



T.C.

BATMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROPANOLÜN BİR DİZEL MOTORDA ASPİR BİYODİZELİ KULLANIMINA
ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Engin SÜMER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

MART –2017

BATMAN

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Engin SÜMER tarafından hazırlanan “**Bir Dizel Motorda Biyodizel ve Pentanol Kullanımının Yanma, Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması**” adlı tez çalışması 03/03/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç.Dr.Hasan BAYINDIR

Danışman

Doç.Dr.Hüseyin AYDIN

Üye

Doç.Dr.Şehmus ALTUN

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

.....

Doç. Dr. Bahattin İŞCAN
FBE Müdürü V.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Engin SÜMER

03/03/2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR DİZEL MOTORDA BİYODİZEL VE PENTANOL KULLANIMININ YANMA, MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Engin SÜMER

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin AYDIN
2017, 96 Sayfa**

Jüri

**Doç. Dr. Hasan BAYINDIR
Doç. Dr. Hüseyin AYDIN
Doç. Dr. Şehmus ALTUN**

Günümüz otomobil teknolojilerinde, özellikle dizel motorlu araçlarda hem performans hem de emisyon açısından faydalı olabilecek bir çok alternatif yakıt incelenmiştir. Aspir biyodizeli ve pentanol da belirli oranlarda karıştırılarak kullanılacak alternatif dizel yakıt türleridir. Bu çalışmada aspir biyodizeli ve pentanolün belirli oranlardaki karışımları ve direkt püskürtmeli bir dizel motorda kullanılması ile motor performansı ve emisyonlara etkileri incelenmiştir. Dizel motor 4 silindirli olup bir elektrik jeneratörüne güç vermek için kullanılmıştır.

Belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen dizel, biyodizel ve pentanol karışimli yakıtların yanma sonucu elde edilen test sonuçları ile ticari motorinin test sonuçları karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneylerden elde edilen test sonuçlarına göre motor performansı, özgül yakıt tüketimi, silindir basıncı gibi etkenler bakımından karışım yakıtlar dizel ile karşılaştırıldığında ciddi bir değer farklılığı gözlemlenmemiştir. Yanma sonucu grafiklerine bakıldığında silindir basıncı, ısı salınım hızı kümülatif ısı salınımı, ortalama gaz sıcaklığı ve kütleli yanma eğrilerinde yüke bağlı olarak tüm yakıt türleri için artışlar gözlemlenmiş olup grafik eğrileri genel olarak birbirini paralel olarak takip etmişlerdir. Ayrıca test sonuçlarına bakıldığında da egzoz emisyonları açısından ciddi bir farklılık olmamasına rağmen NOx emisyonlarında düşüşler ölçülmüştür.

Bu çalışmada yanma deneyleri ve test sonuçlarına bakılarak aspir biyodizeli ve pentanol karışımlarının dizel yakıtta belirli oranda karıştırılarak alternatif yakıt olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Ayrıca bu yakıtın kullanılabilmesi için dizel motorda ve püskürtme sistemi üzerinde herhangi bir değişiklik yapmaya gerek duyulmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Dizel motor, biyodizel, yanma, pentanol, aspir

ABSTRACT

M. SC. THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF BIODIESEL AND PENTHANOL (AMYL ALCOHOL) UTILIZATION ON AN ENGINE PERFORMANCE, COMBUSTION AND EXHAUST EMISSIONS

Engin SÜMER

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AYDIN
2017, 96 Pages**

Jury

Assoc. Prof. Dr. Hasan BAYINDIR

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Şehmus ALTUN

In today's automotive technology, especially in diesel vehicle engines, many alternative fuels have been examined that can be useful both in terms of performance and emissions. In this study, the performance and emission effects on a direct injection engine were investigated by using an alternative fuel, which is generated by mixed of safflower biodiesel and penthanol at certain ratios. The diesel engine that has 4 cylinders, was used to power an electric generator.

Achieved combustion test results in diesel, biodiesel and penthanol mixed fuels at specific ratios were compared with obtained test results in pure diesel.

According to the test results obtained from the tests performed, it is seen that there is no significant value difference when compared to diesel fuel with mixed fuels in terms of engine performance, specific fuel consumption and cylinder pressures. When the burnout graphs are taken into account, an increase on curves of the cylinder pressure, the heat release rate, the cumulative heat release, the average gas temperature and the mass combustion were observed for all types of fuels. There was also a decrease in NOx emissions, although there was no significant difference in terms of exhaust emissions.

According to these combustion tests and obtained test results, it can be seen that the mixtures of safflower biodiesel and penthanol can be used as alternative fuel by mixing them to diesel fuel. In addition, there is no need to make any changes to the diesel engine and the spray system in order to use this fuel.

Key Words : Diesel engine, biodiesel, penthanol, safflower, biodiesel, combustion

TEŐEKKÜR

“Bir Dizel Motorda Biyodizel ve Pentanol Kullanımının Yanma, Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması” konulu yüksek lisans tezi alışmamın yapımı ve düzenlenmesi aşamasında her türlü desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Hüseyin AYDIN’a ve ayrıca Arş.gör. Sayın Dr. M. Zerrakki IŐIK, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk ERTUĞRUL, arkadaşım Mak.Müh. Zülfi TOSUN’a ve bunun yanı sıra manevi desteğini esirgemeyen eşime teőekkürlerimi sunarım.

Engin SÜMER
BATMAN-2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGE LİSTESİ.....	xiii
KISALTMA LİSTESİ.....	xivv
1.GİRİŞ.....	1
2.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	3
2.1.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tanımı ve Önemi.....	3
2.2 Enerji Kaynaklarının Türkiye ve Dünya'daki Durumu	4
2.3. Biyokütle.....	6
3.YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI.....	8
3.1. Petrol	8
3.2. Kömür	9
3.3. Doğalgaz	9
3.4. Nükleer Enerji.....	11
4.BİYODİZEL	13
4.1.Dizel motorlarda Bitkisel Yağ Kullanımı ve Biyodizel Üretim Yöntemleri....	13
4.1.1. Transesterifikasyon yöntemi	14
4.1.2. Alkali katalizörler ile transesterifikasyon	16
4.1.3. Asidik katalizör kullanımı ile transesterifikasyon.....	17
4.2. Biyodizel Üretmek İçin Kullanılan Kaynaklar	17
4.2.1. Kanola	18
4.2.2. Pamuk tohumu.....	19
4.2.3. Atık yağlar.....	19
4.2.4. Aspir bitkisi ve yağı.....	19
5.GENEL YANMA TEORİSİ.....	22
5.1. Dizel Motorlarda Yanma	23
5.2. İdeal Yanma Süreci.....	24
5.3. Gerçek Yanma Süreci	24
5.3.1. Tutuşma gecikmesi	24
5.3.2. Kontrolsüz yanma	24
5.3.3. Kontrollü yanma	25

Sayfa

5.3.4.Gecikmiş(Art) yanma	25
5.4.Dizel Motor Emisyonları ve Oluşum Nedenleri	25
6.LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	27
6.1.Biyodizelin Dizel Motorlarda Kullanılması	27
6.2.Aspir Biyodizelinin Üretimi ve Motorlarda Kullanılması	29
6.3.Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Alkol Kullanılması.....	31
6.3.1.Alkolün motorlarda kullanılma yöntemleri	34
6.3.1.1.Motorun ana yakıtının içinde belirli oranlarda karıştırılarak kullanılması	34
6.3.1.2.Alkolün emme manifoldundan verilmesi	34
6.3.1.3.İki yakıt için ayrı depolar kullanılması	35
6.3.1.4.Yakıtlar için ayrı enjeksiyon sistemleri kullanılması.....	35
7.MATERYAL VE METOD.....	36
7.1.Deneyde Kullanılan Motor	36
7.2.Deneyde Kullanılan Egzoz Emisyon Cihazı	37
7.3.Deneylerde Kullanılan Febris Yazılımı	38
7.4.Aspir Biyodizel Üretimi	40
7.5.Pentanol (Amil Alkol)	42
7.6.Kullanılan Yakıtlar ve Karışım Oranları.....	44
7.7.Hesaplanmış Parametreler	44
7.7.1.Silindir basıncı.....	45
7.7.2.İsı salınım hızı	45
7.7.3.Toplam ısı salınımı	45
7.7.4.Kütlesel yanma oranı(Wiebe)	47
7.7.5.Ortalama gaz sıcaklığı	47
8.DENEY SONUÇLARI	48
8.1.Silindir Basıncı	488
8.2.İsı Salınım Hızı	51
8.3.Kümülatif(Toplam) Isı Salınımı	53
8.4.Ortalama Gaz Sıcaklığı.....	55
8.5.Kütlesel Yanma Oranı	57
9.PERFORMANS SONUÇLARI.....	59
9.1.Kütlesel Yakıt Tüketiminin Değerlendirilmesi.....	59
9.2.Özgül Yakıt Tüketiminin Değerlendirilmesi.....	61

9.3.Termik Verim Değerlendirilmesi	61
9.4.Egzoz Gaz Sıcaklığı Değerlendirilmesi.....	63
10.EMİSYON SONUÇLARI	65
10.1. CO Emisyon Değerleri	65
10.2.HC Emisyon Değerleri	66
10.3. O ₂ Emisyon Değerleri.....	67
10.4. NO _x Emisyon Değerleri.....	69
10.5.CO ₂ Emisyon Değerleri.....	70
11.SONUÇ	72
KAYNAKLAR	75

Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması -----	4
Şekil 2.2. Dünya genelinde kullanılan enerji türlerinin dağılımı-----	5
Şekil 4.1. Transesterifikasyon yönteminin genel şeması-----	15
Şekil 4.2. Genel olarak transesterifikasyonun kimyasal denklemi -----	16
Şekil 4.3. Aspiryağlarının yağ asitleri ve yağ kompozisyonları -----	20
Şekil 4.4. Aspir çiçeği ve aspir yağı -----	21
Şekil 7.1. Deneyde kullanılan NWK22 model dizel motor -----	36
Şekil 7.2. Deneyde kullanılan düzeneğin şematik diyagramı-----	37
Şekil 7.3. Deney düzeneği -----	39
Şekil 7.4. Febris programı sensör seçim menüsü -----	39
Şekil 7.5. Aspir yağının metoksit ile karıştırılması-----	40
Şekil 7.6. Biyodizel içerisindeki gliserolün çökmeye başlaması -----	41
Şekil 7.7. Aspir biyodizelin yıkanma safhası -----	41
Şekil 7.8. Kullanıma hazır aspir biyodizel -----	42
Şekil 7.9. Deneyde kullanılan pentanol(n-amil alkol)-----	43
Şekil 8.1. 0 kw Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi-----	49
Şekil 8.2. 3,6 kW Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi-----	49
Şekil 8.3. 7,2 kW Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi-----	49
Şekil 8.4. 10,8 kW Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi -----	50
Şekil 8.5. 0 kW Yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi -----	51
Şekil 8.6. 3,6 kW Yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi -----	51
Şekil 8.7. 7,2 kW Yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi -----	52
Şekil 8.8. 10,8 kW Yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi -----	52
Şekil 8.9. 0 kW Yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi-----	53
Şekil 8.10. 3,6 kW Yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi --	54
Şekil 8.11. 7,2 kW Yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi --	54
Şekil 8.12. 10,8 kW Yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi-	55
Şekil 8.13. 0 kW Yükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi ---	55
Şekil 8.14. 3,6 kW Yükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi -	56
Şekil 8.15. 7,2 kW Yükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi -	56
Şekil 8.16. 10,8 kW Yükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi	57

Sayfa

Şekil 8.17. 0 kW Yükte kütleli yanma oranının krank açısına bağlı değişimi-----	57
Şekil 8.18. 3,6 kW Yükte kütleli yanma oranının krank açısına bağlı değişimi --	58
Şekil 8.19. 7,2 kW Yükte kütleli yanma oranının krank açısına bağlı değişimi --	58
Şekil 8.20. 10,8 kW Yükte kütleli yanma oranının krank açısına bağlı değişimi-	59
Şekil 9.1.Kütleli yakıt tüketiminin yüke göre değişimi-----	60
Şekil 9.2.Özgül yakıt tüketiminin yüke göre değişimi -----	61
Şekil 9.3.Termik verimin yüke göre değişimi-----	63
Şekil 9.4.Egzoz gaz sıcaklığının yüke göre değişimi -----	64
Şekil 10.1.Deney yakıtları için CO emisyonlarının yüke göre değişimleri -----	65
Şekil 10.2.Hidrokarbon emisyon değerleri-----	67
Şekil 10.3.Oksijen emisyon değerleri-----	68
Şekil 10.4.Azotoksit emisyon değerleri -----	69
Şekil 10.5. Karbondioksit emisyon değerleri -----	71

Çizelge 4.1.Aspir tohumu yağının fiziko kimyasal değerleri -----	21
Çizelge 7.1.Deneyde kullanılan motorun teknik özellikleri -----	37
Çizelge 7.2.CAPELEC 3200 model egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri -----	38
Çizelge 7.3.Pentanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri -----	43
Çizelge 7.4.Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri-----	44
Çizelge 9.1.Kütleli yakıt tüketiminin yüke göre değişimi-----	60
Çizelge 10.1.Azotoksitin yakıtlara göre emisyon değerleri-----	70



SİMGE LİSTESİ

be	: Özgül Yakıt Tüketimi
°C	: Santigrad Derece
cst	: CentiStoke
dv/dk	: Dakikadaki Devir Sayısı
F	: Kuvvet
j	: Joule
kW	: Kilo-Watt
M	: Döndürme Momenti (Tork)
m	: Metre
n	: Motor Devri
P	: Güç
ρ	: Özgül Ağırlık
T	: Sıcaklık
V	: Hacim
λ	: Hava Fazlalık Katsayısı
%	: Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

ASTM	: Amerikan Test ve Materyalleri Birliği
atm	: Atmosfer Basıncı
B5	: %5 Biyodizel + %95 Dizel
B20	: %20 Biyodizel + %80 Dizel
B50	: %50 Biyodizel + %50 Dizel
B100	: %100Biyodizel
B80P20	: %80 Biyodizel + %20 Pentanol
D40B40P20	: %40 Dizel + %40 Biyodizel + %20 Pentanol
D100	: %100 Dizel
B	: Kütlesel Yakıt Tüketimi
BG	: Beygir Gücü
BSFC	: Özgül Yakıt Tüketimi
DC	: Direct Current
DIN	: Alman Standartları
EN	: Avrupa Birliği Standartları
EPA	: EnvironmentalProtectionAgency
FFA	: Serbest Yağ Asidi
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
IEA	: International Energy Agency
max	: Maksimum min Minimum
min	: Minimum
PAH	:Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PM	: Partikül Madde
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ULSD	: Saf Dizel Yakıt
CO	: Karbonmonoksit
CO₂	: Karbondioksit
HC	: Yanmamış Hidrokarbonlar
SO₂	: Kükürtdioksit
Nm	: Newton Metre
NO_x	: Azotoksitler
O₂	: Oksijen
NaOH	: Sodyum hidroksit
KOH	: Potasyum hidroksit

1.GİRİŞ

Günümüz şartlarında enerji ihtiyacı gittikçe artmakta ve büyüyen bir sorun haline gelmektedir. Bu da beraberinde motorlu araçlar sektöründe bir alternatif enerji ihtiyacı doğurmuştur. Alternatif enerji olarak elde edilebilirliği bakımından da en yaygın olarak göz önünde olan seçenek ise biyodizeldir. Biyodizelin üretimindeki rahatlık ve elde edilebilirliği bakımından ve de özellikle yenilenebilir bir enerji kaynağı olması bakımından diğer alternatiflere göre daha fazla tercih edilebildiği şuan için kabul edilebilir bir düzeydedir. Biyodizelin tercih edilebilmesi için toksik olmamasının ve kullanımında güvenlik yönünden bir sakıncasının da olmaması sayılabilecek nedenler arasında olmasına rağmen en önemli tercih nedenleri elbette bunlarla sınırlı değildir.Şuan dünya da petrol kaynaklarının nedenli büyük bir ekonomik önem arz ettiği ve ne yazık ki birçok savaş ve ülkelerarası yaşam şartlarındaki dengesizliğin de bu ekonomik yarıştan kaynaklandığı herkesçe bilinmekte olan bir gerçektir. İşte petrole olan bu enerji bağımlılığını minimuma indirmek için birçok bilim insanı farklı alternatifler arayışındadır.

Biyodizele olan talebin artış nedenleri arasında getirileri de göz önüne alınmaktadır. Biyodizel üretiminde kullanılan çeşitli yağlar vardır.Bu yağların elde edilebilirliğive kaliteli bir biyodizel oluşturabilmeleri bakımından elbette seçenekleri sıralamak gerekmektedir.Bu seçenekler arasında ülkemiz coğrafi şartlarına en uygun olanları değerlendirmek gerekmektedir. Pek çok yağ çeşidinden biyodizel üretilebilir. Ancak talebin karşılanabilmesi açısından seçilecek olan yağın potansiyeli de göz önüne alınmalıdır. Atık yağlardan elde edilebilecek miktar son derece yetersiz kalmaktadır. Ayçiçeği gibi yağ oranı yüksek bir bitkinin tercih edilememesinin de en büyük nedeni de gıda olarak kullanılmasından kaynaklanan ekonomik değerinin yüksek olmasıdır. Bu yüzden seçilecek olan bitkinin ekonomik açıdan düşük maliyetli ve üretiminin rahat yapılabilecek bir bitki olması öncelikler arasındadır. Daha önce yapılan çalışmalar arasında yağ oranının yüksek olması ve üretim rahatlığı bakımından pek bilinmeyen bir bitki olan aspir bitkisinin tohumundan elde edilen aspir biyodizeli bu yapılan çalışmaya ana etken olmuştur. Aspir bitkisi üretim şartları bakımından kurak bir coğrafi alanı tercih etmektedir. Bu nedenle Türkiye gibi kurak iklim alanlarının da olduğu bölgelerde bu bitkiden faydalanmak alternatif yakıt arayışlarına büyük bir katkı sağlayabilir. Bu getiriler arasında ülkemizi de yakından ilgilendiren etkenler vardır. Bu nedenle aspir

biyodizelinin Türkiye açısından önemi bir adım daha öne çıkmaktadır. Bu alternatifi değerlendirmek, birçok potansiyel zenginliğe ve güzelliğe sahip olan Türkiye’de yeni bir ekonomik alan oluşturup köyden şehirlere göçün önüne geçilmesine katkı sağlayabilir ve ayrıca işsizliği azaltmak için farklı bir iş alanı olarak değerlendirilebilir.

Günümüzde, hem atmosferdeki sera etkisinden dolayı hem de azalan fosil yakıtlar potansiyeli bakımından fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynakları üzerine farklı arayışlar olup, türlü deneyler yapılmaktadır. Ancak şuan ki çalışmaların neticeleri gösteriyorki henüz fosil yakıtların motorda gösterdiği güç ve performansı gösterebilen alternatif yakıtlar bulunamamıştır.

Buna bağlı olarak hem fosil yakıt tüketimini azaltmak ve hem de ozon tabakasında oluşan sera etkisini azaltmak amacıyla karışım yakıtlar arayışı da sürdürülmektedir.

Motorlarda biyodizel kullanımını sınırlayan etkenler vardır. Sonradan değinilecek olan bu nedenlerden ötürü genelde kullanılan yakıt karışım şeklindedir. Bu biyodizel karışımlı yakıtların motorun biyodizele uyumluluğuna göre egzoz emisyonlarında NO_x miktarının %13’e kadar arttığı yapılan deneylerde gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra diğer emisyonlar olan CO, SO₂,HC ve partikül madde (PM) miktarlarında genel olarak düşüşler görülmektedir(Şener ve Çakar 2008).

Genel olarak biyodizel yakıtlar petrol türeveli yakıtlara göre daha yüksek viskoziteye sahip olduklarından yakıt filtrelerinde sorunlar da çıkarmaktadırlar.Bunun yanı sıra yakıt olarak kullanıldıklarında güç ve performans düşüklüğüne neden olmaktadır. Aynı gücü karşılamak için daha fazla yakıt tüketmekte ve özgül yakıt tüketimi de artmaktadır.Bu duruma karşı alternatif çözümler aranmaktadır. Bu çalışmada da biyodizel-dizel karışımlarına belirli oranlarda pentanol (amil alkol) eklenmesi ile motor performansı, yanma ve egzoz emisyon karakteristikleri üzerindeki etkilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

2.1.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tanımı ve Önemi

Doğada tarafından sürekli bir döngü içerisinde kendini yenileyebilen enerji türlerine yenilenebilir enerji denir.Bunlardan en önemli potansiyele sahip olanlarının başında güneş, rüzgâr, hidrolik, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji ile dalga enerjisi gibi enerji türleri gelmektedir.Bunlar içerisinde en büyük potansiyele sahip olan güneş enerjisi kaynağı göz önüne alındığında teorikte sonsuz ve yenilenebilir olmamasına rağmen çok büyük bir potansiyele sahip olduğundan sürekli kabul edilir ve bu yüzden yenilenebilir enerji türleri grubuna girmektedir.

Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar dediğimiz yakıt türleri şuanda dünya üzerindeki enerji ihtiyacının % 90'ını karşılamaktadır. Rezerv bakımından fosil yakıtların yeryüzündeki dağılımlarına bakacak olursak birinci sırada %68 ile kömür ve ardından %18 petrol ve %14 doğalgaz gelmektedir Vogel (1999).

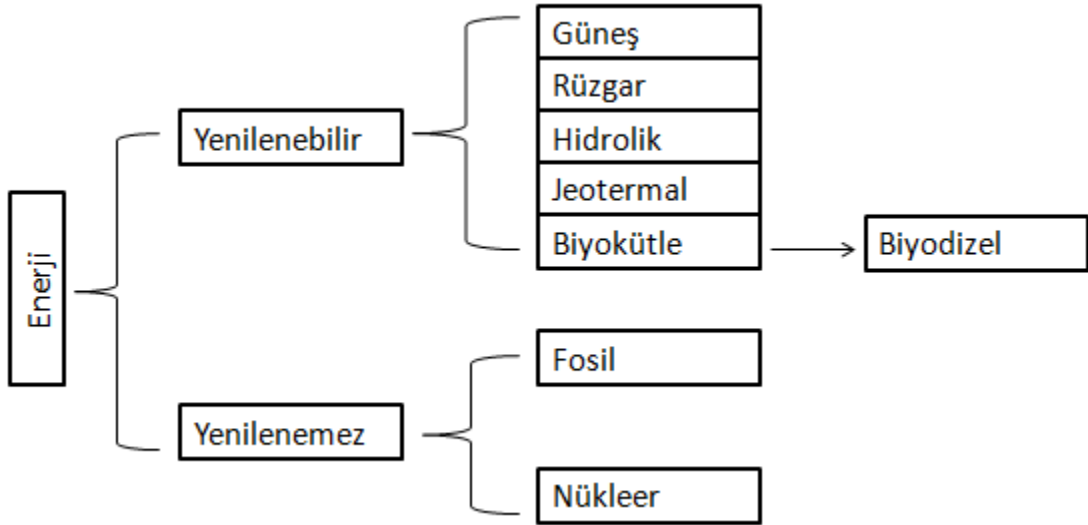
Son yüzyıl içerisindeki artan sanayileşme ve enerji kullanımı fosil yakıtlarının kullanımındaki artışı beraberinde getirmiş ve var olan rezervlerin hızlıca azalmasına yol açmıştır.Bununla beraber azalan enerji kaynakları küresel boyutta geleceğe dönük bir enerji sıkıntısı olacağının habercisi olmuş ve bu yönde tüm ülkeler alternatif arayışlara yönelmek zorunda kalmışlardır.

Yenilenebilir enerji elde edilebilirliği diğer fosil yakıtlara nispeten düşük olmasından dolayı özellikle enerji bakımından dışa bağımlı ülkeler açısından daha büyük önem arz etmektedir.

Şekil 2.1'de görülebileceği üzere biyodizel yakıtlar, biyokütlealt grubu içerisinde yer alan bitkisel, hayvansal ve atık yağlardan elde edilebilen alternatif sayılabilecek birer dizel yakıt türüdür.Mono alkil esteri olan biyodizel, uzun zincirli bir yağ asidi olma özelliğini taşır(Alptekin veÇanakçı, 2006).

Biyodizelin üretim maliyetinin diğer yenilenebilir enerji türleri olan güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi alternatif enerjilere oranla daha düşük olması ve üretim aşamalarının daha az zahmetli olması, öneminin artmasına ve bu alana olan yönelimin çoğalmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca bu yakıt türünün üretimi beraberinde iş olanakları sağlaması sanayileşmede ilave istihdam getirmesi bakımından da faydalı

olmaktadır. Tüm bunlara bağlı olarak biyodizel üretimi hızlı bir şekilde artış göstermektedir (Sabancı ve ark. 2010).

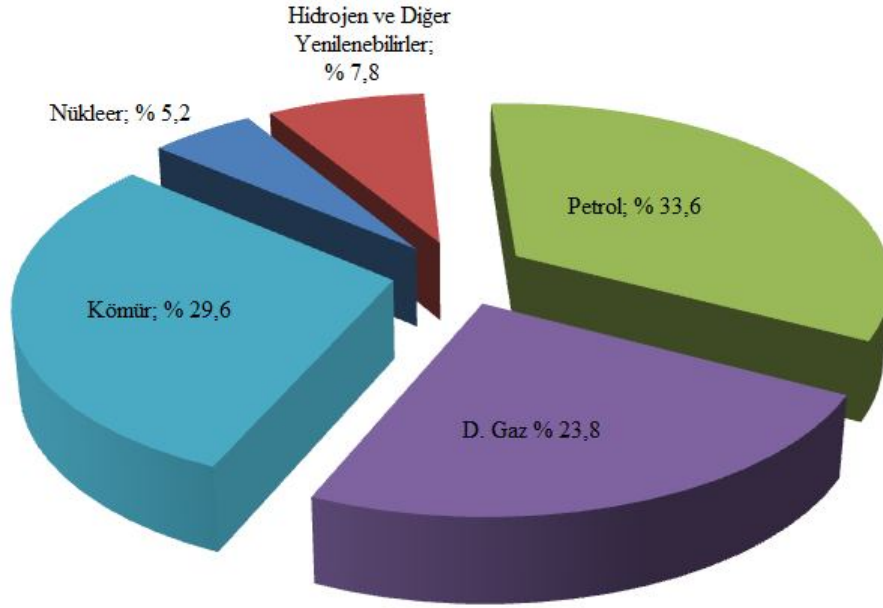


Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması(Öğüt ve Oğuz, 2006)

Biyodizel yakıtların gerekliliğini arttıran diğer önemli bir husus ise fosil yakıtların çevreye verdiği zararlardır. Daha çok bu yakıtların kullanımından kaynaklanan kirletici emisyonların yarattığı çevre kirliliği ve sera etkisi nedeniyle yeryüzünde küresel ısınma ve iklim değişikliklerine de yol açmıştır. Bu gazların neden olduğu küresel ısınma nedeniyle yeryüzü sıcaklıkları her geçen yıl artmaktadır. Oysaki biyodizel kullanımında bu emisyon değerleri nispeten daha düşük olduğundan çevresel açıdan bakıldığında bir çok ülke biyodizel alternatif yakıtını değerlendirmek istemektedir.

2.2 Enerji Kaynaklarının Türkiye ve Dünya'daki Durumu

Yeryüzünde görülen küresel ısınma, iklim değişiklikleri gibi çevresel nedenler ve ayrıca hızla azalan fosil yakıt rezervleri nedeniyle tarımsal potansiyeli yüksek olan ülkeler açısından bakıldığında bu biyoyakıt potansiyelinin değerlendirilebilmesi bir fırsat olarak görülebilir.



Şekil 2.2. Dünya genelinde kullanılan enerji türlerinin dağılımı(Türkyılmaz ve Özgiresun, 2012)

Şekil 2.2'ye bakıldığında Dünya'da en çok kullanılan enerji türlerinde en büyük payı %33,6 ile petrol almaktadır. Ardından %29,6 kömür, %23,8 doğalgaz, %7,8 ile yenilenebilir enerji ve %5,2 ile de nükleer enerji gelmektedir.

Son 25 yılda yeryüzünde her yıl %2 civarında büyük bir rakam ile artan bir enerji ihtiyacı olmaktadır. 1990 yılındaki günlük petrol tüketimi dünyada 66,2 milyon varil iken, 2013 yılında bu rakam günlük 90,1 milyon varile çıkmıştır. 2020 Yılına kadar dünyadaki petrol tüketiminin her yıl için ortalama %0,9 oranında artış göstereceği öngörülmektedir(URL1).

Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency - IEA)'nın 2014 yılındaki raporuna göre petrol tüketiminin ulaşım alanında kullanımının yaygın olduğu görülmektedir. Bunun da %75'inden fazlası karayolu taşımacılığında kullanılmaktadır ve bu oranın 2040 yılına kadar fazla değişmeyeceği düşünülmektedir. Ayrıca günümüz karayolu taşımacılığında kullanılan enerji türünün de %95'i de petrolden elde edilen fosil yakıtlardan oluşmakta, gerisi de daha çok elektrik ve biyodizel yakıtlardan oluşmaktadır(URL 1).

Bu petrol talebinin artışı daha çok gelişmekte olan ülkelerde olmaktadır. Ekonomik açıdan üst sıralarda yer alan OECD(Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü- Organisation for Economic Co-operation and Development)'ye üye ülkelerde ise

taşımacılık sektöründeki petrole olan talep diğer ülkelere nazaran düşmektedir (IEA, 2014 raporu).

2.3. Biyokütle

Endüstriyel ve evsel atıklardan, hayvansal ürünlerden ve bitkilerden elde edilebilen bir enerji türüdür. Görüldüğü üzere temel kaynağı organik canlılar ve atıklardır. Fosil yakıtlar da temel olarak kaynağını organik canlılardan almaktadır. Ancak aradaki fark, fosil yakıtların oluşumunda doğal bir dönüşümün uzun yıllar sürecinde gerçekleşmiş olmasıdır. Biyokütle enerjisinde ise tamamen insan eli ile yapılan bir dönüşüm ve enerji elde etme yöntemidir.

Biyokütle enerjisi elde edilirken orman ürünleri, yağlı tohum bitkileri, bitkisel atıklar, elyaf bitkileri, hayvansal atıklar, ev ve endüstriyel atıklar kullanılabilir. Kullanılan kaynaklar açısından bakıldığında bu enerji kaynağı da diğerleri gibi çevreci olarak kabul edilebilir. Biyokütle enerjisi üretilirken doğada bulunan kaynaklar seçildiğinden dolayı ayrıca bir yerli pazar oluşturması açısından ekonomiye katkısı da bulunmaktadır.

Asıl kaynağı güneş olan bitkilerdeki selüloz, biyokütle enerjisinin kimyasal ham maddesidir. Güneş enerjisinin fotosentez yardımıyla bitkilerde biyokütle olarak depolanması insanlar için yaşamsal bir önem taşır. Bu enerjinin fotosentez yardımıyla bitkilerde depolanmasıyla aynı zamanda canlılar için yaşamsal önem taşıyan oksijen de doğaya salınmış olur. Biyokütlenin yakılarak enerji elde edilmesinde başka yöntemler de mevcuttur. Bunlardan bazıları havasız çürüme, fermantasyon, gazlaştırma, piroliz, hidroliz, esterleşme reaksiyonu gibi yöntemlerdir. Bu yöntemler ile biyokütlenin yakıt kalitesi artırılarak daha yüksek kalitede olan biyogaz, biyodizel, sentetik yağ, pirolitik yağ gibi biyoyakıtlar elde edilir.

Elektrik santrallerinde biyokütle kullanılarak elektrik enerjisi üretimi en basit şekliyle biyokütlenin veya bundan elde edilen biyogazların yakılarak elde edilen ısı enerjisinden türbinlerin döndürülmesi ve devamında elektrik elde edilmesi ile olur. Biyogaz ile elektrik enerjisi elde edilmesi yönteminde şehirlerdeki çöplerden de faydalandığı için kentsel atıklardan kurtulmak açısından da fayda sağlamaktadır (Gedik, (2015)).

Kaynağını biyokütleden alan en önemli alternatif yenilenebilir enerjilerden biri de biyodizeldir. Biyodizel standartlarını tamamlamış ve birçok ülkede yakıt istasyonlarında ticari olarak satışı yapılmaktadır.

Biyodizel, her türlü atık yağ, hayvansal yağ ve bitkisel yağlardan elde edilebilir. Bu yağların metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkollerle reaksiyonu sonucu elde edilir. Petrol türevlerini içermez ancak petrol türevli yakıtlarla her oranda karıştırılarak veya saf olarak özellikle motorlarda kullanılmaktadır. Yakıt kalitesi olarak dizele çok benzemektedir. Daha çok bitkisel yağlardan ve atık yağlardan elde edilir. Dizel yakıt olarak kullanılabilen, ekonomik ve çevre dostu bir yakıttır. Atık yağların çevreye verdiği zararlardan da kurtulabilmek açısından ayrıca faydalı bir yakıttır. Biyodizel yakıt yapımında kullanılan başlıca bitkisel yağlar; Ayçiçeği yağı, soya yağı, kanola yağı, Aspir yağı, keten tohumu yağı, pamuk yağı ve kızartma sonu yağlardır. Emisyon değerleri bakımından da biyodizel yakıt, dizel yakıtla oranla daha çevreci bir yakıttır. (Gedik, 2015).

Biyokütle enerjisi diğer yenilenebilir enerji türlerine sürekli ve depolanabilir bir enerji türüdür. Bu açıdan bakıldığında en büyük avantajını bu yönde sağladığı görülebilir. Dünyada hemen her coğrafyada kaynak olarak bulunabilen ve her ülkede yerli olarak üretilen ve dışa bağımlı olmayan bir enerji türüdür. Yerli bir kaynak olması beraberinde istihdamı da arttırıp ekonomiye ek kaynaklar sağlar.

Biyokütle yakıtlar daha çok fosil yakıtlar ile çeşitli oranlarında karıştırılarak kullanılır. Fosil yakıtların biyokütle yakıtlarla beraber yakılması ile emisyon değerlerinde önemli oranlarda düşüş meydana gelir. Kömür ile çalışan bir termik santralde %33 oranında biyokütle beraberinde kullanılmasıyla azot ve kükürt dioksitemisyonlarının %30 oranında düştüğü hesaplanmıştır (MEB, 2012).

3.YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının çoğunluğunu fosil kökenli yakıtlar oluşturur.Fosil kökenli yakıtlar kömür, petrol ve doğalgazdır.Diğer yenilenemeyen bir enerji kaynağı da nükleer enerjidir.

İnsanoğlu fosil yakıtlardan ilk olarak kömürden faydalanmaya başlamıştır.Ancak şuanda birinci sırada petrol türevleri vardır. Petrol daha çok ulaşım ve sanayi alanlarında kullanılmaktadır. Son yıllarda kullanımı artan diğer bir fosil yakıt da doğalgazdır. Bu yenilenemeyen enerji kaynakları her ne kadar kullanım olarak birinci sırada yer alsalar bile çevre kirliliğine neden olma açısından da birinci sırada yer almaktadırlar. Bu yakıtların tüketimi sırasında çevreye yaydıkları CO ve CO₂ gibi emisyon gazları insan sağlığını tehdit etmenin yanı sıra sera etkisi yaratarak doğaya önemli ölçüde zarar vermektedir. Bu zararları ortadan kaldırabilmek veya minimuma indirebilmek için farklı ve sürekli enerji kaynaklarına yönelim vardır(Gezer, 2013).

Fosil yakıtlar yeryüzünde katı, sıvı ve gaz halinde bulunurlar. Bunların yakılması sonucu ısı, elektrik veya mekanik enerji elde edilmesi ile elde edilen enerji türlerine fosil kaynaklı enerjiler denir.Bu fosil enerji kaynakları temel olarak kömür, petrol ve doğalgazdır.Yeryüzünde sıvı, katı ve gaz şeklinde bulunan fosil yakıtların başını kömür, petrol ve doğalgaz çeker.

3.1. Petrol

Özellikle ulaşım ve sanayi sektörünün vazgeçilmez bir enerji kaynağıdır.Çevre kirliliğine en çok neden olan yakıtlardan biri olup aynı derecede insan sağlığına da zarar vermektedir. Rahat elde edilebilen ve özellikle kendisine yakın alternatifi pek olmayan bir enerji türü olduğundan halen vazgeçilmez bir kaynaktır.

Son 150 yılda kullanımı yaygın hale gelmiş ve hatta ülkeler arası savaflara neden olabilecek kadar büyük bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin tamamının sanayisi petrole endeksli olduğundan tüm dünyada ekonominin temel ögesi haline gelmiştir.

Stratejik araştırmalar Enstitüsü'nün (CSIS) 2002 yılında hazırlamış olduğu Dünya Enerji raporuna göre 2030 yılına kadar petrole olan ihtiyacın %30 artacağı ve bu

talebin %62 'ini de gelişmekte olan ũlkelerin göstereceğini belirtmektedir. Bu gelişmekte olan ũlkelerde ise petrole olan ihtiyacın %43 olacağı ngrlmş ve bu nedenle bu ũlkelerde sanayileşme ve göçün artacağı savunulmuştur(Bayraç, 2013).

3.2. Kömür

Sanayi devriminin gerçekteşmesine neden olan temel etkenlerden biri olan kömür günümüzde bile halen en çk kullanılan enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Jeopolitik olarak nerdeyse dünyanın her yerinde bulunan bir kaynak olup erişimi rahat ve bol miktarlarda bulunmaktadır. Günümüz şartlarında halen pek alternatifini olamayan bir yakıt türüdür. Petrole kıyasla da daha uzun süre yetecek rezervleri vardır. Kullanılan fosil yakıtlar arasında en uzun süreli kullanıma müsait rezervler kömüre aittir. Çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlara rağmen bol bulunması ve kolay erişilebilmesi açısından halen en çk tercih edilen yakıt türüdür. Dünya'da en çk kömür kullanan ũlkelerin başında nüfusuna bağlı olarak Çin ve Hindistan gelmektedir. Avrupa birliği ũlkelerinde günümüz şartları göre değerlendirildiğinde gelecekte de enerji kaynakları arasında en çk ihtiyacın kömüre dayalı olacağı öngörülmektedir(URL 2).

Türkiye petrol, doğalgaz ve kömür arasından en çk kömürü kendi topraklarında çıkarmaktadır.Oysaki buna rağmen talebi karşılayamamakta ve yıllık çıkarttığı miktar kadar da her yıl ũlke dışından kömür ithal etmektedir.Her ne kadar petrol ve doğalgaza göre bu miktar parasal olarak daha az da olsa yine de bu durum her yıl ũlke dışına döviz çıkması demektir(Paksoy, 2013).

3.3. Doğalgaz

Fosil yakıtlar grubundan olan doğalgaz hidrokarbon bazlı bir yakıttır.Petrol yataklarının ũst kısmında gaz tabakaları halinde veya yeraltı kayaçlarının arasında sıkışmış halde bulunur.Doğalgaz çeşitli gaz karışımlarından oluşur.Bunlardan içerik olarak en yüksek orana sahip olan %95 ile metan gazıdır.Bileşimi oluşturan diğer gazlar ise etan, bütan, propan ve karbondioksittir.Doğalgazın renksiz ve kokusuz bir yapıya sahip olması sebebiyle kaçak olması durumunda fark edilmesi zor olduğundan tehlike oluşturulabilir. Bunun önüne geçmek için ierisineTHT(Tetra Hidro Teofen) ve ya

TBM(Tersiyer Bütül Merkaptan) gibi koku veren başka gazlar ilave edilir. Doğalgazın %95 lik gibi büyük ölçüde yapısını oluşturan metan gazı, kimyasal yapısı bakımından basit ve en düşük hidrokarbon içeriğine sahip bir gazdır. Metan kimyasal olarak 1 Karbon ve 4 hidrojen atomundan meydana gelmektedir. Kimyasal yapısı karışık olmadığından yanma olayı rahat gerçekleşir ve tam yanma olayı kolay olur.Tam yanma olayının kolay gerçekleşmesi neticesinde is, kurum, kül ve duman oluşmaz.Emisyon değerleri çok düşüktür.Kullanımı rahat ve ucuzdur.Düşük karbon içeriğinin beraberinde getirdiği emisyon değerlerinin düşük olması neticesinde sağlığa zarar veren ve çevreye zararlı sera etkisini oluşturan CO₂ emisyonu diğer yakıtlara göre çok daha düşüktür(URL3).

Pensilvanya'da Drake'in doğalgazı keşfetmesiyle beraber bu alanda bir endüstri başlamıştır.Yeraltından doğal olarak elde edilen bu gaz haricinde bir de kömürden elde edilen ancak doğalgaza göre zararlı olan bir gaz çeşidi de vardır.Bu işin ilk ticaretini yapan ülke 1875 yılında Britanya olmuştur. O zamanlarda deniz fenerlerinin ve sokak lambalarının aydınlatılmasında kullanılmaktaydı. Teknolojik yetersizlikler yüzünden o yıllarda doğalgaz sadece aydınlatma amacıyla kullanılıyordu. İlerleyen zamanlarda bunun ekonomik ve çevresel bir yakıt olduğu anlaşıldıktan sonra daha çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Kullanımının artmasıyla beraber zamanla farklı kullanım alanları da keşfedilmiştir. Şu an günümüzde başta konutların ısıtılması olmak üzere, elektrik santrallerinden ulaşımına kadar pek çok alanda kullanılmaktadır(Parlaktuna, 2011).

Doğalgaz, kullanımı hızlı şekilde artış gösteren bir yakıttır. Düşük karbon içeriğinden dolayı emisyon değerlerinin düşük olması ve bununla beraber çevresel açıdan sera gazı salınımına etkisi az olduğundan bir çok ülke tarafından önceliği artmaktadır. Bunun sonucu olarak da dünyada pek çok ülkede elektrik üretiminden endüstriyel alanlara kadar birçok alanda doğalgaz kullanımı öncelikli durumdadır. Son yıllarda yapılan istatistikler göz önüne alındığında doğalgaz üretim ve kullanımında artış olduğu görülmektedir(EİA, 2013: 41).

Doğalgaz rezervlerinin en çok bulunduğu yerlerin orta doğu ülkelerinde olduğu görülmektedir. Ancak üretim ve tüketimde listede ilk sıraları Amerika ve Rusya almaktadır.Tabi bunun en basit nedeni de petrol kaynaklarının fazla olmasından dolayı bu kaynağa pek fazla yönelmemelerinden kaynaklanıyor.

Listede Rusya her ne kadar üretim ve tüketim alanlarında Amerika'nın gerisinde yer alsan bile doğalgaz ihracatında dünyada birinci sırada yer almaktadır.En çok ihraç ettiği

ülkeler de Avrupa Birliği ülkeleri, Türkiye, Japonya ve Asya ülkeleridir(WEC Survey, 2013: 169).

Asya bölgesindeki ülkeler rezerv ve üretim bakımından listede üst sıralarda yer almamaktadırlar.Ancak Çin, kalabalık nüfusu ve hızla artan ekonomisi ile yakıt konusunda diğer ülkelere göre daha fazla bir kullanım payına sahip olup bu alandaki ihtiyacını karşılama bakımından seçimini kömürden doğalgaza kaydırmaya çalışmıştır.Bunun en büyük nedenini de çevresel etkenler oluşturmuştur.Çin'in 2013 yılındaki 161,6 milyar m^3 olan yıllık kullanımı 2040 yılına kadar yıllık 472,5 milyar m^3 'e çıkarması öngörülmektedir.Aynı şekilde Japonya'nın da 2010-2020 yılları arasındaki doğalgaz tüketimini arttırması olması bekleniyor. Japonya hükümeti buna en büyük neden olarak da Çin'e benzer bir neden olan, çevresel etkenleri azaltmak amacıyla CO emisyonlarını azaltmak olduğunu belirtmiştir. Ortadoğu'da endüstriyel amaçla doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu ülke de İran'dır(EIA, 2013).

3.4. Nükleer Enerji

Nükleer enerji elde edilmesi en güç, tehlikeli ve çevresel olarak zararlı ancak bir o kadar da büyük bir enerji kaynağıdır. Üretimi çok maliyetli ve risklerle dolu bir enerji kaynağıdır.

Üretimi doğrudan atomun çekirdeği ile ilgili bir durumdur.Elde edilmesinde iki farklı yöntem vardır.Bunlardan birincisi, iki küçük çekirdeğin birleşmesinden ortaya çıkan füzyon olayının enerjisidir ve bu birleşmede ortaya büyük bir ısı enerjisi çıkar. Diğer bir yöntem ise büyük bir çekirdeğin parçalanmasından ötürü ortaya büyük bir enerji çıkaran fisyon olayıdır. Bu her iki olayda da ortaya çıkan büyük ısı enerjisinden yararlanılıp elektrik elde edilebilir(Altın,2004).

Nükleer enerjiyi tüm dünyaya duyuran ilk önemli olay II.Dünya savaşı sırasında 1945 yılında Amerika'nın Japonya'nın Hiroşima ve Nagazaki şehirlerine attığı atom bombalarıdır. Böylelikle kötü bir şöhretle tüm dünya nükleer enerjiyi tanımış oldu. Ayrıca 1986 yılında Çernobil'de bir deney sırasında meydana gelen kaza sonucu zaman içerisinde yüksek radyasyondan binlerce insanın sakat doğması ve binlercesinin kanserden yaşamını bitirmesi nükleer enerjinin kötü şöhretini arttırdı.

Japonya'da 2011 yılında büyük bir deprem meydana gelmiş ve depremin ardından tsunami meydana gelmiştir. Bu tsunaminin etkisiyle Fukuşima nükleer

santralinde oluşan sızıntı Çernobil'den sonra meydana gelen ikinci büyük ölçekte bir sızıntı olmuştur. Bunların yanı sıra yakın zamanda İran'ın nükleer silah yapma çabası ve Kuzey Kore'nin nükleer başlıklı füze fırlatma denemeleriyle tüm dünyaya meydan okuması nükleer enerji alanında yapılan çalışmaların azalmasına neden olmuştur.

Tüm bu yaşanan olumsuzluklara rağmen 1970 yılından sonra oluşan petrol krizleri ve buna bağlı oluşan fiyat artışları, artan fosil yakıt tüketiminin yakın bir tarihte rezervleri azaltacak olması ve nükleer enerjinin üretiminde CO_2 salınımının fosil yakıtlara göre daha az olması gibi nedenlerden ötürü birçok gelişmiş ülke nükleer enerji üretimine önem vermektedir(OECD, 2008).

Nükleer enerjinin geçmişi çok eskilere dayanmamakla beraber üretimi teknolojik bakımdan epey hızlıdır. Sanayi alanında, tıpta, tarım ve hayvancılıkta ve silah sanayinde de kullanılabilir. Tabi en çok elektrik üretiminde kullanımı söz konusudur ettirmektedir(Temurçin ve Aliğaoğlu,2003).

Ancak özellikle son yıllarda doğaya ve çevreye verebileceği zararlar ve potansiyel tehlikesinin büyüklüğü nedeniyle önemini kaybetmektedir.

4.BİYODİZEL

Bitkisel ve hayvansal yağlar ile bu yağların atıklarından, transesterifikasyon yöntemiyle metanol ve etanol gibi alkoller yardımıyla elde edilen yenilenebilir ve çevreci bir yakıttır.

1800'lü yıllardan beri üretilen biyodizel aslında gliserin üretiminde ortaya çıkan bir yan üründür.Ama zamanla ana ürünün yerini almıştır. Önceleri bitkisel yağların transesterifikasyonu ile gliserin üretilirken bir yan ürün olarak biyodizel pek önemli değildi. Ancak 1900'lü yıllarda Alman makine mühendisi Rudolf Diesel'in dizel motoru icat etmesiyle önem kazanmıştır. Ama asıl önemi 1970'lerdeki petrol krizi nedeniyle kazanmıştır.Diesel, 1898 yılında Paris'te yaptığı deneyler ile ilk olarak fıstık yağı ile bir motoru çalıştırmayı başarmıştır.Bunun ardından 1920'lere kadar bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel, dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmıştır.Sonrasında petrolün bir yan ürünü olan dizel bu motorların modifiye edilmesiyle ana yakıt olarak biyodizelin yerini almıştır.Daha kolay elde edilebilirliği ve devlet teşviki nedeniyle dizele geçilmiştir.II.Dünya savaşında Almanya araçlarında biyokütle yakıtları kullanmasına rağmen sonrasında üretimi yönünde pek bir ilerleme olmamıştır.Tıpkı Rudolf Diesel gibi Henry Ford da 1908'den sonra motorlarında biyokütle yakıt olan etanolü tercih etmiştir(Şener ve Çakar,2008).

1973 ve 1978 'deki tüm dünyayı etkileyen petrol krizlerinden sonra yükselen petrol fiyatları nedeniyle araç kullanıcıları dizel araçlara yönelmişlerdir. Daha sonraları ise kullanıcılar alternatif yakıt olabilmesi açısından daha düşük emisyonlara sahip ve dizele çok benzeyen biyodizele yönelmişlerdir.

4.1.Dizel motorlarda Bitkisel Yağ Kullanımı ve Biyodizel Üretim Yöntemleri

Önceleri bitkisel yağlar dizel motorlarda ana yakıt olarak kullanılmaya çalışmış ve neticesinde bazı faydalı yönleri keşfedilmiş olmasına rağmen zamanla bunun farklı yönleri de ortaya çıkmıştır. Biyodizel yapısı itibariyle uçuculuğu az, doymamış hidrokarbon zincirlerine sahip ve yüksek viskozitelidir. Bu özelliklerinden ötürü dizel motorlarda biyodizelin uzun süreli kullanılması ile bazı sorunlar ile karşılaşmıştır.

Bunların başında enjektörlerin tıkanması, bazı yakıt borularının hasar görmesi ve yağlama yağının bozulması gibi sorunlar gelmektedir. Bitkisel yağlarının çoğunun viskoziteleri genelde yüksektir. Normal bir dizel yakıtına göre 10-20 kat fazla olabilmektedir. Bu yüksek viskoziteli olma durumu yakıtın püskürtülmesinde önemli sorunlara neden olabilmektedir. Bu sorunların başında gelenleri, enjektörlerin hasar görmesi ve yakıtın homojen bir yapıda püskürtülememesinden kaynaklı sağlıklı bir yanma olayının gerçekleşmemesi gelmektedir (Demirbaş, 2003).

Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilmesi için dizel motorun parçaları üzerinde değişikliğe gitmek yerine bitkisel yağların yakıt özellikleri üzerinde durup bunların iyileştirilip dizelere daha benzer hale getirmek daha çok tercih edilen bir durumdur. Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi için genel olarak iki farklı yöntem kullanılır. Bunlardan biri ısı işlemi ve öteki ise kimyasal yöntemlerdir. Kimyasal yöntemler de kendi içinde dört farklı gruba ayrılır. Bunlar; seyreltme, ayırıştırma (piroliz), yeniden esterleştirme (transesterifikasyon) ve mikro emülsiyon oluşturma yöntemleridir (Ma ve Hanna, 1999).

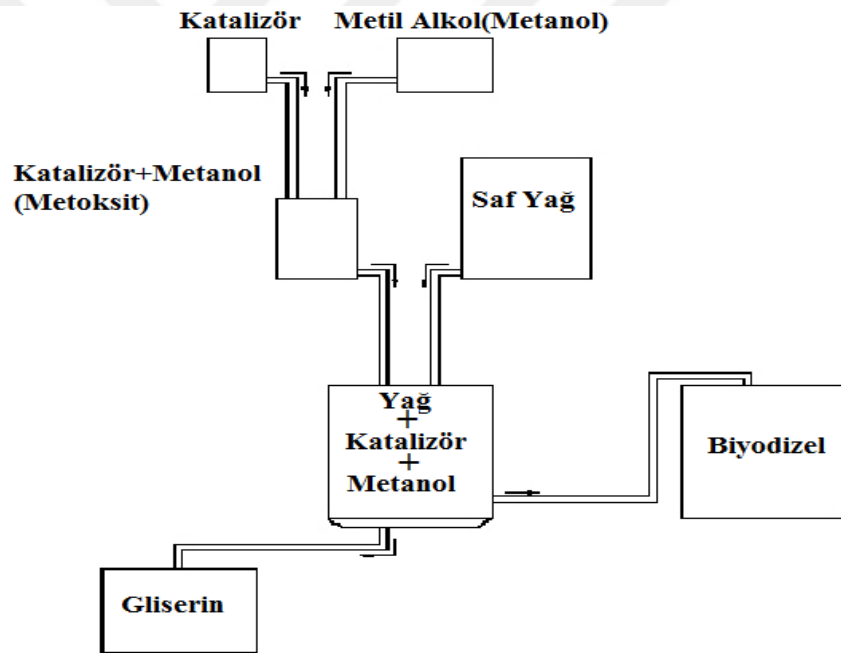
Seyreltme yönteminde bitkisel yağlar ile dizel belirli oranlarda karıştırılarak karışımın istenilen standart yakıt özellikleri aralığında olması sağlanır. Mikro emülsiyon yönteminde ise bitkisel yağlar etil alkol ve metil alkol gibi alkollerle seyreltilerek emülsiyonlar oluşturulur ve böylelikle yakıtın viskozitesi düşürülmüş olur. Piroliz yönteminde oksijensiz bir ortama bırakılan bitkisel yağlar ısıyla bozunmaya uğrar. Bunun neticesinde alkenler, alkanlar, aromalar ve karboksilik asitler ortaya çıkar. Böylelikle ağır hidrokarbonlardan uzaklaştırılarak yakıt özellikleri iyileştirilmiş olur (Demirbaş, 2003).

Esterleştirme yani transesterifikasyon yöntemi ise en çok tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Bu yöntemde bitkisel, hayvansal yağ veya atık yağlar etil alkol, metil alkol, propanol veya bütanol gibi bir alkol ve katalizör yardımıyla reaksiyona sokulur. Ancak pratikte daha çok etil alkol veya metil alkol tercih edilir. Reaksiyon sonucu yağ asidi esterleri ve gliserin ürün olarak ortaya çıkar.

4.1.1. Transesterifikasyon yöntemi

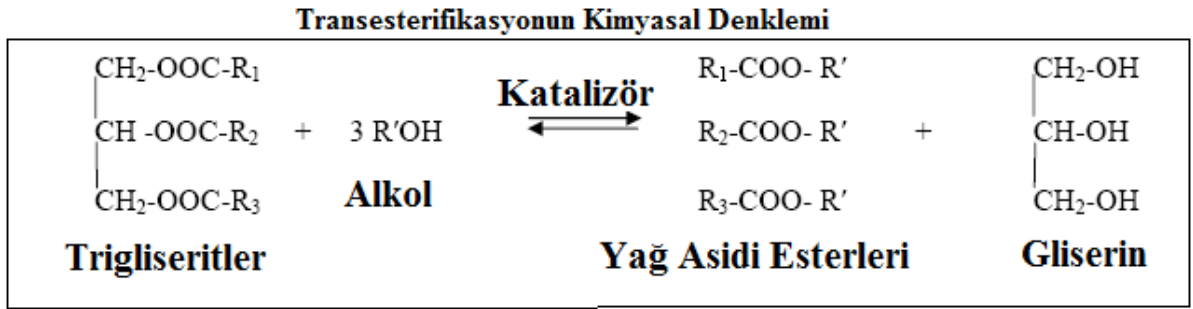
Biyodizel üretiminde en çok tercih edilen yöntemdir. Bu yöntemde öncelikle etil alkol veya metil alkol bir katalizör ile kapalı bir kaptaki uçuculuğu engellemek amacıyla

karıştırılır.Öte yandan ham madde olan yağ da süzülüp temizlendikten ve sonrasında 110-120 dereceye kadar ısıtılıp içindeki su tanecikleri buharlaştırıldıktan sonra yüksek ısıda alkolün buharlaşmasını engellemek için yağın sıcaklığı 55°C'nin altına getirilir. Ardından alkol-katalizör karışımı yağ ile aynı kaba konulup karıştırılır.En az 6-8 saat bekleme sürecinin ardından yoğunluk farkından dolayı oluşan gliserin alta çöker.Gliserin daha yoğun ve koyu renklidir.Oluşan biyodizel ise daha açık renkte ve düşük yoğunlukta olup üstte kalır.Huni ile ayrıştırılan biyodizelin içinde az da olsa gliserin mevcuttur.35°C 'de ılık su ile karıştırılan biyodizel yıkama işlemine tabi tutulur ve yine yoğunluktan kaynaklı olarak su dibe çöker ve tekrardan süzme işlemi uygulanır.Son olarak da biyodizel içinde kalan su taneciklerinden kurtulmak için biyodizel 100°C'nin üzerinde bir sıcaklığa getirilerek bu tanecikler buharlaştırılmış olur. Transesterifikasyon işleminin şematik diyagramı şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil4.1. Transesterifikasyon yönteminin genel şeması(Tillem, 2005)

Reaksiyonda kullanılan alkol etil veya metil alkol olabilir.Etil alkol yenilenebilir ve tarımsal ürünlerden elde edilen bir alkoldür.Metil alkol ise daha kısa alkol zincirlerine sahiptir. Ayrıca metil alkolün daha ucuz olmasından ötürü de etil alkole göre daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır. Katalizör kullanılarak da bu reaksiyon işlemi hızlandırılmış olup daha verimli hale getirilmiş olur. Reaksiyon alkali veya asit katalizörler ile gerçekleştirilebilir.



Şekil4.2.Genel olarak transesterifikasyonun kimyasal denklemi

4.1.2.Alkali katalizörler ile transesterifikasyon

Alkali transesterifikasyon reaksiyonlarında kullanılabilen katalizörler Sodyum Hidroksit(NaOH), Potasyum Hidroksit(KOH) ve karbonatlardır. Alkali katalizörler asidik katalizörlere göre reaksiyonları 4000 kat daha hızlı gerçekleştirebildiğinden ticari uygulamalarda daha çok serbest yağ asitlik değeri daha düşük olan NaOH veya KOH kullanılır(Fukuda ve ark.,2001).

Reaksiyona girecek olan yağın içeriğindeki serbest yağ asitlerinin oranı düşük olmalı ve ayrıca hem yağın hem de alkolün içerisinde kesinlikle su olmamasına dikkat edilmelidir.Reaksiyon içerisindeki su sabunlaşmaya neden olur. Sabunlaşma oluşumu neticesinde gliserini biyodizelden ayırmak güçleşir. Sabun ayrıca katalizörün etkisini azaltarak verimi düşürür ve viskoziteyi yükseltme, jelleşme gibi istenmeyen sonuçlara neden olur. Aynı şekilde serbest yağ asitleri de tıpkı su gibi katalizör ile reaksiyona girip sabunlaşmaya neden olurlar.Bu sebeple transesterifikasyon ile reaksiyonun gerçekleşmesinde iyi bir sonuç alınabilmesi için kullanılacak bitkisel yağın içerdiği serbest yağ asidi oranının ağırlık olarak%0.5'ten az olması ve aynı şekilde alkolün de su içermemesi gerekir(Fukuda ve ark., 2001 & Zhang ve ark.,2003).

Bu transesterifikasyon uygulamasında kullanılacak olan yağlar arasında bu alanda en çok dikkat edilmesi gereken yağ türü atık kızartma yağlarıdır. Çünkü atık kızartma yağları içerisindeki serbest yağ asitleri ağırlıkça %2'nin üzerinde bir değerdedir. Bu nedenle reaksiyon öncesi bu serbest yağ asidi oranının düşürülmesi gerekmektedir.Bu yönde uygun yöntemlerden bir tanesi de, kullanılacak olan yağın sülfürik asidin katalizörü eşliğinde metil alkol ile esterleşmesi sağlanmalıdır. Böylelikle

yağ içerisindeki serbest yağ asitleri oranı ağırlıkça %0,5'in altına düşürülmüş olur(Zhand ve ark.,2003, Shimada ve ark.,2002)

Transesterifikasyon reaksiyonlarında bitkisel yağ ve alkolün molar açıdan oranlarına dikkat edilmesi önemli bir husustur.Sitokiyometrik transesterifikasyon reaksiyonunun uygun bir biçimde gerçekleşebilmesi için bir mol trigliserid molekülüne karşılık üç mol alkol kullanımı gereklidir. Oluşan reaksiyonun sonucu olarak da 1 mol gliserin ve üç mol ester meydana gelir. Kanolayağı, soya yağı, ayçiçeği yağı, aspir yağı ve pamuk yağı gibi farklı bitkisel yağlarla yapılan reaksiyon denemelerinde en iyi esterleşmeye 1/6 oranında ulaşılmıştır. Bu tür uygulamalarda endüstriyel kullanımda daha çok ucuz olması nedeniyle katalizör olarak genellikle NaOH veya KOH kullanılmaktadır(Fukuda ve ark.,2001)

4.1.3.Asidik katalizör kullanımı ile transesterifikasyon

Asidik katalizörler kullanılarak yapılan bu transesterifikasyon reaksiyonlarında sudan etkilenme yok denecek kadar az ve içerik olarak yağ asidi bulunmamaktadır.Tabi bunun yanında asidik katalizörler ile yapılan transesterifikasyon reaksiyonlarında sonuca ulaşmak oldukça yavaş olur. Bu yöntemde kullanılan katalizörler genellikle sülfürik asit, hidroklorik asitler ve fosforik asit tir.Bu reaksiyonun gerçekleştirilmesinde herhangi bir ön işlem gerekmez. Serbest yağ asidi ve suyun, yağ içerisinde yok denecek kadar az olması bu yöntemi önemli kılar. Bu özelliklerinden ötürü bu yöntem genellikle serbest yağ asidi yüksek olan atık kızartma yağları kullanılacağı zaman tercih edilir.(Fukuda ve ark.,2001)

4.2.Biyodizel Üretmek İçin Kullanılan Kaynaklar

Biyodizelin üretimi içinyemeklik yağlar, atık yağlar, hayvansal yağlar gibihemen her türlü organik yağ kullanılabilir. Ayrıca yemeklik yağ üretimi sırasında elde edilen sabunlar da biyodizel üretiminde kullanılabilir. Biyodizel üretirken kullanılacak yağın yemek yağları üretiminde olduğu gibi rafinasyon, koku ve renk alma gibi işlemlerden geçirilmesine gerek olmadığından bu etken de maliyeti azaltıcı bir unsurdur(Tillem,2005).

Yeryüzünde farklı coğrafyalarda yetişen 50'den fazla yağ üretiminde kullanılan bitki çeşidi vardır. Üretilen biyodizelin kalitesi, bu bitkilerden elde edilen yağların yağ asidi oranı, doymuş ve doymamış olması gibi etkenlere bağlıdır(Öğüt H, Oğuz H,2005).

Biyodizel yapımında atık kızartma yağları haricinde genellikle kanola yağı, pamuk yağı, soya yağı ve aspir yağı gibi ticari anlamda piyasada daha ekonomik yağlar tercihen kullanılır. Bu çalışmada temel biyodizel kaynağı olarak aspir bitkisinden elde edilen aspir yağı kullanılmıştır.

4.2.1.Kanola

Anavatanı Kanada olan bu bitki ismini “**Canada oil low acid**” kelimelerinin baş harfinden almıştır.İçeriğinde düşük yağ asidi vardır.Tanelerin %22-50 oranında yağ barındıran aynı zamanda bol proteinli bir bitkidir.İçeriğinde erüsik asit ve küspesinde de glukosinolat bulunur.Erüsik asit insan sağlığına ve glukosinolat da hayvanlara zararlı olduğundan ülkemizde 1979 yılında ticari ekimi yasaklanmıştır.Ancak son zamanlarda yağında yapılan ıslah çalışmaları ile bu erüsik asit düzeyi %0'a kadar indirilmiş olup sağlığa zararlı bir etkisi artık bulunmamaktadır.Buna rağmen kötü bir şöhreti olan bu bitki devlet destekli olmasına rağmen gıda sektöründe istediği konuma gelememiştir.Türkiye'nin neredeyse tüm bölgelerinde üretimi yapılabilmektedir.En çok Trakya bölgesinde yetiştirilir.Bitkinin içeriğindeki yüksek yağ oranı ve bir çok iklimde kışlık ve yazlık üretimi yapılabilmesinden ötürü ekonomik bir biyodizel üretim kaynağıdır(Süzer ,2004).

Kanola bitkisinin küspesinden hayvanların yem olarak yararlanması, bir hektarda 1 tonu aşan yağ verimi, yılın dört ayı boyunca çiçekli bir bitki olmasından ötürü arıcılıkta faydalı bir bitki olması gibi nedenler ticari bakımdan onu ön plana çıkarmaktadır.Ayrıca yapısındaki doymuş ve doymamış yağ asitleri oranları bakımından da biyodizel üretimine çok uygun bir bitkidir.Bu bakımdan dünya biyodizel üretim sektörünün %84'ünün yağ kaynağı bu bitkidir(Körbitz, 2002).

4.2.2.Pamuk tohumu

Pamuk bitkisinin yağı koyu renkli ve kendine kokusu ve tadı olan bir yağdır. Pamuk ticari alanda üretimi vazgeçilmez bir üründür. Bunun yanında bir yan ürün olan tohumundan da yağ elde edilir. Bu yağ dünyanın birçok yerinde yemeklik olarak kullanılan önemli bir yağdır. Türkiye’de de daha çok sabun üretiminde ve margarin üretim sektöründe ham madde olarak kullanılır.Pamuk tohumunda %15 ile %24 oranları arasında yağ vardır(Nas ve ark.,2001).

Çırcırlama yapılan pamuğun bitkisinden %60 oranında pamuk tohumu elde edilir. Buna çiğit denir. Bu çiğidin küçük bir kısmı tohumluk olarak ayrıldıktan sonra geri kalanı ile sanayide yağ üretimi yapılır(Kolsarıcı ve ark.,2005).

4.2.3.Atık yağlar

Evlerde, lokantalarda, fastfood ve restoranlarda her yıl yüz binlerce ton yağ atık olarak çöpe gitmekte ve aynı zamanda bu yağlar atık sulara karışarak da çevreye önemli ölçülerde zararlar verebilmektedir.

Türkiye’de bir yılda yaklaşık 1,5 milyon ton bitkisel yağ tüketimi olmaktadır.Bu tüketilen yağın da 350 bin tonluk miktarı atık olarak artmaktadır.Geri dönüşüm konusunda Avrupa’ya göre geriden takip eden bir ülke olarak bu yağların çok az bir kısmı ancak geri dönüşüm firmaları tarafından toplanmakta ve sabun ile hayvan yemi yapımında kullanılmaktadır. Son zamanlarda ayrıca bu yağların bir kısmı da biyodizel üretiminde kullanılmaya başlanmıştır(Öztürk, 2004).

Fastfood yiyeceklerin kullanımı bakımından dünyada önde gelen ülke olan Amerika’da yılda 1 milyon tonun üzerinde atık yağın geri dönüşüm amacıyla kullanıldığı bilinmektedir(Çanakcı ve Gerpen, 2001).

4.2.4.Aspir bitkisi veyağı

Kışlık ve yazlık olarak ekimi yapılabilen tek yıllık bir bitki olan aspir bitkisi içeriğinde %46-47 ‘ye kadar yağ barındırabilen bir bitkidir(Şakir&Başlama,2005). Aspir bitkisi kurak bölgelere kolay adapte olan bir bitki olduğundan ülkemizin Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde özellikle buğday ekimi yapılan yerlerde ekim nöbeti

olacak şekilde yetiştirilebilmesi mümkündür. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde genellikle buğday ekimi yapılan yerlerde yıl boyunca sadece bir kez hasat alınmaktadır. Ancak sonrasında aspir ekimi yapılması halinde ekonomik olarak daha yüksek bir verim elde edilebilir. Bunun sonucu olarak da ayrıca toprak daha verimli hale gelebilir.

Aspir yağı yüksek oranda doymamış yağ asitleri içerir. Aspir yağının yağ kompozisyonu şekil 4.3'te görülmektedir. Şekil 4.4'te ise aspir çiçeği ve aspir yağına ait bir fotoğraf görülmektedir.



Şekil4.3. Aspir yağlarının yağ asitleri ve yağ kompozisyonları (Karabaş, 2013)

Hem kırıç alanlarda hem de kurak alanlarda yetiştirilebilen aspir bitkisi uygun şartlarda köklerini 3m derine indirebilir ve diğer tarım bitkilerine göre topraktan daha çok faydalanabilir. (Li ve Mündel, 1996).



Şekil 4.4. Aspir çiçeği ve aspir yağı (URL 4)

Bu üretim şartlarına ve yağ oranına bakıldığı zaman aspir bitkisinin hem bitkisel yağ olarak kullanılabilmesi hem de biyodizel üretiminde de kullanılabilmesi açısından önemli bir yağ bitkisi olduğu görülmektedir.

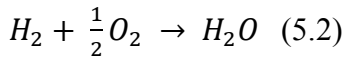
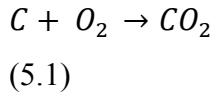
Aspir yağının önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Aspir tohumu yağının fiziko kimyasal değerleri (Karabaş, 2013-2)

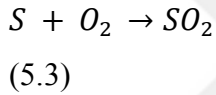
Kinematik viskozite (mm^2/s)(40 °C’de)	17.3
Yoğunluk (g/L) (15°C’de)	822
Kırılma indisi (40° C)	14.66
Serbest yağ asiti (Oleik asit %)	1.42
Asit değeri, (mgKOH/g)	0.58
Sabunlaşma sayısı (mgKOH/g)	180.41
Sabunlaşmayan madde miktarı (%)	1.22
İyot sayısı	116.61
Demir (mg/kg)	1.49
PHsayısı	5.72
Molekül ağırlığı, (g/mol)	877.20
Tohumlarının yağ oranı, (%)	25±0.2
Oda sıcaklığında fiziksel durumu	Sıvı

5.GENEL YANMA TEORİSİ

Motorlarda yanma olayında kullanılan yakıtlar C_nH_m genel formülüne sahip yakıtlardır. Tam yanma olayında yakıtın yapısında bulunan karbon ve hidrojenin tamamı yanar. Yanma denklemleri;



Bağıntılarıyla gerçekleşir.Bazen bu yakıtların içeriğinde oksijen ve kükürt de bulunabilir.Böyle durumlarda oksijen yanma olayına katılıp oksijen gereksinimine yardımcı olur.Kükürtün yanması ise;



Denklemine göre gerçekleşir(Gencay, 1990).

Yanma olayına kimyasal olarak bakıldığı taktirde yakıtlar ağırlık yüzdeleri ile belirtilirler.

1 kg yakıtın içeriğinde yine kg cinsinden verilen bileşenlere yakıtın ağırlık bileşenleri denir. 1 kg yakıtın yanabilmesi için gereken minimum oksijen miktarı da,

$$O_{min} = \frac{8}{3}O\sigma \quad (5.4)$$

formülü ile bulunur.Bu denklemde σ ;

$$\sigma = 1 + \frac{3}{c} \left(h - \frac{o-s}{8} \right) \quad (5.5)$$

Olup Moiller tarafından buna yakıtın asal sayısı ismi verilmiştir.Motorlarda yakıtın yakılmasında hava kullanılır. Havanın yaklaşık olarak ağırlık bileşenleri %23 Oksijen ve %77 azot kabul edilir.Buna bağlı olarak 1 kg yakıtın tam olarak yanabilmesi için gereken en az hava miktarı da;

$$L_{min} = -\frac{O_{min}}{0.23}$$

(5.6)

Denkleminden bulunur.

Motorda 1 kg yakıtın yakılabilmesi için kullanılan fazla havanın oranına hava fazlalık katsayısı denilir. Hava fazlalık katsayısı da(Gencay,1990);

$$\lambda = \frac{L}{L_{min}}$$

(5.7)

5.1.Dizel Motorlarda Yanma

Dizel motorlarında yanma olayı, yanma odasına yakıtın püskürtülmesinden başlar ve yanma sonu ürünlerin egzoz supaplarından atılıncaya kadar geçen süreyi kapsayan fiziksel ve kimyasal olaylardır.Yakıt sonradan yanma odasına püskürtüldüğü için dizel motorlarında yanma odasında homojen bir karışım yoktur.Yanma odasına yakıtın püskürtülmesiyle beraber reaksiyonlar başlar.Bu reaksiyonların başlangıçta hızları düşük olduğundan ilk etapta basınçta fazla bir değişiklik olmaz(Raşidova,2003).Bu reaksiyonun hızı temel düşük olduğundan bir alev oluşumunun görülebilmesi veya basıncın artabilmesi için belirli bir zaman periyodunun geçmesi gerekmektedir. Bu gecikmeye Tutuşma Gecikmesi(T.G.) adı verilir(Gencay,1990).

Piston Ü.Ö.N'ya yakın bir noktada iken yanma odası içerisine sıvı halde enjektörlerden yakıt püskürtülür.Püskürtülen bu yakıt demeti damlacıklar halindedir ve ısınıp buharlaşmaya başlar.Bu yakıt demetipiston içerisindeki hava basıncından ötürü fazla genişleyemez ve yavaşlar ancak demet içerisindeki en küçük damlacıklar demetin dışına doğru yönelmeye devam ederler.İlk tutuşma için gereken hava yakıt oranı sağlanınca da bu noktada yanma olayı başlamış olur(Raşidova,2003).

Dizel motorlardaki tutuşma gecikmesinin oluşması yanma kanunları bakımından ideal ve gerçek yanma süreçleri arasında büyük farklılıklar oluşmasına sebep olmaktadır. İdeal yanma proseslerine göre tasarlanan modellerin gerçekte kullanılmasını imkansız hale getirmektedir. Ancak olayın temel kavramlarının anlaşılabilmesi için gerçek prosten önce ideal prosesin kavranması faydalı olacaktır(Gencay,1990).

5.2.İdeal Yanma Süreci

Bir dizel motor için ideal yanma prosesinde reaksiyon hızının sonsuz ve kusursuz bir tam yanma olması beklenir.Temel olarak yakıtın yanma odasına girdiği andan itibaren sonsuz küçük bir zaman diliminde yanmaya başladığı ve yine aynı şekilde sonsuz bir küçük zaman diliminde giren her yakıtın en küçük parçacığının tam yandığı kabul edilir. Bu kabullere göre ideal yanma sürecinde daima basınç, gerçek yanma sürecine göre daha fazladır(Gencay,1990).

5.3.Gerçek Yanma Süreci

Yakıt yanma odasına püskürtüldüğü anda hava ile karışıp buharlaşarak yayılmaya başlar ve gaz fazına geçerek kimyasal reaksiyonlarla yanıp ısı enerjisine dönüşür.Tüm bu olaylar çok kısa bir zaman diliminde gerçekleşir(Gencay,1990). Yakıtın püskürtülmesinden itibaren yanma olayı dört ana bölümde incelenebilir.

- 1.Tutuşma Gecikmesi(T.G.)
- 2.KontROLSÜZ Yanma olayı(Çık Hızlı Patlama)
- 3.Kontrollü Yanma(daha yavaş difüzyon yanma)
- 4.Gecikmiş(Art) Yanma(Çok daha yavaş bir yanma)(Çakır,2007).

5.3.1.Tutuşma gecikmesi

Yakıt enjektörden silindire ilk püskürtüldüğü anda yanmaya başlamaz.Havaya karışıp buharlaşan yakıt bir demet halinde yayılır ancak iç basınç nedeniyle fazla yayılamaz.Demet içerisindeki çok küçük damlacıklar demetin dışına doğru gider ve uygun miktarda oksijen ile karşılaşınca yanma olayı başlar. İşte bu süre püskürtülme anından hemen sonra gerçekleşmez. Arada geçen bu süreye tutuşma gecikmesi denir.

5.3.2.KontROLSÜZ yanma

Silindir içerisinde püskürtülen yakıt tutuşma gecikmesi süresince bir demet halinde yayılarak ısınır ve oksijenle karışır. İlk tutuşmadan sonra demetin tamamı yanmaya ve silindir içerisindeki ısı ve basınç aniden artmaya başlar. Bu ani basınç

değişimi bir patlama şeklinde olur ve motor parçaları arasındaki boşlukların alınmasına yol açar. Bu da beraberinde “vuruntu” dediğimiz sarsıntılı gürültülere yol açar. Vuruntunun önüne geçmek için günümüz teknolojisinde yakıtın silindir içerisine kademeli olarak gönderilmesiyle bu sorun neredeyse tamamen önlenmiş durumda.

5.3.3.Kontrollü yanma

KontROLSÜZ yanma sonunda silindir içerisindeki basınç ve sıcaklık değerleri artık püskürtülecek yakıtı doğrudan yakabilecek değerlere ulaşmıştır. Artık püskürtülen yakıt hiçbir gecikme olmadan aniden yanmaya başlar. Bu sürenin sonunda silindir içerisindeki basınç maksimum değere ulaşır ve bu noktadan sonra püskürtme işlemi sonlanmış olur (Megep, 2006).

5.3.4.Gecikmiş(Art) yanma

Püskürtme işlemi bittikten sonra maksimum basınca ulaşan silindirin pistonu A.Ö.N'ya inmeye başlar. Ancak henüz tam yanma gerçekleşmemiş ve halen yanmamış yakıt tanecikleri, bulunduğu kadar oksijen ile yanmaya devam eder.

5.4.Dizel Motor Emisyonları ve Oluşum Nedenleri

Karbon monoksit (CO) emisyonunun yüksek olması genelde yanma esnasındaki oksijen yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle CO emisyonunun varlığı λ 'na bağlıdır. Fakir veya stokiyometrik karışımlarda yanma sonucu CO emisyonu az olur. Ancak karışım zengin olduğunda CO emisyonu daha yüksek olur. Dizel motorlarda yanma olayı genelde fakir karışımla gerçekleştiğinden CO emisyonları dizel motorlarda düşük olur (Kutlar ve ark., 1998; Soruşbay, 1999; Ericsson, 2000).

HC emisyonu oluşumu genelde yanmanın eksik olduğunun işaretidir. Yanma olayı tam gerçekleşmemiştir. Hava fazlalık katsayısı $\lambda < 1$ olduğu durumlarda oksijen yetersizliğinden kaynaklanır (Kutlar ve ark., 1998).

Ayrıca sönme bölgeleri HC emisyonlarının ana kaynağını oluşturur.

NO_x emisyonunun oluşumu yanma sonucunun yüksek sıcaklıklarda olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek sıcaklık etkisiyle Azotun oksijenle birleşmesinden azot

oksitler meydana gelmektedir. Yanma odası sıcaklığı arttıkça NO_x artar. Diğer etken ise hava/yakıt oranıdır. Dizel motorlarda bu karışım oranı motorun anlık yük durumuna bağlı olduğundan yük artınca NO_x emisyonu da artmaktadır(Ericsson,2000; Soruşbay,1999).

Partiküller ve is (PM) oluşumunun nedeni, yanma esnasında yakıt damlacıkları içerisindeki H₂ molekülleri hızlıca oksijenle birleşmekte ve sonrasında C atomları ise yeterli miktarda O₂ bulamadıklarından yanma gerçekleştiremeyip is partikülleri olarak dışarı atılırlar. İis partiküllerinin oluşumunun temel nedeni silindir içerisinde yetersiz hava bulunması veya bazen C moleküllerinin yeterince hızlı davranamamasıdır. Bundan ötürü dizel motorlar tam yanma için gerekli havadan fazlasıyla yani $\lambda > 1$ olacak şekilde çalışırlar.

Kükürtdioksit (SO₂) , kullanılan yakıtın içerdiği kükürt miktarına bağlı olarak ve de özellikle dizel motor yakıtlarında yanma sonucu O₂ ile birleşmesiyle SO₂ oluşur.Dizel yakıtlar yapılarında S bulundurdıklarından ve dizel motorların silindir içerisinde fazladan hava buldurmaları nedeniyle bu emisyon gazı daha çok dizel motorlarda görülür. Sonrasında bu SO₂ ile egzoz gazlarındaki su buharları birleşerek atmosfere H₂SO₄(Sülfirik Asit) şeklinde atılır. Sülfirik asit aynı zamanda motor parçalarında korozyona da neden olmaktadır.(Kutlar ve ark.,1998; Soruşbay, 1999).

6.LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

6.1.Biyodizelin Dizel Motorlarda Kullanılması

Biyodizeller %100 saf olarak veya %5, %10, %20 ve %50 gibi oranlarda dizel ile karıştırılarak dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Dizel içerisine karıştırılan biyodizelin yüzdelik oranına göre B5, B10, B20, B50 gibi adlandırılmalar yapılır. 1996 yılından önce üretilen dizel motorlarda biyodizel kullanılması durumunda kauçuk malzemelere zarar gelmesi ihtimali vardır. Ancak sonraki yıllarda üretilen motorlarda motor üzerinde herhangi bir değişim yapılmadan biyodizel veya biyodizel ve dizel karışımları kullanılabilir.

Bitkiler yapıları itibariyle CO₂ alıp fotosentez ile O₂'ye dönüştürürler. Biyodizel de bitkisel kökenli yenilenebilir bir yakıt olduğundan motorlarda yakıt olarak biyodizel kullanılması durumunda atmosfere fazladan CO₂ salınmamış olur. Böylelikle çevreye zarar veren sera etkisi de azaltılmış olur. Yapılan bazı araştırmalar neticesinde fosil kökenli dizel kullanımı yerine saf B100 biyodizelin yakıt olarak kullanılması durumunda atmosfere verilen CO₂ miktarında %78 azalma olacağı, B20 yakıtının kullanımı durumunda ise CO₂ emisyonunda %15 gibi azalma olduğu hesaplanmıştır(U.S DOE 2004).

Biyodizel yakıtlar genelde ağırlığının % 10'u civarında oksijen ihtiva ederler. Bu nedenle yanma olayının genelde tam yanma şeklinde gerçekleştirirler. Tam yanma neticesinde de dizele nazaran daha düşük C, CO ve HC emisyon salınımı görülmektedir. Ancak bununla beraber de NOx emisyonlarında da artış olur(U.S. DOE 2004, EPA 2002).

Biyodizelin yakıt olarak dizel motorlarında kullanılması durumunda genellikle performansta herhangi bir düşüş olmamakla beraber emisyon değerlerinde de iyi sonuçlar alınmaktadır. Çanakçı ve Gerpen,(2001) tarafından yapılmış olan çalışma neticesinde biyodizelin dizel motorunda kullanılması durumunda termik verim ve özgül yakıt tüketiminin yükseldiği ölçülmüştür. Bunların yanı sıra CO, duman ve HC emisyonlarında dizel yakıtına göre düşüşler görülmüş olup, NOx emisyonlarının arttığı ve CO₂ salınımında ise küçük çaplı artış ve azalma şeklinde dalgalanmalar olduğu belirtilmiştir. Gonzalez Gomez ve ark.(2000) tarafından biyodizelin dizel motorda yüksek devirlerde kullanılmasıyla yapılan çalışma neticesinde yine benzer

olarak CO₂, CO ve duman emisyonlarının salınımında düşüş olduğu ancak NO_x ve O₂ emisyonlarında yükselmenin olduğu saptanmıştır. Ulusoy ve Tekin(2005) tarafından yürütülmüş olan çalışmada ise dizel motorda güç kaybı olduğu görülmekte ancak CO, partikül ve yanmamış hidrokarbonların azaldığı, CO₂ ve NO_x emisyonlarının salınımında ise artış olduğu saptanmıştır. Beggs (2001) yapmış olduğu çalışmada dizel motorlu bir araç ile biyodizel yakıtını kullanarak yaptığı deneyler neticesinde CO salınımında ve motorda güç kaybında herhangi önemli bir değişim saptayamamış ancak duman emisyonlarının azaldığını ve CO₂, NO_x ve doymamış hidrokarbon miktarlarının az da olsa yükseldiğini ölçmüştür.

Bannister ve ark(2009), yaptıkları çalışmada bitkisel, hayvansal ve atık yağlarla transesterifikasyon yöntemiyle biyodizel elde etmiş ve bu biyodizelleri dizel ile %5, %10, %20, %30 ve %50 oranlarında karıştırarak common-rail direk enjeksiyonlu bir araç motorunda yakarak deneyler yapmışlardır. Motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki değişimleri ölçmüşlerdir. Sonuçlar ele alındığında motor performansının biyodizel oranı arttıkça azaldığı ve aynı zamanda özgül yakıt tüketiminin de arttığı görülmüştür. Egzoz emisyonlarında azalma görülmüş ancak NO_x emisyonlarında artış ölçülmüştür.

Gümüş ve Kaşifoğlu(2010), kayısı çekirdeklerini kullanarak ürettikleri biyodizel ile B5, B20, B50 ve B100 yakıtlarını bir dizel motorda yakarak motor performansına ve emisyon değerlerine etkilerini ölmüşlerdir. Deneyde Lombardini 6 LD 400 modelindeki tek silindirli motor kullanmışlardır. Deney sonucu olarak B%10 ve B20 yakıtlarından daha iyi performans elde etmişler, buna karşın B50 ve B100 yakıtlarında performansta düşüş gözlemlemişlerdir. Kullandıkları biyodizel oranının arttıkça egzoz emisyon değerlerinde bir düşüş olduğunu ve dize motorda herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kayısı çekirdeğinden elde edilen biyodizelin kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Bu literatür çalışmalarının sonuçlarına bakılarak, bir dizel motorda yakıt olarak biyodizel kullanımına bağlı olarak herhangi bir güç ve performans düşüklüğünün yaşanmayacağı söylenebilir. Ancak bununla beraber CO, is, yanmamış hidrokarbon emisyonlarının azaldığı ve CO₂, ile NO_x emisyonlarında ise az da olsa yükselmeler olduğu görülmektedir.

Biyodizelin bir dizel motorda yakıt sistemi ve motor üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilmesi önemli artılar getirir. Dizel yakıtların taşındığı yakıt tanklarının kullanılabilmesi, aynı yakıt pompasının kullanılabilmesi ve aracın

yakıt deposunun da bir değişikliğe gerek kalmadan kullanılabilmesi önemli avantajlardır. Dizelin taşınması ve depolanması, standart No.2 dizelin taşınıp depolanmasına göre daha güvenlidir. Biyodizel, normal şartlarda dizele göre çok daha az uçucudur ve ayrıca alevlenme noktası da dizel yakıtına göre daha yüksek değerlere sahiptir. Ayrıca biyodizelin ısı değeri de dizelin ısı değerinden daha azdır. Biyodizel yakıtların setan sayısı, üretiminde kullanılan yağa ve yapılış şartlarına göre dizele göre daha az veya yüksek olabilir. Bunun yanı sıra biyodizelin yağlayıcılık özelliği de dizele göre daha fazladır. Böylelikle biyodizel motorun korunması ve uzun ömürlü olması açısından daha faydalıdır(U.S. DOE 2004).

6.2.Aspir Biyodizelinin Üretimi ve Motorlarda Kullanılması

Aspir bitkisi yağından elde edilen biyodizelin bir dizel motorda kullanılması ile ilgili literatür çalışmalarına baktığımızda en fazla %20 oranında biyodizel katılarak oluşturulan yakıt karışımlarının motor performansını makul derecelerde düşürdüğü, egzoz emisyon değerlerinde faydalı düşüşler olduğu ancak NOx değerlerinde artışlar olduğu genel olarak gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre aspir biyodizelinin bir dizel motorda motor üzerinde herhangi bir değişikliğe gidilmeden yakıt olarak kullanılabilmesi mümkün gözükmemektedir.

(İlkılıç ve ark.,2011)aspir tohumu yağını kullanarak, katalizör olarak NaOH ve metil alkol ile transesterifikasyon yöntemiyle elde ettikleri aspir biyodizelinin B5, B20,B50 ve B100 oranlarında belirledikten sonra tek silindirli bir dizel motorda motor performansını ve egzoz emisyonundaki değişimleri test etmişlerdir. Deneyler sonucunda yakıt içerisindeki karışımda biyodizel oranı arttıkça motor performansının düştüğünü ve aynı şekilde biyodizel oranı arttıkça da özgül yakıt tüketiminin arttığını tespit etmişlerdir. Egzoz emisyon değerlerinde ise bir düşüş olduğu ancak NOx ve HC değerlerinde ise artma gözlemlenmiştir. Sonuç olarak da aspir biyodizelinin bir dizel motorda herhangi bir değişikliğe gidilmeden kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

(Işığür ve ark. 1994) aspir yağından elde ettikleri biyodizeli dizel yakıtı ve saf dizel yakıtını dört silindirli bir dizel motorda yakarak motor performansını ve egzoz emisyon değerleri karşılaştırarak yakıt karakteristiklerini incelemişlerdir. Yanma deneyleri sonucunda metis ester ile dizel yakıtı birbirlerine benzer özellikler

göstermişlerdir. CO ve HC emisyonları dizel yakıtta oranla daha düşük çıkmış ve de kükürt emisyonu da ayrıca dizele göre çok daha az çıkmıştır.

(Aydın , 2010) aspir yağı metil esteri ile dizel yakıtını %5, 20 ve 50 oranlarında karıştırarak tek silindirli bir dizel motorda tam gaz ve değişik devirlerde yakmış ve motor performans ve egzoz emisyonları bakımından karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Yanma sonucunda motorda performans açısından biyodizel yakıt kullanımında biraz daha düşük değerler saptamış ve bunun nedenini biyodizelin daha düşük olan ısı değeriyle bağlamıştır. Özgül yakıt tüketiminde artış ve motor torkunda ise düşüşler saptamıştır. Egzoz emisyonları açısından bakıldığında ise CO ve PM emisyonlarında düşüşler ölçülürken, NOx ve HC değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir.

(Eren ve ark.,2005) Ankara'nın tarım şartlarında Oleicled, Yenice 5-38 ve Dinçer aspir tohumu çeşitlerini sonbaharda ve ilkbaharda ekerek yağ verimlerini, tohum ve yağ oranlarını araştırıp karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalarının neticesinde sonbahar ekimlerinin uygun bir dönem olduğu ve ürün kalitesinin ülkede ihtiyaç duyulan yağ miktarını karşılayabilecek potansiyelde olduğunu vurgulamışlardır.

(Eryılmaz ve ark. 2014), araştırmalarında ülkemizde en çok üretimi yapılan aspir bitkisi türü olan Remzibey-05 çeşidinin Yozgat ili iklim şartlarında ekimini yapmışlar ve elde edilen yağdan biyodizel üretmişlerdir. Elde edilen biyodizelin yakıt özellikleri TS EN 14214 standartlarında incelemiş ve elde edilen sonuçlara göre aspir biyodizelin standartlara uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

(Weiss, 2000), aspir bitkilerinin yüksek sıcaklıktaki iklim şartlarında düşük sıcaklığa nazaran daha iyi verimde yetiştirilebildiklerini belirtmiştir. Kaliforniya'da 43 derece sıcaklıkta yetiştirildiğinde herhangi bir uygunsuz durum oluşmadığını, kuru iklimlerde verim alınabileceğini vurgulamıştır.

2005 yılında Avrupa'da yürürlüğe giren bir kanunla Avrupa ülkelerinde benzine %2 oranında biyoetanol ve dizele de %2 oranında biyodizel katılması mecburiyetinin getirilmesinden sonra Türkiye'de de benzer bir uygulamanın yürürlüğe girmesi durumunda ülkemizde yılda 90000 m³ biyoetanol ve 240 000 m³ de biyodizel tüketileceğini belirtmişlerdir(Öğüt ve ark.2005).

(Atabey, 2009), yaptığı çalışma ile ülkemiz şartlarında yetiştirilen yerli aspir bitkisi çeşitlerini değişik ekim dönemlerinde yetiştirip tarımsal özellik ve biyodizel kalitesi bakımından karşılaştırmak istemiştir. 2006 yılında yaptığı bu çalışma neticesinde elde ettiği ürünlerin TS EN 14214 biyodizel standardına kalite kontrollerini

yapmış ve biyodizel amaçlı üretim için Ankara iklim şartlarında en uygun aspir bitkisi çeşidinin Remzibey olduğu sonucuna varmıştır.

(Özdemir, 2011) dizel bir motorda Dizel+Biyodizel+Etanol karışımlarıyla yaptığı yanma deneylerinde motorun performans ve egzoz emisyonlarındaki değişimleri incelemiştir. Karışıma etanol eklenmesiyle yanma veriminin yükseldiğini ancak biyodizel oranının arttıkça motor performansında düşüş olduğunu belirtmiştir. Ayrıca egzoz emisyonlarında düşüşler olduğunu, ancak biyodizel oranına bağlı olarak da NO_x emisyonlarında artış olduğunu vurgulamıştır.

Bu çalışmada da yine benzer şekilde bazı deneylerde dizel ve biyodizel karışımları hazırlanarak motorda yakılarak motorun performansı ve egzoz emisyonları incelenecektir. Aspir biyodizeli, pentanol ile dizelin karıştırılarak yakılmasının nedeni ana yakıt olan dizelin reaktifliğini artırıp ilk tutuşturmayı kolaylaştırmaktır.

6.3.Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Alkol Kullanılması

Renksiz ve keskin bir kokuya sahip olan alkoller genel olarak $C_nH_{2n+2}O$ kimyasal formülü ile sınıflandırılırlar. İçten yanmalı motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanılabilirdiği gibi ayrıca ana yakıtta belli oranlarda karıştırılarak da kullanılabilir. Metanol (CH₃OH), etanol (C₂H₅OH) ve bütanol(C₄H₉OH) içten yanmalı motorlarda en çok tercih edilen alkol çeşitleridir(Çanakçı,2006).

Küçük moleküler yapıya sahip olan alkollerin yapılarında oksijen barındırmaları ve kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metaller bulundurmamalarından ötürü egzoz emisyonlarında motor yakıtlarına göre daha olumlu sonuçlar verirler(Akyaz2007;Kulakoğlu 2008).

Bu özelliklerinden ötürü daha hızlı bir yanma gerçekleştirirler. Bu da beraberinde yanma verimini iyileştirmekte ve motorun kararlı çalışmasını sağlamaktadır. Hızlı yanma ile yüksek sıkıştırma oranlarına çıkılarak motorun vuruntu yapması engellenip verim artırılabilir(Çelik ve Çolak 2008).

Alkoller tek başına yakıt olarak kullanıldığında birçok motor parçasına zarar verebilmektedir. Bu nedenledir ki yapılan araştırmalar arasında alkolün tek başına saf olarak yakıt olarak kullanıldığı herhangi bir çalışma görülmemiştir. Ancak dizel yakıtı içerisinde belirli oranlarda karıştırılarak kullanılıp motor performans ve egzoz emisyonlarına etkilerinin incelendiği pek çok araştırma söz

konusudur(KarabektaşveHoşsöz2009;Çetinveark.2009;Sayınveark.2009; Qiveark.2010;IstvánveAdrian2009;Kumarveark.2006;Kwanchareonveark.2007;Xiaoy an 2006;Bilginveark.2002;Uslu2006;İlhan2007).

Alkoller, setan sayıları, ısı değerleri, viskoziteleri ve yoğunlukları bakımından dizel yakıtlara göre daha düşük değerlere sahiptirler.Düşük setan sayısına sahip alkolün dizel yakıtına ilave edilmesi sonucu yakıtın setan sayısının düştüğü ve bu durumun tutuşma gecikmesine neden olduğu düşünülmektedir(LinveHuang,2003;Ejder2007).

Daha düşük yoğunluk ve viskoziteye sahip alkollerin dizel yakıtlara karıştırılması neticesinde dizel yakıtın da yoğunluk ve viskozitesi düşmektedir (Hışır2009;İlhan2007). Bu düşük değerler alkolün dizel motorlarda kullanımını zorlaştırıp motor performans ve emisyonlarını etkileyebilir. Bunun yanı sıra yüksek alkol yüzdesi kullanımında faz ayrışması görülebilmektedir(Gautamveark.2000;Ustaveark.2005).

Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak alkol kullanılması egzoz emisyonları açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Yapılan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında ilave alkol kullanımı çoğunlukla CO, HC, NOx ve is emisyon değerlerini düşürmekte ancak CO₂ emisyonunu yükseltmektedir. Alkoller kimyasal yapıları itibariyle oksijen barındırdıklarından bu oksijen yanma sırasında silindir içerisinde yanma olayını iyileştirip HC ve CO emisyon değerlerinin düşmesine neden olur(Hışır, 2009).

NOx emisyon değerini arttıran nedenler genel olarak gaz sıcaklığı ve oksijen konsantrasyonudur. Silindir içerisindeki yanma olayında ortam sıcaklığı 1800 °C 'nin üzerine çıktığında havada bulunan azot ve oksijen birleşerek NOx oluşumuna neden olmaktadır(İlkılıç2009). Alkollerin alt ısı değer, setan sayısı, yoğunluk ve viskozitelerinin dizel yakıtlarına göre daha düşük değerlere sahip olması nedeniyle karışım olarak kullanılması neticesinde yanma olayını kötü yönde etkilemektedir. Yanma olayı sonucunda sıcaklığın düşmesi NOx emisyonunu azaltan bir etkendir(Türkcanveark.,2009).

Sayın(2010),Huangveark.(2009),Ejder(2008),ÖzerveÖzdalyan(2013),yaptıkları araştırmalarda alkol ve dizel yakıt karışımının bir dizel motorunda kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde etkilerini incelemişler ve motor gücü, momenti ve egzoz gazı sıcaklığının azalmakta olduğunu saptamışlardır.Emisyon

değerleri açısından da CO, NO_x ve is emisyonlarının düştüğünü ancak HC emisyonlarının yükseldiğini ölçmüşlerdir.

Silvaveark.(2005) ileKulakoğlu(2009)'nun yaptıkları çalışmalarında alkol ve dizel karışımlarını kullandıkları düzenekte dizel motor enjeksiyonunun basıncını değiştirerek araştırmalarını sonuçlandırmışlardır. Genel olarak sonuçlarına bakıldığında özgül yakıt tüketiminde artma, efektif verimde ise azalma görülmüştür.Püskürtme basıncının değiştirilmesi sonucunda NO_x emisyonlarında artış ve CO, HC ve is emisyonlarında ise azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Ciniviz ve ark. (2011), araştırmalarında dört silindirli turbo şarjlı bir dizel motorda dizel ve alkol karışımı yakıt kullanarak yaptıkları deneyler neticesinde motor performansı ve egzoz emisyonlarını incelemişlerdir.Deney sonuçlarına bakıldığında motorun termik veriminin azaldığı, özgül yakıt tüketiminin de arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca egzoz emisyonlarına bakıldığında da HC ve CO değerlerinin azaldığını, NO_x emisyonlarının arttığını ölçmüşlerdir.

Zhu ve ark. (2011), yaptıkları araştırmada dizel yakıtına ilave olarak belirli oranlarda dietil adipat kullanarak motor performansını ve egzoz emisyonunu karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Deney sonuçlarına bakıldığında özgül yakıt tüketimi ve fren termik veriminde artış olduğunu belirtmişlerdir.Ayrıca egzoz emisyonları bakımından da HC ve CO değerlerinde artış, partikül madde ve NO_x emisyonlarında ise azalma olduğunu ölçmüşlerdir.

Erkal (2010) , yaptığı çalışmasında turbo şarjlı dört silindirli bir dizel motorda dizel ve belirli oranlardaki dizel-etanol karışımını yakıt olarak kullanıp motorun performans ve egzoz emisyon değerlerini karşılaştırmıştır. Deney sonuçlarına göre alkol karışimli yakıtların kullanımında motor gücünün düştüğünü tespit etmiş olup bunun yanı sıra özgül yakıt tüketiminin de arttığı ve fren termik veriminin de azaldığını tespit etmiştir. Egzoz emisyonları yönünden de NO_x ve CO emisyonlarının arttığını ve de etanolün yüksek buharlaşma ısısından ötürü dizel yakıtına göre yanma sonucunda daha fazla yanmamış gaz içerdiğini tespit etmiştir.

Özdemir (2011), araştırmalarında tek silindirli bir dizel motor kullanmış ve yakıt olarak da dizel, dizel-biyodizel ve dizel-biyodizel-etanol karışımlarını belirli oranlarda kullanmıştır. Deney sonuçlarına göre motor performans ve egzoz emisyon değerlerini karşılaştırmıştır. Deney sonuçlarına göre dizel içerisinde biyodizel ve alkol kullanımının artmasıyla motor torkunda ve motor gücünde azalma olduğunu tespit etmiştir. Emisyon

değerleri açısından da yapılan karşılaştırmada karışımli yakıtların CO, HC değerlerinde düşüşler görüldüğü ve NOx emisyonunun da arttığını ölçmüştür.

6.3.1. Alkolün motorlarda kullanılma yöntemleri

İçten yanmalı motorlarda alkolün kullanılmasında şu ana kadar dört farklı yöntem kullanılmıştır(ÖZER S,2014).

- Ana yakıtının içinde belirli oranlarda karıştırılarak kullanılması
- Alkolün Emme Manifoldundan Verilmesi
- İki yakıt için ayrı depolar kullanılması
- Yakıtlar için ayrı enjeksiyon sistemleri kullanılması

6.3.1.1. Motorun ana yakıtının içinde belirli oranlarda karıştırılarak kullanılması

Bu yöntem ile motorda herhangi bir değişikliğe gidilmeden alkol ve motor ana yakıtı belirli oranlarda karıştırılarak kullanılır(Jincheng ve ark. 2009; İlker ve ark. 2008; Yüksel ve Yüksel 2004;Eyidoğan 2009; Kulakoğlu 2008).

Alkol ilavesi eğer yüksek oranlarda olursa bu faz ayrışmasına neden olacağından bu ayrışmanın önüne geçmek için başka kimyasallar da kullanılabilir(Çelikten 2003).

6.3.1.2. Alkolün emme manifoldundan verilmesi

Bu yöntem ile emme manifoldundan alkol direkt olarak verilebildiği gibi ana yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak da verilebilir(Abu-Qudais ve ark. 2000; Ajav ve ark. 1999; Goering ve ark. 1992; Ajav ve Akingbehin 2002). Alkoller yüksek buharlaşma ısısına sahip olduklarından manifolddan geçerken etraftan ısı çekerler ve böylelikle havanın yoğunluğu da düşer ve buna bağlı olarak piston içerisine daha fazla hava alınmış olur. Bu da volumetrik verimin artmasına neden olur sağlamaktadır (Ajav ve Akingbehin 2002; Ajav ve ark. 1999).

6.3.1.3.İki yakıt için ayrı depolar kullanılması

Bu yöntemde iki farklı yakıt için iki farklı yakıt deposu kullanılır. Püskürtülecek yakıt miktarını ayarlamak da zordur. Sistem yapısal olarak maliyetli bir yapıya sahiptir.Bu depolardan alınan alkol ve ana motor yakıtı karıştırıcılar ile belirli oranlarda karıştırılıp silindir içerisine gönderilir(Boruff ve ark. 1982; Asfar ve Hamed 1998).

6.3.1.4.Yakıtlar için ayrı enjeksiyon sistemleri kullanılması

Bu sistem ile alkol ve diğer motor yakıtları için iki ayrı enjeksiyon sistemi kullanılmaktadır(Noguchi ve ark. 1996; Rafiqul Islam ve ark. 1997). Alkollerin motor yakıtları içerisinde %10 'dan fazla oranda kullanılması plastiklerin moleküler ve elastomer yapılarına zarar verebilmektedir(Ejder 2007).

7.MATERYAL VE METOD

7.1.Deneyde Kullanılan Motor

Deneilerin yapılmasında uygun modifikasyonları yapılmış olan NWK22 model, güç çıkışı 10,8 kW olan 4 silindirli ve su soğutmalı dizel motoruna bağlı bir jeneratör kullanılmıştır. Deney düzeneğine ait şematik diyagram şekil 6.2’de gösterilmiştir. Deneilerde kullanılan motorun teknik özellikleri çizelge 6.1’de görülmektedir. Motorun yüklenmesi için jeneratöre bağlı bir rezistans grubu ile desteklenmektedir. Motor performans değerleri ve yanma karakteristikleri yanma analizi sistemi ve yazılımından tespit edilmiştir.

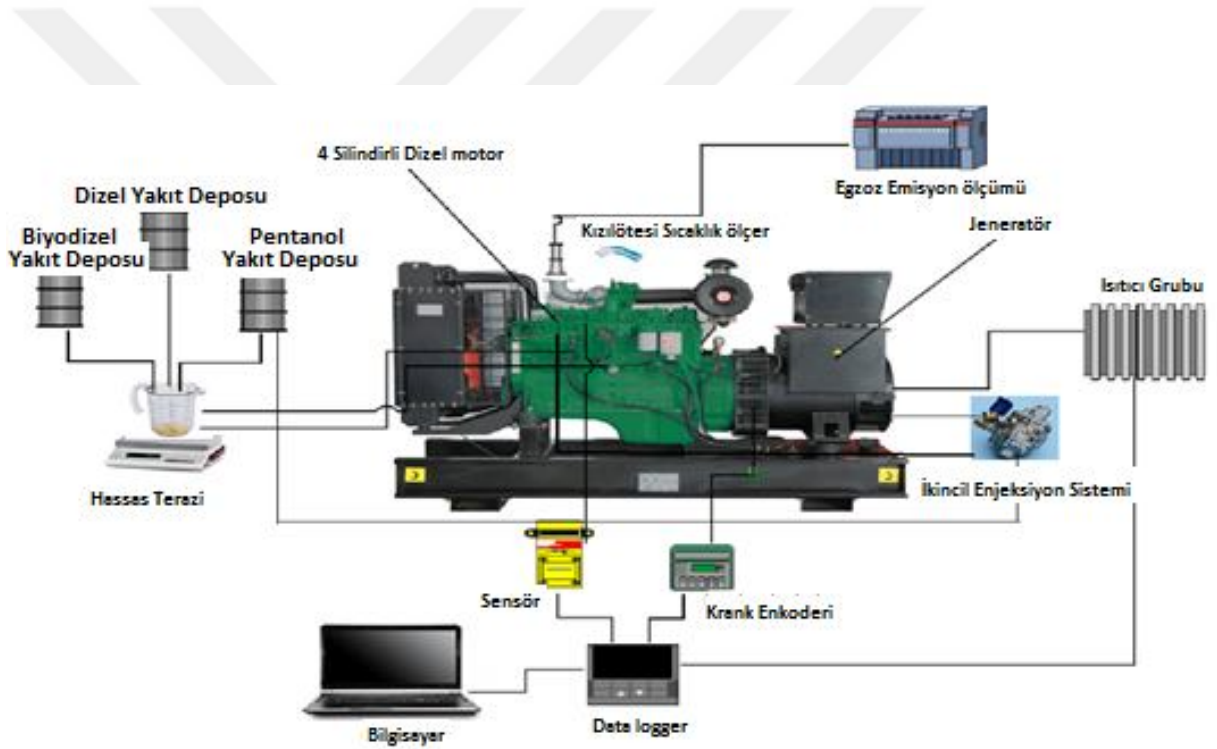


Şekil 7.1.Deneyde kullanılan NWK22 model dizel motor

Egzoz emisyonları ise Capelec cap 3200 emisyon analiz cihazından tespit edilmiştir. Elde edilen veriler grafiklere aktarılarak incelenmiştir.

Çizelge 7.1. Deneyde kullanılan motorun teknik özellikleri

Model	NWK22
Güç Çıkışı @1500 rpm	18 kW
Motor Soğutma Sistemi	Su Soğutmalı
Emme Sistemi	Doğal Emişli
Motor Modeli	4DW81-23D
Çap x strok (mm)	85x100
Silindir Hacmi (cm ³)	2400
Silindir Sayısı	4
Tutuşturma sistemi	Direkt enjeksiyon
Sıkıştırma Oranı	17:1
Püskürtme Enjektörü sayısı	4



Şekil 7.2. Deneyde kullanılan düzeneğin şematik diyagramı

7.2. Deneyde Kullanılan Egzoz Emisyon Cihazı

Yapılan deneylerde egzoz emisyon cihazı olarak Capelec marka CAP 3200 model benzinli ve dizel emisyon cihazı kullanılmıştır.

Egzoz emisyon ölçüm Cihazına NO_x sensörü bağlanmıştır. Cihaz OIMLR99, ISO 3930 ve BAR 97 standartlarına uygun bir cihazdır. Her bir parametrenin yanıtlama süresi 5sn.'nin altındadır. Egzoz sıcaklığını ölçmek için, egzoz manifoldu üzerinde yanma odasına en yakın nokta seçildi. Sıcaklığın ölçülmesi için temassız kızılötesi sıcaklık ölçen dijital bir termometre cihazı kullanılmıştır.

CAPELEC CAP 3200 model egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri Çizelge 6.2.'de verilmiştir.

Çizelge 7.2.CAPELEC CAP 3200 model egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri

Parametre	Değer Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20,000 ppm	1 ppm
CO ₂	%0-20	%0.1
CO	%0-15	%0.001
O ₂	%0-21.7	%0.01
NO _x	0-5000 ppm	1 ppm
Duman opaklığı	% 0-99,9	% 0,01

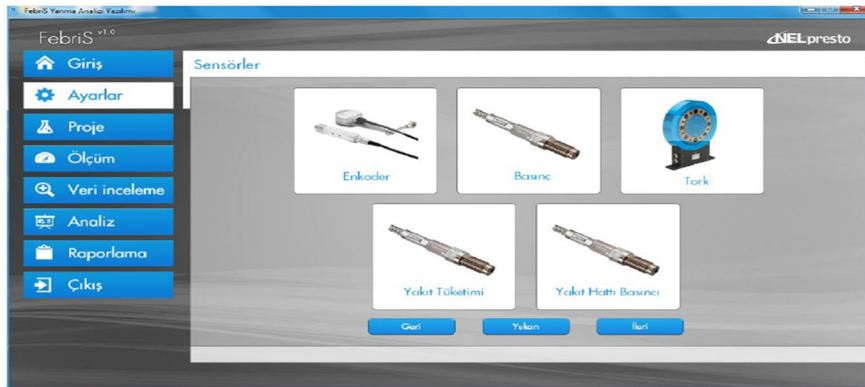
7.3. Deneylerde Kullanılan Febris Yazılımı

Yapılan deneylerde yanma ve performans verilerinin analizinin yapılabilmesi için Febris yanma analizi yazılımı kullanılmıştır. Deney düzeneğindeki dizel motora adapte edilen silindir içi basınç sensörü ve krank açısı enkoderinden alınan sinyaller yazılıma aktarılmaktadır. Silindirdeki basınç verisi bir 1^o lik krank açısı ve her 100 çevrim ortalaması olarak toplanmaktadır. Febris programının vasıtasıyla bu sinyallerden gelen veriler eş zamanlı olarak bilgisayar ekranında gösterilip kayıt altına alınmaktadır. Bu ölçümler sonucunda hesaplanan verilere dayanarak yanma parametrelerinin grafikleri elde edilmiştir.



Şekil7.3.Deney düzeneği

Çalışmaya göre düzenlenmiş kullanıcı arabirimi vasıtasıyla teste ait bileşenler yazılıma girilerek yeni bir proje oluşturulur. Kalibrasyon yapıldıktan sonra ölçümlere yapılır ve gerçek zamanlı olarak veriler ekranda izlenip kayıt altına alınır. Böylelikle ortalama efektif basınç, ortalama gaz sıcaklığı, kütleli yanma oranı, güç, verim, indikatör ve her krank açısına karşılık gelen vuruş yoğunluğu gibi hesaplanmış birçok değer analiz yapılmış olur. Ardından yine program vasıtasıyla bu ölçümlerin ve sonuçların grafikleri elde edilir. Ayrıca tüm bu grafik ve istatistiklerin MS excel, Word ve html gibi formatlarda sonuçları incelenebilir ve raporlar oluşturulabilir.



Şekil7.4.Febris programı sensör seçim menüsü

7.4.Aspir Biyodizel Üretimi

Temin edilen aspir yağından biyodizel elde etme aşamasında ilk olarak yağın içerisinde bulunabilen muhtemel su, 100 derecenin üzerinde bir sıcaklığa getirilerek buharlaştırılmıştır.Böylelikle sonradan yapım aşamasında sabunlaşmanın önüne geçilmiştir.Ardından yağ 55°C' ye kadar ısıtılmıştır. Aynı zamanda ayrı bir kaptaki kullanılacak yağımızın %30'u kadar metil alkol(merck) ile 1 litre metil alkole karşılık olarak katalizör görevi gören 5 gr potasyum hidroksit(KOH) ile metoksit adını alan bir karışım hazırlanmıştır.



Şekil7.5.Aspir yağının metoksit ile karıştırılması

Hazırlanan karışım ile aspir yağı aynı kaba konulup uçuculuğu engellemek için kabinin ağzı kapatıldı.Ardından yaklaşık 45 dk. boyunca sıcaklığı 50-55°C'de kalacak şekilde karıştırılmıştır.



Şekil7.6.Biyodizel içerisindeki gliserolün çökmeye başlaması

Karışımın bekletilmesi durumunda yoğunluğu daha fazla olan bir ürün olan gliserol dipte çökme yapmıştır.Sağlıklı bir çökme için karışım 1 gün boyunca(normal şartlarda en fazla 6-8 saat yeterli) bekletilmiştir. Oluşan heterojen karışımdan dipteki gliserol bir huni yardımıyla alınmıştır. Amaç ürün olan elde edilmiş biyodizel henüz saf değil ve içeriğinde su tanecikleri ve partiküller bulundurduğundan sonraki işlem olan yıkama işlemine geçilmiştir. Bunun için biyodizel ile %50 oranında saf su karıştırılarak ısıtıcı bir kaba konulmuştur.Kap içerisindeki karışım durmadan karıştırılıp içerisindeki suyun buharlaştırılması sağlanmıştır.



Şekil7.7.Aspir biyodizelin yıkama safhası



Şekil7.8.Kullanıma hazır aspir biyodizel

Bu işlem yaklaşık olarak 2,5 saat sürmüştür.Durmada karıştırılan karışımdaki su tanecikleri aynı zamanda biyodizeli yıkayarak saf hale getirmiş, partiküller buhar ile uçmuş ve kalan kısım tortu olarak dibine çökmüştür.

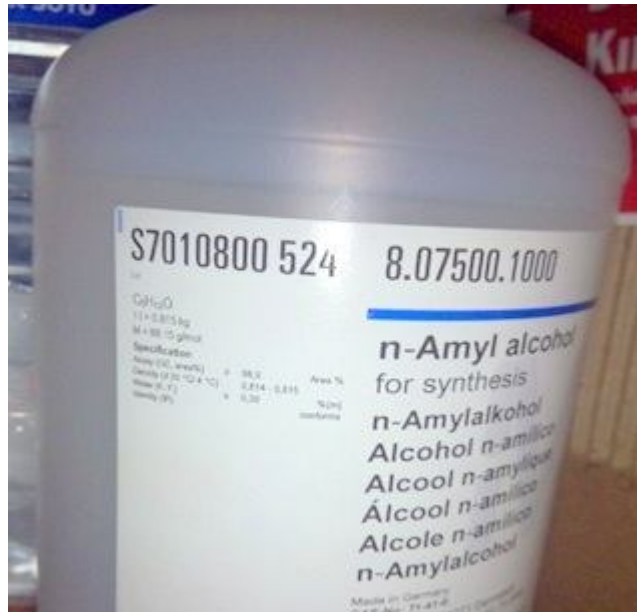
Sıcaklığın 110° nin üzerine çıkması içerisinde suyun kalmadığını göstermektedir. Yıkama işleminden sonra aspir biyodizeli üretimi safhası tamamlanmıştır.

7.5.Pentanol (Amil Alkol)

Bir alkol türevi olan Pentanol, renksiz, hafif kokulu, organik sentezlerde ve ilaç üretiminde kullanılan yanıcı, zehirli, deriye ve göze zarar verebilen bir alkoldür. Kimyasal formülü $C_5H_{12}O$ dur. Parlama noktası 33°C. yoğunluğu 0,815 kg/lt ve mol ağırlığı 88.15 g/mol dür.Pentanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 6.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.3. Pentanolün ve metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri (URL 5)

Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	Değerler	Metanol
Kimyasal Formül	$C_5H_{12}O$ veya $CH_3(CH_2)_3CH_2OH$	CH_4O veya CH_3OH
Yoğunluğu g/cm^3	0.8146	0.79
Kaynama Noktası $^{\circ}C$	137.9	65
Alevlenme Noktası $^{\circ}C$	49	33
Kendiliğinden tutuşma Sıcaklığı $^{\circ}F$	572	867
Viskozite $,mm^2/s$	5	0.544 (mPa/20 $^{\circ}C$)
Buharlaştırma Isısı, kJ/mol	44.83	37.34
Yanma Isısı, cal/g	-9000	5401
Buhar Basıncı, kPa / 20 $^{\circ}C$	0.6	12.3
Yüzey Gerilimi, dyn/cm, 20 $^{\circ}C$	25.7	22.07
Buhar Basıncı (20 $^{\circ}C$), mmHg	4.5	92.5
Koku Eşiği, mg/cu.m, alt / üst	4332/72.2	26840/13.115
Bilimsel Numarası	71-41-0	67-56-1



Şekil 7.9. Deneyde kullanılan pentanol (n-amil alkol)

7.6.Kullanılan Yakıtlar ve Karışım Oranları

Hazırlanan biyodizel ile motorda yanma işlemi için aşağıdaki yakıt seçenekleri hazırlanmıştır. Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 6.4.'te verilmiştir.

ULSD(Saf Euro Dizel) %100 Dizel

B100 (%100 Saf Aspir Biyodizeli)

B50 (%50 Aspir Biyodizel + %50 Dizel)

B80P20 (%80 Aspir Biyodizel + %20 Pentanol)

D40B40P20 (%40 Dizel + %40 Aspir Biyodizel + %20 Pentanol)

Çizelge7.4.Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Test Yakıtları/ Özellikleri	ULSD	B100	PENTANOL	D50B50	B80P20	D40B40P20
Yoğunluk gr/cm ³ (API)	0.832(38)	0.891(27)	0.881(42)	0.876	0.86- 0.9	0.865
Kin.Viskozite mm ² /s	2.793	4.9388	4	---	---	3.893
Tutuşma Noktası °C	61.5	140+	299	68.5	68.5	140.4
Dizel İndeksi	54.31	51.12	---	---	---	---
Isıl Değer Kj/kg	43350	38122	34727	40736	37443	39534

7.7.Hesaplanmış Parametreler

Yanma parametrelerinin analizi için veriler febris yazılımı tarafından toplanır ve analiz edilir.

Silindir hacmi, silindir gaz basıncı değerleri, ortalama piston hızı, piston ivmesi ve krank milinin pozisyonu program vasıtasıyla belirlenir. Silindir gazı basınç verileri basınç sensörü ile elde edilir.

Aşağıdaki verilen denklem vasıtasıyla her bir krank açısı için parametreler ayrı ayrı hesaplanmıştır.

7.7.1.Silindir basıncı

Silindir içerisindeki gaz basıncı değerleri piston içerisine yerleştirilen sensörler vasıtasıyla algılanır ve Febris yazılımı sayesinde bu veriler program içerisinde anlık olarak kayıt altına alınır. Böylelikle istenilen krank mili açısı değerinde hangi basınç değerinin ölçüldüğü takip etmek mümkündür.

7.7.2.Isı salınım hızı

Termodinamiğin birinci kanunu ve kapalı sistemlerdeki ideal gaz kanunu göz önüne alınarak ısı salınım hızı denklem kullanılarak belirlenmiştir. Isı salınım hızı, yanma odasındaki enerji yayılımının geçici olarak izlediği yol olarak tanımlanır.

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\gamma}{\gamma-1} P \frac{dV}{d\theta} + \frac{1}{\gamma-1} V \frac{dP}{d\theta} \quad (7.1)$$

7.7.3.Toplam ısı salınımı

Isı salınım hızının integrali, toplam ısı salınımı veya yanma fonksiyonu olarak düzenlenmiştir.

7.1'deki denklem birikmiş ısı salınımının hesaplanmasında kullanılır.

$$\int dQ = \int \left(\frac{\gamma}{\gamma-1} \right) p(dV) + \left(\frac{1}{\gamma-1} \right) V(dP) \quad (7.2)$$

Burada γ , 1.32 olarak alınan özel bir sıcaklık oranı, θ krank açısı, P silindir gaz basıncı ve V ise silindir hacmidir.

Burada, basınç verisi basınç sensöründen ayrılmıştır ve ; V ve $dV/d\theta$ terimleri aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$V = Vc + A.r\left\{1 - \cos\left(\frac{\pi A}{180}\right) + \frac{1}{\lambda}\left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\left(\frac{\pi\theta}{180}\right)}\right)\right\} \quad (7.3)$$

$$\frac{dV}{d\theta} = \left(\frac{\pi A}{180}\right) x r \left\{\sin\left(\frac{\pi\theta}{180}\right) + \frac{\lambda^2 \sin^2\left(\frac{\pi\theta}{180}\right)}{2x \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\left(\frac{\pi\theta}{180}\right)}}\right\} \quad (7.4)$$

$$\text{Burada, } \lambda = \frac{l}{r} \text{ ve } A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (7.5)$$

Burada, r krank yarıçapı =H/2 , l rod bağlantı çubuğunun uzunluğu, D silindir çapı ve Vc ise strok hacmidir.

Isı transfer katsayısı (J) Hohenberg bağıntısına dayanarak silindir duvarından hesaplanır.

$$\frac{dQ_w}{d\theta} = hA(T - T_w) \quad (7.6)$$

Aşağıdaki denklem ortalama gaz sıcaklığına bağlı olarak özgül ısılar oranını verir.

$$\gamma = 1,338 - 60 \times 10^{-5}T + 10^{-8}T^2 \quad (7.7)$$

Hohenberg ısı transfer katsayısı aşağıda verilen denklem ile yanma analizlerinde kullanılır.

$$h_c = C_1 V^{-0.06} P^{0.8} T^{-0.4} [C_m + C_2]^{0.8} \quad (7.8)$$

Burada h, ısı transfer katsayısı, V anlık silindir hacmi, P anlık silindir basıncı, T ortalama gaz sıcaklığı, C_m ortalama piston hızını ve C_1 ile C_2 değerleri ise deneysel olarak bulunan sırasıyla 13×10^{-3} ve 1.4 sabitleridir.

Vuruntu yoğunluk analizi aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$dp(\theta) = \frac{[86(p_{i-4} - p_{i+4}) + 142(p_{i+3} - p_{i-3}) + 193(p_{i+2} - p_{i-2}) + 126(p_{i+1} - p_{i-1})]}{1118d\theta} \quad (7.9)$$

Burada γ özgül sıcaklık katsayısıdır, Q belirgin ısı salınım hızı deneysel denklem ile elde edilen (J) ile hesaplanır. P Silindir basıncı (bar), V silindirin anlık hacmi (m^3) ve

Q_w sıcaklık transfer katsayısı, J ise Hohenberg bağıntısına dayanarak silindir duvarından hesaplanır.

7.7.4.Kütlesel yanma oranı(Wiebe)

Kütlesel yanma oranı (x), wiebe fonksiyonu olarak bilinen aşağıdaki denklemden hesaplanır. Wiebe fonksiyonu S tipi eğri karakteristiğine sahiptir ve genellikle yanma işlemlerini nitelendirmek için kullanılır.

Kütlesel yanma oranı 0'dan 1'e kadar büyür. 0 ve 1 arasındaki konum yanma süresi olarak kabul edilir.

$$x(\theta) = b \left[1 - e^{-a \left(\frac{\theta - \theta_0}{\Delta\theta} \right)^{m+1}} \right] \quad (7.10)$$

Burada , a wiebe fonksiyonunun verimlilik parametresidir, b wiebe fonksiyonunun genlik düzeltme faktörü, m ise wiebe fonksiyonunun biçim katsayısı, θ krank açısı, $\Delta\theta$ yanma süresi ve θ_0 yanma başlangıcıdır. Burada a , 2 değerini; m , 5 değerini ve b ise 1 değerini almıştır.

7.7.5.Ortalama gaz sıcaklığı

Ortalama gaz sıcaklığı sonuçları yanma odasındaki gaz sıcaklığının bölgesel ortamlarından alınır. Yanma odası sistemi genellikle ideal karışım olarak görüldüğünden ortalama gaz sıcaklığı ideal gazlar için durum denklemi ile kolaylıkla bulunur. Piston ve silindir için genellikle lokal sabit ısı kullanılır. Genleşme stroğu politropik olduğu kabul edilmekte ve sıradaki denklem kullanılarak ortalama gaz sıcaklığı hesaplanır.

$$T_i = P_i V_i \frac{T_{ref}}{P_{ref} V_{ref}} \quad (7.11)$$

Burada, T_i ; ortalama gaz sıcaklığı, P_i ve V_i eşzamanlı basınç ve silindir hacmini; T_{ref} , P_{ref} ve V_{ref} politropik genleşme eğrisinin herhangi bir noktasındaki referans parametreleridir.

8.DENEY SONUÇLARI

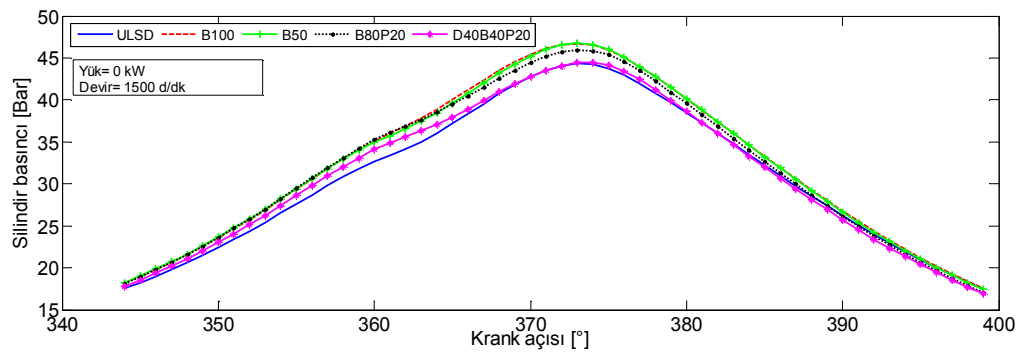
Deneyler gerçekleştirilirken motor sabit 1500 d/dk. da çalıştırılmış olup 0 kw, 3,6 kw, 7,2 kw ve 10,8 kw olmak üzere dört ayrı güçte deneyler yapılarak sonuçlar ölçülmüştür. Deney yakıtları olan ULSD, B100, D50B50, B80P20 ve D40B40P20 kullanılarak performans, emisyon ve yanma parametreleri sunulmuştur. Deneylerde ölçüm almadan önce motor çalışma sıcaklığına (85°C-90°C) getirilmiş ve ardından deneylere başlanmıştır. Her deneye başlarken bir önceki deney yakıtından etkilenmemek için motor yeni yakıt ile öncelikle boşta 10 dk. çalıştırılmış olup yakıt hattında birikmiş yakıt tüketildikten sonra sonuçlar alınmaya başlanmıştır.

Motorun test yakıtlarıyla çalıştığı durumda 0 kW, 3,6 kW, 7,2 kW ve 10,8 kW yüklerinde ve sabit 1500 d/dk'daki özgül yakıt tüketimi, kütleli yakıt tüketimi, motor termik verimi ve egzoz manifold sıcaklığı ölçülmüş ve deney sonuçları kapsamında sunulmuştur.

Yanma testleri kapsamında test yakıtlarının farklı yükte ve 1500 d/dk sabit motor devri için yapılan testlerde silindir gaz basıncı ve krank mili açısı ölçülmüş ve bunlardan faydalanarak net ısı salınımı, toplam ısı salınımı, ortalama gaz sıcaklığı ve kütleli yanma oranı gibi parametreler hesaplanmıştır.

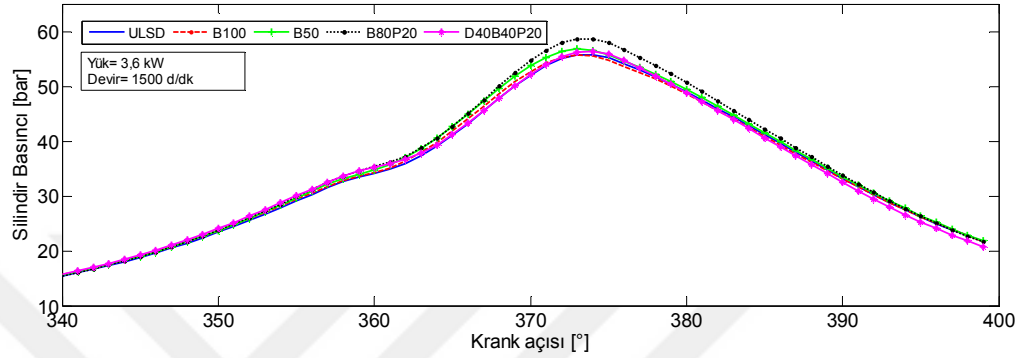
8.1.Silindir Basıncı

Şekil 8.1, 8.2, 8.3 ve 8.4'de dört farklı yük durumu için test yakıtlarıyla elde edilen silindir içi basınç değerlerinin krank açısına göre değişimleri grafiklerle gösterilmiştir.



Şekil8.1.0 kw Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi

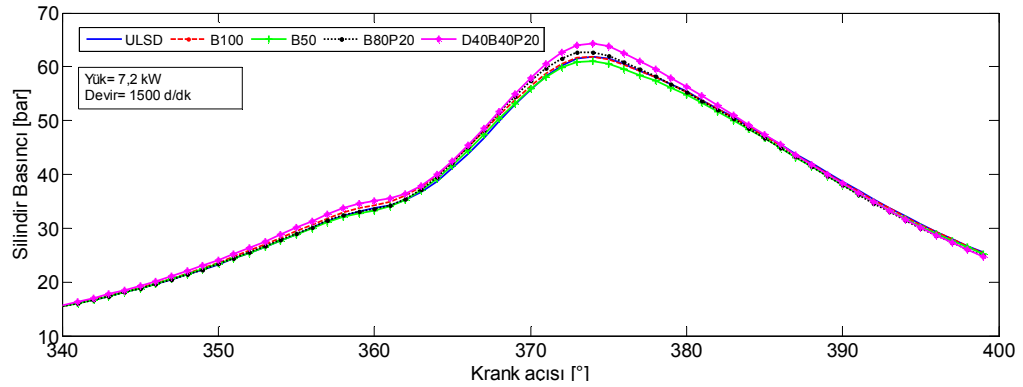
Silindir içi basınçların pik noktaları her yükte farklılık göstermiş ve yük arttıkça da pik noktaları artış göstermiştir. Grafiklerden anlaşılacağı üzere tüm yakıtlar için aynı şekilde yüklere bağlı olarak orantılı bir şekilde artış olmuştur.



Şekil8.2.3,6kW Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi

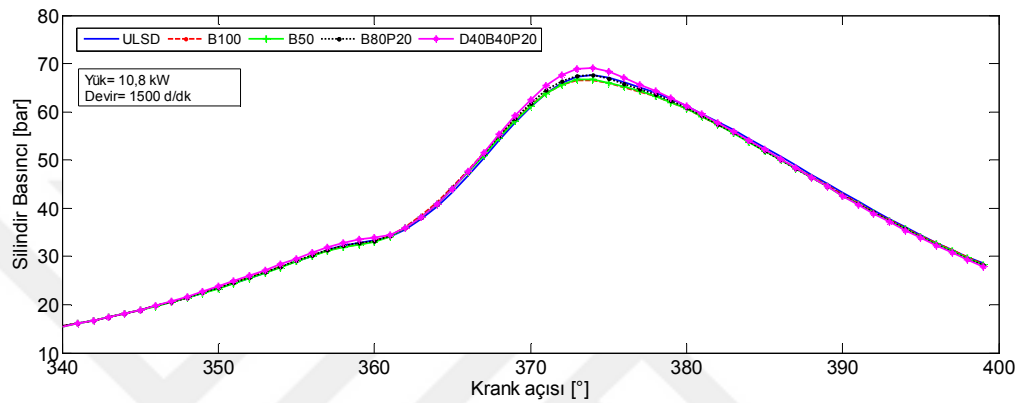
Silindir basıncının pik noktalarına karşılık gelen krank açısı değerleri 0 kW, 3,6 kW, 7,2kW ve 10,8kW yüklerinin her birinde benzer olup piston beklendiği gibi ÜÖN'dan sonra 7°-15° krank açısı arasında gerçekleşmiştir.

Yakıtın püskürtülmeye başlandığı ve yanmanın başladığı aralık olan 355°-360° krank mili açısı arasındaki süre tutuşma gecikmesi periyodunu göstermektedir. Bu periyot yüksek devirlerde kendini daha iyi bir şekilde göstermiştir. Basınç artış hızındaki azalma bu periyotlarda daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu periyottan yakıtın püskürtülmesiyle ortamdan ısı çekilmesi beraberinde basınçtaki artışta azalma meydana getirmiştir.



Şekil8.3.7,2kW Yükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi

Test yakıtları karşılaştırıldığında ise 0kW yükte dizelin basınç eğrilerinin diğer yakıtlara göredaha düşük olduğu görülmektedir. Pentanol katkılı yakıtların kullanıldığı durumlarda daha yüksek değerler çıkması pentanolün buharlaşma karakteristiklerinin daha iyi olmasından dolayı karışım yakıtlarının daha iyi buharlaştığı ve daha yüksek basınca neden olduğu söylenebilir.



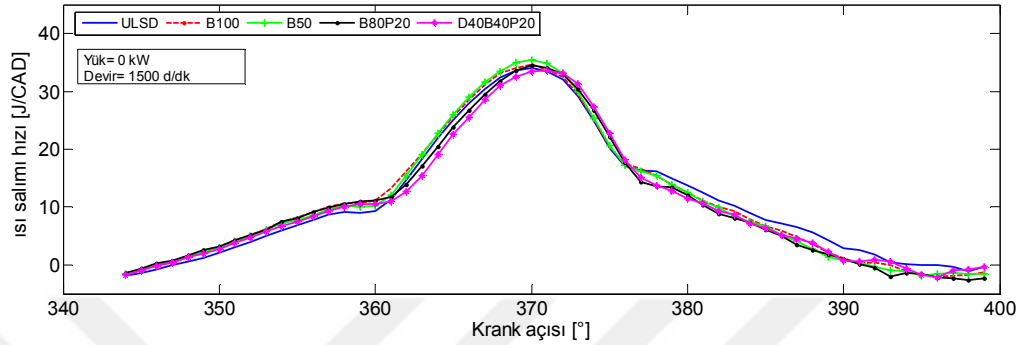
Şekil8.4.10,8 kWYükte silindir basıncının krank açısına bağlı değişimi

Biyodizel yakıt olan B100'ün eğrilerinin soğuk çalışma koşulları olan 0kW yükte ULSD'ye göre daha yüksek çıkmasına neden olarak ise biyodizelin son distilasyon sıcaklıklarının yüksek olması daha yüksek basınç eğrileri oluşturması gösterilebilir.

Test yakıtları karşılaştırıldığında yük artışına bağlı olarak pentanol içerikli karışım yakıtlarının kullanıldığı deneylerde basıncın daha yüksek olduğu görülmüştür.Bu durum, pentanolün buharlaşma ve karışım oluşturabilme karakteristiklerinin biyodizel ve dizel yakıtı göre daha iyi olmasına bağlanabilir. Karışımın viskozitesini düşüren pentanol, daha seyreltik bir yakıt oluşumuna neden olup daha fazla yakıt yakılmasına neden olmakla basınca ait pik noktanın yükselmesini sağlamıştır.

8.2. Isı Salınım Hızı

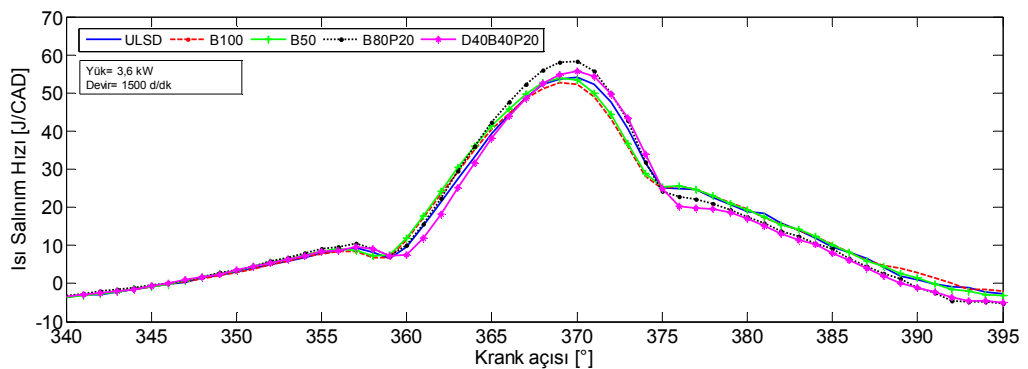
Şekil8.5, 8.6, 8.7 ve 8.8’de ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişiminin sabit 1500 d/d ve 0kW, 3,6 kW, 7,2 kW ve 10,8 kW yüklerinde farklı yakıt türleri ile test edilmesinden elde edilen sonuçların grafikleri görülmektedir.



Şekil8.5.0 kW yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi

Isı salınım grafiği yanmanın oluşumu, tutuşma gecikmesinin, kontrolsüz yanma, enjeksiyon kontrollü yanma ve art yanma safhalarının daha belirgin olduğu ve yanma olayı hakkında önemli bilgiler sunabilen bir parametredir.

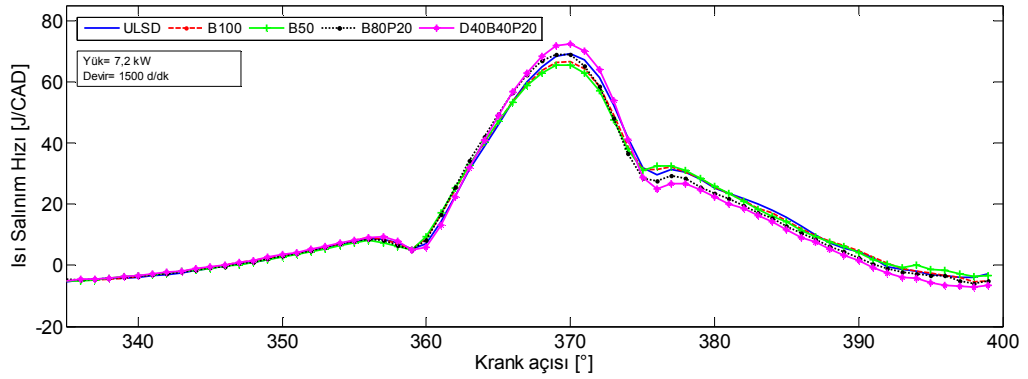
Isı salınım hızı değerlerinde artan motor yüküne bağlı olarak tüm test yakıtlarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum beklenen bir sonuç olup çevrim boyunca tüketilen yakıt miktarı ile ilgilidir. Yakılan yakıt miktarına bağlı olarak açığa çıkan ısı miktarlarında da artış gözlemlenmiştir.



Şekil8.6.3,6 kW yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi

Tutuşma gecikmesi periyodu ısı salınım grafiklerinde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Yakıtın püskürtülmesi ile yanma olayının başlaması arasında geçen süre olan tutuşma gecikmesinde grafikte eğimlerde ısı çıkışındaki azalmadan ötürü bir

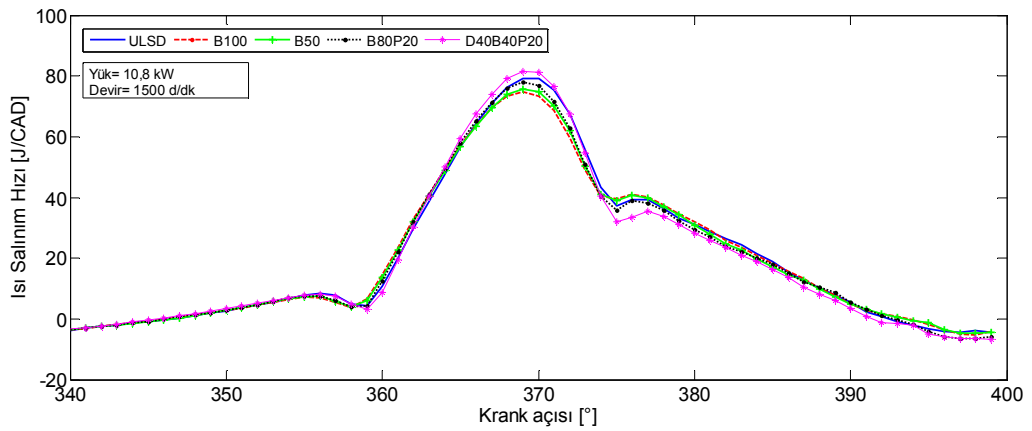
dalgalanma söz konusudur. Bu durum yakıtın püskürtülmesinden sonra buharlaşmaya uğrayıp ortamdan ısı çekmesi ile gerçekleşir.



Şekil 8.7.2 7,2 kW yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi

Yaklaşık 375° krank açısına karşılık gelen bölgedeki eğimlerde hafif bir yükseliş görülmektedir. Art yanma dediğimiz bu olayda yakıt püskürtülme olayı bittiğinden buharlaşma söz konusu olmadığından ikinci bir artçı ısı yükselişi görülmektedir.

Tüm yüklerde pentanol içeren yakıtların tutuşma noktalarının diğer yakıtlara göre daha geç olduğu görülmektedir. Bu durumun, pentanolün daha düşük viskozitede olmasından ötürü yakıt hattında oluşturduğu basıncın daha düşük olmasından dolayı daha geç püskürtülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tutuşma gecikmesinin görüldüğü eğriler tüm yakıtlarda benzer olmasına rağmen pentanol içeren yakıtlarda püskürtülmenin daha geç yapılmasıyla yanma olayı daha geç krank açıları meydana gelmiştir.



Şekil 8.8 10,8 kW yükte ısı salınım hızının krank açısına bağlı değişimi

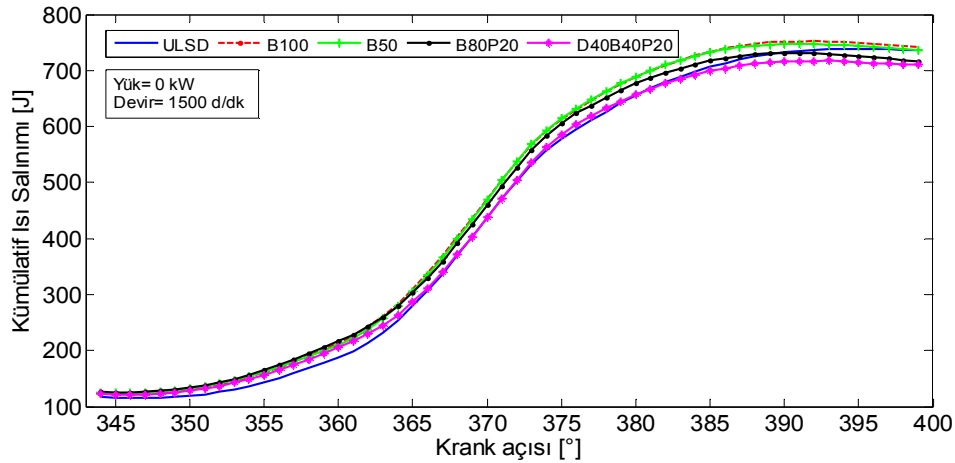
Pentanol içeren yakıtların yüklü durumlardaki grafiklerine bakıldığında her ne kadar püskürtülme olayı daha geç yapılmış olsa bile özellikle D40B40P20 yakıtının pik noktalarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum da kontrolsüz yanma safhasında pentanol içeren yakıtın daha fazla miktarda yandığını göstermektedir. B80P20 yakıtının ısı salınım eğrileri ULSD'ye daha benzer özellikler göstermiştir.

Tüm test yakıtlarında grafik eğrilerine bakıldığında sert bir iniş-çıkış, yani vuruntu oluşturabilecek düzeyde herhangi bir sapma meydana gelmediği görülmektedir. Basınç ve ısı salınım grafikleri incelendiğinde %20 oranında Pentanolün hem saf biyodizel ile hem de saf biyodizel-dizel karışımlarında kullanılabileceği görülmektedir.

8.3.Kümülatif(Toplam) Isı Salınımı

Bir krank açısına karşılık gelen yakılan yakıt miktarının göstergesi olan kümülatif ısı salınım grafiklerinin Şekil8.9, 8.10, 8.11 ve 8.12' de tüm test yakıtlarıyla sabit 1500 d/d için 0 kW, 3,6 kW, 7,2 kW ve 10,8 kW yüklerine göre dağılımı gösterilmiştir.

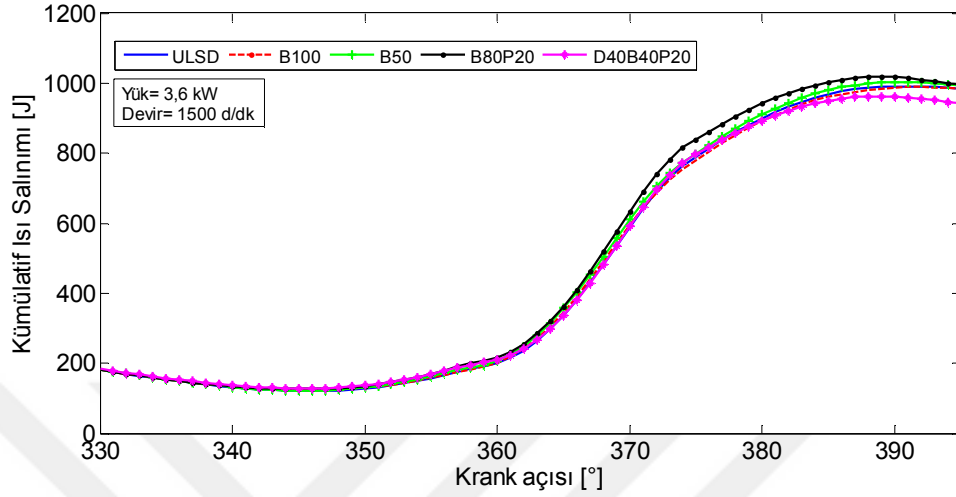
Tüm test yakıtlarında motor yükü arttıkça kümülatif ısı salınımı değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil8.9.0 kW yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi

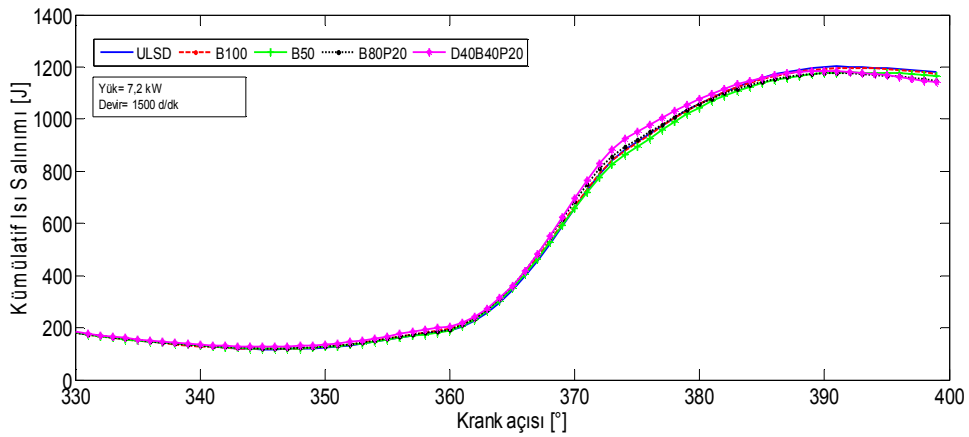
Kümülatif ısı salınım grafikleri neredeyse tüm yakıtlar için benzer özellikler göstermiştir. Bu da yanma karakteristiklerinin benzer olduğu anlamına gelmektedir. Ancak yüksek motor yüklerinin kontrolsüz yanma safhalarında pentanol içeren

karışımların ve de özellikle D40B40P20 karışımının kümülatif ısı salınım değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, kontrolsüz yanma safhasında pentanol içeren karışımın daha fazla yandığını göstermektedir.



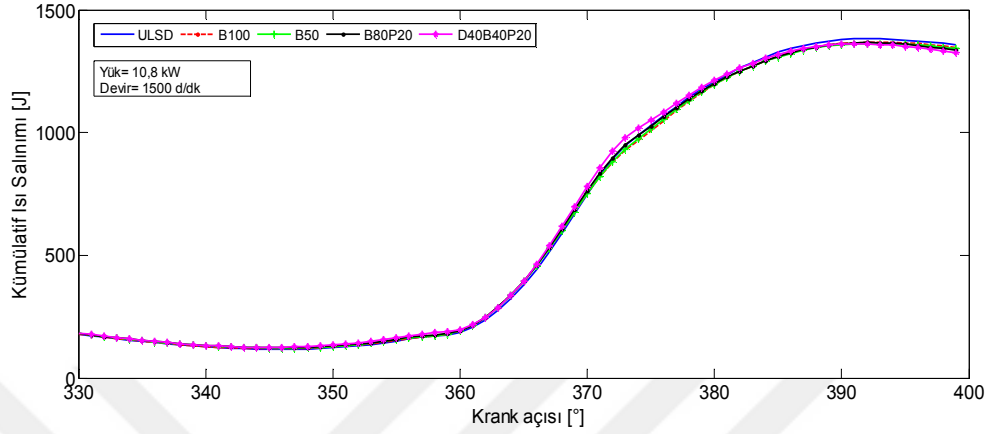
Şekil 8.10. 3,6 kW yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi

Isıl değerlerdeki farklılıklardan ötürü kontrolsüz yanma evrelerinin sonunda yani 390° krank açısından sonraki evrelerde kümülatif ısı salınımı değerlerine bakılıp bir karşılaştırma yapmak mümkündür.



Şekil 8.11. 7,2 kW yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi

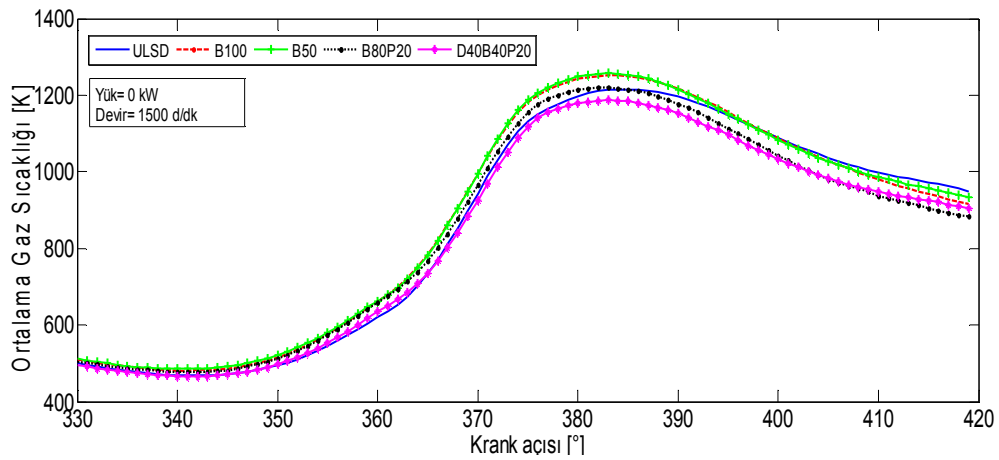
Özellikle D40B40P20 karışım yakıtının toplam ısıl değeri daha düşük olduğundan ötürü grafik yakından incelendiğinde diğer eğrilere göre az da olsa daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 8.12. 10,8 kW yükte kümülatif ısı salınımının krank açısına bağlı değişimi

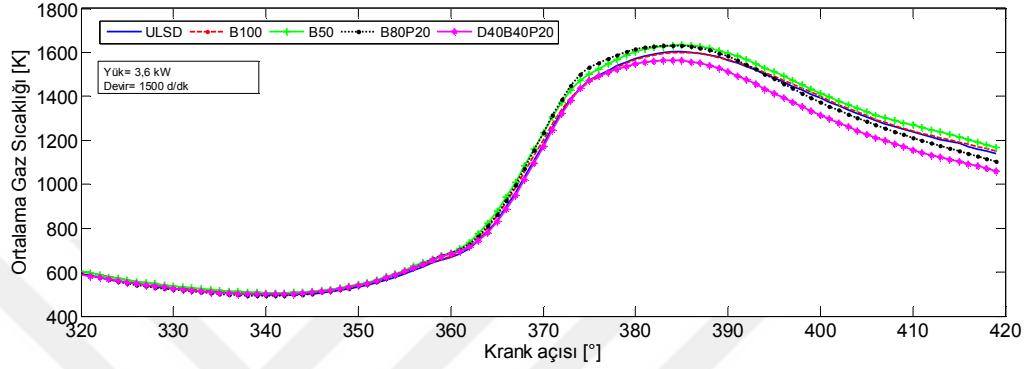
8.4. Ortalama Gaz Sıcaklığı

Şekil 8.13, 8.14, 8.15 ve 8.16'da tüm test yakıtları için farklı yüklerde ve sabit 1500 d/d için silindir içi basınç değerlerinden hesaplanan krank açısına bağlı ortalama gaz sıcaklık eğrileri gösterilmektedir. Tüm test yakıtlarında yükler arttıkça ortalama gaz sıcaklık değerlerinin de artış göstermiş olması beklenen bir durumdur.



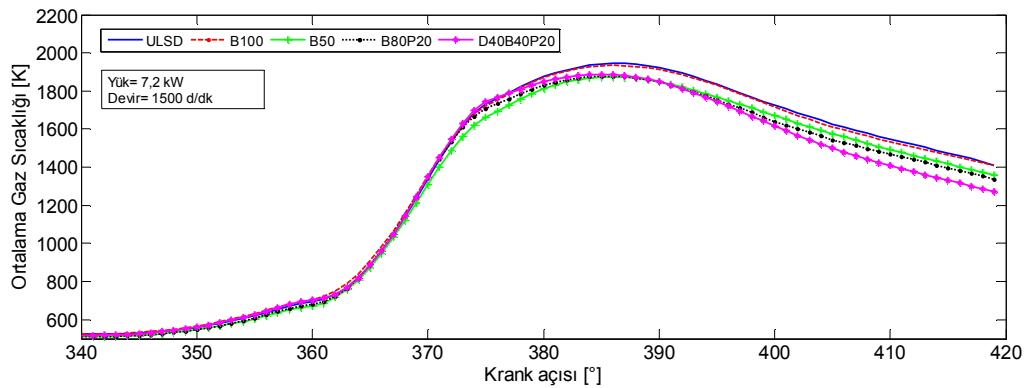
Şekil 8.13. 0 kW yükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi

Test yakıtları karşılaştırıldığında pentanol içeren D40B40P20 karışım yakıtının hem boşta ve hem de diğer yüklü durumlarda ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun da, pentanolün daha düşük bir alev sıcaklığına sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



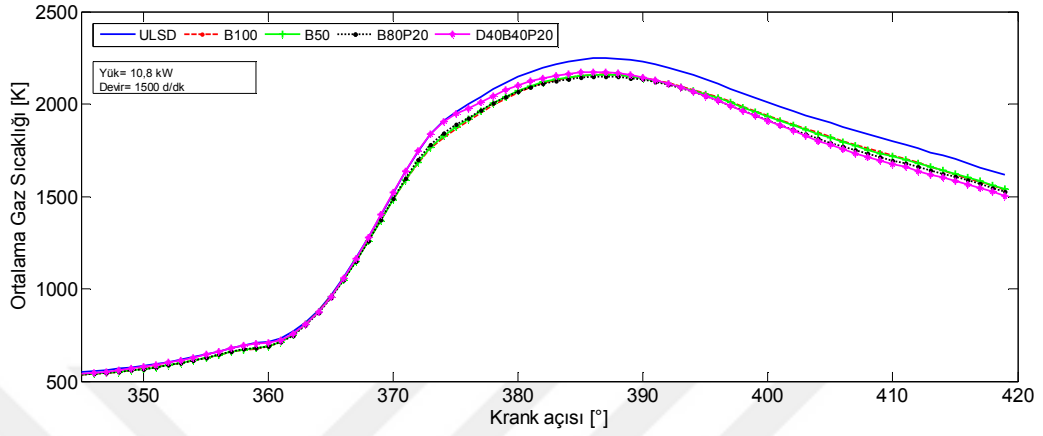
Şekil8.14.3,6 kWYükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi

Ancak %80 biyodizel içeren B80P20 karışımlı yakıtın ortalama gaz sıcaklık değerleri pentanol içermesine rağmen özellikle düşük motor yüklerinde, D40B40P20'ye göre biraz daha yüksek değerler göstermiştir.Bu durum biyodizelin yüksek adyabatik alev sıcaklığından kaynaklanmaktadır.



Şekil8.15.7,2 kWYükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi

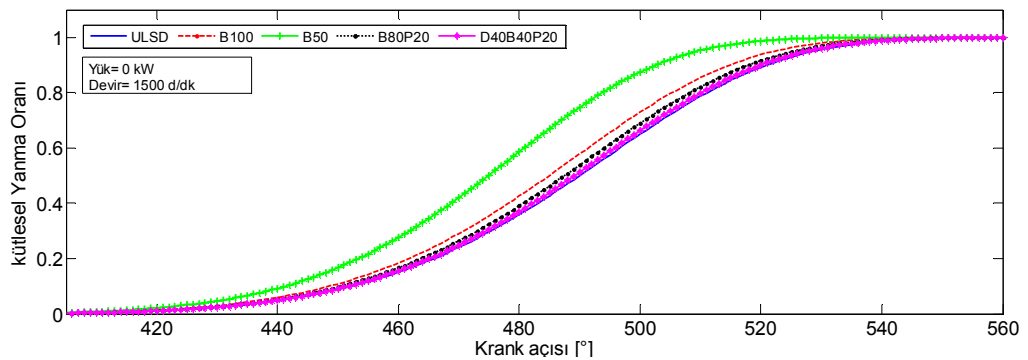
Motor boşa iken yani yüksüz durumdayken maksimum ortalama gaz sıcaklığı değerleri B100 ve B50 yakıtlarından elde edilmiştir. Bu durumda biyodizelin adyabatik alev sıcaklığının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 8.16. 10,8 kW yükte ortalama gaz sıcaklığının krank açısına bağlı değişimi

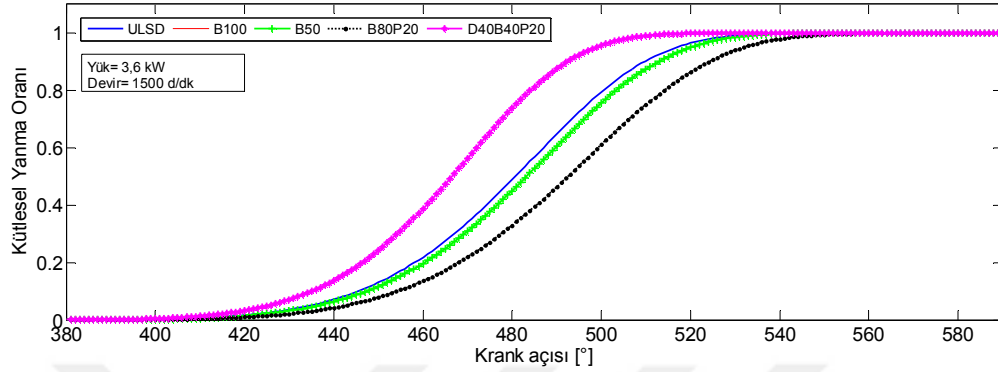
8.5. Kütleli Yanma Oranı

Şekil 8.17, 8.18, 8.19 ve 8.20’de farklı yakıt türlerine bağlı olarak motorun sabit 1500 d/d ve 0kW, 3,6 kW, 7,2 kW ve 10,8 kW yüklerinde kütleli yanma oranlarının krank açısına göre değişimini gösteren grafikler gösterilmiştir.



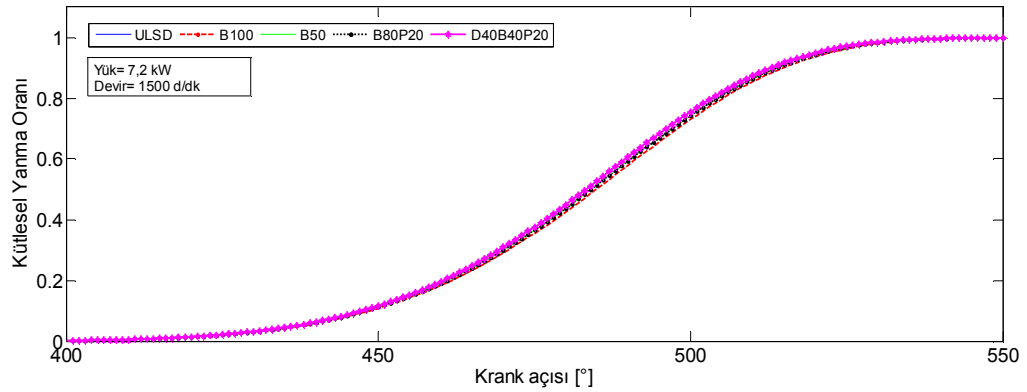
Şekil 8.17. 0 kW yükte kütleli yanma oranının krank açısına bağlı değişimi

Kütlesel yanma oranı, bir çevrimde hangi krank açısında ne kadar yakıtın yandığını gösteren ve silindir içi basınç ve sıcaklık değerlerinden hesaplanan bir parametredir. Buradaki kütlesel yanma oranı hesaplamaları wiebe fonksiyonundan ölçülmüştür.

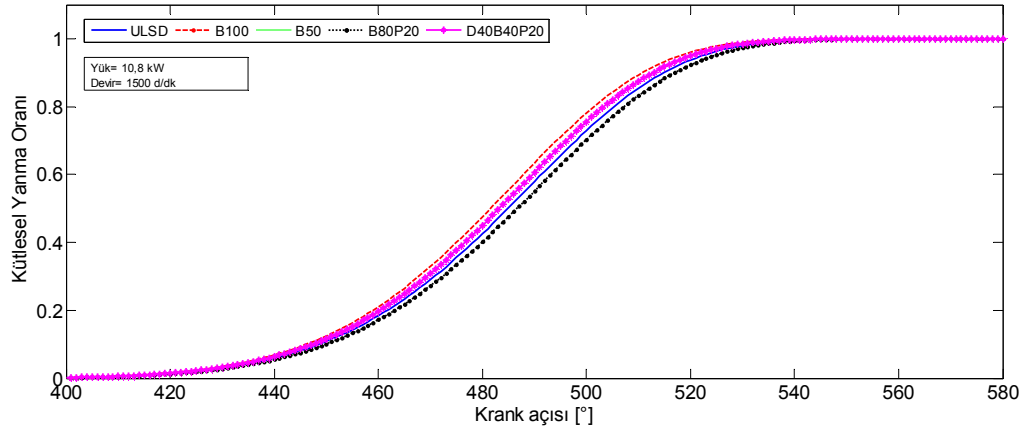


Şekil8.18.3,6 kWYükte kütlesel yanma oranının krank açısına bağlı değişimi

Motor boşa ve düşük yükte iken test yakıtları için hesaplanan kütlesel yanma oranlarının belirgin bir şekilde birbirinden farklılaştığı görülmektedir. Bu durumun, motorun soğukta çalıştığından dolayı kaynaklandığı düşünülebilir.



Şekil8.19.7,2 kWYükte kütlesel yanma oranının krank açısına bağlı değişimi



Şekil 8.20. 10,8 kW yükte kütleli yanma oranının krank açısına bağlı değişimi

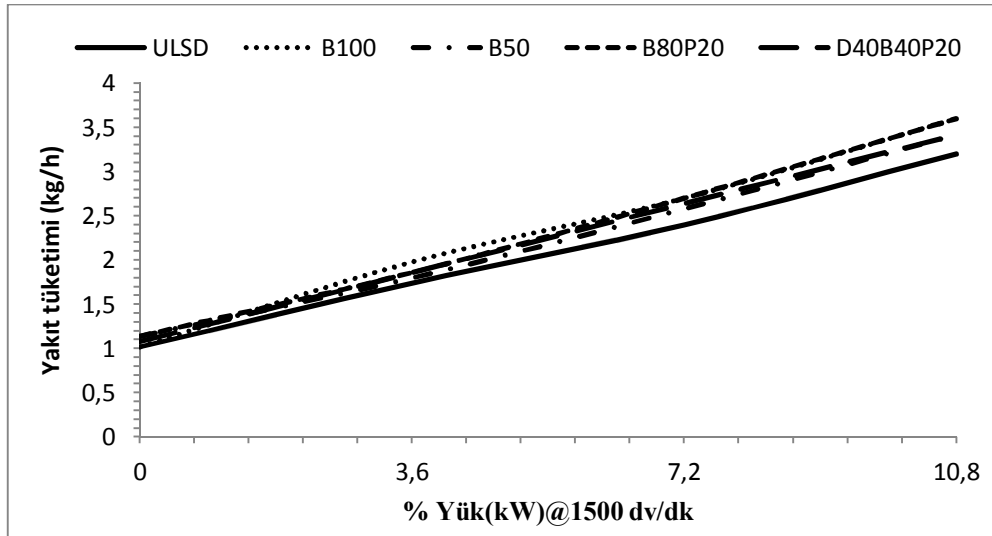
9.PERFORMANS SONUÇLARI

9.1.Kütleli Yakıt Tüketiminin Değerlendirilmesi

Aşağıdaki verilen Şekil 9.1’de farklı yüklerde yapılan performans deneylerinde farklı yakıt türlerinin 1 saatte harcadıkları yakıt miktarının kg cinsinden değerleri verilmiştir.

Bu veriler doğrultusunda hazırlanmış çizelgeye bakıldığında en az yakıt tüketiminin her yük için dizel yakıt ile yapılan deney ile harcadığını görürüz.

Saf aspir biyodizeli ile yapılan yanma deneylerinde ise en çok yakıt tüketiminin olduğu görülür. Ancak biyodizel %50 oranında dizel ilavesi (B50D50) yakıt tüketimini B100’e göre ortalama %5.8 oranında azaltmıştır.



Şekil 9.1. Kütlesel yakıt tüketiminin yüke göre değişimi

Yine aynı şekilde saf biyodizel kullanımından sonra %20 oranında pentanol ilavesi (B80P20) yakıt tüketimini ortalama olarak %1.45 oranında azaltmıştır. Yakıtın seyrelmesi ile daha homojen olan bu karışımın yanma olayının daha iyiye gittiği söylenebilir. %50 oranındaki biyodizel-dizel karışımına ise karışımın %20 olacak şekilde pentanol eklendiğinde (D40B40P20) ise yakıt tüketimi ortalama olarak %1.54 oranında arttığı ölçülmüştür. Hem çizelge 9.1 hem de şekil 9.1'de görüldüğü gibi pentanol eklenmesi yakıt tüketiminde azalma sağlamıştır.

Çizelge 9.1. Kütlesel yakıt tüketiminin yüke göre değişimi

	Yük/Yakıt	ULSD	B100	B50D50	B80P20	D40B40P20
B	0	1,02	1,02	1,14	1,14	1,08
	3,6	1,74	1,98	1,8	1,86	1,86
	7,2	2,4	2,7	2,58	2,7	2,64
	10,8	3,2	3,6	3,42	3,6	3,42

Bu son ölçüm B80P20 sonucu ile karşılaştırıldığında, pentanolün biyodizel dizel karışımı yakıtların kütlesel yakıt tüketimini azaltmıştır.

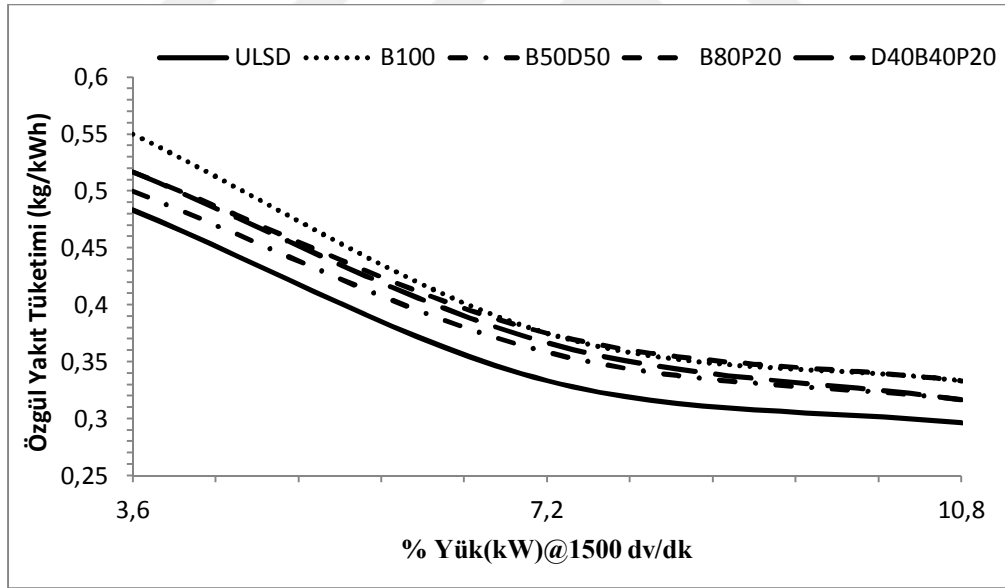
9.2.Özgül Yakıt Tüketiminin Değerlendirilmesi

Dizel motorun 3,6 kWh, 7,2 kWh ve 10,8 kWh'lik her bir ayrı yük için tükettiği yakıt miktarının kg cinsinden değeri olan özgül yakıt tüketimi(kg/kW.h) değerlerinin grafiksel olarak görünümü şekil 9.2'de verilmiştir.

Bu değerlere bakıldığında en az özgül yakıt tüketiminin her bir yükte dizel yakıtta ait olduğu görülmektedir. Dizel yakıt yerine B100 kullanımında her yük için alınan verilerin ortalamalarına bakıldığında genel olarak %13 'lük bir yakıt artışı görülmektedir.

En çok özgül yakıt tüketiminin B100'de olduğu ancak yükte artış olduğu durumlarda bu değerin az da olsa düşüp B80P20'ye yaklaştığı görülmektedir.

Dizel yakıtın kullanıldığı motor deneylerinde her ne kadar minimum özgül yakıt tüketimi olduğu görülse de her üç ayrı yükün ortalamasına bakıldığında ise D50B50 kullanımında özgül yakıt tüketimi değerlerinin ortalama olarak yalnızca %5,57 artış gösterdiği ve D40B40P20 kullanımında ise %8,99 arttığı görülmektedir.



Şekil9.2.Özgül yakıt tüketiminin yüke göre değişimi

9.3.Termik Verim Değerlendirilmesi

Şekil 9.3'ten de görüleceği gibi farklı yüklerde yapılan yanma deneylerinde en düşük termal verimin ULSD'ye ait olduğu görülmektedir. Oysaki B100 kullanımında

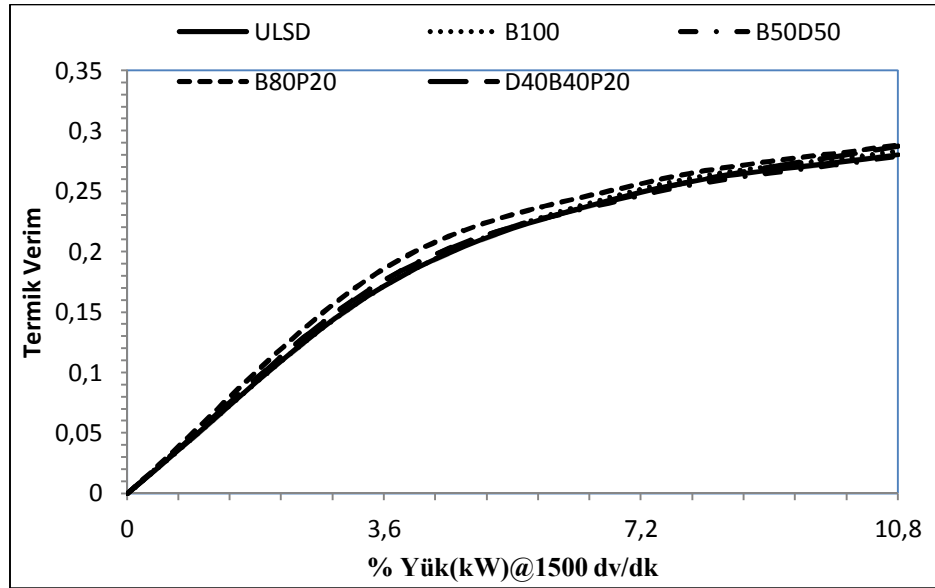
termal verimin her yükte az da olsa daha yüksek çıktığı görülmektedir. Her iki yakıtın eşit karışımından oluşan D50B50 kullanımında verimin 3,6 kW yükte %3 gibi bir fark ile dizel ve biyodizel yakıtı göre verim artışı gözlemlenmiştir. Ancak 7,2 kW ve 10,8 kW'lık yanma olaylarında yük artışıyla beraber termal verim her iki yakıtın verim değerlerinin altında bir seyir almıştır. 7,2 kW yükte dizele göre %1, biyodizele göre ise %2 lik bir verimde azalma olmuştur.

Yine devamında, bu karışıma eklenen pentanol ile de(D40B40P20) verim 3,6 kW yükte dizel ve biyodizele göre %2,5 luk bir artış göstermiş 7,2 kW'lık yükte verimde azalma olmuştur. Ancak en yüksek yük olan 10,8 kW yükte ise tekrar yükte %2,5 luk bir artış gözlemlenmiştir.

Aynı şekilde, biyodizele yapılan %20'lik pentanol katkısıyla(B80P20) biyodizelin termal verimi 3,6 kW 'lık yükte % 8,4 lük bir artış olurken yük artışıyla beraber bu verim artışı %1,8 'lerde kalmıştır.

Aydın (2010), aspir biyodizelin ele alarak yaptığı çalışmalar neticesinde belirli oranlarda aspir biyodizelin dizel ile beraber kullanımında motorda efektif basınç değerlerinin orantılı olarak düştüğünü saptamıştır. Gök (2008), araştırmasında farklı biyodizel çeşitlerini belirli oranlarla dizel yakıt ile karıştırarak yaptığı motor deneyleri neticesinde ortalama efektif basınç eğrilerinin dizel eğrilerinin altında kaldığını belirtmiştir. Bu düşüş miktarının da kabul edilebilir değerler arasında olduğu görülmektedir.

Genel olarak bakıldığında pentanol kullanımı saf biyodizel kullanımına göre verim artışı oluştururken, karışımli yakıtlarda pentanol kullanımı 3,6 kw ve 10,8 kW yükte verimi %2,5 oranında arttırmıştır. Ancak 7,2 kW'lık yükte verimde çok az da olsa düşüş olmuştur.

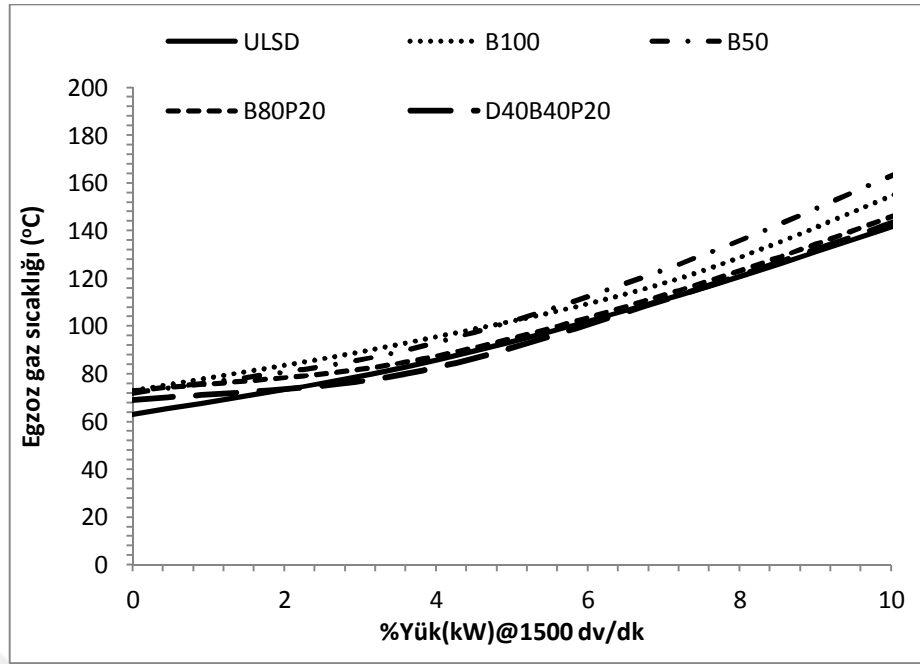


Şekil9.3.Termik verimin yüke göre değişimi

9.4.Egzoz Gaz Sıcaklığı Değerlendirilmesi

Emisyon deneylerinde boştaki egzoz sıcaklıkları birbirine yakın değerler göstermektedir. B100 ile yapılan deneylerde egzoz sıcaklığı ULSD'ye göre yakın da olsa ortalama %9,25'lik bir artış gözlemlenmiştir. Diğer yakıtlar ile yapılan deneylerde pentanol katkısı kullanıldığında genel olarak egzoz sıcaklıklarında düşüşler görülmüştür.

B100'e yapılan pentanol katkısı ile (B80P20) egzoz sıcaklıkları farklı yükler için ortalama olarak %6'lık bir düşüş göstermiştir. Benzer şekilde %50'lik dizel-biyodizel karışımına da pentanol katkısı yapıldığında farklı yüklerdeki egzoz sıcaklıklarında ortalama olarak %11,5'lik bir düşüş ölçülmüştür. Genel olarak, biyodizel kullanımında dizel yakıtına göre egzoz sıcaklığında küçük bir artış gözlemlenmiştir. Ancak farklı yüklerdeki deneylerde pentanol kullanımında egzoz sıcaklıklarında düşüşler ölçülmüştür.



Şekil9.4.Egzoz gaz sıcaklığının yüke göre değişimi

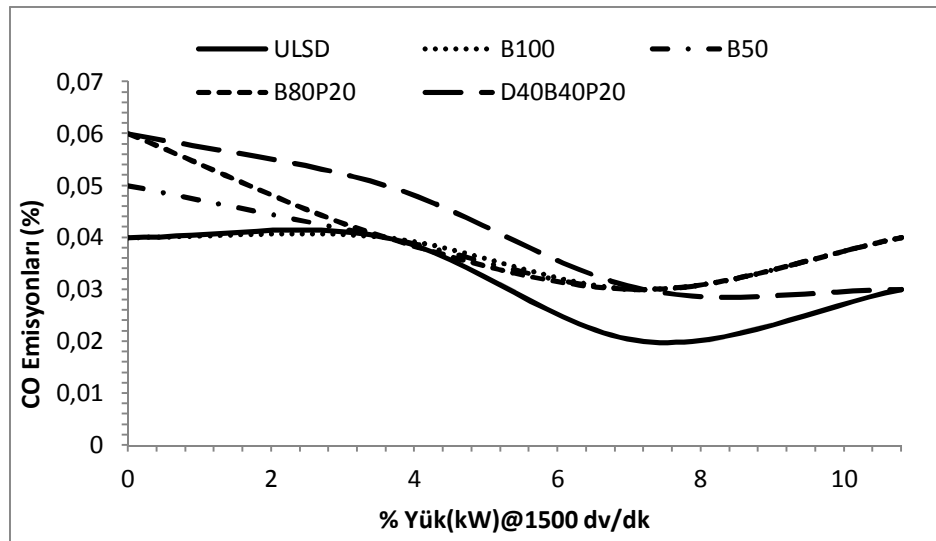
10.EMİSYON SONUÇLARI

10.1. CO Emisyon Değerleri

Yanma sırasında ortamdaki oksijen eksikliğinden dolayı karbon monoksit(CO) emisyonu oluşur. Biyodizel yakıtlar içerik bakımından yapılarında oksijen ihtiva ettiklerinden yanma sonucu CO emisyonu diğer yakıtlara göre daha düşük olur. Yanma odasındaki hava yakıt karışımında HFK değeri 1'den küçük bir durum alabilir. Böyle bir durumda zengin karışım denilen yakıt yönünden bol ama oksijen yönünden eksik bir yanma ortamı oluşmuş olur. Böylelikle yakıt içerisinde bulunan karbon taneciklerinin tamamı yanıp CO₂'ye dönüşme imkanı bulamayacaktır. Bu karbon tanecikleri böylelikle CO'e oksitlenecektir(Ergeneman ve ark.,1998). Yani, ortamda oksijenin fazla olması yanma olayının iyi gerçekleştiği ve yanmamış C atomlarının az olduğunu ve dolayısıyla CO oluşumunun da az olduğu anlamına gelir.

(Özdemir ,2011) yaptığı deneylerde dizelin yanı sıra aspir biyodizel ve aspir biyodizel+etanol karışımlarını yakarak CO emisyon değerlerini incelemesi neticesinde biyodizel ve/veya aspir biyodizel+etanol kullanımında CO emisyon değerlerinin düştüğünü gözlemlemiştir. Biyodizelin yapısal olarak C içermesi ve etanolün de daha az karbon içermesini buna neden olarak göstermiştir.

(Aydın ,2010) aspir biyodizelini ele alarak yaptığı çalışmalar neticesinde belirli oranlarda aspir biyodizelin dizel ile beraber kullanımı sonucu olarak egzoz emisyon değerlerini ele almıştır. Bu değerlere göre CO emisyon değerleri aspir biyodizel kullanım miktarına göre azalma göstermiştir.



Şekil10.1.Deney yakıtları için CO emisyonlarının yüke göre değişimleri

Tüm yakıtlar için CO emisyonlarının motor yüküne göre değişimleri şekil 10.1’de gösterilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere CO emisyonlarının genel olarak tüm yakıtlar için motor 7.2 kW güçte iken en düşük CO emisyon değerine ulaşılmıştır.

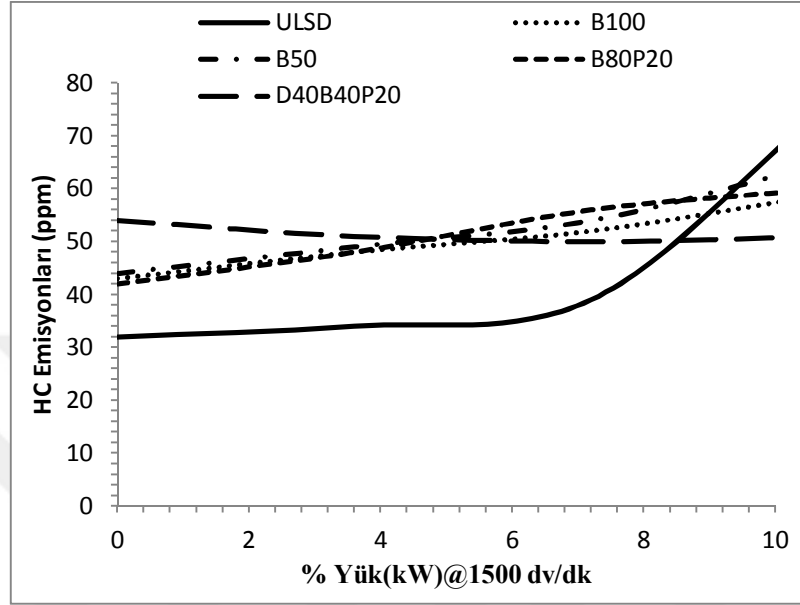
Dizel yakıtın CO emisyon değerleri diğer biyodizel veya pentanol karışımı yakıtlardaki CO emisyon değerlerinden düşük çıkmıştır. Biyodizel ve karışımları ile yapılan testlerde CO emisyonunun dizel yakıtı göre önemsenmeyecek kadar da olsa daha yüksek olduğu görülmüştür. Normal şartlarda CO emisyonunun yüksek olması ortamda O₂ eksikliğinin göstergesidir. Biyodizel ve karışımı yakıtlarda daha yüksek CO emisyonu görülmesinin nedeni olarak oksijen miktarının yetersiz kaldığı düşünülebilir. Bunun nedeni de aynı oranda gücü elde edebilmek için motorun daha fazla yakıt yakma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Biyodizel ve pentanol karışımı yakıtların ısı değeri dizele göre daha düşük olduğundan gücü karşılamak için motor daha fazla yakıt harcamış ve bunun sonucu olarak da yanma olayında daha fazla oksijen harcamıştır. Bu da ortamdaki oksijenin azalmasına ve beraberinde CO oluşumuna neden olmuştur. Ancak bu değerler kabul edilebilir aralıkta olduğundan sorun teşkil etmeyecek bir durum söz konusudur.

10.2.HC Emisyon Değerleri

Egzozda HC emisyonunun görülmesi yanma olayının tam olmadığı anlamına gelir. Dizel ve biyodizel yakıtlar kimyasal yapıları itibariyle C ve H bulundurlar. Yanma olayı eksik olduğunda yani ortamda yetersiz oksijen bulunması, ortam sıcaklığının düşük olması veya yanma olayının gerçekleşebilecek kadar zaman bulamaması gibi nedenlerden dolayı emisyonlarda HC oranı artabilir.

Özdemir (2011), araştırmasında aspir biyodizeli ve aspir biyodizel+etanol karışımlarını kullanarak yaptığı çalışmada HC emisyonlarının dizele göre daha düşük çıktığını gözlemlemiştir. Aydın (2010), aspir biyodizelini ele alarak yaptığı çalışmalar neticesinde belirli oranlarda aspir biyodizelinin dizel ile beraber kullanımı sonucu olarak egzoz emisyonlarını ölçmüştür. Sonuçlara göre HC emisyon değerleri aspir biyodizel kullanım miktarına göre artış göstermiştir. Bu deney sonucu diğer biyodizel yakıtların kullanımlarında elde edilen HC emisyon değerlerinden farklı bir sonuç ortaya çıkarmıştır. Çoğunlukla HC emisyonları biyodizel kullanımında orantılı olarak azalırken

bu araştırma neticesinde aspir biyodizel kullanımında HC emisyon değerleri az da olsa artış göstermiştir. Gök (2008), farklı biyodizel yakıtlar ile yaptığı çalışmada emisyon değerlerini dizel yakıt emisyon değerleriyle karşılaştırınca Biyodizel yakıtların HC emisyon değerlerinin daha düşük olduğunu ölçmüştür.

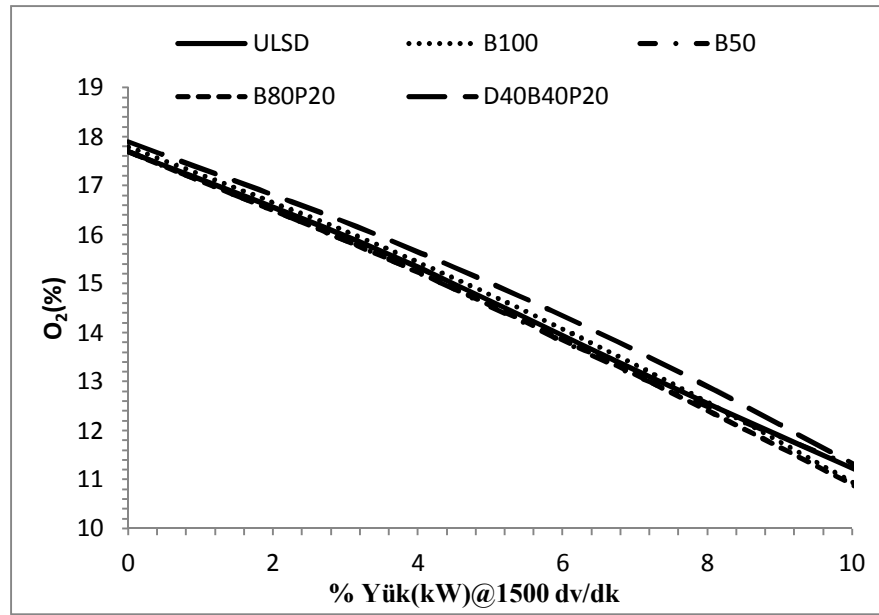


Şekil10.2.Hidrokarbon emisyon değerleri

Yapılan deney sonuçlarına göre şekil 10.2'ye bakıldığında dizel yakıtın kullanıldığı durumlardaki HC seviyesi biyodizel veya pentanol karışimli yakıtlardaki HC seviyesinden daha düşük olduğu görülmektedir. HC seviyesinin yüksek çıkması yanma olayının eksik olmasının göstergesidir. Bunun nedeni de yine, önceden açıklanan CO emisyonunun yüksek çıkması olayındaki nedenlere bağlanabilir. (Özdemir ,2011) aspir biyodizeli ile yaptığı benzer bir çalışmada aynı şekilde HC emisyonunu daha yüksek bulmuştur. Benzer şekilde, düşük ısı değerli olan pentanol karışimli yakıttan dolayı daha fazla yakıt yakılmasının sonucu olarak ortamdaki oksijenin azalması ve beraberinde getirdiği sonuçlar da neden olarak gösterilebilir.

10.3.O₂ Emisyon Değerleri

Hava fazlalık katsayısı $\lambda > 1$ olduğu durumlarda yani fakir karışımlarda O₂ ölçümleri yüksek çıkabilir.



Şekil10.3.Oksijen emisyon değerleri

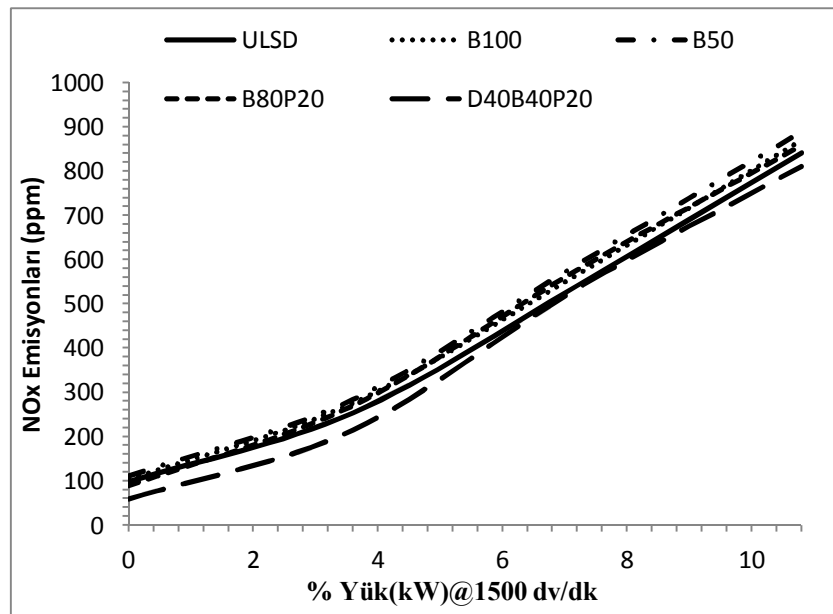
Şekil 10.3'ten görüldüğü gibi tüm yanma olaylarında O_2 ölçümleri birbirlerine paralel değerler göstermiştir. Güç arttıkça da O_2 değerleri azalma göstermiştir. Yüksek devirlerde daha fazla yakıt kütesinin yanma olayına katılması neticesinde oksijen miktarının da buna bağlı olarak azalması beklenen bir durumdur.

Alpgiray ve Gürhan (2007), yaptıkları araştırmada kanola yağı biyodizelini dizel yakıt ile karşılaştırmışlardır. Kanola yağının O_2 emisyon değerleri az da olsa dizele göre daha yüksek çıkmış ve bunu yanmanın tam gerçekleşmemesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. %80 Biyodizel ve %20 pentanol deneyinden sonra karışımdaki biyodizel yarı yarıya dizel ile değiştirilip D40B40P20 yapıldığında yani karışıma dizel eklendiğinde O_2 emisyon değerinin küçük bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Buna neden olarak da ilave edilen dizel yakıtın daha yüksek ısı değere sahip olmasından dolayı özgül yakıtı tüketiminin azalması ve beraberinde de ortamdaki biriken oksijen miktarının artması olarak yorumlanabilir.

10.4.NO_xEmisyon Değerleri

Hava içerisinde bulunan azot (N) yüksek sıcaklıklarda oksijen ile birleşerek NO ve NO₂ emisyonlarını meydana getirir. Yani sıcaklığın artmasına bağlı olarak NO_x değerleri de artış gösterir.

Özdemir (2011), araştırmasında aspir biyodizeli ve aspir biyodizel+etanol karışımlarını kullanarak yaptığı çalışmada NO_x emisyonlarının dizele göre daha yüksek çıktığını gözlemlemiştir. Bu artışın hem biyodizel miktarının artışıyla ve hem de etanol ilavesinin artışıyla da arttığını belirtmiştir. Aydın (2010), aspir biyodizelini ele alarak yaptığı çalışmalar neticesinde belirli oranlarda aspir biyodizelinin dizel ile beraber kullanımını sonucu olarak egzoz emisyonlarını ölçmüştür. Sonuçlara göre NO_x emisyon değerleri aspir biyodizel kullanım miktarına göre artış göstermiştir. Alpgiray ve Gürhan (2007), kanola yağı biyodizelini kullanarak yaptıkları benzer bir çalışmada NO emisyonlarının Dizele paralel bir eğride gittiklerini ve az da olsa daha yüksek değerlerde olduğunu ölçmüşlerdir. Şahin (2014), hardal yağından elde ettiği biyodizel karışım yakıtlarının emisyon değerlerinin dizele oranla daha düşük değerlerde olduğunu ölçmüştür. Gök (2008), araştırmasında soya , ayçiçeği, mısır ve haşhaş yağlarından elde ettiği biyodizel yakıt ile yaptığı deneylerden elde ettiği sonuçlar neticesinde NO_x emisyon değerlerinin dizele göre daha düşük değerlerde olduğunu ölçmüştür.



Şekil 10.4. Azotoksitemisyon değerleri

Yüksek devirlerde NO_x değerlerinin artış göstermesi beklenen bir durum olduğundan grafiklerdeki artışlar da normal aralıklarda olduğunu gösterir.

Şekil 10.4'ten de görülebildiği gibi NO_x değerleri az da olsa dizel yakıtına göre artış göstermiştir.

Çizelge 10.1. Azotoksitin yakıtlara göre emisyon değerleri

	Yük/Yakıt	ULSD	B100	B50	B80P20	D40B40P20
NO _x	0	98	103	111	89	59
	3,6	254	276	284	270	215
	7,2	541	566	589	577	535
	10,8	842	870	889	858	811

Değerler bakımından incelendiğinde %100 dizel yakıt kullanıldığında 7,2 kW için NO_x değeri 541 ppm iken aynı güçte B100 için 566 ppm, B80P20 karışımı için 577 ppm ve D40B40P20 için 535 olarak ölçülmüştür.

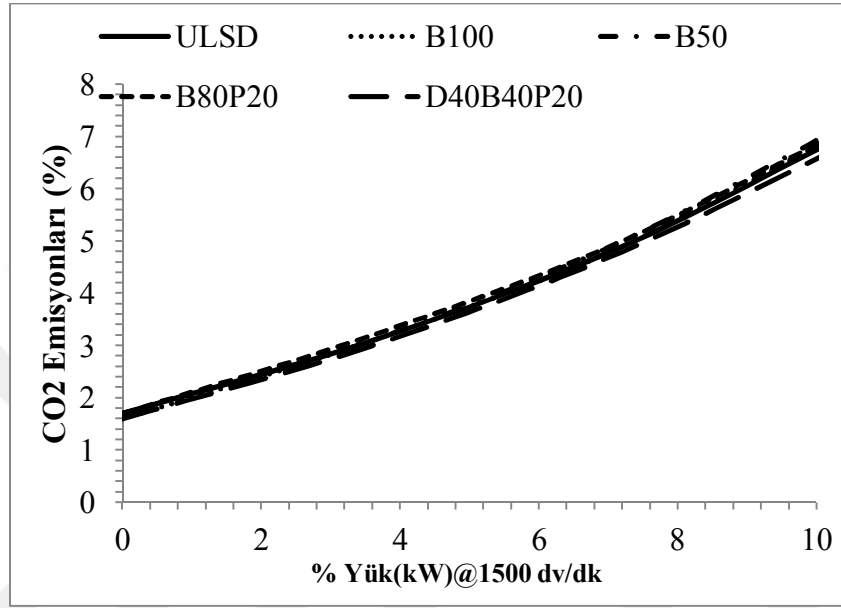
Yakıt olarak karışıma pentanol ilavesi yapıldığında, azalan silindir içi sıcaklıklardan dolayı NO_x emisyonlarının düşüş gösterdiği görülmektedir. Bu bakımdan çevresel etkenler düşünüldüğünde yakıtına ilave olarak Pentanol kullanımı, ozon tabakasına zararları bir emisyon olan NO_x değerlerinin düşürülebilmesi açısından yararlı bir etken madde olabileceği anlaşılmaktadır.

10.5.CO₂ Emisyon Değerleri

Dizel motorlarda HFK yüksek olduğundan yani ortamda istenilen miktarda hava bulunmasından dolayı yanma sonucunda yakıtın yapısında bulunan oksijen ile birleşerek CO₂ oluştururlar. Yani CO₂ değerlerinin yüksek olması ideal bir yanmanın olduğu anlamına gelmektedir.

Alpgiray ve Gürhan (2007), araştırmalarında kanola yağı biyodizelini dizel ile karşılaştırmalı olarak dizel motorda yakmalarıyla emisyon sonuçları elde etmişlerdir. Sonuçlarına bakıldığında CO₂ değerlerinin dizel yakıtına oranla daha düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Buna neden olarak da tam yanma olayının yüksek devirlerde gerçekleşememesini göstermişlerdir. Gök (2008), farklı biyodizel yakıtları ile yaptığı araştırmada CO₂ emisyonlarını dizel CO₂ emisyonlarıyla karşılaştırmış ve sonuç olarak

ayçiçeği ve soya fasulyesi biyodizel yakıtlarının CO₂ emisyonlarının daha düşük ancak mısır ve haşhaş biyodizel yakıtlarının CO₂ emisyonlarının dizele göre daha yüksek olduğunu ölçmüştür. Bu farklılığın nedenini ise yüksek viskoziteli yakıtların oksijenle yeterince buluşamayıp tam yanma gerçekleştiremediklerini bu nedenle CO₂emisyonlarının daha düşük çıktığını belirtmiştir.



Şekil10.5. Karbondioksit emisyon değerleri

Şekil 10.5'deki CO₂ değerlerine bakıldığında tüm yakıtların genel olarak birbirine yakın değerler aldığını görmekteyiz. Deneylede tüm yakıtlar ortalama olarak yakın sonuçlar göstermiş ve bu da yanma olaylarının tam yanmaya yakın olduğunu göstermektedir.

Her ne kadar HC ve CO emisyonları kabul edilebilir değerlerde olmasına rağmen dizel yakıtı göre çok az yüksek çıkmış olsalar bile genel olarak CO₂ değerlerine bakıldığında tüm deneylede tam yanma olayının yakalanmış olduğu görülmektedir.

11.SONUÇ

Günümüz şartlarında enerji her geçen gün önemini daha da arttıran bir etken durumundadır. Otomotiv sektöründe de aynı şekilde enerji ihtiyacı büyük bir sorun olmaya doğru ilerlemektedir. Dünya genelinde kendini his ettiren bu azalma ilerde daha da büyük sorun oluşturacağı benziyor. Bu yüzden birçok otomotiv firması yakıt yönünden sarfiyatı daha da azaltan motor teknolojileri ve aynı şekilde alternatif enerji arayışları içerisinde oldukları.

Bu çalışmada da benzer bir arayış amacıyla aspir bitkisinin tohumundan elde edilen aspir yağı biyodizeli ve pentanol denilen alkolün belirli oranlarda karıştırılmasıyla ve ayrıca dizel yakıtı ilavesiyle oluşturulan yakıtın motorda sabit devir, farklı yüklerde yakılmasıyla elde edilen yanma olayı sonuçlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Test yakıtları karşılaştırıldığında yük artışına bağlı olarak pentanol içerikli karışım yakıtlarının kullanıldığı deneylerde basıncın daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, pentanolün buharlaşma ve karışım oluşturabilme karakteristiklerinin biyodizel ve dizel yakıtı göre daha yüksek olmasına bağlanabilir. Karışımın viskozitesini düşüren pentanol, daha seyreltik bir yakıt oluşumuna neden olup daha fazla yakıt yakılmasına neden olmakla basınca ait pik noktanın yükselmesini sağlamıştır.

Isı salınım grafiklerinde artan motor yüküne bağlı olarak tüm test yakıtlarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum beklenen bir sonuç olup çevrim boyunca tüketilen yakıt miktarı ile ilgilidir. Yakılan yakıt miktarına bağlı olarak açığa çıkan ısı miktarlarında da artış gözlemlenmiştir.

Tüm test yakıtlarının grafiklerine bakıldığında sert bir iniş-çıkış, yani vuruntu oluşturabilecek düzeyde herhangi bir sapma meydana gelmediği görülmektedir. Basınç ve ısı salınım grafikleri incelendiğinde %20 oranında pentanolün hem saf biyodizel ile hem de biyodizel-dizel karışımlarında kullanılabileceği görülmektedir.

Tüm test yakıtlarında motor yükü arttıkça kümülatif ısı salınımı değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Kümülatif ısı salınımı grafikleri neredeyse tüm yakıtlar için benzer özellikler göstermiştir. Bu da yanma karakteristiklerinin benzer olduğu anlamına gelmektedir.

Tüm test yakıtlarında yükler arttıkça ortalama gaz sıcaklık değerlerinin de artış göstermiş olması beklenen bir durumdur. D40B40P20 karışım yakıtının ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun da, pentanolün daha düşük bir alev sıcaklığına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak B80P20'nin ortalama gaz sıcaklık değerleri pentanol içermesine rağmen özellikle düşük motor yüklerinde, D40B40P20'ye göre biraz daha yüksek değerler göstermesi biyodizelin yüksek adyabatik alev sıcaklığına sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Motor boştta ve düşük yükte iken test yakıtları için hesaplanan kütleli yanma oranlarının belirgin bir şekilde birbirinden farklılaşması, motorun soğukta çalışmasından kaynaklandığı şeklinde düşünülebilir.

Kütleli yakıt tüketimi bakımından farklı yüklerde yapılan deneylerdeki tüketim miktarlarına bakılıp karşılaştırma yapıldığında B80P20'deki yakıt tüketimi göz önüne alınırsa, pentanolün biyodizel yakıtların kütleli yakıt tüketimini azaltırken, dizel yakıtların ise kütleli yakıt tüketimini arttırmaktadır denilebilir.

Dizel yakıtın kullanıldığı yanma deneylerinde her ne kadar minimum özgül yakıt tüketimi olduğu görülse de her üç ayrı yükün ortalamasına bakıldığında ise D50B50 kullanımında özgül yakıt tüketimi değerlerinin ortalama olarak yalnızca %5,57 artış gösterdiği ve D40B40P20 kullanımında ise %8,99 arttığı görülmektedir.

Farklı yüklerdeki yanma deneylerinden elde edilen verilere bakıldığında B100'ün termik verimi ULSD'nin termik veriminden yüksek çıkmaktadır. Ayrıca bu yakıtlara yapılan pentanol katkısı da verimi yükseltmektedir.

Genel olarak, biyodizel kullanımında dizel yakıtı göre egzoz gaz sıcaklığında küçük bir artış gözlemlenmiştir. Ancak farklı yüklerdeki deneylerde pentanol kullanımında egzoz gaz sıcaklıklarında düşüşler ölçülmüştür.

Dizel yakıtın CO emisyon değerleri diğer biyodizel veya pentanol karışimli yakıtlardaki CO emisyon değerlerinden düşük çıkmıştır. Biyodizel ve karışımları ile yapılan testlerde CO emisyonunun dizel yakıtı göre önemsenmeyecek kadar da olsa daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yapılan deney sonuçlarına bakıldığında dizel yakıtın kullanıldığı durumlardaki HC seviyesi biyodizel veya pentanol karışimli yakıtlardaki HC seviyesinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu HC seviyesinin yüksek çıkması yanma olayının eksik olmasının göstergesidir.

%80 biyodizel ve %20 pentanol(B80P20) yanma deneyinden sonra karışımdaki biyodizel yarı yarıya dizel ile değiştirilip D40B40P20 yapıldığında yani karışıma dizel eklendiğinde O₂ emisyon değerinin küçük bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Yakıt olarak karışıma Pentanol ilavesi yapıldığında NO_x emisyonlarının düşüş gösterdiği görülmektedir.Bu bakımdan çevresel etkenler düşünüldüğünde yakıtta ilave olarak Pentanol kullanımiozon tabakasına zararlı bir emisyon olan NO_x değerlerinin düşürülebilmesi açısından yararlı bir etken madde olabileceği anlaşılmaktadır.

CO₂ değerlerine bakıldığında tüm yakıtların genel olarak birbirine yakın değerler aldığını görmekteyiz. Deneylerde tüm yakıtlar ortalama olarak yakın sonuçlar göstermiş ve bu da yanma olaylarının tam yanmaya yakın olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak; pentanol ilavesi biyodizelin yüksek oranlarda dizel motorlarda kullanımını mümkün hale getirmiştir. Pentanol gibi diğer ağır alkollerin de biyodizel katkısı olarak denenmesi önerilmektedir. Bu da, dizel motorlarında hem alkol, hem de biyodizel yakıtların yakıt olarak kullanma olanaklarını arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

Abu-Qudais, M. Haddad, O., Qudaisat, M. (2000) The Effect of Alcohol fumigation on Diesel Engine Performance and Emissions, *Energy Conversion and Management*, 41(4):389–99.

A,F.ve Hanna M.F., 1999, Biodiesel production: Areview. *Bioresource Technology*,70:1-15

Ajav, E. A. and Akingbehin, O. A. (2002) A study of some fuel properties of local ethanolblended with diesel fuel”, *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal ofScientific Research Development*, 30(6): 25-36.

Ajav, E. A. Singh, B. Bhattacharya, T. K. (1999) Experimental Study of Some PerformanceParameters of Constant Speed Stationary Diesel Engine Using Ethanol-Diesel Blends asFuel, *Biomass and Bioenergy*, 17: 357-365.

Alpgiray B., Gürhan R., 2007, Kanola Yağının Diesel Motorunun Performansına ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi* 2007, 13 (3) 231-239,Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Alptekin, E., Çanakçı, M. 2006, Biyodizel ve Türkiye'nin Durumu, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 47(561), 57-64.

Altın, V. (2004). Yeni Ufuklara / Enerji. *Bilim Ve Teknik Dergisi*, 3-4.

Asfar, K. R. and Hamed, H. (1998) Combustion of fuel blends, *Energy Conversion and Management*, 39(10): 1081-1093.

Atabey, E., 2009, *Farklı Ekim Zamanlarının Aspir ÇeGitlerinde Bazı Tarımsal Özellikleri Ve Biyodizel Kalitesi Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2-16

Aydın S. 2010, *Aspir Yağından Biyo - Yakıt Üretimi ve Bir Dizel Motorunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi En Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

Bannister, C.D., Hawley, J.G Ali, H.M., Chuck, C.J., Price, P., Chrysafi, S.S., Brown, A. and Pickford, W., 2009, The Gmpact Of Biodiesel Blend Ratio On Vehicle Performance And Emissions, *Automobile Engineering*, Vol:224, 405-421

Bayraç, H.Naci; Uluslar arası Petrol Piyasasının Ekonomik Analizi, <http://www.tek.org.tr/dosyalar/BAYRAC-ENERGY.pdf> (13.05.2013).

Bilgin, A. Durgun, O. Sahin, Z. (2002) The effects of diesel ethanol blends on diesel engineperformance”, *Energy Sources*, 24(4): 431-440

Boruff, P. A. Schwab, A. W. Goering, C. E. Pryde, E. H. (1982). Evaluation of Diesel Fuel- Ethanol Micro- Emulsions”, *Transactions of The ASAE*, 25(9): 47-53.

BP. (2014). *Statistical Review Of World Energy*. London: British Petroleum.

Ciniviz, M. Salman, M. S. Çarman, K. (2001) Dizel motorlarında dizel yakıtı + LPG kullanımının performans ve emisyonu etkisi, *Selçuk-Teknik Online Dergisi*, 2(1): 1302-6178.

Çakır E, 2007, Dizel Motorunun Gerçek Çevrimi Ve Piston-Biyel Mekanizmasının Kinematik, Dinamik Ve Mukavemet Hesaplarının Matematik Modellemesi, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çanakçı M., Gerpen J.H.V., 2001, Comparison of engine performance and emissions for petroleum diesel fuel, Yellow grease biodiesel, and soybean oil biodiesel. 2001 ASAE Annual International Meeting, Sacramento, U.S.A Paper No:016050.s.3.

Çanakçı, M. (2006) Atık yağların biyodizel kullanımına ve performans etkileri, *Kocaeli Sanaayi Odası*.

Çelikten, İ., (2003). An Experimental Investigation of The Effect of The Injection Pressure On Engine Performance And Exhaust Emission In Indirect Injection Diesel Engines, *Applied Thermal Engineering*, 23(6): 2051-2060.

Çetin, M. Yüksel, F. Kuş, H. (2009) Emission characteristics of a converted diesel engine using ethanol as fuel”, *Energy for Sustainable Development*, 13(6): 250–254.

Demirbaş A, 2003 , Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. *Energy Conversion and Management*, 44: 2093-2109

EIA. (2013). *International Energy Outlook 2013: With Projections To 2040*. Washington: U.S Energy Information Administration.

Ejder, S. B., “Etanol - dizel, biyodizel - dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına etkilerinin deneysel araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümü Raporu, s4, 3 Aralık 2012

EPA 14214, 2003, *Automotive fuels-fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines-requirements and test methods*. European standard

Eren, K., Başalma, D., Uranbey, S., Er, C., (2005). Effect of growing in winter and spring on yield, yield components and quality of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in Ankara. Sixth international Safflower Conference, İstanbul-Turkey, June 6-10, p:154-160.

Ericsson M., 2000, Diesel Engine Technology, www.penta.volvo.se/industry/technology/emissionssem.html

Ergeneman, M., Mutlu, M., Kutlar, O.A. ve Arslan, H., ,,, Tağıtlardan kaynaklanan egzoz kirleticileri”, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 13-14 (1998).

Erkal G., 2010, Comparison of engine performance and emissions for conventional petroleum diesel fuel and diesel-ethanol blends, *Master of Science in Mechanical Engineering Department Middle East Technical University, Ankara Turkey.*

Eryılmaz T., Cesur C., Yeşilyurt M.K., Aydın E.,2014, Aspir, Remzibey-05 Tohum Yağı Metil Esteri: Potansiyel Dizel Motor Uygulamaları için Yakıt Özellikleri, Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi,1(1):85-90,2014

Eyidoğan, M. (2009) Etanol-benzin ve metanol-benzin karışımlarının buji ateşlemeli birmotorun yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.*

Fukuda H., Kondo A.,Noda H.,2001,Review:Biodiesel fuel production by Transesterification of oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering, Vol:92 No:5:405-416*

Gencay U.,1990. Diesel Motorlarında Yanma Kanununun Bilgisayar Modellemesi, *Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*

Goering, C. E. Crowell, T. J. Griffith, D. R. Jarrett M. W. Savage, L. D. (1992) Compressionignition, Flexible-fuel Engine, *Trans ASAE, 35 (2): 423–8.*

Gonzalez Gomez G., Hildige R.H., Leathy J.J., O'Reilly T., Supple B, Malone M, 2000, Emission and performance characteristics of a 2 litre Toyota diesel van operating on esterified waste Cooking oil and mineral diesel fuel. *Environmental Monitoring and Assessment, 65:13-20*

Gök C.,2008, Biyodizel Olarak Çeşitli Bitkisel Yağların Etil Ester Metoduyla Üretilerek Karakteristiklerinin Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gedik Ö.T., 2015, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Gezer E.H. , Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı Yüksek lisans Tezi, 2013

Gümüş, M., Kaşifoğlu, S., 2010, Performance and Emission Evaluation of a Compression Ignition Engine Using a Biodiesel (Apricot Seed Kernel Oil Methyl Ester) and Its Blends with Diesel Fuel, *Biomass and Bioenergy, 34:134-139*

Hışır, V. (2009) Bütanol-benzin karışımlarının buji ile ateşlemeli motorların performans ve egzoz emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.*

Huang, J. Wang, Y. Li, S. Roskilly, A. P. Yu, H. Li, H. (2009) Experimental investigation on the performance and emissions of a diesel engine fuelled with ethanol–diesel blends, *Applied Thermal Engineering, 29(11–12): 2484–90.*

Işığür, A., Karaosmanoğlu, F., Aksoy, H. A., Hamdullahpur, F., and Gülder, Ö. L.(1994), “Performance and Emissions Characteristics of a Diesel Engine Operating on Safflower Seed Oil Methyl Ester”, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 45/46, 93-101 (1994).

İlhan, M., (2007) Çift yakıtlı (Dizel Metanol) bir dizel motorda püskürtme avansının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

İlker, Ö. Necmettin, T. Murat, C. (2008) Etanol-Benzin Karışımı Yakıtların Taşıtlı Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi, *10. Uluslararası Yanma Sempozyumu*, Sakarya.

İlkılıç, C. Behçet, R. Aydın, S. Aydın, H. (2009) Dizel motorlarında azot oksitlerin oluşumu ve kontrol yöntemleri, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 1: 2062-2066.

István, B. Adrian, T. I. (2009) Key fuel properties of biodiesel–diesel fuel– ethanol blends, *SAE*, 2009-01-1810.

Jincheng, H. Yaodong, W. Shuangding, L. Anthony P. R. Hongdong, Y. Huifen L. (2009) Experimental investigation on the performance and emissions of a diesel engine fuelled with ethanol–diesel blends, *Applied Thermal Engineering*, 29(1): 2484–2490.

Kaplan, C., Arslan, R., Sürmen, A. (2006). Performance Characteristics of Sunflower Methyl Esters as Biodiesel. *Energy Sources Part A* 28:751–755.

Karabas, H., (2013). Safflower Remzibey-05 (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil as an alternative feedstock for the biodiesel in Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, Vol.27, Issue. 1, pp.917.

Karabektaş, M. Hoşsöz, M. (2009) Performance and emission characteristics of a diesel engine using isobutanol–diesel fuel blends, *Renewable Energy*, 34(6): 1554–1559.

Karaosmanoğlu, F., 2007, Biyokütle enerjisi. Türkiye’ de Enerji ve Geleceği, İTÜ Görüşü, 105-113, Nisan 2007, İstanbul.

Kolsarıcı Ö., Başalma D., İşler N., Arıoğlu H., Gür A., Olhan E., Sağlam C., 2005, yağ bitkileri üretimi, www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/020ozerkolsarici.pdf

Körbitz W., 2002, New trends in developing biodiesel World-wide, Evaluating & Exploiting the Commercial Uses of Ethanol, Fuel Alcohol & Biodiesel, Singapore

Kulakoğlu, T., (2008) Dizel-metanol karışımı kullanılan bir dizel motorda püskürtme basıncının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Kumar, M. S. Kerihuel, A. Belltre, J. Tazerout, M. (2006) Ethanol animal fat emulsions as a diesel engine fuel – part 2: engine test analysis, *Fuel*, 85: 2646–52.

Kutlar A.O., Ergeneman M., Arslan H., Mutlu M., 1998, Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, Birsen Yayınevi

Kwanchareon, P. Luengnaruemitchai, A. Jai-In, S. (2007) Solubility of a diesel–biodiesel–ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine, *Fuel*,86: 1053–61.

Li D., Mündel H.H., 1996, Safflower(*Carthamus tinctorius* L.) İnternational Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 83 p.

Lin, C. Y. Huang, J. C. (2003) An Oxygenating Additive for Improving the Performance and Emission Characteristics of Marine Diesel Engines, *Ocean Engineering*, 30:1699-1715.

Megep, 2006, Dizel motorları Yakıt Sistemleri, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Motorlu Araçlar Teknolojisi, Ankara,2006

Megep, 2012, Dizel Motorları Yakıt Sistemleri, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara

Milli Eğitim Bakanlığı, (2012). *Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara. Adres:<http://www.solar-academy.com/menus/Yenilenebilir-EnerjiTeknolojileri-Kaynaklari-Onemi.164622.pdf>

Nas S, Gökalp H.Y., Ünsal M., 2001, Bitkisel Yağ Teknolojisi, Mühendislik Fakültesi Matbaası, Denizli, s. 43-58

Noguchi, N. Terao, H. Sakata, C. (1996) Performance Improvement by Control of Flow Rates and Diesel Injection Timing on Dual-fuel Engine With Ethanol, *Bioresour Technol.*,56(1): 35-39.

OECD. (2008). *Nuclear Energy Outlook*. Ocak 20, 2015 (<https://www.Oecd-Nea.Org/Neo/Summaries/English.Pdf>)

Özdemir M, 2011, Bir Dizel Motorda Biyodizel ve Etanol Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonlara Etkisinin Araştırılması, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Özer, S., Özdalyan, B. (2013) Dizel bir motorda izo

Öğüt, H., Oğuz, H., 2005, Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Öğüt, H., Eryılmaz, T., Akınerdem, F. ve Oğuz, H., 2005, Tarımsal Kaynaklı Biyoyakıtlar (Biyometanol ve Biyodizel), *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, Konya,8(19):26-29

Özdemir M., 2011, Bir Dizel Motorda Biyodizel Ve Etanol Kullanımının Motor Performansına Ve Emisyonlara Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Öztürk M., 2004, Kullanılmış Bitkisel ve Hayvansal Yağlar, Çevre ve Orman Bakanlığı, www.cevreorman.gov.tr/belgeler/yaglar.pdf

PAKSOY, Özlem Uluğ; ‘‘Küresel Doğalgaz Pazarının önemli aktörleri Rusya, Türkmenistan ve İran’ın Enerji politikaları ve Türkiye’’, Ufuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2013, s.78

Parlaktuna, M. (2011). *Geleneksel Enerji Kaynakları*. Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Qi, D. H. Chen, H. Geng, L. M. Bian, Y. Z. H. Ren X. C. H. (2010). Performance and combustion characteristics of biodiesel–diesel–methanol blend fuelled engine, *Applied Energy*, 87(5): 1679–1686.

Rafiqul I. M. D. Subrahmanyam, J. P. Gajendra B. M. G. (1997) Computer Simulation Studies of an Alcohol-fueled, Low-heat-rejection, Direct- Injection Diesel Engine, *International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition*, SAE No: 972976.

Raşidova A., 2003. Vibe Fonksiyonu Kullanılarak Dizel Motorlarında Yanma Hızının Gürültü Emisyonuna Etkisinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sabancı, A., Yaşar, B., Öztürk, H. H., Ören, M. N., Atal, M., 2010, Türkiyede Biyodizel ve Biyoetonal Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Adana.

Sayın, C. (2010) Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends, *Fuel*, 89(11): 3410-3415.

Sayın, C. Murat, İ. Çanakçı, M. Gümüş, M. (2009) Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel–methanol blends, *Renewable Energy*, 34:1261–1269.

Shimada Y., Watanabe Y., Sugihara A., Tominaga Y., 2002, Enzymatic alcoholysis for biodiesel fuel production and application of the reaction to oil processing. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 17:133-142

Silva, R. Cataluña, R. Menezes, E. W. Samios, D. Piatnicki, C. M. S. (2005) Effect of additives on the antiknock properties and Reid vapor pressure of gasoline, *Fuel*, 84: 951–959.

Süzer S., 2004, Kanola tarımı ve Biomotorin üretimi, Trakya tarımsal araştırma Enstitüsü

Soruşbay C., 1999, İçten Yanmalı Motorlarda Egzoz Gazları Emisyonu Ders Notları, İTÜ Makina Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı

Şahin A.,2014, Hardal Yağından Elde Edilen Biyodizelin Motor Performansına Etkileri Ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü

Şahin S.,2013, Keten Yağı Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Motor Performansına Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Şener, B., Çakar A., 2008, Biodizel, Yıldız Teknik Üniversitesi OFM Fizik Öğretmenliği, Alan Eğitiminde Araştırma Projesi

Temurçin, K.,& Aliağaoğlu, A. (2003). Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 25-26.

Tillem İ., 2005, Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı, Pakukkale Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

TUBİTAK, Ulusal Enerji Ar-ge ve Yenilik Stratejisi Raporu, s23,2011

Türkcan, A. Çanakçı, M. Özsezen, A. Sayın, C. (2009) Bir dizel motorda yanma karakteristiklerinin incelenmesi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(1): 110.

Türkyılmaz, O. ve Özgiresun, C., 2012, Türkiye'nin Enerji Görünümü, Makine Mühendisleri Odası Raporu, Yayın No. MMO/588

Ulusoy Y., Tekin Y., 2005, Kullanılmış yağ metil esterinin Türkiye şartlarında dizel motorlu bir araçta kullanımı ve emisyon sonuçları, <http://www20.uludag.edu.tr/~yahyau/calismalar.htm>

U.S. DOE(Department of Energy), 2004, Biodiesel basics, biodiesel handling and use guidelines, DOE, DOE/GO-102004-1999, september 2004, s.4.

Uslu, K. (2006) Dizel motorlarında farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı+ethanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Usta, N. Can, Ö. Öztürk, E. (2005) Alternatif Dizel Motor Yakıtı Olarak Biyodizel Ve Etanolün Karşılaştırılması *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 11(3):325-334.

Utlu, Z. (2007). Evaluation of Biodiesel Fuel Obtained from Waste Cooking Oil. *Energy Sources Part A* 29:1295–1304.

Xiaoyan, S. Xiaobing, P. Yujing, M. Hong, H. Shijin, S. Jianxin, W. (2006) Emission reduction potential of using ethanol–biodiesel–diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine, *Atmospheric Environment*, 40(14): 2567–2574.

Vogel, C. 1999, "Coals Role in Electrical Power Generation: Will It Remain Competitive", Proceedings of the Technical Conference on Coal Utilization and Fuel Systems, Coal and Slurry Technology Association, p.13-24.

Yüksel, F. Yüksel, B. (2004) The use of ethanol–gasoline blend as a fuel in an SI engine, *Renewable Energy*, 29(7): 1181–1191.

Wec. (2013). *World Energy Resources*. London: World Energy Council.

Weiss, E.A., 2000, Safflower, In: Oilseed Crops, *Blackwell Sci. Ltd.*, Victoria, Australia, pp 93-129.

Zhang Y., 2003, Dube M.A., McLean D.D., Kates M., Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, 89:1-16

Zhu R., Cheung C.S., Zuohua Huang, Xibin Wang, 2011, Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with diesel fuel blended with diethyl adipate, *Atmospheric Environment*, 45, 2174-2181.

URL1 <http://100kasa.com/dunya-petrol-uretimi-ve-petrol-tuketimi/>

URL 2 <http://www.gemad.org.tr/makale.php?id=84>

URL 3 <http://www.dogalgazbilgisi.com>

URL 4 <http://www.bilgidoktoru.com/aspir-yagi-ile-zayiflama.html>

URL 5 <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1-Pentanol#section=Food-Additives-and-Ingredients>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Engin SÜMER
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : 06.12.1978
Telefon : 535 487 01 57
Faks :
e-mail : enginsumer@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı,	İlçe,	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Fatih Lisesi	Merkez	Batman	1995
Üniversite	: Batman Üniversitesi	Merkez	Batman	2014
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi	Merkez	Batman	2017
Doktora	: -			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2002	Batman Milli Eğitim Müdürlüğü	Öğretmen
2015	Batman Milli Eğitim Müdürlüğü	Mühendis

UZMANLIK ALANI

İlköğretim Matematik

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

-

YAYINLAR*

-