin havaya karışması sonucu, insan sağlığına zarar veren ve bitki ile hayvanların biyolojik dengesine olumsuz etki eden bir durumdur. Bu durum, havanın kalitesinin bozulması anlamına gelir [43]. Hava kirliliğinin ana kaynakları arasında, motorlu taşıtlar, konut ısıtma sistemleri, termik santraller ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan gazlar bulunmaktadır [44]. Motorlu taşıtlar, çevre kirliliğinde büyük bir rol oynamaktadır. Bu taşıtlar, kurşun bileşikler, yakıt-yağ buharı, asbest, lastik tozları ve egzoz emisyonları gibi birçok zararlı atık türü üretmektedir. Dizel motorlu araçların, yüksek verimlilik, dayanıklılık, düşük yakıt tüketimi ve geniş çalışma koşullarında yüksek güç üretme yeteneği gibi avantajları bulunmasına rağmen, çevre için oldukça zararlı olan bu motorların sayısı arttıkça egzoz emisyonlarında da artış meydana gelmektedir [43].

3.2.1. Partikül Madde ve İs Emisyonu

Dizel motorlardaki difüzyon alevinde, hidrojen karbona göre daha aktif olduğundan, yanmanın tamamlanması için gerekli olan zaman ve oksijen yetersiz kalabilir. Bu durumda, is oluşumu meydana gelir. İs, karbon partiküllerinden oluşur ve genellikle dizel yanmanın bir evresi olarak ortaya çıkar. Başlangıçta oluşan karbonun çoğu tekrar yanar ancak yanma odasına fazla miktarda yakıt gönderildiğinde, yeterli miktarda oksijen bulunamayacağından egzoz gazlarında is oluşacaktır. İs emisyonları silindir aşınmasına ve segman yuvalarına karbon birikmesine sebep olabilir. Bu nedenle partikül filtreleri gibi is emisyonlarını azaltmaya yönelik çözümler geliştirilmiştir [45].

Dizel motorlarda, yakıtın tam olarak yanmaması sonucu is oluşur. Püskürtülen yakıt zerreciklerinin yeterince oksijenle reaksiyona girmemesi nedeniyle oluşan bu is, ayrıca motor yağından da kaynaklanabilir. Kükürt, partikül emisyonunu artıran bir diğer faktördür ve düşük kükürtlü yakıt kullanımı, bu emisyon değerini azaltabilir.

3.2.2. Hidrokarbon(HC) Egzoz Emisyonu

Yakıtın tam olarak yanmaması ya da buharlaşması sonucunda HC emisyonları meydana gelir. Yanmanın tam olabilmesi için yeterli miktarda oksijen gereklidir ve bu şart sağlanmadığında HC emisyonları artar. HC emisyonları birkaç nedenden kaynaklanabilir. Eksik yanma, silindirde bulunan karbon partikülleri, silindir içerisinde meydana gelen alev sönmesi, püskürtme sisteminde oluşan problemler ya da silindir içerisinde kalan sıvı yakıt HC emisyonlarına neden olabilir.

HC emisyonu, yakıtın tam olarak yanmamasından kaynaklanan bir emisyondur. Bu emisyonun temel nedenleri yetersiz oksijen veya yetersiz sıcaklıktır. HC emisyonunun birçoğu yanmamış yakıt-hava karışımından kaynaklanırken, diğer kaynaklar da bulunmaktadır. Bu kaynaklar arasında motor yağı silindir içine karışması, eksik yanmış yağlar ve artan ateşleme gecikmesi sayılabilir. Vakum sızıntıları ve conta sızıntıları gibi arızalar yağsız yakıt/hava karışımlarına neden olabilir ve yine HC emisyonlarının artmasına yol açabilir.

Dizel yakıt hidrokarbon bileşenleri içeren bir yakıttır. Silindir içinde oluşan ısı kayıplarının ve karışımın tutuşmamasının neden olduğu alevin sönmesi gibi sorunlar nedeniyle yakıtın tamamen yanamaması sonucunda egzozdan hidrokarbon emisyonları oluşur [45]. Silindir cidarlarında oluşan yakıt tanecikleri hidrokarbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır [26].

3.2.3. Karbonmonoksit(CO) Egzoz Emisyonu

Dizel motorlar, benzinli motorlara kıyasla daha fazla havaya ihtiyaç duyduklarından, CO emisyonlarını azaltmak için yüksek sıkıştırma oranları gerektirirler. Yanma odasındaki oksijen miktarı yüksek olduğundan dizel araçların CO emisyonu diğer emisyonlara göre daha az olur. CO

oluşumundaki en önemli parametrelerden biri, hava fazlalık katsayısıdır [43]. Karbonmonoksit, havadan daha ağır ve kokusuz bir gaz olduğundan, birikinti oluşturma olasılığı yüksektir. Yanma sırasında O_2 miktarının yetersiz olması CO'nun silindir içinde yanma sonucu ortaya çıkmasının ana sebebidir. Yakıt-hava karışımının homojen bir şekilde karışmaması, O_2 'nin silindirin belirli bir bölgesinde eksik kalmasına neden olabilir ve bu da CO oluşumuna yol açabilir. Dizel motorlarda CO oluşumu, hava fazlalık katsayısının yüksek olması durumunda düşüktür [46].

3.2.4. Karbondioksit(CO_2) Egzoz Emisyonu

CO_2 emisyonu küresel ısınmada etkisi olan sera gazlarından biridir. Atmosferin alt kısımlarının ısınmasında önemli bir rol oynar, çünkü güneşten gelen kısa dalgalı ışınları büyük bir miktarda geçirir ve yerden geri gelen büyük dalgalı ışınları tutar. Bu da atmosferdeki sıcaklığı artırır ve sera etkisi oluşturur. CO_2 okyanuslar ve bitki örtüsü tarafından doğal olarak üretilir. Ancak insan faaliyetleri, özellikle fosil yakıt kullanımı, CO_2 emisyonunu artırır. Ulaşım sektörü, CO_2 emisyonunun büyük bir bölümünü oluşturur ve başlıca kaynaklardan biridir. Türkiye'de CO_2 emisyonları içinde en büyük pay %85'lik bir oranla karayollarından kaynaklanır [47].

3.2.5. Azot Oksit Egzoz Emisyonu (NO_x)

Havadaki NO, atmosfere salındığında, oksidasyonla azot dioksit (NO_2) oluşur. NO_2 gazı, kötü kokulu ve zehirli bir gazdır ve solunması akciğerlerin zarar görmesine ve hasar görmesine neden olabilir. Ayrıca, bu reaksiyonlar sonucunda nitrik asit (HNO_3) üretilebilir ve asit yağmurları oluşabilir [48]. Azot oksit emisyonları oksijen konsantrasyonu ve sıcaklık parametreleri gibi faktörler tarafından belirlenir. Yüksek yanma sıcaklıkları ve uzun yanma süreleri, NO_x emisyonlarının artmasına neden olabilir. Ayrıca, motor yükü, yanma odasındaki içerik, hız, homojenlik durumu ve karışım yoğunluğu gibi faktörler de NO_x oluşumunu etkiler [49]. Yanma odasındaki sıcaklık $1600^\circ C$ 'nin üzerine çıktığında, azot oksijen ile reaksiyona girerek NO_x emisyonunu oluşturur. Motor yükü, yanma odasındaki içerik, hız, homojenlik durumu ve karışımın yoğunluğu, NO_x emisyonuna etki eden diğer faktörlerdir [49].

3.2.6. Kükürt Oksit Egzoz Emisyonu (SO_x)

Dizel yakıtı, oksijenle birleşerek kükürtdioksit (SO_2) molekülleri üreten kükürt (S) içermektedir. SO_2 , solunum sistemini tahrip eden zararlı bir gazdır. Ayrıca SO_2 , ortamdaki su buharı ile reaksiyona girerek suda çözülebilen sülfürik asit (H_2SO_4) oluşumuna sebep olur. H_2SO_4 , çevreye önemli zararlar veren bir asit türüdür ve özellikle canlı sağlığı ve korozyon etkisi açısından büyük bir tehdit oluşturur.

4. DİETİL ETER

Dietil eter dizel motorların neden olduğu zararlı emisyonları azaltmak için kullanılan bir biyoyakıt alternatifidir. Bu yakıt etanolün damıtılmasıyla elde edilir ve dizel yakıtıyla kolaylıkla karıştırılarak kullanılır. Sıvı formu sayesinde, dizel yakıtına kolayca karışabilir ve istenen oranda karışım hazırlanabilir. Dietil eter veya DEE olarak da bilinen bu yakıt, NO_x ve is emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olur ve bu nedenle çevre dostu bir seçenek olarak değerlendirilir [9].

DEE'nin özelliklerinden dolayı, özellikle son yıllarda dizel yakıtıyla belirli oranlarda karıştırılarak veya fumigasyon yöntemiyle yaygın olarak kullanımı artmıştır [50].

Oksijenatların motor yakıtı olarak kullanılması, özellikle is ve katı parçacık emisyonlarının azaltılması ve motor performansının artırılması gibi önemli avantajları beraberinde getiren etkili ve ekonomik bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem, motor tasarımında büyük değişiklikler yapmadan uygulanabilir ve motorların verimliliği üzerinde olumlu etkiler sağlar [51].

Dietil eter (DEE), oksijenatlar arasında öne çıkan bir madde olup yüksek setan sayısı ve oksijen içeriği sayesinde dizel motorlarda kullanılmaktadır. DEE, yakıt ekonomisi ve dayanıklılığıyla bilinen bir alternatif yakıttır ve motorlu taşıtlar, gemiler, jeneratörler ve tarım sektöründe yaygın olarak tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra, DEE'nin kabul edilebilir enerji içeriği, düşük tutuşma sıcaklığı, kolay buharlaşabilme özelliği ve korozyon olmayan yapısı, dizel motorlar için ideal bir yakıt olmasını sağlamaktadır. DEE'nin yüksek oksijen içeriği ise is ve katı parçacık emisyonlarının azaltılmasına ve motor performansının artırılmasına yardımcı olmaktadır [52].

DEE, yüksek oksijen içeriği ve setan sayısıyla motorin katkısı olarak öne çıkar. Sıvı fazda olması, normal atmosfer koşullarında motorine kolayca karıştırılabilir ve istenilen oranda karışım hazırlanabilir. DEE'nin kabul edilebilir enerji içeriği, düşük tutuşma sıcaklığı, kolay buharlaşabilme özelliği ve korozyon olmaması gibi özellikleri, onu mükemmel bir dizel motor yakıtı yapmaktadır [53,54].

DEE, uzun bir süredir dizel motorların soğuk havalarda çalıştırılmasına yardımcı olan bir madde olarak kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda, DEE'nin yakıt katkısı olarak veya doğrudan dizel motor yakıtı olarak kullanımı da dikkat çekmektedir. [55]. Bu sebepten dolayı, literatürde dietil eterin dizel motorunda yakıt veya yakıt katkısı olarak kullanımına yönelik yapılan araştırmalar az sayıda literatürde yer almaktadır [56].

4.1. Dietil Eter Üretimi

Düşük setan sayısı nedeniyle etanol ancak dizel yakıtıyla birleştirilerek kullanılması gerekmektedir. Dietil eter (DEE), etanolün bir türevidir ve yüksek setan sayısı ve oksijen içeriği

sayesinde yakıt katkısı olarak kullanılabilir. DEE'nin sıvı halde olması, atmosferik koşullarda taşınma ve depolama açısından da kolaylık sağlar [57].

DEE, düşük kaynama noktası sayesinde kolayca buharlaşan bir sıvıdır. Renksiz ve karakteristik bir kokuya sahiptir ve son derece uçucu ve yanıcı özelliklere sahiptir. Solunum yoluyla alınması bayıltıcı etkilere neden olabilir ve halk arasında "lokman ruhu" olarak bilinir. DEE'nin üretimi, etil alkol ile 140-145°C sabit sıcaklıkta, H₂SO₄ katalizörü eşliğinde suyun çekilmesiyle gerçekleşen bir tepkime sürecini içerir. Denklem 4.1'de ifade edilmiştir [58].

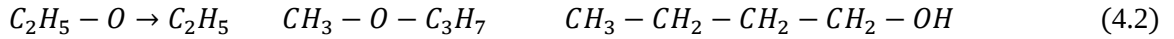


Etil alkol 140-145°C Dietil eter

4.2. Dietil Eter Kimyasal Yapısı

Alternatif yakıtların önemi günümüzde hava kirliliği sorununun artmasıyla birlikte artmaktadır ve yakıt yapısındaki oksijen yoğunluğu da önemli hale gelmektedir. Oksijen açısından zengin yakıtlar, düşük emisyon değerleriyle temiz bir çevre ve insan sağlığı için faydalar sağlayabilir. Bu tür yakıtlar yakıt karışımlarında kullanıldığında, iyi bir yanma performansı ve düşük emisyon değerleri sergiler. Bu sebeple alternatif yakıtlar özellikle otomotiv sektöründe düşük emisyon oranlarına yönelik bir çözüm olarak değerlendirilebilir [59].

Kapalı formülleri aynı açık formülleri farklı olan eterlere ait denklemler Denklem 4.2'de verilmiştir.



dietil eter metil propil eter n-butil alkol

bileşikleri birbirinin izomerisidir.

Dizel motorlarının performansını artırmak ve egzoz emisyonlarını azaltmak için en çok üzerinde çalışılan yöntem, çeşitli katkı maddelerinin dizel yakıtına eklenmesidir. Bu alandaki çalışmalar, geleneksel dizel yakıtına farklı katkı maddeleri eklenmesi konusundaki ilginin artmasıyla hız kazanmıştır. Bu yöntemle, metalik katkı maddeleri, oksijenli katkı maddeleri ve ateşleme iyileştirici özelliklere sahip katkı maddeleri geliştirilmiştir. DEE, dizel yakıtı ile karıştırılarak DEE katkılı dizel yakıtların oluşturulmasında kullanılan bir katkı maddesidir. Yapılan deneylerde, bu katkılı yakıtların saf dizel yakıtla kıyasla daha yüksek performans değerleri gösterdiği belirlenmiştir.

Oksijenli yakıtlar, günümüzde çevre dostu yakıt alternatifleri olarak öne çıkmaktadır. Bu yakıtlar rahat solunabilir hava şartlarını sağlamak, ozon oluşumunu engellemek, karbonmonoksit

kirliliğini azaltmak ve diğ er zararlı hava k rlleticilerini minimize etmek için gereklidir. Oksijenli yakıtlar motorlu ta  tların yak tlarına eklenerek, emisyonların azaltılmasına ve daha temiz bir yanma sürecine katkı sağlayan bileşiklerdir. Geli mi   lkelerde insan kaynaklı azot oksit emisyonlarının yarı ı, karbonmonoksit emisyonlarının    te ikisi ve hidrokarbon emisyonlarının yaklaşık yarı ı otomotiv kaynaklı emisyonlardan oluşmaktadır. Oksijenli yakıtların kullanımı, bu zararlı emisyonların azaltılmasında önemli bir çözüm sunmaktadır [55].



5. MATERYAL VE METOT

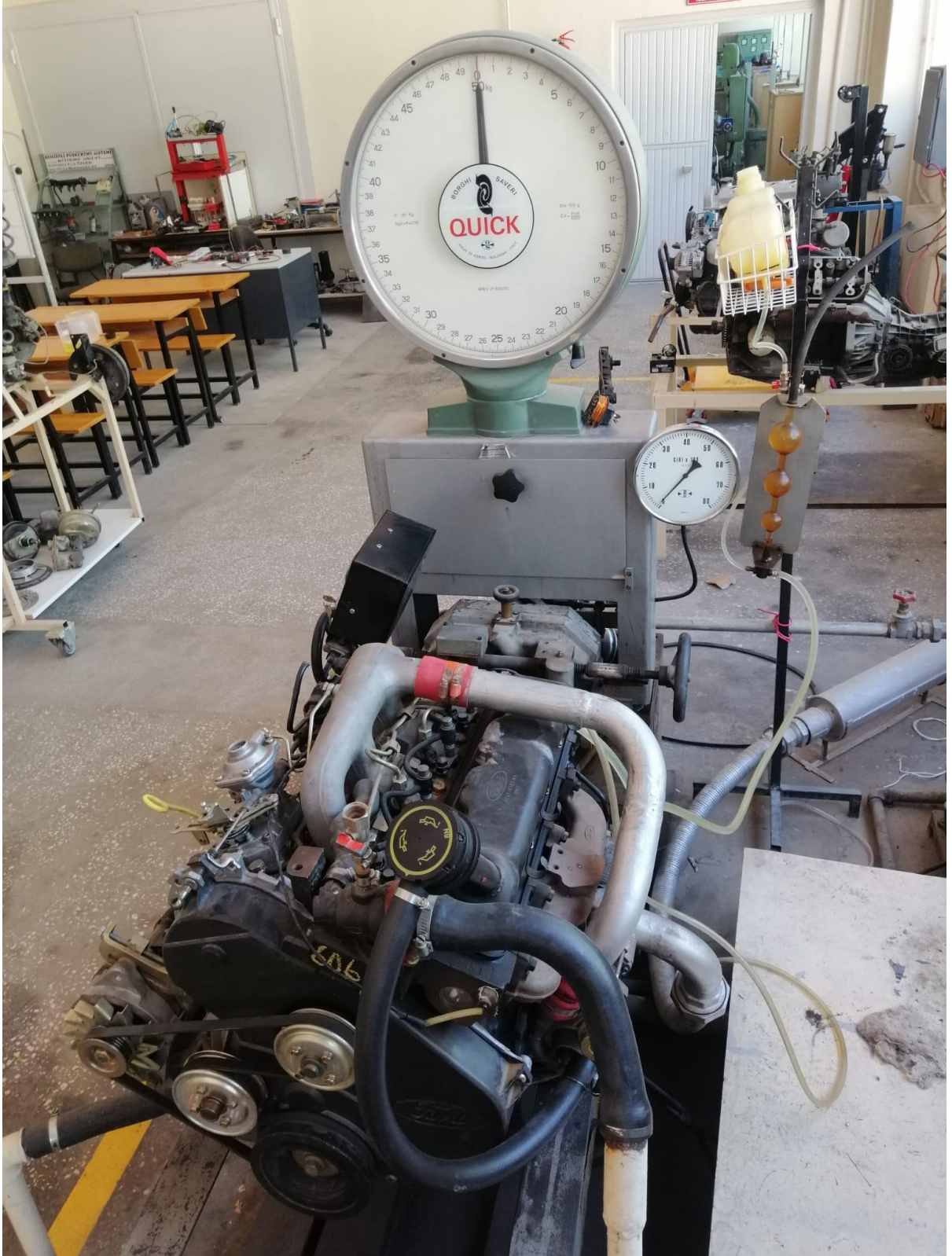
Bu bölümde, deneylerde kullanılan yakıtlar ve materyaller ile ilgili bilgi verilmiştir. Atık lastik yağı Kudret San. Tic. Td. Şti.'den temin edilmiştir. Atık lastik yağının %5, %10 ve %15 hacimsel oranlarında dizel yakıtına katılması suretiyle atık lastik yağı dizel (%95 dizel yakıtı + %5 atık lastik yağı = D95ALY5, %90 dizel yakıtı + %10 atık lastik yağı = D90ALY10 ve %85 dizel yakıtı + %15 atık lastik yağı = D85ALY15) karışımları ve saf dizel yakıtı (D100) yakıt numuneleri oluşturulmuştur. Ayrıca atık lastik yağı dizel karışımlarına %5 ve %7 hacimsel oranlarında dietil eter ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımlar; %85 dizel+%15 atık lastik yağı+%5 dietil eter = D85ALY15DEE5, %85 dizel+%15 atık lastik yağı+%7 dietil eter = D85ALY15DEE7'dir. Hazırlanan tüm yakıt numunelerinin özellikleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından tespit edilmiştir.

Yakıt özellikleri tespit edilen atık lastik yağı + dizel ve atık lastik yağı + dizel + dietil eter yakıtlarının dizel motorda egzoz emisyon değerlerinin ölçülmesi, motor performans değerlerinin belirlenmesi ve 60 saatlik çalışma sonrasında motor parçaları üzerindeki kalıntıların tayini Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümü motor laboratuvarında yapılmıştır. Bunun için deney düzeneği hazırlanmıştır.

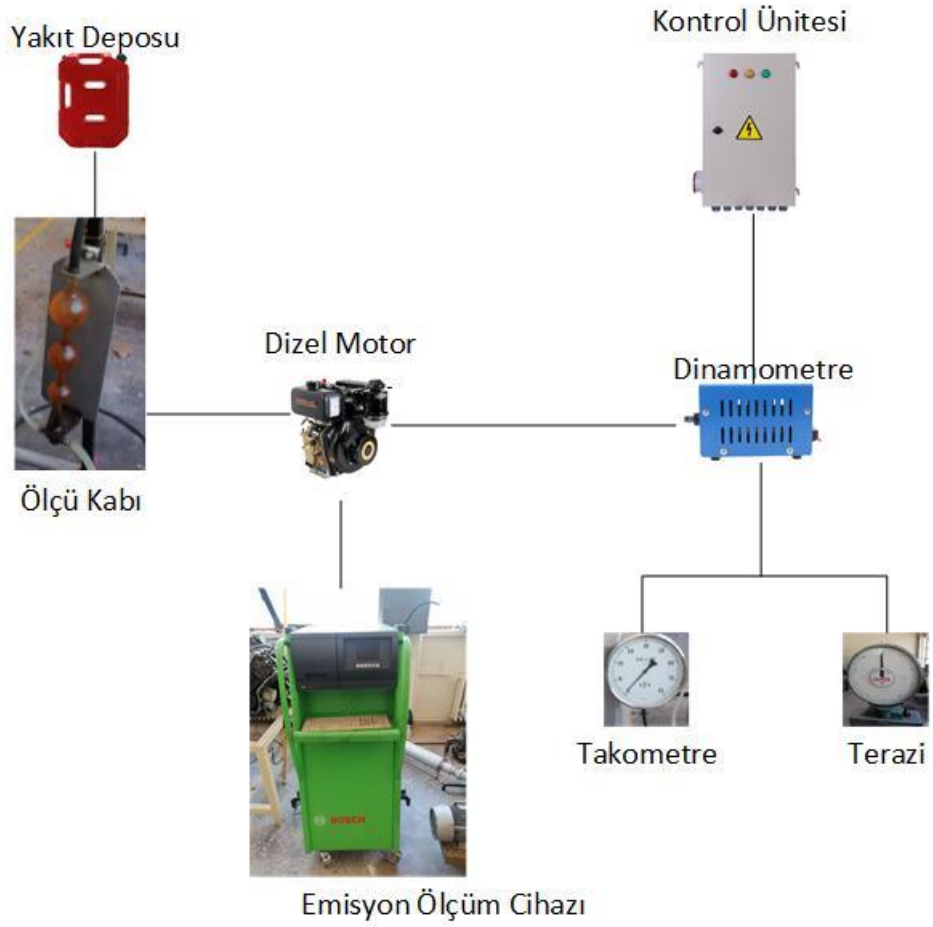
Deney düzeneğinde kullanılan aletler ve deneyin nasıl gerçekleştirildiği ile ilgili tüm bilgiler ve hesaplamalar aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır.

5.1. Deney Düzeneği

Deneyisel çalışmalarının yapılması için kullanılan deney düzeneği Şekil 5.1'de, test düzeneğinin şematik görüntüsü Şekil 5.2' de gösterilmiştir.



Şekil 5. 1. Deneysel çalışmada kullanılan dinamometre ve dizel motor.



Şekil 5. 2. Deney düzeneğine ait şema

Performans ve emisyon ölçüm deneyleri su freni tipinde dinamometrede yapılmıştır. Borghi Saveri Quick modeli dinamometrenin görüntüsü Şekil 5.3’de verilmiştir. Motorun soğutulması, şehir şebeke suyuna bağlı bir sistem sayesinde dinamometrenin yüklenmesi için kullanılan su ise bir tanktan sağlanmaktadır. Dinamometre terazisinden P kuvveti, takometreden n devir sayısı ölçülmüştür. Motor yarım yüklü halde durumda devir sayısı gaz kolu yardımıyla değiştirilmiştir.



Şekil 5. 3. Deneylerde kullanılan Borghi Saveri dinamometre

5.2. Deneylerde Kullanılan Dizel Motorlar

Dizel yakıtı (D100 yakıtı) ile karıştırılarak üretilen atık lastik yağı dizel yakıtı ve dietil eter karışımlarının kullanılması sonucunda egzoz emisyonu, motor gücü, motor momenti ve özgül yakıt tüketimi değerlerini tespit etmek için kullanılan motor Şekil 5.4’de gösterilmektedir. Deney motoruna ait özellikler Tablo 5.1’ de belirtilmiştir.



Şekil 5. 4. Deneysel çalışmada kullanılan dizel motor

Tablo 5. 1. Deneyde kullanılan dizel motorun teknik özellikleri

Marka / Model	Ford Transit 190 V
Silindir Sayısı	4
Silindir Hacmi	2496 cm ³
Güç	85 kW (4200 d/d)
Tork	270 Nm (2200 d/d)

Atık lastik yağı, dizel yakıtı ve dietil eter yakıt karışımlarının motor parçaları üzerindeki etkisini tayin etmek için Pancar motor kullanılmıştır. 60 saatlik çalışma sonunda piston, gömlek, enjektör memesi, supaplar ve egzoz dirseği incelenmiştir. Pancar Motora ait görsel Şekil 5.5’de teknik özellikler ise Tablo 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5. 5. Deneyde kullanılan pancar motor

Tablo 5. 2. Deneyde kullanılan pancar motorun teknik özellikleri

Marka / Model	Pancar Motor E89
Silindir Sayısı	1
Sıkıştırma Oranı	19/1
Silindir Hacmi	668 cm ³
Güç	9 BG
Devir	2200 d/d
Soğutma Şekli	Hava

5.3. Egzoz Emisyon Cihazı

Kullanılan yakıt karışımlarının egzoz emisyon değerlerinin ölçülmesi için Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği'nde bulunan Bosch marka egzoz gaz ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazda azot oksit ve hidrokarbon değerleri ppm olarak karbonmonoksit, karbondioksit ve is değerleri % cinsinden ölçülmektedir. Cihaz sayesinde devir sayısına bağlı

olarak emisyon değerlerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Emisyon ölçümünde kullanılan Bosch marka egzoz gazı emisyon ölçüm cihazının görüntüsü Şekil 5.6’da cihaz özellikleri ise Tablo 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5. 6. BOSCH marka egzoz emisyon ölçüm cihazı

Tablo 5. 3. Egzoz emisyon cihazının özellikleri

Bileşenler	Ölçüm Aralıkları	Hassasiyet
NO _x	0-5000 ppm	≤ 1 ppm
HC	0-9,999 ppm	1 ppm
CO	0-10 %	0,001 %
CO ₂	0-18 %	0,01 %
O ₂	0-21,7 %	0,01 %

5.4. Takometre

Motor parçalarının incelenmesi için Pancar motor 1500 d/d da çalıştırılmıştır. Ayrıca gürültü ölçümü 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 ve 2200 d/d da yapılmıştır. Bu amaçla Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde bulunan Yew marka, 3631 model takometre kullanılmıştır. Deney çalışmalarında kullanılan takometre görseli Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5. 7. Deneyde kullanılan takometre

5.5. Ses Ölçüm Cihazı

Pancar motorun farklı yakıt karışımları ile çalıştırılmasında motor gürültüsünü ölçmek için Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde bulunan Norsonic marka nor131 modeli ses ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın görüntüsü Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5. 8. Deneyde kullanılan ses ölçüm cihazı

Dinamometre testlerinde devir sayısı dinamometre ünitesi üzerinde bulunan takometreden okunmuştur.

5.6. Deney Yakıtları

Testlerde kullanılmak üzere dizel yakıtına hacimce farklı oranlarda atık lastik yağı eklenerek 7 farklı karışım hazırlanmıştır. Bu karışımlar %5 atık lastik yağı+%95 dizel, %10 atık lastik yağı+%90 dizel, %15 atık lastik yağı+%85 dizel, %5 dietil eter+%15 atık lastik yağı+%85 dizel, %7 dietil eter+%15 atık lastik yağı+%85 dizel, %25 dizel +%75 atık lastik yağı, %7 dietil eter +%25 dizel +%75 atık lastik yağı olarak hazırlanmıştır ve sırasıyla yukarıda belirtildiği gibi D95ALY5 yakıtı, D90ALY10 yakıtı, D85ALY15 yakıtı, D85ALY15DEE5 yakıtı, D85ALY15DEE7 yakıtı, D25ALY75 yakıtı, D25ALY75DEE7 yakıtı olarak adlandırılmıştır.

Deneyde kullanılan yakıtlar bir karıştırıcı yardımı ile karıştırılmıştır. %3, %5, %7 ve %9 dietil eter karışımları göz önüne alınmış ve % 7 den fazla artırmanın yararlı olmadığı görülmüştür. Kıyaslamalarda %5 ve %7 dikkate alınmıştır. Bu nedenle 60 saatlik çalışmada % 7 dietil eter ve atık lastik yağının etkisini fazla görebilmek için % 75 atık lastik yağı-%25 dizel yakıtı kullanılmıştır.

Deney çalışmalarında kullanılan ham atık lastik yağı, saf dizel ve dizel yakıtı - atık lastik yağı - dietil eter yakıt numuneleri Şekil 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5. 9. Deneylerde kullanılan yakıt karışım numuneleri

Deneylere motor rejimi düzeldikten ve uygun çalışma sıcaklığına ulaşıldıktan sonra ilk olarak saf dizel yakıtı kullanılarak başlanmıştır ve değerler kaydedilmiştir. Sonrasında atık lastik yağı, dietil eter ve dizel yakıt karışımlarıyla sırasıyla ölçümlere devam edilmiştir. Deneylerde kullanılan yakıt karışımlarının özellikleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından tespit edilmiştir. Dizel yakıtının özellikleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5. 4. Dizel yakıt özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	840,1	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,804	TS EN ISO 3104
Parlama Noktası	°C	70,5	TS EN ISO 2719
Karbon Kalıntısı	%(m/m)	0,013	TS EN ISO 10370
Setan Sayısı		53.8	TS EN ISO 5165
Üst Isıl Değer	cal/g	10969	ASTM D 240
Alt Isıl Değer	cal/g	10287	ASTM D 240

Tablo 5.5'te Atık lastik yağına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 5. Atık lastik yağı özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	919,1	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	3,594	TS EN ISO 3104
Parlama Noktası	°C	24,5	TS EN ISO 2719
Karbon Kalıntısı	%(m/m)	1,011	TS EN ISO 10370
Setan Sayısı		24,7	TS EN ISO 5165
Üst Isıl Değer	cal/g	10363	ASTM D 240
Alt Isıl Değer	cal/g	9851	ASTM D 240
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	°C	-1	TS EN 116
Kükürt Miktarı	%(m/m)	0,843	TS EN ISO 8754

Tablo 5.6'da D95ALY5 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 6. %95 Dizel + %5 Atık lastik yağı özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	843,5	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,857	TS EN ISO 3104
Setan Sayısı		49,9	TS EN ISO 5165

Tablo 5.7'de D90ALY10 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 7. %90 Dizel + %10 Atık lastik yağı özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	847,6	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,875	TS EN ISO 3104
Setan Sayısı		49,4	TS EN ISO 5165

Tablo 5.8’de D85ALY15 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 8. %85 Dizel +%15 Atık lastik yağı özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	851,5	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,872	TS EN ISO 3104
Setan Sayısı		49,1	TS EN ISO 5165

Tablo 5.9’da D85ALY15DEE5 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 9. %85 Dizel + %15 Atık lastik yağı + %5 Dietil eter özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	845,6	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,452	TS EN ISO 3104
Setan Sayısı		48,5	TS EN ISO 5165

Tablo 5.10’da D85ALY15DEE7 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 10. %85 Dizel + %15 Atık lastik yağı + %7 Dietil eter özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Yoğunluk 15°C	kg/m ³	843,3	TS EN ISO 12185
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,415	TS EN ISO 3104
Setan Sayısı		49,7	TS EN ISO 5165

Tablo 5.11’de D25ALY75 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 11. %25 Dizel + %75 Atık lastik yağı özellikleri

Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	3,372	TS EN ISO 3104

Tablo 5.12’de D25ALY75DEE7 yakıt karışımına ait kimyasal özellikler verilmiştir.

Tablo 5. 12. %25 Dizel + %75 Atık lastik yağı + %7 Dietil eter özellikleri

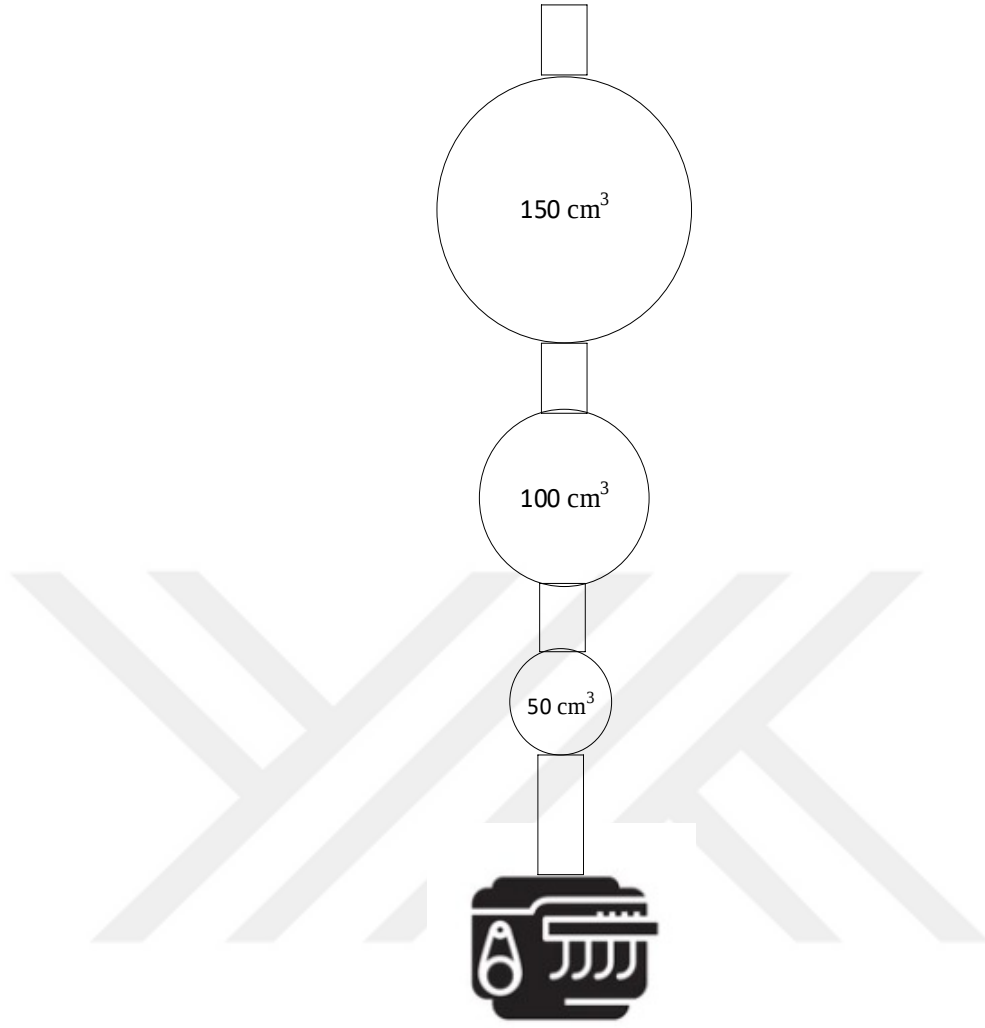
Analiz	Birimi	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Kinematik Viskozite 40°C	mm ² /s	2,830	TS EN ISO 3104

5.7. Yakıt Tüketimi Ölçümü

Yapılan deney çalışmalarında yakıt tüketimini ölçmek için dereceli kap kullanılmıştır. Depodan gelen yakıt hacmi belirli cam balonlardan geçerken kronometre yardımıyla süre ölçülmüştür. Böylece yakıt debisi bulunmuştur. Hazırlanan ölçüm düzeneği Şekil 5.10'da şematik görünümü Şekil 5.11'de verilmiştir. Ölçülen yakıt tüketim değerleri, özgül yakıt tüketimi hesaplamalarında kullanılmıştır.



Şekil 5. 10. Hazırlanan ölçüm düzeneği



Şekil 5. 11. Yakıt ölçüm düzeneği şeması

5.8. Motor Parçalarının Temizlenme İşlemi

Deney çalışmalarında kullanılan atık lastik yağı ve dietil eter katkılı yakıt karışımlarının motor parçaları üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla silindir kafası ve silindir gömleği motor temizlenmiş, piston, segmanlar, supaplar ve enjektör memesi değiştirilmiştir. Her farklı yakıtla çalışmada bu işlem tekrarlanmıştır. Kullanılan Pancar marka dizel motorunun sökülmüş hali Şekil 5.12’de ve temizlenen silindir kapağının görüntüsü Şekil 5.13’de, külbütörler ise Şekil 5.14’de verilmiştir.



Şekil 5. 12. Pancer motor sökülmüş hali



Şekil 5. 13. Temizlenen motor silindir üst kapağı



Şekil 5. 14. K lb t rler

Şekil 5.15’de piston sanayiden temin edildiği hali ve Şekil 5.16’da ise supapların sanayiden temin edildiği halleri verilmiştir.



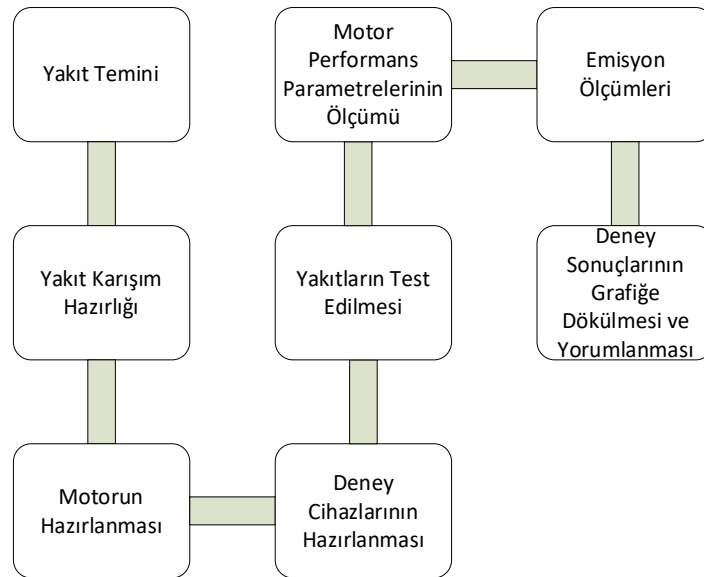
Şekil 5. 15. Piston



Şekil 5. 16. Egzoz ve Emme supabı

5.9. Yakıt Karışımlarının Dizel Motorda Test Edilmesi

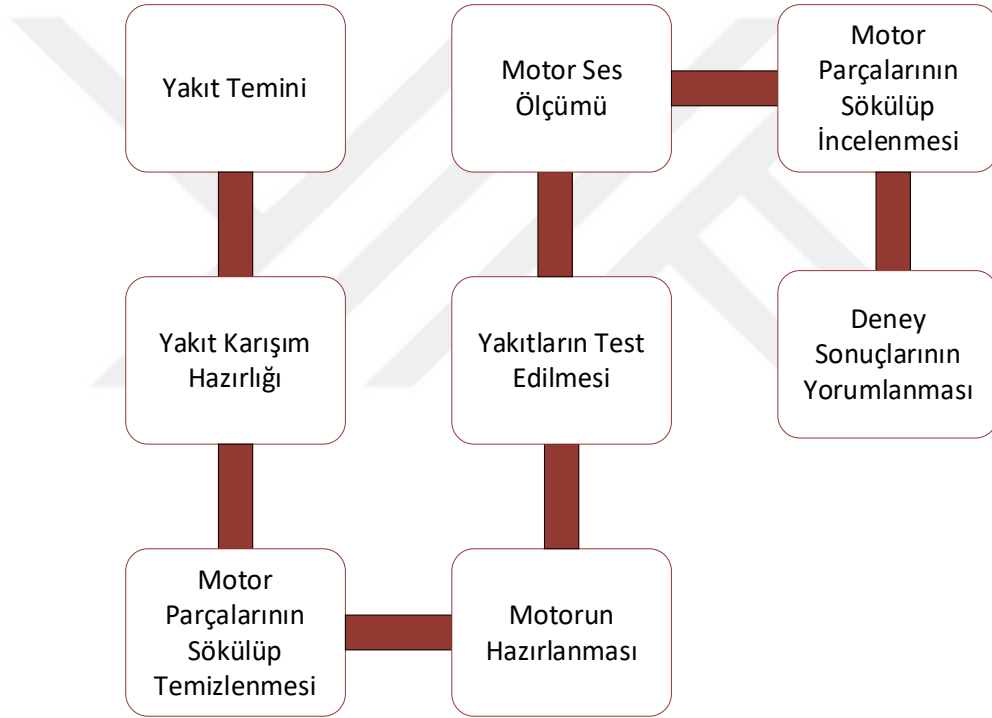
Motor çalışma durumu uygun hale geldikten sonra 800, 1200, 1600 ve 2000 d/d ve sabit yük durumunda, D100 yakıtı kullanılarak deney çalışmalarına başlanılmıştır. Daha sonra sırasıyla hazırlanan D95ALY5, D90ALY10, D85ALY15, D85ALY15DEE5 ve D85ALY15DEE7 yakıtlar 800, 1200, 1600 ve 2000 d/d olmak üzere toplam 4 farklı devir aralığında için yakıt karışımları test edilmiştir. Deneyler esnasında hazırlanan her bir yakıt karışımı için belirlenen her devir durumunda motor performansı, emisyon değerleri ve yakıt tüketimi ölçümleri yapılmıştır. Çıkan sonuçlar not edilerek doğrudan veya hesaplamalarda kullanılmıştır. Deney çalışmalarının akış şeması Şekil 5.17’de gösterilmiştir.



Şekil 5. 17. Deney akış diyagramı

Deney çalışmalarında dietil eter katkı maddesinin hazırlanan yakıt karışımları üzerindeki etkisini daha iyi incelemek amacıyla hacimsel olarak belirlenen; %3, %5, %7 ve %9 dietil eter oranları D85ALY15 yakıtına sırasıyla eklenerek; D85ALY15DEE3, D85ALY15DEE5, D85ALY15DEE7 ve 2000 d/d değeri için her bir yakıt karışımının motor performansı, emisyon değerleri ve yakıt tüketimi ölçümleri yapılmıştır. Böylece en uygun dietil eter oranı tespit edilmiştir.

Özellikle atık lastik yağının ve dietil eter katkısının motor parçaları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla hazırlanan yakıt karışımları D25ALY75 ve D25ALY75DEE7 ve D100 yakıtı ile 1500 d/d' da 60 saatlik çalışma süresi sonucunda motor parçaları sökülerek parçaların fotoğrafları çekilerek yorumlama yapılmıştır. Parçalardaki kalıntı durumu tespit ve gürültü ölçümü için deney çalışmalarının akış şeması Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5. 18. Pancar motor için deney akış diyagramı

5.10. Deneysel Hesaplamalar

Bir motorun motor gücü, momentı ve yakıt tüketim değerlerinin hesaplanabilmesi için motor test ünitesinde yani su freni tipinde dinamometrede bazı ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Bu ölçümler dinamometre testleri sonucunda elde edilmiş olup bilinen formüller kullanılarak hesap yapılmıştır. Aşağıda hesaplamalar açıklanmıştır. Motor efektif gücü, motor momentı ve özgül yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

5.10.1. Motor Döndürme Momentinin Hesaplanması

Kullanılan deney düzeneğinde dinamometre moment kolu uzunluğu L (m), terazide okunan kuvvet P (kg) olup döndürme momenti Denklem 5.1’de verilen eşitlik ile hesaplanmıştır. Döndürme momenti M_d ;

$$M_d = P * L \text{ (kgm)} \quad (5.1)$$

Moment kolu uzunluğu 0.716 m’dir. Döndürme momenti:

$$M_d = P * 0.716 * 9.8076 \text{ (Nm)} \quad (5.2)$$

olarak hesaplanır.

5.10.2. Motor Efektif Gücünün Hesaplanması

Moment kolu uzunluğu 0.716 m ve devir sayısı d/d olarak takometreden okunuyorsa efektif güç değeri Denklem 5.3’de verilen eşitlik ile hesaplanır.

$$N_e = \frac{P * n}{1000 * 1.36} \text{ (kW)} \quad (5.3)$$

Burada;

P = Kuvvet

n = Motor devri (d/d)

N_e = Efektif motor gücü (kW)

5.10.3. Özgül Yakıt Tüketiminin Hesaplanması

Özgül yakıt tüketimi, motorun saatte birim güç başına tükettiği yakıt miktarı şeklinde ifade edilir. Yakıt tüketimi açısından motorun ekonomikliği özgül yakıt tüketimi ile ifade edilir. Özgül yakıt tüketiminin hesaplanması Denklem 5.4’de verilmiştir.

$$b_e = (3600 * \Delta V * \gamma_y) / (N_e * \Delta t) \text{ (g/kWh)} \quad (5.4)$$

Denklem 5.4’de verilen eşitlikte;

b_e = Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

γ_y = Yakıt özgül ağırlığı (kg/cm³)

ΔV = Harcanan yakıt hacmi (cm³)

N_e = Efektif motor gücü (kW)

Δt = Yakıt tüketim süresi (s)’ dir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Dizel, dizel-atık lastik yağı ve dizel-atık lastik yağı-dietil eter yakıt karışımlarının motor performans parametrelerine ve egzoz emisyon değerlerine etkisini kıyaslamak için hazırlanan karışımlar kullanılarak 800, 1200, 1600 ve 2000 d/d olmak üzere 4 farklı motor devrinde ve sabit yük şartlarında çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm testlerin sonuçları grafikler halinde verilerek motor performans parametreleri ve egzoz emisyon ölçüm değerleri karşılaştırmalı olarak bu bölümde değerlendirilmiştir. Pancar motorda 60 saatlik çalışma sonunda parçaların fotoğrafları karşılaştırılmıştır. Hazırlanan yakıt karışımlarının motor sesine etkisi de bu başlık altında değerlendirilmiştir.

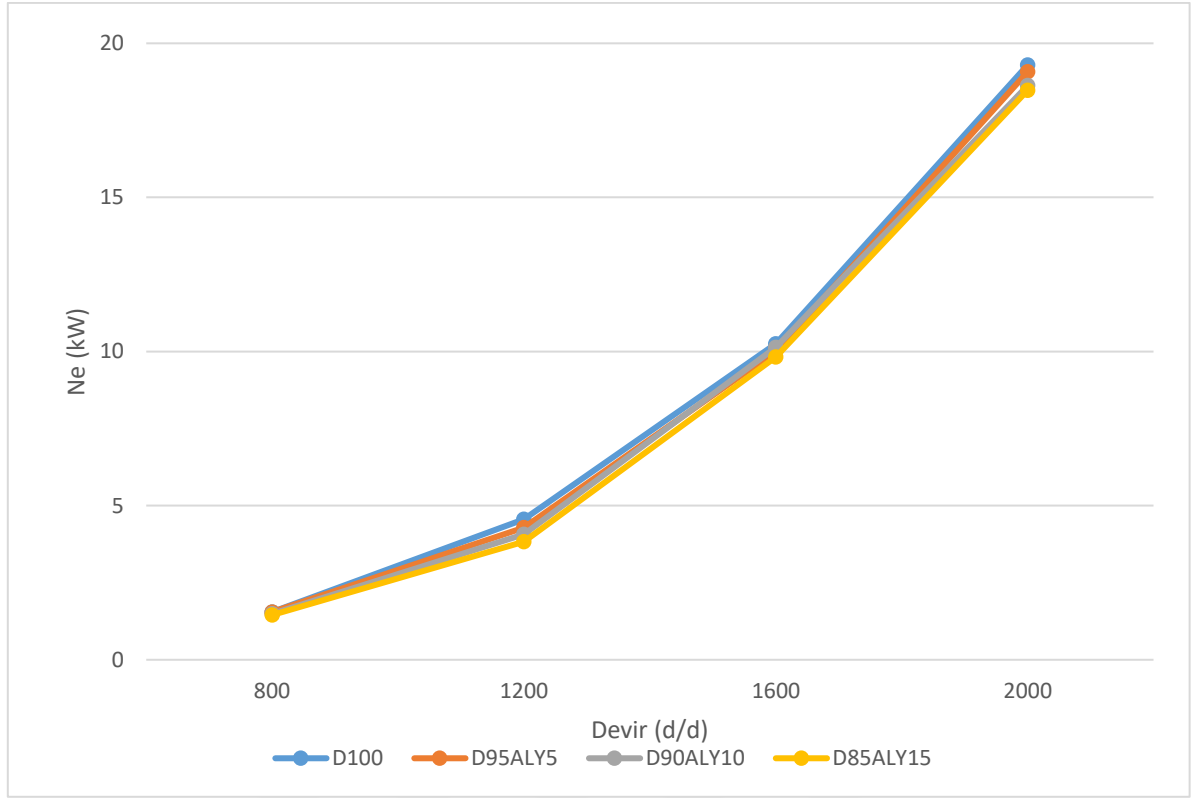
6.1. Motor Performans Testi

Motorun çalışmasında motor gücü, motor momenti, tüketilen yakıt miktarı gibi parametrelerin tespiti motor performansı olarak adlandırılır. Yapılan deneylerde ölçümlerin minimum hata payı ile yapılması, hesaplanması ve grafikler ile karşılaştırılmalı olarak gösterilmesi gerekir.

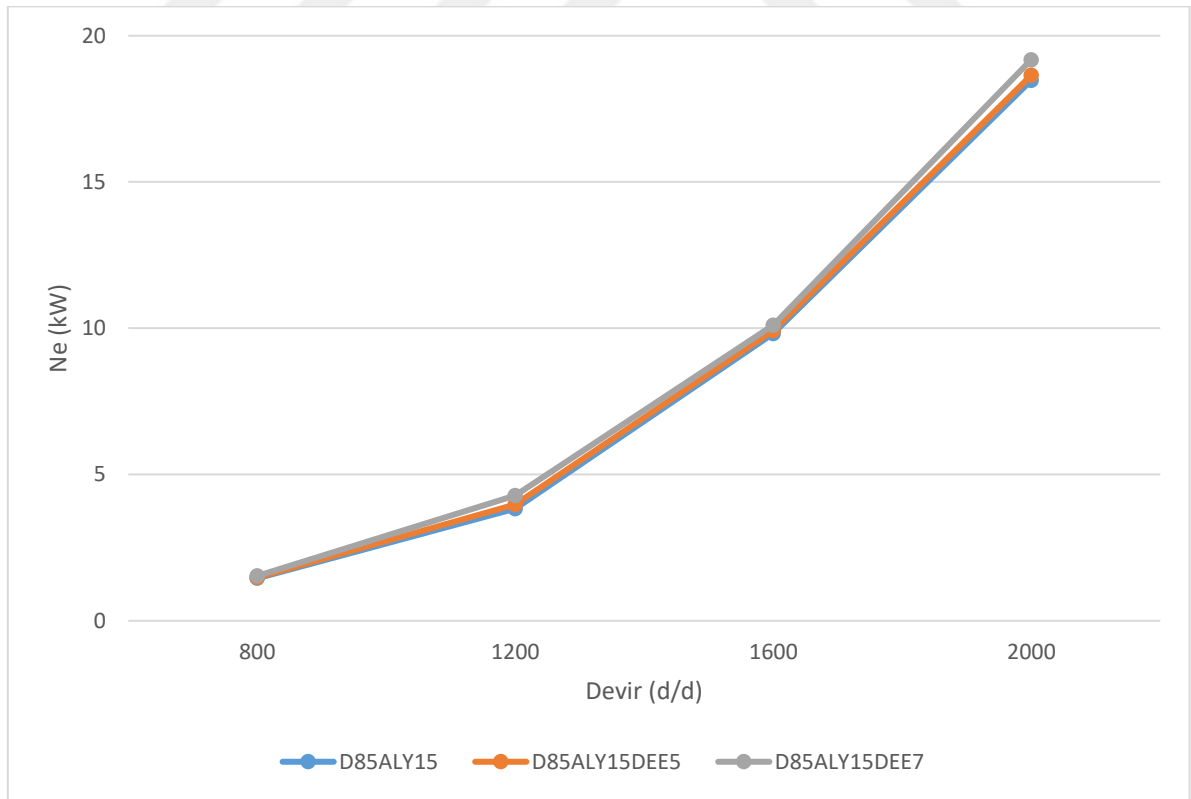
6.1.1. Motor Gücü

Motor gücünün motor devrine bağlı olarak değişimi grafik haline getirilerek değerlendirilmiştir. Şekil 6.1’de saf dizel ve atık lastik yağı karışımları ve Şekil 6.2’de saf dizel, atık lastik yağı karışımlarına dietil eter etkisi gösterilmiştir. Hazırlanan yakıt karışımlarıyla birlikte belirlenen motor devirlerinde ve sabit yük durumunda motor gücüne etkisi gösterilmiştir. Oluşturulan grafikler incelendiğinde motor gücünün olması gerektiği gibi yüksek devirlere doğru arttığı gözlenmiştir. Dietil eter ile hazırlanan yakıt karışımlarında daha stabil güç değerleri elde edildiği gözlenmiştir. 2000 d/d’den sonra motor gücü düşüş göstermiş ancak motoru zorlamamak açısından deneylerde maksimum devir 2000 d/d olarak belirlenmiştir. Motor karakteristik eğrilerinde güç bir maksimumdan sonra düşmeye başlar. Belirli bir devirin üzerinde güçte düşme meydana gelir. Bunun sebepleri motor parçalarında oluşan sürtünmeler ve volümetrik verimin düşmesi ve iyi bir yanmanın gerçekleşmemesi olarak açıklanabilir.

Deneylerde su freni yarım yüklü durumda bırakılmış ve devir sayısı değiştirilmiştir. Tam yük konumunda veya tam gaz durumunda çalıştırılıp yükleme yapılsaydı güç değerlerinin daha yüksek çıkması beklenebilirdi. Teorik motor gücüne göre değerlerin düşük olmasının sebebi böyle açıklanabilir. Dinamometrede soğutma kulesi olmadığından yani dinamometre suyu bir tanktan beslendiği için uzun süreli çalışmalarda çabuk ısınmaktadır. Bu da deney sürelerinin uzamasına sebep olduğundan dolayı yarım yük durumunda kıyaslamalar yapılmıştır.



Şekil 6. 1. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının motor gücüne etkisi



Şekil 6. 2. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının motor gücüne etkisi

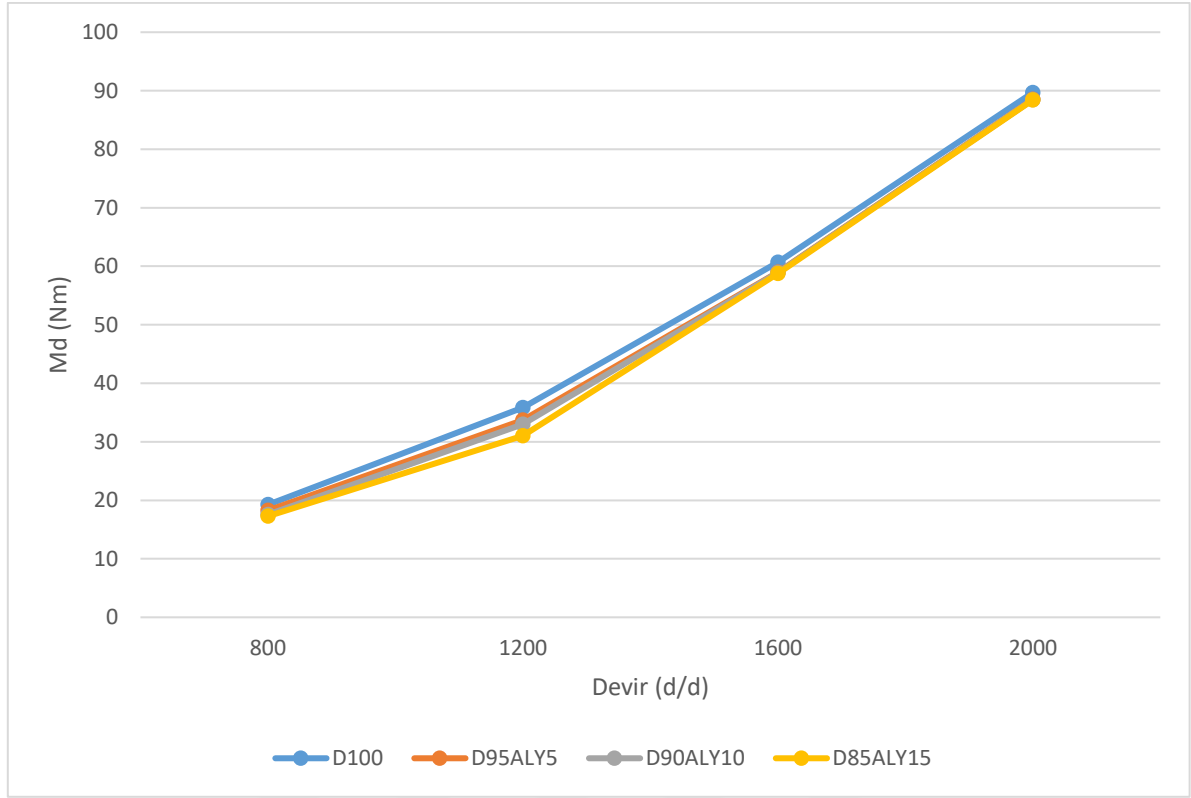
Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de görüldüğü üzere dietil eklentili deney karışım yakıtlarının motor gücünde standart dizel yakıtı değerine oldukça yaklaştığı gözlenmiştir. 2000 d/d motor devrinde, tüm deney yakıtlarında motor gücü maksimum seviyeye ulaşmıştır. D100 yakıtı belirlenen tüm motor devirlerinde en yüksek değerleri vermiştir. Atık lastik yağı oranı arttıkça düşmeler gözlemlenirken, dietil eter etkisiyle bu düşmeler ortadan kalmıştır. Dizel yakıtının ısı değeri daha yüksek olması güç artışı için bir etkidir.

Dizel yakıtına atık lastik yağı ilave edilmesi ve belirlenen oranlarda atık lastik yağı yüzdesinin artması efektif motor gücü değerlerini azaltmıştır. Azalmanın sebepleri arasında atık lastik yağının ısı değeri standart dizel yakıtından daha düşük olması veya dizel yakıtına göre düşük setan sayısına sahip olması gibi özelliklerle açıklanabilir. En düşük motor gücü D85ALY15 yakıtında görülmektedir. Güç değerlerinin düşük çıkma sebebi ise artan oranda atık lastik yağı ile açıklanabilir. Yapılan bir diğer çalışmada [5], farklı piroliz sıcaklık değerleri sonrasında elde edilen atık lastik yağı sonrasında motor performansını artırılabilceği ifade edilmiş ve farklı sıcaklıklardan elde edilen atık lastik yağında hacimce farklı oranlarda dizel yakıtla karıştırılması sonrasında dizel yakıtla çalışmaya göre motor güç değerlerinde düşüşler gözlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada [60] atık lastik yağı ve dizelle çalışma sonrasında elde edilen güç değerlerinin dizelle çalışmaya göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında da artan oranlarda ilave edilen atık lastik yağı sonrasında motor gücünde düşüşler gözlenmiştir.

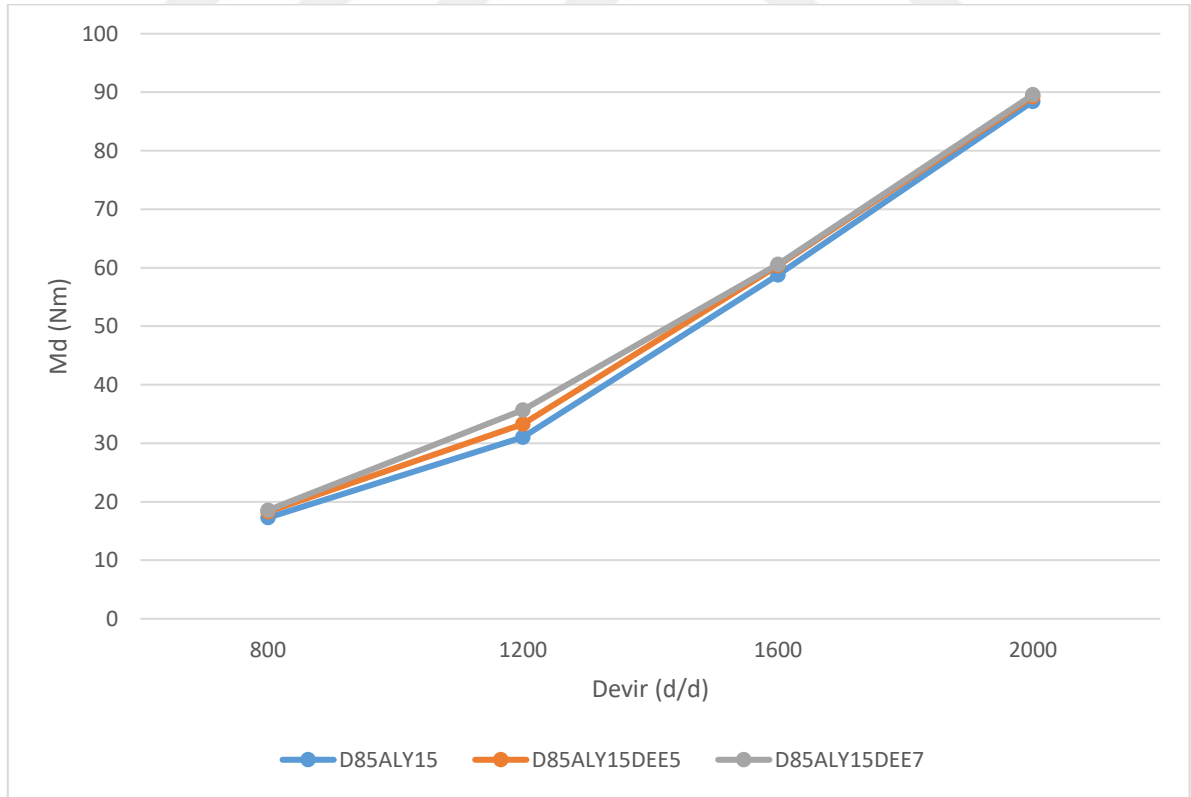
6.1.2. Motor Döndürme Momenti

İçten yanmalı bir motorun moment özelliği incelendiğinde devir sayısına bağlı olarak moment miktarı belirli bir maksimum noktaya ulaştıktan sonra düşme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi ise belirli bir devirden sonra motor içine alınan hava miktarının azalmasından kaynaklı olduğu söylene bilir. Motor içine alınan hava miktarının azalmasıyla birlikte yanma odasında iyi bir yanma gerçekleşmez ve bunun sonucunda silindir içi basıncın da düşme olur. Silindir içinde düşen basınç, moment özelliğini oluşturan yanma kuvvetinin azalmasına yol açar. Genellikle motorun maksimum momentinin görüldüğü devir gücün maksimum değerinin görüldüğü devirden daha düşüktür.

Şekil 6.3’ te görüldüğü üzere farklı devir oranlarında yakıt karışımlarının motor momentine etkisi gösterilmiştir. Şekil 6.4’te ise yakıt karışımlarına dietil eter eklenmesinin motor momentine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 6. 3. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının motor momentine etkisi



Şekil 6. 4. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının motor momentine etkisi

Grafikler incelendiğinde; Şekil 6.3’de görüldüğü gibi en yüksek moment değerine D100 yakıtında ve 2000 d/d ‘da ulaşılmıştır. En düşük moment değerlerine ise D85ALY15 yakıtında rastlanılmıştır. Hazırlanan yakıt karışımlarında, artan atık lastik yağı oranıyla motor momentinde grafikte görüldüğü gibi küçük düşüşler görülmektedir. D100 yakıtına göre diğer test örneklerinde D95ALY5 yakıtı, D90ALY10 yakıtı, D85ALY15 yakıtları daha düşük değerlerde moment üretmiştir. Bunun sebebinin bu yakıtların ısı değerinin dizel yakıtı göre daha düşük olmasından dolayı yanma sonu silindir basıncının düşük kalması ve moment değerlerinde azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

Atık lastik yağının özelliklerinden dolayı bu durum öngörülmüş ve bunun için dietil eter katkı maddesinin yakıt karışımlarına etkisini incelemek için moment değerlerinde en düşük değerlere sahip D85ALY15 yakıtına farklı oranlarda dietil eter ilavesi yapılmıştır. Oluşan yeni yakıtlar D85ALY15DEE5 ve D85ALY15DEE7 olarak isimlendirilmiştir. Şekil 6.4’de görüldüğü gibi D85ALY15 yakıtına dietil eter eklenmesiyle birlikte moment değerlerinde artış gözlenmiş ve kıyaslama yapılmıştır. Dietil eter etkisiyle birlikte D85ALY15DEE7 yakıtının moment değeri D85ALY15 değerine göre arttığı gözlenmiştir. D85ALY15DEE5 değerinde de artış görülmekte ama D85ALY15DEE7 yakıtına göre daha düşüktür. Motor gücü ve döndürme momenti açısından yapılan bir başka çalışmada [4], motorda herhangi bir değişikliğe gidilmeden atık lastik yağı karışımlarının dizel bir motorda verimli bir şekilde değerlendirilebileceği ifade edilmiştir ve belirtilen bu çalışma da artan oranda eklenen atık lastik yağı sonrasında moment değerlerinde düşme gözlenmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında da artan oranlarda ilave edilen atık lastik yağı sonrasında moment değerlerinde düşüş gözlemlenirken atık lastik yağı-dizel yakıtına ilave edilen dietil eter sonrasında bir miktar iyileşme gözlenmiştir.

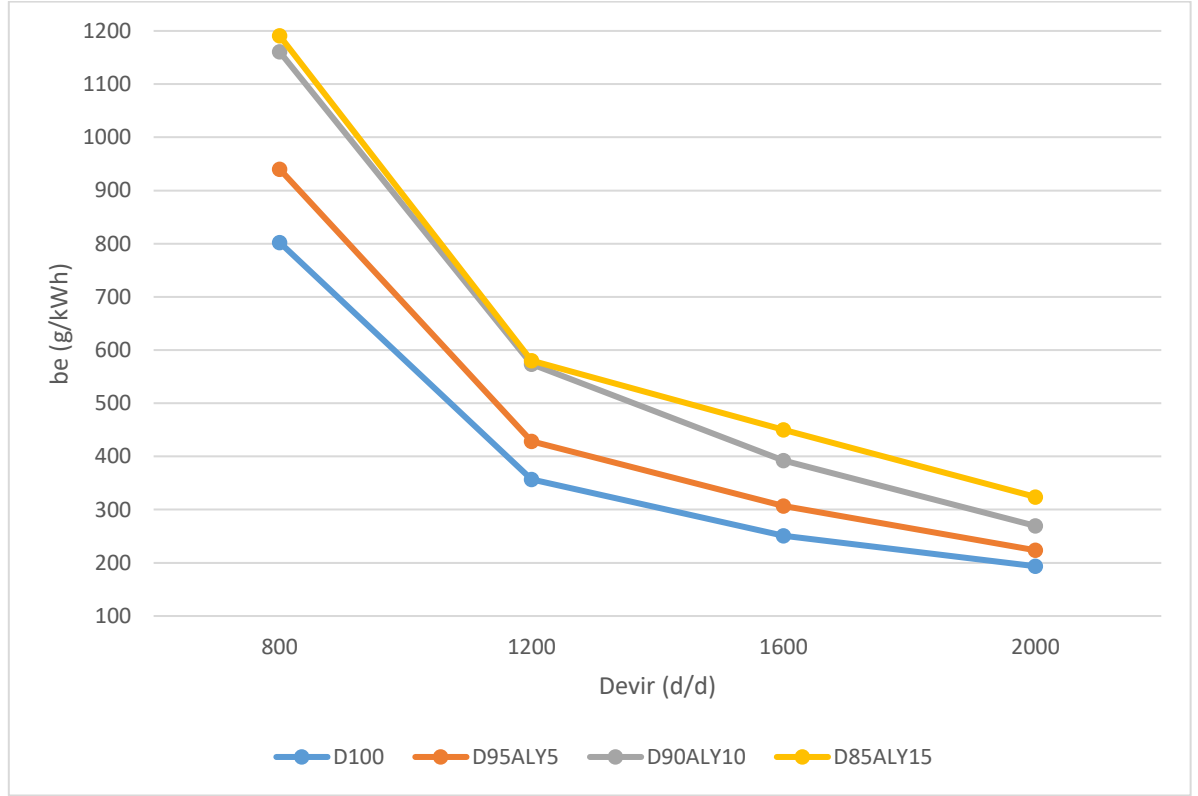
6.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi

Farklı oranlarda hazırlanan deney yakıt içeriklerinin farklı motor devir sayılarında özgül yakıt tüketimine etkileri incelenmiştir. Birim güç başına harcanan yakıt sarfiyatı özgül yakıt tüketimi olarak değerlendirilmektedir. Hazırlanan deney yakıtlarının içerdiği farklı yoğunluk ve kalorifik değerleri yakıt tüketiminin bir göstergesidir. Özgül yakıt tüketiminde yakıtların kimyasal özellikleri, motorun silindir sayısına, hacmine, yanma odası tasarımı ve sıkıştırma oranı gibi değişkenlere göre farklılık göstermektedir.

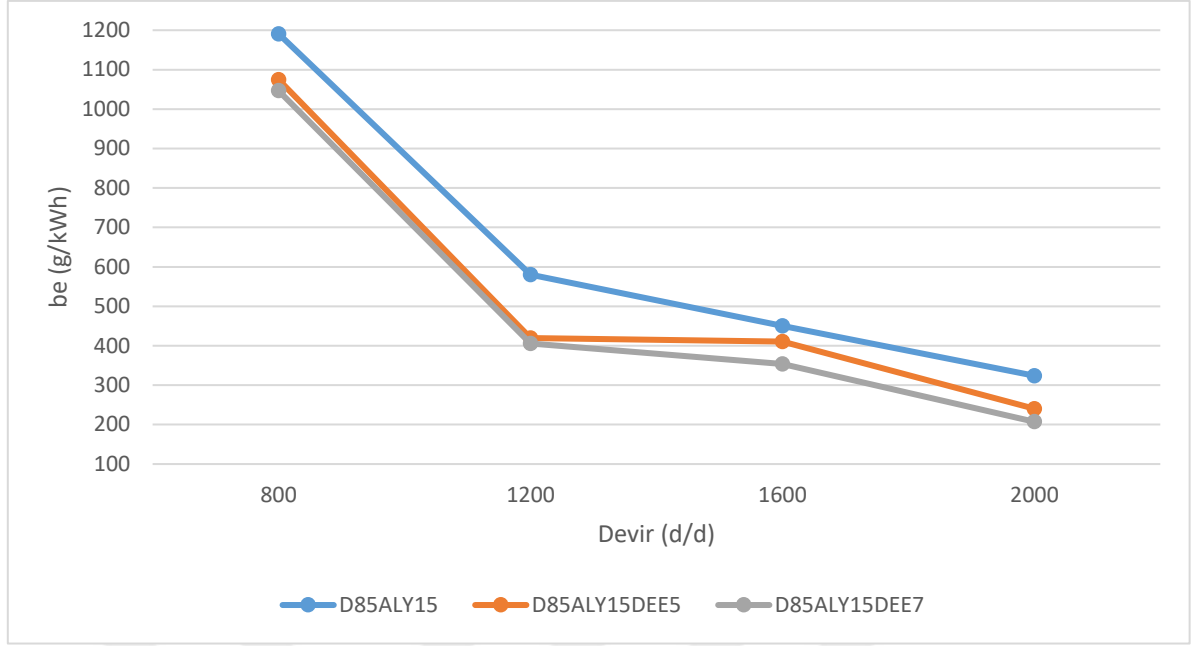
Özgül yakıt tüketimi, motor devrinin artışıyla birlikte önce belirli bir minimum noktaya kadar azalma göstermekte ve bu minimum noktadan sonra devir sayısının daha da artırılması ile birlikte artış eğilimine girmektedir. Motor ilk çalıştırıldığında, sürtünmeler ve enerji kayıpları daha fazladır, bu nedenle özgül yakıt tüketimi değeri yüksektir. Motor devri artırıldığında, özgül yakıt tüketiminde belirli bir noktaya kadar düşüşe neden olur. Ancak özgül yakıt tüketiminin minimum noktasından sonra, artan yük ile birlikte motor hızı da artar ve bu da daha fazla yakıt tüketimini

gerektirir. Bu nedenle, silindir içine gönderilen yakıt miktarının artışı özgül yakıt tüketimi değerlerinde de artışa neden olur.

Şekil 6.5’de D100, D95ALY5, D90ALY10 VE D85ALY15 yakıtlarının özgül yakıt tüketim değişimleri verilmiştir. Şekil 6.6’da D85ALY15,D85ALY15DEE5 ve D85ALY15DEE7 yakıtlarının özgül yakıt değişimleri verilmiştir.



Şekil 6. 5. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi



Şekil 6. 6. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi

Şekil 6.5’de D100 referans yakıtının diğer yakıt karışımlarına göre özgül yakıt tüketiminin daha az olduğu gözlenmiştir. Tüm yakıt karışımları için 800 d/d değerinde en yüksek yakıt sarfiyatlarına ulaştığı gözlenmiştir. Şekil 6.6’da D85ALY15 referans yakıtının diğer D85ALY15DEE5 ve D85ALY15DEE7 yakıtına göre özgül yakıt tüketim değerlerinin yüksek olduğu gözlemlenirken, dietil eter ilavesiyle birlikte özgül yakıt tüketimin ciddi düşüşler gözlenmektedir. Grafikler incelendiğinde özgül yakıt tüketiminin motor devrinin artışıyla ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Özgül yakıt tüketimindeki düşüş, motor efektif güç değerlerinde artış olarak kendini göstermektedir. Yapılan bir diğer çalışmada [61], atık lastik yağı dizel karışımlarında özgül yakıt tüketiminde dizel yakıtla çalışmaya göre artış olduğu gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında da artan oranlarda eklenen atık lastik yağı sonrasında özgül yakıt tüketiminde artış gözlenmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada [7], yakıt alternatifi olarak seçilen dizel-dietil eter karışımı sonrasında dizel motorda dietil eter ilavesinin özgül yakıt tüketimini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan bir çalışmada [9] motorin-dietil eter karışımında özgül yakıt tüketiminde iyileşmeler gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında ki sonuçlarda da dietil eter ilavesinin özgül yakıt tüketim değerlerinde iyileştirme yaptığı saptanmıştır.

6.2. Egzoz Emisyon Ölçüm Değerleri

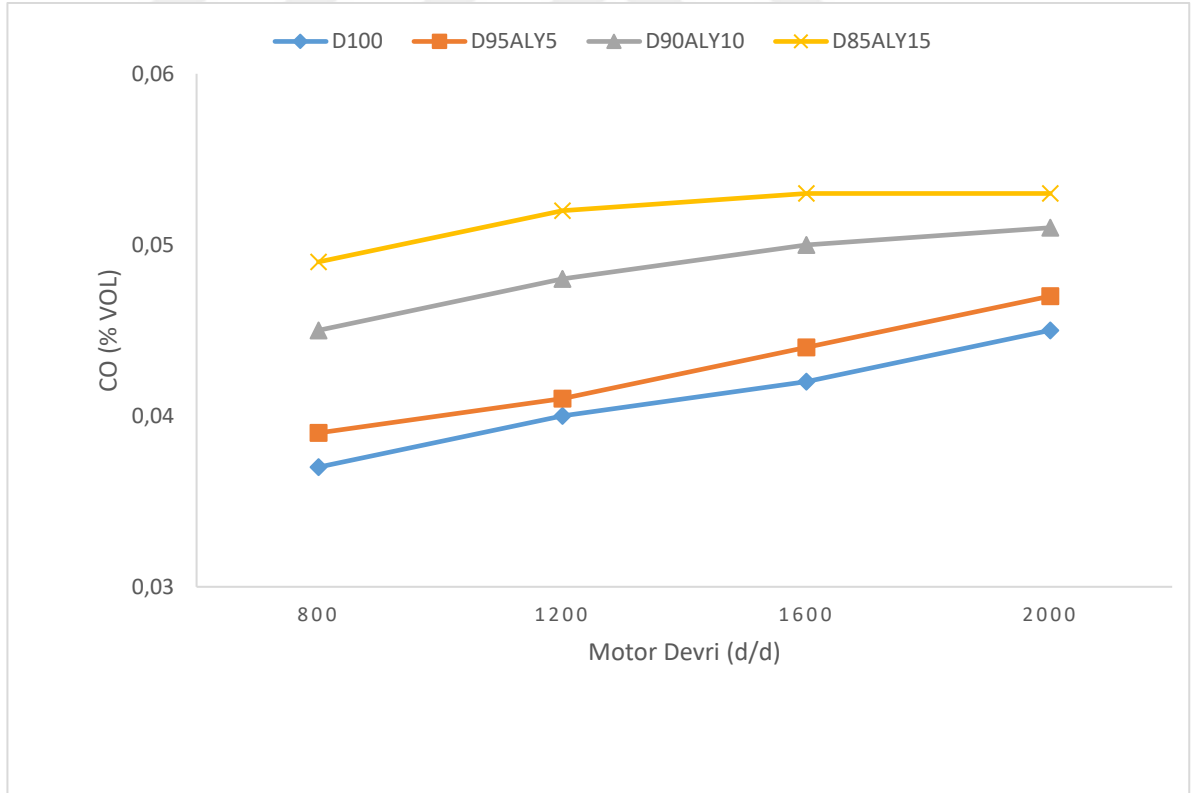
İçten yanmalı motorlarda, hava ve yakıtın silindir içindeki kimyasal reaksiyonları sonucu ısı enerjisi üretir ve bu enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürülerek motorun çalışması sağlanır. Bu yanma reaksiyonları sonucunda, CO, CO₂, NO_x, HC, is ve kükürt oksitleri gibi çevre ve insan

sağlığı için ciddi tehditler oluşturan zararlı gaz emisyonları oluşur. Bu nedenle, yakıt seçimi yapılırken bu emisyonların minimum seviyelere indirilmesi hedeflenir.

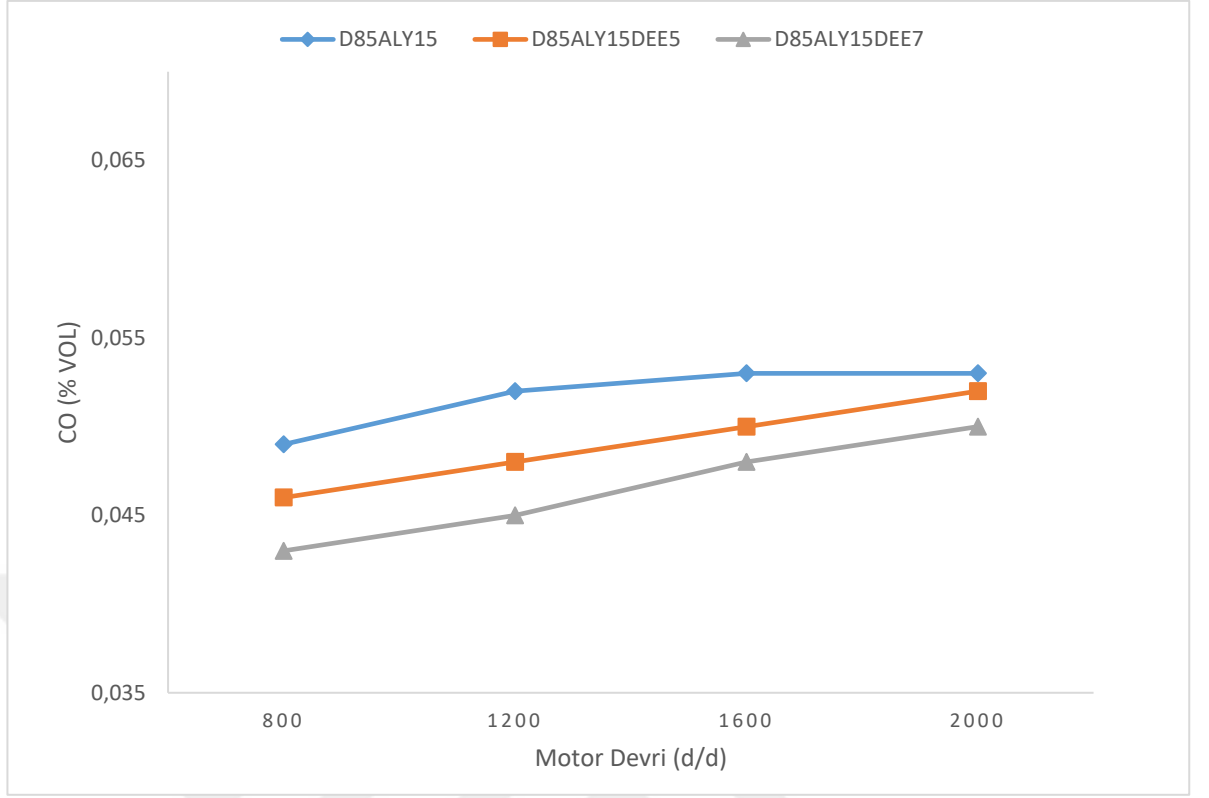
Bu tez çalışmasının amaçlarından biri de dizel yakıtına belli oranlarda karıştırılan atık lastik yağı ve dietil eter yakıt karışım oranlarının motor egzoz emisyon parametreleri üzerinde nasıl bir etki gösterdiğini araştırmaktır. Gerçekleştirilen deney sonrasında ölçülen egzoz emisyon değerleri grafik haline getirilmiştir. Aşağıda yer alan başlıklarda bu emisyonların değerlendirmeleri yapılarak yorumlanmıştır.

6.2.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu

İçten yanmalı motorlarda, silindir içinde yanma reaksiyonun gerçekleşmesi için sürenin kısıtlı olması nedeniyle hidrokarbon içeren yakıtlar, eksik yanma sonucu CO emisyonlarına neden olabilir [63]. Karbon molekülleri, silindir içerisinde oksijen yetersizliğinden dolayı CO₂ yerine CO molekülleri olarak egzozdan atmosfere salınır. Şekil 6.7’de deneysel uygulamalarda hazırlanan D100, D95ALY5, D90ALY10 ve D85ALY15 yakıt karışımlarına ait ortaya çıkan karbonmonoksit emisyonuna ait veriler grafikte verilmiştir.



Şekil 6. 7. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının CO Emisyonuna etkisi



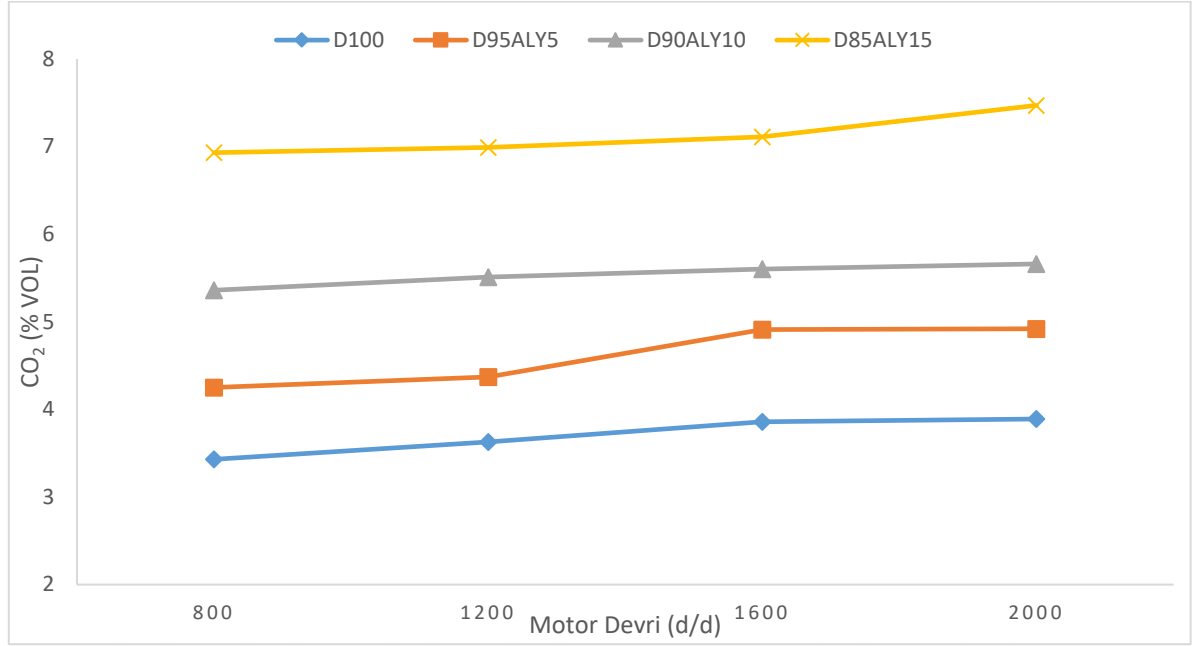
Şekil 6. 8. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının CO Emisyonuna etkisi

Şekil 6.7’de görüldüğü gibi deney çalışmalarında referans olarak kullanılan D100 yakıtına artan oranlarda atık lastik yağı ilavesinin CO emisyonlarını ciddi şekilde arttırdığı gözlenmiştir. Deney yakıtlarında düşük motor devirlerinde CO emisyonu düşük değerlerde olmasına karşın artan motor devirlerinde artışlar gözlenmiştir. Bunun sebebi ise artan devir oranlarında iyi bir yanmanın gerçekleşmemesinden kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir. Diğer bir deyişle artan devirlerde enjekte edilen yakıt miktarının artması ve yanmanın gerçekleşmesi için yeterli sürenin olmamasından dolayı eksik yanma gerçekleşir ve bu durum CO emisyon değerinin artmasına yol açar. Yanma odasındaki soğutma etkisiyle atık lastik yakıtın yüksek uçuculuğu, sıcaklıkları düşürerek CO emisyonlarının artmasına neden olmaktadır [24]. Literatürde yapılan bu araştırma farklı motor devirlerinde kendisini göstermiştir.

Şekil 6.8’de ise D85ALY15 referans yakıtının CO emisyon değerlerinin dietil eter ilavesiyle önemli oranda iyileştirme yaptığı gözlenmiştir. Dietil eter ilavesiyle birlikte D100 yakıtına yakın CO emisyon değerlerine ulaşılmıştır. Artan motor devir oranlarıyla birlikte CO emisyon değerlerinde bir yakınlaşma grafik üzerinden tespit edilmiştir.

6.2.2. Karbondioksit (CO₂) Emisyonu

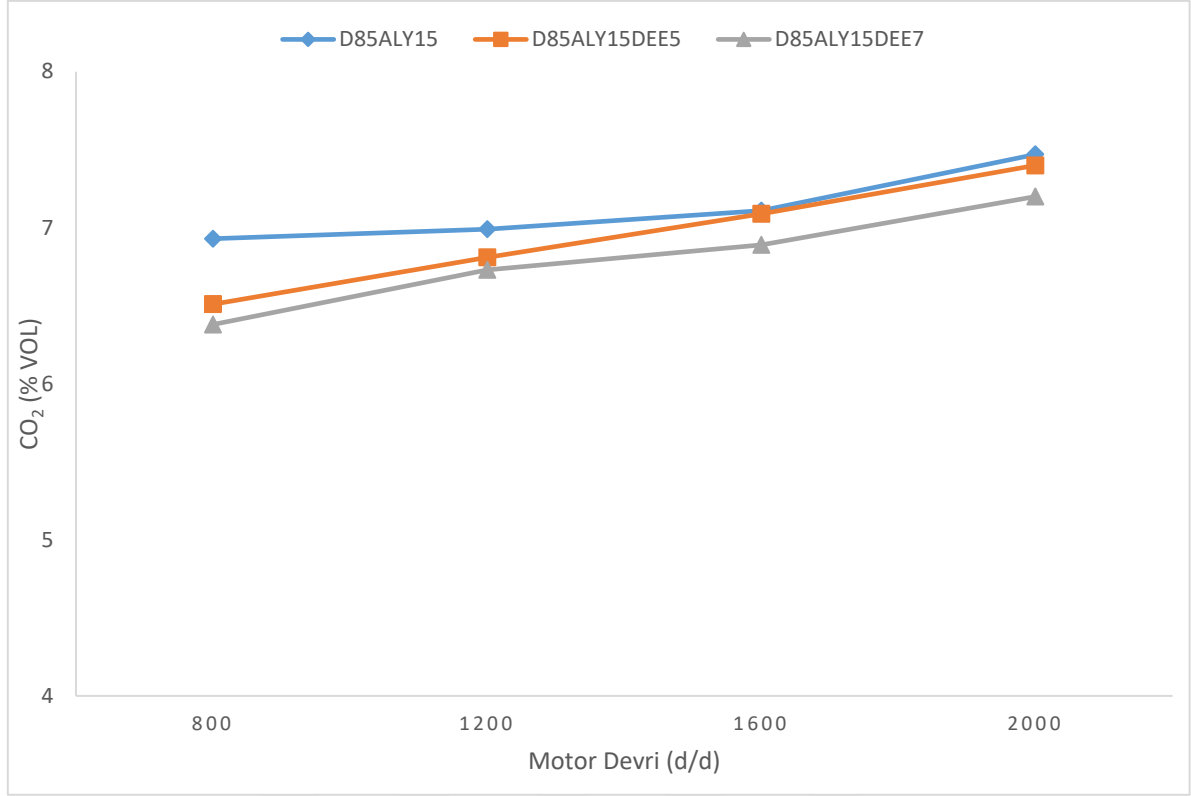
CO₂, motorlarda tam yanmanın bir göstergesi olan egzoz bileşenlerinden Ancak yapılan araştırmalarda sera etkisi ve iklim değışikliklerine neden olduğu için kirletici emisyonlar arasında yer alır. Yanma olayının sonucunda CO₂ gazı ortaya çıkar ve bu emisyonlar, yanma sürecinin nasıl gerçekteştiği hakkında bilgi verir. Şekil 6.9'da D100, D95ALY5, D90ALY10 ve D85ALY15 yakıtlarına ait CO₂ emisyon değerlerine ait grafik verilmiştir.



Şekil 6. 9. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının CO₂ Emisyonuna etkisi

Şekil 6.9'da yer alan grafik sonuçlarına göre motor devrinin artmasıyla birlikte tüm yakıt karışımlarında CO₂ emisyonlarında artış gözlenmektedir. CO₂ emisyon değeri CO emisyon değeriyle ilişkili olduğundan CO fazlalığı ile birlikte CO₂ emisyon değeriinde artış görülmüştür. Artan oranlarda atık lastik yağı ilavesi sonucunda D85ALY15 yakıtının yüksek oranlarda CO₂ emisyon değeriine sahip olduğu gözlenmiştir. CO ile CO₂ arasındaki dönüşümden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Dietil eter katkı maddesinin ilavesinin CO₂ emisyonlarına olan etkisini gözlemlemek amacıyla hazırlanan D85ALY15, D85ALY15DEE5 ve D85ALY15DEE7 yakıtlarının CO₂ emisyon ölçüm değeriine ait grafik Şekil 6.10'da verilmiştir.



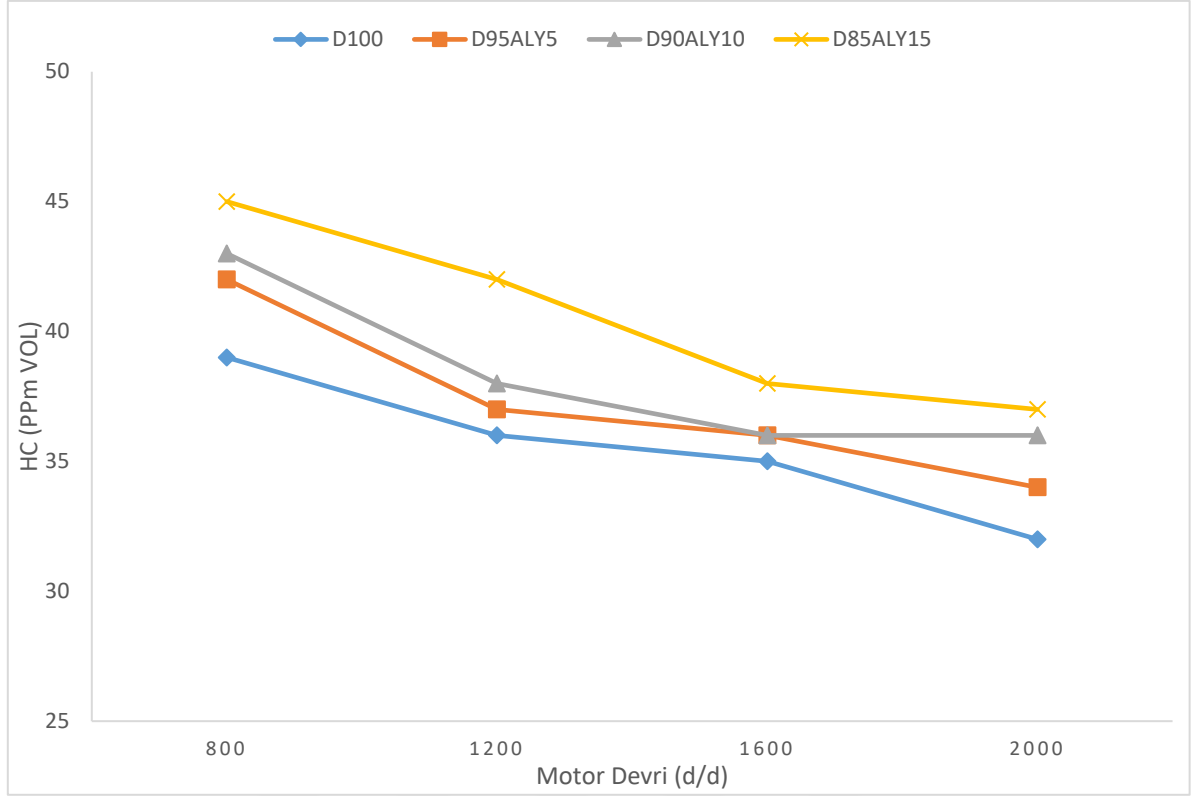
Şekil 6. 10. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının CO₂ Emisyonuna etkisi

Şekil 6.10’da görüldüğü gibi artan motor devir sayıları sonrasında üç yakıt karışımı içinde CO₂ emisyonlarında artış gözlenmektedir. Dietil eter ilavesiyle oluşturulan karışımlarda düşük devirlerinde daha belirgin olmak üzere CO₂ emisyonlarında düşüş gözlenmesine karşın artan devir sayıları sonrasında yakınlaşma gözlenmiştir.

6.2.3. Hidrokarbon (HC) Emisyonu

Hidrokarbon emisyonları motorun ilk çalıştırıldığı esnada ve yüksek motor devirlerinde artış eğiliminde olurlar. Bunun sebebi ilk hareket sırasında motorun soğuk olmasından dolayı yanma olayının fakir karışım yaparak tam yanma gerçekleşmemesinden kaynaklanır. Motor çalışma süresi yani sıcaklığı ve devir sayısı artıkça yanma olayı daha fazla iyileşeceği için HC emisyonların da azalma başlayacaktır. Yüksek motor devirlerinde HC emisyon seviyesinin yüksek olmasının nedeni ise yanma süresinin kısılması ve volumetrik verimin düşmesiyle açıklanabilir. Motorun düşük devirlerde ve zengin yakıt karışımında çalışması durumu HC emisyon değerleri için belirtilen durumlar önemli rol oynamaktadır.

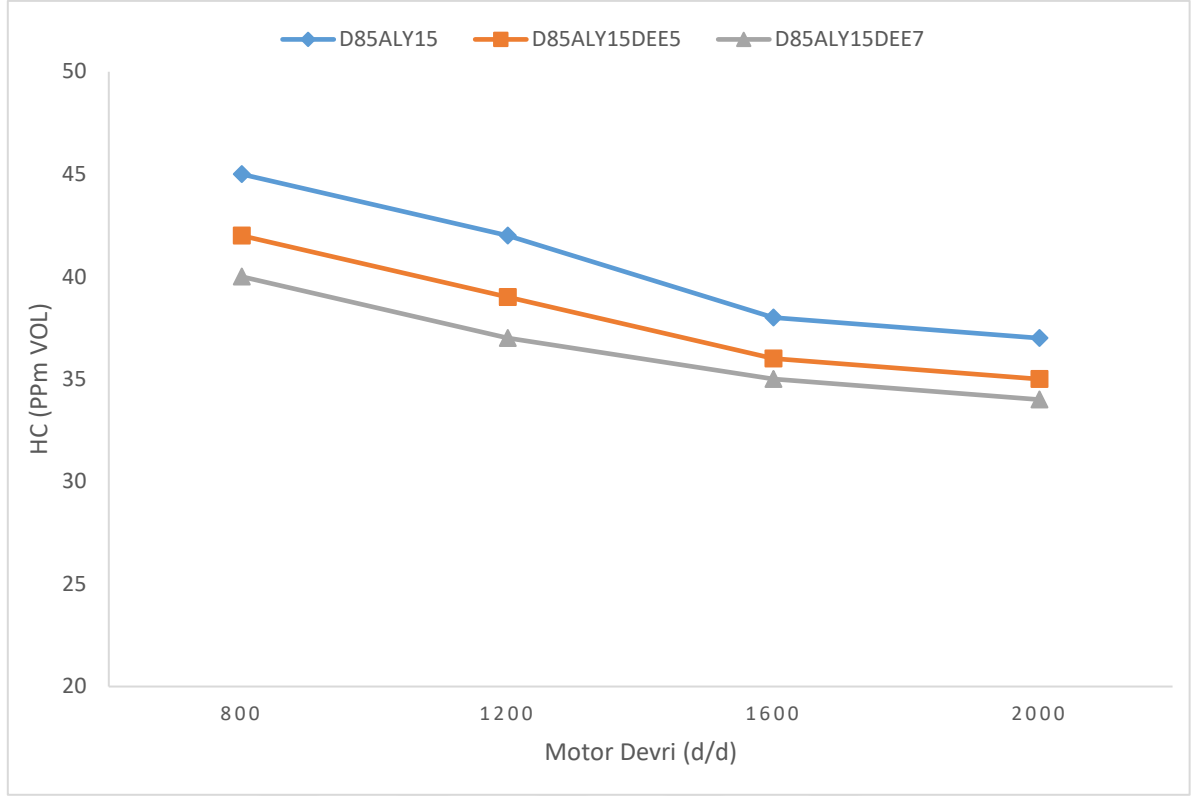
Şekil 6.11’de hazırlanan test yakıt karışımlarının HC emisyon değerlerinin devirle değişimi verilmiştir.



Şekil 6. 11. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının HC Emisyonuna etkisi

Şekil 6.11’de görüldüğü gibi referans olarak kabul edilen D100 yakıtı tüm devirlerde en düşük HC emisyon değerlerinde olduğu gözlenmiştir. Artan motor devirleriyle birlikte yukarıda belirtilen sebepler dolayısıyla HC emisyon değerlerinde düşüşe geçtiği gözlenmiştir. Ancak eklenen atık lastik yağı oranlarıyla birlikte HC emisyonlarında artış gözlenmiştir. Bunun sebebi yanma odasında iyi yanmanın gerçekleşmemesi şeklinde yorumlana bilinir. Yapılan bir çalışmada [28] yüksek karbon kalıntısı içeren yakıtların motor parçalarından kalıntı oluşturmaları ve bu kalıntıların neticesinde yanma ve emisyon değerleri etkilenir özellikle HC emisyonlarında olumsuz bir etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Başka bir çalışmada [62], atık lastik dizel yakıtıyla hazırlanan karışımlarda artan oranlarda atık lastik yağı ilavesi sonrasında dizel yakıtla çalışmaya göre HC emisyonlarında artış gözlenmiştir. Yapılan bu literatür çalışmalarına paralel olarak gerçekleştirilen tez çalışmasında da HC emisyonlarında artan oranlarda ilave edilen atık lastik yağı sonrası artış gözlenmiştir. Hazırlanan test yakıtlarının HC emisyonları incelendiğinde en yüksek değerleri D85ALY15 yakıtında olduğu belirlenmiştir. Genel olarak düşük motor devirlerinde, yüksek oranlarda seyir eden HC emisyonu devir artışıyla birlikte düşüşe geçtiği gözlenmiştir.

Şekil 6.12’de dietil eter ilavesinin HC emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla hazırlanan grafik verilmiştir.



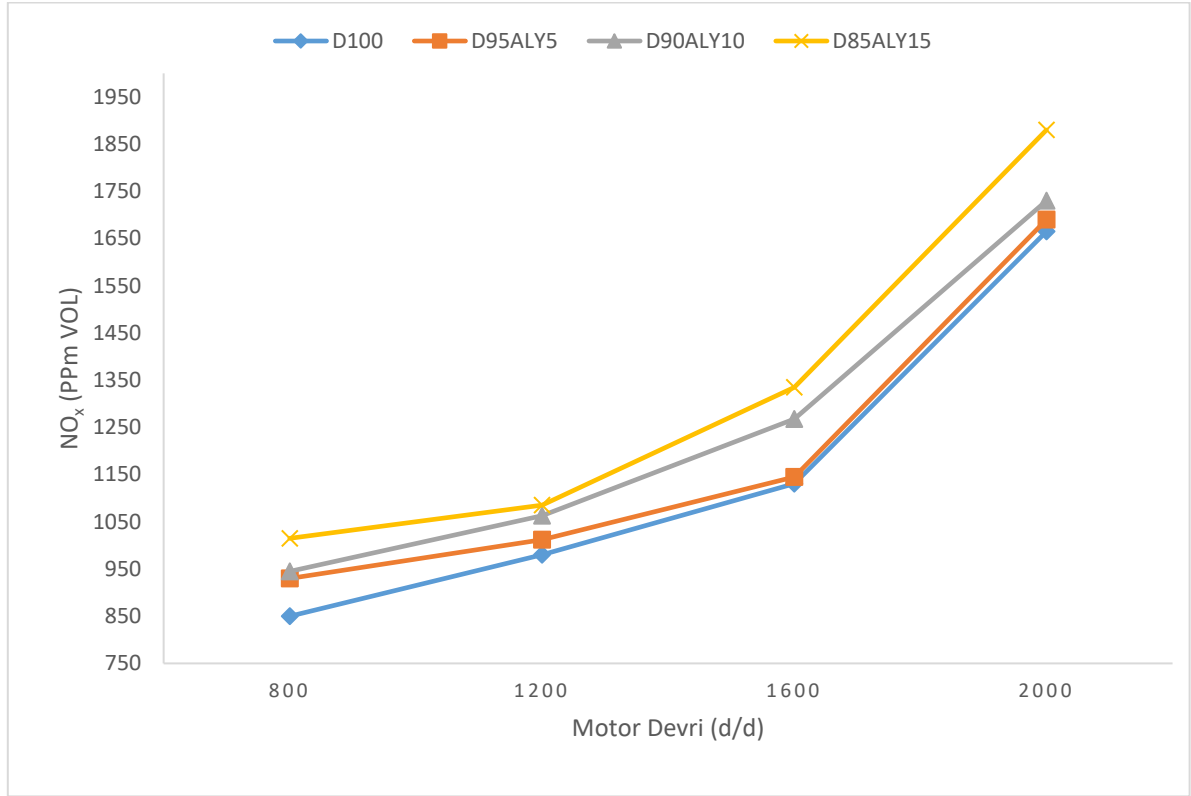
Şekil 6. 12. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının HC emisyonuna etkisi

D85ALY15 yakıtı HC emisyon değerleri Şekil 6.12’de görüldüğü gibi en yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Bu yüksek değerleri iyileştirmek amacıyla dietil eter ilavesiyle hazırlanan yakıt karışımlarının HC emisyonları Şekil 6.12’de yer alan grafikte verilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi dietil eter ilavesiyle birlikte HC emisyonlarında düşüş gözlenmiştir. En düşük HC emisyon değeri D85ALY15DEE7 yakıtında gözlenmiştir. Dietil eter karışımlarıyla hazırlanan yakıt numunelerinin D85ALY15 yakıtıyla oluşan HC emisyon değer farklarının artan devir oranlarıyla birlikte azaldığı gözlenmiştir. Sonuç olarak dietil eter ilavesiyle birlikte HC emisyonlarında iyileştirmeler olduğu gözlenmiştir.

6.2.4. Azot Oksit (NO_x) Emisyonu

Dizel motorlarda hava silindir içine alınır ve daha sonra yanma odasına doğru sıkıştırılır. Yakıt, bu sıkıştırılmış havanın üzerine püskürtülür. Yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle yakıt yanar ve ısı açığa çıkar. Bu süreçte, normalde yanma odasındaki azot ve oksijen reaksiyona girmez. Bu nedenle, azot genellikle motordan atılır. Ancak, yanma odasındaki sıcaklık 1600°C 'nin üzerine çıktığında, azot oksijen ile reaksiyona girerek NO_x emisyonunu oluşturur. Motor yükü, oksijen miktarı, hız, homojenlik durumu ve karışımın yoğunluğu, NO_x emisyonuna etki eden diğer faktörlerdir [49].

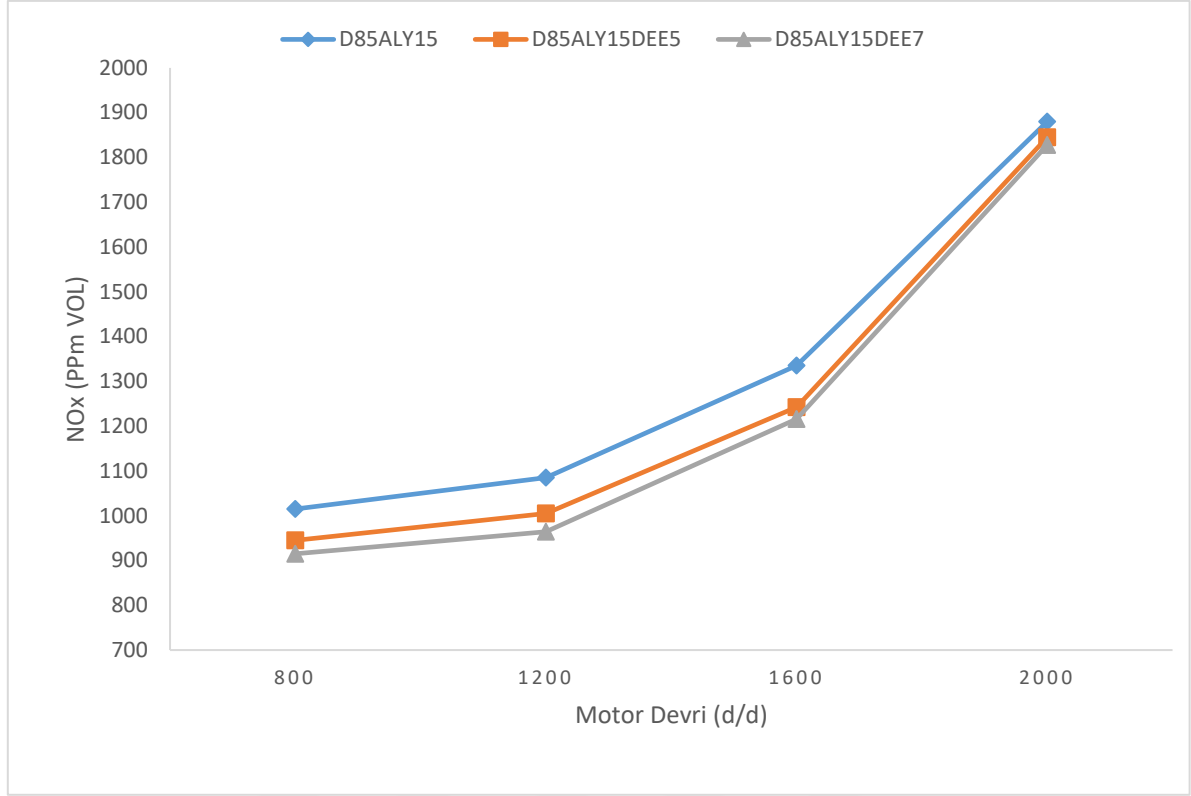
Şekil 6.13’de hazırlanan test yakıtlarının NO_x emisyonlarının devir sayısı ile etkisini değişimi verilmiştir.



Şekil 6. 13. Dizel-Atık lastik yağı karışımlarının NO_x Emisyonuna etkisi

Şekil 6.13’de görüldüğü gibi referans olarak belirlenen D100 yakıtında tüm motor devirlerinde diğer yakıtlara göre en düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca tüm yakıtlar için en düşük NO_x emisyon değerleri 800 d/d’da görülmüştür. En yüksek NO_x emisyon değerleri ise 2000 d/d’da görülmüştür. Deney yakıtlarına atık lastik yağı ilavesiyle birlikte emisyon değerlerinde artış görülmüştür atık lastik yağı oranının en fazla olduğu D85ALY15 yakıtı için ise tüm devirlerde diğer yakıtlara oranla daha yüksek NO_x emisyon değerleri okunmuştur. Bunun sebebi deney yakıtında atık lastik yağının içeriğinin artmasına bağlı olarak artan tutuşma gecikmesi silindir içi sıcaklığını artmasıyla sonuçlanmıştır ve bunun sonucunda NO_x emisyonlarını artış gözlenmiştir. Deney yakıt karışımlarında bulunan yüksek azot içeriği NO_x emisyonunu artırabilir. Hazırlanan deney karışımlarında atık lastik yağı ilavesiyle birlikte artan yoğunluk sonucunda yanmanın gecikmesi, tam yanmanın gerçekleşmemesi etkenleri de NO_x emisyon değerlerinin artmasına sebep olabilir.

Şekil 6.14 ‘de deney yakıtlarında dietil eter ilavesinin NO_x emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla hazırlanan grafik verilmiştir.



Şekil 6. 14. Dizel-Atık lastik yağı-Dietil eter karışımlarının NO_x Emisyonuna etkisi

Şekil 6.14’de hazırlanan grafikte görüldüğü gibi en düşük NO_x emisyon değerleri 800 d/d’da motor devrinde elde edilmiştir. Ayrıca tüm yakıtlar için en yüksek NO_x emisyon değerleri 2000 d/d ‘da kaydedilmiştir. Dietil eter ilavesi sonrasında özellikle düşük devir aralığında D85ALY15 yakıtının NO_x emisyon değerlerine göre dietil eter ilavesi ile hazırlanan yakıtların daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ama artan devir sayıları sonrasında yapılan iyileştirmeler azalmış D85ALY15 yakıtının değerlerine yakın sonuçlar vermiştir. Yapılan bir çalışmada [6], atık lastik yağı oranıyla birlikte NO_x emisyon değerlerinde hafif artışlar bulunmuştur. Bu çalışmada da artan oranlarda atık lastik yağı ilavesi sonrasında artışlar gözlemlenirken yakıt karışımlarına dietil eter ilavesi sonrasında hafif oranlarda düşme saptanmıştır.

6.3. Motor Elemanları Üzerine Deney Yakıtlarının Etkilerini İncelemek İçin Yapılan Deney Sonuçları

Dizel-atık lastik yağı ve dizel-atık lastik yağı-dietil eter yakıt karışımlarının dizel bir motorda kullanılması sonucunda motor elemanları üzerinde ne gibi etkilerinin olduğunu tespit etmek ve belirtilen bu yakıt karışımlarının kısa veya uzun çalışma süreleri sonucunda kullanılabilir olup olmadığını belirlenmesi için bu çalışma yapılmıştır. Dizel motorun dizel-atık lastik yağı ve dizel-atık lastik yağı-dietil eter yakıt karışımlarıyla uzun süre çalıştırılmasında yanma odasının, emme-

egzoz supapların, piston, enjektörün ve motor yağının değişmemesine bağlıdır. Deney çalışmalarında belirtilen bu hususlar incelenmiştir.

6.3.1. %100 Dizel Yakıtla Çalışma Sonucunda Motor Parçalarının İncelenmesi

Bölüm 5.2’de bahsedilen Pancar marka dizel motor kullanılmıştır. Deneye başlamadan önce motorun tüm parçaları temizlenmiş yeni alınan piston, supaplar ve enjektör memesi takılmıştır. Deneye ilk olarak D100 yakıtıyla başlanmıştır. Sabit devirde (1500d/d) 60 saat çalışma sonrasında motor parçaları sökülüp fotoğrafları çekilmiştir. Şekil 6.15’de silindir üst kapağının 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonrası görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 15. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görüntüsü

Silindir kapağının 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışması sonrasında silindir kapak yüzeyinde kararmalar gözlemlenirken herhangi bir kurum birikintisiyle karşılaşılmamıştır.

Şekil 6.16’da egzoz ve emme supaplarının 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışması sonucunda görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 16. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü

Şekil 6.16’da 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz ve emme supapların üst kısmında bir miktar kalıntıya rastlanılırken, supaplarda siyahlaşma gözlemlenmiştir. Supapların sap ve oturma yüzeylerinde herhangi bir kurum birikintisine rastlanılmamış ve siyahlaşmalar görülmüştür. Şekil 6.17’de ise D100 yakıtıyla 60 saatlik çalışma sonunda supapların tablasının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 17. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü

Şekil 6.18’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda silindire ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 18. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda silindirin görünüşü

Şekil 6.18’de verilen silindire ait görüntüde herhangi bir kurum birikintisiyle karşılaşılmamış, düşük miktarda silindir iç kısmın da siyahlaşma gözlenmiştir. Şekil 6.18’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitiline ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 19. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinin görünüşü

Şekil 6.19’da verilen görüntüde 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinde herhangi bir kurum birikintisine rastlanılmamıştır. Şekil 6.20’de ve Şekil 6.21’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda pistona ait görseller paylaşılmıştır.



Şekil 6. 20. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü



Şekil 6. 21. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü

Şekil 6.20’de ve Şekil 6.21’de verilen görüntülerde 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda piston parçasının üst kısmında herhangi kurum birikintisine rastlanılmazken kolay şekilde silindiğinde giderilebilecek kararma tespit edilmiştir. Şekil 6.22’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesine ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 22. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesi görünüşü

Şekil 6.22’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesinin görüntüsünde herhangi bir deformasyon ve kurum birikintisi gözlenmemiştir. Üst tarafında hafif şekilde kararma oluşmuştur. Şekil 6.23’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifolduna ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 23. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görünüşü

Şekil 6.23’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görüntüsünde herhangi bir kurum birikintisi gözlenmemiştir. İç kısımda ise kararmalar mevcuttur. Şekil 6.24’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlere ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 24. 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlerin görünüşü

Şekil 6.24’de 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlerin etrafında herhangi bir sızıntıya, deformasyona rastlanılmamıştır. Supap yaylarının çevresi iyi durumda herhangi bir deformasyon söz konusu değildir.

6.3.2. %25 Dizel + %75 Atık Lastik Yağı İle Çalışma Sonucunda Motor Parçalarının İncelenmesi

Deneye başlamadan önce 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma tamamlandıktan sonra tüm parçalar dikkatli bir şekilde sökülüş ve fotoğraflama işlemi tamamlanarak piston, egzoz ve emme supapları, enjektör memesi güvenli bir yere bırakılarak yeni alınan piston, supap takımları ve enjektör memesi takılmıştır. Montaj esnasında enjektör memesi ayarı, supap ayarı titizlikle tamamlanmış motor sorunsuz şekilde çalışmıştır. Sabit devirde (1500d/d) D25ALY75 yakıtıyla 60 saat çalışma sonrasında motor parçaları sökülerek fotoğrafları çekilmiştir.

Aşağıda yer alan şekillerde motor parçalarının 60 saatlik D25ALY75 yakıtı ile çalışması sonrası görüntüleri verilmiştir. Şekil 6.25’de silindir üst kapağının 60 saatlik D100 yakıtıyla çalışma sonrası görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 25. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görünüşü

Şekil 6.25’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görüntüsünde siyahlık oluşmasının yanı sıra gözle fark edilecek kurum birikimine rastlanılmıştır.

Şekil 6.26’da ve Şekil 6.27’de egzoz ve emme supaplarının 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışması sonucunda supapların görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 26. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının oturma yüzeylerinin görünüşü

Şekil 6.26'da 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz ve emme supapların üst kısmında bir miktar kalıntıya rastlanılırken, supaplarda siyahlaşma gözlemlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada [28] bu durumun sebebi atık lastik yağı içerisinde yüksek oranda ihtiva ettiği karbon miktarı ile açıklanmıştır. Şekil 6.26'da yer alan görselin sağ tarafında bulunan egzoz supabında oluşan kurum birikintisinin sap kısmına doğru biriktiği gözlenmiştir. Egzoz supabının oturma yüzeyinden ziyade sap kısmında daha fazla biriken kurum gösteriyor ki uzun çalışma süresinde egzoz supabının oturma yüzeyinde herhangi bir problem olmayacağı yani egzoz supabının tam oturacağı yorumu yapıla bilinir.



Şekil 6. 27. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü

Şekil 6.27’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda her iki supapta siyahlaşma gözlemlenmiştir. Supapların oturma yüzeylerinde özellikle Şekil 6.27’de yer alan görselde her iki supapta tablalarda birikim gözlenmiştir. Egzoz supabının oturma yüzeyinden ziyade sap kısmında daha fazla biriken kurum gösteriyor ki uzun çalışma süresinde egzoz supabının oturma yüzeyinde herhangi bir problem olmayacağı yani egzoz supabının tam oturacağı yorumu yapıla bilinir.

Emme supabı için Şekil 6.26’da yer alan görselin sol tarafında bulunan emme supabının oturma yüzeyinde kalıntı oluşmazken siyahlaşma net şekilde gözlenmiştir. 60 saatlik çalışma süresi sonrasında emme supabında çok düşük oranda sap kısmına doğru bir birikimde gözlenmiştir. Yine oluşan bu durumda uzun süre motor çalışmasının ardından supap oturmasında problem oluşturmayacaktır.

Şekil 6.28’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda silindire ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 28. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda silindirin görünüşü

Şekil 6.28’de verilen silindire ait görüntüde herhangi bir kurum birikintisiyle karşılaşılmamış, D100 yakıtına kıyasla silindir iç kısmında siyahlaşma oranının arttığı ama silindir durumunun iyi olduğu gözlenmiştir.

Şekil 6.29’da 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitiline ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 29. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinin görünüşü

Şekil 6.29’da verilen görüntüde 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinde herhangi bir birikintiye rastlanılmamıştır.

Şekil 6.30 ve Şekil 6.31’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda pistonu ait görseller paylaşılmıştır.



Şekil 6. 30. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda pistonun görünüşü



Şekil 6. 31. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda pistonun görünüşü

Şekil 6.30 ve Şekil 6.31’de verilen görüntülerde 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda piston parçasının üst kısmında kararmanın yanı sıra D100 yakıtıyla çalışmaya kıyasla piston üzerinde kurum birikintisi olduğu gözlenmiştir. Piston çevresinde ve segman için olumsuzluk gözlenmemiştir. Kurum birikintisi kolay bir şekilde temizlene bilecek durumda olduğu gözlenirken uzun çalışma ve bekleme süreleri sonrasında bu durumun daha zor bir hale geleceği öngörülmüştür.

Şekil 6.32’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesine ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 32. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesi görünüşü

Şekil 6.32’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesinin görüntüsünde herhangi bir deformasyon gözlenmezken, meme uç kısmında yoğun şekilde kurum birikintisi gözlenmiştir. Şekil 6.33’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifolduna ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 33. 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görünüşü

Şekil 6.33’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görüntüsünde kurum birikintisine ciddi oranlarda rastlanılmıştır. Daha önce bahsedildiği gibi D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz supabı içinde kurum birikintisi net şekilde gözlenmiştir. Egzoz gazıyla direk temas halinde bulunduğu için supaplara oranla daha fazla birikinti gözlenmiştir.

Şekil 6.34’de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütör gövdesine ait fotoğraf paylaşılmıştır.



Şekil 6. 34 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlerin görünüşü

Şekil 6.34’de görüldüğü üzere külbütörlerde deformasyona rastlanılmamıştır. Supap yaylarının etrafı iyi durumda herhangi bir deformasyona rastlanılmamıştır.

6.3.3. %25 Dizel %75 Atık Lastik Yağı+%7 Dietil Eter İle Çalışma Sonucunda Motor Parçalarının İncelenmesi

Daha önce gerçekleştiren deneylerde atık lastik yağı ilavesiyle kötüleşen emisyon, güç ve yakıt tüketimi değerleri için en iyi çözümü %7 oranında dietil eter ilavesinin sağlandığı görülmüştü. %25 dizel yakıtı-% 75 atık lastik yağı ile çalışmada parçalardaki kalıntı üzerinde dietil eterin

etkisini görebilmek için %7 oranında dietil eter kullanılmasına karar verilmiştir. 60 saat ve sabit devirde (1500 d/d) motor D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalıştırılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen görüntüler aşağıda verilmiştir. Şekil 6.35’de silindir üst kapağının 60 saatlik sabit devirde D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonrası görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 35. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görüntüsü

Şekil 6.35’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda silindir üst kapağının görüntüsünde siyahlık oluşmasının yanı sıra kurum birikimine yine rastlanılmıştır ama D25ALY75 yakıtıyla çalışma durumuna göre yayılım alanında daralma gözlenmiş belirli noktalarda beyazlıklar gözlenmiştir. Silindir üst kapağı çevresinde ve contasında herhangi bir sızıntı, deformasyon gözlenmemiştir. Dietil eter ilavesinin silindir üst kapağına olumlu etkisi görülmüştür.

Şekil 6.36’de ve Şekil 6.37’de egzoz ve emme supaplarının 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışması sonucunda supapların görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. 36. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü



Şekil 6. 37. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda emme ve egzoz supabının görünüşü

Şekil 6.36 ve Şekil 6.37’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda her iki supapta siyahlaşma gözlemlenmiştir. Supapların oturma yüzeylerinde özellikle Şekil 6.35’de yer alan görselin sağ tarafında bulunan egzoz supabında oluşan kurum birikintisinin D25ALY75 yakıtıyla kıyaslandığında ciddi şekilde kurum birikintisinde azalma gözlenmiş ama D100 yakıtına kıyasla kurum birikintisine bir miktar rastlanılmıştır. Şekil 6.37’de sol tarafta yer alan emme supabının görüntüsü ise D100 yakıtında elde edilen sonuçlara benzerlik gösterdiği yorumlanmıştır. Yapılan diğer iki çalışma göz önüne alınarak supaplarda D100 yakıtına yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Şekil 6.38’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda silindire ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 38.60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda silindirin görünüşü

Şekil 6.38’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda verilen silindire ait görüntüde herhangi bir kurum birikintisiyle karşılaşılmamış, D25ALY75 yakıtına kıyasla silindir iç kısmında siyahlaşma oranın azaldığı ve silindir durumunun iyi olduğu gözlenmiştir. Şekil 6.39’da 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitiline ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 39. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinin görünüşü

Şekil 6.39’da verilen görüntüde 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda ateşleme fitilinde herhangi bir birikintiyle ya da olumsuzlukla karşılaşmamıştır. Şekil 6.40 ve Şekil 6.41’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda pistonu ait görseller paylaşılmıştır.



Şekil 6. 40. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü



Şekil 6. 41. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda piston görünüşü

Şekil 6.40 ve Şekil 6.41’de verilen görüntülerde 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda piston parçasının üst kısmında kararma ile belirli alanlarda beyazlık fark edilmiştir. D25AL75 yakıtının sonuçlarına göre piston üzerinde düşük miktarda kurum birikintisine rastlanılmış ve kurum miktarının yayılım oranında ciddi düşüş gözlenmiştir. İncelenen kurum taneciklerinde gözle bakıldığında kolay şekilde ayırt edilebilecek şekilde kurum taneciklerinde küçülme göze çarpmıştır. Piston etrafında ve segmanda olumsuzluk gözlenmemiştir. Silindir üst kapağında olduğu gibi pistonda da D25ALY75 yakıtı ile çalışmaya D25ALY75DEE7 yakıtında kurum miktarının yayılmasının azaldığı net şekilde gözlenmiştir.

Şekil 6.42’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesine ait görsel paylaşılmıştır.



Şekil 6. 42. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesi görünüşü

Şekil 6.42’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda enjektör memesinin görüntüsünde herhangi bir deformasyon gözlenmezken, meme uç kısmında oluşan kurum

birikintisinde D25ALY75 yakıtıyla çalışmaya göre azalma gözlenmiş ve kısmi aralıklarla beyazlık gözlenmiştir.

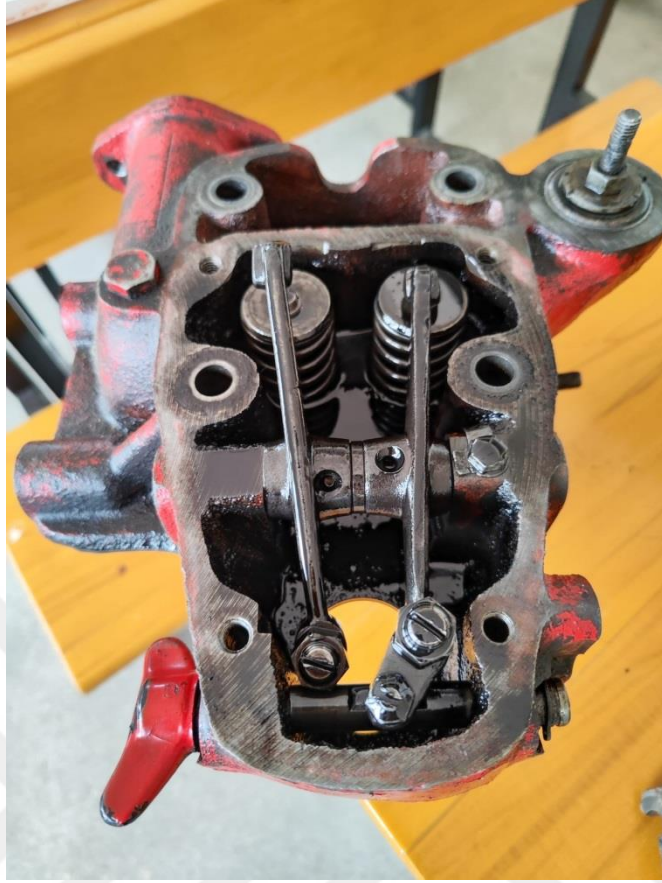
Şekil 6.43'de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifolduna ait fotoğraf paylaşılmıştır.



Şekil 6. 43. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görünüşü

Şekil 6.43'de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda egzoz manifoldunun görüntüsünde kurum birikintisinde ciddi oranda azalma rastlanılmıştır. D25ALY75 yakıtına göre yapılan bu kıyas da hem supaplarda hem de egzoz manifoldun da dietil eter ilavesiyle kurum birikme miktarının azaldığı net şekilde gözlenmiştir.

Şekil 6.44'de 60 saatlik D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlere ait fotoğraf paylaşılmıştır.



Şekil 6. 44. 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütör gövdesinin görünüşü

Şekil 6.44’de 60 saatlik D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda külbütörlerde ve supap yaylarında deformasyona rastlanılmamıştır. D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ki külbütör görseline yakın sonuçlar elde edilmiştir.

6.4. Hazırlanan Deney Karışımlarının Motor Sesine Etkisinin İncelenmesi

Motorlarda gürültü, mekanik gürültü ve yanma gürültüsünün birleşimidir. Hareketli parçalardan oluşan gürültüye ilave olarak yakıtın püskürtülmesi ve yanmasıyla oluşan gürültü vardır. Dolayısıyla dizel yakıtı ile ve diğer yakıtlarla çalışmada ortaya çıkan gürültüyü kıyaslayabilmek için ses ölçümü yapılmıştır. Pancar motorun hacimce farklı oranlarda yakıt karışımları ile çalışmasında yakıtın motor sesine etkisini analiz etmek için Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde bulunan Norsonic marka nor131 ses ölçüm cihazıyla ses ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan yerin konumu, motorun pozisyonu, ölçüm alınan saat aralığı baz alınarak ölçümlerde hata payını en az seviyelere indirebilmek amacıyla dikkatli bir şekilde ölçüm değerleri alınmıştır. Devir sayıları 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 ve 2200 d/d olarak belirlenmiş ve takometre aracılığıyla ayarlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıda verilmiştir.

6.4.1. %100 Dizel Yakıtıyla Çalışma Sonucunda Motor Ses Ölçüm Değerleri

Pancar motor D100 yakıtı ile bir süre çalıştırılmış ve ses ölçüm cihazının ayarlanması tamamlanmıştır. 6 farklı devir sayısında ölçümler alınmıştır. Tablo 6.1’de D100 yakıtıyla çalışma sonucunda devirlere göre ses ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 6. 1. D100 yakıtıyla çalışma sonucunda ses ölçüm değerleri

Ölçüm	Devir(d/d)	Ses Değeri(dB)
1.	1200	92.2
2.	1400	94.6
3.	1600	96.5
4.	1800	98.5
5.	2000	100.9
6.	2200	101.2

Tablo 6.1’ de D100 yakıtıyla çalışma sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde artan devir sayısı ile birlikte motor gürültüsünde artış gözlenmiştir.

6.4.2. %25 Dizel+%75 Atık Lastik Yağı ile Çalışma Sonucunda Motor Ses Ölçüm Değerleri

Pancar motor D25ALY75 yakıtı çalıştırılıp D100 yakıtında olduğu gibi ses ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 6.2’de D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda devirlere göre ses ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 6. 2. D25ALY75 yakıtıyla çalışma sonucunda ses ölçüm değerleri

Ölçüm	Devir(d/d)	Ses Değeri(dB)
1.	1200	95.2
2.	1400	96.1
3.	1600	98.4
4.	1800	98.9
5.	2000	102.9
6.	2200	104.2

Tablo 6.2’de elde edilen sonuçlar incelendiğinde artan devir sayısı ile birlikte motor sesinin arttığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra D100 yakıtından elde edilen motor ses değerleriyle D25ALY75 yakıtından elde edilen ses değerleri kıyaslandığında motor sesinde değişimlerin her motor devrinde arttığı net şekilde gözlenmiştir. Bunun nedenleri arasında, motorun yüksek derecelerde ısınması, yanma odasında kurum birikimi artması veya yanma odasında yakıt karışımının iyi olmaması şeklinde açıklanır. Yapılan bir çalışmada [6] atık lastik yakıtı-dizel karışımlarında titreşim ve gürültü seviyelerinin artabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada da atık lastik yağı ilavesi sonrasında motor sesinde artış gözlenmiştir.

6.4.3. %25 Dizel+%75 Atık Lastik Yağı+%7 Dietil Eter ile Çalışma Sonucunda Motor Ses Ölçüm Değerleri

Pancar motor D25ALY75DEE7 yakıtı ile çalıştırılarak diğer yakıtlarda olduğu gibi ölçümler alınmıştır.

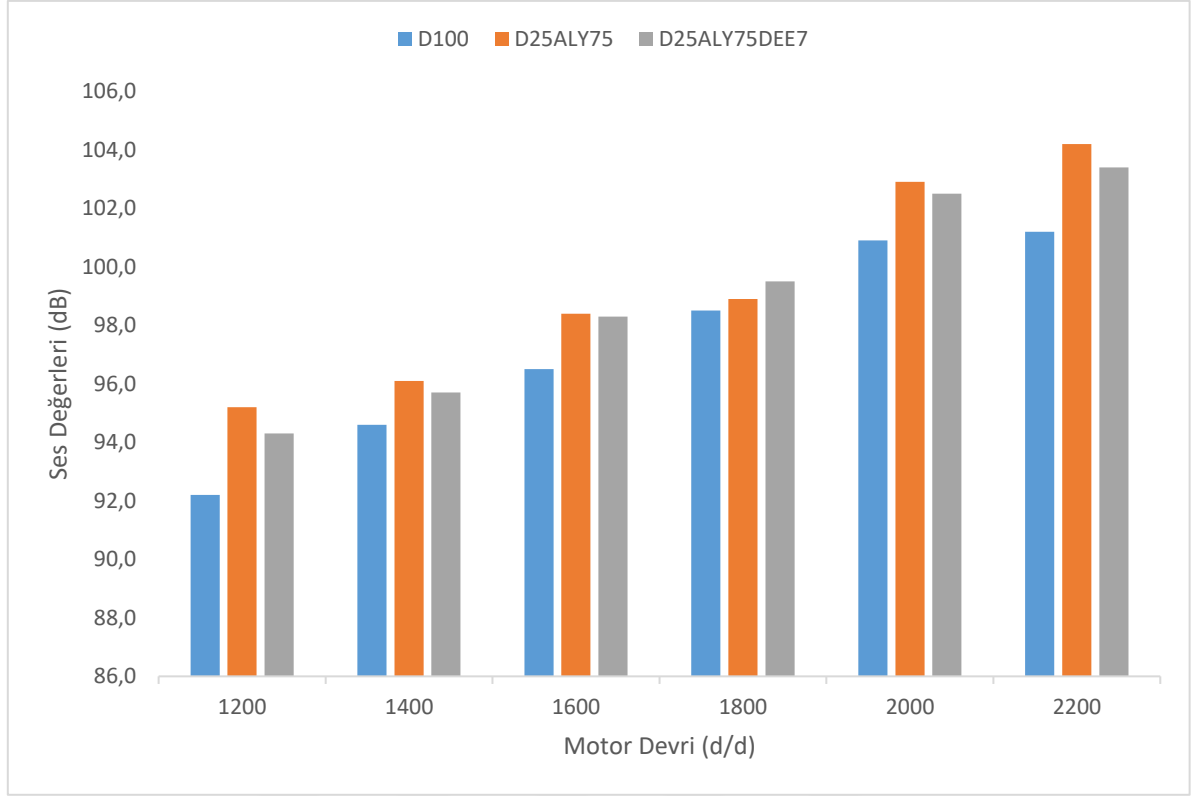
Tablo 6.3’de D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda devirlere göre ses ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 6. 3. D25ALY75DEE7 yakıtıyla çalışma sonucunda ses ölçüm değerleri

Ölçüm	Devir(d/d)	Ses Değeri(dB)
1.	1200	94.3
2.	1400	95.7
3.	1600	98.3
4.	1800	99.5
5.	2000	102.5
6.	2200	103.4

Tablo 6.3’de elde edilen sonuçlarda devir sayısı artmasıyla motor sesiyle motor sesini arttığı gözlenmiştir D25ALY75 yakıtından elde edilen sonuçlardan düşük olmasına karşın yakın sonuçlara ulaşılmıştır.

Tez çalışmasında motor sesinin ölçülmesi ve kıyaslanması için kullanılan farklı yakıt karışımlarından elde edilen ses ölçüm değerleri Şekil 6.45’de 3 farklı yakıt için grafikte verilmiştir.



Şekil 6. 45. Yakıt karışımlarının motor ses ölçüm değerleri

Şekil 6.45’de görüldüğü üzere farklı yakıtlar ile çalışma sonucunda 6 farklı devir aralığında ölçümler yapılmıştır. Grafik incelendiği her bir yakıt karışımının artan devir oranları sonrasında ses değerlerinde artış gözlenmiştir. Dizel yakıtı tüm devir değerlerinde en düşük sonucu vermiştir. Dizel yakıtına ilave edilen atık lastik yağı sonrasında ses ölçüm değerlerinde artış gözlemlenirken, Dietil eter ilavesi sonrasında ses değerlerinde düşme gözlenmiş ve dizel yakıtına yakın sonuçlar elde edilmiştir. Sadece 1800 d/d için D25ALY75DEE7 yakıtında diğer yakıtlara göre yüksek ölçüm değeri sonucuna ulaşılmıştır. Diğer devir aralıklarıyla kıyaslandığında deneysel ölçüm hatasından kaynaklandığı söylene bilinir. Atık lastik yağı ilavesi sonrasında motor sesinde artışın sebebi motorun yüksek derecelerde ısınması, yanma odasında kurum birikimi oluşumunun artması veya yanma odasında yakıt karışımının iyi olmaması şeklinde ifade edile bilinir. Dietil eter ilavesi sonrasında ses ölçümünde oluşan düşüşün sebebi ise kurum oluşumunun azalması veya yanma odasında yakıt karışımının daha iyi gerçekleştiği şeklinde açıklanır.

7. SONUÇLAR

Yapılan bütün deneylerin amacı atık lastiklerin geri dönüşümünün yaygınlaşmasını sağlamak ve ilerleyen süreçlerde sanayide alternatif bir yakıt olarak kullanılabilirliğini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda yapılan deneysel çalışmalarda atık lastik yağının dizel motorlarda kullanılabilirliği ve motor gücü, motor momenti, özgül yakıt tüketimi, egzoz emisyon değerleri, motor sesi gibi birçok farklı başlık altında incelenmiştir.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda ALY dizel motorlar için alternatif bir yakıt olarak kullanılabilirliği tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda deney çalışmalarının ilk aşamasında motor gücü, motor momenti, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyon değerlerinin tespiti için 4 silindirli dizel bir motor farklı devir oranlarında (800, 1200, 1600, 2000 d/d) hacimce farklı oranlarda hazırlanan test yakıtlarıyla çalıştırılmıştır. Hazırlanan yakıt karışımlarında katkı maddesi olarak ise bu deneysel çalışmalarda dietil eter kullanılmıştır. Dizel, atık lastik yağı ve dietil eter olmak üzere üç farklı başlık altında değerlendirmeler yapılmıştır. Dizel motor ilk olarak D100 referans yakıtıyla çalıştırılmış ve sonrasında hacimce farklı oranlarda ilave edilen atık lastik yağı ve dietil eter ilaveleriyle birlikte çalıştırılarak karşılaştırma yapılmıştır. Deneyin ikinci aşamasında yüksek oranlarda atık lastik yağı ilavesiyle hazırlanan yakıt karışımlarının uzun çalışma süresi sonrasında motor parçaları üzerine etkisi ve motor sesine etkisi incelenmiştir. Bunun için öncelikle referans yakıtımız D100 yakıtıyla çalıştırılan tek silindirli dizel pancar motor da sonrasında atık lastik yağı ve dietil eter ilavesiyle motor parçalarının durumu ve motor sesine etkisi D100 referans yakıtına göre kıyaslanmıştır. Bu bölümde deneysel çalışmalardan elde edilen önemli sonuçlar özet halinde verilmiştir.

Atık lastiklerden elde edilmiş olan atık lastik yağının motor üzerinde hiçbir değişikliğe gerek duymadan ve atık lastik yağının fabrikadan temin edildiği üzere hiçbir kimyasal işleme tabi tutulmadan dizel yakıtı içerisine ilave edilerek motor sorunsuz şekilde çalıştırılabilir. Atık lastik yağının kullanımının konvansiyonel motorlarda daha uygun olacağı düşünülmektedir. Dolayısı ile Common rail teknolojisine sahip motorlarda kullanılamayabilir.

Hazırlanan deney yakıtlarında dizel yakıt içerisinde artan oranlarda ilave edilen atık lastik yağı sonrasında tutuşma gecikmesi artarken dietil eter ilavesiyle birlikte bu durumun azaldığı gözlenmiştir.

Motor gücü deney hesaplamalarında düşük devir aralığında artan atık lastik yağı oranlarında referans yakıt olarak belirlenen dizel yakıtı yakın sonuçlar verdiği gözlemlenirken artan devir sayılarında motor gücünde dizel yakıtı göre düşüşler gözlenmiştir.

Motor döndürme momentinde dizel referans yakıtına göre artan oranlarda eklenen atık lastik yağı küçük oranlarda momentte düşmeye yol açarken dietil eter ilavesiyle birlikte dizel yakıtına yaklaşan sonuçlar elde edilmiştir.

Özgöl yakıt tüketiminde en düşük değerler referans yakıtı olan dizel yakıtında elde edilirken artan oranlarda eklenen atık lastik yağı ilaveleriyle birlikte özgöl yakıt tüketiminde artışlar gözlenmiştir. Dietil eter ilavesiyle birlikte özellikle yüksek devirlerde referans yakıtı olan dizel yakıtının özgöl yakıt tüketim değerlerine yaklaştığı gözlenmiştir.

Egzoz emisyon ölçüm değerlerinde CO, CO₂, HC ve NO_x emisyonlarında belirlenen referans yakıtı dizel yakıtına göre eklenen atık lastik yağı sonrasında emisyon değerlerinde özellikle HC emisyonlarında artan devir sayıları birlikte düşüş gözlenmiştir ancak hazırlanan yakıt karışımlarında artan oranlarda atık lastik yağı sonrasında NO_x emisyonlarında ciddi artış gözlenmiştir bunun sebebi atık lastik yağı yoğunluğunun fazla olmasından kaynaklı olabilir. Emisyon değerlerinde dietil eter ilavesiyle birlikte düşük oranlarda düşüş gözlenmiştir. Dietil eter ilavesi sonucunda yapılan iyileştirmelerde farklılık düşük devirlerde daha net gözlemlenirken artan devir sayılarında bu durumun azaldığı gözlenmiştir.

Dizel motorun uzun süreli çalışması sonrasında atık lastik yağı ilavesinin motor parçaları üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan deney sonuçlarına göre dizel ve atık lastik yağı ile hazırlanan karışımının 60 saatlik çalışması sonrasında motor parçalarında herhangi bir deformasyon gözlenmezken motor parçalarında kurum birikintisine rastlanılmıştır. Bu durumun sebepleri dietil eter ilavesi sonrası bu durumda iyileştirmeler gözlenmiş kurum birikintisinde azalma tespit edilmiştir.

Yapılan bu deney çalışmalarına göre atık lastik yağının %5, %10 ve %15 olarak belirlenen oranlarda dizel yakıtla karıştırılması sonucunda motor performansı ve egzoz emisyon değerlerinde çok yüksek oranlarda kötüleşmeye neden olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda belirlenen %5 ve %7 oranında dietil eter ilavesinin motor performansı ve egzoz emisyon değerlerinde iyileştirmeler yaptığı gözlenmiştir.

Motor parçalarına etkisini incelemek amacıyla yüksek oranda atık lastik yağı ve dizel yakıt karışımının hazırlanması ve dizel motorda çalıştırılması sonrasında motor parçalarında kurum birikintisine rastlanılmıştır. Dietil eter ilavesiyle karbon birikintisinde azalma saptanmıştır.

Dietil eterin az oranlarda kullanıldığı ancak daha pahalı bir yakıt olduğu unutulmamalıdır. Yapılan çalışma sonucunda kullanılan yakıt karışımlarının yağlama yağı üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiştir.

ÖNERİLER

Yapılacak olan diğer deneysel çalışmalarda aşağıda belirtilen öneriler doğrultusunda araştırmalar yapılabilir:

Atık lastik yağı ticari bir işletmeden kendi imkanlarımızla başlangıçta belirli bir miktar temin edilmiş olup ülkemizde yaşanan 6 Şubat depremlerinden sonra tekrar atık lastik yağı temini gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle çalışma süresi 60 saatle kısıtlanmıştır. Daha uzun süreli motor deneyleri yapılarak atık lastik yağı kullanımının motor parçaları üzerindeki aşındırıcı etkileri araştırıla bilinir. Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmadan daha yüksek oranlarda atık lastik yağı kullanılarak motor performansına ve egzoz emisyon değerlerine etkileri araştırıla bilinir.

Atık lastik yağı için çevre kirliliği maliyet analizleri yapılarak maliyet kıyaslaması gerçekleştirile bilinir. Atık lastik yağı ile birlikte dietil eterden farklı olarak başka katkı maddeleriyle yakıt karışımları hazırlanarak motor performans değerlerini ve egzoz emisyon değerlerini iyileştirme çalışmaları yapıla bilinir.

Atık lastik yağını saflaştırma ve kükürt giderme işlemleri kimyasal işlemlerle yapılarak daha sonra dizel yakıtla karıştırılarak motor performans ve egzoz emisyon değerlerine etkisi incelenir bilinir. Hazırlanan deney yakıtlarının dizel motorda enjeksiyon basıncı, püskürtme avansı, motor hacminin anlık değişimi ve silindir basıncına etkileri araştırılarak yorumlana bilinir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.lasder.org.tr/otl/>, Erişim: 05 Ekim 2022.
- [2] Thomas, B. S., & Gupta, R. C. (2016). A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1323-1333.
- [3] Godlewska, J. (2017). Recovery and recycling of waste tires in Poland. *Procedia Engineering*, 182, 229-234.
- [4] Hürdoğan, E., Ozalp, C., Kara, O., & Ozcanli, M. (2017). Experimental investigation on performance and emission characteristics of waste tire pyrolysis oil–diesel blends in a diesel engine. *International journal of hydrogen energy*, 42(36), 23373-23378.
- [5] Wang, W. C., Bai, C. J., Lin, C. T., & Prakash, S. (2016). Alternative fuel produced from thermal pyrolysis of waste tires and its use in a DI diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 93, 330-338.
- [6] Karagöz, M., Ağbulut, Ü., & Sarıdemir, S. (2020). Waste to energy: Production of waste tire pyrolysis oil and comprehensive analysis of its usability in diesel engines. *Fuel*, 275, 117844.
- [7] Ayhan, V., & Tunca, S. (2018). Dietil Eter-Dizel Karışımlarının Direkt Enjeksiyonlu Bir Dizel Motorunun Performans ve Emisyonlarına Etkisi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 710-718.
- [8] Gücer, F., Temizer, İ., Cihan, Ö., & Kocagul, M. Direkt Enjeksiyonlu Dizel Bir Motorda Dietil-Eter/Etanol/Motorin Karışımlarının Egzoz Emisyonları Üzerindeki Etkileri. *Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2(2), 61-69.
- [9] Sezer, İ. (2012). Dietil Eter– Motorin Karışımlarının Motor Performansına Etkilerinin Deneysel İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1).
- [10] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/At%C4%B1k%20Lastikler.pdf, Erişim: 10 Kasım 2022.
- [11] <https://www.lastikpark.com/>, Erişim: 08 Aralık 2022.
- [12] <https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2012/11/kaucuk-nedir-kaucuk-tarihcesi.html>, Erişim: 20 Aralık 2022.
- [13] Vahapoğlu, V., 2006. Kauçuk Türü Malzemeler-II. *Sentetik Kauçuk, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (1): 44-55.
- [14] <http://www.askimya.com.tr/sentetik-kaucuklar-sbr.html>, Erişim: 05 Ocak 2023.
- [15] <https://www.konlas.com.tr/LastikBilgileri.aspx?WheelPageId=27>, Erişim: 15 Ekim 2022.
- [16] https://www.researchgate.net/publication/308208324_Tasit_Lastikleri, Erişim: 15 Aralık 2022.
- [17] <https://www.bridgestone.com.tr/detayli-bilgiler>, Erişim: 20 Ekim 2022.
- [18] <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=10799&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim: 03 Aralık 2022.
- [19] <https://eldan-recycling.com/tr/>, Erişim: 17 Eylül 2022
- [20] <http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/eltreport-v9a---final.pdf>, Erişim: 15 Ocak 2023
- [21] Reschner, K. (2008). Scrap tire recycling. A summary of prevalent disposal and recycling methods. *Entire-Engineering*, Berlin.

- [22] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ekim-2019-30639>, Erişim: 10 Aralık 2022
- [23] Limbachiya, MC., Roberts, JJ., 2004. Used/Post-Consumer Tyres, Thomas Telford Publish, Kingston University, London, 20-42.
- [24] Doğan, O., Celik, M. B., & Özdalyan, B. (2012). The effect of tire derived fuel/diesel fuel blends utilization on diesel engine performance and emissions. *Fuel*, 95, 340-346.
- [25] Jeong, C. S., & Kang, J. (2000). Effects of fuel composition and properties on autoignition of automotive diesel engine. *Applied Chemistry*, 4(1), 125-128.
- [26] Özer, S. (2010). Bütanol kullanımının dizel motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak araştırılması. Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [27] Yanbuloğlu, B. (2020). Dizel Bir Motorda Dizel, Piroliz Yağı ve Bütanol Yakıt Karışımının Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [28] Doğan, O.(2012). "Atık taşıt lastiğinden üretilen pirolitik yakıtın bir dizel motorda kullanımının deneysel olarak araştırılması." (Doctoral dissertation, Doktora Tezi), Karabük Üniversitesi, Karabük.
- [29] Özdemir, M. (2011). "Bir Dizel Motorda Biyodizel Ve Etanol Kullanımının Motor Performansına Ve Emisyonlara Etkisinin Araştırılması." (PhD Thesis.,Yüksek Lisans Tezi), Karabük Üniversitesi Karabük.
- [30] Giakoumis, E. G., & Sarakatsanis, C. K. (2018). "Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition", *Fuel*, 222, 574–585.
- [31] Arpa, O. (2009). "Performance And Exhaust Emission Tests Of Fuels Obtained From Waste Lubrication Oil By Pyrolytic Distillation", (July): 122.
- [32] Uzun, S. (2020). Atık Lastiklerden Elde Edilen Pirolitik Yakıtın Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi. Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [33] Bayık, M. (2010). Dizel Yakıtına İzobütanol İlavasının Performans ve Emisyonlara Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [34] Pireli, E. (2006). "Biodizel ve Dizel Yakıtı İle Çalışan Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Püskürtme Basıncının Performansa Etkisi." (PhD Thesis.,Yüksek Lisans Tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.
- [35] Liu, X. and Liu, Z. (2010). "Research Progress on Flash Point Prediction", *Journal Of Chemical & Engineering Data*, 55 (9): 2943–2950.
- [36] Ayyılmaz, N. (2012). Bütanol/Dizel Yakıt Karışımı ile Çalışan Bir Motorda Püskürtme Zamanının Performans ve Emisyonlara Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [37] Ejder, S.B. (2007). Etanol-Dizel, Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38] American Clean Energy Systems Inc., "The impact of changes in diesel fuel's specifications",ACES,USA,http://www.americancleanenergysystems.com/americancleanenergysystem/s/HOME_files/Impact%20of%20Changes%20in%20Diesel%20Fuel.pdf (2011). Erişim: 20 Şubat 2023
- [39] Chianelli, R. R. (1984). "Fundamental Studies of Transition Metal Sulfide Hydrodesulfurization Catalysts", *Catalysis Reviews*, 26 (3–4): 361–393

- [40] Lapuerta, M., García-Contreras, R., Campos-Fernández, J., and Dorado, M. P. (2010). "Stability, lubricity, viscosity, and cold-flow properties of alcohol-diesel blends", *Energy And Fuels*, 24 (8): 4497–4502.
- [41] www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/petrolmerak.pdf, Erişim: 25 Mart 2023
- [42] Örs, A. (2016). Biyodizel Bütanol Karışımlarının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [43] Atmanlı, A. (2013). Dizel Motorunda Dizel Yakıtı-Alkol-Bitkisel Yağ Karışımları Kullanımının Motor Karakteristiklerine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- [44] Haşımoğlu, C., İçingür, Y., & Ögüt, H. (2002). Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Resirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26, 127–135.
- [45] Özcumalı, R. U. (2007). Biyodizelin Bir Gemi Dizel Motorunun Egzoz Emisyon Karakteristiklerine Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [46] Coşkun, N. Y. (2017). Dizel Motorlarda Kirletici Emisyonların Düşürülmesi İçin Egzoz Sisteminin Tasarımı ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [47] Öztürk, H. A. T. (2010). İstanbul Şehir Çevriminin ABD ve Avrupa Test Çevrimleri ile Emisyon Faktörleri ve Yakıt Tüketimi Açısından Deneysel Olarak Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [48] Özcan, C. (2018). "Dizel Yakıtı İle Birlikte Lpg Kullanan Dual Yakıtlı Bir Dizel Motorun Verimlilik Performans Ve Emisyon Yönünden Deneysel Olarak İncelenmesi." (PhD Thesis., Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [49] Sevinç, H. (2018). Piston ve Supapları Cr2O3 Kaplanmış ve Farklı Yakıt Katkıları Kullanılan Bir Dizel Motorda Performans ve Emisyon Değerlerinin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [50] Arcoumanis, C., Bae, C., Crookes, R., & Kinoshita, E. (2008). The potential of di-methyl ether (DME) as an alternative fuel for compression-ignition engines: A review. *Fuel*, 87(7), 1014-1030.
- [51] Zhang, N., Di, Y., Huang, Z., & Zhang, Z. (2010). Flame instability analysis of diethyl ether-air premixed mixtures at elevated pressures. *Chinese Science Bulletin*, 55, 314-320.
- [52] Iranmanesh, M., Subrahmanyam, J. P., & Babu, M. K. G. (2008). Potential of Diethyl ether as supplementary fuel to improve combustion and emission characteristics of diesel engines. *fuel*, 1, 7.
- [53] Bailey, B., Eberhardt, J., Goguen, S., & Erwin, J. (1997). Diethyl ether (DEE) as a renewable diesel fuel. *SAE transactions*, 1578-1584.
- [54] Kannan, T. K., & Marappan, R. (2010). Study of performance and emission characteristics of a diesel engine using Thevetia peruviana biodiesel with diethyl ether blends. *European Journal of Scientific Research*, 43(4), 563-570.
- [55] Pugazhvadivu, M., & Rajagopan, S. (2009). Investigations on a diesel engine fuelled with biodiesel blends and diethyl ether as an additive. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(5), 31-35.
- [56] Anand, R., & Mahalakshmi, N. V. (2007). Simultaneous reduction of NO_x and smoke from a direct-injection diesel engine with exhaust gas recirculation and diethyl ether. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 221(1), 109-116.

- [57] Yağoğlu, H. (2015). Bir Dizel Motorunda Yakıt Olarak Euro Dizel-Biyodizel-Biyoetanol Karışımlarının Kullanımının Motor Performansı Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [58] Anonim. Alkoller ve Eterler. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı, 2012. Erişim: 10 Nisan 2023.
- [59] Temizer, İ. (2020). The combustion analysis and wear effect of biodiesel fuel used in a diesel engine. Fuel, 270, 117571.
- [60] Hürdoğan, E., Ozaip, C., Kara, O., & Ozcanli, M. (2017). "Experimental investigation on performance and emission characteristics of waste tire pyrolysis oil-diesel blends in a diesel engine", International Journal of Hydrogen Energy, 42(36), 23373-23378
- [61] İlkılıç, C. ve Aydın, H. (2011). "Fuel production from waste vehicle tires by catalytic pyrolysis and its application in a diesel engine." Fuel processing technology, 92(5): 1129-1135.
- [62] Murugan, S., Ramaswamy, M. ve Nagarajan, G. (2008). "The use of tyre pyrolysis oil in diesel engines." Waste Management, 28(12): 2743-2749.
- [63] Şimşek, S. (2018). "Fuzel Yağı Özelliklerinin İyileştirilmesi Ve Buji Ateşlemeli Bir Motorda Farklı Sıkıştırma Oranlarında Kullanımının Performans Ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi." (Doctoral dissertation, Doktora Tezi), Karabük Üniversitesi, Karabük.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammet ÇİMEN

Category	Percentage
Very good	10%
Good	20%
Fair	30%
Poor	40%
Very poor	10%

Age Group	Should Take Action (%)	Should Not Take Action (%)
18-29	95	5
30-49	95	5
50-69	95	5
70+	95	5

████████████████████

■ [REDACTED]
