

**PAMUK YAĞI VE ATIK PAMUK YAĞI BİYODİZELİNİN
DİZEL MOTORLU BİR JENERATÖRDE
YAKIT OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Selçuk YAĞIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PAMUK YAĞI VE ATIK PAMUK YAĞI
BİYODİZELİNİN DİZEL MOTORLU BİR
JENERATÖRDE YAKIT OLARAK
KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI

HAZIRLAYAN
Selçuk YAĞIZ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA

AĞUSTOS-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Selçuk YAĞIZ tarafından hazırlanan "Pamuk yağı ve atık pamuk yağı biyodizelinin dizel motorlu bir jeneratörde yakıt olarak kullanım olanaklarının araştırılması" adlı tez çalışması 15/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri**Başkan**

Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA

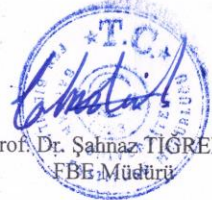
Üye

Doç. Dr. İlker SUGÖZÜ

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Şahnaz TIGREK
FBE Müdürü



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 materials and results that are not original to this work.

Selçuk YAĞIZ

15.08.2019

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
PAMUK YAĞI VE ATIK PAMUK YAĞI BİYODİZELİNİNDİZEL MOTORLU
BİR JENERATÖRDE YAKIT OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI
Selçuk YAĞIZ
Batman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA
2019, 54 sayfa

Jüri
Prof. Dr. Hüseyin AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA
Doç. Dr. İlker SUGÖZÜ

Günümüzde nüfusun artması ve dünya ekonomisinin büyümesine paralel olarak enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bununla beraber fosil yakıt kaynaklarının kısıtlı olması, fosil yakıt kaynaklarının çevre kirliliği üzerindeki olumsuz etkileri toplumları alternatif enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Biyodizelin düşük emisyon profili, doğada çözünebilirliği ve toksik olmaması gibi özelliklerinden dolayı alternatif yakıt olarak kullanılmasını oldukça cazip hale getirmektedir. Bu çalışmada fosil yakıtlara alternatif olarak; transestrifikasyon yöntemi ile pamuk yağı ve atık pamuk yağından bir alkolün, katalizör eşliğinde reaksiyona girerek yağ asidi alkol esterleri ve gliserin oluşturmasıyla elde edilen biyodizelin dizel yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak motor üzerinde yanma, performans ve egzoz emisyonlarının değişimi karşılaştırılmıştır. Alternatif yakıt deneylerinde motor referans dizel yakıt ile test edilip elde edilen performans değerleri motorun alternatif yakıt olarak kullanılacak biyodizel karışımı yakıtlar ile her bir yakıt karışımı için yapılan deney sonuçları dizel yakıt referans değerleri ile karşılaştırılıp grafikler oluşturulmuştur. Sonuç olarak elde edilen biyodizelin motorlarda tek kullanılması motor üzerinde çeşitli sorunlar yaratabileceğinden dizel yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, pamuk yağı, transestrifikasyon, katalizör, dizel motor, alternatif yakıt.

ABSTRACT
MS THESIS
INVESTIGATION OF THE USE OF COTTON OIL AND WASTE COTTON
OIL BIODIESEL AS A FUEL IN A DIESEL ENGINE GENERATOR
Selçuk YAĞIZ
THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AUTOMOTIVE ENGINEERING
Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA
2019, 54 Pages

Jury
Prof. Dr. Hüseyin AYDIN
Asst. Prof. Dr. Hakan KARAKAYA
Assoc. Prof. Dr. İlker SUGÖZÜ

Today, in parallel with the increase in the population and the growth of the world economy, the need for energy is increasing day by day. However, the limited fossil fuel resources and the negative effects of fossil fuel resources on environmental pollution led societies to search for alternative energy sources. The low emission profile of biodiesel makes it very attractive to use as an alternative fuel due to its properties such as its solubility in nature and its non-toxic properties. In this study, as an alternative to fossil fuels; Biodiesel obtained by reacting an alcohol from cottonseed and waste cottonseed oil in the presence of catalyst and fatty acid alcohol esters and glycerin by using transesterification method, the combustion, performance and exhaust emission changes on the engine were compared. In alternative fuel experiments, the engine was tested with reference diesel fuel and the performance values obtained were compared with the diesel fuel reference values and the results of the experiments were compared with the diesel fuel reference values. As a result, it is concluded that the use of biodiesel in engines can be used by mixing diesel fuel in certain proportions since it may cause various problems on the engine.

Keywords: Biodiesel, cotton oil, transestrification, catalyst, diesel engine, alternative fuel.

ÖNSÖZ

Fosil kökenli yakıtların neden olduğu ekonomik, sosyal ve en önemlisi çevresel sorunlar dünyanın ortak problemleri arasında yer almaktadır. Gelecek nesillere temiz bir çevre bırakmak adına alternatif yakıtlardan biri olan biyodizelin düşük emisyon değerleri biyodizeli alternatif yakıt olarak kullanılmasında öne çıkarmaktadır. Bu çalışmada ham pamuk yağı ve atık pamuk yağlarından elde edilen biyodizelin dizel yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak motorlarda performans, yanma ve emisyon değerleri dizel yakıt ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmamın her aşamasında değerli katkılarından dolayı başta tez hocam Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA ve Prof. Dr. Hüseyin AYDIN'a teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında her türlü maddi manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve eşime teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Selçuk YAĞIZ

BATMAN – 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGE LİSTESİ.....	xi
KISALTIMA LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Biyodizel.....	4
Biyodizelin Özellikleri.....	4
1.1.1.1. Yoğunluk	4
1.1.1.2. Parlama noktası.....	5
1.1.1.3. Kinematik viskozite	5
1.1.1.4. Akma noktası	5
1.1.1.5. Setan sayısı	5
1.1.1.6. Isıl değer	5
1.1.1.7. Karbon artığı.....	5
1.1.1.8. Kükürt içeriği.....	6
1.1.1.9. Su ve tortu miktarı	6
1.1.2. Biyodizel Kaynakları	6
1.1.2.1.Bitkisel yağlar	6
1.1.2.2.Hayvansal yağlar.....	8
1.1.2.3.Atık yağlar	9
1.1.3. Biyodizel Üretim Yönetimi	9
1.1.3.1. Transesterifikasyon yöntemi.....	9
1.1.3.1.1. Metanol transesterifikasyonu.....	11
1.1.3.1.2. Atık yağlardan biyodizel üretimi	12
1.2. Dizel Motorlarda Yanma	13
1.2.1. Tutuşma gecikmesi	14
1.2.2. Kontrolsüz yanma (hızlı yanma).....	14
1.2.3. Kontrollü yanma	14
1.2.4. Gecikmiş yanma	15
1.3. Dizel Motorlarında Kullanılan Alternatif Yakıtlar	15
1.3.1. Hidrojen	16

1.3.2. Doğal gaz	16
1.3.3. Sıvılaştırılmış petrol gazı	16
1.3.4. Biyogaz	16
1.3.5. Biyodizel	17
1.3.6. Alkoller	17
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	18
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Deneysel Materyaller	23
3.1.1 Deney Motoru	23
3.1.2. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı	24
3.1.3. Hassas Terazî	25
3.1.4. Termometre	25
3.1.5. Metil alkol	26
3.1.6. Katalizör	27
3.2. Pamuk Yağı ve Biyodizel Eldesi	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	32
4.1. Yanma Deneyleri	32
4.1.1. Silindir basıncı	32
4.1.2 Isı salınım hızı	34
4.1.3. Toplam ısı salınımı	36
4.1.4. Ortalama gaz sıcaklığı	38
4.1.5. Kütleli yanma oranı (weibe)	41
4.2. Performans Sonuçları	43
4.2.1. Kütleli yakıt tüketiminin değerlendirilmesi	43
4.2.2. Özgül yakıt tüketiminin değerlendirilmesi	44
4.2.3. Termal verim değerlendirilmesi	45
4.2.4. Egzoz sıcaklığı değerlendirilmesi	45
4.3. Emisyon Sonuçları	46
4.3.1. Karbonmonoksit (CO) emisyon değerleri	46
4.3.2. Karbondioksit (CO ₂) emisyonlarının değerleri	46
4.3.3. Hidrokarbon (HC) emisyonlarının değerleri	47
4.3.4. Azotoksit (NO _x) emisyonlarının değerleri	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
6. KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Biyodizel üretiminde kullanılan hammadde kaynaklarının dağılımı.....	8
Şekil 1.2. Transesterifikasyon işleminin genel şeması.....	10
Şekil 1.3. Trigliseritlerin alkol ile transesterifikasyonu	11
Şekil 1.4. Metanol transesterifikasyonu şeması.....	12
Şekil 1.5. Sabun Oluşum Reaksiyonu	13
Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan motor.....	23
Şekil 3.2. Egzoz emisyon ölçüm cihazı	24
Şekil 3.3. Deneyde kullanılan hassas terazi	25
Şekil 3.4. Termometre.....	26
Şekil 3.5. Metil Alkol.....	27
Şekil 3.6. Potasyum Hidroksit.....	27
Şekil 3.7. Biyodizel üretim aşaması	28
Şekil 3.8. Biyodizelin manyetik karıştırıcı ile karıştırılması.....	28
Şekil 3.9. Biyodizelin ısıtılması	29
Şekil 3.10. Biyodizelde iki faz oluşumu	30
Şekil 3.11. Biyodizelin ayrıştırılması.....	30
Şekil 3.12. Elde edilen biyodizel.....	31
Şekil 4.1. Test yakıtlarının motor yüklerine göre basınç eğrileri.....	33
Şekil 4.2. Deney yakıtlarının motor yükü değişimine göre ısı salınım değerleri.....	36
Şekil 4.3. Test yakıtları için ısı salınım hızının krank açısına göre değişimi.....	38
Şekil 4.4. Test yakıtları için ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin krank açısına göre değişimi.....	40
Şekil 4.5. Test yakıtlarının krank mili açısına göre yakıt miktarının değişimi	43
Şekil 4.6. Kütleli yakıt tüketimi değerleri.....	44
Şekil 4.7. Özgül yakıt tüketimi	44
Şekil 4.8. Termal verim değerlendirmesi	45
Şekil 4.9. Egzoz gazı sıcaklığı değerlendirmesi.....	45
Şekil 4.10. Karbonmonoksit emisyon değerleri	46
Şekil 4.11. Karbondioksit emisyon değerleri	47
Şekil 4.12. Hidrokarbon emisyon değerleri	47
Şekil 4.13. Azotoksit emisyon değerleri	48

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1. Bazı bitkisel yağ asitlerinin bileşimleri.....	6
Çizelge 1.2. Bitkisel yağlar ve dizelin yakıt özellikleri.....	7
Çizelge 1.3. Pamuk çekirdeği yağının bazı karakteristik özellikleri	8
Çizelge 1.4. Dizel motorlarda yanma diyagramı.....	14
Çizelge 3.1. Deneyde kullanılan motorun teknik özellikleri.....	24
Çizelge 3.2. Emisyon ölçüm aralıkları	25
Çizelge 3.3. Sıcaklık ölçüm cihazı teknik özellikler	26

SİMGE LİSTESİ

NO	:Azotoksit
C ₄ H ₉ OH	:Bütanol
d/d	:Dakikadaki Devir Sayısı
°C	: Derece Santigrad
CH ₃ OH	:Etanol
HC	:Hidrokarbon
CO	:Karbon
CO ₂	:Karbondioksit
kW	:Kilowatt
CH ₄	:Metan
CH ₄ OH	:Metanol
m	:Metre
PYME	:Pamuk Yağı Metil Esteri
PM	:Partikül Madde
LPG	:Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
NaOH	:Sodyum Hidroksit

KISALTMA LİSTESİ

B10	: %10 Biyodizel + %90 Dizel
B30	: %30 Biyodizel + %70 Dizel
Atık B10	: %10 Biyodizel + %90 Dizel
Atık B30	: %30 Biyodizel + %70 Dizel
R, R1, R2, R3	: Alkil Grupları
AÖN	: Alt Ölü Nokta
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde, önemli öğelerden biri olan enerjiye gün geçtikçe talep artması, bu duruma karşın dünyadaki enerji kaynaklarının sınırlı olması ve sürekli azalan yönde grafik göstermesi ülkeleri belirlenen enerji politikalarının tekrar gözden geçirilmesine itmiştir. Nüfusun artması, ekonomik kalkınma ve ideal yaşam standartlarına ulaşılma isteği enerji tüketimini arttırıcı yöndeki bazı etmenlerdir (Utlı, 2005). Dünyada tükenbilir enerji kaynaklarının sınırsızca kullanımı, sonuç olarak doğada kalıcı tahribatlara yol açması ve artan enerji fiyatları araştırmacıları; yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Enerji talebinin karşılanmasında fosil kökenli rezervlere eğilimin artması çevresel sorunların artmasında ciddi bir boyut kazanmakta, fosil yakıtlar zararlı gazlar çevreyi kirletmekte, CO₂, NO_x salınımları sera etkisi yaparak iklim üzerinde geri dönülemez sonuçlar doğurarak dünyanın doğal dengesini bozmaktadır. Küresel iklim değişiklikleri ile birlikte tüm canlı yaşamının sürmesi tehlikeye girmiştir (Cangı, 2007). Yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak dünyada fosil yakıt mevcut rezervlerinin kullanım süreleri petrolde, ortalama 41 yıl, doğal gazda 63 yıl, kömürde ise 218 yıl ömürlerinin olduğu düşünülüyor. (Johansson ve McCarthy 1999; Kesse, 2000; Goldemberg et. al., 2001). Petrol ve kökenli ürünler hayatımızın birçok alanında kullanılmakla beraber, daha çok ulaşım sektöründe önemli bir yer edinmiştir. (Ulusoy ve Alibaş, 2002). Dizel motorlarında yakıtın türüne bağlı olarak egzoz emisyonlarında, bazı zararlı partiküllerde oluşmaktadır. Egzoz gazlarındaki bu zararlı partikülleri azaltmak için motor üretiminde tasarım ve üretim sırasında yanma öncesi, yanma anı ve yanma sonrasında olmak üzere farklı önlemler alınmaktadır. Bu önlemlerin dışında, farklı yakıtlar kullanarak da bu zararlı ürünlerin azaltılması yoluna gidilebilir. Fosil kökenli yakıtların sonlu olmasından dolayı, dizel motorlarında bitkisel yağ ile alternatif yakıt üretme çalışmaları devam etmektedir (Sapuan et.al., 1996; İlkılıç ve Yücesu, 2002)., Biyodizelin, dizel motorları için bitkisel veya hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen alternatif bir yakıt olduğunu, dizel motorlarında biyodizel kullanımının hem ekonomik hem de çevresel bakımdan büyük yararlar sağlayacağını düşünülmemektedir. (Alptekin ve Çanakçı (2008). Biyodizel dizel yakıtı eş değer bir yakıttır. Doğrudan veya dizel ile belli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Bu konuda özellikle, tarımsal potansiyeli yüksek olan ülkelerde bitkisel yağlar ön plana çıkmaktadır.

Biyodizel; kolza (kanola), pamuk yağı, palmye, ayçiçek, soya, aspir, mısır gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların, evsel kızartma yağlarının veya hayvansal yağların bir alkali, asidik veya enzimatik katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol ve ya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan ve ester olarak adlandırılan bir üründür (Agarwal, 2006). Ayrıca bitkisel yağların kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi, ekonomik etkinin yanı sıra olumlu çevresel etkilerle birlikte sürdürülebilir kalkınmayı da destekleyecektir. Bitkisel yağların kaynağını oluşturan bitkilerin sürekli yetiştirilmeleri, yenilenebilir olmaları, enerji miktarlarının dizel yakıtına yakın olması ve egzoz emisyonlarının kısmen düşük olması, bitkisel yağların dizel motorlarda alternatif bir yakıt olarak kullanılmasına zemin hazırlamıştır (Agarwal, 2007; Knothe 2001). Bitkisel yağlardan elde edilecek yakıtın dizel yakıtın yerini alma fikri sektöre yön veren ülkelerin izlediği politikalar doğrultusunda petrol kökenli yakıtların uzun yıllar boyunca ucuz ve bol miktarda bulunur olması. Bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklı alternatif motor yakıtlarının petrol ürünlerine göre pahalı olmaları, petrol ile rekabet gücünü azaltmış, motorların petrol ürünleriyle çalışacak şekilde gelişmesini sağlayarak bitkisel kaynaklardan elde edilecek alternatif yakıtların kullanılmasını arka plana itmiştir. Yapılan çalışmalar bitkisel yağların yakıt özelliklerinde ve motor yapısında yapılacak küçük değişikliklerle dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilmesini göstermiştir (Gubler 2006). Bazı ülkelerde hammadde olarak kullanılan yağları şöyle sıralayabiliriz; ABD hammadde olarak öncelikle soya yağını, ikinci olarak da hayvansal yağları tercih etmektedir (Milford et al., 2008). Amerika soya yağını tercih etmesine karşın dünya bakış açısı farklıdır. Güneydoğu Asya ülkeleri palm yağını, Hindistan jathropayı, Avrupa kanolayı ve ayçiçeğini tercih etmektedir. Türkiye’de halen belirgin bir tercih ortaya konulmamıştır. (Agarwal, 2007). Gerekli önlemler alınmaz, politikalar oluşturulmazsa Türkiye bu direktif gereği kullanacağı biyodizeli de ithal etmek zorunda kalacaktır. Avusturya, Fransa, Almanya, İtalya, Polonya, İrlanda, Slovenya, İsveç Norveç, Çek Cumhuriyeti gibi ülkelerde biyodizel, vergiden muaf tutularak teşvik edilmektedir. Türkiye gibi fosil yakıt gereksiniminin büyük bir kısmını yurtdışından karşılayan ülkeler için enerji temini sorun haline gelebilmektedir. Bundan ötürü ileriye doğru ve ekonomik gelişme açısından günün teknolojisi kullanılarak, milli ve yerli olan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıma sunulması yararlı olabilir.

Enerji politikalarında göz önüne alınması gereken temel unsur; teknolojik ve sosyal gelişmeyi destekleyecek, refahı arttıracak şekilde enerji ihtiyacını karşılamak üzere mümkün olduğu kadar dışa bağımlı olmayan, ulusal, güvenilir, sürekli, kaliteli temiz ve ekonomik enerji kaynaklarına yönelmektir. (Karaosmanoğlu,2002). Türkiye'nin petrol ihtiyacının yaklaşık % 85'nin dış kaynaklara bağımlı olması ve petrol fiyatlarının son on yıl önceye oranla yaklaşık sekiz kat artması, sanayileşmekte olan ülkenin ekonomik gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Fosil yakıtların sebep olduğu dünyadaki çevre felaketlerinin artması, global ısınma ve petrolün tükenecek olması yenilenebilir enerji kaynaklarına olan gereksinimi arttırarak bilim adamlarını araştırmalara yöneltmektedir (Marchetti et.al., 2005). Türkiye'de yüksek üretim potansiyeli bulunan bitkisel yağlar, ulusal kaynaklar kullanılarak üretilebilecek ve yakıt olarak kullanılacak durumdadır. Bu yüzden biyodizel, Türkiye'nin enerji, çevre, işsizlik, istihdam ve dışa bağımlılık sorunlarına yardımcı olabilecek potansiyele sahip bir yakıt olarak görülmektedir. Tarım ülkesi Türkiye'nin yanlış tarım ve fiyat politikaları sonucu tarım toprakları verimsizleşmekte ve üretim dışı kalmaktadır (Karaosmanoğlu, 2004). Türkiye'nin 2007 yılı dizel yakıt tüketiminin yaklaşık 15 milyon ton olduğu düşünülürse biyodizelin ne kadar önem arz ettiği açıkça görülecektir. Bir zamanlar enerji darboğazında olan Brezilya, uyguladığı doğru tarım politika ve stratejileriyle, bugün dünyanın en büyük "biyoetanol" üreticisi durumuna gelmiştir. AB ülkeleri ve dünyadaki birçok ülke, yenilenebilir kaynakları üretip ve kullanma konusunda, gelecek nesillere temiz bir çevre bırakmak adına çeşitli uluslararası antlaşmaları kabul etmiş ve verimli ulusal enerji politikalarını ve düzenlemelerini oluşturmuşlardır. Bu gerçekler ışığında Türkiye, doğru politika ve bilimsel çalışmalarla gelecekte hem kendi ihtiyacını karşılayıp dışa ve fosil yakıt bağımlılıktan kurtulabilecek hem de ucuz iş gücü ile Avrupa'nın biyodizel ihtiyacını karşılayarak, tarım arazilerini verimli hale getirip bitkisel yağ açığını kapatabilecek ve ek istihdam sağlayabilecektir. Bu çalışmada; dizel yakıtına alternatif yakıt olarak, ulusal, stratejik, çevre açısından öneme sahip yenilenebilir bir enerji kaynağı olan, bitkisel yağların esterleştirilmesi ile elde edilen biyodizelin, üretim ve kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmaktadır. Pamuk üretiminde Türkiye'nin dünyada ilk sekiz ülkesi içerisinde (Hepbaşlı vd., 2007). Pamuk yağında yapılan incelemeler doğrultusunda, pamuk çekirdeğinin % 17 ile % 25 arasında yağ asiti içerdiğini, % 20 palmatik, % 5 miristik ve stearik, % 45 ile % 50 linoleik ve % 25 ile % 30 oleik asit içerdiğini belirtmektedirler Karaosmanoğlu vd., (1999).

Ege Bölgesi'nin pamuk üretimi açısından önemli bir bölge olması, Türkiye'de biyodizel standartı olarak kabul edilen TSE EN 14 214 standardının sadece kanola yağı metil esterini kapsamaması ve diğer özellikle yerel bitkisel yağ kaynakların araştırılması gerekliliği nedenleriyle, bitkisel yağ olarak pamuk yağı tercih edilmiştir. Bu şekilde üretim miktarı yüksek ve özellikle bölge için önemli bir potansiyele sahip pamuk yağının, standartlara uygun bir şekilde metil estere dönüştürülüp dönüştürülemeyeceğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Türkiye'de tarım sektöründe, üretim harcamaları içerisinde en büyük paya enerji girdisinin sahip olduğu bir gerçektir. Bu noktada çiftçinin kendi yakıtını standartlara uygun bir şekilde üretebilmesi önem kazanmaktadır ki bu çalışmada da kırsal kesime yönelik pilot ölçekli bir biyodizel üretim sisteminin tasarımı, imalatı ve uygulamaya aktarılması gerçekleştirilmiştir. Günümüzde fosil kaynaklı yakıtlara eğilim oldukça artmıştır. Fosil yakıtların çevreye yaydığı zararlı emisyonların ve sınırlı olması alternatif çözümlere itmiştir. Ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarını ve bu alanda geliştirilecek teknolojilere yönelmişlerdir. Ulaşım sektöründe kullanılan yakıtlarda birinci sırayı dizel yakıtı almaktadır ve her geçen yıl dizel yakıtın kullanım oranı artmaktadır. Dizel yakıtların çevreye yaydığı CO,CO₂,NO_x emisyonlarının çevreye zararlarının azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır (Körbitz 1999).

1.1. Biyodizel

Bitkisel yağların, petrol kökenli yakıtlara alternatif olarak ortaya çıkması, motorlarda ekstra bir katı maddesi olmadan kullanılması yönünde olmuştur. Ancak, bitkisel yağların doğrudan dizel motorlarda kullanımı biyodizelin getirdiği bazı avantajları sağlasa da viskozite, uçuculuk, enjektörlerin tıkanması gibi bazı sorunlar meydana getirmiştir. Bitkisel yağların viskoziteleri oldukça yüksek olup, dizel yakıtının viskozitesinin 10-20 katı mertebelerinde olabilmektedir. Yüksek viskozite de yakıtın püskürtülmesinde oldukça olumsuzluklara sebep olmaktadır (Demirbas 2003).

Biyodizelin Özellikleri

1.1.1.1. Yoğunluk

Biyodizelin yoğunluğunun dizel yakıtı göre daha fazla olması tutuşmanın daha geç olacağından dezavantajdır. İşlem basamaklarından sonra yoğunluğun yüksek değerde seyretmesi gliserinin tamamen uzaklaştırılmadığının göstergesidir.

Biyodizelin dizel yakıtta oranla daha düşük ısısal değere sahiptir. Düşük ısısal değer sonucu, motor gücü ve torkunda düşüş olmaktadır.

1.1.1.2. Parlama noktası

Biyodizel dizel yakıtta göre daha yüksek alevlenme noktasına sahiptir ve bu durum, biyodizeli kullanım, taşınım ve depolamada daha güvenli bir yakıt olarak kullanımında cazip duruma getirmiştir.

1.1.1.3. Kinematik viskozite

Viskozitenin yüksek olması enjektörlerde tıkanmalara ve püskürtmenin zayıf kalmasına ve silindir içerisinde arızalara sebep olabilmektedir.

1.1.1.4. Akma noktası

Akma noktası motorun düşük sıcaklıklarda çalışması için önemlidir. Biyodizel yapımında kullanılan yağlar yüksek oranda doymuş yağ asitleri barındırdığından kristalize olurlar.

1.1.1.5. Setan sayısı

Dizel yakıtlarında en önemli özellik setan sayısıdır. Setan sayısı yakıtın dizel motorunda sıkıştırma sonucunda ısınan havanın içerisinde kendi kendine tutuşma özelliğini belirleyen bir sayıdır (Vural, 2009).

1.1.1.6. Isıl değer

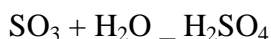
Yanma sonucu ortaya çıkan ürünlerin, yanma öncesi referans bir sıcaklığa göre toplam entalpilerinin yakıt kütlelerine bölünmesiyle elde edilen değere yakıtın ısısal değeri denir. Dizel motorlar için yanma değeri geniş bir ısıtma değerini kabul etse de kg başına ısı enerjisi yüksektir (Özer, 2010).

1.1.1.7. Karbon artığı

Eksik yanma kaynaklı yakıtın havasız bir ortamda ısıtılması sonucunda arta kalan karbon miktarına verilen isimdir. Bu da enjektör memelerinin karbon bağlamasına ve meme deliklerinin tıkanmasına neden olur.

1.1.1.8. Kükürt içeriği

Yakıtın en önemli özelliklerinden biriside içindeki kükürt miktarıdır. Ham petrolün damıtılması anında dizel yakıt içine karışan kükürt, yanma zamanında oksijenle birleşerek kükürt dioksit (SO₂) veya biraz daha oksijen bulmak sureti ile kükürttrioksit (SO₃) oluşturur. Bu gazlardan SO₂ pek tehlikeli değilse de SO₃ gazı yanma artıklarından olan su buharı (H₂O) ile birleşerek sülfürik asit (H₂SO₄) oluşur.



1.1.1.9. Su ve tortu miktarı

Yakıt içerisinde bulunan su ve kalıntılar yakıt pompası ve enjektörlerde aşınma ve korozyona yol açar.

1.1.2. Biyodizel Kaynakları

1.1.2.1. Bitkisel yağlar

Bitkisel yağlar serbest yağ asitleri, fosfolipitler, steroller, su ve benzeri safsızlıkları ihtiva ederler. Yüksek viskozite, asit içeriği ve serbest yağ asidi bileşimi sebebiyle motorda doğrudan yakıt olarak kullanılmaları sorun teşkil etmektedir. Çizelge 1.1' de bitkisel yağ asitlerinin bileşimleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. Bazı bitkisel yağ asitlerinin bileşimleri (Ma ve Anna, 1999).

Bitkisel Yağlar	% Kütlece yağ asidi bileşimi							
	16:1	18:0	20:0	24:0	18:1	22:1	18:2	18:3
Mısır	11,95	1,85	0,24	0,00	25,16	0,00	60,60	0,48
Pamuk	28,33	0,89	0,00	0,00	13,27	0,00	57,51	0,00
Yer fıstığı	11,38	2,39	1,32	1,23	48,28	0,00	31,95	0,93
Kanola	3,49	0,85	0,00	0,00	64,4	0,00	22,30	8,23
Soya	11,75	3,15	0,00	0,00	23,26	0,00	55,53	6,31
Ayçiçeği	6,08	326	0,00	0,00	16,93	0,00	73,73	0,00

Bitkisel yağların viskozitelerinin yüksek olmasından ötürü dizel motorlarda direkt olarak kullanılması başta gelen sorunlardandır. Viskozitenin yüksek olması yakıtın pompadan basılmasında ve enjektörden püskürtülmesinde problem oluşturmakta, enjeksiyon sırasında küçük zerreçiklere ayrılıp bozulmasına ve yanmanın kötüleşmesine neden olmaktadır. Bitkisel yağlar ile dizelin yakıt özellikleri Çizelge 1.2' de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Bitkisel yağlar ve dizelin yakıt özellikleri (Srivasta ve Prasad, 2000).

Bitkisel Yağlar	Kinematik viskozite (mm ² /s)	Setan sayısı	Bulutlanma noktası (°C)	Akma noktası (°C)	Parlama noktası (°C)	Özkütle (kg/l)	Isıl değer (MJ/kg)
Mısır	34,9	37,6	-1,1	-40	277	0,9095	39,5
Soya	32,6	37,9	-3,9	-12,2	254	0,9138	32,6
Babassu	30,3	38,0	20	-	150	0,9460	30,3
Palm	39,6	42,0	31,0	-	267	0,9180	33,5
Ayçiçeği	33,9	37,1	7,2	-15	274	0,9161	37,1
Kanola	37,0	37,6	-3,9	-31,7	246	0,9115	39,7
Pamuk	33,5	41,8	1,7	-15	234	0,9148	39,5
Dizel	2,9	50,8	-15	-33	55	0,8600	42,5

Biyodizel üretiminde kullanılan başlıca bitkisel yağları şöyle sıralayabiliriz:

Ayçiçeği yağı: ayçiçeği bitkisinin tohumlarından presleme, özütleme gibi aşamalardan geçirilerek rafinasyona tabi tutularak elde edilen, berrak, sıvı haldeki yağdır. Doymamış hidrokarbon oranı (linoleik asit) yüksektir. Oksidasyon kararlılığı düşük olan ayçiçek yağının kararlılığı artırıcı katkıları kullanılır.

Soya yağı: Glycine max türlerinin tohumlarından elde edilir. Soya tarımı Amerika'da çok yaygındır. Brezilya ve Arjantin'de de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de de tarımı yapılabilmektedir. Soyada yağ oranı % 17-26 arasındadır. Soya yağının toplam doymuş yağ asidi içeriği ise %9-20 arasında değişmektedir.

Palm yağı: Dünyada yağ verimi en yüksek bitkidir. Yağ oranı % 40-50 arasında değişmektedir. Çok miktarda orta uzunlukta doymuş hidrokarbon (palmitik asit) ve mono doymamış (oleik asit) hidrokarbon içermektedir. Serbest asit miktarı yüksektir.

Aspir yağı: Aspir bitkisi ülkemizin her yerinde yetişebilecek dikenli bir bitkidir. Yağ oranı % 26-35 arasında değişmektedir. Yüksek oleik asit içeren aspir ülkemizde biyodizel hammaddesi olabilecek bir bitkidir. Ayçiçeği, kanola ve aspir ülkemizde potansiyel olarak fazla ve biyodizel hammaddesi olarak kullanılacak bitkisel yağlardır.

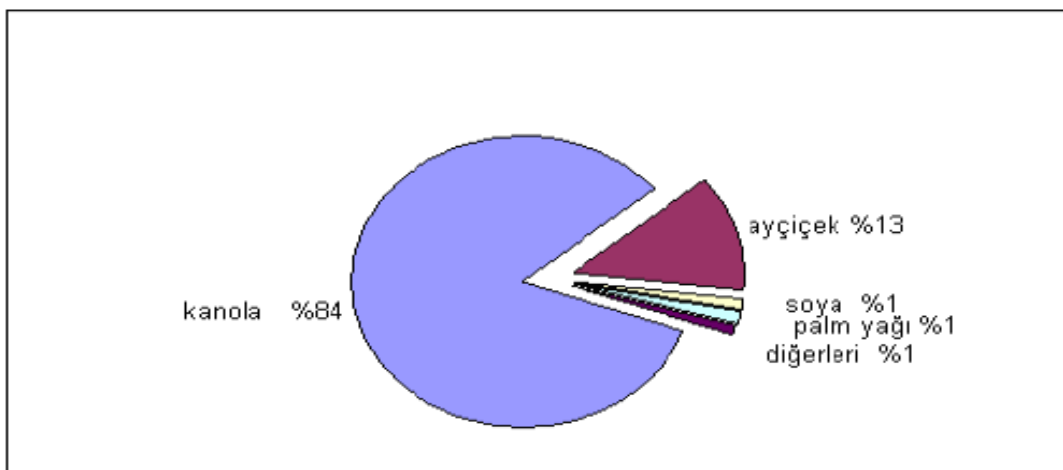
Kanola yağı: Kanola, ayçiçeği, soya, pamuk ve yer fıstığı gibi yağlı tohumlu bitkiler arasında yetiştirilme açısından önemli yer tutmaktadır. Kolzada erusik asit ve glukosinolat içermeyen çeşitler araştırmalar sonucu geliştirilmiştir. Kanola, Amerika, Kanada ve Avrupa'da yoğun olarak tarımı yapılan, ülkemizde çok rahat yetişebilecek nitelikte bir yağ bitkisidir. Dünya biyodizel üretiminin % 84 gibi önemli bir kısmı kanoladan karşılanmaktadır. Yağ oranı % 42 olan bu yağ bitkisinin son yıllarda ülkemizde de tarımı yapılmakta ve kanola yağı marketlerde satılmaktadır.

Pamuk yağı: Pamuk; tohumlarından elde edilen, kendine özgü belirgin karakteristik özellikler barındıran pamuk yağı % 15-24 oranında yağ içermektedir. Pamuk yağının bazı karakteristik özellikleri Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Pamuk çekirdeği yağının bazı karakteristik özellikleri (Swern, 1982)

Analizler	Değerler
Özgül ağırlık	20°C’ de 0,9147 – 0,9320
Kırılma indeksi	25°C’de 1,4636 – 1,4698
Lovibond sarı renk değeri	(5 ¼’’) 30 - 35
Lovibond kırmızı renk değeri	(5 ¼’’) 4,0 – 10,7
İyot sayısı	99-113
Sabunlaşma sayısı	189 – 198
Sabunlaşmayan madde miktarı	%0,5 – 1,5

Biyodizel üretilecek yağlı tohumlar preslenirken soğuk sıkım tercih edilmelidir. Pres işleminde yağ ve küspe elde edilir. Pamuk yağının biyodizel kalitesi ortadır. Donma noktası + 5’lerde olduğu için kışın kullanılmaz. Yakıt tüketimin yoğun olduğu yaz aylarında ve sahillerde kullanılması tercih edilir. Biyodizel üretiminde kullanılan hammadde kaynaklarının dağılımı Şekil 1.1’ de görülmektedir. Hammadde olarak en başta kanola yağı sonrasında ayçiçek yağı takip etmektedir. Biyodizel üretiminde en önemli sorun hammaddenin bir döngü şeklinde sürekli temin edilememesidir (Karaosmanoğlu, 2010).



Şekil 1.1. Biyodizel üretiminde kullanılan hammadde kaynaklarının dağılımı (Karaosmanoğlu, 2010)

1.1.2.2. Hayvansal yağlar

Kesimhanelerden çıkan hayvansal iç yağlar, kuyruk yağları ve kemikten elde edilen yağlardan biyodizel elde edilebilir.

Bu yağlar asit ile sıvılaştırıldıktan sonra gliserin ayırma işlemine geçilir. Ayrıca balık yağı üzerinde de çalışmalar yapılmıştır. Hayvansal yağlar doymuş yağ asidi profiline eğilim gösterirler. Doymuş yağ asidi nedeniyle enerji içerikleri ve setan sayıları yüksektir. Soğuk akış özellikleri iyi değildir ve düşük oksidasyon kararlılığı gösterirler. Balık yağlarının ise doymamışlık oranı ve iyot sayıları yüksektir. Oksidasyon kararlılıkları iyi değildir. Kokuları ağırdır. Esterleşmeden önce asitle zenginleştirme yapılmalıdır (Tashtoush et al., 2004).

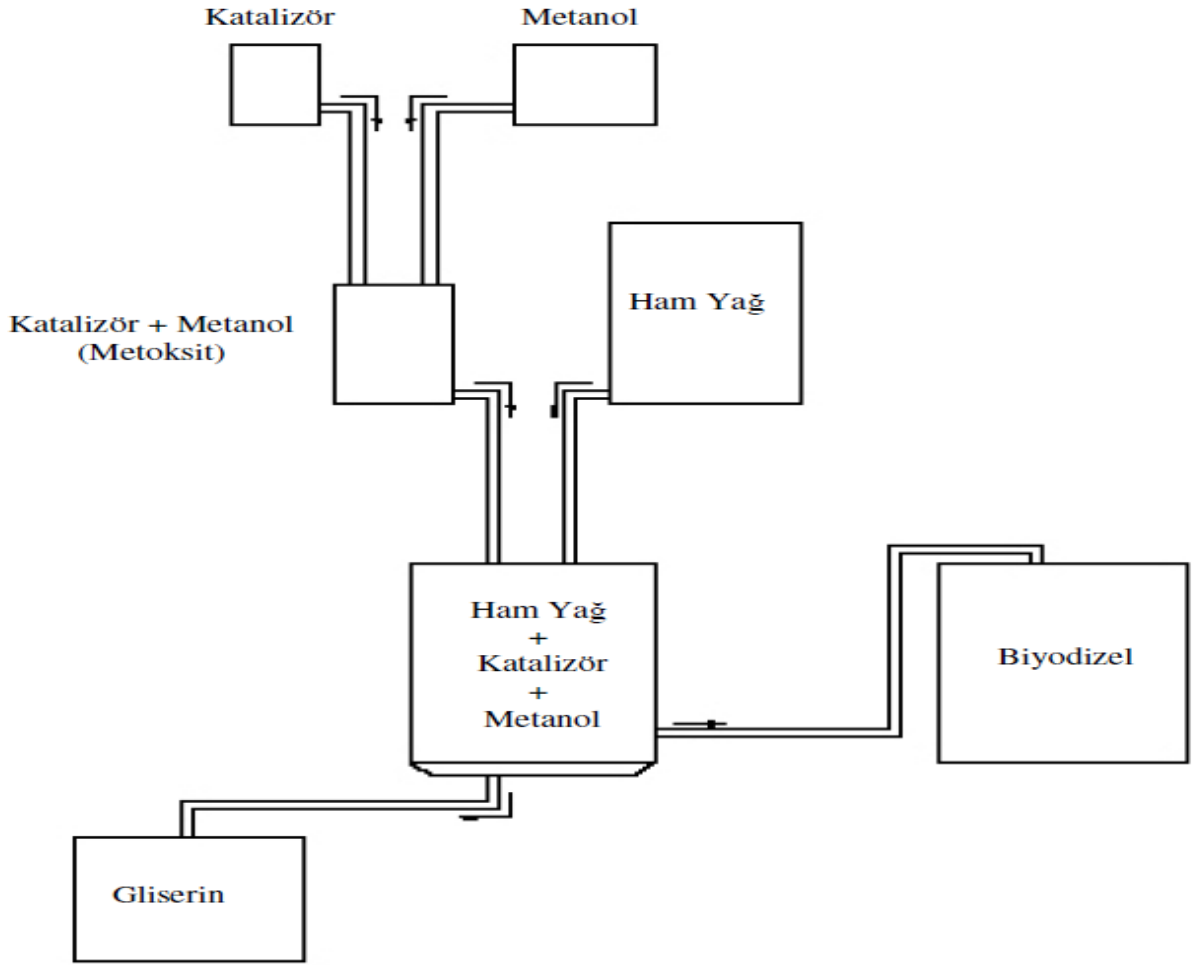
1.1.2.3. Atık yağlar

Kullanılmış kızartma yağları ve atık su geri kazanım tesislerinden elde edilen yağlardan biyodizel üretilmektedir. Bu yağlarda safsızlık oranı ve serbest yağ asidi içeriği ile su miktarı yüksektir. Oksidasyon (kısmi bozulma) düşüktür ve doymuş yağ asidi profiline eğilim gösterirler. Atık yağlardan üretilen biyodizelin viskozitesi ile karbon kalıntısı yüksektir ve ayrıca soğukta akış özellikleri de iyi değildir.

1.1.3. Biyodizel Üretim Yönetimi

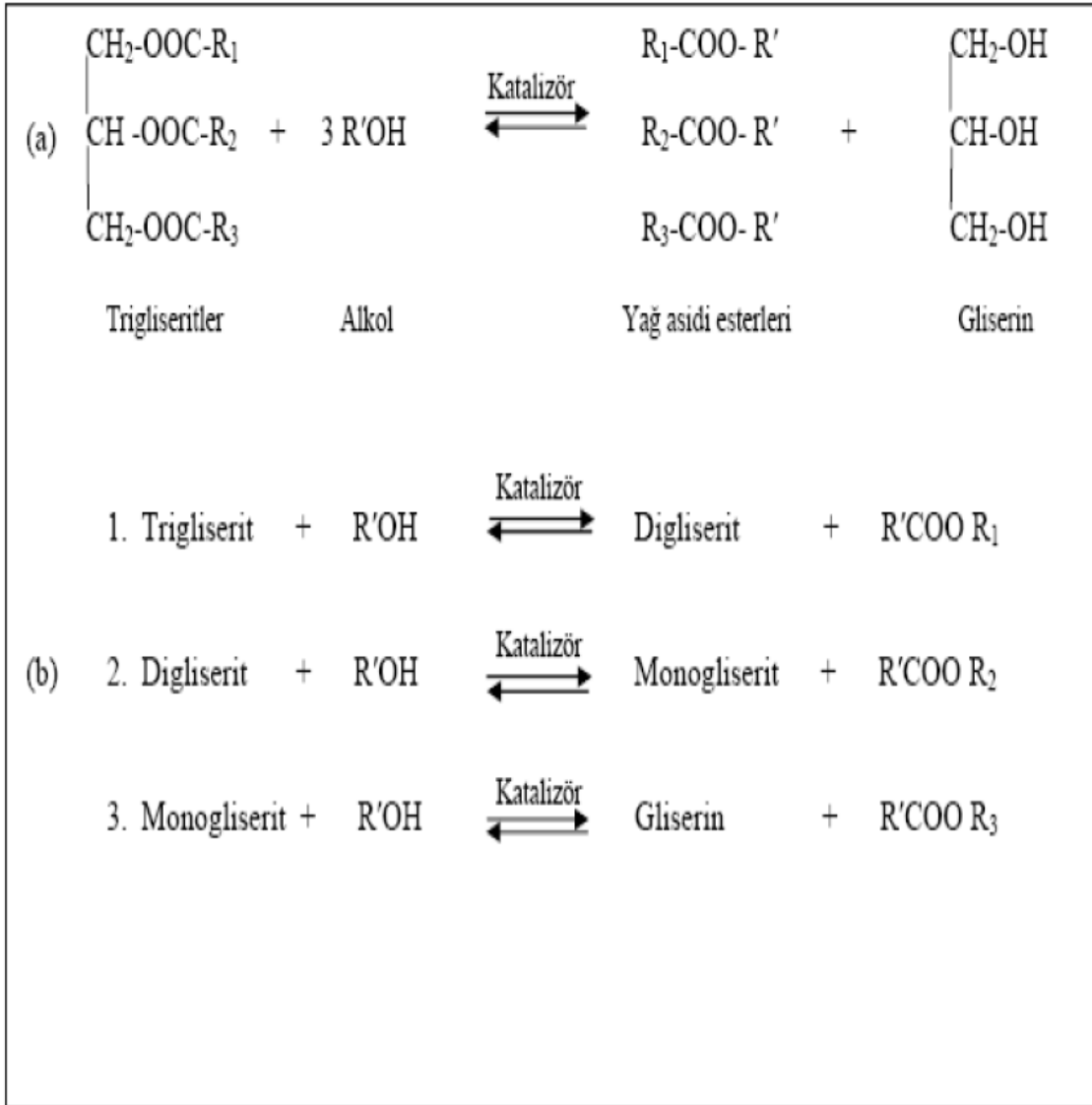
1.1.3.1. Transesterifikasyon yöntemi

Triaçilgliserollerin dizel yakıtların yerine kullanılabilmesi için gereken kimyasal değişimler arasında en çok revaşa olan bir yöntemdir. Alkoliz reaksiyon olarak da bilinen transesterifikasyon işlemi lipitlerde bulunan gliseritlerin bir katalizör varlığında bir alkol ile reaksiyona girerek ester ve gliserol oluşturma işlemidir. Oluşan alkol esterine biyodizel denilmektedir. Yöntemler arasında en çok bilinen ve kullanılan, bu çalışmada da tercih edilen yöntem bu yöntemdir. Transesterifikasyon işleminin genel şeması Şekil 1.2'de gösterilmiştir. (Fukuda vd. 2001).



Şekil 1.2.Transesterifikasyon işleminin genel şeması (Tillem İ. 2005)

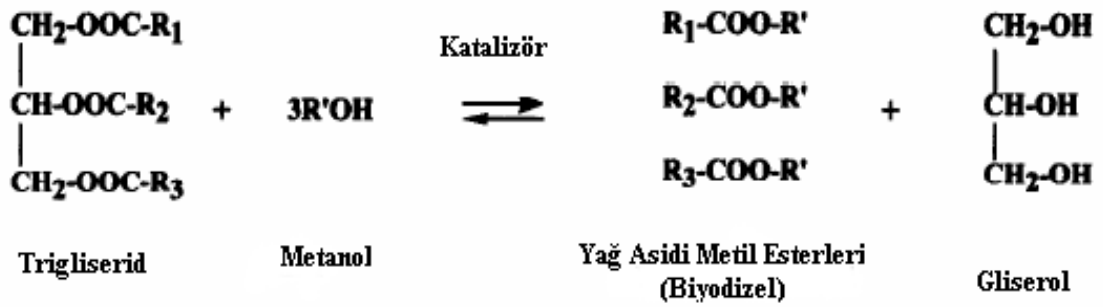
Bu amaçla kullanılan alkoller genellikle 1 ve 8 arasında karbon atomuna sahip primer ve sekonder monohidrik alifatik alkollerdir. Bununla birlikte en sık kullanılanları metil ve etil alkoldür.



Şekil 1.3. Trigliseritlerin alkol ile transesterifikasyonu (a) Genel Denklem, (b) Tersinir basamak reaksiyonları (R₁, R₂, R₃ alkil gruplarını temsil etmektedir) (Fukuda vd 2001)

1.1.3.1.1. Metanol transesterifikasyonu

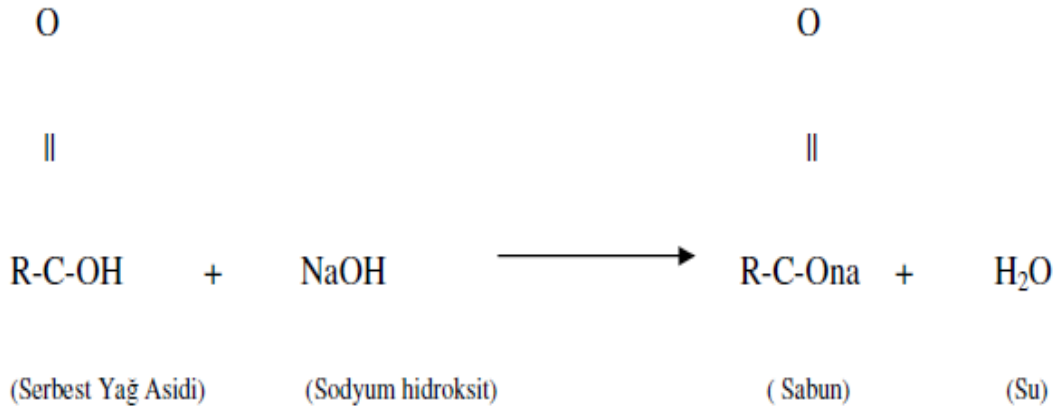
Kimyasal formülü CH₃OH olan en basit alkoldür. Yağ asidi esteri ile reaksiyona girince metanol molekülü kırılır ve ester molekülüne bağlanır. Biyodizel olarak daha çok metil esterler kullanılır. Çünkü NaOH ve KOH metanolde daha kolay çözünürler.



Şekil 1.4. Metanol transestrifikasyonu şeması(Ulusoy ve Alibas, 2002).

1.1.3.1.2. Atık yağlardan biyodizel üretimi

Bitkisel ve hayvansal yağlar hammadde konusunda önemli bir teşkil etmektedir. Atık yağlar genellikle siyah renkli keskin kokulu olup aşırı miktarda katı madde ihtiva etmezler. Atık yağlardan biyodizel üretimini sağlamak çevreye iyi bir kazanım sağlayacaktır. Atık yağların toplanması konusunda çevre bilincini arttırarak çeşitli toplanma alanlarında depolanmasının daha kolay hale getirilmesi sağlanabilir (Fangrui, M., Milford, A.H.). Bitkisel yağları biyodizele dönüştürmede kullanılan yöntem atık yağlar içinde kullanılır (Çanakcı,M., Özsezen,N.). Atık yağların kalitesi ne kadar yüksek olursa elde edilecek olan biyodizelin kalitesi de nispeten o oranda yüksektir. Dizel yakıt yerine belirli oranlarda biyodizel kullanılması kirleticilerde belirli oranlarda azalma olmaktadır. Serbest yağ asidi baz katalizör ile reaksiyona girdiğinde; katalizörü tüketip ester dönüşümünü azaltan ve esterin, gliserolün ve yıkama suyunun ayrışmasını engelleyen sabun oluşumuna neden olurlar. Şekil 1.5’da sabun oluşum reaksiyonu görülmektedir (Sanlı, H., Çanakcı,M.).



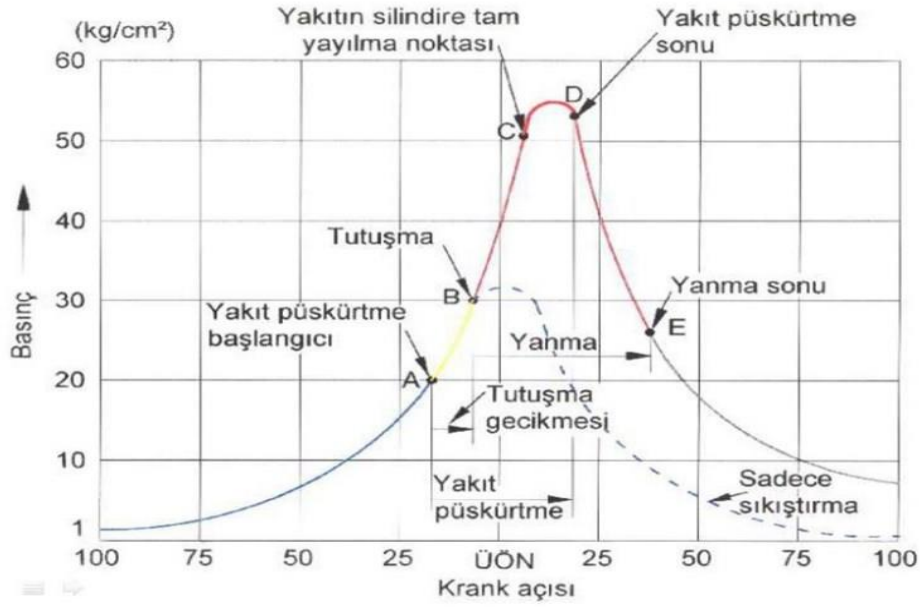
Şekil 1.5. Sabun Oluşum Reaksiyonu (Sanlı, H., Çanakcı, M.,)

1.2. Dizel Motorlarda Yanma

Dizel motorlarda yanma; Oksijen ihtiva eden bir gazın sıkıştırılıp yüksek basınç ve sıcaklığa erişmesi ile püskürtülen yakıtın alev alıp yanma işleminin gerçekleşmesidir. Dizel motorlarda yanmanın da tam olarak gerçekleşmesine yardımcı olan işletme parametreleri belirtilmiştir.

- Püskürtme avansı,
- Motor hızı,
- Yakıt / hava oranı,
- Sıkıştırma oranı,
- Giriş basıncı,
- Soğutucu akışkan ve giriş sıcaklığı,
- Püskürtülen yakıt miktarı,
- Yakıt kalitesi,
- Motor büyüklüğü,
- Aşırı doldurma,
- Püskürtme karakteristikleri,
- Girdap hareketleri' dir (Borat ve ark, 1992).

Çizelge 1.4. Dizel motorlarda yanma diyagramı



- Tutuşma gecikmesi
- Kontrolsüz yanma (Hızlı yanma)
- Kontrollü yanma
- Gecikmiş yanma olmak üzere dört aşamada gerçekleşir.

1.2.1. Tutuşma gecikmesi

Sıkıştırma sonunda silindire püskürtülen yakıtın yanabilmesi için oksijenle karışması ve sıcaklığının yükselmesi gerekir bu nedenle, enjektörün yakıtı silindire püskürtmesinden, ilk alev çekirdeğinin meydana geldiği zamana kadar geçen süreye tutuşma gecikmesi denir. Çizelge 1.4. A-B arasında gösterilen bu süre 2000d/d ile çalışan bir motorda 0,0009 saniyedir.

1.2.2. Kontrolsüz yanma (hızlı yanma)

Tutuşma gecikmesi süresi içinde silindire püskürtülen yakıt ısınır oksijenle karışır ve buharlaşır. İlk alev çekirdeği meydana geldiği anda, yakıtın hepsi birden yanmaya katılır ve hızlı bir yanma oluşur. Çizelge 1.4. B-C arasında gösterilmiştir.

1.2.3. Kontrollü yanma

Kontrolsüz yanmanın sonunda silindir içindeki basınç ve sıcaklık enjektörden püskürtülen yakıtı doğrudan yakabilecek bir değere ulaşır bu nedenle püskürmeye

devam eden yakıt hiçbir gecikme olmadan yanar Basınç en yüksek noktaya erişinceye kadar yükselir. Çizelge 1.4. C-D arasında gösterilmiştir.

1.2.4. Gecikmiş yanma

Yakıtın silindire püskürmesi bitmiş ve piston AÖN inmektedir. Daha önce püskürtülen ve yanma fırsatı bulamamış yakıt genişleme süresince oksijen buldukça yanar. Bu yanmaya gecikmiş yanma denir. Çizelge 1.4 D-E arasında gösterilmiştir.

1.3. Dizel Motorlarında Kullanılan Alternatif Yakıtlar

Dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil kökenli kaynaklarından karşılanması petrol rezervlerinin tükenebilir olması belirli alanlarda toplanmış olmasına bağlı olarak her geçen gün artan kullanımının sonucunda hızla tükenmesi kökeni petrole dayalı olmayan alternatif yakıtlar üzerine yapılan çalışmaların daha çok önem kazanmasına neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının arayışına yöneltmiştir. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucunda motorlarda kullanılacak alternatif yakıtlarda aranacak temel özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Yıldırım, 2003; Akyaz, 2007; Özsezen ve Çanakçı, 2008).

1. Motorların verimleri yükseltilmeli ya da motor performansı fazla düşürülmemeli,
2. Motorlarda önemli yapısal bir değişikliğe gerek duyulmadan kullanılabilmesi,
3. Motorlardan atmosfere yayılan kirletici egzoz emisyonları azaltılmalı,
4. Maliyeti düşük ve üretimi kolay olmalıdır.

İçten yanmalı motorlarda kullanılması öngörülen başlıca alternatif yakıtlar şunlardır;

- Gaz Yakıtlar
- Hidrojen
- Doğal Gaz; Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Liquefied Natural Gas (LNG)) veya Sıkıştırılmış Doğal Gaz (Compressed Natural Gas (CNG)),
- Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquefied Petroleum Gas (LPG)),
- Biyogaz (Metan (CH_4), CO_2 ve diğer gazların karışımı),
- Sıvı Yakıtlar
- Bitkisel yağlar
- Alkoller (Metil Alkol (Metanol (CH_3OH)), Etil Alkol (Etanol (CH_4OH)) (Bütanol (C_4H_9OH)).

1.3.1. Hidrojen

Hidrojen; güneş, rüzgâr, su, dalga ve biyokütle enerjileri gibi yenilenebilir (alternatif) enerji kaynaklarından yararlanılarak veya fosil yakıtlardan birçok farklı teknik kullanılarak elde edilmektedir. Hidrojen havadan daha hafif, renksiz ve kokusuz bir gaz olup klasik yakıtlar içinde birim kütle başına en yüksek enerji kapasitesine sahip olan yakıttır. Hidrojenin kullanımındaki başlıca sorunlar depolanma güçlükleri, güncel tekniklerle üretiminin pahalı olması ve motor elemanları üzerinde kırılabilirliğe neden olması, yakıt pilleri teknolojisinin tam anlamıyla gelişmemiş olması ticari alternatif yakıt olarak hidrojenin kullanımını engellemektedir. Hidrojen kullanımında kirletici egzoz emisyonları azalmaktadır (Soruşbay ve Arslan, 1998; Akyaz, 2007).

1.3.2. Doğal gaz

Doğal gaz, içerisinde büyük oranda metan (CH_4) gazı ihtiva eder ve doğal yoldan elde edilir. Korozyon özelliği yoktur. Bununla birlikte ısı değeri yüksek oluşu (Üst ısı değeri $50,8 \text{ MJ/kg}$ dır), egzoz gazı emisyonlarının düşük olması ve yakıt maliyeti açısından sağladığı ekonomiklik vb. özellikleri motor yakıtı olarak kullanılmasına olanak sağlar (Kocagöz, 2009).

1.3.3. Sıvılaştırılmış petrol gazı

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), ham petrolün rafinasyon işlemi sonucu elde edilir. LPG; bütan, propan ve izomerleri gibi hidrokarbonlar ya da bunların değişik oranlarda karıştırılmasından elde edilir. Yüksek basınç altında sıkıştırılıp sıvılaştırılarak depolanabilir. Ülkemizde son yıllarda ekonomiklik sağlamasından dolayı LPG'li taşıtların kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. LPG, emisyonları iyileştirmek amacıyla dizel motorlarında da kullanılmaktadır (Ciniviz, 2001; Örs, 2007; Aydın ve Acaroğlu, 2009).

1.3.4. Biyogaz

Biyogaz; organik bazlı atıkların oksijensiz ortamda biyolojik olarak bozulması sonucunda elde edilen havadan hafif, renksiz, kokusuz, içeriğinde % (20–45) karbondioksit, % (50–84) metan, % (1–10) hidrojen ile çok az miktarda azot karışımlarından oluşan bir gaz karışımıdır. Biyogazın yanıcılık özelliği ise yapısında bulunan metan (CH_4) gazından ileri gelmektedir. Yaklaşık olarak 1m^3 biyogazın

sağladığı ısı miktarı (4700–5700) kcal/m³'dür. Biyogazda tam yanmanın sağlanabilmesi için hava ile yaklaşık 1/7 oranında karıştırılması gerekmektedir.

Biyogazın dizel motorlarındaki kullanımı sırasında ek olarak motora %(18–20) oranında dizel yakıtının da gönderilmesi (püskürtülmesi) gerekmektedir (Karabektaş ve Ergen, 2009)

1.3.5. Biyodizel

Bitkisel (kolza, soya, kanola vb. bitkilerin) ya da hayvansal kökenli yağların bir katalizör yardımıyla alkol ile (metanol, etanol vb. alkollerle) reaksiyonu sonucunda elde edilen bir yakıt türüdür. Biyodizel sıkıştırma ateşlemeli motorlarda saf halde ya da motor yakıtına katılarak kullanılabilir. Biyodizelin setan sayısının yüksek olması, ısıl değerinin yüksek olması, dizel yakıtına ilave edildiğinde egzoz emisyon değerlerini düşürmesi ve yapısal değişikliğe gerek duyulmaması, üretim kolaylığı ve maliyet açısından uygun olması nedeniyle motor yakıtı olarak kullanılmasını çok cazip hale getirmektedir (Altun ve Gür, 2005).

1.3.6. Alkoller

Alkoller; kömürden yapay olarak veya nişasta, şeker gibi bitkisel ürünlerin bitkisel artıkların fermantasyonu sonucu elde edilirler. Alkollerin yapılarında karbon (C) ve hidrojenden (H) başka bunlara ek olarak oksijende (O₂) bulunur. Böylelikle yanması için hava gereksinimi petrolden elde edilen yakıtlara göre daha azdır. İtten yanmalı motorlarda yaygın olarak kullanılan alkoller metanol ve etanoldür. Alkoller %100 oranında saf olarak kullanılabilmesi gibi belirli oranlarda karışım oluşturularak da kullanılabilir (Sayın et al., 2009; Jincheng et al., 2009). Alkoller temiz yanan yakıtlar grubunda yer almaktadır. Ayrıca kullanıldıklarında yanma sonu sıcaklığı düşüğünden ve yanma iyileştigiinden yanma sonu ürünleri içerisindeki karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) oranlarında azalmalar görülmektedir. Başta A.B.D, Kanada, Brezilya olmak üzere birçok ülkede motor yakıtı olarak kullanılmasının yaygınlaştırılması amacıyla yasal düzenlemeler yapılarak kullanımı devletler tarafından yasalarla teşvik edilmektedir (Karabektaş and Hoşöz, 2009). Alkoller karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan bir bileşik olduğu bu üç maddenin farklı biçimlerde birleşmesiyle değişik özellikte ve yapıda alkoller elde edilir. Bütün alkoller yakıt olarak, kir ve lekelerin temizlenmesinde çözücü madde olarak, çeşitli kimyasalların ve ilaçların yapımında başlangıç maddesi olarak kullanılır (Solomons, 1996; İnternet 1, 2010).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Blumberg ve Fort (1982) yaptıkları bir çalışmada turbo kompresörlü açık hücreli bir dizel motorunda dizel yakıtıyla, sekiz adet yakıt ve yakıt karışımını değerlendirmeye almışlar ve aşağıdaki sonuçları bulmuşlardır. Bu sekiz adet yakıt ve yakıt karışımı, hacimsel yüzde olarak 30/70 pamuk yağı/dizel yakıtı, 50/50 pamuk yağı/dizel yakıtı, 65/35 pamuk yağı/dizel yakıtı, 80/20 pamuk yağı/dizel yakıtı, 50/50 pamuk yağı/pamuk metil esteri; 50/50 dizel yakıt/pamuk metil esteri ve %100 pamuk metil esteridir. Yaptıkları bu çalışmada dizel yakıtına alternatif olarak seçilen bu yakıtların deney motorunda uzun (200 saat) ve kısa süreli performans ve emisyon değerlerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, pamuk yağıyla yapılan, kısa süreli performans ve emisyon testlerinde, petrol esaslı dizel yakıtına benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Güç, egzoz gaz sıcaklığı ve yakıt tüketimi gibi standartlar göz önüne alındığında, deney yakıtlarının tümü yeterli görülmekle birlikte, özellikle yağların yakıt olarak kullanıldığı deneylerde, karbon birikintileri, aşınma veya yakıt sistemindeki problemler nedeniyle uzun süreli uygulamalar için iyi sonuç alınmadığı belirtilmektedir. İyileştirici bir ilave sistem geliştirilmediği veya yakıt sistemine ısıtıcı bir aygıt eklenmediği takdirde, düşük sıcaklıklarda pratik olarak kullanılamadığı belirlenmiştir. Birikinti problemlerinin tamamı, bitkisel yağların esterleştirilmesi yoluyla yok edilemeyeceği ve ticari bir ürün olarak değerlendirilmeden önce bu yakıtların birikinti problemlerinin çözülmesi gerektiği belirtilmektedir.

Yanmaz (1998) tarafından yapılan pamuk yağının fuel-oil ve dizel yakıt olarak değerlendirilmesini incelediği çalışmada, pamuk yağının TSE-FRF1 sınıflamasına uygun fuel oil özelliklerine sahip olduğu ve daha az oranda is, kül ve kükürt içermediğini bildirilmiştir.

Aydın ve Keskin (2000), pamuk yağı metil esterinin dizel ile belirli oranlardaki (30/70, 50/50, 70/30) karışımlarını tek silindirli bir dizel motorunda test etmişlerdir. Yüksek motor hızlarında pamuk yağı metil esterinin dizel yakıtı ile motorda benzer moment değerleri gösterdiği, yüksek ve düşük motor devirlerinde güç değerlerinin dizel yakıtı değerlerine yakın olduğu ve özgül yakıt tüketiminin de dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, pamuk yağı metil esteri / dizel yakıtı karışımlarının dizel motorlarda dizel yakıtına alternatif olarak rahatlıkla kullanılabilmesi ve bu karışımları alternatif yakıt olarak kullanan araçların egzoz emisyon testinden başarılı bir şekilde geçeceği bildirilmektedir.

Altın vd. (2000), ham ayçiçeği yağı, soya yağı, pamuk yağı ve esterleri, rafine kanola, haşhaş, rafine mısır yağı ve esterlerini 4 zamanlı tek silindir dizel motorda testlere tabi tutmuşlardır. Yağ ve esterleri karşılaştırıldığında esterler ile de daha düşük CO emisyonları elde edilmiştir. Bunun sebebi de daha iyi atomizasyon kalitesi ve daha homojen karışım hazırlanması olarak gösterilmiştir. Bitkisel yağların kullanımı ile dizel yakıtına göre NO_x emisyonlarında azalma görülürken, esterlerin kullanımı ile dizel yakıtına göre daha yüksek NO_x emisyonları oluşmuştur. NO_x emisyonu maksimum yanma sıcaklığıyla alakalıdır. Bitkisel yağların yanma verimi ve maksimum yanma sıcaklığı daha az ve buna bağlı olarak NO_x emisyonları da daha azdır. Fakat bu durum yağların daha fazla is emisyonu oluşturmasına neden olmuştur. Ayrıca yağlardaki daha ağır hidrokarbon molekülleri de is emisyonunun artmasına sebep olmuştur.

Fukuta et.al.,(2001) tarafından yapılan, yağların transesterifikasyon ile biyodizel yakıt üretimine yönelik araştırma, normalde esterleşme için alkolün 3:1 molar oranda yeterli olacağı ancak esterleşmenin süresi ve oranının yüksek olması amacıyla soya, ayçiçeği, fıstık ve pamuk gibi bitkilerin yağları için 6:1 oranının çok daha verimli olacağı ve esterleşme oranının yükseleceği belirtilmektedir.

Yücesu vd. (2001), çalışmalarında tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Yakıt olarak ayçiçek yağı, pamuk yağı, soya yağı ve bunlardan elde edilen metil esterlerini kullanmışlardır. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların motor performansı dizel yakıtına göre düşük, duman koyuluğu daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bitkisel yağlardan üretilen metil esterlerinin ise motor performanslarının dizel yakıtına yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Monyem and Gerpen (2001), çalışmalarında, biyodizel yakıtların egzoz emisyon ve motor performansına etkilerini araştırmışlardır. John Deere 426 TDI Dizel motorda oksitlenmiş ve oksitlenmemiş biyodizel yakıt ile No-2 Dizel yakıtı kıyaslanarak motor performans ve emisyon değerleri belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, oksitlenmiş ve oksitlenmemiş biyodizel yakıtının motor performansının 2 no'lu Dizel yakıtıyla neredeyse aynı olduğunu, biyodizel yakıtının daha düşük CO emisyonuna sahip olduğunu ayrıca biyodizelin 2 nolu Dizel yakıtına göre %13-14 NO_x emisyonu verdiğini ifade etmişlerdir.

Leung (2001) çalışmasında restoranların atık kızartma ve hayvansal yağlarından elde edilmiş biyodizel yakıtın dizel yakıt ile üç farklı karışım oranında karıştırarak test motorunda kullanmıştır. Çalışmada %15 oranında biyodizel içeren karışımın motorun

performansını etkilemediği gözlemlenmiştir. CO, CO₂, HC emisyonlarında % 1,5 ile % 44 oranında azalma gözlenirken artan motor hızlarında NO emisyonlarında %16 artış gözlenmiştir.

Tashtoush ve ark. (2004), atık hayvansal yağın etil ve metil estere dönüşümünü ve optimum koşullarını incelemiştir. Etanol, metanole göre daha yüksek dönüşüm ve daha düşük viskozite sağlamıştır. Sıcaklık değeri, her ikisinin esterlerinde önemli bir etki yaratmamıştır. Fakat yüksek sıcaklıklarda maksimum dönüşüme ulaşmak için gereken süre kısalmış ve maliyet artmıştır. Yapılan deneyler sonucunda optimum sıcaklık 50 °C, optimum süre ise 2 saat olarak elde edilmiştir.

Çelik (2005) biyodizel üretimi üzerine yaptığı çalışmada, yağ oranının az olmasına rağmen ekim alanının fazla olması nedeniyle, hammadde olarak rafine pamuk yağını ve transesterifikasyon yöntemini tercih etmiştir. Katalizör olarak 3,5 g/L, yağ oranında NaOH, alkol olarak % 20 L/L, yağ oranında metil alkol kullanmıştır. Reaksiyon sıcaklığını 65 °C, süresini 60 min-1 tutmuştur. Transesterifikasyon yöntemi ile rafine pamuk yağından elde edilen ham biyodizel distile su ve deiyonize ile yıkamaya tabi tutmuştur. Pamuk yağı metil esterinin yakıt özelliklerinin, yıkama suyu olarak deiyonize suyun kullanılması durumunda daha iyi olduğunu belirtmiştir.

Usta (2005), biyodizel hammaddesi olarak ham kanola yağı, nötr pamuk yağı ve atık kızartma yağı kullandığı çalışmada, biyodizel üretim yöntemi olarak alkali katalizörler ile transesterifikasyon metodunu seçmiştir. Transesterifikasyon reaksiyonunda, alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyum hidroksit kullanılmıştır. Üretilen biyodizeller, dizel yakıtı içerisine % 20 hacimsel oranda karıştırılarak bu karışımlar, dört zamanlı, dört silindirli, ön yanma odalı turbo-dizel bir motorda tam yükte test edilmiştir. Biyodizel kullanımının motor performans ve özellikle partikül ve is emisyonlarına etkileri araştırılmıştır. Partikül, is ve CO emisyonundaki azalma ile birlikte performans parametrelerinde dikkate değer bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Hu ve ark. (2005), biyodizelin yağlayıcılık özelliğine etki eden faktörleri incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, serbest yağ asitleri ile digliseritlerin monogliseritler kadar etkili olmadığı, trigliseritlerin ise hiçbir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır.

Hoda et.al., (2007) çalışmalarında, pamuk yağının metanol ile transesterifikasyonunu NaOH kullanılarak yapmışlardır. Pamuk yağından biyodizel üretimini optimize etmek için, biyodizelin kalitesi ve verimini etkileyen molar metanol/yağ oranı, NaOH

konsantrasyonu, sıcaklık gibi parametreleri araştırmışlardır. Transesterifikasyon suresinin 1 saat olarak tutulması durumunda 50 °C'nin altında uygulanan herhangi bir molar metanol:yağ oranları ile katalizör miktarından pamuk yağının transesterifikasyonun tamamlanamadığını gözlemişlerdir. 3:1 metanol/yağ oranında tam dönüşümün gerçekleşmediği belirlenmiştir. 50 °C ile 60 °C sıcaklık aralığında ve 6:1 metanol:yağ oranında optimum dönüşüm elde edilmiştir. 60 °C'nin üzerinde, yıkama basamağında, bazı zorluklarla karşılaşmıştır.

Agarwall (2007) içten yanmalı motorlarda kullanılan biyo-yakıtların (etanol ve biyodizel) motor performansı ve emisyon değerleri üzerine yapılmış çalışmalarını değerlendiren geniş kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Çalışmasının biyodizel bölümünde, biyodizelin belirli oranlarda dizel yakıt ile karıştırılıp içten yanmalı motorlarda kullanıldığında motor performansında az da olsa düşüş olduğunu belirtmiştir. Emisyon değerlerinde ise CO, HC ve partikül miktarlarında azalma olduğunu belirtmiştir. NO_x miktarında ise yakıt içerisinde biyodizel oranının artması ile ciddi bir artışın olduğunu özellikle vurgulamıştır.

Nabi vd. (2008) yılında yapmış oldukları çalışmada pamuk yağından elde etmiş oldukları biyodizeli dizel motorlarında kullanmışlardır. Pamuk yağını elde etmek için transesterifikasyon işlemini tercih etmişlerdir. %77 biyodizel için yaklaşık %20 metanol ve katalizör olarak %0.5 sodyum hidroksit kullanmışlardır. Bütün biyodizel karışımlarında egzoz emisyonlarından CO, partikül madde ve duman değerlerinde bir düşmenin olduğunu, NO_x emisyonunda ise bir yükselmenin olduğunu tespit etmişlerdir. Karabektaş vd. (2008), pamuk yağı metil esterini ön ısıtmaya tabi tutarak dizel motorunda kullanmışlardır. Pamuk yağı metil esterini yanma odasının girmeden önce 30, 40, 60 ve 90 °C ısıtarak motor performansındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Buna göre en iyi sonucu 90 °C ön ısıtmalı pamuk yağı biyodizelinden sağlandığı tespit etmişlerdir.

Demir (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, ülkemizde özellikle Ege Bölgesi'nde önemli bir potansiyele sahip olan pamuk yağından, transesterifikasyon yöntemi ile pamuk yağı metil esterini (PYME) elde edilerek motor yakıtı olarak kullanılmış ve motor performans testleri yapılmıştır. Yakıtın eldesi için laboratuvar koşullarında 150 L kapasiteli, kırsal kesimde kullanılabilirliğe yönelik küçük ölçekli bir biyodizel üretim sistemi tasarlanmış ve Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Biyokütle Enerji Teknolojileri Araştırma Laboratuvarı'nda kurulmuştur.

Örs vd, 2017; Çelik vd, 2017) Gizli buharlaşma ısısının dizel yakıtı göre daha yüksek olan etanolün bu durumdan ötürü buharlaşması yavaş gerçekleşmekte yanma olayını olumsuz etkilemektedir. Özgül yakıt tüketimini arttırmaktadır.

Chen vd, 2007; Anbarasu vd, 2013; Fang vd, 2013; Su vd, 2013; Tse vd, 2015; Örs vd, 2017; Wei vd, 2018). Etanolün düşük setan sayısına sahip olması tutuşma gecikme süresinin uzaması silindir içerisinde yakıt tüketiminin artmasına neden olur. Oksijenin etkisi ile yanma hızının artmasıyla yanma verimi iyileşmektedir. Etanolün sahip olduğu gizli buharlaşma ısısının yüksek olması tutuşma gecikmesi süresini uzatmaktadır. Bu durum yakıt hava karışımının daha fazla karışmasını sağlar. Etanolün sahip olduğu özellikler (uçuculuk, viskozite, yüzey gerilimi) hava-yakıt karışımının oluşumunu sağlayan yakıt damlacıklarının buharlaşmasını sağlamaktadır.

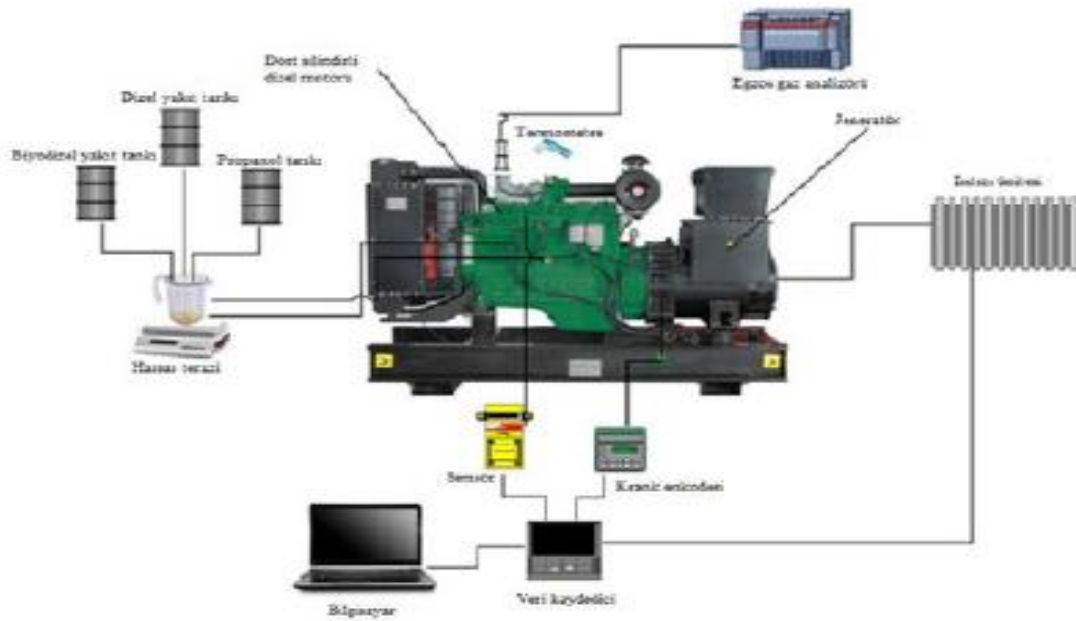
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Deneysel Materyaller

Deney Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği laboratuvarında deney malzemeleri kullanılarak gerçekleştirildi.

3.1.1 Deney Motoru

Bitkisel yağların enerji içerikleri, fosil kökenli dizel yakıtlar ile eşdeğer düzeydedir. Yapılan çalışmada pamuk yağından biyodizel elde edildi. Pamuk yağından biyodizel eldesi için Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine laboratuvarında çalışılmıştır. Elde edilen biyodizel laboratuvarında bulunan jeneratör motorunda kullanılmıştır. Motorun teknik özellikleri çizelgede belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Deneysel motor

Çizelge 3.1. Deneyde kullanılan motorun teknik özellikleri

Üretici	NWK22
Güç çıkışı	1500 rpm 18 kW
Motor Soğutma Sistemi	Su soğutma
Emme Sistemi	Doğal aspire
Motor modeli	4DW81-23D
Çap x strok	85x100 (mm)
Hacim	2400 cc
Silindir sayısı	4
Yanma sistemi	Doğrudan enjeksiyonlu
Sıkıştırma oranı	17:1

3.1.2. Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Egzoz emisyon değerlerinin belirlenmesinde Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine laboratuvarında bulunan CAPELEC CAP 3200 marka egzoz emisyon cihazı ile kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazı şekil görseli ve çizelgede teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.2. Egzoz emisyon ölçüm cihazı

Çizelge 3.2. Emisyon ölçüm aralıkları

EMİSYON	ÖLÇÜM ARALIĞI	HASSASİYET
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 koyuluğu	% 0-99.9	% 0.01

3.1.3. Hassas Terazi

Biyodizelin üretim basamaklarında kullanılacak madde miktarının ve yakıt numunelerinin miktarını belirlemek amacıyla Batman Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine laboratuvarındaki hassas terazi ile miktarlar ölçülmüştür.

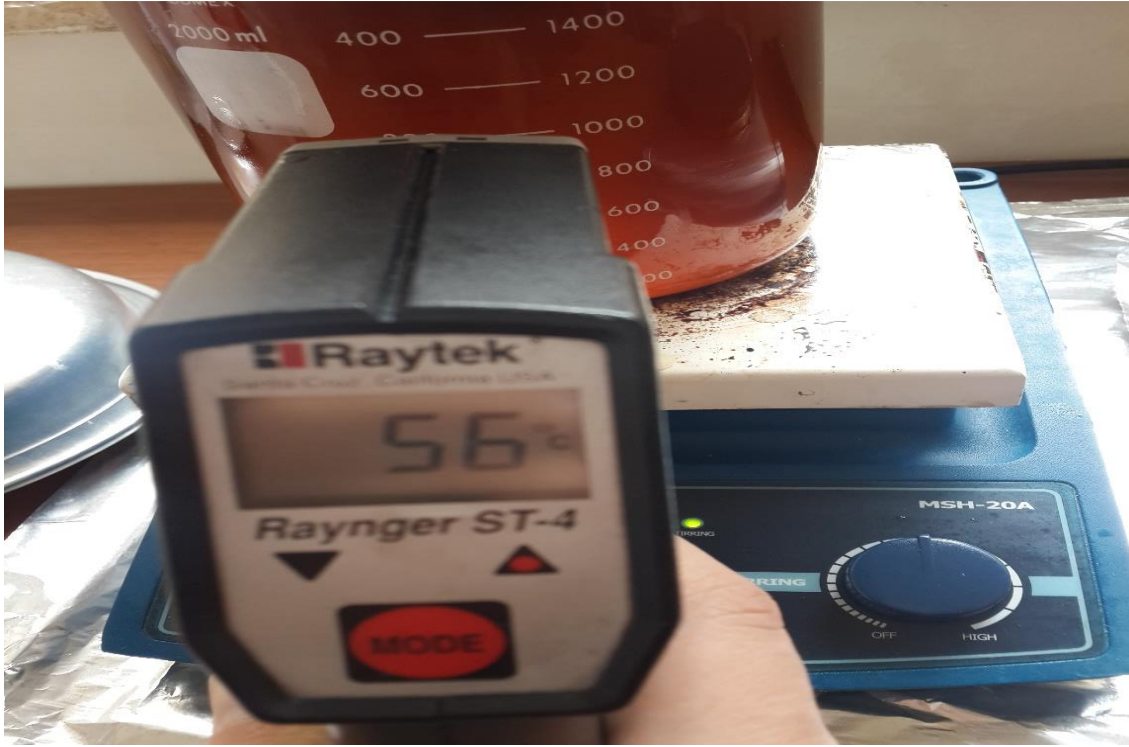
**Şekil 3.3.** Deneyde kullanılan hassas terazi

3.1.4. Termometre

Sıcaklık ölçümleri için dijital Raytek Raynger ST4 markalı kızılötesi sıcaklık ölçüm cihazı egzoz gazı sıcaklığının belirlenmesinde kullanılmıştır. Egzoz sıcaklıklarının belirlenmesinde yanma odasına en yakın noktada egzoz manifoldunun üzerindeki noktadan sıcaklıklar ölçüldü. Raytek Raynger ST4 sıcaklık ölçüm cihazının teknik özellikleri tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Sıcaklık ölçüm cihazı teknik özellikler

Tip	Raytek Raynger ST4
Sıcaklık ölçü aralığı	-32°C to +400°C
Lazer tipi	Tek nokta
Hassasiyet	% ±1
Tepki süresi	500 µsn
Difüzyon süresi	95%



Şekil 3.4. Termometre

3.1.5. Metil alkol

Pamuk yağından biyodizel eldesinde alkol olarak metil alkol (CHO_3H) kullanılmıştır. Kullanılan metil alkolün 20°C yoğunluğu 0.791-0.793 kg/l ve moleküler ağırlığı 32.04 g/mol dür.



Şekil 3.5. Metil Alkol

3.1.6. Katalizör

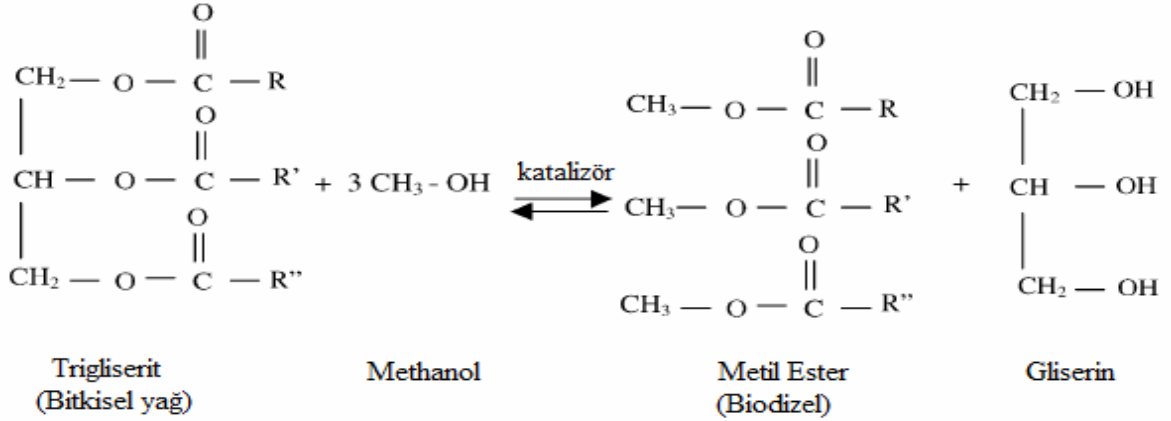
Pamuk yağı biyodizel üretiminde katalizör olarak potasyumhidroksit (KOH) kullanıldı.



Şekil 3.6. Potasyum Hidroksit

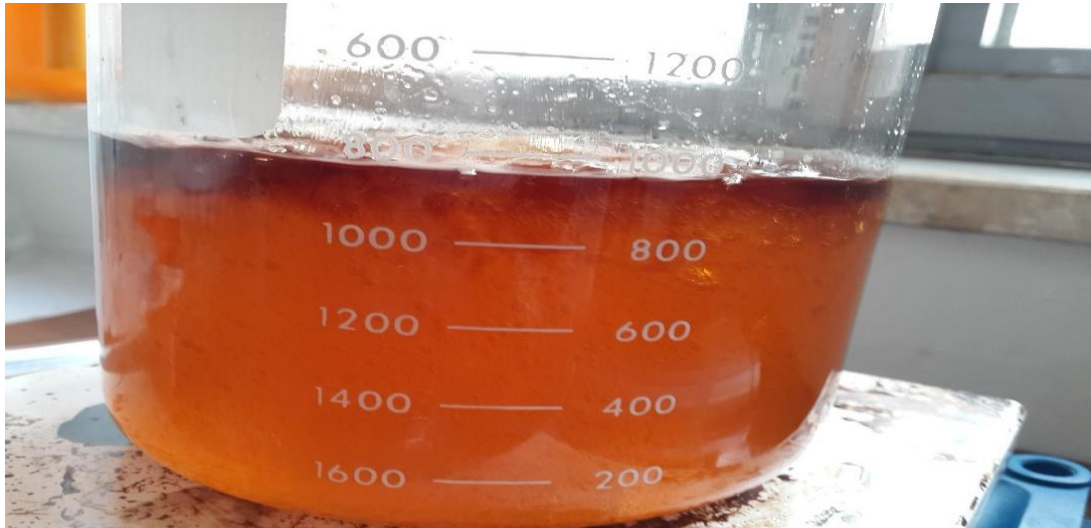
3.2. Pamuk Yağı ve Biyodizel Eldesi

Kendine özgü tadı ve kokusu olan ham pamuk yağı, koyu renge sahiptir. Pamuk yağı genellikle katı yağ üretiminde kullanılmaktadır. Yağ oranı %15-24 olan pamuk tohumu içermektedir (Nas vd 2001).



Şekil 3.7. Biyodizel üretim aşaması

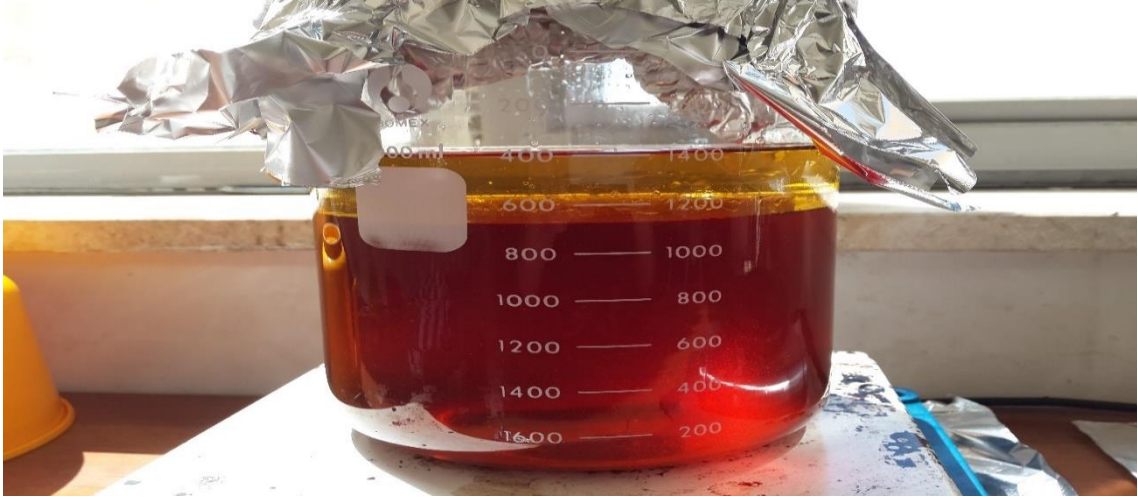
Pamuk yağından biyodizel eldesindeki aşamalar aşağıda belirtilmiştir. Pamuk yağı 1000 ml'lik beher kaba doldurulup elektrikli ısıtıcı ile 56°C ye ulaşıncaya kadar ısıtıldı. 56°C seviyesine getirildikten sonra sıcaklık bu derecede sabit tutularak manyetik karıştırıcı ile belirli bir devirde karıştırılarak yağ sıcaklığının her yerde aynı olması amaçlanmıştır.



Şekil 3.8. Biyodizelin manyetik karıştırıcı ile karıştırılması

Isıtılma işlemi sürerken başka bir beherde metil alkol ve KOH maddeleri karıştırıldı. Kullanılan yağın %20 oranında metil alkol %3 oranında da KOH karıştırıldı. KOH metil

alkol içerisinde tamamen eriyene kadar karıştırıcı ile karıştırıldı. 56°C de sabit tutulan pamuk yağının içerisinde metil alkol KOH karışımı eklendi ve beherin ağzı folyo ile sıkıştırılıp kapatıldı. Sıcaklığın 56 – 60 °C arasında tutulmasının amacı kullanılan metanolün kaynama noktası olan 64°C yi aşmasını engellemektir.



Şekil 3.9. Biyodizelin ısıtılması

1 saat boyunca 56°C sıcaklıkta sabit tutularak ve manyetik karıştırıcı ile karıştırma işlemi devam etti. 1 saat süren karıştırma işlemi sonunda karışımın dinlenmesi, gliserinin çökmesi ve 12 saat dinlenme sonunda gözle görünür şekilde iki faz oluşmaktadır. Çöken gliserin uzaklaştırıldı. Elde edilen pamuk yağı biyodizeli içerisinde kalan yağ asitleri, reaksiyona girmeyen alkol, ve katalizör maddenin biyodizelden uzaklaştırmak amacıyla yıkama işlemi yapılması gerekir. Yıkama işlemi 1 litre biyodizel 1 litre saf su ile karıştırılıp ısıtılmaya bırakıldı. 1 saat olarak planlanan bu işlemde belirli bir süre sıcaklığın 80-90° C de kaldığı gözlemlendi. Sıcaklığın her tarafa yayılması amacıyla manyetik karıştırıcı ile sağlandı. Amaç biyodizelle karıştırılan suyun yüzeye çıkıp buharlaşmasını sağlamak. Bir süre 80-90° C de kalan karışım daha sonra 130 °C seviyelerine ulaştınca işleme son verildi. Biyodizel elde edildi.



Şekil 3.10. Biyodizelde iki faz oluşumu



Şekil 3.11. Biyodizelin ayrıştırılması



Şekil 3.12. Elde edilen biyodizel

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

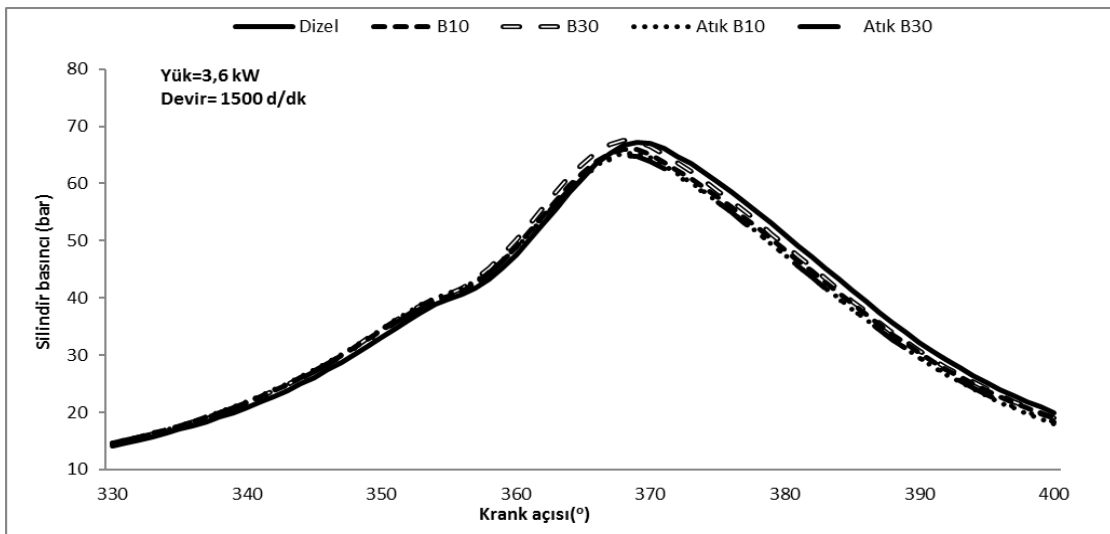
4.1. Yanma Deneyleri

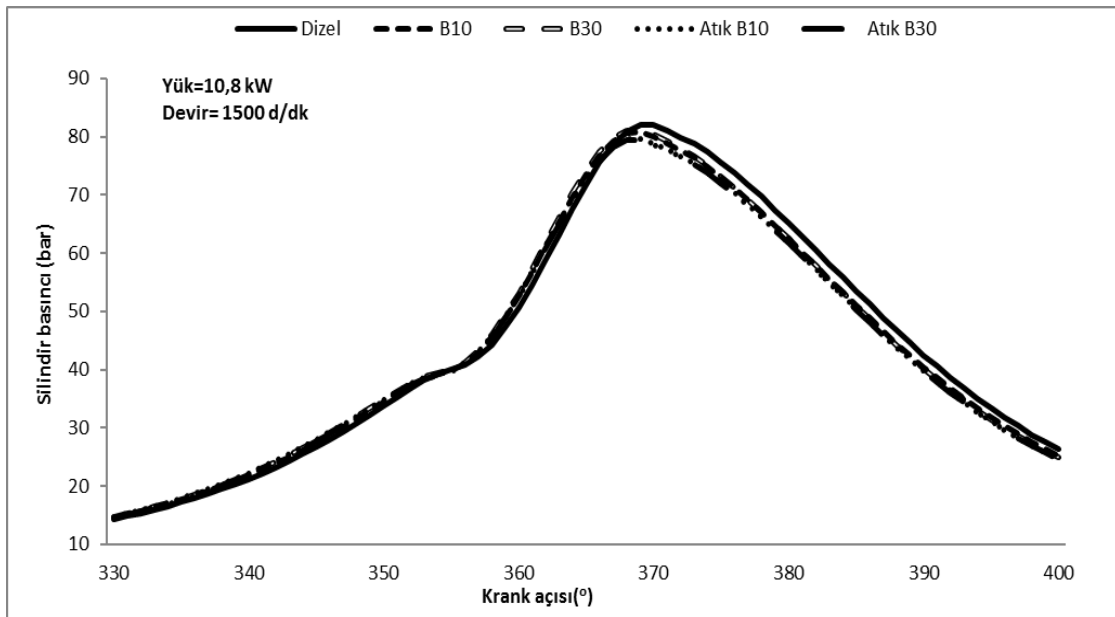
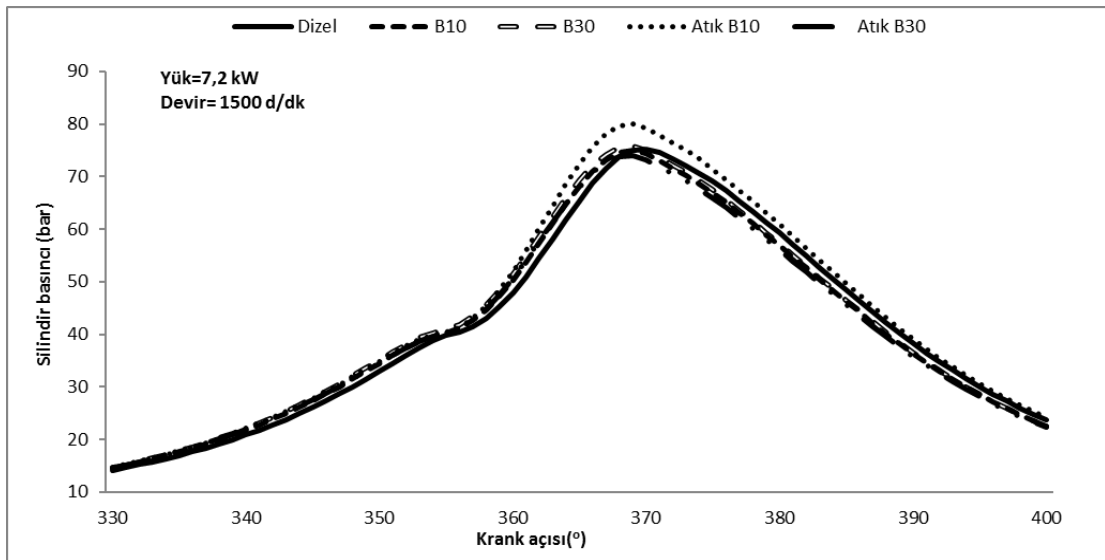
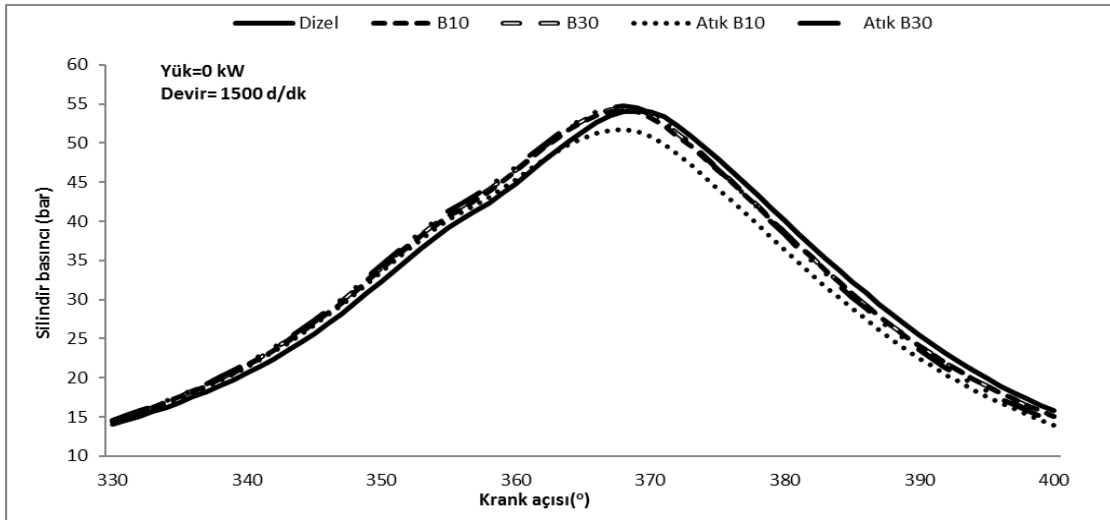
Basınç sensöründen alınan basınç verileri ve eş zamanlı alınan krank açısı pozisyon bilgisi kullanılarak oluşturulan silindir basıncı, net ısı salınımı, kümülatif toplam ısı salınımı, ortalama gaz sıcaklığı ve kütleli yanma oranı gibi yanma göstergeleri tüm deney yakıtları için farklı yüklerde 1500 d/d sabit motor devri çalışma koşulları verilmiştir.

4.1.1. Silindir basıncı

Test yakıtları için yazılım aracılığıyla alınan silindir basıncı verilerinin motor yüklerine göre değişimi şekilde gösterilmiştir. Motor yükü arttıkça silindir basıncı pik noktaları beklendiği gibi artış göstermektedir. B30D70 biyodizel yakıtlarının dizelle karışımlarının motorlarda kullanılabileceği hakkında önemli bir fikir vermektedir. Basıncın pik noktaları 375 KMA dan önce gerçekleşmiş olup 7 ile 15 KMA arasındadır. Yüksüz durum hariç diğer durumlarda enjeksiyon yapıldığı ve yanmanın başladığı bölgeler şekiller üzerinde belirgin bir şekilde görülmektedir.

$$V = V_c + A \cdot r \left\{ 1 - \cos \frac{\pi A}{180} + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)} \right) \right\} \quad (4.1)$$





Şekil 4.1. Test yakıtlarının motor yüklerine göre basınç eğrileri

4.1.2 Isı salınım hızı

Silindir içi yanma sonucu açığa çıkan ısı yayılımının analizi için termodinamiğin birinci yasası esas alınmıştır. Termodinamiğin birinci kanununa dayalı ısı yayılımı aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (Merker ve ark., 1998; Hariram ve Shangar, 2015);

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} p \frac{dQ}{d\theta} + \frac{1}{\gamma - 1} V \frac{dp}{d\theta} \quad (4.2)$$

γ : özgül ısılar oranı 1.32 olarak alınmıştır. θ krank açısı P silindir basıncı V silindir hacmini belirtir.

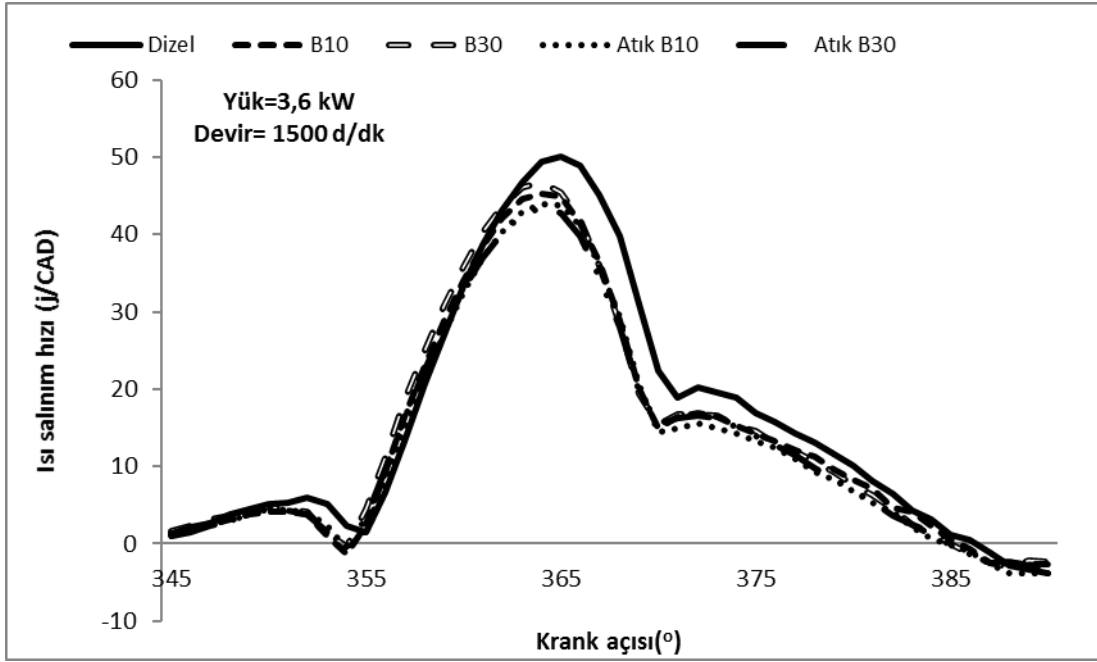
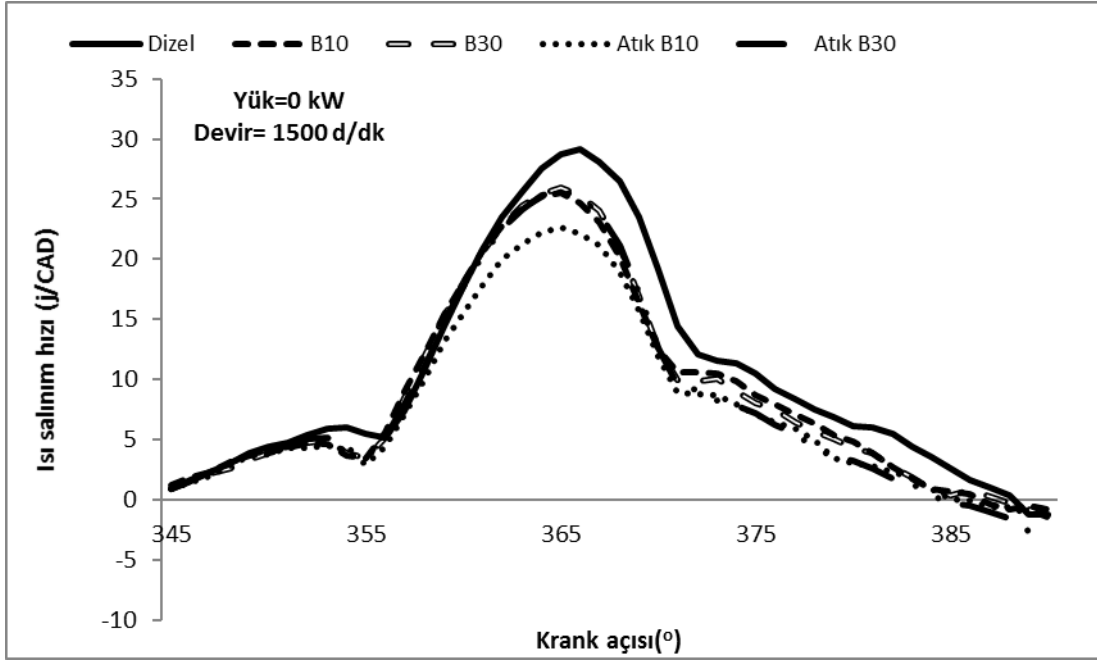
Basınç sensöründen alınan veriler ve V $dV/d\theta$ aşağıda belirtilen formülle hesaplanır.

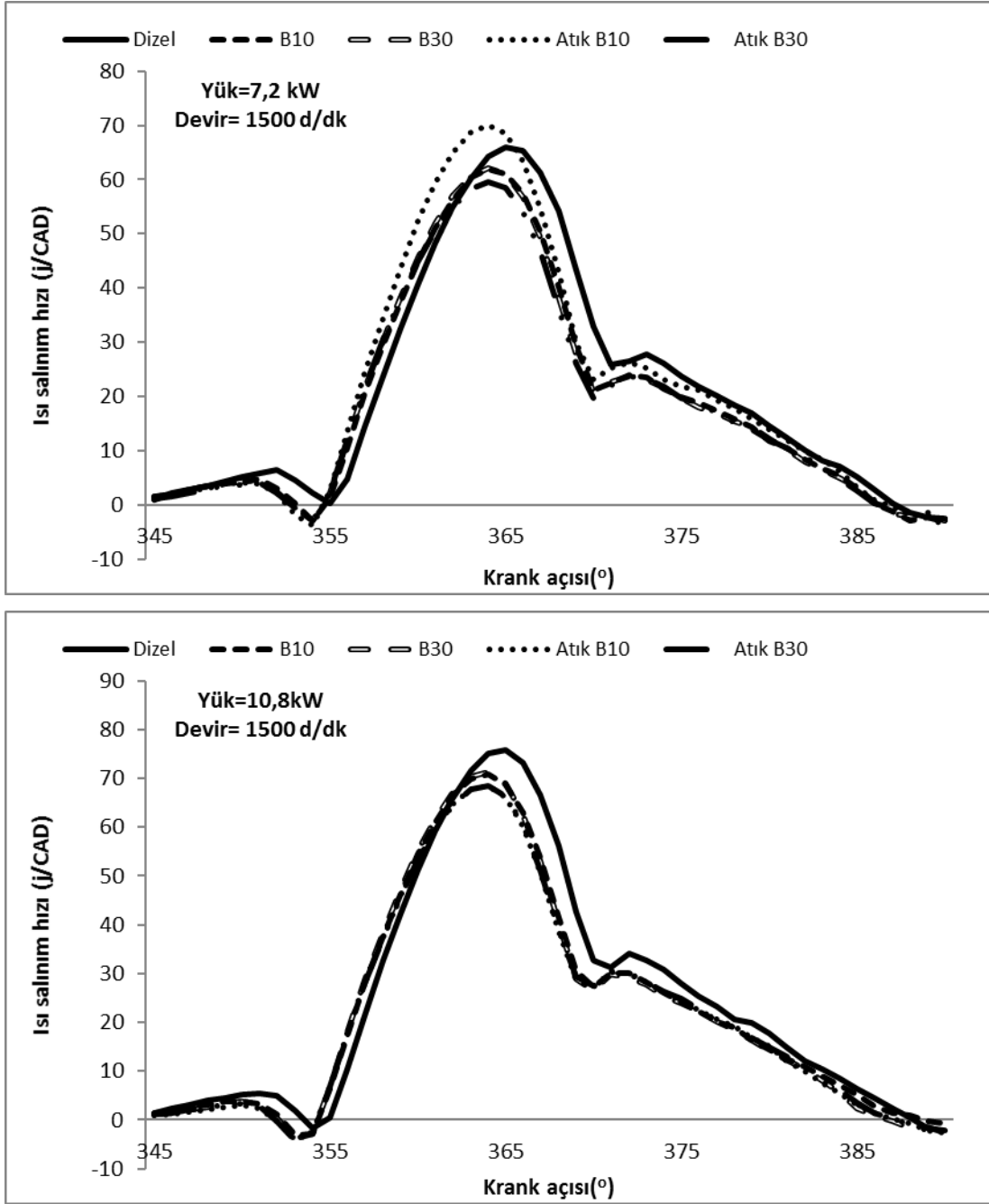
$$V = V_c + A \cdot r \left\{ 1 - \cos \frac{\pi A}{180} + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)} \right) \right\} \quad (4.3)$$

$$\frac{dV}{d\theta} = \left(\frac{\pi A}{180} \right) \times r \left\{ \sin \left(\frac{\pi \theta}{180} \right) + \frac{\lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)}{2 \lambda \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \left(\frac{\pi \theta}{180} \right)}} \right\} \quad (4.4)$$

$$\lambda = \frac{l}{r} \text{ ve } A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.5)$$

Farklı motor yükleri için deney yakıtları ile yapılan testlerde elde edilen verilerden hesaplanan ısı salınımı grafikleri şekil 4.2 gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde dizel yakıtının ısı çıkış hızı grafiklerinin pik noktaları biyodizel karışımlarından daha yüksektir. Bunun nedeni yük arttıkça çevrim başına yakılan yakıtın artmasıdır. Çünkü dizel yakıtının ısı değerinin biyodizel yakıtlardan yüksek olmasıdır. Enjeksiyon başlangıcı ve yanmanın başlangıç noktaları şekiller üzerinde belirgin bir şekilde görülmektedir.





Şekil 4.2. Deney yakıtlarının motor yükü değişimine göre ısı salınım değerleri

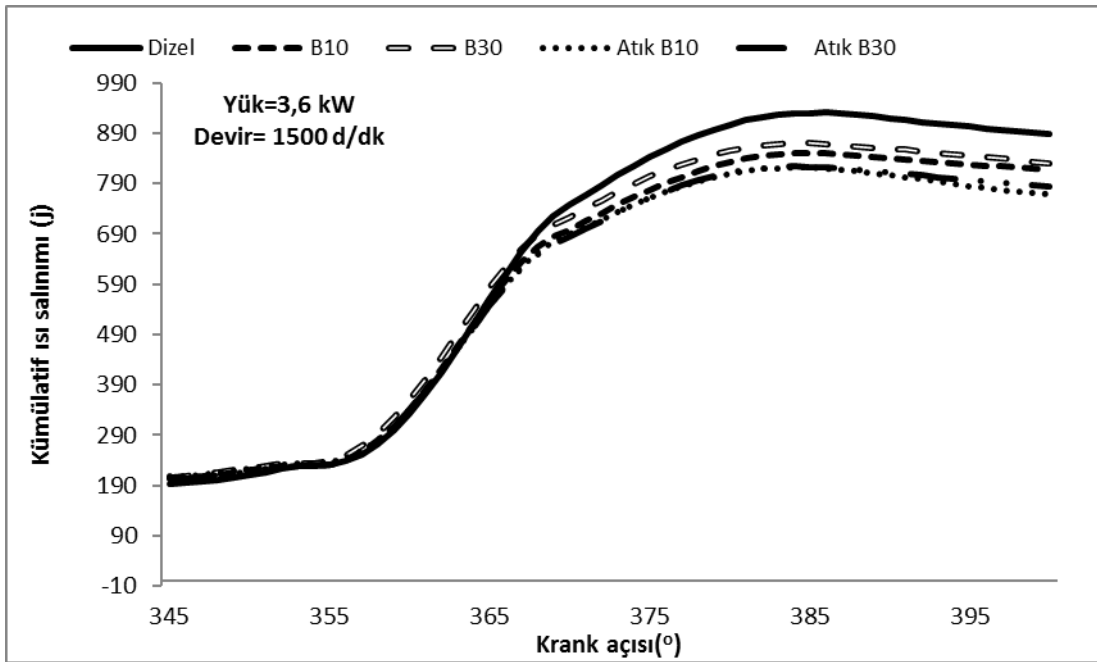
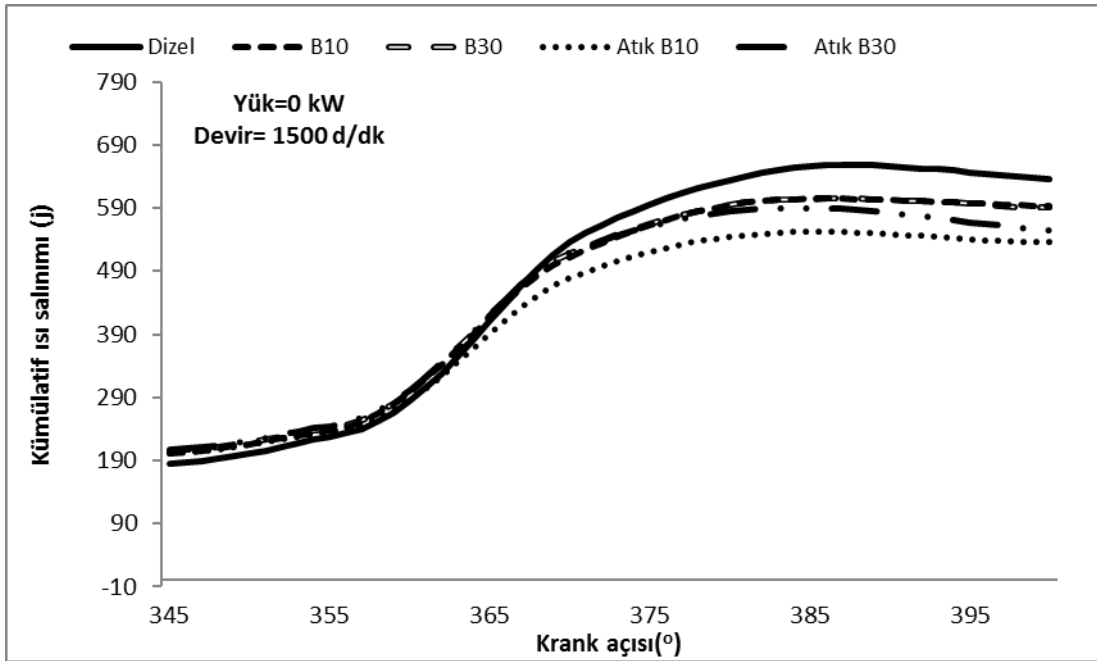
4.1.3. Toplam ısı salınımı

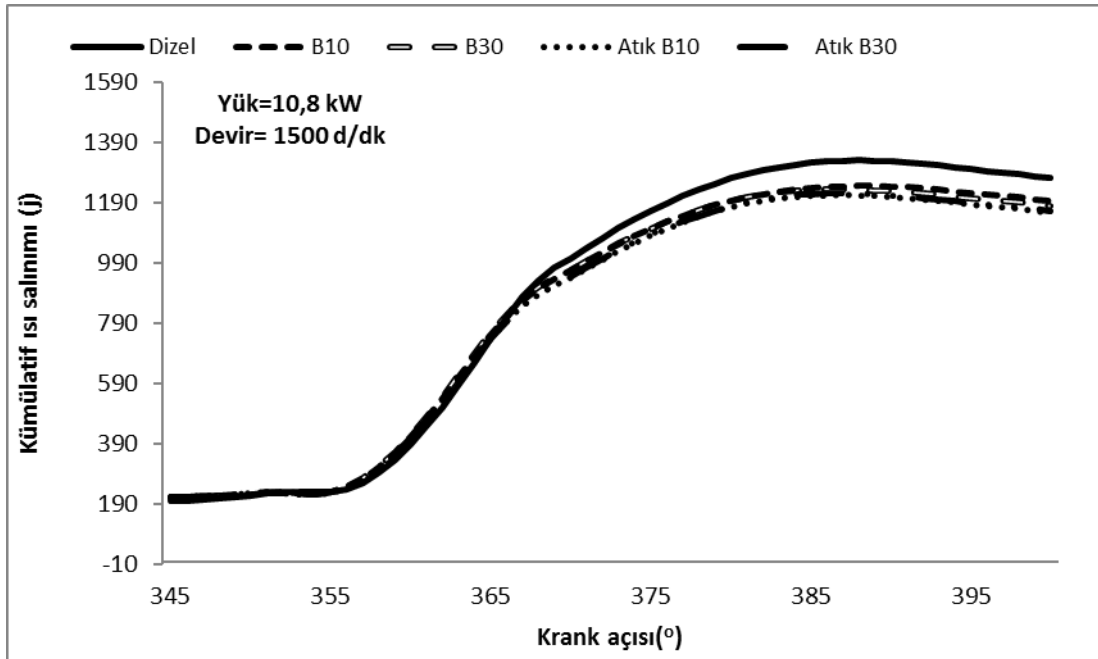
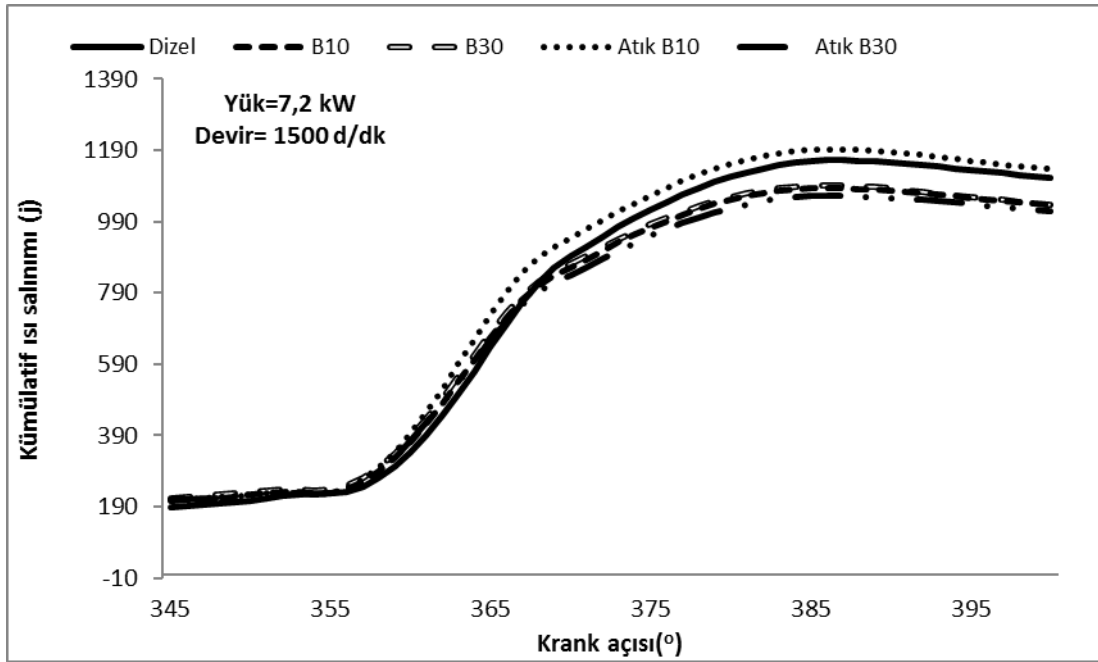
$$\int dQ = \int \left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) p(dV) + \int \left(\frac{1}{\gamma - 1} \right) V(dP)$$

(4.6)

Isı salınım hızı grafiklerinin krank açısına göre değişimi görülmektedir. Grafiklerden de görülebileceği gibi yaklaşık 355° krank açısı değerlerinde kümülatif ısı salınım hızı

değerleri hızlı bir artış göstermiş ve 385° den sonra sabit seyretmiştir. Test yakıtları karşılaştırıldığında dizel yakıtının toplam ısı çıkışının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni dizelin ısıl değerinin diğer yakıtlara göre yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Hem ısı salınım hızı grafiklerinde hem de toplam ısı salınımı grafiklerinde atık pamuk yağlarının biyodizeli normal pamuk yağlarının biyodizeline göre farklı sonuçlar vermediği gözlemlenmiştir. Bu durum atık pamuk yağının biyodizeli yakıt olarak kullanılabilmesine riayet etmektedir.

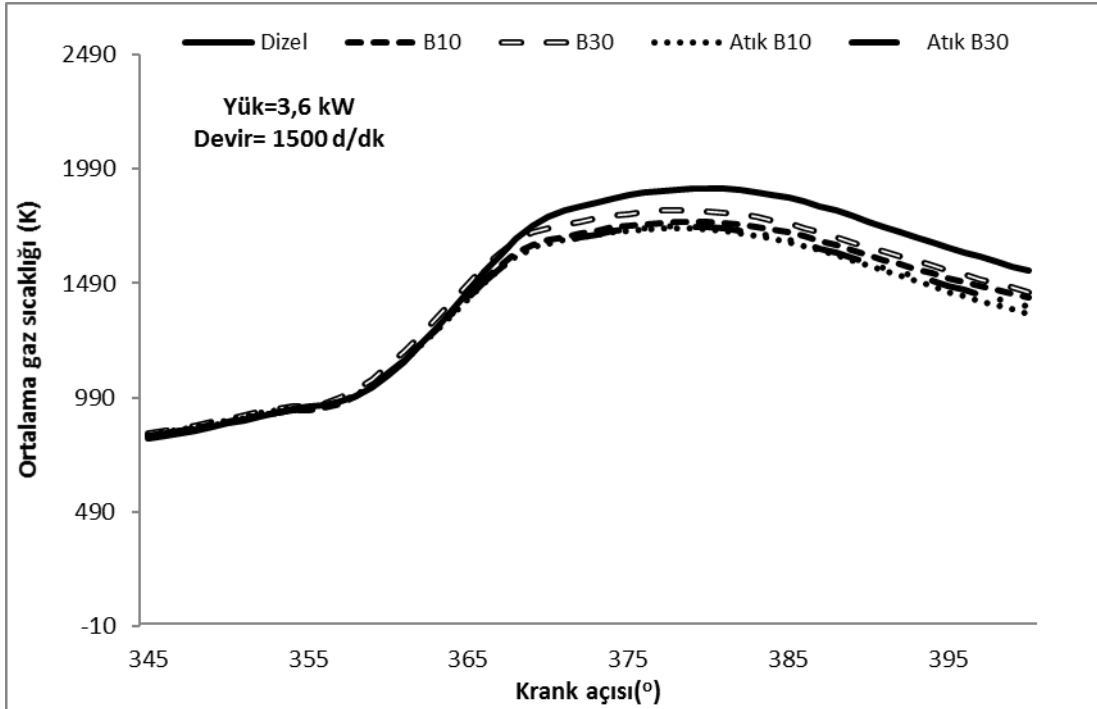
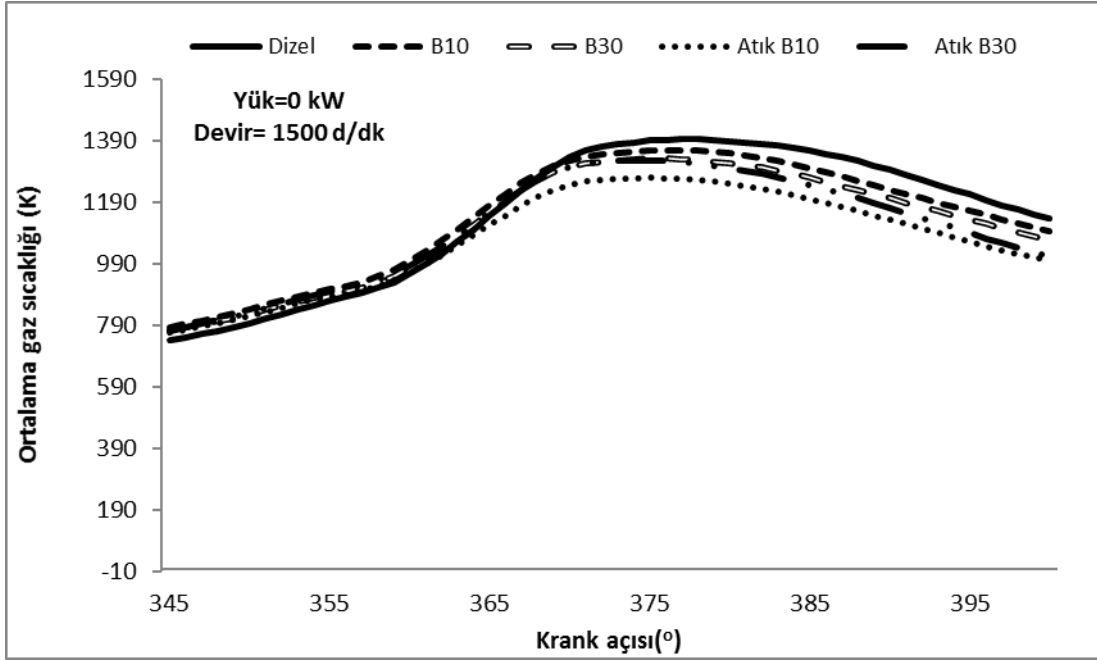


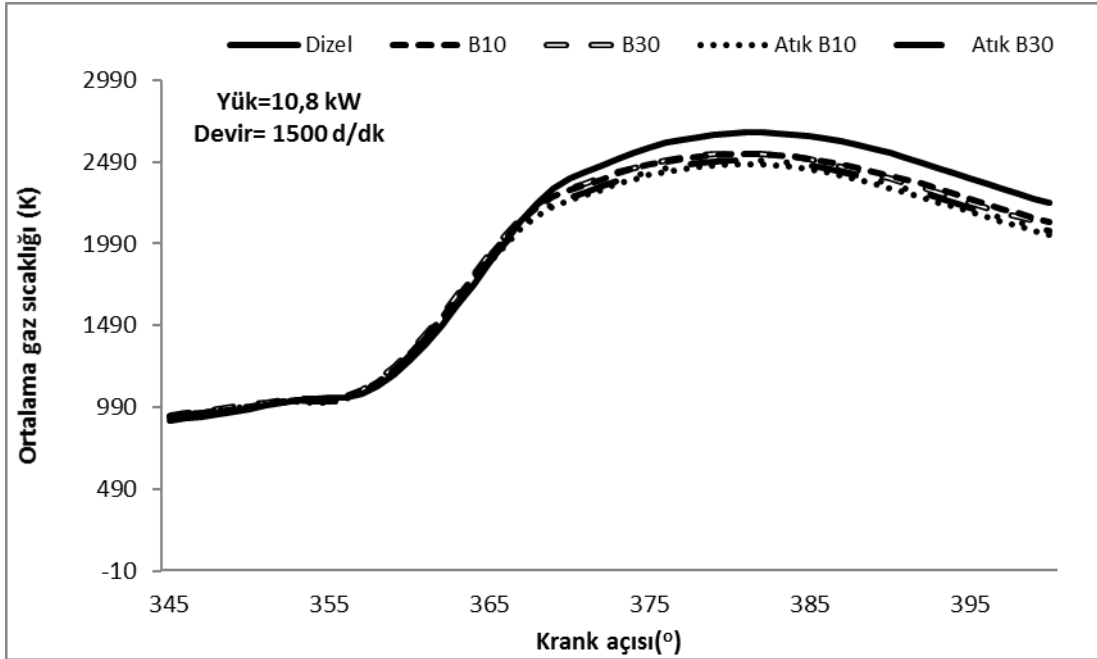
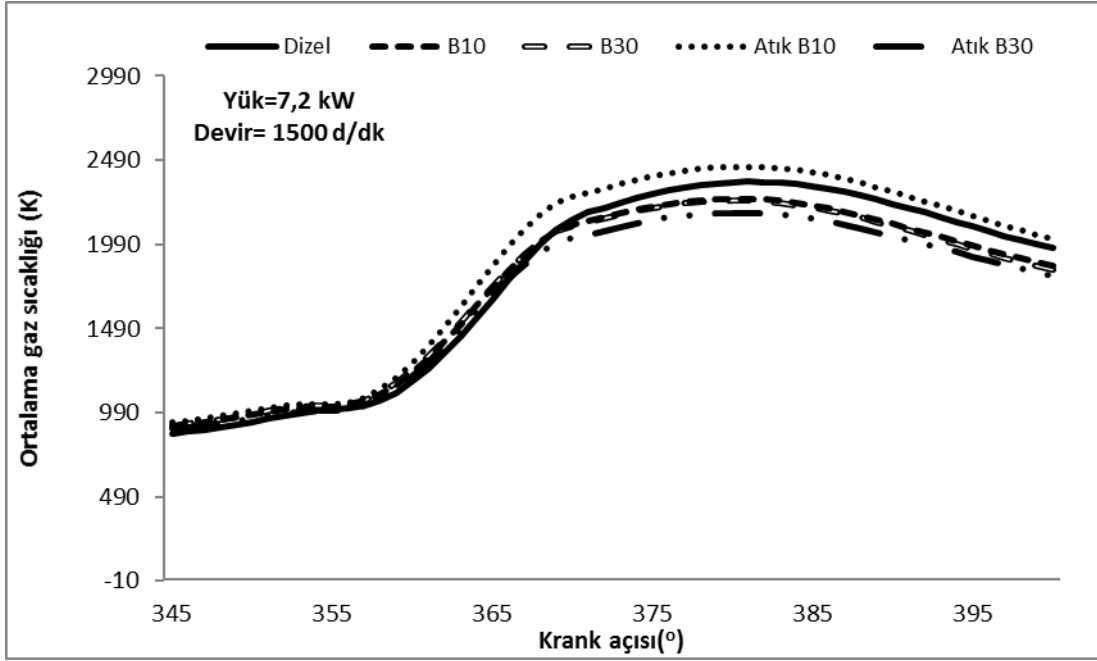


Şekil 4.3. Test yakıtları için ısı salınım hızının krank açısına göre değişimi

4.1.4. Ortalama gaz sıcaklığı

Test yakıtları için ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin krank açısına göre değişimi görülmektedir. Bu grafiklerde test yakıtları için hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri dizel yakıtıyla karşılaştırılmış ve şekiller çizilmiştir. Genel olarak dizel yakıtının ortalama sıcaklık değerlerinin diğer yakıtlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yük arttıkça yakıtların geneli için pik noktalarında ortalama sıcaklık değerleri orantılı bir şekilde artış gösterdiği söylenebilir.





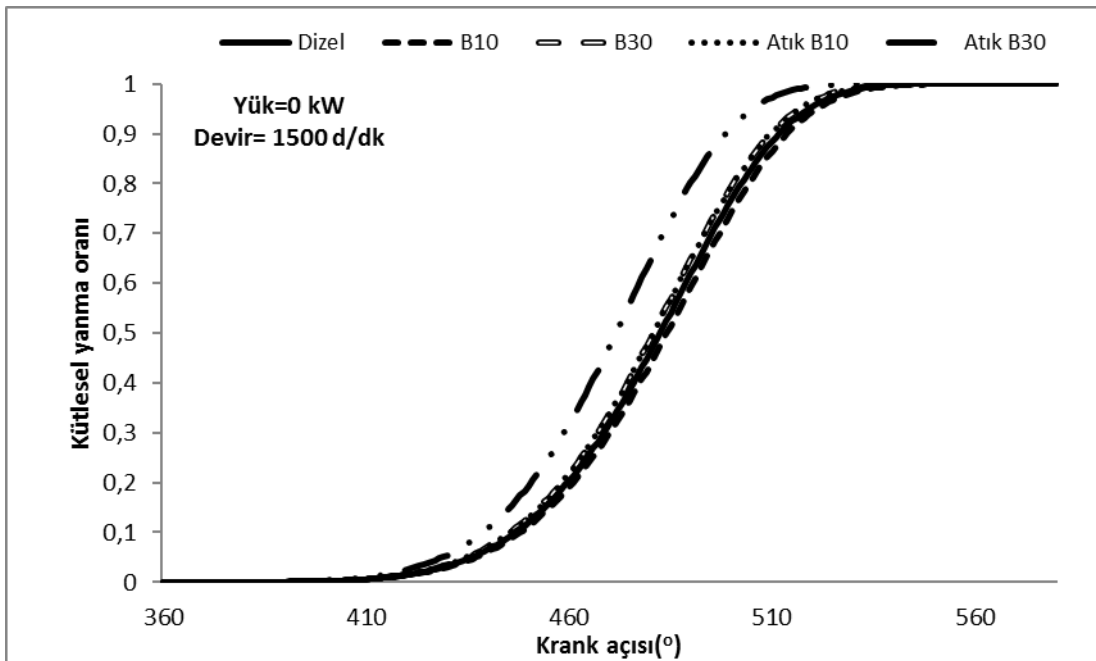
Şekil 4.4. Test yakıtları için ortalama gaz sıcaklığı değerlerinin krank açısına göre değişimi

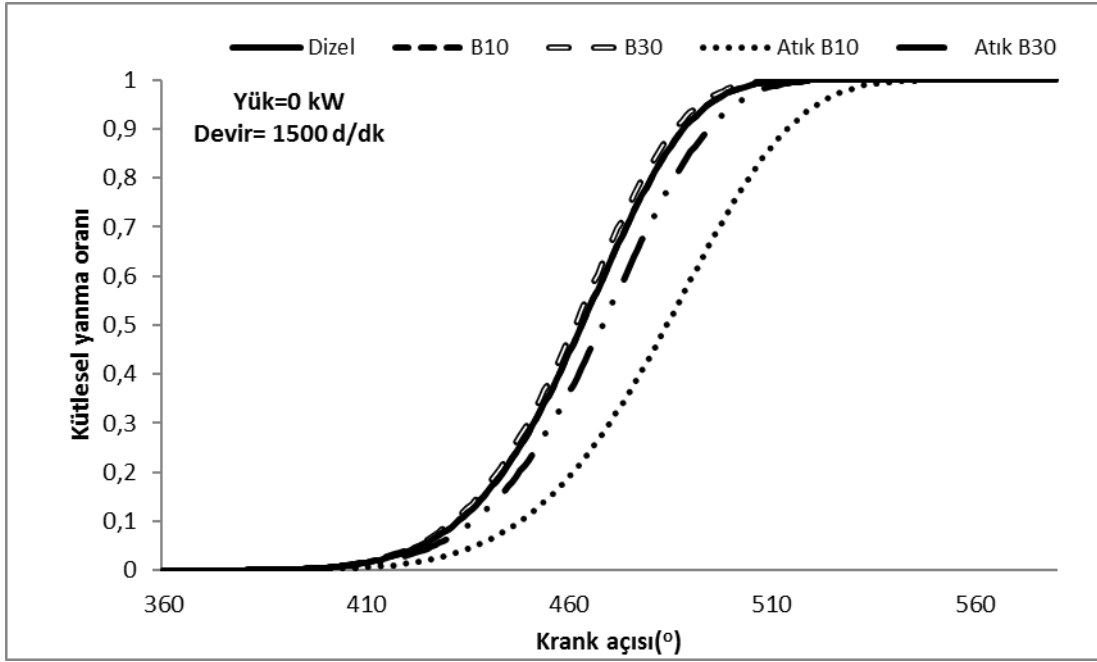
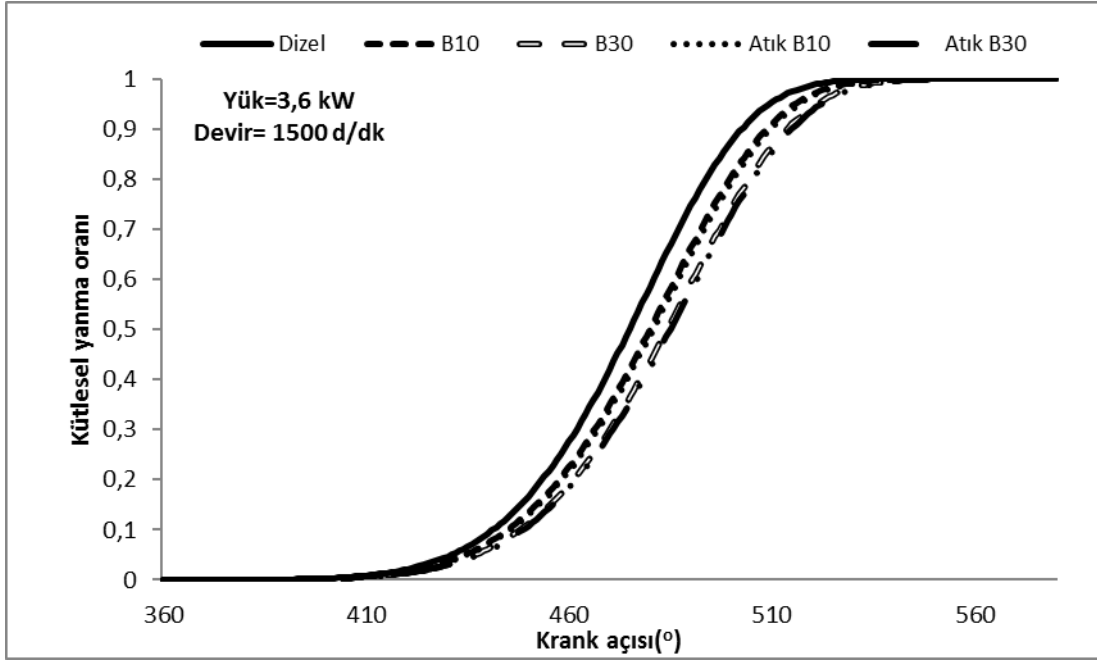
4.1.5. Kütlesel yanma oranı (weibe)

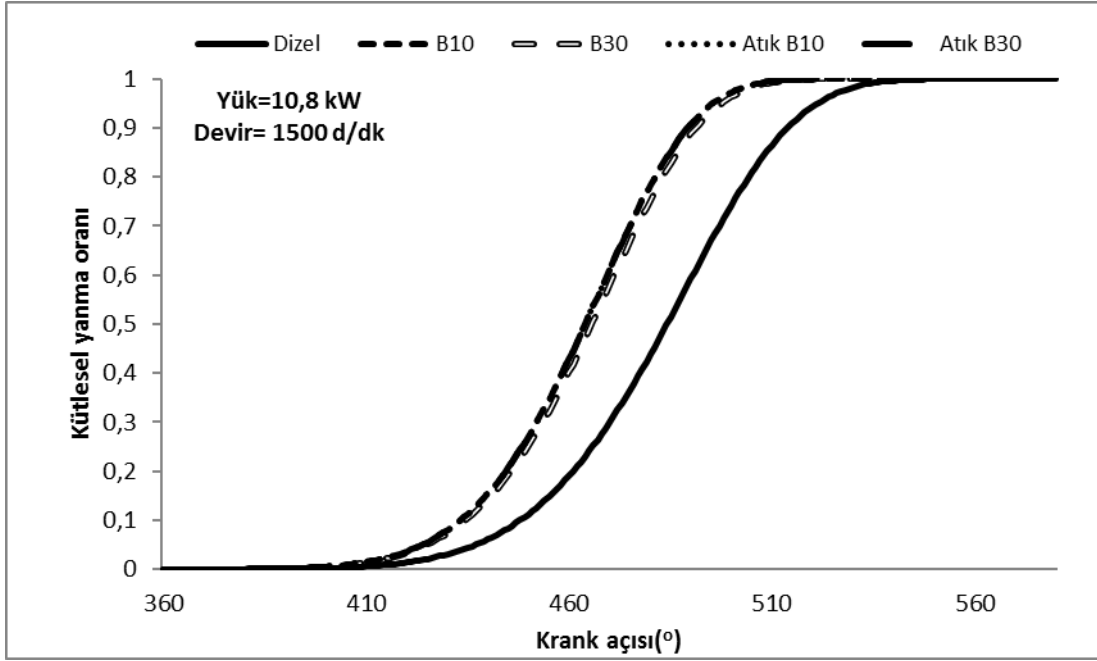
Kütlesel yanma oranı denklemi

$$X(\theta) = 1 - e \left[-\alpha \left(\frac{\theta - \theta_0}{\Delta\theta} \right)^{m+1} \right] \quad (4.7)$$

Denklemdaki a (verimlilik faktörü) ve m (form faktörü) parametreleri Weibe fonksiyonun parametreleridir. Şekilde krank mili açısı başına yakılan yakıt miktarını ifade eden kütlesel yanma oranı grafikleri görülmektedir. Weibe fonksiyonu bu grafiklerin elde edildiği bir fonksiyon türü olup değişik fonksiyonlarda mevcuttur. Biyodizel yakıtların genel anlamda erken püskürtülmeden ötürü daha erken yanmaya başladığı görülmektedir. 10.8 kW yükte daha belirgin olarak görülmektedir.







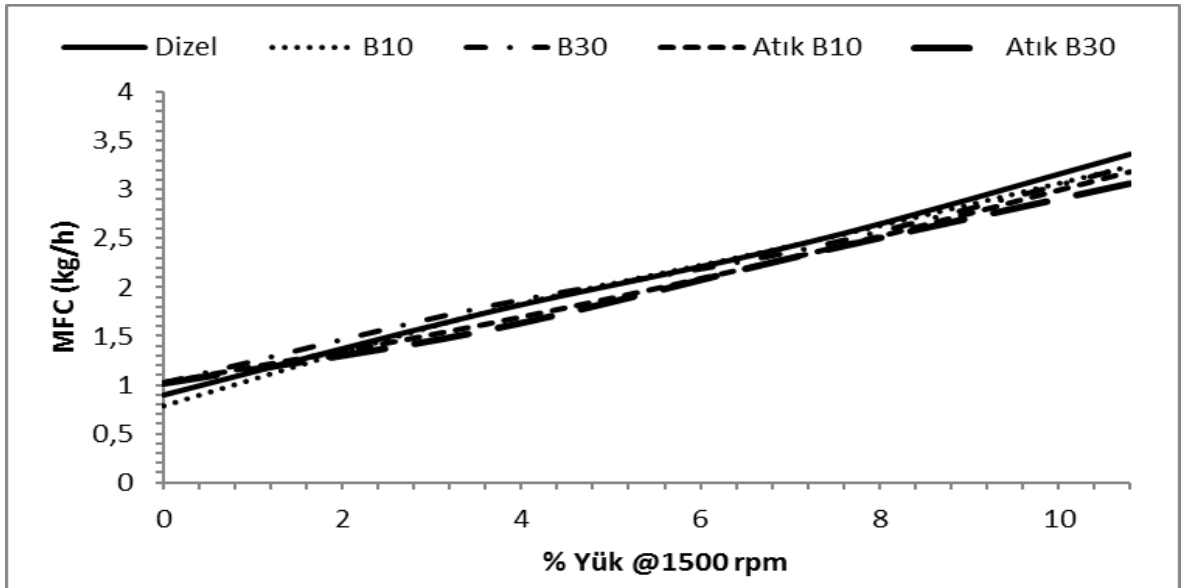
Şekil 4.5. Test yakıtlarının krank mili açısına göre yakıt miktarının değişimi

4.2. Performans Sonuçları

Performans verileri bölümünde yakıtların tümünün farklı motor yüklerinde yanmasıyla beraber oluşan kütleli yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi değerleri, termal verim değerleri ve egzoz gazı sıcaklığı değerlerinin grafikleri bu bölümde verilmiştir.

4.2.1. Kütleli yakıt tüketiminin değerlendirilmesi

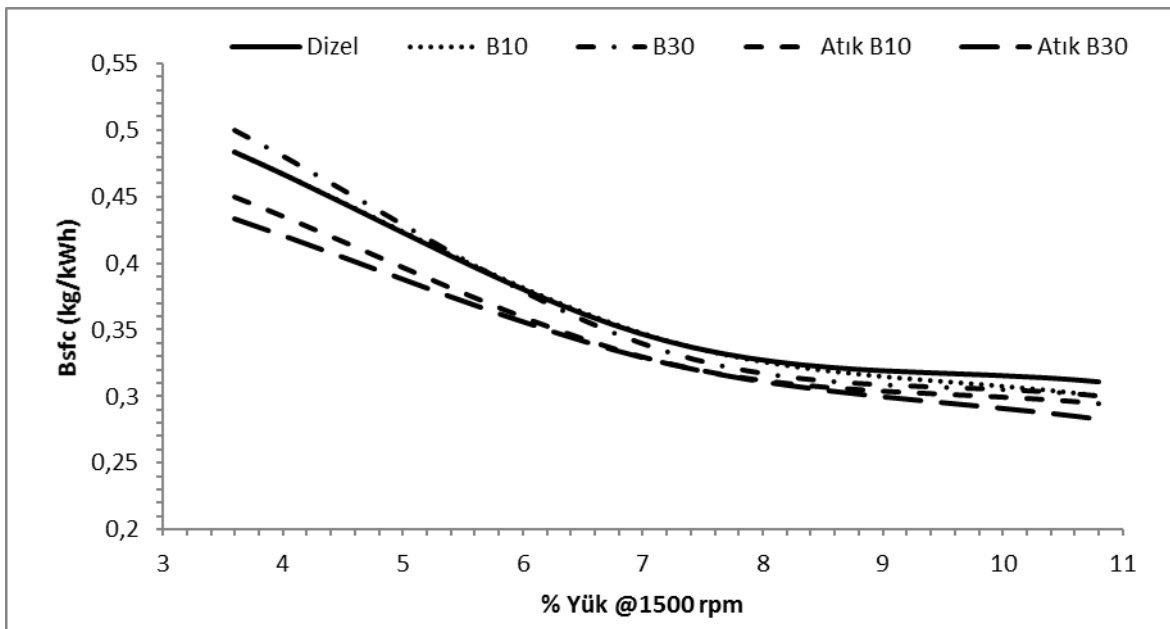
Bir çevrim için saatte tüketilen kilogram cinsinden yakıt miktarını göstermektedir. Örneğin %4 yükte yaklaşık saatte 1.75 kg yakıt tüketimi olmuştur. Bu değerlerin tamamı motorun 1500 d/d değerinde elde edilmiştir. Test yapılan yüklerde kütleli yakıt tüketiminin dizel yakıt tüketimine göre biyodizel karışımı yakıtları için daha düşük olmasıdır. Temel unsur yakıt tüketimi dizel motorlarda yakıt püskürtme işlemi yani pompalar yakıtı püskürtürken hacimsel bazda sıkıştırıp püskürtmeleridir.



Şekil 4.6. Kütlesel yakıt tüketimi değerleri

4.2.2. Özgül yakıt tüketiminin değerlendirilmesi

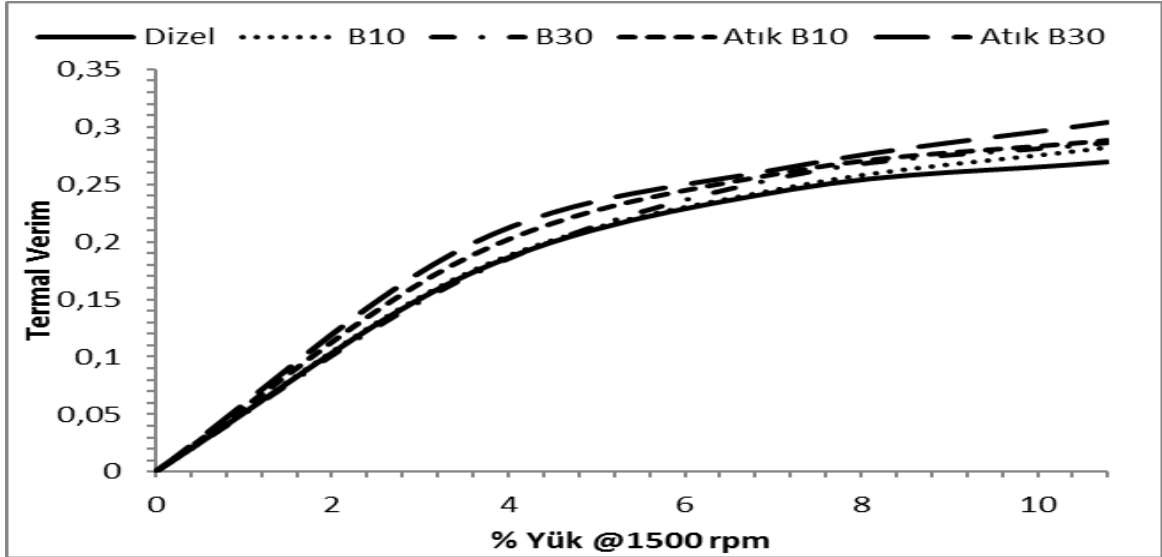
Herhangi bir güçteki çalışma sırasında bir saatte tüketilen yakıt miktarının üretilen güce oranına denir. Özgül yakıt tüketimi değerleri biyodizelin dizel yakıtına göre artış göstermesinin sebebi ısı değeri daha düşük olmasıdır.



Şekil 4.7. Özgül yakıt tüketimi

4.2.3. Termal verim değerlendirilmesi

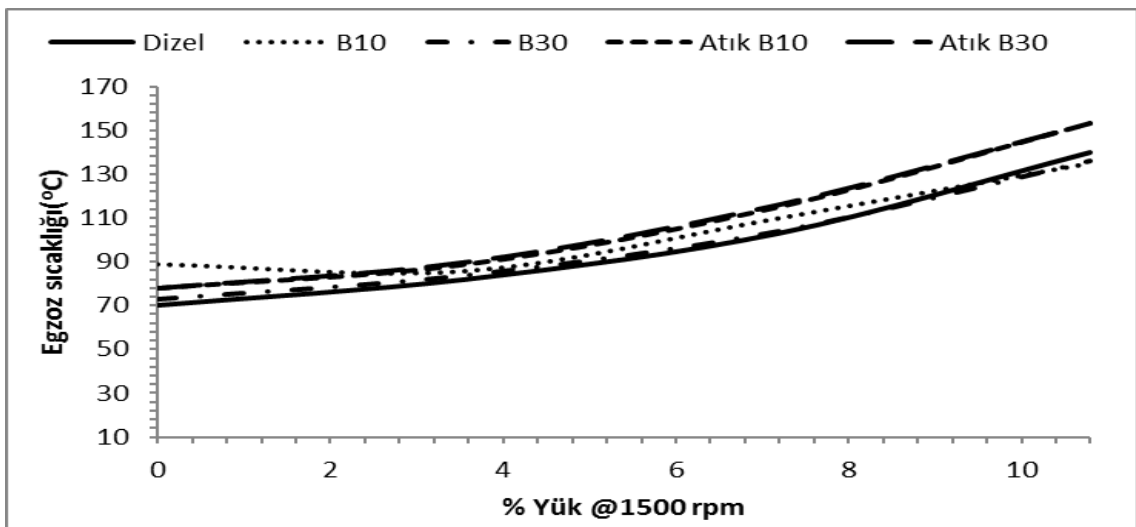
Şekilden gözlemlenecek olursa atık pamuk yağı biyodizeli ve pamuk yağı biyodizel yakıtlarının özellikle yüksek yüklerde termal verim değerlerinin dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yanmanın daha verimli olarak gerçekleştiği anlamına gelmektedir.



Şekil 4.8. Termal verim değerlendirilmesi

4.2.4. Egzoz sıcaklığı değerlendirilmesi

Test yakıtları karşılaştırıldığında egzoz gazı sıcaklığı biyodizel yakıtların egzoz gazı sıcaklığının daha yüksek olduğu görülmektedir. Yanmanın geç safhalarında sıcaklığın yüksek seyrettiği anlamına gelmektedir.

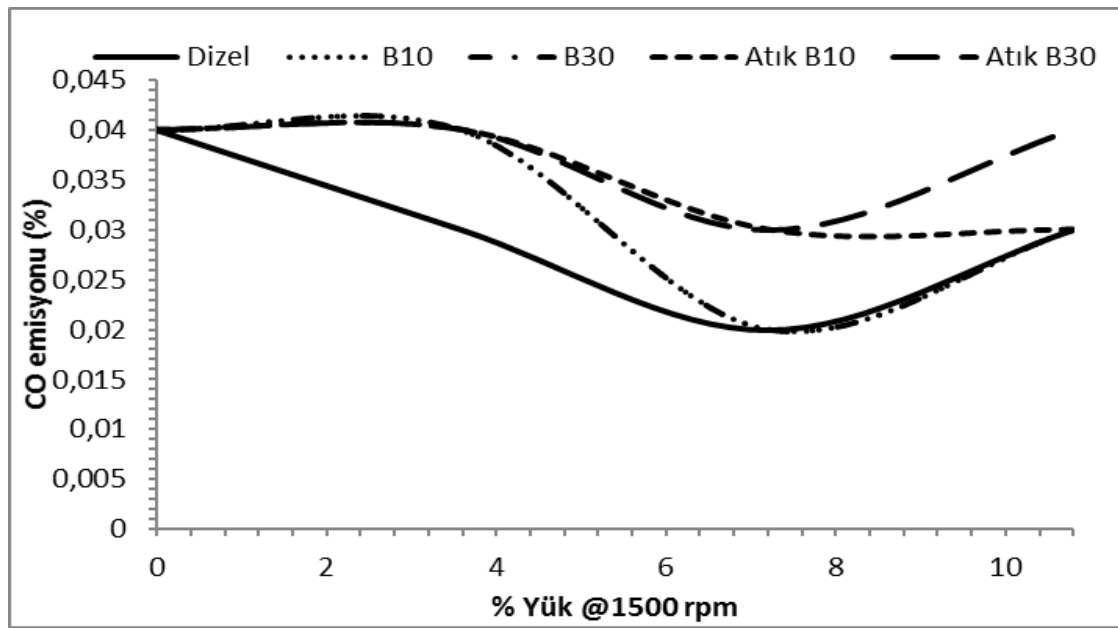


Şekil 4.9. Egzoz gazı sıcaklığı değerlendirilmesi

4.3. Emisyon Sonuçları

4.3.1. Karbonmonoksit (CO) emisyon değerleri

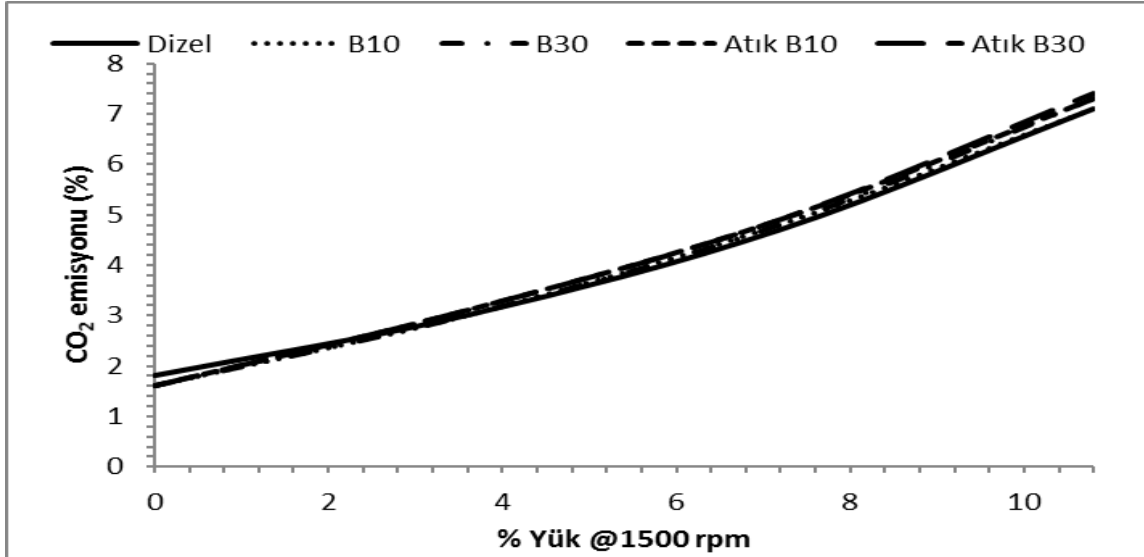
Yük arttıkça CO değerlerinde genel bir azalma söz konusudur. Özellikle dizel eğrisinde daha belirgindir. Diğer yakıtlarda 3.6 kW yük bölgesindeki değerinin yüksek kalması farklılaşmasına neden olmuştur. Eğrilerin motorun sıcaklığının artmasıyla beraber yanmanın iyileşmesi CO emisyonunu azaltmıştır. Biyodizel yakıtların genel anlamda CO emisyonları daha yüksek seyretmiştir. Bu olumsuz bir parametre olarak görülebilir. Ancak genel olarak CO emisyonu tüm yakıtlar için %0.04 değerinde olması istenilen değerlerdedir.



Şekil 4.10. Karbonmonoksit emisyon değerleri

4.3.2. Karbondioksit (CO₂) emisyonlarının değerleri

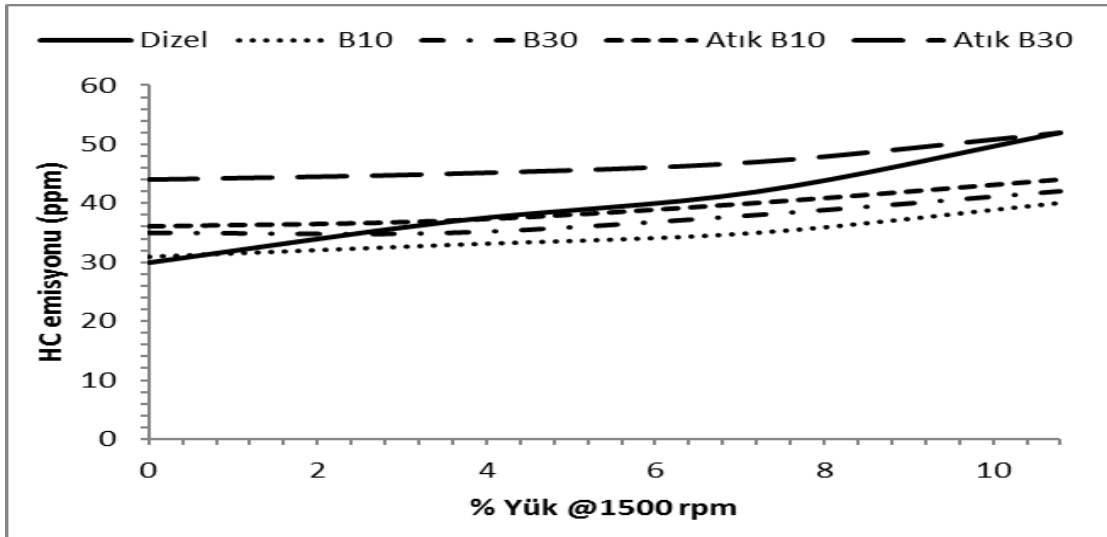
Tüm yakıtlar için CO₂ emisyonunun yüke bağlı artış gösterdiği gözlemleniyor. CO₂ emisyonunun artması tam yanma ürünü olan CO₂ emisyonunun artması yanmanın iyileştiği anlamına gelmektedir. Yakıtları karşılaştırdığımızda biyodizel yakıtlarının yanma verimlerinin yüksek olmasından dolayı özellikle orta ve yüksek yüklerde CO₂ emisyonu dizel yakıtına göre daha yüksek olmuştur.



Şekil 4.11. Karbondioksit emisyon değerleri

4.3.3. Hidrokarbon (HC) emisyonlarının değerleri

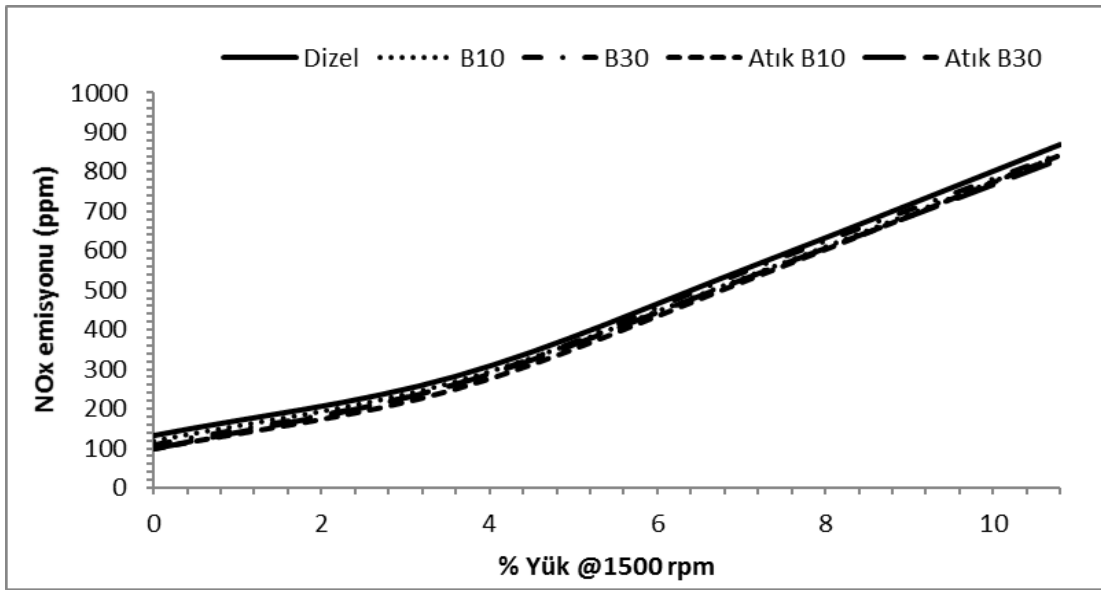
Motor yükü arttıkça yüksek yüklerde HC emisyonlarının biyodizel yakıtları için daha düşük seyretmesi karışım biyodizel yakıtları için yanmanın daha iyi olduğu anlamına gelmektedir. Bu değerler benzinli motorlara göre oldukça düşük değerlerdir. Dolayısıyla HC emisyon değerleri tüm yakıtlar için düşük seyretmiştir. Yüklü durumlarda biyodizel yakıtları için HC emisyonları dizel yakıtına göre daha düşük seyretmesi bu durumun biyodizelin yanma veriminin yüksek olmasını sağlamıştır.



Şekil 4.12. Hidrokarbon emisyon değerleri

4.3.4. Azotoksit (NO_x) emisyonlarının değerleri

Literatürdeki bilgiler ışığında değerlendirildiğinde NO_x emisyonlarının dizel motorları için yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Yüksek sıcaklıklarda +1800°K yüksek sıcaklıklarda azotun hava ile reaksiyona girmesi sonucu NO_x emisyonları oluşuyor. Yük arttıkça sıcaklık arttığından tüm test yakıtları için NO_x emisyon değerleri artmıştır. Biyodizel yakıtları ile dizel yakıtı karşılaştırıldığında biyodizel yakıtlarının NO_x emisyonu dizel yakıtına göre daha düşük seyretmiştir.



Şekil 4.13. Azotoksit emisyon değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada pamuk yağının normal ve atık hallerinden elde edilen biyodizelin dizel yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak motor üzerindeki yanma, performans ve emisyon sonuçları gözlemlenmiştir.

Motor testleri incelendiğinde; yanma deneylerinde silindir basıncı, ısı salınım hızı, toplam ısı salınımı, ortalama gaz sıcaklığı ve kütleli yanma parametrelerinde yükün artmasıyla birlikte biyodizel yakıtların dizel yakıtlara benzer özellikler göstermiştir.

Performans sonuçlarında kütleli yakıt tüketiminin dizel yakıtların biyodizel karışımı yakıtlarına göre düşük olmuştur. Ancak termal verim ve egzoz gazı sıcaklıkları incelendiğinde biyodizel karışım yakıtlarının termal verimleri ve egzoz gazı sıcaklıkları daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir.

Yakıtların emisyon sonuçları incelendiğinde CO emisyon değerleri biyodizel karışımı yakıtların daha yüksek değerde seyretmiştir bu durum olumsuz bir parametre olarak gösterilebilir. Ama %0.04 istenilen sınırlar içerisindedir. Tüm yakıtlar için CO₂ emisyonu yüke bağlı olarak artmaktadır. HC emisyonlarında motor yükü arttıkça biyodizel karışım yakıtları için daha düşük seyretmesi bu durum yanmanın daha iyi olduğu anlamına gelmektedir. NO_x emisyonlarında biyodizel karışımı yakıtlarının dizel yakıtlarına göre düşük seyrettiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak biyodizelin dizel yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabileceği hakkında önemli fikirler vermektedir.

6. KAYNAKLAR

Agarwal, A., K. “Biofuels (Alcohols And Biodiesel) Applications As Fuels For Internal Combustion Engines”, *Progress In Energy And Combustion Science* , vol.33, pp.233-271, 2007.

Akyarlı,A., “ Biyodizelin yakıtın uluslar arası standartlarda üretimi” Bioenerji Sempozyumu _zmir 2004

Alptekin, E. ve Çanakçı, M., 2008, Farklı Hammaddelerden Üretilen Metil Ester ve Gliserinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim.Fak. Der.*, 23(3), 549-556ss.

Altın, R., Çetinkaya S., Yücesu S.,““The Potential of Using Vegetable Oil Fuels as Fuel for Diesel Engines””, *Energy Conversion and Management*, 42: 529-538, (2000).

Fukuda, H., Kondo A. and Noda H., 2001, Biodiesel Fuel Production by Transesterification of ois, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 92: 405-416pp.

Altın, Ş. ve Gür, M.A., “Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarda kullanımı”, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (3): 35-42 (2005).

Anbarasu, A., Saravanan, M., Loganathan, M., 2013, The effect of ethanol addition in a biodiesel operated DI diesel engine on combustion, performance, and emission characteristics, *International Journal of Green Energy*, 10(1):90-102.

Aydın, A. ve Keskin, A., 2000, Dizel motorlarda motorin, bitkisel yağlar ve alkol karışımlarının performans ve emisyonu etkilerinin araştırılması, *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü V. Ulusal Sempozyumu*, Elazığ, 149-158ss.

Blumberg, P.N., ve Fort. E.F., “Performance and durabiitiy of a Turbocharged diesel fueled with cotton seed oil blends, Vegetable Oils Fuels”, *Proceedings of The International Conference on Plant And Vegetable Oils as Fuels*, ASAE August 1982.

Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen, A. 1992. İçten yanmalı motorlar Cilt I. Teknik Eğitim Vakfı yayınları -2. ISBN: 975-95300-0-7. Ankara.

Çanakçı,M., “ Atık kızartma ve hayvansal yağların biyodizel üretiminde kullanımı” V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu” 26-28 Mayıs 2004 s : 535- 546

Cangı, A.A., 2007, 7. Ulusal çevre müh. kongresi, yaşam çevre teknoloji, Ekim 2007, İzmir.

Chen, H., Shi-Jin, S., Jian-Xin, W., 2007, Study on combustion characteristics and PM emission of diesel engines using ester-ethanol-diesel blended fuels, *Proceedings of the Combustion Institute*, 31(2):2981-2989.

Çelik, M., 2005, Biyodizel Üretiminde Yıkama Prosesinin Yakıt Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Sanlı, H.**,

Çelik, M., Özgören, Y.Ö., 2017, The determination of effects of soybean and hazelnut methyl ester addition to the diesel fuel on the engine performance and exhaust emissions, *Applied Thermal Engineering*, 124:124-135.

Ciniviz, M., “Dizel motorlarında dizel yakıtı ve lpg kullanımının performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-80 (2001).

Demirbaş, A., 2003, Biodiesel fuels from vegetable oil via catalitic and non-catalitic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey, *Energy Convers Mgmt* 44:2093-56

Demir, B.,“Küçük Ölçekli Bir Biyodizel Sisteminin Oluşturulması, Elde Edilen Pamuk Yağı Metil Esterin Motor Performans Testleri, Enerjetik ve Ekserjetik Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-2,76,83,89,122-129, (2009).

Fang, Q., Fang, J., Zhuang, J., Huang, Z., 2013, Effects of ethanol–diesel–biodiesel blends on combustion and emissions in premixed low temperature combustion, *Applied Thermal Engineering*, 54(2):541- 548.

Fangrui, M., Milford, A.H., “ Biodiesel production: a review” *Biosource Technology* 70 : 1-15

Fukuda, H., Kondo A. and Noda H., 2001, Biodiesel Fuel Production by Transesterification of oils, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 92: 405-416pp. BP Statistical Review of World Energy , Haziran 2002

Gubler, R.; 2006, Marketing Research Report – Biodiesel. SRI Consulting.

Hepbaşlı, A., Utlu, Z., Akdeniz, C., 2007, Energetic and Exergetic Aspects of Cotton Stalk Production in Establishing Energy Policies, *Energy Policy*, 35(5) 3015-3024 (2007).

Hoda, N., Erzenin, L., Budama, M., 2007, NaOH ve Methanol kullanarak transesterifikasyon ile pamuk yağından biyodizel üretiminin optimizasyonu, 21. Ulusal Kimya Kongresi, İnönü Üniversitesi, Malatya.

İlkılıç, H., Yücesu, S., 2002, Değişik enjeksiyon basınçlarında ayçiçeği yağı metil esteri ile dizel yakıtı karışımının dizel motoru egsoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi, 7. Uluslar arası yanma sempozyumu, temmuz 2002, Ankara.

Johansson, T., McCarthy, S., 1999, Global warming post-Kyoto: continuing impasse or prospects for progress? *Energy DevRep Energy* 1999:69–71.

Karabektaş, M., Ergen, G., Hoşöz, M., “The Effects of Preheated Cottonseed Oil Methyl Ester on The Performance and Exhaust Emissions of a Diesel Engine”, *Applied Thermal Energy*, 28: 2136-2143, (2007).

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

Karabektaş, M., Ergen, G., “Taşıtlarda doğalgaz kullanım teknolojileri” 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, Karabük, 1-6 (2009).

Karaosmanoğlu, F., “Vegetable oil fuels: A Review”, *Energy Sources*, Vol.21, 221-231, (1999).].

Karaosmanoğlu, F., 2004, Biyomotorin ve Türkiye, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Karaosmanoğlu, F. “Biyomotorin Ve Türkiye”, <http://www.biyomotorinbiodiesel.com/biomoto.html> (Erişim tarihi:16 Haziran 2010)

Kocagöz, S., “Çift yakıtlı (lpg-dizel) dizel bir motorda hacimsel verimin performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-56 (2009).

Körbitz W., 1999, Biodiesel Production In Europe And North America, *Renewable Energy* (1999) 1078-1083.

- Marchetti J, Miguel V, Errazu A**, 2005, Possible Methods For Biodiesel Production Renewable And Sustainable Energy Reviews 11 (2007) 1300–1311
- Milford A. Hana, A., Isom, L.**, 2008, Biodiesel Current and Future Perspectives, Handbook of Plant-Based Biofuels, page171-176.) Karaosmanoglu, F., 2002. Türkiye için Çevre Dostu Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı: Biyomotorin. Ekojenerasyon Dünyası-Kojenerasyon Dergisi, ICCI Özel Sayısı, 50-56.
- Monyem, A.**, Gerpen, Jon H. V., “The Effect of Biodiesel Oxidation on Engine and Emissions”, *Biomass and Bioenergy*, 20: 317-325, (2001). Leung, D.Y.C., Koo, B.C.P. and Guo, Y., 2006. Degradation Of Biodiesel Under Different Storage Conditions. *Bioresource Technology* 97, 250–256.
- Nas, S., Gökalp, H.Y., Ünsal, M. (2001). Bitkisel Yag Teknolojisi, **Mühendislik Fakültesi Matbaası**, Denizli, s. 43-58.
- Özer, S., “Butanol kullanımının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-87 (2010).
- Örs, İ., Kahraman, A.**, Ciniviz, M., 2017, Performance, emission, and combustion analysis of a compression ignition engine using biofuel blends, *Thermal Science*, 21(1b):511-522.
- Solomons Graham T. W.**, “Organic chemistry”, *University of South Florida*, USA, 72, 471-473, 705-724 (1996).
- Şoruşbay, C.**, 2004, Karayolu Ulaşımından kaynaklanan CO2 emisyonlarının çevreye etkisi ve kontrolü, mühendis ve makine cilt 48 sayı 564
- Srivasta., A. and Prasad, R.**, 2000, Triglicerit-based diesel fuels, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4: 111-133pp.
- Tashtoush, M.G., Al-Widyan, M.I. and Al-Jarrah M.M.**, 2004, Experimental study on evaluation and optimization of conversion of waste animal fat into biodiesel, *Energy Conversion and Management*, 45: 2697-2711pp.
- Tillem İ.** 2005 Dizel motorlar için alternatif yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı 12-13.
- Tse, H.**, Leung, C.W., Cheung, C.S., 2015, Investigation on the combustion characteristics and particulate emissions from a diesel engine fueled with dieselbiodiesel- ethanol blends, *Energy*, 83:343-350.

Ulusoy Y., Alıbaşı B., 2002, Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Teknik Ve Ekonomik Olarak İncelenmesi Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2002 16: 37-50.

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

Vural, E., “Küçük hacimli direk püskürtmeli bir dizel motorunda püskürtme avansının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-50 (2009).

Wei, L., Cheung, C.S., Ning, Z., 2018, Effects of biodiesel-ethanol and biodiesel-butanol blends on the combustion, performance and emissions of a diesel engine, *Energy*, 155:957-970.

Yücesu H.S., Altın R., Çetinkaya S. “Dizel motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi” *Turkish Journal of Engineering Environmental Sciences*. Vol 25 39-49 ,2001

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Selçuk YAĞIZ
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Maden / 19.01.1991
Telefon : 05457852121
Faks :
e-mail : selcuk.yagiz21@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Fatih Lisesi Bağlar Diyarbakır	2009
Üniversite	: Şırnak Üniversitesi Şırnak	2015
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi Batman	---

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017 --	Dicle EDAŞ	Sorumlu Mühendis

UZMANLIK ALANI

Enerji Sistemleri Mühendisi, Enerji