

**T.C.**

**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**BİYODİZELE FARKLI TÜRDE NANOPARTİKÜLLER**  
**EKLENMESİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANSI VE**  
**EMİSYONLARINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Onur KAYA**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Makine Mühendisliği Programı**

**MART, 2022**



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



BİYODİZELE FARKLI TÜRDE NANOPARTİKÜLLER  
EKLENMESİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANSI VE  
EMİSYONLARINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur KAYA

(Y1913.080009)

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ŞİMŞEK

MART, 2022

# ONAY FORMU



## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “BİYODİZELE FARKLI TÜRDE NANOPARTİKÜLLER EKLENMESİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARINA ETKİSİ” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça 'da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (24/03/2022)

Onur KAYA

## ÖNSÖZ

Dünyada ve ülkemizde enerji tüketimindeki hızlı artış petrol, kömür gibi fosil yakıtların kıtlığına neden olmaktadır. Biyodizel yakıt özellikleri dizel ile oldukça benzemektedir. Biyodizelin benzin ve petrol dizeline göre en büyük avantajı çevre dostu olmasıdır. Bu çalışmada dizel motorda biyodizel kullanımı ve ekstra olarak nanopartiküller eklenerek motordaki performans ve emisyonların etkilerinin incelenmesine çalışılmıştır.

En başta bu çalışmaya yön vermesinin yanında, gece gündüz yardımını esirgemeyip çalışmanın her aşamasında öz veriyle ilgilenen değerli hocam Dr. Süleyman ŞİMŞEK'e, çalışmalara çeşitli destekleriyle katkı sağlayan Prof. Dr. Oktay ÖZCAN, Karabük Üniversitesi öğretim görevlisi Doç. Dr. Samet USLU, Namık Kemal Üniversitesi öğretim görevlisi Dr. Hatice ŞİMŞEK ve değerli arkadaşım Alper AYDIN 'a canı gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmadaki ihtiyaç olan temel ihtiyaçlarının temininde gerekli kolaylıkları sağlayan İstanbul Aydın Üniversitesine teşekkür eder saygılarımı arz ederim.

Mart, 2022

Onur KAYA

# BİYODİZELE FARKLI TÜRDE NANOPARTİKÜLLER EKLENMESİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARINA ETKİSİ.

## ÖZET

Son yıllarda dizel araçların kullanım alanı çok genişlemektedir ve bu araçlar bilindiği gibi petrol yakıtları kullanmaktadırlar. Petrol yakıtlarının doğaya, ozon tabakasına verdiği zararı herkes tarafından bilinmektedir. Petrol yakıtlarının kullanımının bu kadar geniş bir kullanım oranına sahip olması geçmişten bugüne kadar güçlü pazarlamasının yapılması ve aynı zamanda alternatif yakıtların yeterince istikrar gösterememesinin sonucudur. Özellikle son 30 yıldır bilim adamları yenilebilir ve alternatif yakıtlar hakkında araştırmalar yapmaktadırlar. Günümüzde ise endüstrileşmeyle beraber yağ sektöründeki mahsullere duyulan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Yağ sektöründeki ürünler, kullanım koşullarına ve gelişme ortamlarındaki durumlara bağlı olarak aynı zamanda kimyasal ve fiziksel değişimleri nedeniyle kullanım ömrünü kaybetmektedir. Bu çalışmada biyodizel kanola, aspir ve atık yağlardan elde edilen biyodizel ve nanoparçacıklar olarak  $C_{140}H_{42}O_{20}$  (Grafen oksit),  $TiO_2$  (Titanyum dioksit) kullanılmıştır.

Biyodizel üretimi ülkemiz de hem ekonomik olarak hem de tarım üretiminde faydalar sağlamaktadır. Petrol yüzünden dışa bağımlılığımız sürdürülmektedir, lakin biyodizel üretiminde yapılan ürünler hem yurtdışına ihracatı yapılabilir hem de tarımın genişlemesi çiftçinin ek gelir kaynağının yaranması gibi faydaları vardır.

Deneylerde, BD0 (100% Dizel), B30G50 (30% Biyodizel, 70% Dizel, 50 mg Grafen oksit), B30T50 (30% Biyodizel, 70% Dizel, 50 mg Titanyum dioksit) testleri gerçekleştirilmiştir. Motorda yakıtlar sırasıyla 500W, 1000W, 1500W, 2000W, 2500W, 3000W yüklerde deneyleri yapılmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen veriler, egzoz emisyon sonuçları ve motor performansı grafiksel ve yüzdesel olarak çıkarılmıştır. BD30G50 yakıtı ile çalışan motorda, BD0 yakıtına göre hidrokarbon (HC) ve azot oksit ( $NO_x$ ) emisyonlarında azalma, karbondioksit ( $CO_2$ ) ve karbonmonoksitte (CO) ise artma tespit edilmiştir. Diğer bir deneyde ise BD30T50 yakıtı ile çalışan motorda, BD0 yakıtına göre hidrokarbon (HC) ve azot oksit ( $NO_x$ ) emisyonlarında azalma, karbondioksit ( $CO_2$ ) ve karbonmonoksitte (CO) ise artma tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, Nanoparçacıklar, Atık yağ, Kanola yağı, Aspir yağı, Egzoz emisyonu, Motor performansı

# THE EFFECT OF ADDING DIFFERENT KINDS OF NANOPARTICLES TO BIODIESEL ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS.

## ABSTRACT

In recent years, the usage area of diesel vehicles has expanded a lot and these vehicles use petroleum fuels as it is known. The damage of petroleum fuels to nature and ozone layer is known by everyone. The fact that the use of petroleum fuels has such a wide usage rate is the result of strong marketing from the past to the present and at the same time the inability of alternative fuels to show sufficient stability. Especially for the last 30 years, scientists have been doing research on edible and alternative fuels. Today, with the industrialization, the interest in the products in the oil sector is increasing day by day. Products in the oil sector lose their useful life due to chemical and physical changes, depending on the conditions of use and development environments. In this study,  $C_{140}H_{42}O_{20}$  (Graphene oxide),  $TiO_2$  (Titanium dioxide) were used as biodiesel and nanoparticles obtained from biodiesel canola, safflower and waste oils.

Biodiesel production provides benefits both economically and in agricultural production in our country. Our dependence on foreign oil continues, but the products made in biodiesel production can be exported abroad and there are benefits such as the expansion of agriculture and the creation of an additional income source for the farmer.

In the experiments, BD0 (100% Diesel), B30G50 (30% Biodiesel, 70% Diesel, 50 mg Graphene oxide), B30T50 (30% Biodiesel, 70% Diesel, 50 mg Titanium dioxide) tests were carried out. The fuels in the engine were tested at 500W, 1000W, 1500W, 2000W, 2500W, 3000W loads, respectively.

The data obtained as a result of the experiments, the exhaust emission results and the engine performance are graphically and in percentage. In the engine running with BD30G50 fuel, a decrease in hydrocarbon (HC) and nitrogen oxide ( $NO_x$ ) emissions, and an increase in carbon dioxide ( $CO_2$ ) and carbon monoxide (CO) were detected compared to BD0 fuel. In another experiment, a decrease in hydrocarbon (HC) and nitrogen oxide ( $NO_x$ ) emissions, and an increase in carbon dioxide ( $CO_2$ ) and carbon monoxide (CO) were detected in the engine operating with BD30T50 fuel, compared to BD0 fuel.

**Keywords:** Biodiesel, Nanoparticles, Waste oil, Canola oil, Safflower oil, Exhaust emissions, Engine performance

# İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ONUR SÖZÜ .....	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
SEMBOLLER LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
<b>I. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
A. Biyodizel Üretimi .....	2
B. Biyodizelin Tarihçesi.....	4
C. Biyodizelin Özellikleri ve Avantajları.....	5
D. Biyodizelin dezavantajları .....	6
E. Bu Çalışmanın Amacı .....	7
<b>II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>8</b>
<b>III. DİZEL MOTORLAR VE YAKITLAR .....</b>	<b>11</b>
A. Dizel Yakıtlar .....	11
B. Dizel Yakıtın Benzine Karşı Avantajları.....	12
C. Dizel Motorlar .....	12
D. Dizel Motorlarda Yanma .....	14
<b>IV. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>16</b>
A. Deney Biyodizeli Hakkında Bilgi .....	16

1. Kanola.....	16
2. Aspir.....	18
3. Atık yağlar .....	19
<b>B. Nanoparçacıklar .....</b>	<b>20</b>
1. Grafen Oksit (C <sub>140</sub> H <sub>42</sub> O <sub>20</sub> ) .....	22
2. Grafen Oksit Fiziksel Özellikleri.....	23
3. Grafen Oksit Kimyasal Özellikleri .....	24
4. Titanyum Dioksit (TiO <sub>2</sub> ).....	25
5. TiO <sub>2</sub> Kimyasal Özellikleri .....	26
6. TiO <sub>2</sub> Fiziksel Özellikleri.....	28
<b>C. Emisyonlar ve Etkileri .....</b>	<b>29</b>
1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu .....	29
2. Azot Oksit (NO <sub>x</sub> ) Emisyonu .....	29
3. Hidrokarbon (HC) Emisyonu.....	30
4. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) Emisyonu.....	31
<b>V. DENEYSEL ÇALIŞMA .....</b>	<b>32</b>
A. Deney çalışması.....	32
B. Deney Düzenegi.....	33
C. Deney Motoru .....	34
D. Egzoz Gaz Analiz Cihazı.....	35
E. Yakıt tankları .....	36
<b>F. Deneyde kullanılan yakıtlar ve nanopartiküller .....</b>	<b>37</b>
<b>VI. ARAŞTIRMA VE DENEY BULGULARI .....</b>	<b>39</b>
A. Özgül yakıt tüketimi .....	39
B. Efektif Verim .....	40
C. Egzoz Gazı Sıcaklığı.....	42
D. Azot Oksit (NO <sub>x</sub> ) Emisyonu.....	43
E. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu .....	44

F. Hidrokarbon (HC) Emisyonu .....	45
G. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) Emisyonu.....	46
<b>VII. SONUÇLAR .....</b>	<b>47</b>
A. Öneriler.....	48
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>49</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>55</b>



## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>A/F</b>	: Hava Yakıt Oranı
<b>BD0</b>	: Saf Dizel
<b>BD10</b>	: % 10 Biyodizel, %90 Dizel
<b>BD20</b>	: %20 Biyodizel, %80 Dizel
<b>BD30</b>	: %30 Biyodizel, %70 Dizel
<b>BD30G50</b>	: %30 Biyodizel, %70 Dizel (50 mg. grafen oksit)
<b>BD30T50</b>	: %30 Biyodizel, %70 Dizel (50 mg. titanyum dioksit)
<b>BD50</b>	: %50 Biyodizel, %50 Dizel
<b>BD100</b>	: %100 Biyodizel
<b>EGFR</b>	: Epidermal Büyüme Faktörü Reseptörü
<b>EPA</b>	: Amerika Çevre Koruma Ajansı
<b>GAN</b>	: Grafen Ailesi Nanomalzemeleri
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu

## SEMBOLLER LİSTESİ

<b>B</b>	: Saatlik Yakıt Tüketimi
<b>Be</b>	: Özgül Yakıt Tüketimi
<b>C</b>	: Karbon
<b>CO</b>	: Karbonmonoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>C<sub>140</sub>H<sub>42</sub>O<sub>20</sub></b>	: Grafenoksit
<b>Fe<sub>2</sub></b>	: Ferroz
<b>Fe<sub>3</sub></b>	: Ferrik
<b>G</b>	: Grafen
<b>GO</b>	: Grafenmonoksit
<b>Hu</b>	: Kullanılan Yakıtın Alt Isıl Değeri
<b>H<sub>2</sub>O</b>	: Su
<b>Nm</b>	: Nanometre
<b>NO</b>	: Azotmonoksit
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azot Oksit
<b>NO<sub>2</sub></b>	: Azotdioksit
<b>η</b>	: Efektif Verim
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen
<b>P<sub>e</sub></b>	: Motor Gücü
<b>Ppm</b>	: Toplam Madde Miktarının Milyonda 1 Birimlik Maddesi
<b>TiO</b>	: Titanyum Monoksit
<b>TiO<sub>2</sub></b>	: Titanyum Dioksit
<b>μm</b>	: Mikrometre

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### SAYFA

Şekil 1 Bitkisel veya hayvansal yağların biyodizel aşamaları .....	3
Şekil 2 SIEMENS marka Biyodizel Motor, SLE-ST Serisi.....	6
Şekil 3 Ülkemizde yıllara göre petrol kullanımı .....	12
Şekil 4 Dizel motor .....	13
Şekil 5 Dizel motorun ateşleme esnasında çıkan egzoz dumanı.....	15
Şekil 6 Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Kanola üretimi denemesi.....	17
Şekil 7 Biyodizelin Türkiye 'de kanola tarımına olumlu etki etmesi .....	18
Şekil 8 Şırnak İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Aspir üretimi denemesi .....	19
Şekil 9 Atık yağlardan biyodizel üretimi aşaması.....	19
Şekil 10 Nanoparçacık ölçümleri için kullanılan AND Gr-200 analitik hassas terazi. .....	21
Şekil 11 Dizel motorlarda partikül madde temizleme cihazı.....	22
Şekil 12 Analitik hassas terazide tartılmış grafen oksit .....	23
Şekil 13 Analitik hassas terazide tartılmış titanyum dioksit .....	26
Şekil 14 Titanyum dioksit üretimi .....	28
Şekil 15 Hidrokarbon mikroskopik görüntüsü.....	30
Şekil 16 Deney düzeneği grafik resmi .....	33
Şekil 17 Deney düzeneği genel görünümü .....	34
Şekil 18 Deneylede kullanılan Bilsa MOD 2210 WINXP-K marka egzoz gaz analizatörü .....	36
Şekil 19 Yakıt tankı ve vananın genel görünümü .....	37
Şekil 20 50 mg.lık Grafen Oksit( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ) ve 50 mg.lık Titanyum Dioksit( $TiO_2$ )	38
Şekil 21 Scilogex MS-H-S marka analog dairesel manyetik ocak plakalı karıştırıcı	38
Şekil 22 Test yakıtının ve motor gücünün özgül yakıt tüketimine etkisi.....	39
Şekil 23 Test yakıtının ve motor gücünün efektif verime etkisi. ....	41
Şekil 24 Test yakıtının ve motor gücünün egzoz gazı sıcaklığına etkisi. ....	42
Şekil 25 Test yakıtının ve motor gücünün $NO_x$ emisyonuna etkisi. ....	43

Şekil 26 Test yakıtının ve motor gücünün CO emisyonuna etkisi.....	44
Şekil 27 Test yakıtının ve motor gücünün HC emisyonuna etkisi.....	45
Şekil 28 Test yakıtının ve motor gücünün CO <sub>2</sub> emisyonuna etkisi. ....	46



## ÇİZELGE LİSTESİ

### SAYFA

Çizelge 1 Dünyada biyodizel üretimi.....	4
Çizelge 2 Biyodizel ve dizel yakıtın kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri .....	16
Çizelge 3 Saf dizel ve biyodizel yakıtının özellikleri .....	20
Çizelge 4 Deneyde kullanılan C <sub>140</sub> H <sub>42</sub> O <sub>20</sub> katkı maddesinin özellikleri.....	23
Çizelge 5 Grafen oksit, bir dizi önemli yapısal ve kimyasal özellikler için istatistikler .....	25
Çizelge 6 Deneyde kullanılan TiO <sub>2</sub> katkı maddesinin özellikleri.....	25
Çizelge 7 Titanyum dioksitin kristalografik ve kimyasal özellikleri.....	27
Çizelge 8 Titanyum dioksit fiziksel ve mekanik özellikleri.....	29
Çizelge 9 Dizel yakıt ve Biyodizelin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri .....	32
Çizelge 10 Deneyde kullanılan motorun özellikleri.....	34
Çizelge 11 Deneyde kullanılan jeneratörün özellikleri.....	35
Çizelge 12 Egzoz gazı emisyon analizörü ile kullanılan ölçüm aralıkları .....	35

## I. GİRİŞ

Biyodizel, geleneksel dizel yakıtta göre çeşitli faydaları olan bir yakıttır. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilir, çevreye daha az emisyonu sahiptir, biyolojik olarak parçalanabilir, bu nedenle çok sınırlı olumsuz etkenlere sahiptir ve hepsinden önemlisi üretimi, kırsal ekonomilere yardımcı olma potansiyeline sahip olabilmesi için dağıtılabilir. Bununla birlikte, biyodizel üretimi ile ilgili olarak bahsetmeye değer bazı zorluklar da vardır. Bunların arasında, besleme stokunun maliyeti ve çeşitli hammadde türlerinden yakıtın verimli üretimi için uygun teknolojinin seçimi sık sık dile getirilmektedir. Ham bitkisel yağın veya hayvansal yağın, dizel motorlarda modifikasyon yapılmadan ikame yakıt olarak kullanıma uygun hale getirilebileceği dört ana yol vardır (Leung, Wu, & Leung, 2010). Bunlar, yağların doğrudan kullanımı veya karıştırılması, mikro emülsiyon, termal parçalama veya piroliz ve transesterifikasyon reaksiyonudur (Leung et al., 2010). Üretilen yakıtın kalitesi nedeniyle, çeşitli hammadde türlerinden biyodizel üretiminin en çok tercih edilen yolu transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntem sayesinde, sıvı ve katı yağlar (trigliseritler), viskozitesi dizel yakıt seviyelerine yakın olan alkil esterlerine dönüştürülür. Biyodizel üretimi için transesterifikasyon reaksiyonunu gerçekleştirmek için farklı teknikler vardır (Ma & Hanna, 1999). Her tekniğin kendine özgü avantaj ve dezavantajlarının yanı sıra kendine özgü uygun hammadde karakteri vardır. 'Biyodizel' kökü biyolojik olduğunu 'Dizel' ise dizel yakıtı olduğunu göstermektedir. Bu yakıtlar günümüzdeki fosil yakıtlara kıyasla çok daha düşük emisyon değerlerine sahiptir. Biyodizel, aşırı bitkisel yağ ve hayvansal yağ kaynakları için yeni ve önemli bir pazar sağlar. Bu arz fazlasının azaltılması, soya fasulyesi ve kanola gibi emtia yağlı tohumların fiyatlarını iyileştirecektir. Dönüm başına daha fazla yağ verimine sahip yağlı tohumlar ekonomik olarak uygun hale geldiğinden, mahsul üretiminde daha fazla çeşitliliğin gelişmesini de teşvik edebilir.

Saf veya petrol bazlı dizel yakıtla karışım halinde kullanılabilir. Saf dizel (BD0) kullanıldığında elastomerlerin uyumluluğunun kontrol edilmesi tavsiye edilse de, motorların veya yakıt altyapısının değiştirilmesini gerektirmez. Biyodizel, dizel motorların daha düşük duman, partikül, karbon monoksit ve yanmamış hidrokarbon

egzoz emisyonları üretmesini sağlar. Bazı çalışma koşullarında nitrojen oksitleri biraz artabilir, ancak biyodizel karışımları için %20 'ye kadar olan farkı ölçmek zordur.

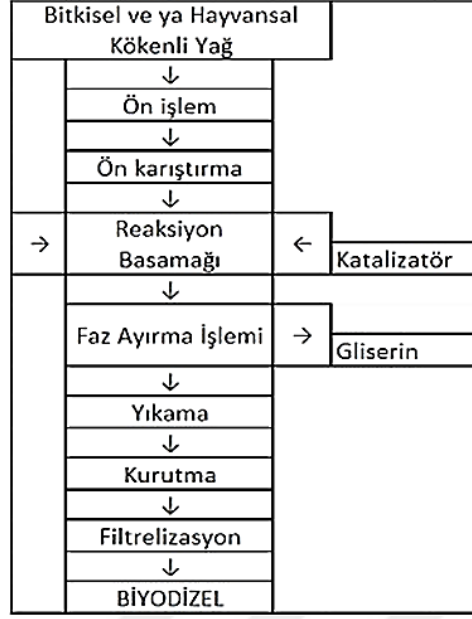
Biyodizel ayrıca ulaşım için kullanılan petrolün bir kısmının yerini alabilir ve biyolojik temelli olduğu için küresel ısınmanın etkisini azaltabilir. Bitkisel ve hayvansal yağların mevcut dünyadaki üretimi ve bu sıvı ve katı yağlar için gıda kullanımlarından kaynaklanan rekabet, yakın gelecekte biyodizelin katkısını petrol dizel yakıtının %5'inden daha azıyla sınırlayacaktır. Bu nedenle, biyodizelin bu sorunlar üzerindeki etkisi olumlu olsa da küçük olacaktır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, gerçek yağlayıcılık faydasının biyodizeldeki serbest yağ asitleri ve monogliseritler gibi kirleticilerle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Bitkisel yağların uçuculuklarının düşük olması, soğuk akış özelliklerinin zayıf olması, viskoziteyi artırması motor tortularında artış göstermesinde ve piston segmanlarındaki sürtünmenin artmasına ve bundan dolayı da hareketlerin azalmasına neden olmaktadır.

#### **A. Biyodizel Üretimi**

Biyodizel üretimi, bir hammadde (katı veya sıvı yağ) ve bir alkol gerektirir. Çoğu durumda, bir katalizör de mevcuttur. Şekil 1 'de biyodizel üretiminde yer alan birim operasyonların şematik bir diyagramını göstermektedir. Hammaddenin kalitesine bağlı olarak, biyodizel üretimi için esterleştirme veya transesterifikasyon reaksiyonları kullanılır. Mevcut biyodizel üretim işlemlerinin çoğu, baz katalizini (transesterifikasyon) kullanır.

Biyodizel sadece araçlarda değil, ısınmada, havacılık sanayisinde de kullanılabilir bir üründür (Yaşar, 2016).



Şekil 1 Bitkisel veya hayvansal yağların biyodizel aşamaları

Biyodizel üretiminde kullanılan hammaddelerde 2018 yılında dünyada en çok (%42 ile) kanola yağı kullanılmıştır (5.120 milyon ton). Ardından sırasıyla atık yağlar (2.735 milyon ton), palm yağı (2.220 milyon ton), hayvansal yağlar (770 milyon ton), soya yağı (680 milyon ton) ve kalan diğer yağlar toplamda 730 milyon ton üretim yapılmıştır (Metin, 2018). Çizelge 1 'de dünyadaki biyodizel üretimi gösterilmiştir.

Türkiye 'de ise 2018 yılında yapılan araştırmalara göre pamuk yağı üretimi 32% ile ilk sırada yer almaktadır (35 bin ton) (Semerci & Durmuş, 2021). Daha sonra ise sırasıyla atık yağlar (32 bin ton), kanola yağı (28 bin ton), aspir yağı (4.200 ton) ve diğer kullanılan tüm yağlar (8.800 ton) üretimi yapılmıştır.

Çizelge 1 Dünyada biyodizel üretimi

AB 'de ve ülkemizde biyodizel üretimi			AB 'de biyodizel harmanlama oranı	
Ülke	2017 biyodizel üretimi	Tarım yapılabilir alanlar toplamı	Ülke	Oran
Türkiye	74.000 mt.	23.830.000 hektar	Avusturya	%6,3 biyodizel
Almanya	3.017.000 mt.	11.900.000 hektar	Almanya	%4,4 karbon emisyon tasarrufu
Fransa	1.703.000 mt.	18.510.000 hektar	Fransa	%7,7 biyodizel
İspanya	1.105.000 mt.	13.700.000 hektar	İspanya	%5 biyodizel + biyoetanol
Polonya	779.000 mt.	12.140.000 hektar	Polonya	%7,1 biyodizel + biyoetanol
İtalya	503.000 mt.	6.280.000 hektar	İtalya	%6,5 biyodizel + biyoetanol
Yunanistan	138.000 mt.	2.630.000 hektar	Yunanistan	%5,75 biyodizel+biyoetanol

Ülkemizdeki biyodizel üretimine bakılırsa, 2015-2019 yılları arasında yıllık biyodizel üretimi 2 kattan daha fazla artış göstermiştir. 2015 yılında yıllık üretim 60.945 ton ise bu veri 2019 'da 130.000 tona kadar çıkmıştır.

### B. Biyodizelin Tarihçesi

Dizel motorun mucidi "Rudolf Diesel" tasarladığı motorunu 1898 yılında Paris 'teki Dünya sergisinde fıstık yağı ile çalıştırarak tanıtmıştır. Ayrıca "Rudolf Diesel" bir açıklamasında "Dizel motorlar bitkisel yağlarla çalıştırılabilir ki, bu durum ülkelerin tarımını geliştirmelerine yardımcı olacaktır" demiştir (Kafadar, 2010).

Belçikalı bir bilim insanı "G.Chavanne" 1937 yılında "*Bitkisel yağların yakıt olarak kullanımı için prosedür*" başlığı altında bir patent almıştır. Daha sonra 1942 senesinde hazırlanan bir raporda, 1938 yılın yaz ayında Brüksel ile Louvain arasında seyahat eden bir otobüse özel olarak hazırladığı, hurma yağı etil esterini biyodizel yakıt olarak kullanılması gerektiğini açıklamıştır.

Biyodizele ilgi ikinci dünya savaşında ve 1970 'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinde daha da artmıştır (Yılmaz, 2012). "Biodiesel" ismi ilk olarak 1992 yılında kullanılmıştır. Almanyada 1996 yılından sonra Volkswagen ve Audi motorlu araçlarda, aynı zamanda Mercedes kamyonlarında biyodizel kullanımına izin verilmiştir. Lakin 1996 yılından önceki dönemlerde üretimi yapılan bazı araçlarda biyodizel kullanımı araçlardaki doğal kauçuk ile uyumlu olmaması sebebiyle izin verilmemiştir (Yılmaz, 2012).

Dünyada biyodizel ile çalışan ilk tren Büyük Britanyalı iş adamı “Richard Branson” tarafından üretilmiştir. Virgin Voyager isimli bu trenin üretilmesi çok ses getirdi. Havacılık tarihinde ise ilk biyodizel ile yapılan uçuş 23 Şubat 2008 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Uçak, 2010).

Ülkemizdeki verilere göre 2012 yılında 34 farklı işletme biyodizel üretimi yapması için lisans almıştır (YILMAZ, 2012).

### **C. Biyodizelin Özellikleri ve Avantajları**

Biyodizelin avantajlarına ilk olarak örneğin ülkemiz gibi benzin ve motorinin birim olarak çok pahalı olduğu ülkelerde alternatif yakıt olarak kullanılarak rekabetin artmasında ve akaryakıt fiyatlarının düşürülmesinde büyük rol oynamaktadır. Üretim tamamen yerli olabileceği için ithalata bağımlılığı ortadan kaldırır. Kanola ve soya tarımına ağırlık veren tarımsal üreticiler, kendi ihtiyacına yönelik ucuz mazot üretirken, artan üretim gücü ve kapasitesiyle de ekonomiye katkı sağlama şansları vardır.

Biyodizel, petrol dizelinden daha iyi bir yağlayıcı olduğu için motorun ömrünü uzatmaktadır (Sagar & Kumari, 2013). Ek olarak benzin ve dizelin depolama koşullarında saklanabilir. Alev alma sıcaklığı dizel yakıtlardan (>110 °C) daha yüksek olduğundan, biyodizellerin taşınması ve depolanması daha kolay ve güvenlidir. Yağlı ısıtma sistemlerinde ve dizel motorlarda herhangi bir değişikliğe neden olmadan kullanılabilir. Yağlar ve diğer yakıtlarla verimli bir şekilde karıştırılabilir. Motor daha düşük bir vuruşla çalışır (Erdoğan, Balki, & Sayin, 2019). Şekil 2 'de SIEMENS marka biyodizel motor örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 2 SIEMENS marka Biyodizel Motor, SLE-ST Serisi

ABD 'de Çevre Koruma Ajansı (EPA) Temiz Hava Yasası tarafından çevreye ve insan sağlığına diğer yakıtlara göre daha az zarar verdiği kabul edilmiştir (Ay, 2020).

Saf biyodizel ile dizel biyodizelleri motorda herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duymadan ve ya küçük düzenlemeler yapılarak kullanılabilirler. Biyodizeller petrol içermemektedirler, lakin saf veya dizelle karışımlarında yakıt olarak kullanılabilirler.

Biyodizel ile dizelin karışımları genel olarak böyle adlandırılmaktadırlar (Akyüz, 2019). B5 (% 5 Biyodizel + %95 Dizel), B20 (% 20 Biyodizel + %80 Dizel), B50 (% 50 Biyodizel + %50 Dizel), B100 (%100 Biyodizel).

Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ve ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir (Akgün, Bayındır, Aydın, & Düz, 2009). Türkiye 'de TSE Standardı EN 14214 Standardına göre hazırlanmaktadır (ÇELİK, AKSOY, ACAR, & GİZLENCİ).

#### **D. Biyodizelin dezavantajları**

Biyodizel kullanımında ve üretiminde bu tarz dezavantajları örnek göstermemiz mümkündür. Standart dizel yakıtlara göre 1,5 kat daha pahalıdır. Biyodizel yakıtların üretiminde gerekli olan bitki, tohum ve bitkisel yağların elde edilmesi için yapılan gübreleme, dikim, toplama ve bakım gibi işlemler büyük miktarda enerji ve zaman kaybına neden olur. Araçlardaki yakıt filtreleri sık sık tıkanır ve çok çabuk

değiştirilmesi gerekir (ARAS & TARAKÇIOĞLU 2008). Bu aslında dezavantaj gibi gözükse de çevre dostu olduğu için motordaki kiri sürekli temizlemektedir. Maliyet olarak dezavantaj, çevresel olarak avantajlı bir durumdur. Biyodizel üretiminde çok fazla bitkisel yağa ihtiyaç vardır.

#### **E. Bu Çalışmanın Amacı**

Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de yurtdışından petrol ithal edilmektedir. Bunun sonucunda dünyada birim olarak en pahalı yakıtlardan kullanmak durumunda kalmaktayız. Aynı zamanda yüklü miktarda döviz ödemesi yapılmaktadır. Bu sebepler yüzünden ülkenin fosil yakıtlar konusunda ekonomik sıkıntı çekmemesi yerli üretime önem verilmesi gerekmektedir. Biyoyakıt hammaddeleri, doğrudan veya dolaylı olarak hayvan yemi olarak insan tüketimi için kullanılacak olan birçok mahsulü içerir. Bu mahsulleri biyoyakıtlara yönlendirmek, tarıma ayrılan daha fazla arazi alanına, kirletici girdilerin kullanımının artmasına ve gıda fiyatlarının yükselmesine neden olabilir. Selülozik hammaddeler, aksi takdirde gıda üretimine ayrılabilen kaynaklar (toprak, su, gübre, vb.) için de rekabet edebilir. Son yıllarda ülkemizde biyodizel konusunda literatürde yer alan ürünleri desteklemeye ve teşvik etmeye devam etmektedir. Örneğin, kanola tohumu üretim maliyetinin %50 'si Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çiftçiye verilmektedir.

Aynı zamanda biyodizel yakıtın dizel yakıtı göre çevresel etkileri de daha düşüktür. Dizel motorlardan kaynaklanan emisyonlar, ekinlere, ağaçlara ve diğer bitki örtüsüne zarar veren yer seviyesindeki ozon üretimine katkıda bulunur. Toprağı, gölleri ve akarsuları etkileyen ve su, ürün, et ve balık yoluyla insan besin zincirine giren asit yağmuru da üretir. Dizel egzozuna maruz kalmak astım ve solunum yolu hastalıkları gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir ve özellikle çocuklarda ve yaşlılarda mevcut kalp ve akciğer hastalıklarını kötüleştirebilir.

## II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Fosil kaynaklı yakıtların enerji üretimi ve aşırı hava kirliliği sebeplerinden dolayı biyodizel ile çalışan, elektrikli araçlar gibi alternatif kaynakların araştırılması sürdürülmektedir. Bu çalışmada kanola, aspir ve atık yağları ile dizelin karışımından elde edilen biyodizelin 50 mg 'lık grafen oksit ve titanyum dioksit nanoparçacıklarının eklenmesiyle deneyler yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda daha çok kanola ve aspir yağlarını içeren yakıtlar üzerine yapılmıştır. Aynı zamanda kanola, aspir ve atık yağları farklı farklı yakıtlar olarak kullanılmıştır. Nanoparçacıklar ise ( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ,  $TiO_2$ ) Türkiye 'de aynı bir çalışma üzerinde yapılmamıştır fakat yurtdışında kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada kanola, ayçiçek yağı ve atık yağlarından elde edilen biyodizelin motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Biyodizel sırasıyla (%0, %10, %20, %30, %50, %75, %100) kullanılarak nanoparçacık eklenmeden, farklı oranlarda dizel ile karıştırılmıştır. Bu karışımların emisyon ölçümleri yapılmış ve çalışmada belirtilmiştir. Biyodizelin kullanımı sonucunda motorda HC, CO emisyonlarını ve artan  $NO_x$  emisyonlarında iyileşmeler gözlemlenmiştir (Simsek, 2020).

Sadece kanola yağı ile elde edilen biyodizelin motor performans ve emisyonlarının incelenmesi sonucunda Biyodizel-dizel ve kanola yağı-dizel karışımları, saf dizelden daha yüksek yakıt dönüşüm verimliliği göstermiştir. Tüm yakıtlar için CO emisyonları daha yüksek motor devirlerinde daha düşük bulunmuştur ve biyodizel-dizel karışımlarında biyodizel yüzdesi ne kadar yüksek olursa, CO emisyonları o kadar düşük olmaktadır (Roy, Wang, & Bujold, 2013). Tüm yakıtlar için HC emisyonları da daha yüksek motor hızlarında daha düşüktür ve biyodizel-dizel karışımlarındaki biyodizel yüzdesi ne kadar yüksek olursa, HC emisyonları o kadar düşük olmaktadır. CO emisyonları da benzer bir eğilim sergilemektedirler (Roy et al., 2013).

Kanola yağına  $TiO_2$  nanoparçacığı eklenerek incelenen çalışmada sonuçlar, yüksek oksijen içeriği ve doymuş yağ asitleri nedeniyle B20 'nin test edilen diğer yakıtlara

kıyasla daha az CO, HC, NO<sub>x</sub> ve duman emisyonu yaydığını ortaya koymaktadır (Nithya, Manigandan, Gunasekar, Devipriya, & Saravanan, 2019). Ayrıca, CO %32, HC %30 gibi diğer gazlardaki tutarlı azalma ve dumandaki %52 azalma fark edilmiştir. Biyodizel üzerine yüksek oksijenli ve doymuş yağ asidi nanoparçacıklarının dopingi, tüm gazların emisyonunu kayda değer bir seviyeye düşürür (Nithya et al., 2019).

Aspir yağı ile elde edilen biyodizelin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi diğer bir çalışmada incelenmiştir. Biyodizel sırasıyla (%0 , %20, %50, %100) kullanılarak nanoparçacık eklenmeden, farklı oranlarda dizel ile karıştırılmıştır. Biyodizel karışımlarının yakıt özelliklerinin dizel yakıtına oldukça benzer olduğu bulunmuştur (Bari, 2014). Biyodizelin torku ve gücü, esas olarak biyodizelin daha düşük kalorifik değeri nedeniyle dizele kıyasla düşmüştür (Bari, 2014). Tork ve güçteki azalma, karışımda kullanılan biyodizel miktarı ile orantılıydı. Tüm bu argümanlar, biyodizel kullanımıyla geliştirilmiş yanma nedeniyle motorun performansının beklenenden daha yüksek kalmasını sağladığını gösterdi.

Yapılan çalışmada atık yağlardan elde edilen biyodizelin motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Biyodizel sırasıyla (%10, %20, %30) kullanılarak nanoparçacık eklenmeden, farklı oranlarda dizel ile karıştırılmıştır. İncelenen biyodizel yakıtlar yoğunluk, viskozite, asitlik, parlama noktası ve ısıtma değeri için kabul edilebilir değerlere sahiptir (Abed, El Morsi, Sayed, El Shaib, & Gad, 2018). Tüm motor yükü için dizel yakıtla kıyasla atık yağ biyodizel karışımları için daha yüksek egzoz gazı sıcaklıkları kaydedildi. Dizel-biyodizel karışımları B10, B20 ve B30 için hava-yakıt oranları dizel yakıttan daha düşük gelmektedir. (Sinha & Agarwal, 2005). Dizel yakıtla kıyasla atık yemeklik yağ biyodizel karışımları için CO, HC ve diğer emisyonlar daha düşük görülmüştür. Karışımlardaki biyodizel yakıt yüzdesinin artmasıyla NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları artmaktadır.

Yapılan bir diğer çalışmada ise biyodizel olarak kullanılan yağlar aynı olmasa bile tezde kullanılan nanoparçacıkların kullanımı gerçekleştirilmiştir. Bu nanoparçacıkların kullanımı sonucunda değerlerin BD0 yakıtına göre daha iyi gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yapılan deneylerde bu iki nanoparçacığın birbirlerine yakın oranlarda sonuç verdiği tespit edilmiştir.

2017 'de ülkemizde resmi gazetede yayımlanan tebliğe göre yerli tarım ürünleri ile atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizellerin minimum olarak %0.5 oranlarında

motorin ile karıştırılması zorunlu hale gelmiştir ("ATIK YAĞLARIN YÖNETİMİ YÖNETMELİĞİ," 2019). Buradaki amaç dışa bağımlılığın düzenli bir şekilde azaltılması, yerli tarım ürünlerinin desteklenmesi ve üretiminin yükseltilmesi, aynı zamanda atık yağların geri dönüşümünün bilinçlenmesi ve hızlanmasını amaçlamaktadır. Diğer bir yandan atık yağların çevreye etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır. Ekonomik yönden düşünülecek olursa, geri dönüşüm sayesinde ülkemizde yeni gelir kapıları ve ekonomik kazanç için büyük önem arz ettirmektedir.

Genellikle dizel motorlarda yapılan biyodizel çalışmaları olumlu sonuçlar alınmaktadır. Motor performans etkisinde, emisyon parametrelerinde biyodizel etkisini ortaya koymuştur.

Ülkemizde kanola yağı, kolza tohumu, aspir yağı, soya fasulyesi, hurma yağı, ayçiçek yağı, bitkisel, hayvansal, atık yağlar vs. gibi birçok biyodizel üretimi için kullanılabilir ürünler yetiştirilmektedir. Son dönemler biyodizelde literatürde yer alan ürünlerin devlet tarafından desteklenmesi, teşvik edilmesi çalışmaları sürdürülmektedir. Buna örnek olarak aspir tohumunun üretimi için maliyetin %80 kadarı devlet tarafından çiftçiye destek olarak verilmektedir (ADİYAMAN & Günay, 2008).

Türkiye 'deki geleneksel imalat sanayilerinin kalıntıları oldukları için yaşam döngüsü sera emisyonlarında önemli faydalara sahiptir ve böylece ekstraksiyon/yetiştirme, nakliye, üretim, dağıtım ve arazi kullanımından kaynaklanan emisyonlardan doğrudan ve dolaylı olarak tasarruf sağlarlar (RENDE, ÇAKMAK, DOĞAN, & KARAHAN). Ek olarak, yenilebilir değildirler ve bu nedenle gıda güvenliği veya fiyatı üzerinde hiçbir etkileri yoktur. Hammadde olarak değerlendirilmeleri, günümüzde artan rekabet gücüne tabi olan bu geleneksel endüstrileri destekleyebilecek ek gelirler sağlayacaktır (RENDE et al.).

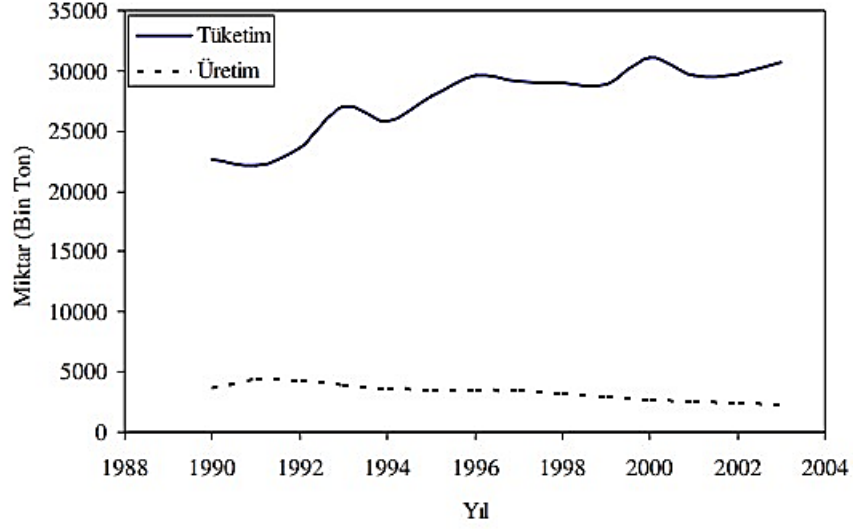
### III. DİZEL MOTORLAR VE YAKITLAR

#### A. Dizel Yakıtlar

Petrokimya endüstrisinin başlangıcı 1850 'lere kadar uzanmaktadır. İlk modern petrol rafinerileri Ignacy Łukasiewicz tarafından Polonya 'nın Jasło yakınlarında (o zamanlar Avusturya yönetimi altındaydı) 1854–56 'da inşa edildi (Frank, 2009). Rafine edilen ürünler, Łukasiewicz'in gaz lambasının yanı sıra suni asfalt, makine yağı ve yağlayıcılarda kullanıldı. Birkaç yıl sonra, 1859 'da Amerika Birleşik Devletleri'nde Pennsylvania'da ham petrol keşfedildi (Henry, 1873).

Ham petrolün yalnızca bir kısmı kerosene dönüştürülebildiğinden, ilk rafineriler, petrol yan ürünleri miktarlarıyla bırakılmıştır. (Huber, 2012). Dizel yakıt, petrolden elde edilen, kaynama noktaları 150 ile 380°C arasında olan bir hidrokarbon karışımıdır. Petrol ham petroleri üç ana sınıftaki hidrokarbonlardan oluşur: parafinik, naftenik (veya sikloparafinik) ve aromatik hidrokarbonlar. Doymamış hidrokarbonlar ham petrolde nadiren bulunur. 'Parafinik' ve 'naftenik' terimlerinin modası geçmiş gibi görüldüğünü belirtmek gerekir; petrokimya endüstrisinde hala yaygın oldukları için kullanılmaktadır (Beens & Udo, 2000). Modern kimyada, ilgili hidrokarbon gruplarına alkanlar ve sikloalkanlar denir.

Ham maddenin bileşimi, düşük yoğunluklu ince açık renkli kahverengimsi veya yeşilimsi ham petrolerden erimiş katrana benzeyen kalın ve siyah petrolere kadar değişebilir. İnce, düşük yoğunluklu petrolere "yüksek yerçekimi" ham petroleri ve kalın yüksek yoğunluklu olanlara "düşük yerçekimi" ham petroleri denir (Benvenuti). Şekil 3 'de ülkemizde yıllara göre petrol kullanımını gösterilmektedir.



Şekil 3 Ülkemizde yıllara göre petrol kullanımı (Aktas, İpek, & Işık, 2009).

### B. Dizel Yakıtın Benzine Karşı Avantajları

Dizel yakıt, benzinli motorlardan daha verimlidir. Gaz motorlarında, yakıtın yalnızca %20 'si aracı hareket ettirir ve geri kalanı sürtünme, gürültü veya diğer motor işlevleri nedeniyle kaybolur (Momoh & Omoigui, 2009). Ancak dizel motorlar %40 ve daha fazla verime ulaşabilir, bu da ağır araçları hareket ettirmeyi çok daha kolay hale getirir ve çok fazla yakıt sızdırmaz.

Dizel teknolojisi sürekli gelişmektedir. Teknolojik iyileştirmeler sayesinde dizel emisyon kontrolleri çok daha etkilidir ve daha küçük paketlerde mevcuttur. Artık her türlü dizel araçta altı silindirden dörde indirilebilirler.

Günümüzün dizel motorları yollarda son derece uzun süre dayanabilir. Tek bir benzin deposuyla 650 km 'den yaklaşık 1300 km 'ye kadar herhangi bir yere gidebilmektedirler (Kinnunen et al., 2020).

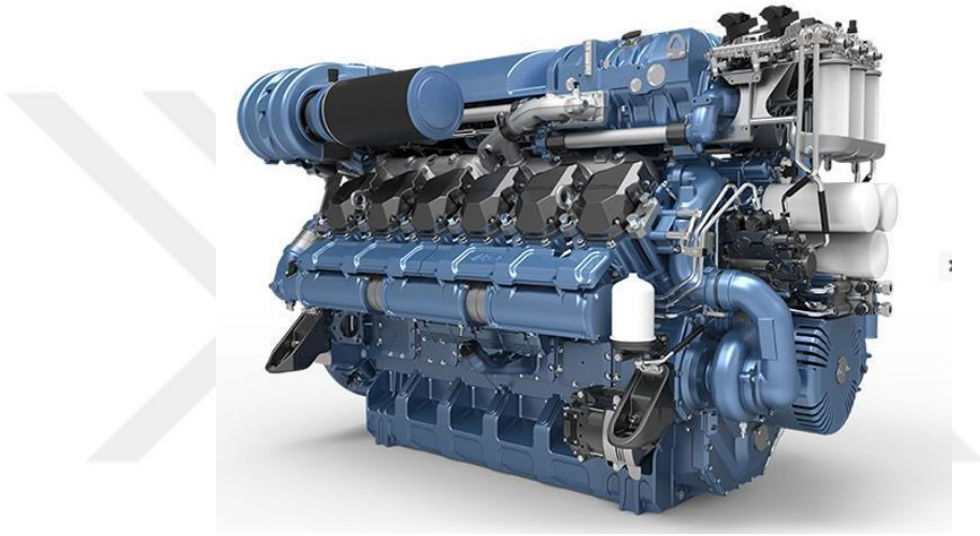
Dizel araçlar benzinli araçlara göre hemen çalışmaya başlayabilir. Geçmişteki dizel sürücüler için gerekli olduğu gibi tüm silindirlerin ısınmasını beklemek yerine, günümüzde motorlar anında çalışmaya başlayıp uzun mesafeler için hazır hale gelebilmektedir.

### C. Dizel Motorlar

Dizel motor, enerjisini silindir içindeki sıkıştırılmış, sıcak hava yüküne enjekte edilen veya püskürtülen yakıtı yakarak elde etmektedir (Benajes, Molina, García, Belarte, & Vanvolsem, 2014). Dizel motor, diğer içten yanmalı motorlardan daha fazla

verimliliğe sahiptir. Bunun nedeni, ısının fazla hava tarafından dağıtılmasını sağlayan en yüksek doğal zayıf yanma ve genişleme oranına sahip olmasıdır. Bu motorların 4 zamanlı ve 2 zamanlı dizel motor olmak üzere iki çeşidi vardır. Bu tip dizel motorlar, performansı artırmak için sabit bir buhar motorunun yerine kullanılmıştır.

1910 'da bu motorlar gemilerde ve denizaltılarda tükenmişti. Bir süre sonra elektrik santralleri, tarım aletleri, ağır iş aletleri, kamyonlar, lokomotifler gibi uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. 1970 'lerde dizel motorlar en yaygın olarak daha büyük arazi ve yol araçlarında kullanılıyordu. Şekil 4 'te dizel motor gösterilmiştir.



Şekil 4 Dizel motor

Kıvılcım ateşlemeli motorlara göre dizel motorlarda daha yüksek sıkıştırma oranları elde edilebilir; orantılı olarak, ikincisi ile karşılaştırıldığında daha yüksek teorik döngü verimlilikleri sıklıkla gerçekleştirilebilir (Duan et al., 2019). Belirli bir sıkıştırma oranı için kıvılcım ateşlemeli motorun teorik veriminin sıkıştırma ateşlemeli motorunkinden daha büyük olduğuna dikkat edilmelidir. Bununla birlikte, pratikte, kıvılcım ateşlemeli sistemlerle elde edilenlerden daha yüksek verimlilikler üretecek kadar yüksek sıkıştırma oranlarında sıkıştırmayla ateşlemeli motorları çalıştırmak mümkündür. Ayrıca, dizel motorlar, gücü kontrol etmek için giriş karışımını kısımaya güvenmez. Bu nedenle, dizelin rölanti ve azaltılmış güç verimliliği, kıvılcım ateşlemeli motordan çok daha üstündür (Ashok, Jeevanantham, Hire, Kashyap, & Saiteja, 2020).

Dizel motorların temel dezavantajı, hava kirletici emisyonlarıdır. Bu motorlar, kıvılcım ateşlemeli motorlara kıyasla tipik olarak yüksek düzeyde partikül madde,

reaktif nitrojen bileşikleri (genelde NO<sub>x</sub> olarak adlandırılır) ve kokuyu boşaltır (Maurya, Maurya, & Luby, 2018). Sonuç olarak, küçük motor kategorisinde tüketici kabulü düşüktür.

#### **D. Dizel Motorlarda Yanma**

Benzinli bir motor, önceden karıştırılmış yakıtı ve havayı endüksiyon sistemi aracılığıyla alır, her silindirde bir piston ile sıkıştırır ve karışımı bir buji ile ateşler (Srivastava & Agarwal, 2014). Yanmaya hazır hava/yakıt karışımını oluşturmak için emme stroku sırasında yakıt eklenir. Ardından gelen yanma döngüsü, yanan karışımı genişletir ve pistonu aşağı itmek ve tork üretmek için silindir basıncını yükseltir.

Dizel motorda ise hava ve yakıt önceden karıştırılmaz. Hava silindirlere emilir ve piston tarafından benzinli motordan çok daha yüksek bir basınca sıkıştırılır (Affleck & Thomas, 1968). Bu mekanik veya adyabatik sıkıştırma, havayı aşırı derecede (400° veya daha fazla) ısıtır. Bu noktada sıcak basınçlı havaya yakıt enjekte edilerek anında tutuşması sağlanır. Daha yüksek silindir basıncı üretilerek araca güç sağlamak için daha fazla tork üretilir

Yanmanın başlatılması tipik bir benzinli motordan farklı olsada, yakıt atomizasyonunu optimize etmek için yanma odası tasarımında da temel bir fark vardır. Benzinli motorların çoğunda silindir kapağında yanma odası bulunur, ancak dizel motorda yanma odası piston tacının içinde ortalanır (Affleck & Thomas, 1968). Bir dizel pistonunda, yanmanın gerçekleştiği piston tepesinin merkezinde konturlu bir girinti veya çanak bulunur. Haznenin ortasında, koni şeklinde bir çıkıntı, doğrudan yakıt enjektörünün altına oturur.

Dizel yanma, zayıf genel A/F (Hava yakıt oranı) oranı ile karakterize edilir. En düşük ortalama A/F oranı genellikle en yüksek tork koşullarında bulunur (Gray III & Ryan III, 1997). Aşırı duman oluşmasını önlemek için, tepe torktaki A/F oranı genellikle 25:1'in üzerinde, yaklaşık 14.4:1 olan stokiyometrik (kimyasal olarak doğru) denklik oranının oldukça üzerinde tutulur. Turboşarjlı dizel motorlarda rölantide A/F oranı 160:1'i geçebilir. Bu nedenle, yakıt yandıktan sonra silindirde bulunan fazla hava, yanma ve genleşme süreçleri boyunca yanan ve zaten yanmış gazlarla karışmaya devam eder. Egzoz valfinin açılmasında, yanma ürünleriyle birlikte fazla hava dışarı atılır, bu da dizel egzozunun oksitleyici yapısını açıklar. Yanma, buharlaştırılmış yakıtın hava ile karışması, yerel olarak zengin fakat yanıcı bir karışım oluşturması ve

uygun ateşleme sıcaklığına ulaşılmasından sonra meydana gelse de, genel A/F oranı zayıftır (Gray III & Ryan III, 1997). Diğer bir deyişle, bir dizel motorun silindirine çekilen havanın çoğu sıkıştırılır ve ısıtılır, ancak asla yanma işlemine katılmaz. Fazla havadaki oksijen, gaz halindeki hidrokarbonları ve karbon monoksiti oksitlemeye yardımcı olur ve bunları egzoz gazında son derece küçük konsantrasyonlara indirgemektedir (Gray III & Ryan III, 1997). Şekil 5 'te dizel motorda ateşleme sırasında çıkan egzoz dumanı gösterilmektedir.



Şekil 5 Dizel motorun ateşleme esnasında çıkan egzoz dumanı

## IV. MATERYAL VE METOD

### A. Deney Biyodizeli Hakkında Bilgi

Kanola, aspir ve atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin eşit oranlarda karıştırılmasıyla biyodizel kombinasyonu elde edilmiştir. Deneyler de bu karışım üzerinden hazırlanmıştır. Deneyde kullanılan biyodizel, dizel yakıtının analizleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi enerji ve kimya laboratuvarında TS EN 14214 standardına göre doğrulanmıştır. Çizelge 2 'de kimyasal bileşimi ile fiziksel özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 2 Biyodizel ve dizel yakıtın kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri

Bileşim ve Özellikler	Dizel	Biyodizel	Analizi uyumlu ile
Kimyasal Formül	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	C <sub>18,45</sub> H <sub>35,01</sub> O <sub>2</sub>	
40 °C'de Kinematik Viskozite (mm <sup>2</sup> /s)	4,24	4,241	EN ISO 3104
Daha Yüksek Kalorifik Değer (kJ/kg)	46,105	39640,62	ASTM D 240
Düşük Kalorifik Değeri (kJ/kg)	43,199	38547,86	(Hesaplanmıştır)
15 °C'de yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	883,5	887	EN ISO 12185
Sülfatlı Kül İçeriği % (m/m)	0,0016	0,005	TS 1965
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası °C	-13,89	-2	TS EN 116
Kükürt (mg/kg)	5,5	1,1	TS EN ISO 20646
Toplam Gliserol % (m/m)	-	0,03	TS EN 14105
Parlama Noktası (°C)	174	180	ASTM D 92
Donma Noktası (°C)	-15	-3	ASTM D 97
Ester İçeriği % (m/m)	-	96,8	TS EN 14103
Bulutlanma Noktası (°C)	-6	-1	ASTM D 2500

### 1. Kanola

Kanola yağı, kolza yağından farklı olarak, çeşitli kolza tohumlarından elde edilen, erusik asit oranı düşük bir bitkisel yağdır (Przybylski & Mag, 2011). Brassicaceae bitki ailesinin çeşitli çeşitlerinin herhangi birinin tohumundan üretilen hem yenilebilir hem de endüstriyel formlar vardır.

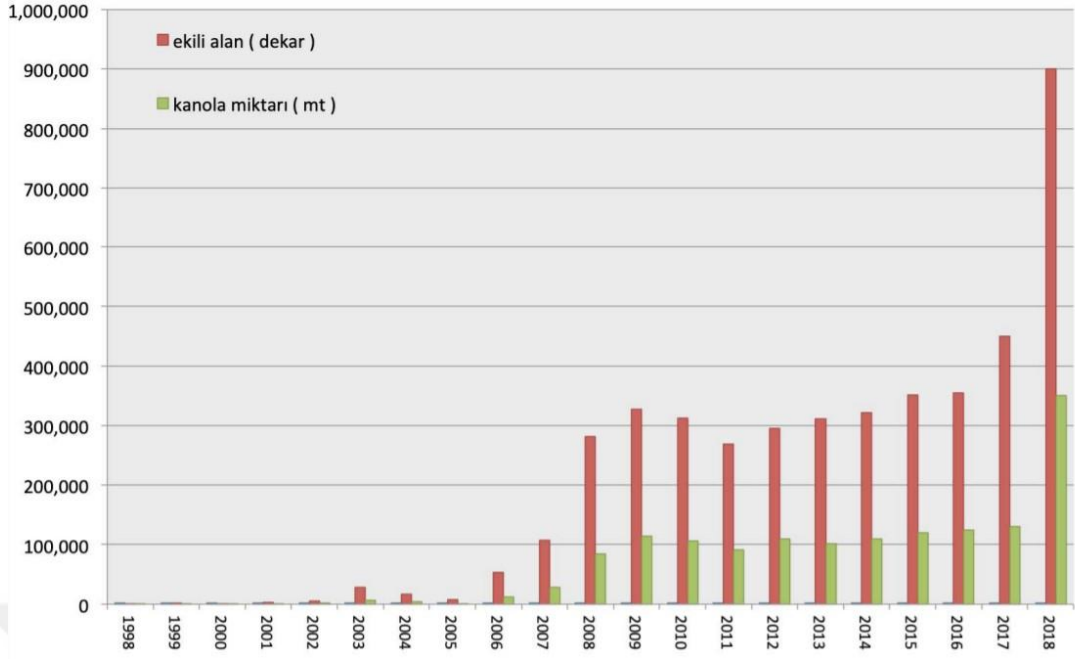
Ülkemizde 2020 yılında toplamda kanola üretimi 122 bin ton olmuştur. Son 10 yılda ise kanola üretimi ortalama 115 ton olarak gerçekleşti (KADAKOĞLU & KARLI). Tekirdağ, geçtiğimiz yıl yaklaşık 38 bin tonluk kanola üretimiyle en çok üretim yapan il olmaktadır. Ondan hemen sonra Edirne ve Konya sırasıyla 24 ve 16 bin ton kanola üretimi gerçekleştirmiştir. Tarım ve Orman Bakanımız Bekir Pakdemirli, kanola üretiminin artırılmasının faydalarını göz önünde bulundurarak, kanola tohumunun %50 'sinin bakanlık tarafından destekleneceğini duyurmuştur. Ülkemizde kanola tohumunun ekin alanı olarak toplam 90 bin hektarlık alan bulunmaktadır. Şekil 6 'da ülkemizde kanola üretim denemesi gösterilmektedir.



Şekil 6 Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Kanola üretimi denemesi (Gencer, 2010).

Dünyada kanola üretimi toplam 25 milyon ton civarındadır. Kanola tohumunu en çok üreten ülkeler arasında Çin 5 milyon ton ile ilk sırada yer almaktadır. Ardından Hindistan 4 milyon ve Kanada 3 milyon ton ile gelmektedir. Avrupa 'da ise baktığımızda ekim alanı olarak ilk sırada Polonya gelmektedir (500 bin ha.). Ardından 500 bin hektar ile Fransa, 400 bin hektar ile Almanya, 250 bin hektar ile İngiltere gelmektedir.

Şekil 7 'de ülkemizde biyodizelin kanola tarımına ettiği etki gösterilmektedir. Görüldüğü gibi 2008 yılından itibaren ekili alan oranı ciddi bir şekilde artışa geçmiştir. Bununla birlikte üretilen kanola miktarı aynı oranda artmaktadır.



Şekil 7 Biyodizelin Türkiye 'de kanola tarımına olumlu etki etmesi

## 2. Aspir

Aspir bitkisi genellikle aspir yağı elde etmek için kullanılmaktadır. Aspir bitkisinin belirli kısımlarının çeşitli şekillerde baskı işleminin yapılmasıyla elde edilen aspir yağı, içinde oldukça doymamış yağlar içermektedir (Liu, Guan, & Yang, 2016). Ekiminden sonra ortalama 110-140 gün içinde yetişebilen bir tohum türüdür. Kuraklığa, soğukluğa dayanıklı olması ile bilinir. İlkbaharda ekimi yapılabilmesi ve kıraç alanlarda yetiştirilebilir olması nedeniyle ülkemizde üreticiler tarafından son yıllarda tercih edilmeye başlanmıştır.

2012 yılı itibarıyla dünyada yaklaşık 834 bin ton aspir bitkisi üretilmiştir (BAYRAMİN & Mehmet, 2009; KADAKOĞLU & KARLI). 212 tonluk üretimi ile ilk sırada Meksika vardır. Sırasıyla Hindistan (129 bin ton), ABD (79.730 ton), Kazakistan (76.105 ton), Avusturalya (50 bin ton) ile Meksika'nın ardından gelmektedirler.

Ülkemiz aspir bitkisi üretiminde dünyada 7 'nci sıradadır (BAYRAMİN & Mehmet, 2009). Üretimin ve ekiminin kolaylığı sebebiyle aspir tohumu yoğun ilgi görmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı aspir tohumunun üretimi için çiftçilerimize destek vermektedir. 2013 yılına göre aspir tohumunun üretimi için maliyetin 80% devlet tarafından karşılanmaktadır. Genellikle İç Anadolu bölgesinde üretimi yapılması olup,

il bazında Ankara, Eskişehir ve Şanlıurfa ilk sıraları almaktadır. Şekil 8 'de ülkemizde aspir üretim denemesi gösterilmektedir.



Şekil 8 Şırnak İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Aspir üretimi denemesi (MÜDÜRLÜĞÜ).

### 3. Atık yağlar

Atık yağların geri dönüşümü ile su canlılarının ve su kaynaklarının korunması mümkün hale gelmektedir. Bu yağlar iyi işlem görmezlerse suyu ve doğayı kirletebilirler. Bir litre bitkisel atık yağ, bir milyon litre suyu kirletmektedir. Bitkisel yağlar bir kez kullanıldıktan sonra asla tekrar kullanılmamalıdır. Lavaboya döküldüğü zaman kanalizasyon sistemini tıkar, su arıtma yükünü artırır. Sabun üretiminde ise cilt kanserine sebep olmaktadır. Şekil 9 'da atık yağların biyodizel üretim aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 9 Atık yağlardan biyodizel üretimi aşaması (Kılıçarslan, 2019)

Türkiye 'de yılda 1.500.000 ton bitkisel yağ gıda amaçlı kullanılmaktadır. Bu yağlardan yaklaşık 150 bin ton atık yağ oluşmaktadır.

Atık yağ potansiyeli konusunda birçok ülkede çalışmalar yapılmış ve önemli miktarda atık yağ tespit edilmiştir. Avrupa ve ABD 'de restoranlardan kızartma yağları ve hayvansal yağlar toplanmakta ve ana hayvan yemi katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Firestone, 2007). Ancak deli dana hastalığı nedeniyle bu yağların hayvan yemlerinde kullanılması yasaklanmıştır. Böylece bu atıkların piyasası ortadan kalkmış ve çevre kirliliğine neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca biyodizel üretimi için atık kızartma yağlarının toplanmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. 1993 yılında, Avusturya 'nın Steiermark eyaleti hükümeti tarafından biyodizel üretimi için evlerden ve restoranlardan kullanılmış kızartma yağlarının toplanmasını desteklemek için bir kampanya düzenlendi. Styria ve Salzburg 'da evlere yaklaşık 130.000 adet 3 litrelik toplama kovası, restoran ve özel atık tesislerine ise 1000 litre kapasiteli 550 adet konteyner yerleştirildi.

Çizelge 3 Saf dizel ve biyodizel yakıtının özellikleri

	Saf Dizel	%30 Biyodizel, %70 Dizel	%30 Biyodizel, %70 Dizel + 50 mg Grafen	%30 Biyodizel, %70 Dizel + 50 mg Titanyum
Setan Sayısı	56,2	54,2	53,7	53,1
Üst Isıl Değer (D240) cal/g	10951	10821	10645	10425
Alt Isıl Değer (D240) cal/g	10274	10112	9890	9972
Yoğunluk 15°C kg/m <sup>3</sup>	830,2	841,5	855,2	860,4

## B. Nanoparçacıklar

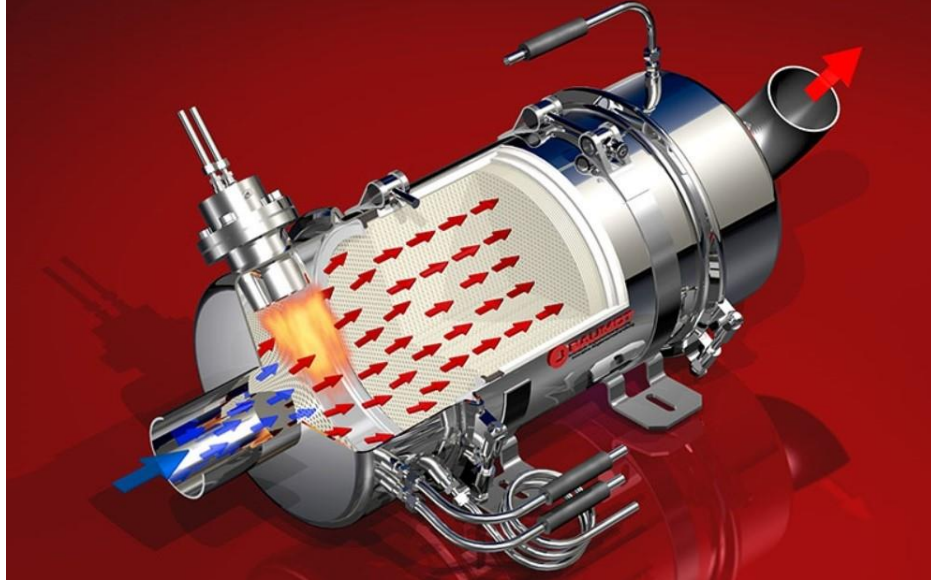
Nanoparçacıklar, 1-100 nanometre aralığında bir boyuta sahip partikül dispersiyonları veya katı partiküller olarak tanımlanır (Li et al., 2009). İnce partiküller 2.5 µm ve daha küçük boyutlarda olmaktadır. Bazı endüstriyel ve tüm yanma proseslerini içermektedir. Kaba partiküller ise 2.5-10 µm aralığında bulunmaktadır. Kaba partikül olarak adlandırılan tozlar ise genellikle kırma, öğütme işlemlerinden meydana gelen toz parçacıkları ve yollardan kalkan tozlardır. Setan sayısını artırmanın ve zararlı

egzoz emisyonlarını azaltmanın yöntemlerinden biri biyodizele katkı maddesi, nanoparçacıkların eklenmesidir (Şimşek, 2020). Deney zamanı nanoparçacıklar AND Gr-200 hassas analitik terazi ile ölçülmüştür. Şekil 10 'da nanoparçacıkların ölçümlendiği hassas terazinin resmi verilmiştir.



Şekil 10 Nanoparçacık ölçümleri için kullanılan AND Gr-200 analitik hassas terazi.

Geniş boyut aralığına sahip bazı partikül madde türleri, çıplak gözle görülebilecek kadar büyüktür. Bunlara örnek olarak is, toz, duman verilebilir. Yakıttaki hidrojen molekülleri oksijenle karbondan daha kolay oksitlenmekte, ortamdaki oksijeni azaltmaktadır ve bu nedenle tüm karbon moleküllerinin oksidasyonu için gerekli oksijen ortamda bulunmaz. Çevrede oksitlenemeyen karbon birikintileri oluşur. Normalde tam yanma reaksiyonu sırasında karbon oksijenle birleşir ve egzozdan CO<sub>2</sub> olarak salınır ancak ortamda yeterli oksijen olmadığından CO ve C olarak egzozdan atılır. Egzoz gazındaki C oranının artmasıyla birlikte duman rengi değişiklikleri ve bu renk değişikliğine neden olan C tortuları, kurum adı verilen emisyonların temel yapı taşlarıdır (Kılıçaslan, 2010). Şekil 11 'de dizel motorlarda partikül madde temizlemesinin resmi gösterilmektedir.



Şekil 11 Dizel motorlarda partikül madde temizleme cihazı (ERTÜRK, ARI, & GAGA, 2015).

### 1. Grafen Oksit ( $C_{140}H_{42}O_{20}$ )

Deneylerde kullanılan nanoparçacıklardan biri grafen oksit 'tir ( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ). Yüksek oranda oksitlenmiş karbon atomları, petek şeklinde altıgen bir kafes düzeninde düzenlenmiştir. Bireysel pullar, X ve Y yönlerinde tipik olarak nanometre ile mikron genişliğindedir. Tek katmanlı Grafen oksit tipik olarak 0.7-1.2 nm kalınlığındadır. Son zamanlarda grafen, karbon nanotüpler gibi nanopartikül maddeleri daha iyi fizikokimyasal özelliklerinden dolayı araştırmacılar tarafından araştırılmaktadır. Grafit oksit ve grafen oksit arasındaki fark, pulların toplam kalınlığıdır. 10 katın üzerinde olan ürünler grafen değil, grafit olarak kabul edilir (Peng, Iqbal, Sirkar, & Peterson, 2020).

Deneylerde 50 mg 'lık  $C_{140}H_{42}O_{20}$  nanoparçacığı kullanılmıştır. Şekil 12 'de Hassas terazi üzerinde deneyler için kullanılacak olan grafen oksit nanoparçacığı gösterilmektedir.



Şekil 12 Analitik hassas terazide tartılmış grafen oksit

Deneyde kullanılan grafen oksit ( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ) katkı maddesinin TÜBİTAK 'ta hazırlanan veri sonuçları çizelge 4 'te gösterilmiştir.

Çizelge 4 Deneyde kullanılan  $C_{140}H_{42}O_{20}$  katkı maddesinin özellikleri

Özellik	Grafen
Termal İletkenliği	$4,84-5,3 \times 10^3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$
Geçirgenlik	>70% 10 nm için ince film >95% 2 nm için ince film
Elektron Mobilitesi	$15000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$
Elastik Modülü	0,5–1 Tpa
Termal Genleşme Katsayısı	$-6 \times 10^{-6} / \text{K}$ ,
Özdirenci	$10^{-6} \Omega\text{-cm}$
Gerilme Direnci	130 Gpa

## 2. Grafen Oksit Fiziksel Özellikleri

Grafen ailesi nanomalzemeleri (GAN 'ler), biyouyumlulukları ve mükemmel fizikokimyasal özellikleri nedeniyle nanoteknoloji ve biyotıp alanlarında muazzam uygulamalara sahiptir. GAN 'ler arasında, grafen (G) ve grafen oksit (GO), özellikle

ilaç dağıtımı için yeni taşıyıcılar olarak teşhis, tedavi ve önleyici tıbbi ürünlerde sıklıkla kullanılan iyi bilinen ideal nanomalzemelerdir (Feng, Wu, & Qu, 2013). Hem G hem de GO, iki boyutlu bir kristal kafes içinde düzenlenmiş tek karbon atomu tabakası iken, GO, suda stabilize edici bir ajan olarak etkili bir şekilde çalışan ve küçük moleküllere kovalent olarak bağlanabilen oldukça reaktif oksijen fonksiyonel gruplarıyla özel kimyasal modifikasyona sahiptir (Feng et al., 2013). GO nanomalzemelerinin boyutları ve yüzey oksidasyonu, çeşitli modellerde özelliklerini ve ilişkili toksisiteyi potansiyel olarak etkilemektedir.

Farklı çalışmalarda nano boyutlu GO 'nun hücrelere plazma zarı ve yüzey reseptörleri ile etkileşime girerek girdiğini ve boyutun GO 'nun içselleştirilmesi ve hücre içi kaderi için önemini ima ettiğini göstermiştir. Hücrelerde, zarla bütünleşik bir protein olan epidermal büyüme faktörü reseptörü (EGFR) genellikle fiziksel strese ve mekanik yaralanmaya yanıt olarak aktive olmaktadır.

### **3. Grafen Oksit Kimyasal Özellikleri**

Grafen, bal peteği yapısındaki sp<sup>2</sup> karbon atomlarından oluşan atomik olarak ince, 2 boyutlu (2D) bir levhadır. Yüksek mekanik mukavemet, elektriksel iletkenlik, moleküler bariyer yetenekleri ve diğer dikkate değer özellikler gibi birçok arzu edilen özelliğe sahip olduğu gösterilmiştir. Bu nedenlerden dolayı, polimer bazlı nanokompozitler tasarlamak için grafeni polimerlere dahil etmek sayısız araştırma çabasının hedefi olmuştur (Merino, Martin, Kostarelos, Prato, & Vazquez, 2015). Bununla birlikte, bozulmamış grafenin kullanımı, zor aşağıdan yukarıya sentez, zayıf çözünürlük ve van der Waals etkileşimleri nedeniyle çözümlerde aglomerasyon nedeniyle zorlu olduğunu kanıtlamıştır. Alternatif olarak, grafene yapı olarak benzer bileşikler, bozulmamış grafenin birçok avantajını elde etmek ve aynı zamanda yüzeyi işlevselleştirilmiş oksijen gruplarıyla doldurmak için yukarıdan aşağıya bir yöntemle grafit veya diğer karbon kaynaklarından sentezlenebilir (Merino et al., 2015). Grafitin protonlanmış çözücülerde oksidasyonu, çok sayıda istiflenmiş grafen oksit (GO) katmanından oluşan grafit okside yol açar. GO, grafene benzer bir altıgen karbon yapısına sahiptir ancak aynı zamanda hidroksil (-OH), alkoksi (C-O-C), karbonil (C=O), karboksilik asit (-COOH) ve diğer oksijen bazlı fonksiyonel grupları da içerir. Sentez kolaylığının yanı sıra, bu oksijenli gruplar, daha yüksek çözünürlük ve nanokompozit malzemelerde kullanım için birçok fırsat sunan yüzey işlevselleştirme

olasılığı da dahil olmak üzere grafene göre birçok avantajdan sorumludur. Çizelge 5'te yapısal, kimyasal özelliklerini gösterilmektedir.

Çizelge 5 Grafen oksit, bir dizi önemli yapısal ve kimyasal özellikler için istatistikler (Bağatır, 2018)

<b>Giriş özelliği</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Ortalama</b>
C atomları	150	1014	428,08
O atomları	7	507	100,55
H atomları	4	428	104,65
Ortalama çap(Å)	20,24	56,1	34,44
Anizotropi	1,17	2,67	1,6
Toplam alan	320	2457	982,79
Eter konsantrasyonu	10	77	30
Hidroksil konsantrasyonu	5	77	32
Oksijen konsantrasyonu	4	37	24

#### 4. Titanyum Dioksit (TiO<sub>2</sub>)

Deneylerde kullanılan bir diğer nanoparçacık ise Titanyum Dioksit 'tir (TiO<sub>2</sub>). Titanyum dünyada en fazla bulunan elementlerin başını çekmektedir. Korozyona dayanıklıdır, hafif olmasına rağmen güçlü etki gösterebilmektedir (Cunat, 2004). Genellikle silah üretimi, uzay sanayi gibi projelerde de kullanılabilirler. TiO<sub>2</sub>, yüksek yüzey alanı, güçlü metal destek etkileşimi, kimyasal kararlılık ve asit-baz özelliği nedeniyle heterojen katalizör olarak yüksek bir potansiyel göstermektedir.

Deneylerde 50 mg 'lık TiO<sub>2</sub> nanoparçacığı kullanılmıştır. Şekil 13 'de Hassas terazi üzerinde deneyler için kullanılacak olan titanyum dioksit nanoparçacığı gösterilmektedir.

Deneyde kullanılan TiO<sub>2</sub> katkı maddesinin TÜBİTAK 'ta hazırlanan veri sonuçları çizelge 6 'da gösterilmiştir.

Çizelge 6 Deneyde kullanılan TiO<sub>2</sub> katkı maddesinin özellikleri

<b>Özellik</b>	<b>Titanyum Dioksit</b>
Partikül Boyutu	200 nm
CAS Numarası	13463-67-7
Safılık	%99,5
Renk	Beyaz
Özgül Ağırlık	4,1g/cm <sup>3</sup>
Yoğunluk	1,1g/cm <sup>3</sup>
Yağ Emme Oranı	18/100 cm <sup>3</sup> /g



Şekil 13 Analitik hassas terazide tartılmış titanyum dioksit

### 5. TiO<sub>2</sub> Kimyasal Özellikleri

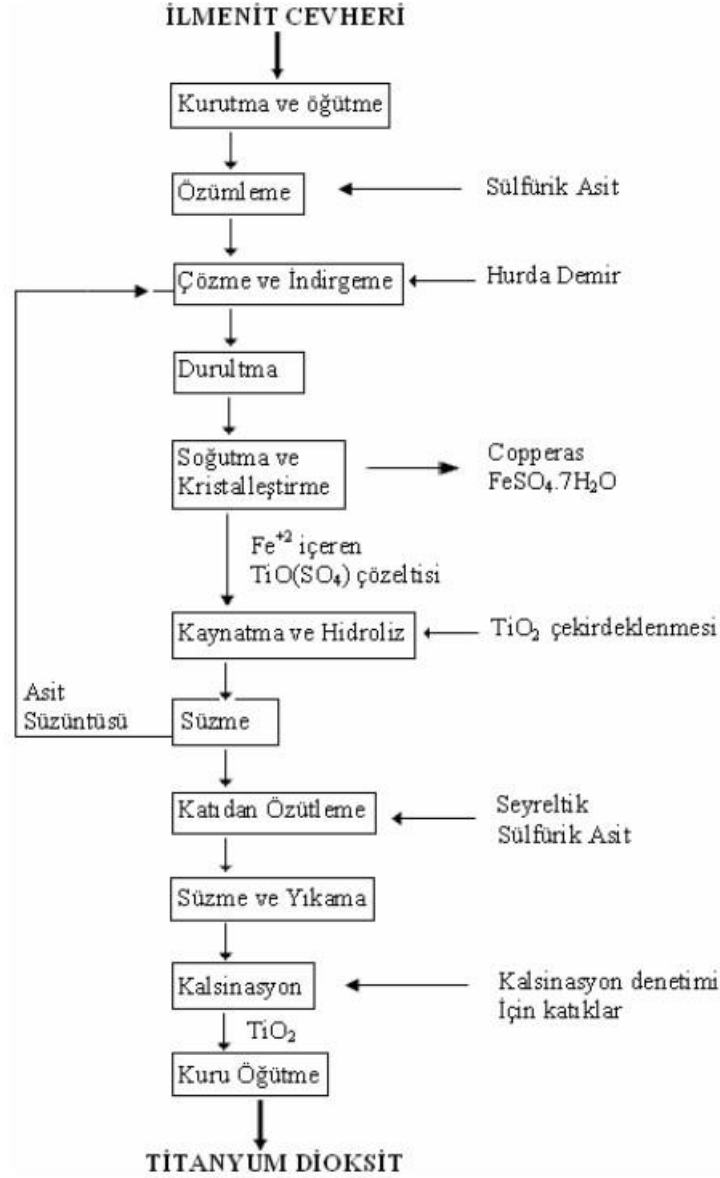
Titanyum dioksit 1855 °C erime sıcaklığı vardır. Beyaz bir madde olan titanyum dioksit kimyasal etkilere dayanıklılığı ile bilinir (Lagopati et al., 2021). Vakum ile ısıtıldığında oksijen kaybı sonucunda bileşim TiO<sub>2</sub> 'den TiO<sub>1.97</sub>'ye değişir ve ürün koyu maviye döner (Lagopati et al., 2021). Daha sonra tekrar aynı ürün havada ısıtıldığında beyaz rengini tekrardan geri kazanmaktadır.

Titan beyazı, titanik asit anhidrit, titan, titanik anhidrit gibi diğer isimleri de vardır. 3 kristal formları bulunmaktadır; Anataz, Brukit, Rutil. Bu kristal formlardan en önemli olanları anataz ve rutildir. Çizelge 7 'de kristalografik ve kimyasal özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 7 Titanyum dioksitin kristalografik ve kimyasal özellikleri

Özellik	Anataz	Brukit	Rutil
Kristal yapısı	Tetragonal	Prtorombik	Tetragonal
Optik yapısı	Tekeksenli, eksi	Çifteksenli, artı	Tekeksenli, artı
Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	3,9	4,0	4,23
Sertlik, Mohs ölçeği	5,5-6	5,5-6	7-7,54
Birim hücre	D <sub>4h</sub> 19.4TiO <sub>2</sub>	D <sub>2h</sub> 15.8TiO <sub>2</sub>	D <sub>4h</sub> 12.2TiO <sub>2</sub>
Birim hücre boyutları, nm			
a	0,3758	0,9166	0,4584
b		0,5436	
c	0,9514	0,5135	2,953

Titanyum dioksit üretmek için öğütülmüş ilmenit cevheri, kösele gibi sıcak sülfürik asit ile ekstrakte edilir. Koni şeklindeki beton tanklarda gerçekleştirilen Fe<sub>2</sub> ve Fe<sub>3</sub> oluşmaktadır. Bu adımlar sonucunda ortaya çıkan kükürt oksitleri ile sülfürik asit dumanları yıkama kulelerinde tutulmaktadır. Hurda demir kullanılarak Fe<sub>3</sub> sulfat Fe<sub>2</sub> sulfata indirgenir. Soğutma, kristalizasyon ve santrifüj işlemleri ile Copperas adı verilen FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O çözeltiden ayrıştırılır (Gázquez, Bolívar, García-Tenorio García-Balmaseda, & Vaca, 2014). Kaplamalı titanyum dioksit pigmenti TiO(SO<sub>4</sub>) çözeltisinden TiO<sub>2</sub> çekirdeklenme, filtrasyon, ekstraksiyon, kalsinasyon ve öğütme adımlarından geçirilerek üretilir (Gázquez et al., 2014). Kaplanan pigment su içinde dağıtılır ve kaplama malzemeleri ilave edildikten sonra süzülür, kurutulur ve uygun görülürse organik katkı maddeleri eklenerek tekrardan öğütülür. Bütün bu işlemlerin sonucunda saflaştırılmış ve kaplanmış titanyum dioksit pigmenti elde edilmektedir. Şekil 14 'de üretim şeması gösterilmektedir.



Şekil 14 Titanyum dioksit üretimi

## 6. TiO<sub>2</sub> Fiziksel Özellikleri

Titanyum alaşımlarının bir birlerinden farklı özellikler göstermesinin ana sebebi, esas olarak  $\alpha$  ve  $\beta$  özelliklerinden ve aynı zamanda yapıdaki hacim miktarından kaynaklanıyor (Lütjering, 1998). Fazların kristal yapısı alaşımların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Çizelge 8 'de titanyum dioksitin fiziksel ve mekanik özellikleri göstermektedir.

Çizelge 8 Titanyum dioksit fiziksel ve mekanik özellikleri.

	$\alpha$	$\alpha + \beta$	$\beta$
Yoğunluk	+	+	-
Mukavemet	-	+	++
Süneklik	- / +	+	+ / -
Tokluk	+	- / +	+ / -
Sürünme	+	+ / -	-
Korozyon direnci	++	+	+ / -
Oksidasyon davranışı	++	+ / -	-
Kaynak kabiliyeti	+	+ / -	-
Soğuk işlenebilirliği	--	-	- / +

### C. Emisyonlar ve Etkileri

#### 1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu

Sera gazı emisyonları çoğunlukla karbondioksit eşitliğinde hesaplandığından, küresel ısınma veya sera gazı etkileriyle ilgili herhangi bir tartışmada genellikle "karbon emisyonları veya karbon emisyonları" olarak anılırlar. Ayrıca, sera gazlarının çoğunda karbon molekülleri bulunur. Dünyada karbon salınımlarının ve sera gazlarının artmasının başlıca nedenleri bunlardır; dünyada kontrolsüz nüfus artışı, sanayileşme ve fabrikalar, küresel enerji talebinde yükseliş, artan şehirleşme ihtiyacı, yeşil alanların, ormanların azaltılması, sera gazlarının doğaya kontrolsüz salınımı.

Her ülkenin hava kirliliğinden kaynaklanan kendi kuralları dahilinde CO emisyonları konusunda bir sınırlaması vardır. Türkiye 'de bu oran %3-4 arasındadır.

Atmosferdeki antropojenik sera gazı yoğunluğu, özellikle 1850 'lerde başlayan sanayi devrimi sonucunda artmaya başladı. TÜİK tarafından Türkiye 'de düzenlenen "2014 Sera Gazı Emisyon Envanteri" sonuçlarına göre toplam sera gazı emisyonu (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) 467,6 milyon ton olarak hesaplanmıştır (TUIK, 2021). Yüzde olarak, 1990'dan 2014 'e kadar toplam sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak) %125 arttı. Kişi başına emisyon değerlerine bakıldığında 1990 yılında kişi başı 3,77 ton/kişi (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) iken bu rakam 2014 yılında 6,08 ton/kişiye ulaşmıştır (TUIK, 2021).

#### 2. Azot Oksit (NO<sub>x</sub>) Emisyonu

Yakıtın yanması sırasında nitrojen salındığında oksijen atomlarıyla birleşerek nitrik oksit (NO) oluşturur. Bu ayrıca nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>) oluşturmak için oksijenle birleşir. Nitrik oksit, tipik ortam konsantrasyonlarında sağlığa zararlı olarak kabul

edilmez, ancak nitrojen dioksit olabilir. Azot dioksit ve nitrik oksit, birlikte nitrojen oksitleri ( $\text{NO}_x$ ) olarak adlandırılır.

Azot oksitler, araç emisyonlarında en önemli gazdır.  $\text{NO}_x$  emisyonu hava kirliliğine neden olan bir gaz türüdür. Genellikle elektrik santralleri, arabalar tarafından üretilmektedir. Bu emisyonun oluşmasının en büyük etkenlerinden biri ortamdaki sıcaklık ve yakıt/hava oranıdır. Araçlarda azot oksit emisyonunun ana nedeni sıcaklıktır. Silindirdeki sıcaklık  $1400\text{ C}^\circ$  'nin üzerine çıkar çıkmaz  $\text{NO}_x$  yoğunluğu artmaya başlar (Pochet, Truedsson, Foucher, Jeanmart, & Contino, 2017).  $\text{NO}_x$   $1400\text{ C}^\circ$  'nin altında üretilmez.

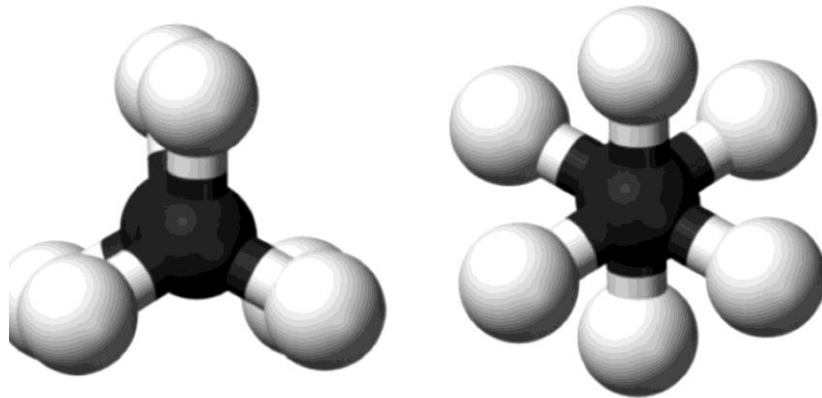
Avrupa son yıllarda belirli emisyon normlarına göre hava kirliliğine önlem olarak sınırlama getirmiştir. Azot oksit ( $\text{NO}_x$ ) emisyon sınırları bunlardır;

- Euro 4: 0,25 gram/km
- Euro 5: 0,18 gram/km
- Euro 6: 0,08 gram/km

### 3. Hidrokarbon (HC) Emisyonu

Silindirlerdeki yanma tam yanma ise, yanma sonucunda karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve su buharı ( $\text{H}_2\text{O}$ ) oluşmaktadır. Karbondioksit ve su buharı miktarları hidrokarbonun kimyasal yapısına göre değişkenlik göstermektedir.

Belli bir noktaya kadar, hava/yakıt karışımı zenginleştikçe HC yoğunluğu artar. Bunun nedeni oksijen eksikliği ve eksik yanmadır. HC oluşumu, silindirlerdeki yakıtın bir kısmının eksik yanması veya hiç yanmaması nedeniyle oluşur. Şekil 15 'de hidrokarbonun mikroskopik görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 15 Hidrokarbon mikroskopik görüntüsü

Hidrokarbonlar temel olarak Benzin olarak da bilinen ham yakıttır. Yüksek Hidrokarbon (HC) emisyonları neredeyse her zaman yakıtın zayıf ateşlemesinin bir işaretidir. Ancak, yüksek Hidrokarbon emisyonlarından her zaman motorun ateşleme sistemi sorumlu değildir.

#### **4. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonu**

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), insan faaliyetleri yoluyla yayılan birincil sera gazıdır. Örnek olarak 2019 'da CO<sub>2</sub>, insan faaliyetlerinden kaynaklanan tüm Amerika 'da sera gazı emisyonlarının yaklaşık yüzde 80 'ini oluşturmaktadır. Karbondioksit, Dünya 'nın karbon döngüsünün bir parçası olarak atmosferde doğal olarak bulunur (karbonun atmosfer, okyanuslar, toprak, bitkiler ve hayvanlar arasında doğal dolaşımı) (Berner & Lasaga, 1989). İnsan faaliyetleri, hem atmosfere daha fazla CO<sub>2</sub> ekleyerek hem de ormanlar ve topraklar gibi doğal yutakların atmosferden CO<sub>2</sub> 'yi uzaklaştırma ve depolama yeteneklerini etkileyerek karbon döngüsünü değiştirmektedir. CO<sub>2</sub> emisyonları çeşitli doğal kaynaklardan gelirken, sanayi devriminden bu yana atmosferde meydana gelen artışın insan kaynaklı emisyonlar sorumludur.

## V. DENEYSSEL ÇALIŞMA

### A. Deney çalışması

Bu çalışmada %30 Kanola, aspir ve atık bitkisel yağlardan, %70 Dizel 'den elde edilen biyodizelin ve farklı türlerdeki nanoparçacıkların eşit oranlarda karıştırılmasıyla biyodizel kombinasyonu elde edilmiştir. Yapılan deneylerde dizel motorun egzoz emisyonları ve motorine göre performanslarına bakılmıştır. Deneyde kullanılan nanoparçacık oranları, Testlerde kullanılan biyodizel, dizel yakıtının analizleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi enerji ve kimya laboratuvarında TS EN 14214 standardına göre doğrulanmıştır. Çizelge 9 'da dizel yakıt ve biyodizelin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri gösterilmektedir.

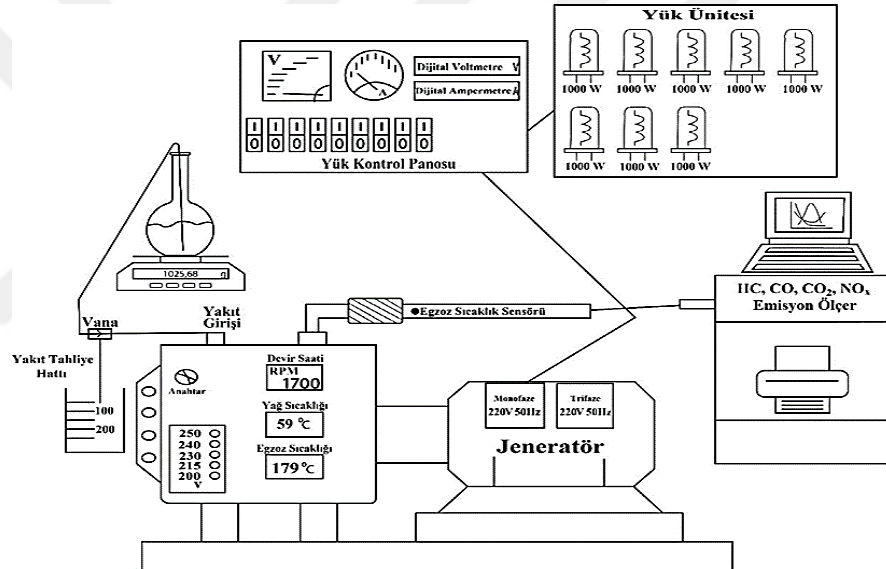
Çizelge 9 Dizel yakıt ve Biyodizelin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri

DieselFX'in Fiziksel Durumu	Sıvı
Koku Eşiği	Tanımlanmamış
Görünüm	temizle, kehribar
Otomatik ateşleme (bilinen en düşük değer)	130- 215 °C (2-etilheksil-nitrat)
Parlama Noktası (Kapalı kap)	72.778°C
Özel ağırlık	0.957 [ASTM D 4052]
Buhar Yoğunluğu (bilinen en yüksek değer)	4,6 - 5,5 (Hava = 1) (çözücü nafta (ham yağ), yoğun aroma)
DieselFX'in Buhar Basıncı	0,1 kPa (0,81 mm Hg) (20°C'de) [çözücü nafta (petrol-ham petrol), yoğun aroma.] Ağırlıklı ortalama: 0,04 kPa (0,31 mm Hg) (20°C'de)
Ağırlıklı Ortalama	1.71 (Hava = 1)
Kaynama noktası	Bilinen en düşük değer: 168.4- 170.85°C (2-butoksietanol). Ağırlıklı ortalama: 191.5°C
Buharlaştırma oranı	<1(C8H17NO3) Ağırlıklı ortalama: 0,76 (Bütül asetat ile karıştırıldığında)

Akma noktası	Olası katılaşma: $<-20^{\circ}\text{C}$ Aşağıdaki bileşenler tarafından sağlanır: solvent nafta (ham petrol), yoğun aroma. Ağırlıklı Ortalama: $-47.06^{\circ}\text{C}$
Su çözünürlüğü	Aşağıda tanımlanan maddelerde kolayca çözünür: sıcak su ve soğuk su.

## B. Deney Düzeneği

Deney düzeneğinde ekstra olarak yükleme dirençleri, sinyal, amplifikatör, basınç sensörü, osiloskop, sıcaklık göstergesi, yakıt depoları, egzoz gazı analizörü ve kontrol paneli yer almaktadır. Şekil 16 'da test aparatının şematik bir gösterimi, Şekil 17 'de ise genel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 16 Deney düzeneği grafik resmi (Simsek, 2020)



Şekil 17 Deney düzeneği genel görünümü

### C. Deney Motoru

Daha önce motor performansı ve egzoz emisyon parametreleri değerlendirilmiş, test motoru çalışma sıcaklığına ulaşana kadar çalıştırılmıştır. Test motoruna sırasıyla 500, 1000, 1500, 2000, 2500 ve 3000 Watt 'lık yükler yüklenerek testler yapılmıştır. Hacimsel test motorları ile hazırlanan BD0, BD30, BD100, BD30G50, BD30T50 yakıtları belirlenen motor yüklerinde çalıştırılarak performansları ve egzoz emisyon değerleri ölçülmüştür. Motorun özellikleri ve deneylerde kullanılan jeneratöre ait özellikler Çizelge 10 ve Çizelge 11 'de verilmiştir.

Çizelge 10 Deneyde kullanılan motorun özellikleri

<b>Motor Özellikleri</b>	
Marka	Katana
Model	M 178 FE
Çap ve Strok	78 X 62 cm
Silindir Hacmi	296 cm <sup>3</sup>
Maksimum Beygir Gücü	6,7 Beygir
Motor Hızı	3000 rpm
Elektrik Sistemi	12 V - 36 Ah
Yakıt	Dizel
Yakıt Tankı Kapasitesi	11 Lt
Yağ Tankı Kapasitesi	1.1 Lt
Marka	Katana
Model	M 178 FE

Çizelge 11 Deneyde kullanılan jeneratörün özellikleri

<b>Jeneratör Özellikleri</b>	
Model	KD 4500 E
Maksimum çıkış gücü	4,2 kW
Sürekli çıkış gücü	3,2 kW
Volt	230
Faz	Monofaze
Frekans	50 Hz
Güç faktörü	1
AC Devre kesici	Var

Test motorunda kullanılan kanola, aspir ve atık yağları ile onlara eklenen Nanoparçacıkların CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>, özgül yakıt tüketimi ile efektif verimi ölçülmüş ve veriler hesaplanmıştır.

#### **D. Egzoz Gaz Analiz Cihazı**

O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>, Duman emisyonları ve lambda ölçümü için Bilsa MOD 2210 WINXP-K marka egzoz gazı analizörü Çizelge 12 'de gösterildiği gibi doğru bir şekilde kullanılmıştır.

Çizelge 12 Egzoz gazı emisyon analizörü ile kullanılan ölçüm aralıkları

<b>Değişken</b>	<b>Ölçüm Aralığı</b>	<b>Kesinlik</b>
CO	%0-10.0 hacmen	0,00%
Lambda	0,5-2.00	0.001
NO <sub>x</sub>	0-5000	1 ppm
O <sub>2</sub>	%0-10 hacmen	%0.01
HC	0-10.000 ppm hacmen	1 ppm
CO <sub>2</sub>	%0-20.0 hacmen	0,00%
Hız	0-9990 dev/dak.	10 rpm

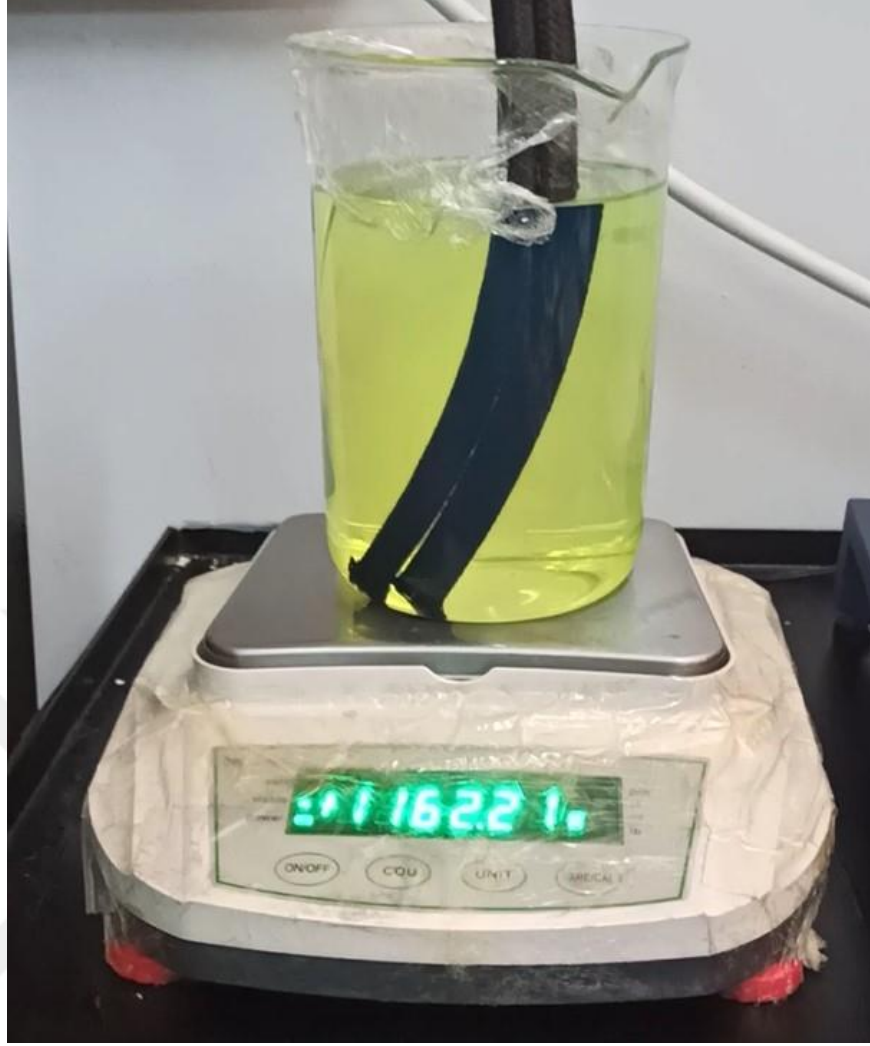
Şekil 18 'de ise egzoz gaz analizatörünün görüntüsüne yer verilmiştir.



Şekil 18 Deneyleerde kullanılan Bilsa MOD 2210 WINXP-K marka egzoz gaz analizatörü

#### **E. Yakıt tankları**

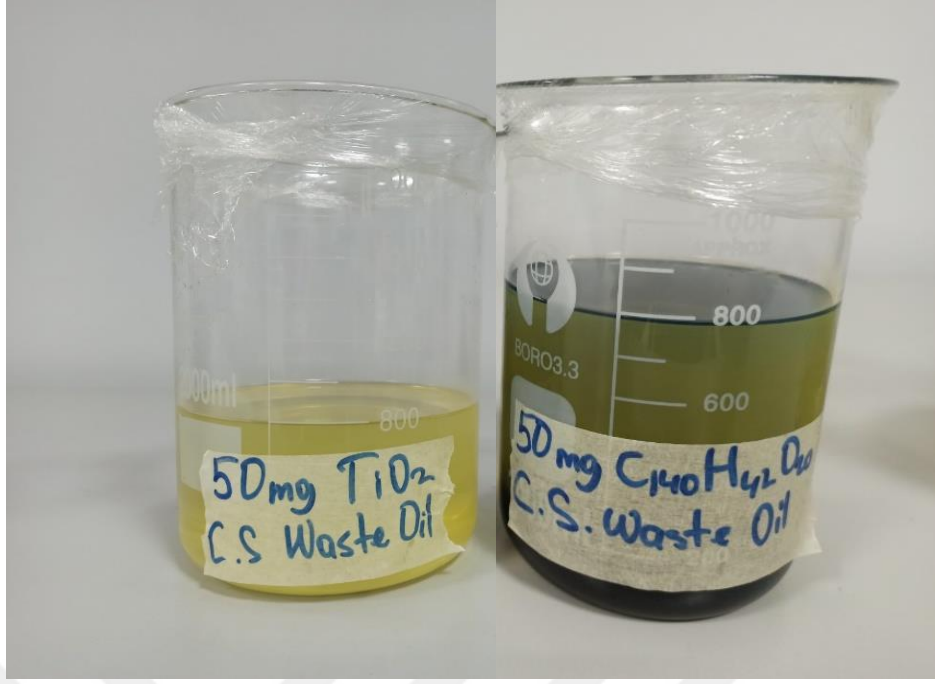
Deney düzeneğinde sadece 1 adet yakıt tankı bulunmaktadır. Tek vana ile motora bağlanmıştır. Yakıt tankı hassas terazinin üzerine konularak ne kadar yakıtın tüketilmesinin ne kadar zaman alması belirlenmiştir. Yakıt tankı ve vana yolu Şekil 19'da gösterilmektedir.



Şekil 19 Yakıt tankı ve vananın genel görünümü

#### **F. Deneyle kullanılan yakıtlar ve nanopartiküller**

Bu çalışmada kullanılan yakıt %30 Kanola, aspir ve atık yağlarının karışımı ve %70 dizelden oluşan biyodizeldir. Laboratuvarda gerekli karışım oranları ayarlanmıştır. Nanopartiküller için toplamda 2 farklı beherde 1 litrelik biyodizel karışımları hazırlanmıştır. Öncelikle farklı beherlerdeki biyodizele 50 mg.lık Grafen Oksit( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ) ve 50 mg Titanyum Dioksit( $TiO_2$ ) nanoparçacıkları eklenmiştir. Karışımlar ayarlandıktan sonra manyetik karıştırıcı ısıtıcıda karıştırılıp deneylere hazır hale getirilmiştir. Bütün karışımların deneyler için hazır olduğu halleri sırasıyla Şekil 20 'de gösterilmiştir.



Şekil 20 50 mg.lık Grafen Oksit( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ) ve 50 mg.lık Titanyum Dioksit( $TiO_2$ ) Deneylelerdeki biyodizel karışımı için kullanılan manyetik karıştırıcının resmi Şekil 21 'da belirtilmiştir.



Şekil 21 Scilogex MS-H-S marka analog dairesel manyetik ocak plakalı karıştırıcı

## VI. ARAŞTIRMA VE DENEY BULGULARI

### A. Özgül yakıt tüketimi

Motorda kullanılan yakıt ısı enerjisine dönüşürken dönüştürülen enerjinin krank miline etkisini gösteren değere özgül yakıt tüketimi denir. Yani birim güç başına kullanılan yakıt miktarıdır(Samet Çat, Uslu, Çelik, & Özdalyan, 2018).

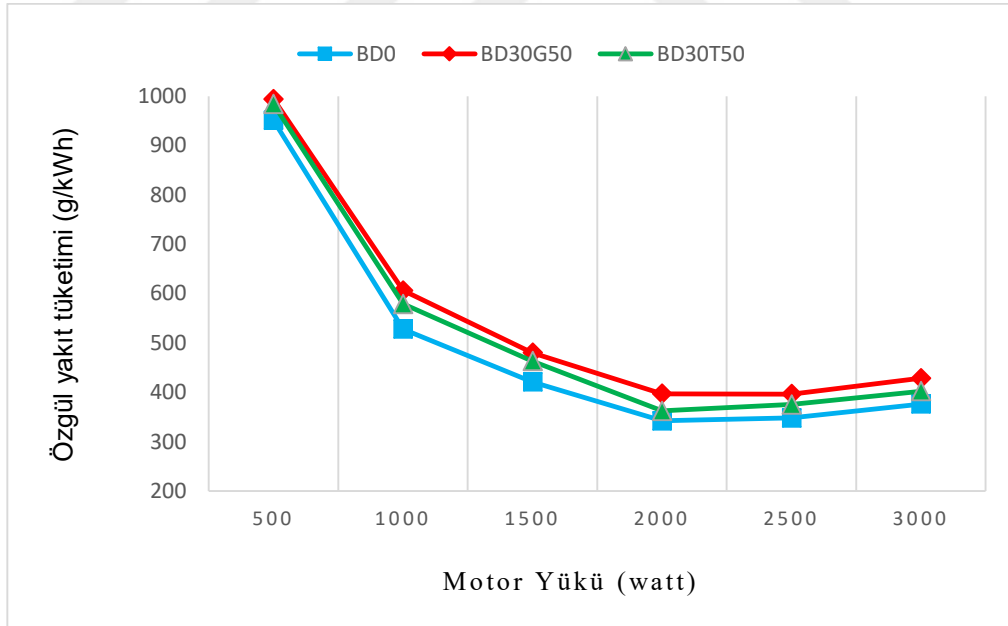
Özgül yakıt tüketimini hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır;

$$be = \frac{B * 1000}{P_e}$$

be= Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)

B= Saatlik Yakıt Tüketimi (kg/h)

P<sub>e</sub>= Motor Gücü (kW)



Şekil 22 Test yakıtının ve motor gücünün özgül yakıt tüketimine etkisi.

Yapılan deneyler sırasında özgül yakıt tüketimi testleri de gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar ortaya çıkmıştır.

BD30T50 yakıt karışımı BD0 yakıtına göre farklı yüklerde (500W'da %3,47; 1000W'da %9,67; 1500W 'da %9,98; 2000W 'da %5,85; 2500W 'da %7,76; 3000W'da %6,91) artış gözlemlenmiştir.

BD30G50 yakıt karışımı BD0 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %4,52; 1000W'da %14,78; 1500W 'da %13,97; 2000W 'da %16,05; 2500W 'da %13,86; 3000W 'da %13,94) artış gözlemlenmiştir.

BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde sadece (500W 'da %1,02; 1000W 'da %4,66; 1500W 'da %3,63; 2000W 'da %9,64; 2500W 'da %5,66; 3000W 'da %6,57) artış gözlemlenmiştir.

Deneyde kullanılan biyodizel yakıtının alt ısıl değeri, dizel yakıtın alt ısıl değerine kıyasla daha düşük olduğu için motora güç verebilmesi için yanma odasına dizelden daha fazla yakıt püskürtmesi gerekmektedir. Bunun sonucunda özgül yakıt tüketiminde artış gözükmemektedir.

## **B. Efektif Verim**

Motorda yanan yakıtın ne kadar faydalı işe dönüştüğünü gösteren ölçüme efektif verim denilmektedir. Yanma sonucu üretilen enerjinin çoğu yağlama, soğutma ve egzoz gazı yoluyla motordan uzaklaştırılır, ancak kalan enerji motor için güce dönüştürülür(Şimşek, Özdalyan, Saygın, & Şimşek, 2018).

Efektif güç aynı zamanda faydalı güç, efektif güç veya frenleme gücü olarak da adlandırılır. Bu güç, motorun gerçek gücüdür. Silindirlerde elde edilen belirtilen güçten; Motorun çalışması için gerekli kuvvetler düşüldükten sonra motorun volanından veya kasnağından ölçülen güçtür.

Efektif verimi hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır;

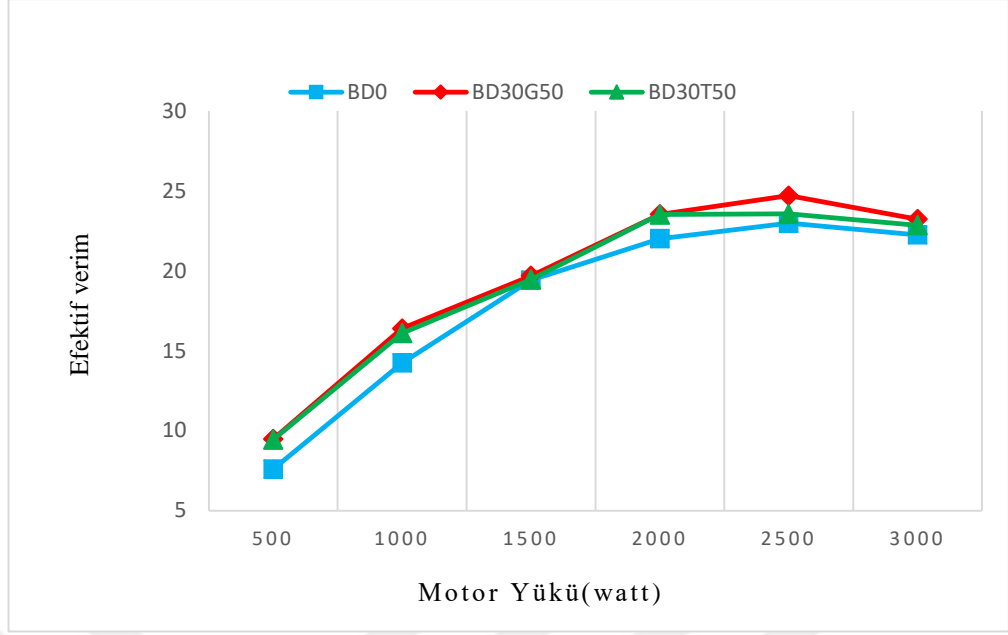
$$\eta = \frac{P_e * 3600}{B * H_u}$$

$\eta$ = Efektif Verim

$P_e$ = Motor Gücü (kW)

B= Saatlik Yakıt Tüketimi (kgh)

$H_u$ = Kullanılan Yakıtın Alt Isıl Değeri



Şekil 23 Test yakıtının ve motor gücünün efektif verime etkisi.

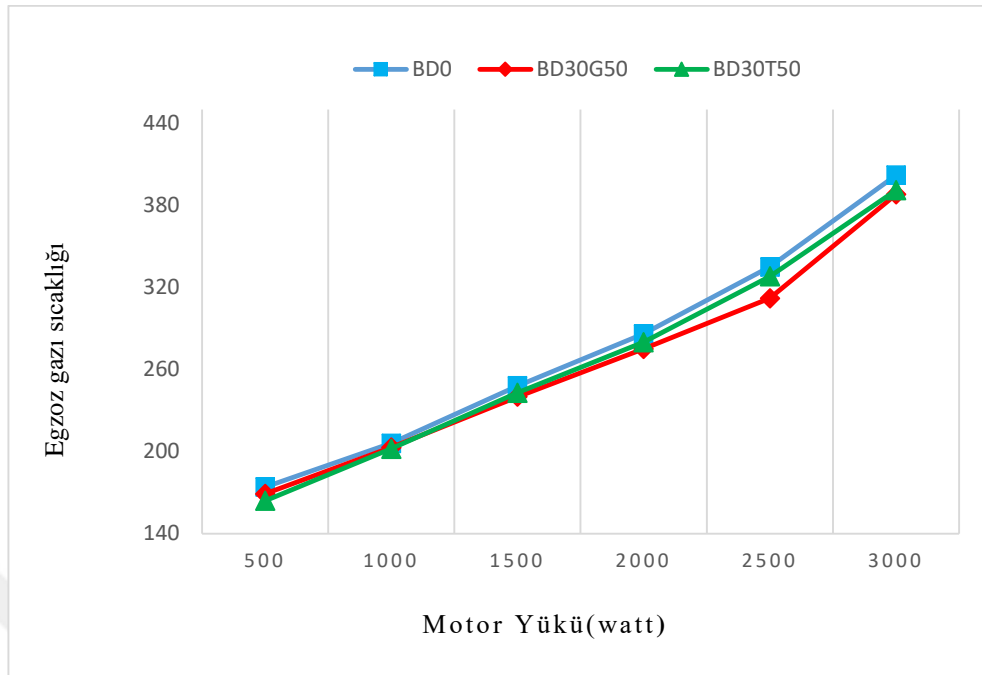
BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %0,42; 1000W 'da %1,77; 1500W 'da %1,12; 2000W 'da %0,04; 2500W 'da %4,62; 3000W'da %1,64) düşüş gözlemlenmiştir

BD30G50 yakıt karışımı BD0 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %24,74; 1000W 'da %15,10; 1500W 'da %1,39; 2000W 'da %6,91; 2500W 'da %7,48; 3000W 'da %4,40) artış gözlemlenmiştir.

BD30T50 yakıt karışımı BD0 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %24,21; 1000W'da %13,06; 1500W 'da %0,26; 2000W 'da %6,86; 2500W 'da %2,52; 3000W'da %2,70) artış gözlemlenmiştir.

Efektif verim değerlerinde de görüldüğü gibi veriler bir birine çok yakın şekilde ilerlemektedir. Biyodizele nanoparçacıklar eklenerek yanmanın daha iyi sonuçlar elde etmesi sonucunda dizelle kıyasla daha yüksek verim elde edilmektedir.

### C. Egzoz Gazı Sıcaklığı



Şekil 24 Test yakıtının ve motor gücünün egzoz gazı sıcaklığına etkisi.

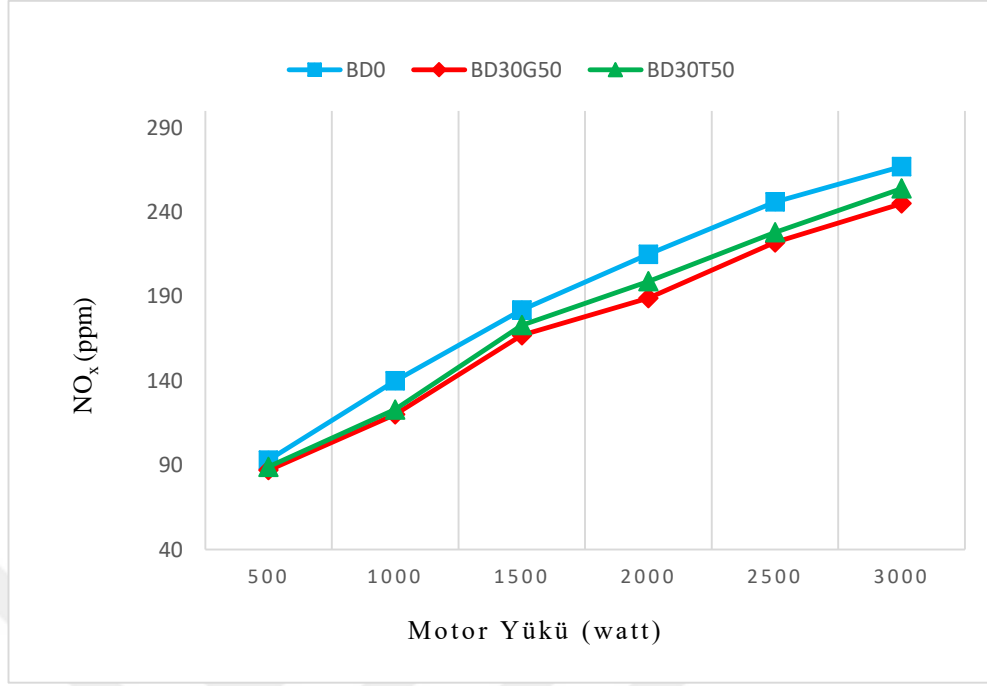
BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %1,72; 1000W 'da %0,50) artış gözlemlendiği görülmüştür. 1500W 'da %1,23; 2000W 'da %1,79; 2500W 'da %4,88; 3000W 'da ise BG30G50 yakıtı BD30T50 yakıtına göre %0,77; egzoz gazı sıcaklığında artış belirlemiştir.

BD0 yakıtına göre BD30T50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %5,75; 1000W 'da %1,94; 1500W 'da %2,02; 2000W 'da %2,10; 2500W 'da %2,09; 3000W 'da %2,74) düşüş gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30G50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %2,87; 1000W 'da %1,46; 1500W 'da %3,23; 2000W 'da %3,85; 2500W 'da %6,87; 3000W 'da %3,48) düşüş gözlemlenmiştir.

Bu durumda her iki nanoparçacıklı biyodizel yakıtları BD0 'a göre iyi yanmanın sonucunda daha düşük egzoz gazı sıcaklığına erişmiştir.

#### D. Azot Oksit (NO<sub>x</sub>) Emisyonu



Şekil 25 Test yakıtının ve motor gücünün NO<sub>x</sub> emisyonuna etkisi.

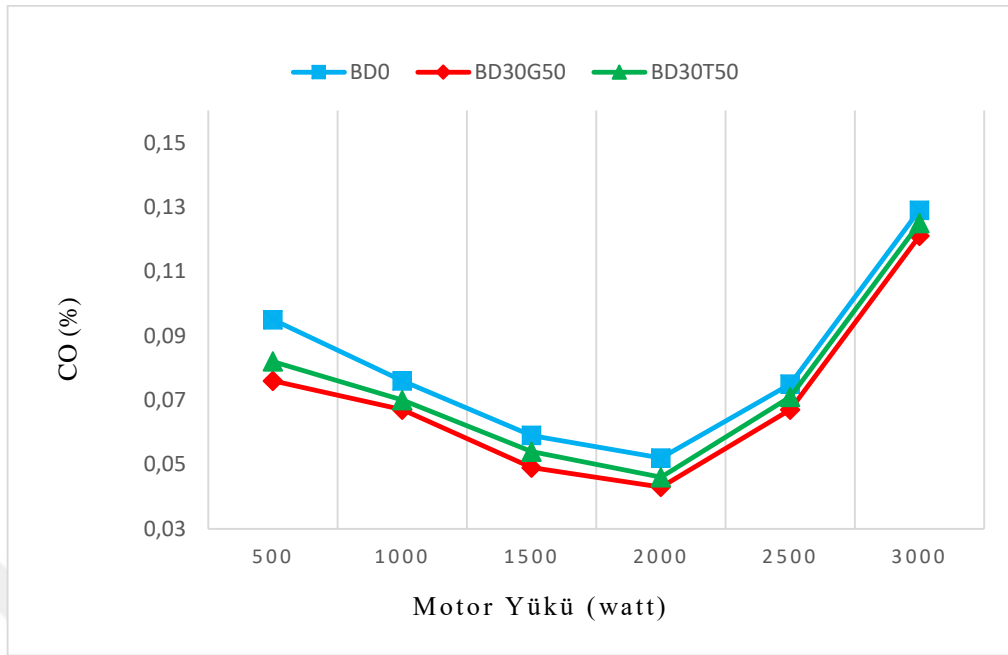
BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %2,25; 1000W 'da %2,44; 1500W 'da %3,47; 2000W 'da %5,03; 2500W 'da %2,63 3000W 'da %3,54) oranlarında artış tespit edilmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30T50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %4,30; 1000W 'da %12,14; 1500W 'da %4,95; 2000W 'da %7,44; 2500W 'da %7,32; 3000W 'da %4,87) düşüş gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30G50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %6,45; 1000W 'da %14,29; 1500W 'da %8,24; 2000W 'da %12,09; 2500W 'da %9,76; 3000W 'da %8,24) düşüş gözlemlenmiştir.

Şekil 25 ve yüzdesel verilerde de görüldüğü gibi test yakıtı ile nanopartiküllerle yapılan deneylerde BD0 'a oranla çok daha düşük veriler elde edilmiştir. Araştırmalarda kanola, aspir ve atık yağlarının nanopartikül içermeden yapılan çalışmaların da BD0 'a göre iyileşmeler görülmüştür. Lakin bu yağların ayrı olarak yapılan çalışmaların da ise NO<sub>x</sub> emisyonunun yükseldiği görülmektedir. Bilindiği gibi NO<sub>x</sub> emisyonu hava kirliliği yaratan bir emisyondur. Ne kadar düşük olması çevresel etkenler açısından o kadar olumlu gözlemlenmektedir.

## E. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu



Şekil 26 Test yakıtının ve motor gücünün CO emisyonuna etkisi.

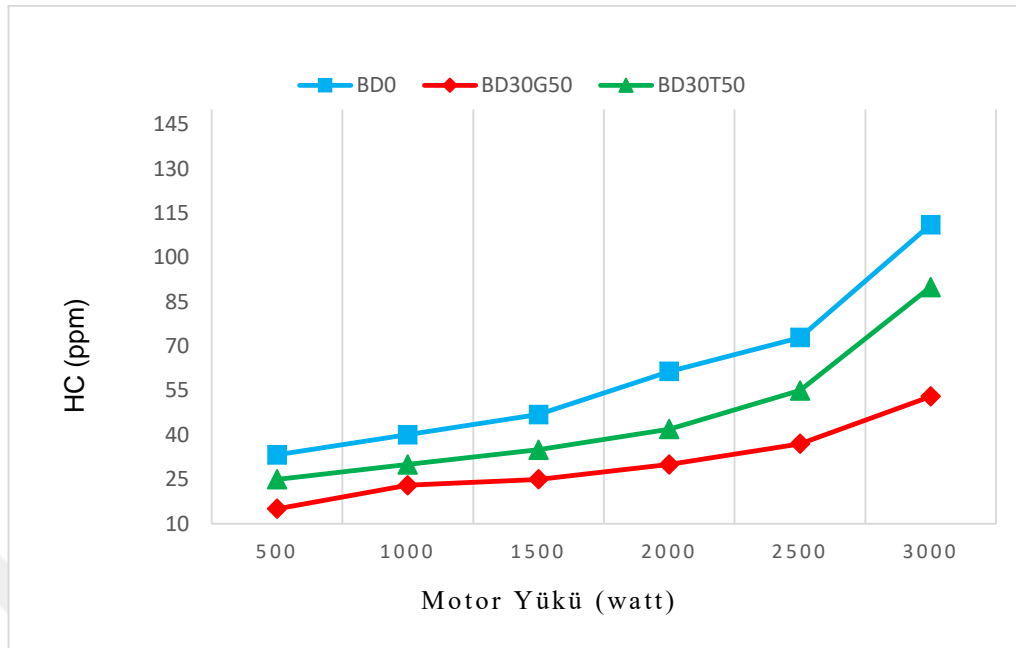
BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %7,32; 1000W 'da %4,29; 1500W 'da %9,26; 2000W 'da %6,52; 2500W 'da %5,63; 3000W'da %3,20) artış gözlemlenmiştir. BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre CO emisyon oranları çok fazla gelmektedir.

BD0 yakıtına göre BD30G50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %20,0; 1000W 'da %11,84, 1500W 'da %16,95; 2000W 'da %17,31; 2500W 'da %10,67; 3000W 'da %6,20) düşüş gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30T50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %13,68; 1000W 'da %7,89; 1500W 'da %8,47; 2000W 'da %11,54; 2500W 'da %5,33; 3000W 'da %3,10) düşüş gözlemlenmiştir.

CO emisyonunun BD0 'a göre düşüş göstermesinin esas nedenlerinden biri motorda yanmanın iyi şekilde gitmesidir. Karbonmonoksit renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır. O yüzden CO emisyonunun salınımı ne kadar düşük olursa tehlikeli seviyelerde birikimi o kadar düşük olur.

## F. Hidrokarbon (HC) Emisyonu



Şekil 27 Test yakıtının ve motor gücünün HC emisyonuna etkisi.

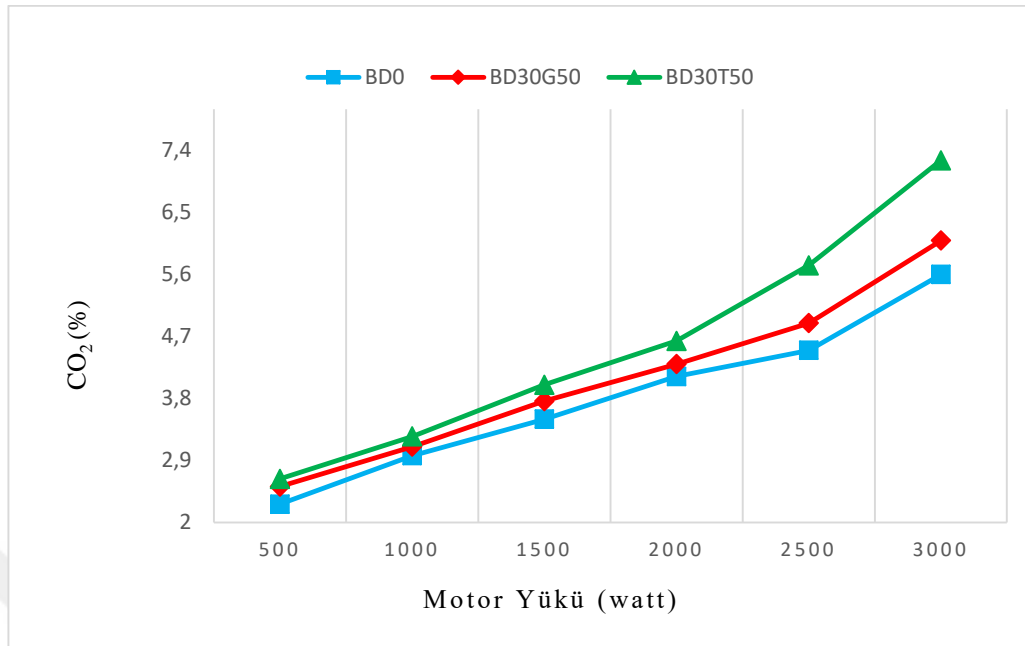
BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %40; 1000W 'da %23,33; 1500W 'da %28,57; 2000W 'da %28,57; 2500W 'da %32,73; 3000W 'da %41,11) artış gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30T50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %33; 1000W 'da %33,67; 1500W 'da %34; 2000W 'da %46,31; 2500W 'da %32,62; 3000W 'da %23,44) düşüş gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30G50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %54,89; 1000W 'da %42,64; 1500W 'da %46,70; 2000W 'da %51,18; 2500W 'da %49,27; 3000W 'da %52,30) düşüş gözlemlenmiştir.

Şekil 27 'de ve yukarıdaki karşılaştırmalarda görüldüğü gibi HC emisyonu biyodizel göre dizelde daha düşük oranlarda çıkmıştır. Kullanılan biyodizelde gözle görülür bir şekilde azalma olduğu ortaya çıkmıştır. TiO<sub>2</sub> ve Grafen oksit arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda ise HC emisyonunda en iyi sonuçları gösteren nanopartikül grafen oksit olarak gözükmektedir. Hafifliği ve test yakıtlarında yoğunluğunu azaltması sebebiyle iyi bir sonuç ortaya çıkarmıştır.

## G. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonu



Şekil 28 Test yakıtının ve motor gücünün CO<sub>2</sub> emisyonuna etkisi.

BD30T50 yakıt karışımı BD30G50 yakıtına göre farklı yüklerde (500W 'da %4,26; 1000W 'da %4,56; 1500W 'da %5,88; 2000W 'da %7,27; 2500W 'da %14,65; 3000W 'da %16,05) artış gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30T50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %16,25; 1000W 'da %9,36; 1500W 'da %14,23; 2000W 'da %12,55; 2500W 'da %27,42; 3000W 'da %29,61) artış gözlemlenmiştir.

BD0 yakıtına göre BD30G50 yakıtı farklı yüklerde (500W 'da %11,31; 1000W 'da %4,38; 1500W 'da %7,51; 2000W 'da %4,37; 2500W 'da %8,76; 3000W 'da %8,80) artış gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmada BD0 yakıtının nanopartiküllü test yakıtından CO<sub>2</sub> emisyonunda biraz daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. CO<sub>2</sub> emisyonunun BD0 'a göre artmasının yapılan deneyler sonucunda deney yakıtlarının motorda iyi yanmasının sonucudur.

## VII. SONUÇLAR

Kanola, aspir ve atık yağlarının farklı türlerde nanopartiküller eklenerek deneyler yapılmasının ardından ortaya bu sonuçlar çıkarılmıştır.

Deneylerin uygulanma amacı ilk olarak bu yakıtın alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğinin tespit edilmesidir. Bu sebeple bu çalışmada tek silindirli motorda sırasıyla 500, 1000, 1500, 2000, 2500 ve 3000 watt 'lık güce sahip halojen lambalar ile yüklenerek testler yapılmıştır. Deneyleri yapılan yakıtlar sırasıyla %100 Dizel(BD0), %30 Biyodizel, %70 Dizel ve 50 mg. Grafen oksit ( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ), %30 Biyodizel, %70 Dizel ve 50 mg. Titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) testleri yapılmıştır.

Öncelikle biyodizelin (BD30) grafen oksit ( $C_{140}H_{42}O_{20}$ ) nanoparçacıklı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda BD30G50 yakıtı ile çalışan motorda, BD0 yakıtına göre hidrokarbon (HC), azot oksit ( $NO_x$ ) ve karbonmonoksitte (CO) emisyonlarında azalma, karbondioksit ( $CO_2$ ) ve ise azalma tespit edilmiştir.

Yapılan diğer deneylerde biyodizelin (BD30) titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) nanoparçacıklı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda da grafen oksit nanoparçacıklı deneylerde olduğu gibi BD30T50 yakıtı ile çalışan motorda, BD0 yakıtına göre hidrokarbon (HC), azot oksit ( $NO_x$ ) ve karbonmonoksitte (CO) emisyonlarında azalma, karbondioksit ( $CO_2$ ) ve ise azalma tespit edilmiştir.

Özgül yakıt tüketiminde BD30G50 yakıtı BD0 'a göre ortalama %10,16 yakıt tüketimi artmaktadır. Motor gücü attıkça düzenli şekilde yakıt tüketiminin de arttığı görülmüştür. BD30G50 yakıtının testlerinde en yüksek değeri 2000W 'da %16,05 ile görmüştür. %100 Dizele göre özgür yakıt tüketimini az da olsa artmaktadır. BD30T50 yakıtı ise BD0 'a göre ortalama %6,71 yakıt tüketimi artmaktadır. BD30T50 yakıtının testlerinde en yüksek değeri 2500W 'da %9,64 ile görmüştür.

Efektif verimde BD30G50 yakıtı BD0 yakıtına oranla %7,85 artış tespit edilmiştir. BD30T50 yakıtında da aynı durum söz konusudur. BD30T50 yakıtı BD0 yakıtına oranla %5,60 efektif veriminin arttığı gözlemlenmiştir. BD30G50 yakıtı BD30T50 yakıtına %1,78 oranla daha iyi sonuç elde etmiştir.

Biyodizelin titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) deneylerinde ise BD30T50 yakıtı ile çalışan motorda BD30G50 yakıtı ile aynı şekilde, BD0 yakıtına göre karbondioksit (CO<sub>2</sub>) artış, azot oksit(NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC) ve karbonmonoksitte (CO) ise azalma düşüş tespit edilmiştir.

NO<sub>x</sub> emisyonlarında BD30G50 yakıtı BD0 'a göre %8,92 'lık istikrarlı bir düşüş sergilemiştir. BD30T50 yakıtında ise bu oran %8,55 olmaktadır. BD30 yakıtına nanoparçacıklar eklenmesi olumlu değişikliklere neden olmuştur. En iyi verimi BD30T50 yakıtından alınmaktadır.

CO emisyonunda BD30G50 yakıtı BD0 'a göre %14,89 oranında düşüş meydana gelmiştir. BD30T50 yakıtında ise bu oran %7,82 olmaktadır. CO emisyonunun düşmesi çevreye olan zararları azaltmaktadır.

HC emisyonlarında BD30T50 yakıtı BD0 'a göre %33,84 oranında düşüş gözlemlenmiştir. BD30G50 yakıtında ise bu oran %49,49 olmaktadır. BD30 yakıtına nanoparçacıklar eklenmesi olumlu değişikliklere neden olmuştur. En iyi verimi BD30G50 yakıtından alınmaktadır. Nanoparçacıklar HC moleküllerinin yanmasında fayda sağlamıştır.

CO<sub>2</sub> emisyonunda son olarak BD30T50 yakıtı BD0 'a göre %19,84 oranında yükselme meydana gelmiştir. BD30G50 yakıtında ise bu oran %6,96 olmaktadır. Yakıtın setan sayılarındaki azalma sonucunda CO<sub>2</sub> emisyonunun belirli bir ölçüde artışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Setan sayısının etkisi grafen oksit nanoparçacıklı yakıtta kendini göstermiştir. TiO<sub>2</sub> ile grafen oksit arasındaki yüzdesel verilere bakıldığı zaman grafen oksidin daha iyi sonuçlar gösterdiği görülmektedir.

#### **A. Öneriler**

Kanola, aspir ve atık yağı ile gerçekleştirilecek deneylerde farklı nanoparçacıklar denenebilir ve ya aynı deneylerin nanoparçacık oranlarında değişikliklere gidilerek yeni sonuçlar elde edilebilir. Atık yağlar konusunda daha fazla araştırmalar yapıp, yemeklik yağlar, motor yağları, makine yağları gibi farklı çeşitlerle denemeler yapılabilir.

Bunlara ek olarak CO ve HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının daha da azalmasına yönelik araştırmalar yapılabilir.

## KAYNAKÇA

### KİTAPLAR

- FIRESTONE, D. (2007). Regulation of frying fat and oil. In *Deep frying* (pp. 373-385): Elsevier.
- FRANK, A. F. (2009). *Oil Empire* (Vol. 149): Harvard University Press.
- HENRY, J. (1873). *The Early and Later History of Petroleum: With Authentic Facts in Regard to Its Development in Western Pennsylvania... the Parkers' and Butler County Oil Fields; Also, Life Sketches of Pioneer and Prominent Operators, with the Refining Capacity of the United States*: B. Franklin.
- MAURYA, R. K., MAURYA, R. K., & LUBY. (2018). *Characteristics and control of low temperature combustion engines*: Springer.

### MAKALELER

- ABED, K., EL MORSI, A. K., SAYED, M. M., EL SHAIB, A., & GAD, M. (2018). Effect of waste cooking-oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine. *Egyptian journal of petroleum*, 27(4), 985-989.
- ADİYAMAN, A., & Günay, S. (2008). TÜRKİYE'DE YÜKSEK TARIM MALİYETİ SORUNUNUN ÇÖZÜMÜNDE BİYODİZELİN YERİ. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 13(19), 105-122.
- AFFLECK, W., & THOMAS, A. (1968). An opposed piston rapid compression machine for preflame reaction studies. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 183(1), 365-387.
- AKGÜN, G., BAYINDIR, H., AYDIN, H., & DÜZ, Z. (2009). Hayvansal yağlardan biodizel üretimi ve teknik değerlerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. V. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır*.
- ARAS, S., & TARAKÇIOĞLU, N. YAĞ ASİDİ METİL ESTERİ (YAME) KULLANIMININ DİZEL MOTOR YAKIT SİSTEMİ MALZEMELERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI.
- ASHOK, B., JEEVANANTHAM, A., HIRE, K. R. B., KASHYAP, V., & SAITEJA, P. (2020). Calibration of idling characteristics for Lemon Peel Oil using

- Central Composite Design in light commercial vehicle diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 221, 113183.
- BARI, S. (2014). Performance, combustion and emission tests of a metro-bus running on biodiesel-ULSD blended (B20) fuel. *Applied Energy*, 124, 35-43.
- BAYRAMIN, S., & MEHMET, K. (2009). Son yıllarda ülkemiz aspir ve kolza üretimindeki gelişmeler. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 18(1-2), 43-47.
- BEENS, J., & UDO, A. (2000). The role of gas chromatography in compositional analyses in the petroleum industry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 19(4), 260-275.
- BENAJES, J., MOLINA, S., GARCÍA, A., BELARTE, E., & VANVOLSEM, M. (2014). An investigation on RCCI combustion in a heavy duty diesel engine using in-cylinder blending of diesel and gasoline fuels. *Applied Thermal Engineering*, 63(1), 66-76.
- BENVENUTTI, L. H. AUTOMOTIVE FOSSIL FUELS: CHARACTERISTICS, EVOLUTION AND ENVIRONMENTAL CONSTRAINTS.
- BERNER, R. A., & LASAGA, A. C. (1989). Modeling the geochemical carbon cycle. *Scientific American*, 260(3), 74-81.
- CUNAT, P.-J. (2004). Alloying elements in stainless steel and other chromium-containing alloys. *Euro Inox, 2004*, 1-24.
- ÇELİK, A. E., AKSOY, M., ACAR, M., & GİZLENCİ, Ş. (2015) Transesterifikasyon ile Aspir Yağı Metil Esteri Sentezinin Optimizasyonu ve Önemli Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi.
- DUAN, X., LI, Y., LIU, J., GUO, G., FU, J., ZHANG, Q., . . . LIU, W. (2019). Experimental study the effects of various compression ratios and spark timing on performance and emission of a lean-burn heavy-duty spark ignition engine fueled with methane gas and hydrogen blends. *Energy*, 169, 558-571.
- ERDOĞAN, S., BALKI, M. K., & SAYIN, C. (2019). The effect on the knock intensity of high viscosity biodiesel use in a DI diesel engine. *Fuel*, 253, 1162-1167.
- ERTÜRK, P., ARI, A., & GAGA, E. O. (2015). KIRSAL VE KENTSEL İSTASYONLARDA TOPLANAN PARTİKÜL MADDENİN BOYUT DAĞILIMI VE KİMYASAL KOMPOZİSYONU. *Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 406.

- FENG, L., WU, L., & QU, X. (2013). New horizons for diagnostics and therapeutic applications of graphene and graphene oxide. *Advanced Materials*, 25(2), 168-186.
- GÁZQUEZ, M. J., BOLÍVAR, J. P., GARCÍA-TENORIO GARCÍA-BALMASEDA, R., & VACA, F. (2014). A review of the production cycle of titanium dioxide pigment.
- GRAY III, A. W., & RYAN III, T. W. (1997). Homogeneous charge compression ignition (HCCI) of diesel fuel. *SAE transactions*, 1927-1935.
- HUBER, M. (2012). Refined politics: Petroleum products, neoliberalism, and the ecology of entrepreneurial life. *Journal of American Studies*, 46(2), 295-312.
- KADAKOĞLU, A. G. B., & KARLI, B. TÜRKİYE’DE YAĞLI TOHUM ÜRETİMİ VE DIŞ TİCARETİ Öz.
- KINNUNEN, P., GUILLAUME, J. H., TAKA, M., D’ODORICO, P., SIEBERT, S., PUMA, M. J., . . . KUMMU, M. (2020). Local food crop production can fulfil demand for less than one-third of the population. *Nature Food*, 1(4), 229-237.
- LAGOPATI, N., EVANGELOU, K., FALARAS, P., TSILIBARY, E.-P. C., VASILEIOU, P. V., HAVAKI, S., . . . GORGOULIS, V. G. (2021). Nanomedicine: Photo-activated nanostructured titanium dioxide, as a promising anticancer agent. *Pharmacology & therapeutics*, 222, 107795.
- LEUNG, D. Y., WU, X., & LEUNG, M. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 87(4), 1083-1095.
- LI, H., ZHAO, X., MA, Y., ZHAI, G., LI, L., & LOU, H. (2009). Enhancement of gastrointestinal absorption of quercetin by solid lipid nanoparticles. *Journal of Controlled Release*, 133(3), 238-244.
- LIU, L., GUAN, L.-L., & YANG, Y.-X. (2016). A review of fatty acids and genetic characterization of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. *World Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2(2), 48.
- LÜTJERING, G. (1998). Influence of processing on microstructure and mechanical properties of ( $\alpha$ +  $\beta$ ) titanium alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 243(1-2), 32-45.
- MA, F., & HANNA, M. A. (1999). Biodiesel production: a review. *Bioresource technology*, 70(1), 1-15.

- MERINO, S., MARTIN, C., KOSTARELOS, K., PRATO, M., & VAZQUEZ, E. (2015). Nanocomposite hydrogels: 3D polymer–nanoparticle synergies for on-demand drug delivery. *ACS nano*, 9(5), 4686-4697.
- NITHYA, S., MANIGANDAN, S., GUNASEKAR, P., DEVIPRIYA, J., & SARAVANAN, W. (2019). The effect of engine emission on canola biodiesel blends with TiO<sub>2</sub>. *International Journal of Ambient Energy*, 40(8), 838-841.
- PENG, C., IQBAL, Z., SIRKAR, K. K., & PETERSON, G. W. (2020). Graphene oxide-based membrane as a protective barrier against toxic vapors and gases. *ACS applied materials & interfaces*, 12(9), 11094-11103.
- PRZYBYLSKI, R., & MAG, T. (2011). Canola/rapeseed oil. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Blackwell Publishing Ltd., Hoboken, 107-136.
- RENDE, K., ÇAKMAK, E. G., DOĞAN, T., & KARAHAN, Ş. İMALAT SANAYİNDE ATIKLARIN ALTERNATİF YAKIT VE HAMMADDE OLARAK KULLANIMI: DİĞER METALİK OLMAYAN MİNERAL ÜRÜNLERİN İMALATI SEKTÖRÜ.
- ROY, M. M., WANG, W., & BUJOLD, J. (2013). Biodiesel production and comparison of emissions of a DI diesel engine fueled by biodiesel–diesel and canola oil–diesel blends at high idling operations. *Applied Energy*, 106, 198-208.
- SAGAR, C. V., & KUMARI, N. A. (2013). Sustainable biofuel production from water Hyacinth (*Eicchornia crassipes*). *Int J Eng Trends Technol*, 4(10), 4454-4458.
- SAMET ÇAT, M. A., USLU, S., ÇELİK, M. B., & ÖZDALYAN, B. (2018). DÜŞÜK GÜÇLÜ BİR DİZEL MOTORDA ATIK BİYODİZEL KULLANIMININ MOTOR PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ.
- SEMERCİ, A., & DURMUŞ, E. (2021). Analysis of Oily Sunflower Production in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(1), 56-62.
- SIMSEK, S. (2020). Effects of biodiesel obtained from Canola, sefflower oils and waste oils on the engine performance and exhaust emissions. *Fuel*, 265, 117026.
- SINHA, S., & AGARWAL, A. K. (2005). Performance evaluation of a biodiesel (rice bran oil methyl ester) fuelled transport diesel engine. *SAE Technical Paper*, 1, 1730.

- SRIVASTAVA, D. K., & AGARWAL, A. K. (2014). Comparative experimental evaluation of performance, combustion and emissions of laser ignition with conventional spark plug in a compressed natural gas fuelled single cylinder engine. *Fuel*, 123, 113-122.
- ŞİMŞEK, S. (2020). Increasing Cetane Number of the Diesel Fuel by Fuel Additives. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 4(4), 300-306.
- ŞİMŞEK, S., ÖZDALYAN, B., SAYGIN, H., & ŞİMŞEK, H. (2018). İÇTEN YANMALI MOTORLARDA YAKIT OLARAK FUZEL YAĞININ ELDE EDİLMESİ VE ANALİZİ.
- UÇAK, S. (2010). Sürdürülebilir kalkınma bağlamında alternatif enerji ve enerji üretimi büyüme ilişkisi: Panel-veri analizi.
- YAŞAR, F. (2016). Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması.
- YILMAZ, A. (2012). Türkiye'de sektörel enerji tüketimini etkileyen faktörler ve alternatif enerji politikaları.
- YILMAZ, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

## **ELEKTRONİK KAYNAKLAR**

- TUIK. (2021). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2019. Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196>

## **TEZLER**

- AKYÜZ, S. (2019). *Jeneratör tahrikinde kullanılan ağır hizmet bir dizel motorda oktanolün dizel veya biyodizel kullanımına etkilerinin deneysel olarak araştırılması*. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
- AY, C. (2020). *İstanbul boğazından geçen ticari gemilerden kaynaklanan emisyonun incelenmesi*. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- BAĞATIR, T. (2018). *Grafen nanopartikül takviyesinin kompozit malzemelerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması*. Batman Üniversitesi,
- KAFADAR, A. (2010). *Yağlardan biyodizel eldesine etki eden faktörlerin araştırılması*. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi,

- KILIÇARSLAN, M. N. (2019). *Atık yağlardan üretilen biyodizelin ve biyodizel üretim atığı olan yıkama suyunun karakterizasyonu*. Konya Teknik Üniversitesi,
- KILIÇASLAN, K. (2010). *İsobütanol-Dizel Karışımlarının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi*. Marmara Üniversitesi (Turkey),
- METIN, B. (2018). *Atık kızartma-nötrale atık kızartma yağından biyodizel üretiminin optimizasyonu ve yakıt özelliklerinin incelenmesi*. Fen Bilimleri Enstitüsü,

## **DİĞER KAYNAKLAR**

- ATIK YAĞLARIN YÖNETİMİ YÖNETMELİĞİ. (2019). *Resmi gazete*.
- MOMOH, O. D., & OMOIGUI, M. O. (2009). *An overview of hybrid electric vehicle technology*. Paper presented at the 2009 IEEE vehicle power and propulsion conference.
- POCHET, M., TRUEDSSON, I., FOUCHER, F., JEANMART, H., & CONTINO, F. (2017). *Ammonia-hydrogen blends in homogeneous-charge compression-ignition engine* (0148-7191). Retrieved from

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad:** Onur Kaya

### ÖĞRENİM DURUMU;

- **Lisans:** 2015, Azerbaycan Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, BAKÜ, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
- **Yüksek Lisans:** 2022, İstanbul Aydın Üniversitesi, Makine Mühendisliği Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

### MESLEKİ DENEYİM VE STAJLAR;

Yıl	Yer	Görev
2020-2022	Velomoto LTD.ŞTİ.	Kalite Kontrol Mühendisi
2019-2019	BAKU Steel Company	Stajyer

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER;

- Şimşek, S. , Şimşek, H. & Kaya, O. (2021). Kanola, Aspir ve Atık Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi . Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi , Ejosat Özel Sayı 2021 (RDCONF) , 577-582 . DOI: 10.31590/ejosat.1045568