

## BIYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMLERİ ve ÇEVRESEL ETKİLERİ

<sup>1</sup>Zafer Ömer ÖZDEMİR, \*<sup>2</sup>Halil MUTLUBAŞ

ozdemirz@gmail.com, halil\_mutlubas\_45@hotmail.com

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, 39100, Kırklareli

\*<sup>2</sup> Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği, 39100, Kırklareli

### Özet

Fosil kaynaklı yakıtlar birçok alanda kullanılmaktadır ve ülke ekonomilerinde önemli bir yer tutmaktadır. Fosil kaynaklı yakıt rezervlerinin her geçen gün azalması enerji krizlerine neden olmaktadır. Ayrıca fosil yakıtlı kaynakların kullanımından kaynaklanan çevresel etkilerde gün geçtikçe artmaktadır. Oluşan sorunlara çözüm bulabilmek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artış göstermektedir. Biyokütle (Biyoenerji) enerjisi sınıfının alt dalı olan biyodizel, dizel motorlarda kullanılabilen hayvansal ve bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen alternatif bir yakıttır. Biyodizel; sürdürülebilir, çevre dostu, toksik etkisi olmayan, dizel motorlarda modifikasyonla kullanılabilen bir alternatif yakıttır. Bu çalışmanın amacı, biyodizel üretim yöntemlerini açıklamak ve biyodizelin çevresel etkileri, avantajları-dezavantajları hakkında bilgi vermektir.

**Anahtar kelimeler:** Biyoenerji, Biyodizel, Biyodizelin Çevresel Etkileri, Enerji Kaynakları, Sürdürülebilirlik

## BIODIESEL PRODUCTION METHODS AND ENVIRONMENTAL EFFECTS

### Abstract

Fossil fuels are used in many areas and has an important place in the national economy. Every day decline of fossil fuels leads to economic crisis. Also fossil fuels can be cause of increasing in the environmental impact. There is an increased interest in renewable energy sources, because of the finding solutions to environmental problems which fossil fuel dependent. Which is a kind of biomass energy, (bioenergy), biodiesel, can be used in diesel engines as an alternative fuel. Biodiesel is produced from renewable resources such as vegetable and animal oils. Biodiesel is sustainable, environmentally friendly, non-toxic, an alternative fuel for diesel engines. The purpose of this study, is to provide information about the biodiesel production methods, environmental impact of biodiesel advantages and disadvantages.

**Keywords:** Bioenergy, Biodiesel, Environmental Effects of Biodiesel, Energy Resources, Sustainability

<sup>2\*</sup> Halil MUTLUBAŞ, halil\_mutlubas\_45@hotmail.com

## 1. GİRİŞ

Enerji, insanlık için vazgeçilmez unsurlardan biridir. Ekonomik kalkınmanın temelini teşkil etmektedir. Dünya nüfus oranının her geçen yıl artmasıyla birlikte enerjiye olan talepte artmaktadır [1, 2]. Kullanılan enerji kaynaklarının ortalama %80'i fosil kaynaklı yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtlarında %70'ini kömür, %20'sini petrol ve %10'nu da doğalgaz oluşturmaktadır [3]. Fosil kaynakların kullanım oranları doğrultusunda yapılan analizlere göre mevcut olan rezervlerin depo miktarları ortalama 100 yıl içerisinde büyük oranda azalma gösterecektir. Ayrıca fosil kaynaklı yakıtların CO<sub>2</sub> salımı göz önüne alındığında çevre kirliliğinin 2030'lu yıllarda %50 oranında artacağı tahmin edilmektedir [4]. Son yıllarda petrol kaynaklarının giderek azalması, sürekli olarak artan petrol fiyatları ve fosil yakıtların kullanımı ile oluşan olumsuz çevresel etkiler; enerji arayışını alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasında ve geliştirilmesinde birçok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında yenilenebilir "*Biyokütle Enerjisinin*" önemi büyüktür. Hayvansal ve bitkisel kökenli maddeler biyokütle enerji kaynağı sınıfında yer alır [5]. Tablo.1'de gösterildiği gibi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan biyokütle enerjisinin alt konusu olan biyodizel, bitkisel veya hayvansal kaynaklı yağlardan elde edilen alternatif bir yakıttır. Biyodizel yakıtının üretimi diğer alternatif enerji kaynaklarına göre (rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi) daha kolaydır. Düşük maliyette elde edilmesinden dolayı üretimi her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte sürdürülebilir bir enerji çeşidi olan biyodizel, sanayi, tarım ve çevre alanlarının birlikte çalışmasını sağlayarak özellikle kırsal kesimde yeni iş sahaları oluşturmaktadır [6].

**Tablo 1.** Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [7].

<b>Yenilenebilir Enerji Kaynakları</b>	<b>Klasik Enerji Kaynakları</b>
Güneş Enerjisi Rüzgâr Enerjisi Jeotermal Enerji Hidrolik Enerji Biyokütle Enerjisi (Biyodizel)	Fosil Kaynaklı Yakıtlar Nükleer Enerji Kaynakları

## 2. BİYODİZEL YAKITININ SPESİFİK ÖZELLİKLERİ

Günümüzde motorlu taşıtlarda en çok kullanılan yakıt petroldür. Petrol rezervlerin ömürlerinin kısılmasıyla birlikte petrol fiyatlarında artışlar görülmektedir. Ayrıca petrolün doğaya verdiği zararlar göz önüne alındığında, petrole alternatif olacak bir enerji kaynağının ortaya çıkarılması kaçınılmazdır. Alternatif dizel yakıtlarda kullanılan hammaddeler bitkisel ve hayvansal kökenli yağlardır. Biyodizel, kimyasal olarak hayvansal ya da bitkisel yağlardan elde edilen yağ asidi zincirinin mono alkil esteri olarak tanımlanır. “Biyo” kelimesi yakıtın canlı kaynaklı (hayvansal ve bitkisel yağlar) olduğunu, “dizel” ise motorlu dizel taşıtlarda kullanımını ifade etmektedir. Hayvansal ve bitkisel yağların yakıt olarak kullanabilmelerini sağlamak amacıyla iki alanda çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bunlardan birincisi bitkisel ve hayvansal yağların yakıt özelliklerinin ıslah edilmesi, ikincisi ise motorlu taşıtların motor tipinin değiştirilmesi yönündedir [8]. Hayvansal ve bitkisel yağların yakıt özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapılan ıslah çalışmalarında yağların viskozitelerinin azaltılması amaçlanmıştır. Viskozitelerin azaltılmasında, kimyasal ve ısıl olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır [9]. Isıl yöntemde, yağların viskozitesinin ön ısıtma ile düşürülmesi amaçlanmıştır. Ancak ısıl yöntemin hareketli bir motor üzerinde uygulanması sırasında meydana gelen problemler sebebiyle kimyasal yöntemler daha çok kullanılmaktadır [10].

**Tablo 2.** Hammadde Kaynaklarının Yağ Özelliklerinin İyileştirilmesi [11].

VİSKOZİTENİN AZALTILMASI	
ISIL YÖNTEM	KİMYASAL YÖNTEM

Tablo 2’de bahsedilen yöntemler içinde en yaygın olanı transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon yöntemi, trigliserit molekülünün alkol ve baz ile reaksiyona girerek, yağ esterleri ve gliserin oluşum süreci olarak tanımlanır. Alternatif enerji kaynaklarından olan biyodizel, transesterifikasyon reaksiyonu ile elde edilir [12].

Stokiyometrik hesaplamalarda transesterifikasyon tepkimesi için alkol ve yağın mol oranının en az 3:1 olması gerekir. Tepkimede alkol olarak metil alkol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ , MeOH) kullanılırsa, tepkime

sonunda 3 mol yağ asidi metil esteri ve 1 mol gliserin elde edilir [13]. MeOH kullanımı, piyasadaki diğer alkollere göre daha verimli sonuçlar sağlamaktadır ve düşük maliyette elde edilmektedir. Ayrıca biyodizel üretiminde, etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), izopropil alkol (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH) ve bütil alkol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH) gibi alkollerde kullanılmaktadır [14]. Farklı alkollerin kullanılması reaksiyon şartlarını değiştirmektedir ve biyodizel üretimini zorlaştırmaktadır. Transesterifikasyon reaksiyonlarında tepkime hızını artırmak için baz kullanılır. Kullanılan bazlar genellikle sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksittir (KOH) [14, 15].

**Tablo 3.** Dizel ve Biyodizel Yakıtların Teknik Özelliklerinin Kıyaslanması [16–18]

Yakıt Özellikleri	Birim	Sınır Değeri (Min.-Max.)	Biyodizel	Dizel
Kapalı Formül			C <sub>19</sub> H <sub>35,2</sub> O <sub>2</sub>	C <sub>12,226</sub> H <sub>23,29S0,0575</sub>
Molekül Ağırlığı	g/mol		296	120-320
Özgül Ağırlığı (15 °C)	kg/L	0,875-0,90	0,87-0,88	0,82-0,86
Kinematik Viskozite-40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2-4,5	4,3	2,5-3,5
Tutuşma Katsayısı	Setan sayısı	49-...	>55	49-55
Alevlenme Noktası	°C	55-...	>100	>55
Su Miktarı	mg/kg	...-200	<300	<200

Tablo 3'te gösterildiği gibi dizel ve biyodizel yakıtların özellikleri kıyaslandığında büyük farklar olmadığı görülmektedir. Ayrıca biyodizelin alevlenme noktası, dizel yakıtlardan daha yüksektir. Biyodizelin bu özelliği sayesinde kullanımı, taşınması ve depolanması daha güvenilir bir şekilde sağlanır. Petrol kaynaklı dizelin kalitesini arttırmak için biyodizel ile belirli oranlarda karıştırma işlemi yapılır. Örneğin:

B20-(%20 Biyodizel-%80 Dizel)

B40-(%40 Biyodizel-%60 Dizel)

B60-(%60 Biyodizel-%40 Dizel)

B80-(%80 Biyodizel-%20 Dizel)

B100-(%100 Biyodizel)

Dizel-biyodizel karışımlarındaki amaç, yanma sonucunda oluşan zararlı gazların çevreye salınım oranını düşürmek, motorlardaki yağlanma derecelerini arttırarak, motor gücünü azaltan birikintilerin çözülmesi sağlamaktır [19]. Laboratuvarında biyodizel üretim basamakları şunlardır:

### **2.1. Baz ve Alkolün Karıştırılması**

Genellikle kullanılan bazlar kostik soda olarak bilinen NaOH veya KOH'tur. Baz, karıştırıcı yardımı ile alkolün içerisinde çözdürülür [20].

### **2.2. Transesterifikasyon Basamağı**

Bitkisel veya hayvansal yağ manyetik ısıtıcıda 55 °C veya 60 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra alkol-baz çözeltisi (MeOH-NaOH/KOH) ilave edilir [21].

Transesterifikasyon reaksiyonunun tamamlanması için ortalama 80 saat beklemeye bırakılır. 80 saat sonunda biyodizel-gliserin'den oluşan iki fazlı karışım elde edilir [22].

### **2.3. Ayırma İşlemi**

Gliserin-biyodizel karışımı ayırma hunisiyle yoğunluk farkına dayalı olarak ayrılır. Gliserinin yoğunluğu daha yüksek olduğu için alt fazda gliserin, üst fazda yağ asidi alkol esteri (biyodizel) toplanır. Her iki fazda da eser miktarda alkol bulunmaktadır.

### **2.4. Alkolün Uzaklaştırılması**

Fazlar birbirinden ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol damıtma işlemiyle ya da flaş buharlaştırma işlemiyle uzaklaştırılır. Her iki fazdaki fazla alkol geri kazanılır.

### **2.5. Gliserinin Nötralizasyonu**

Gliserin, baz ve sabun kalıntıları içerdiği için yan ürün olarak ham gliserin tanklarda biriktirilir. Alkol ve su kalıntıları uzaklaştırılarak ham gliserin elde edilir. Elde edilen gliserin ilaç ve kozmetik sektöründe kullanılmaktadır [23].

### **2.6. Metil Esterleri Yıkama İşlemi**

Biyodizel –gliserin karışımı ayrıldıktan sonra, biyodizel içerisinde bulunan eser miktardaki sabun ve baz saf su ile yıkanarak uzaklaştırılır. Reaksiyon karışımı nötr hale getirilir. Sonuç olarak açık sarı renkli petrodizele benzer viskoziteli biyodizel elde edilmiş olur.

### 3. BİYODİZELİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Alternatif dizel yakıt olan biyodizel çevre ile uyumludur. Kısa bir süre içerisinde doğada parçalanabilen (%99,5 oranında) bir yakıttır. Tablo.4'te B20 ve B100 oranlarında hazırlanan yakıtlardaki emisyonların karşılaştırılması gösterilmektedir.

**Tablo 4.** Dizel ve Biyodizel Emisyonlarının Karşılaştırılması (% oranla) [23, 24].

Oluşan Emisyonlar	B20	B100
CO (karbon monoksit)	-7	-33
Partikül Madde (PM)	-6,50	-32,50
SO <sub>x</sub> (kükürt oksitler)	-1,62	- 8,07
CH <sub>4</sub> (metan)	-0,55	-3,01
HF (hidroflorik asit)	-3,15	-16,02
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> (hidrokarbonlar)	8,01	37,01
HCl (hidroklorik asit)	3,45	15,04

Dizel ve biyodizel karışımların kullanılmasıyla PM, HF, SO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub> ve CO emisyonlarında azalma görülürken; HCl, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında artma görülmektedir [26]. Tablodaki özelliklerden dolayı biyodizel, karbon döngüsü içerisinde fotosentez yardımıyla CO<sub>2</sub>'yi dönüştürür. Sera etkisini artırıcı bir özelliği bulunmadığı için karbon döngüsünü hızlandırır. Sülfürsüz olduğu için asit yağmurlarına neden olmaz. Biyodizel yakıtların toplam kirli hava oluşturma potansiyelleri dizel yakıtlara oranla %50 daha azdır [27].

Amerikan Çevre Koruma Ajansı'nın programı çerçevesinde geliştirilen biyodizel yakıtının incelenmesiyle yapılan değerlendirme şu şekilde sıralanmıştır:

1. Kirli hava kütlelerinin toplam miktarı dizel yakıtlardan %50 daha azdır. SO<sub>2</sub> emisyonuna bağlı olarak oluşan asit yağmurları gözlenmemiştir.
2. CO, PM ve yanmamış hidrokarbonlar N14 Dizel motorunda test edilerek miktarlarında ciddi azalmalar görülmüştür.
3. NO<sub>x</sub> emisyonu motor özelliğine bağlı olarak artmakta veya azalmaktadır. Analizler sonucunda NO<sub>x</sub> emisyon miktarı %13-14 arası artış göstermiştir. Fakat biyodizel yakıtlarda kükürt bulunmadığı için egzoz emisyonu azaltma teknolojileri biyodizel yakıtlara kolayca

uygulanabilmektedir. Böylece NO<sub>x</sub> miktarlarını kontrol etmek kolaylaşmıştır.

4. Biyodizel yakıtlar, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen birçok çevresel faktörü ortadan kaldıracaktır. Dizel yakıtlardaki hidrokarbon türevlerinin emisyonları ortalama %80-90 oranında azalmıştır. Bu durum biyodizelin çevre dostu bir yakıt olduğunu göstermektedir. Tablo.5'te emisyon maddelerinin insan sağlığına etkileri listelenmiştir.

**Tablo 5.** Emisyon Maddelerinin İnsan Sağlığına Etkileri [27, 28]

Emisyon Maddesi	Etkileri
CO	Kalp rahatsızlıkları, metabolizmada yavaşlama
CO <sub>2</sub>	Akut astım ve nefes hastalıkları
SO <sub>x</sub>	Akut nefes yetmezliği
Pb <sub>x</sub> O <sub>x</sub>	Alyuvar kanseri, kemik iliği kanseri
Hidrokarbonlar	Kanser

### 3.1. Biyodizel Üretim Teknolojilerinin Karşılaştırılması

#### 3.1.1. Seyreltme Yöntemi

Seyreltme işlemi; bitkisel ve atık yağların belirli oranlarda bir çözücü veya bir dizel yakıtla karıştırılarak inceltmesi işlemidir. Bu işlemlerden en yaygın olanı yağların dizel yakıt ile karıştırılması işlemidir. Böylelikle yağın viskozitesi düşürülür ve dizel yakıt kullanım oranı azaltılır [30]. Yapılan uygulamalarda yağların, dizel yakıtlarla karıştırılma oranları şu şekilde ifade edilir: B20, B30, B40, B50, B80 şeklindedir. Kısacası %20, %30, %40, %50 ve %80 oranlarında bitkisel, hayvansal veya atık yağ bulunmaktadır. Biyodizel üretiminin seyreltme yönteminde kullanılan yağlar; yer fıstığı yağı, kolza yağı, ayçiçeği yağı ve atık yağlardır [31].

#### 3.1.2. Mikroemülsiyon Oluşturma Yöntemi

Mikroemülsiyon, karışmayan iki sıvı ile iyonik ya da iyonik olmayan organik karışımların (1-150 nm boyutlarında) kendi arasında oluşturduğu koloidal bir çözeltilidir. Bu yöntem ile alternatif dizel yakıtlar meydana getirmek mümkündür. Bu yöntemde kullanılan organik maddeler kısa zincirli alifatik alkollerdir (MeOH, EtOH) [32].

#### 3.1.3. Piroliz Yöntemi

Tanım olarak piroliz; yüksek sıcaklıklara sahip yüksek moleküllerin, daha düşük seviyeli moleküllere dönüşmesi işlemidir. Genel olarak piroliz işlemi iki şekilde yapılır. Birinci yöntemde, bitkisel yağlar kapalı bir kap içerisinde ısı etkisiyle parçalanır. İkinci yöntemde ise,



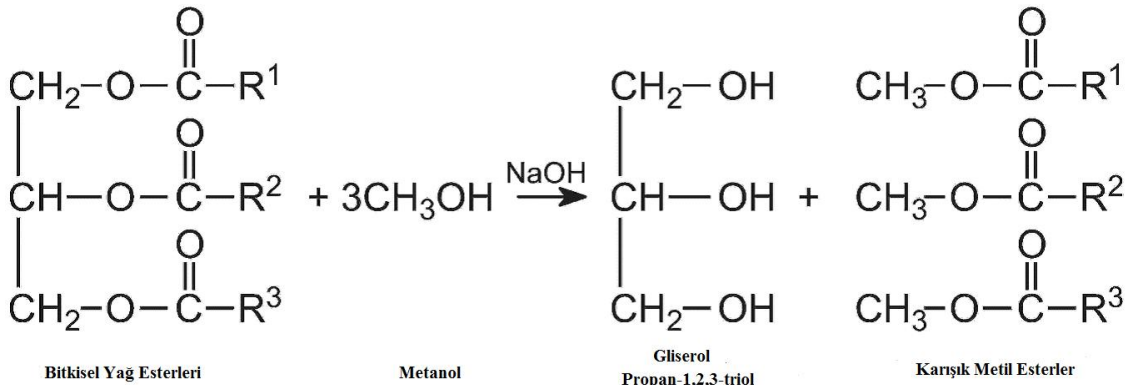
standart olarak hazırlanan maddeler kullanılarak damıtma işlemiyle bitkisel ve atık yağlar ısı olarak parçalanır. İkinci metot ile elde edilen biyodizel, dizel yakıtlara daha yakın özellikler gösterir [33].

### 3.1.4. Transesterifikasyon Yöntemi (İç Ester Değişim Reaksiyonu)

Transesterifikasyon yöntemi, hayvansal ve bitkisel yağların kısa zincirli alkollerle reaksiyona girmesi sonucu biyodizel oluşturmaktadır. Genel olarak, MeOH ve EtOH kullanılır. Yukarıda ayrıntılı olarak transesterifikasyon yönteminden bahsedilmiştir [34]. Şekil.1’de teorik transesterifikasyon reaksiyonu (iç ester değişimi) gösterilmektedir.

**Tablo 6.** Kimyasal Yöntemlerle Üretilen Biyodizelin Karşılaştırılması

Yöntem	Avantajı	Dezavantajı
Seyreltme	Doğal sıvı, yenilenebilir özellik, kullanıma hazır.	Yüksek derecede viskozite, düşük miktarda uçuculuk, doymamış hidrokarbonların aktifliği.
Mikroemülsiyon	Yanma esnasında iyi derecede spreyleme, düşük viskozite.	Düşük miktarda enerji içeriği ve düşük setan sayısı.
Piroliz	Petrol kökenli olan dizel ve benzine kimyasal yönden benzerlik gösterir.	Maliyeti yüksektir.
Transesterifikasyon	Yüksek miktarda setan sayısı, yenilenebilir özellik, yüksek yanma verimi ve düşük miktarda emülsiyon içerir.	Biyodizelden suyun ve gliserinin ayrılması zordur.



**Şekil 1.** Transesterifikasyon reaksiyonu [35]

### 3.2 Biyodizelin Sağladığı Avantajlar ve Oluşturduğu Dezavantajlar

#### 3.2.1 Biyodizelin Sağladığı Avantajlar

1. Biyodizel yakıtının kimyasal ve fiziksel özellikleri motorlarda yanma verimini olumlu yönde etkilemektedir.
2. CO ve SO<sub>x</sub> emisyonlarında azalma sağlarlar.
3. Biyodizel-dizel karışımlarının kullanılmasıyla PM, HF, SO<sub>x</sub>, CO ve CH<sub>4</sub> emisyonlarında azalma gerçekleşirken; HCl, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarında artma göstermektedir.
4. Biyodizel yakıtı dizel yakıt ile belirli oranlarda kullanıldığı gibi %100 oranında da kullanılabilir.
5. Biyodizelin yapısındaki C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> metil esterleri hızlı ve kolayca parçalanarak çözülür. Biyolojik olarak ayrımı gerçekleşir. Toksik etkisi bulunmamaktadır.
6. Biyodizel çevre dostu, alternatif bir enerji kaynağıdır.
7. Dizel yakıtlar ile karşılaştırıldığında CO<sub>2</sub> salımı görülmediği için sera etkisi oluşturmaz.
8. Biyodizelin tutuşma derecesi, dizel yakıtlardan daha yüksektir. (>110 °C) Bu özelliği sayesinde depolanması ve taşınması güvenilirdir [36].

#### 3.2.2 Biyodizelin Oluşturduğu Dezavantajlar

1. Akma noktası dizel yakıtlara göre daha yüksektir. Bitkisel yağların hammadde kaynağı olarak kullanılmasını etkileyen başlıca faktör viskozitelerinin yüksek olmasıdır [37].
2. Hammadde olarak kullanılan bitkisel yağların tohumlarının, ekstrakte edilme işleminde tohum zarının çıkarılmamasından dolayı egzoz borularında ve filtrelerde tıkanmaya neden olmaktadır.
3. Diğer bir sorun ise yakıt olarak kullanılacak bitkisel yağın doymamış yağ içermesidir. Doymamış yağlar, yağlanma yapısına katılarak ortamda polimerizasyonu arttırıp motoru tahrip etmektedir. Bu durum sonucunda viskozite artışı görülmektedir [38].
4. Biyodizel yakıtlar soğuk hava şartlarından kolay etkilenmektedir. Dizel yakıtlara göre düşük bulutlanma noktasına sahiptir. Isıl miktarı dizel yakıtlardan düşük olduğu için motorda yanma sonucunda enerji kaybına neden olmaktadır [39].
5. Saf olarak kullanılan biyodizel (%100), motor parçalarında tahribe sebep olduğundan bu parçaların uygun parçalarla yer değiştirilmesi gerekir. Ekonomik olarak maliyeti

yüksektir[40].

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Birincil enerji kaynaklarının tükenebilir olmasından dolayı enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Biyokütle enerji alt başlığı olan biyodizel, çevre dostu bir yakıttır. Biyodizelin sistemli üretimine geçildiğinde ekonomik kalkınma sağlanacaktır. Bölgesel bir enerji kaynağı olmadığı için dünyanın hemen hemen her yerinde üretimi yapılabilir. Biyodizel yakıtı, tarımsal ve hayvansal ürünlerden elde edilen alternatif bir enerji kaynağıdır. Petrol kaynaklarının giderek azalması ve petrol ithalatçıların, petrol bağımlısı ülkelere getirmiş olduğu ekonomik etkiyi azaltmak için araştırmalar alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir.

Ayrıca biyodizel tarımsal ekonominin ve bitkisel yağ sanayinin gelişimine büyük katkı sağlayacaktır. Biyodizel, çevreye zarar vermeden toprakta kolayca çözülebilen, toksik etkisi olmayan bir enerji kaynağıdır. Sadece NO<sub>x</sub> emisyonları barındıran biyodizelin egzoz gazı emisyon miktarları düşüktür. CO<sub>2</sub> salımı olmadığı için sera etkisi oluşturmaz. Dizel motorlarda kullanımında herhangi bir modifikasyon işlemine gerek yoktur.

Ayrıca istenilen oranlarda dizel yakıtlarla karıştırılarak kullanılabilir veya saf halde kullanılabilir. Vuruntu eğiliminin düşük olmasının sebebi ise yüksek miktarda setan sayısına sahip olmasıdır. Parlama noktası 100 °C'den fazla olduğu için taşınması ve depolanması sağlıklı bir şekilde yapılır.

Dizel yakıtlara nazaran biyodizel yakıtlar daha stabildir. Depo esnasında fazla bekletilmiş biyodizel yakıtı asidik yapıya dönüşerek çökeltiler oluşturmaktadır. Bu durumdan dolayı NO<sub>x</sub> emisyonları kısmen artış göstermektedir. Soğuk havalarda bulutlanma noktası düşüktür.

Biyodizel üretiminde yeterli potansiyele sahip ülkeler tarım sektöründe yağlı tohum bitkilerinin üretimine ağırlık vermelidir. Hızla artan nüfus, paralelinde enerjiye olan talebi de arttırmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanması ve ekonomik refah düzeyine çıkılabilmesi için “*Biyodizel Yakıtlara*” gereken önemin verilmesi şarttır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kırklareli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından, KLÜBAP-088 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Qiul, J., Fan, X., and Zou, H., “Development of biodiesel from inedible feedstock through various production processes. Review,” *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, vol. 47, no. 2. pp. 102–111, 2011.
- [2] WWF-Türkiye, “Yine Yeni Yeniden Yenilenebilir Enerji,” İstanbul, 2010.
- [3] Panwar, N. L., Kaushik, S. C., and Kothari, S., “Role of renewable energy sources in environmental protection: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 3. pp. 1513–1524, 2011.
- [4] Stigka, E. K., Paravantis, J. A., and Mihalakakou, G. K., “Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 32, pp. 100–106, 2014.
- [5] Kralova, I., and Sjöblom, J., “Biofuels–Renewable Energy Sources: A Review,” *J. Dispers. Sci. Technol.*, vol. 31, no. 3, pp. 409–425, 2010.
- [6] Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., T., Mahlia, M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., and Fayaz, H., “Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 18, pp. 211–245, 2013.
- [7] Jebaraj, S., and Iniyar, S., “A review of energy models,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 10, no. 4. pp. 281–311, 2006.
- [8] Çengelci, E., Bayrakçeken, H., and Aksoy, F., ‘Hayvansal ve Bitkisel Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Dizel Yakıtı ile Karşılaştırılması Animal and Vegetable Oils Obtained Comparison of biodiesel with diesel fuel’, vol. 2011, no. 1, pp. 41–53, 2011.
- [9] Scott, S. A, Davey, M. P., Dennis, J. S., Horst, I., Howe, C. J., Lea-Smith, D. J., and Smith, A. G., ‘Biodiesel from algae: challenges and prospects’, *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 21, no. 3, pp. 277–86, 2010.
- [10] Aksoy, L., ‘Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Biyodizel ve Üretim Prosesleri’, *Electronic Journal of Vehicle Technologies*, vol. 2, no. 3, pp. 45–52, 2010.
- [11] Alptek, E., ‘Biyodizel ve Türkiye’deki Durumu’, *Mühendis ve Makina*, vol. 47, no. 561, pp. 57–64, 2005.
- [12] Viêgas, C. V., Hachemi, I., Freitas, S. P., Mäki-Arvela, P., Aho, A., Hemming, J., Smeds,

- A., Heinmaa, I., Fontes, F. B., Da Silva Pereira, D. C., Kumar, N., Aranda, D. A. G., and Murzin, D. Y., ‘A route to produce renewable diesel from algae: Synthesis and characterization of biodiesel via in situ transesterification of Chlorella alga and its catalytic deoxygenation to renewable diesel’, *Fuel*, vol. 155, pp. 144–154, 2015.
- [13] Cheng, J., Huang, R., Li, T., Zhou, J., and Cen, K., ‘Biodiesel from wet microalgae: Extraction with hexane after the microwave-assisted transesterification of lipids’, *Bioresour. Technol.*, vol. 170, pp. 69–75, 2014.
- [14] Melero, J. A., Bautista, L. F., Morales, G., Iglesias, J., Sanchez-Vazquez, R., ‘Acid-catalyzed production of biodiesel over arenesulfonic SBA-15: Insights into the role of water in the reaction network’, *Renew. Energy*, vol. 75, pp. 425–432, 2015.
- [15] Silva, M. A. A., Correa, R. A., Tavares, M. G. de O., and Antoniosi Filho, N. R., ‘A new spectrophotometric method for determination of biodiesel content in biodiesel/diesel blends’, *Fuel*, vol. 143, pp. 16–20, 2015.
- [16] Stojković, I. J., Stamenković, O. S., Povrenović, D. S., and Veljković, V. B., ‘Purification technologies for crude biodiesel obtained by alkali-catalyzed transesterification’, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 32, pp. 1–15, 2014.
- [17] McNeil, J., Day, P., and Sirovski, F., ‘Glycerine from biodiesel: The perfect diesel fuel’, *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 90, no. 3, pp. 180–188, 2012.
- [18] Rahman, M. M., Pourkhesalian A. M., Jahirul, M. I., Stevanovic, S., Pham, P. X., Wang, H., Masri, A. R., Brown, R. J., and Ristovski, Z. D., ‘Particle emissions from biodiesels with different physical properties and chemical composition’, *Fuel*, vol. 134, no. June, pp. 201–208, 2014.
- [19] Choedkiatsakul, I., Ngaosuwan, K., Assabumrungrat, S., Mantegna, S., and Cravotto, G., ‘Biodiesel production in a novel continuous flow microwave reactor’, *Renew. Energy*, vol. 83, pp. 25–29, 2015.
- [20] Ho, W. W. S., Ng, H. K., and Gan, S., ‘Advances in ultrasound-assisted transesterification for biodiesel production’, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 100, pp. 553–563, 2016.
- [21] Semwal, S., Arora, A. K., Badoni, R. P., and Tuli, D. K., ‘Biodiesel production using heterogeneous catalysts’, *Bioresource Technology*, vol. 102, no. 3. pp. 2151–2161, 2011.
- [22] Leung, D. Y. C., Wu, X., and Leung, M. K. H., ‘A review on biodiesel production using

- catalyzed transesterification’, *Appl. Energy*, vol. 87, no. 4, pp. 1083–1095, 2010.
- [23] Sugozi, I., Oner, C., and Altun, S., ‘The Performance and Emissions Characteristics of a Diesel Engine Fueled with Biodiesel and Diesel Fuel’, *Int. J. Agric. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, 2010.
- [24] Demirbas, A., ‘Progress and recent trends in biodiesel fuels’, *Energy Convers. Manag.*, vol. 50, no. 1, pp. 14–34, 2009.
- [25] Lahane, S. and Subramanian, K. A., ‘Impact of nozzle holes configuration on fuel spray, wall impingement and NOx emission of a diesel engine for biodiesel-diesel blend (B20)’, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 64, no. 1–2, pp. 307–314, 2014.
- [26] Ashraful, A. M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Rizwanul Fattah, I. M., Imtenan, S., S. Shahir, A., and Mobarak, H. M., ‘Production and comparison of fuel properties, engine performance, and emission characteristics of biodiesel from various non-edible vegetable oils: A review’, *Energy Convers. Manag.*, vol. 80, pp. 202–228, 2014.
- [27] De Paulo, A. A., Da Costa, R. S., Rahde, S. B., Vecchia, F. D., Seferin, M., and Dos Santos, C. A., ‘Performance and emission evaluations in a power generator fuelled with Brazilian diesel and additions of waste frying oil biodiesel’, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 98, pp. 288–297, 2016.
- [28] He, B.-Q., ‘Advances in emission characteristics of diesel engines using different biodiesel fuels’, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 60, pp. 570–586, 2016.
- [29] Lanjekar, R. D. and Deshmukh, D., ‘A review of the effect of the composition of biodiesel on NOx emission, oxidative stability and cold flow properties’, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, no. x, pp. 1401–1411, 2016.
- [30] Tippayawong, N., Chumjai, P., and Preparation, A. S., ‘Characterization and Performance of Biofuel from Passion Fruit Processing Residues’, vol. II, pp. 24–27, 2012.
- [31] Eryılmaz, T., ‘Yozgat İli Şartlarında Yetiştirilen Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Dinçer Çeşidinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi’, *J. Agric. Fac. Gaziosmanpaşa Univ.*, vol. 31, no. 2014–1, pp. 63–63, 2014.
- [32] Acharya, B., Guru, P. S., and Dash, S., ‘Tween-80-n-butanol/isobutanol-(Diesel + Kerosene)-Water microemulsions - Phase behavior and fuel applications’, *Fuel*, vol. 171, pp. 87–93, 2016.

- [33] Zhenyi, C., Xing, J., Shuyuan, L., and Li, L., ‘Thermodynamics Calculation of the Pyrolysis of Vegetable Oils’, *Energy Sources*, vol. 26, no. 9, pp. 849–856, 2004.
- [34] Chee Loong, T. and Idris, A., ‘Rapid alkali catalyzed transesterification of microalgae lipids to biodiesel using simultaneous cooling and microwave heating and its optimization’, *Bioresour. Technol.*, vol. 174, pp. 311–315, 2014.
- [35] Mutlubaş, H., Özdemir, Z. Ö., ‘8 th International Ege Energy Symposium & Exhibition’, *8th Int. Ege Energy Symp. Exhib.*, p. 162, 2016.
- [36] Chattopadhyay, S., and Sen, R., ‘Fuel properties, Engine performance and environmental benefits of biodiesel produced by a green process’, *Appl. Energy*, vol. 105, pp. 319–326, 2013.
- [37] Verma, P., Sharma, M. P., and Dwivedi, G., ‘Evaluation and enhancement of cold flow properties of palm oil and its biodiesel’, *Energy Reports*, vol. 2, pp. 8–13, 2016.
- [38] Yusuf, N. N. A. N., Kamarudin, S. K., and Yaakub, Z., ‘Overview on the current trends in biodiesel production’, *Energy Conversion and Management*, vol. 52, no. 7. pp. 2741–2751, 2011.
- [39] Moser, B. R., ‘Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks’, in *Biofuels*, pp. 285–347, 2011.
- [40] Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, S., and Mingdong, D., ‘Opportunities and challenges for biodiesel fuel’, *Applied Energy*, vol. 88, no. 4. pp. 1020–1031, 2011.