

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**DEVLET HAVA MEYDANLARINA AİT
MOTORLU TAŞITLARDA BİYODİZEL
KULLANIMININ EKONOMİK VE ÇEVRESEL
ETKİLERİ**

Çağatay ELA

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 625.05.01

Sunuş Tarihi:27.05.2009

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

Bornova-İzmir

III

Çağatay ELA tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak sunulan **“Devlet Hava Meydanlarına ait Motorlu Taşıtlarda Biyodizel Kullanımının Ekonomik ve Çevresel Etkileri”** başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 27/05/2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Günnur KOÇAR

Raportör Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERYAŞAR

Üye : Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

ÖZET**DEVLET HAVA MEYDANLARINA AİT MOTORLU
TAŞITLARDA BİYODİZEL KULLANIMININ
EKONOMİK VE ÇEVRESEL ETKİLERİ****ELA, Çağatay****Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Enstitüsü****Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Günnur KOÇAR****Mayıs, 2009, 82 sayfa**

Ekolojik dengenin korunması, çevre kirliliği ve ekonomik etkenler, taşıtlarda, dizel, benzin ve LPG kullanımının yanısıra diğer yakıt kaynaklarının araştırılmasına yol açmıştır. Bu çalışma, alternatif enerji kaynağı olan biyodizelin tanıtımına, yakıt olarak kullanımına, biyodizelin çevresel ve ekonomik etkilerine yönelik bilgileri içermektedir.

Yapılan çalışmada, biyodizelin üretim kaynakları ve üretim metodları incelenmiş, yağlı tohumların Dünyadaki ve Türkiye'deki durumu belirlenmiştir. Biyodizelin kullanım alanları, çevresel etkileri, ekonomiye katkıları araştırılmıştır. Devlet Hava Meydanları İşletmesinde kullanılan genel ve özel amaçlı taşıtlarda dizel yerine biyodizel kullanımının avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

Sonuç olarak, alternatif yakıt kaynağı biyodizelin kullanımı tarımsal alanların geliştirilmesine, yakıtta bağımlılığın kaldırılıp ülkesel kaynaklarla üretimine, çevre kirliliğinin azalmasına yönelik önemli bir adım olacaktır.

VI

Anahtar Kelimeler: Ekolojik denge, evre kirliliği, alternatif enerji kaynağı, biyodizel, Devlet Hava Meydanları İşletmesi.

ABSTRACT

**ECONOMIC AND ENVIROMENTAL EFFECTS OF BIODIESEL
USAGE IN MOTOR VEHICLES WHICH BELONGS TO STATE
AIRPORTS AUTHORITY**

ELA, Çağatay

M.Sc. Thesis, Solar Energy Institute, Ege University

Supervisor: Prof. Dr. Gunnur KOÇAR

May, 2009, 82 pages

Protection of ecological balance, environmental pollution and economic factors are open a way to research other energy sources instead of usage of diesel, oil and LPG in motor vehicles. This thesis contains information about the introduction, the usage and the economic and environmental effects of biodiesel as an alternative energy source.

In this work, the production sources of biodiesel and production methods are inspected on, the situation of vegetable oils, oil seeds are surveyed in the world and in our country. Application fields, environmental effects and economic contributions of biodiesel are investigated. It is examined the advantages and disadvantages of biodiesel usage in diesel vehicles existing in The State Airports Authority .

As a result, the usage of biodiesel as an alternative energy source is important step in improving agricultural regions, in production with national sources which result in removing dependancy in energy and in decreasing of environmental pollution.

VIII

Key Words: Ecological balance, environmental pollution, economic effects, biodiesel, The State Airports Authority.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, bilgi ve önerileri ile katkıda bulunan, çalışmalarımı yönlendiren ve yüksek lisans eğitimimin her aşamasında desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Günnur KOÇAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda yakın ilgisi ve bilimsel tecrübelerini benimle paylaştığı için Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ERYAŞAR’a çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimimde yeni bilimsel teknolojileri öğrenmemde büyük katkıları bulunan Sayın Prof. Dr. Ali Güngör’e teşekkür ederim.

Sevgili arkadaşım Elektronik Mühendisi Emine Binnaz KARAÇELEBİ’ye yüksek lisansımın her aşamasındaki katkı ve ilgisinden dolayı çok teşekkür ederim.

Bana hep destek olan sevgili Eşim Şule ERTEN ELA ve oğlum Mehmet Çağan ELA’ya her zaman yanımda oldukları için desteklerinden dolayı minnettarım.

*Çağatay ELA
'09 İZMİR*

X

Eşim ve Oğlum'a

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVI
BİRİM, SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XVIII
1. GİRİŞ	1
1.1 Devlet Hava Meydanları İşletmesi Tanıtımı	2
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1 Biyodizel üretimi ve üretim sistemleri üzerine yapılan çalışmalar	4
2.2 Biyodizelin motor performans ve eksoz emisyonlarına etkileri üzerine yapılan çalışmalar	7
2.3 Biyodizelin egzoz emisyonu üzerindeki etkisi	8
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	12
3.1 Biyodizel	14
3.1.1 Biyodizelin özellikleri	16
3.1.2 Biyodizelin üretildiği bitkisel yağlar	21
3.1.3 Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi	26
3.1.3.1 Transesterifikasyon	26
3.1.3.2 Mikroemülsiyon oluşturma	34
3.1.3.3 İnceltme	35

İÇİNDEKİLER(Devamı)

3.1.3.4 Piroliz	35
3.1.3.5 Isıl yöntem.....	35
3.1.4 Türkiye’de ve Dünyadaki yağ bitkilerinin potansiyeli.	35
3.1.5 Biyodizelin önündeki engeller.....	38
3.1.6 Biyodizelin kullanım alanları.....	39
3.1.7 Dizel motor.....	39
3.1.8 Dizel ve Biyodizel yakıtın karşılaştırması.....	43
3.1.9 Biyodizelin dizel yakıtına göre avantajları.....	44
3.1.10 Avrupa Birliğinin yenilenebilir enerji kaynakları direktifleri.....	46
4. MATERYAL VE METOD.....	49
4.1 Türkiye’de bulunan havalimanları ve araç sayıları.....	50
4.2 Devlet Hava Meydanları İşletmesi’ne ait araç çeşitleri.....	54
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	58
5.1 Devlet Hava Meydanlarına ait motorlu taşıtlarda biyodizel kullanılmasının çevresel etkisi.....	60
5.2 Devlet Hava Meydanlarına ait motorlu taşıtlarda biyodizel kullanılmasının ekonomik etkisi.....	66
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa No</u>
2.1 O ₂ Emisyonunun Motor Devir Sayısı ile Değişimi.....	9
2.2 Işık Absorpsiyon Katsayısı (K)- Devir Sayısı Değişimi.....	10
2.3 Duman Koyuluğu (N)-Motor Devir Sayısı Değişimi.....	11
3.1 Biyokütle Enerji Dönüşüm Yöntemleri(Twidell and Weir 1986).	13
3.2 Transesterifikasyon Tepkimesinin Şematik Gösterimi.....	27
3.3 Triglicerid olarak adlandırılan, bir gliserol (gliserin) ile birleşik üç yağ asidinin alkol ve katalizör eşliğinde bir gliserol ve üç estere dönüştürülmesi.....	28
3.4 Trigliceridin Estere Dönüşüm Basamakları.....	29
3.5 Dünyadaki Yağlı Tohum Üretim Yüzdeleri.....	37
3.6 Türkiye'deki Yağlı Tohum Üretim Yüzdeleri.....	37
3.7 Dizel Motor.....	40
3.8 1000 d/d Sabit Devir Sayısında Farklı Yüklerde Yakıt Tüketim Değerleri.....	46
4.1 Havalimanlarına ait Dizel Araç Sayısı.....	51
4.2 Hava Meydanlarına ait Dizel Araç Sayısı.....	53
4.3 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Dizel Araç Sayısı.....	55
4.4 Devlet Hava Meydanlarına ait Genel Maksatlı Araçlar.....	55
4.5 Devlet Hava Meydanlarına ait Özel Maksatlı Araçlar (Kar Mücadele Araçları).....	56
4.6 Devlet Hava Meydanlarına ait Özel Maksatlı Araçlar (Temizlik Araçları).....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ(Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa No</u>
4.7 Devlet Hava Meydanlarına ait Özel Maksatlı Araçlar (Tanzim Araçları).....	57
4.8 Devlet Hava Meydanlarına ait İtfaiye ve Kurtarma Araçları...	57
5.1 İzmir Adnan Menderes Havalimanına Ait Pist Süpürge Aracının Yakıt Tüketimi.....	62
5.2 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Yakıt Maliyeti.....	63
5.3 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Araçların Yıllık Yakıt Tüketimi.....	64
5.4 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Araçların Yıllık Yakıt Maliyeti.....	65
5.5 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının CO ₂ Emisyonu.....	67
5.6 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının CO Emisyonu.....	69
5.7 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının NO _x Emisyonu.....	70
5.8 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının PM Emisyonu.....	71
5.9 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Dizel Araçların Yıllık Ortalama Emisyon Değerleri.....	72
5.10 Devlet Hava Meydanlarına ait Dizel Araçların Yıllık Ortalama Emisyon Değerleri.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa No</u>
3.1 Biyodizelin Özellikleri.....	16
3.2 Biyodizelin Üretildiği Bitkisel Yağlar.....	22
3.3 Kanolanın Mevsimlere Göre Asit Miktarları.....	23
3.4 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Bitkisel Yağların Yağ Miktarları ve Yağ İçerikleri.....	25
3.5 Biyodizel üretim sistemlerinin karşılaştırılması (Ramadhas et al., 2005).....	34
3.6 Türkiye’de Bitkisel Yağ Durumu.....	36
3.7 Dizel Yakıtı ve Biyodizelin Yakıt Özellikleri.....	43
3.8 Bazı Bitkisel Yağların, Karbon Hidrojen, Oksijen ve Isıl değerlerinin dizel yakıtı ile karşılaştırılması.....	44
4.1 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Araç Çeşitleri.....	54
5.1 İzmir Adnan Menderes Havalimanına Ait Pist Süpürge Aracının Yakıt Tüketimi	61
5.2 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylık Yakıt Maliyeti	63
5.3 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Yıllık Yakıt Maliyeti	64
5.4 Devlet Hava Meydanlarına ait Dizel Araçların Yıllık Yakıt Maliyeti	65

ÇİZELGELER DİZİNİ(Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa No</u>
5.5 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait CO₂ Emisyon Değerleri	66
5.6 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait CO Emisyon Değerleri	68
5.7 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait NO_x Emisyon Değerleri.....	69
5.8 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait PM Emisyon Değerleri.....	70
5.9 İzmir Adnan Menderes Havalimanındaki Araçlara ait Yıllık CO₂, CO, PM ve NO_x Emisyon Değerleri.....	72
5.10 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Araçların Yıllık CO₂, CO, PM ve NO_x Emisyon Değerleri	73

XVIII

BİRİM, SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar **Açıklama**

DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
ICAO	Uluslar arası Sivil Havacılık Teşkilatı
ACI	Uluslar arası Hava alanları Konseyi
CO ₂	korbondioksit
CO	karbonmonoksit
PM	partikül madde
SO _x	kükürtdioksit
NO _x	azotoksit
MA	moleküler ağırlık

Birimler **Açıklama**

ml	mililitre
kg	kilogram
g	gram
mg	miligram
Mj/kg	Isıl değer
°C	santigrat derece

XIX

mm^2/s	kinematik viskozite
g/mol	molekül ağırlığı
ha	hektar
km	kilometre

1. GİRİŞ

Son zamanlarda petrol fiyatlarındaki artış, fosil yakıt kaynaklarının sınırlı oluşu ve çevre duyarlılığının artması, alternatif yakıt kaynaklarının araştırılmasına neden olmuş, bitkisel ve hayvansal yağların yakıt olarak kullanılmasına yönelinmiştir. Bu da biyodizel kavramının doğmasına yol açmıştır.

Küresel ısınma, günümüzde dünyanın en önemli ortak çevre sorunu olarak gösterilmektedir. Kömür ve petrol fosil yakıtların artan miktarlarda kullanılması ve bunun yanı sıra bitki örtüsünün azalması yüzünden atmosferdeki CO₂ gazının miktarı hızla artmaktadır. CO₂' in yanı sıra yanma sonucu ortaya çıkan kloroflorokarbonlar, hidrokarbonlar, metan, NO_x ve SO_x gibi gazların da artması sonucu buzulların erimesi ve buna bağlı olarak deniz seviyesinde yükselmeler, küresel ölçekli ısınma ve iklimsel değişikliklere neden olmaktadır.

Sera gazı emisyonlarının azaltılması, ekolojik denge, varolan yakıt kaynaklarının sınırlılığı, enerji kaynaklarının çeşitlenmesi, tarımsal gelir kaynaklarının artırılması v.b. nedenlerle alternatif enerji kaynaklarına yönelim, biyodizel üretimi ve kullanımı ihtiyacı, beraberinde aşağıdaki soruların doğmasına yol açmıştır;

- Neden biyoyakıt?
- Avrupa Birliğinin biyoyakıt direktifleri nelerdir?
- Biyodizelin hammaddeleri nelerdir?
- Biyodizel üretim yöntemleri nelerdir?

- Biyodizelin üretim ve dağıtımı nasıldır?
- Biyodizel kullanımının çevresel açıdan avantajları ve dezavantajları nelerdir?
- Biyodizel kullanımının ekonomik boyutları nelerdir?
- Neden ülkemizde biyodizel kullanılmalı?
- Dizel ve biyodizel karşılaştırmasının sonuçları nelerdir?

Bu sorulara açıklık getirecek şekilde Bölüm 2’ de biyodizel ile ilgili yapılan önceki çalışmalar anlatılmıştır. Bölüm 3’ de , Yenilenebilir Enerji kaynakları ve biyodizel tanıtılmıştır. Bölüm 4’de bu tezde kullanılan materyal ve metodlar anlatılmış olup materyal olarak Devlet Hava Meydanlarında kullanılan araç sayısı ve araç çeşitleri verilmiştir. Bölüm 5’ de , “Bulgular ve Tartışma” başlığı altında Havalimanlarında kullanılan araçlarda biyodizel kullanımının çevresel ve ekonomik etkileri incelenmiştir. Bölüm 6’da Havalimanlarındaki araçlarda ve Türkiye’de kara taşımacılığında biyodizel kullanımının önemini içeren sonuç ve öneriler verilmiştir.

Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarından biyodizelin alternatif enerji kaynağı olarak motorlu taşıtlarda kullanımının avantaj ve dezavantajlarına dair bakış açısı sunulmaya çalışılmıştır.

1.1. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Tanıtımı

Türkiye Havaalanlarının işletilmesi ile Türkiye Hava sahasındaki hava trafiğinin düzenlenmesi ve kontrol görevi, Devlet Hava Meydanları İşletmesince (DHMİ) yerine getirilmektedir.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi ; tüzel kişiliğe sahip, faaliyetlerinde özerk, sorumluluğu sermayesi ile sınırlı, Ulaştırma Bakanlığı ile ilgili ve en son hukuki düzenlemeyle hizmetleri imtiyaz sayılan bir Kamu İktisadi Kuruluşudur (KİK).

Kuruluşun Ana Statüsü ile belirlenen amaç ve faaliyet konuları ; Sivil havacılık faaliyetlerin gereği olan hava taşımacılığı ,havaalanlarının işletilmesi, meydan yer hizmetlerinin yapılması, hava trafik kontrol hizmetlerinin ifası, seyrüsefer sistem ve kolaylıklarının kurulması ve işletilmesi , bu faaliyetler ile ilgili diğer tesis ve sistemlerin kurulması, işletilmesi ve modern havacılık düzeyine çıkarılmasını sağlamaktır.

Görevlerini Uluslar arası sivil havacılık kural ve standartlara göre yapmak zorunluluğunda olan Devlet Hava Meydanları İşletmesi bu doğrultuda;

Uluslar arası hava ulaşımında can ve mal emniyetini sağlamak ve düzenli ekonomik çalışma ve gelişmeyi temin maksadıyla yürürlüğe konulan Sivil Havacılık Anlaşmasına göre kurulan ‘’ Uluslar arası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO- International Civil Aviation Organization)’nın üyesidir. Ayrıca , ‘’Hava Seyrüseferinin Emniyeti için Avrupa Teşkilatı (EUROCONTROL)’’, Uluslar arası Hava alanları Konseyi (ACI-Airports Council International) ilgili Uluslar arası kuruluşların da üyesidir.Türkiye’de Devlet Hava Meydanları İşletmesi’ne ait toplam 38 adet Hava Limanı ve Hava Meydanı bulunmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Biyodizel üretimi ve üretim sistemleri üzerine yapılan çalışmalar

19. yy sonlarında icad edilen Dizel motor su içinde yüzen kömür tozları, ağır mineral yağlar ve bitkisel yağlar ile çalışabiliyordu. 1900 Paris fuarında sergilenen motor %100 yer fıstığı yağı ile çalıştırılmıştır. Dr. Rudolf Diesel “O gün için bitkisel yağların önem arz etmeyebileceğini ancak ilerde petrol kadar önemli bir yer tutabileceğini ifade etmiştir.(Agarwal, 2007).

1930-1940’larda çoğunlukla sadece acil durumlarda bitkisel yağlar dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Araştırmaların büyük bir kısmı bitkisel yağlarla ilgilidir. Yakıt amaçlı bitkisel yağlar, kanola, kolza, soya, keten, ay çekirdeği, mısır gibi yenilebilir ve *Jatropha curcas*, *Pongamia pinnata*, *Calophyllum inophyllum*, *Hevea brasiliensis* gibi yenilmeyen bitkilerden elde edilmektedir,(Agarwal, 2007). Bitkisel yağların az oranda sülfür içermeleri, yapılarında oksijen bulunması, yanmaları sonucunda daha az zararlı emisyon yaymaları ve yoğunluklarının yüksek olması onların özellikle dizel motorlar için uygun bir alternatif yakıt olabileceklerini göstermektedir (Van Gerpen et al;, 2007 Rakopoulos et al;, 2006, Huzayyin and Ramadhas 2004, , , He and Bao,2003 Silva and Teixeira, 2003 Canakci and Van Gerpen 2001 Canakci and Van Gerpen, 1999) .

Dizge vd., (2007) araştırmalarında, Türkiye’de yılda 1.500.000 ton bitkisel yağ kullanıldığını, bu yağlardan yaklaşık 350.000 ton atık

yağ oluştuğunu, bitkisel ve hayvansal yağların biyodizele dönüştürülebileceğini belirtmektedirler. Filtre edildikten sonra suyunun uzaklaştırıldığı, metoksit eklendiği ve buna kataliz yöntemi ile transesterifikasyon denildiği, enzimatik ve super-kritik akışkanlar gibi yöntemlerin de kullanıldığı belirtilmektedir.

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

Szybist et.al., (2007) çalışmalarında , bir dizel motorunda biyodizel kullanımının; yanma, emisyon ve emisyon kontrol üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Biyodizelin kimyasal kompozisyonlarını ve fiziksel özelliklerinin dizel yakıtından farklı olması nedeniyle, dizel motorlarında sek ya da karışım olarak kullanıldığında yakıt enjeksiyonunu ve ateşlemesini değiştirebileceği ve bunun sonucunda da NOx ve partikül özelliklerinin de değişeceği belirtilmektedir.

Drado et.al., (2006) İspanya’da yaptıkları çalışmalarında, biyodizelin dizel motorları için havayı daha az kirleten, ancak motor gücünde bir miktar azalma ve özgül yakıt tüketiminde ise bir miktar artış sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen bir yakıt olduğunu belirtmektedirler. Kullanımını arttırabilmek için üretim maliyetinin azaltılması ve rekabet edebilir duruma getirilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar. Biyodizelin üretimi sırasında yan ürün olan

gliserolün değeriendirilmesi durumunda biyodizel maliyetini % 6,5'a kadar azalacağını belirtmektedirler.

Haas et.al., (2006) bitkisel yağdan transesterifikasyon yöntemi ile sürekli beslemeli sistemi kullanarak biyodizel üretimi yapan bir prosesin üretim maliyetini tahminleme yapacak bir bilgisayar modeli geliştirmişlerdir. Modelin esnek olduğunu, kimya ve teknolojiadaki değişimler, gliserinin değeriendirilmesi, işçilik, hammadde temini, sermaye değişimleri v.s. gibi etkenlere bağlı olarak modifiye edilip hesaplamaların yapılabileceğini bildirmektedirler.

Gerpen (2005) çalışmalarında, biyodizelin, hayvansal ve bitkisel yağlardan elde edilen bir alternatif dizel yakıtı olduğunu, basit bir tek zincir alkol ile yağdaki trigliseridin monoalkali esterden oluştuğunu, reaksiyon zamanı ve sıcaklığın yakıt kalitesi açısından en kritik parametere olduğunu belirtmektedir.

Akdemir vd., (2002) biyodizel potansiyeli bakımından yağ bitkileri üretimi ile ilgili yaptıkları çalışmada, Türkiye'de yaklaşık 27 milyon hektar tarım arazisi olduğunu, ülkemizin farklı iklimsel koşulları nedeniyle zengin bitkisel üretim potansiyeline sahip olduğunu, halihazırda sürdürülen üretim deseninin yanı sıra soya, aspir, kanola, gibi ülkemiz için yeni sayılabilecek yağlı tohumlu bitki ürünlerinin yetiştirilmesine uygun özelliklere sahip olduğunu belirtmektedirler.

Pryde, (1983) Biyodizelle dizel motor yakıtı arasında kinematik viskoziteleri açısından fark olduğunu, özgül ağırlıkları ve ısıl değerleri arasındaki fazla farkın önemli olmadığını, biyodizelin dizel yakıtı kadar güvenilir olduğu ve gelecekte dizel yakıtın yerini alacağını ifade etmektedir.

2.2. Biyodizelin motor performans ve eksoz emisyonlarına etkileri üzerine yapılan çalışmalar

Bolat (2007), tarafından mevcut laboratuvar koşullarında ham yağdan üretilen biyodizel, test amaçlı kurulmuş traktör motorunda denenmiş ve elde edilen sonuçlara göre % 20'si biyodizel olan dizelle %100 biyodizel olan yakıtla yapılan testlerde gücün azaldığını tespit etmiştir. B50 yakıt ile uygun performanslar elde etmiştir. Motor üreticilerinin gerekli tedbir almalarıyla biyodizelin alternatif olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

İleri (2007), tarafından mevcut laboratuvar koşullarında ham yağdan üretilen biyodizel, test amaçlı kurulmuş motorda denenmiş ve elde edilen sonuçlara göre, kanola yağı metal esteri moment değeri, dizel yakıt moment değerine göre % 0,5, güç değerleri % 1,21 azalmıştır. Bununla beraber saatlik yakıt tüketimi ortalama % 10,31 artmıştır. CO, CO₂, ve NO_x değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu belirtmektedir.

Reheman et.al., (2004), yaptıkları çalışmalarda, karanja metil esteri ile hacimsel olarak % 20 ile % 80 oranları arasındaki karışımları dizel motorda test etmişlerdir. Karanja metil esterinin dizel yakıtla yapmış olduğu karışımların CO, duman koyuluğu ve NO_x emisyonlarını ortalama olarak sırayla % 80, % 50 ve % 26 azalttığı tespit edilmiştir. B40 yakıtı ile çalıştırılan motorda, gücün ortalama olarak % 6 yükseldiği ve karışım içerisindeki biyodizel yüzdesinin artmasıyla gücün azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca B40 yakıtının dizel yakıtı yerine sorunsuzca kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Altun (2004), enjektör basıncının arttırılmasının, pülverizasyon taneciklerini küçülttüğünü, viskozitenin sebep olduğu püskürtme olumsuzluğunu kısmen iyileştirdiğini, yapılacak çalışmalarda motorun standart püskürtme basıncının arttırılmasının performans ve emisyon değerlerini iyileştireceğini belirtmektedir. Susam yağı ve motorinin farklı oranlardaki karışımlarında, motor püskürtme basıncı artırılarak daha iyi performans ve emisyonun değerleri elde edilebileceği bildirilmektedir.

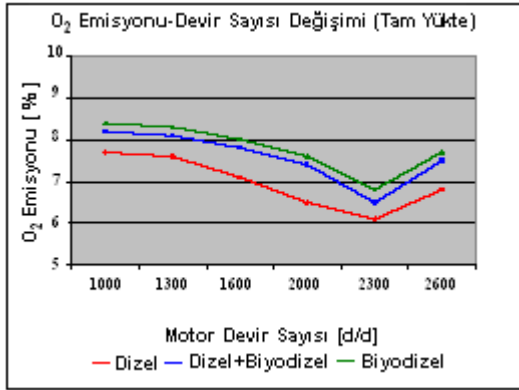
Krishna (2003), yaptığı araştırmada, B20 biyodizelin ısıtıcı ve boylerlerde kullanılması durumunda NOx emisyonun % 20 azaldığını belirtmektedir.

He and Bao (2003), tarafından, kanola yağının tek silindirli bir motorda test edilerek, optimum yanma karakteristiklerinin % 30 kanola yağı ve % 70 dizel yakıtı karışımından elde edildiği sonucuna varılmıştır.Özgül yakıt tüketimi ve ısı verimin en iyi sonuç verebilmesi için yakıt püskürtme açısının 20° olması gerektiği, dizel yakıtında ise 2° ile 3° avans verilmesi gerektiği belirtilmiştir.

2.3 Biyodizelin egzoz emisyonu üzerindeki etkisi

Oksijen (O₂): Biyodizel, karışım yakıtı ve dizel yakıtının motor devir sayısına bağlı O₂ emisyonu değişimi Şekil 2.1’de görülmektedir. Ölçüm yapılan bütün devir sayılarında biyodizelin O₂ emisyon değerleri, karışım yakıtına göre yüksek görülmüştür. En düşük O₂ emisyon değerleri dizel yakıtı ile yapılan deneylerde ortaya çıkmıştır. Biyodizelin O₂ emisyon değerlerinin, dizel yakıtına göre ortalama % 10.3; karışım yakıtı O₂ emisyon değerlerinin ise, dizel yakıtına göre ortalama % 7.4 oranında yüksek olduğu tespit edilmistir. Biyodizel ve karışım yakıtının

kullanıldığı deneylerde O_2 emisyonunun, dizel yakıtına göre yüksek olması, kanola yağı metil esterinin kimyasal yapısında ortalama % 10 oranında O_2 bulunmasından kaynaklanmaktadır (Öztürk et. al, 2009).



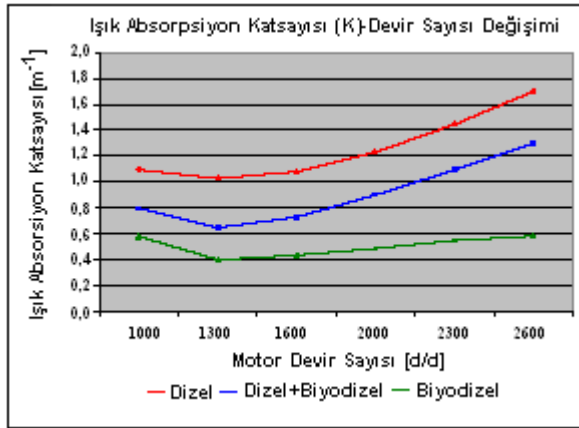
Şekil 2.1 O_2 Emisyonunun Motor Devir Sayısı ile Değişimi

Azotoksitler (NO_x): Ölçüm yapılan bütün devir sayılarında karışım yakıtı ve kanola yağı metil esteri kullanıldığında elde edilen NO_x emisyon değerlerinin, dizel yakıtı değerlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Biyodizel NO_x emisyon değerlerinin, dizel yakıtına göre ortalama % 1.7; karışım yakıtı NO_x emisyon değerlerinin ise, dizel yakıtı değerlerine göre ortalama % 1.2 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir (Öztürk et. al, 2009).

Karbondioksit (CO_2): Ölçüm yapılan bütün devir sayılarında biyodizel ve karışım yakıtı CO_2 emisyon değerlerinin, dizel yakıtı değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Biyodizel CO_2 emisyon değerlerinin, dizel yakıtına göre ortalama % 4.2; karışım yakıtı CO_2 emisyon değerlerinin

ise, dizel yakıtı değerlerine göre ortalama % 2.8 oranında düşük olduğu tespit edilmiştir (Öztürk et. al, 2009).

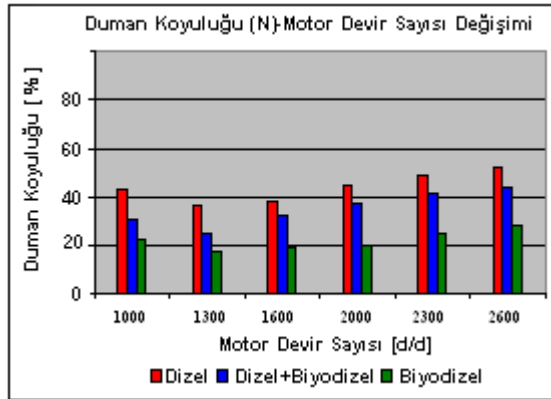
Işık Absorbsiyon Katsayısı (K): Biyodizel, karışım yakıtı ve dizel yakıtının ışık absorbsiyon katsayılarının ($K [m^{-1}]$), motor devir sayısı ile değişimi Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Ölçüm yapılan bütün devir sayılarında biyodizel ışık absorbsiyon değerleri, karışım yakıtı değerlerine göre düşük görülmüştür. En yüksek K değerleri ise dizel yakıtı ile yapılan deneylerde ortaya çıkmıştır (Öztürk et. al, 2009).



Şekil 2.2 Işık Absorpsiyon Katsayısı (K)- Devir Sayısı Değişimi

Duman Koyulugu (N): Duman koyuluğu, egsoz gazı içerisindeki şeffaf olmayan parçacıkların kesitten geçerken karşılaştıkları ışığın aydınlatma şiddetini azaltma yüzdesi şeklinde tanımlanmaktadır. Tüm deneylerde, biyodizelin duman koyulugu değerleri, karışım yakıtı kullanımına göre düşük görülmüştür. En yüksek duman koyuluğu değerleri ise dizel yakıtında ortaya çıkmıştır. Biyodizel, karışım yakıtı ve dizel yakıtı

duman koyuluğu değerlerinin, motor devir sayısına bağlı değişimi Sekil 2.3’de görölmektedir (Öztürk et. al, 2009).



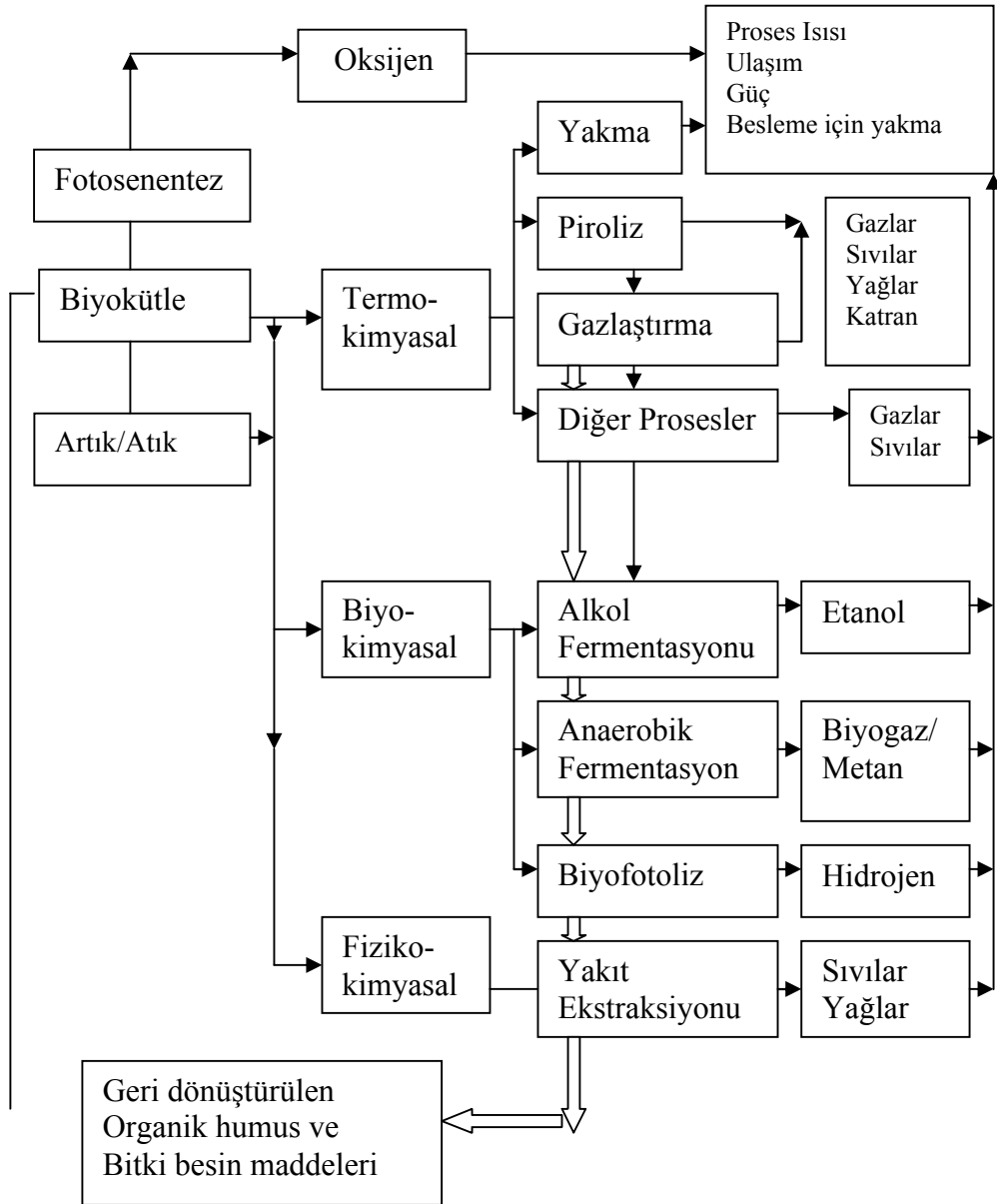
Şekil 2.3 Duman Koyuluğu (N)-Motor Devir Sayısı Değişimi

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji, gücünü güneşten alan ve hiç tükenmeyecek olarak düşünülen, çevreye zararlı gaz emisyon yaymayan enerji çeşitleridir.

Bugün Dünya toplam enerji talebinin %14'ü Yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmakta olup, Global elektrik gereksiniminin % 20'sini hidroelektrik santralleri sağlamaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en büyük teknik potansiyele "Biyokütle" sahiptir. Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvansal atıklar, gıda endüstrisi ve orman yan ürünleri ile kentsel atıkları içeren, biyolojik kökenli fosil olmayan tüm organik madde kitlesi olarak tanımlanmaktadır. (Yorgun vd., 1998; Eryaşar, 2007). Bitkisel kaynaklar, tarımsal ve hayvansal atıklar, organik kökenli şehir ve endüstri atıkları gibi biyokütle kaynaklarından elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle enerjisinin temeli bitkilerin fotosentez olayına dayandığı için, biyokütle enerjisi, güneş enerjisinin kimyasal enerji halinde depolandığı organik maddelerin enerjisi olarak da ifade edilebilmektedir. Biyokütle enerjisi kullanımı, geleneksel ve modern olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır. Klasik biyokütle enerjisi, odun ve tezeğin yanmasıyla, modern biyokütle enerjisi ise, biyokütle kaynağının özel proseslerde işlenmesi sonucu elde edilmektedir (Kutlu 2009).



Şekil 3.1 Biyokütle Enerji Dönüşüm Yöntemleri (Twidell and Weir 1986)

3.1 Biyodizel

Biyodizel, bitkisel yada hayvansal kökenli yağların bir katalizör eşliğinde metanol ya da etanol ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkan , yakıt amaçlı kullanılan ürünün adıdır. Dizel araçlarda doğrudan kullanılabileceği gibi motorin ile her oranda karıştırılarak da kullanılabilir.

Bugün biyodizel olarak bilinen yakıt ile ilgili ilk resmi doküman, 31 Ağustos 1937 yılında Brüksel Üniversitesinden G.Chavanne tarafından 422.87 patent numarası ile yapılan çalışmadır. Bu çalışmada biyodizel ; Palm yağı etil esteri olarak tanımlanmış, burada asit katalizörlü transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır. Üretilen yakıt 1938 yılının yaz ayında Brüksel ile Leuven şehirleri arasında çalışan araçlarda kullanılmış, burada petrodizelden farklı olarak viskozite değerlendirilmiştir. Viskoziteyi azaltmak için ayçiçeği metilesteri alanında çalışmalar yürütülmüştür. Etil yada metil esteri adı 1988 yılında basılan bir makalede "biodiesel" olarak isimlendirilmiş ve bu terim dünyada yaygınlık kazanmıştır.

1930-1940'larda çoğunlukla sadece acil durumlarda bitkisel yağlar dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak son zamanlarda petrol fiyatlarındaki artış, fosil yakıt kaynaklarının sınırlı oluşu ve çevre duyarlılığının artması sebebiyle bitkisel ve hayvansal yağların yakıt olarak kullanılması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Araştırmaların büyük bir kısmı bitkisel yağlarla ilgilidir. Yakıt amaçlı bitkisel yağlar, kanola, kolza, soya, keten, ay çekirdeği, mısır gibi

yenilebilir ve *Jatropha curcas*, *Pongamia pinnata*, *Calophyllum inophyllum*, *Hevea brasiliensis* gibi yenilmeyen bitkilerden elde edilmektedir. Bitkisel yağların az oranda sülfür içermeleri, yapılarında oksijen bulunması, yanmaları sonucunda daha az zararlı emisyon yaymaları ve yoğunluklarının yüksek olması onların özellikle dizel motorlar için uygun bir alternatif yakıt olabileceklerini göstermektedir. Daha yüksek parlama noktasına ve daha iyi yağlama özelliğine sahip olmaları kullanılmalarını kolaylaştıran özellikleri , yüksek viskozite ve düşük uçuculuk özelliğine sahip olmaları ise yakıt olarak kullanılmalarını zorlaştıran özellikleridir. Yüksek viskozite motor yakıt sisteminin ve filtresinin tıkanmasına, enjektör açılma basıncının yükselmesine, kötü atomizasyona , yanma sürelerinin petrol kökenli yakıtlara göre daha uzun olmasına sebep olmaktadır. Çözücü özelliği, uzun süre depolanamaması, kauçuk malzemeye zarar vermesi ve yağlama yağını inceltmesi gibi bazı olumsuz özellikleri dolayısı ile saf olarak ve uzun süre kullanılması tavsiye edilmemektedir. Bu yüzden, bitkisel yağlar dizel yakıtına belli oranlarda katılarak, ısıtılarak veya esterleştirilerek (biyodizele dönüştürülerek) tüketilmektedir. Biyodizel ile çalışmalarda HC ve CO emisyonunun azaldığı açıklanmıştır . Yapısında düşük oranda kükürt bulunması nedeniyle oldukça düşük SO₂ emisyonları yaymakta olup, NO_x emisyonları için ise farklı görüşler söz konusudur. Bir görüşe göre yüksek yanma ve egzoz sıcaklığı sebebiyle NO_x emisyonları yüksek olabilmektedir . Ayrıca, biyodizelin dizel yakıttan daha yüksek sıkıştırma direnci nedeniyle yakıt püskürtme zamanlamasına istemeyerek avans verecek, bu avans yanmanın ön karışım fazı sırasında tüketilen yakıt miktarında artışa sebep olacağından NO_x emisyonlarını artıracaktır.

Başka bir görüşe göre de yapısında bulunan kütleli olarak % 10-12 oksijenin tutuşma gecikmesi süresini kısaltması ve biriken yakıtın az olması sebebiyle maksimum sıcaklığın düştüğü ve bu nedenle ortalama NO_x emisyonunun azaldığı ifade edilmektedir.

3.1.1. Biyodizelin özellikleri

Biyodizel, uzun zincirli yağ asitlerinin mono alkil esteri olması nedeni ile kimyasal olarak ‘‘yağ asiti metal ester’’ adıyla tanımlanmaktadır. Bitkisel yağlardan transesterifikasyon reaksiyonu (alkoliz) ile biyomotorin elde edilir.

Oktan Sayısı , Setan Sayısı ve Kimyasal Yapısı

Tablo 3.1 Biyodizelin Özellikleri

Ana Kaynak	Oktan Sayısı Setan Sayısı	Kimyasal Yapı
Ham Petrol	86-94 5-20	$\text{C}_4 - \text{C}_{12}$ (Benzin)
Ham Petrol	8-15 40-55	$\text{C}_{10} - \text{C}_{20}$ (Motorin)
Bitkisel ve Hayvansal Yağlar	25 46-60	$\text{C}_{16} - \text{C}_{18}$ Yağ Asitlerinin Metilesterleri (Biyodizel)
Yer altı Rezervi	120+ -	CH_4 (Sıkıştırılmış Doğalgaz) (CNG)

Kömür, Nükleer, Doğalgaz, Hidroelektrik Yenilenebilir Kaynaklar	- -	- Elektrik
Mısır, Hububat, Şekerpancarı ve Tarımsal atıklar	100 -	$\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{OH}$ (Etanol) (E85)
Doğal Gaz, Metanol ve Diğer Kaynaklar	130+ -	H_2 (Hidrojen)
Yer altı Rezervi	20+ -	CH_4 (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) (LNG)
Petrol Rafineleri ve Doğal Gaz	104 -	C_3H_8 (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) (LPG)
Doğal Gaz, Kömür ve Odun Biyokütle	100 - 100 -	CH_3OH (Metanol) (M85)

Setan Sayısı

Dizel motorlarda yakıtın yanma kalitesi olarak setan sayısı kullanılır. Setan sayısı ne kadar yüksek ise yakıtın kendi kendine yanmaya meyli o kadar fazladır. Dizelin performansı, tutuşma kalitesine bağlıdır. Dizelin ateşleme kolaylığını ve düzenli yanmasını, setan sayısı

belirler. Dizel motorun, yanma hücresindeki gecikme süresi, dizelin tutuşma kalitesinin bir ölçüsüdür. Düşük setan sayılı bir dizel, yanma hücresinde doğru noktada tutuşmaz. Bunun sonucunda, kontrolsüz yanan karışım, gürültüye ve motor içinde hasara neden olur. Biyodizel, dizel yakıttan daha yüksek setan setan sayısına sahip olduğu için, bu tür sorunlar ile karşılaşılmaz. Setan sayısı 100 ise çok kolay yanan n-heksadekan'ı , Setan sayısı 0 ise yavaş yanan metil-naftalini işaret eder. Biyodizelin Setan sayısı elde edildiği ham maddeye bağlı olarak 40 ile 49 arasında değişmektedir. Motor performansı ve egzoz gazı emisyonları ile yayılan gürültü seviyesi için önemli bir karakteristik özelliktir.

Yoğunluk

Bitkisel yağların yoğunluğu, genellikle yağ çeşidine göre değişmesine rağmen 15 °C ' de 880 - 920 kg/m³ gelmektedir. Bu belirleme DIN normu DIN EN ISO 3675 veya DIN EN ISO 12185'e göre yapılmaktadır. Elde edilen biyodizelin yoğunluğu ise düşmekte ve motorinin seviyesine inebilmektedir.

Parlama Noktası

Parlama noktası, yakıtların risk sınıflamasında çok önemlidir. Taşıma ve depolanmalarda parlama noktasının yüksek olması istenmektedir. Dizel yakıtının parlama noktası 74 °C olmasına rağmen; bitkisel yağların parlama noktası 300 °C den yukarıda, biyodizelin parlama noktası ise 220 °C civarındadır. Parlama noktasının tespitinde test metodu olarak DIN EN 22719 uygulanmaktadır.

Kalori Değeri

Kalori değeri motorun optimum çalışması için önemlidir ve yakıt kalitesi kriteridir. Genellikle biyodizelin kalori değeri 35 Mj/kg' dan daha büyüktür. Kalori değeri DIN 51900-3 test metoduna göre belirlenmektedir.

Kinematik Viskozite

Kinematik viskozite yoğunluğa benzer şekilde doğal bir özelliktir ve biyodizelin karakteristik özelliğidir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlar da karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır.

Yüksek viskozite pompalanabilmeyi ve enjektörlerin pskrtmesini azaltır. Viskozite sıcaklığa bağlı olup, biyodizelin viskozite değeri 40  C de 3,5- 6 mm²/s arasında değişmektedir.

Soğukta Akış zelliği

Biyodizel motorinden daha yüksek akma noktasına sahip olup, bu durum yakıtların soğukta kullanımında problem çıkarmaktadır. Dizel yakıtı için soğukta filtre tıkanması veya akma noktası değişik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Biyodizelin soğukta filtre tıkanması ve akma noktası dizel yakıtına benzer şekilde belirlenebilmektedir.

Karbon Artığı

Oksijensiz ortamda bir yüzeyde yakıtın yanması simule edilerek DIN EN ISO 10370 test metoduna göre karbon artığı belirlenmektedir. Karbon artığı enjektör deliklerinde veya yanma odasında karbon

birikmesine sebep olmaktadır. Deneysel çalışmalar, biyodizelin pratikte yok denecek kadar az karbon artığı bıraktığı ve maksimum değerin kütlenin % 0.4'ü olduğunu göstermiştir.

İyot Sayısı

İyot sayısı bitkisel yağların özelliği ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. Yüksek iyot sayılı yakıtlar enjektör deliklerinde tıkanmalara veya yanma odasında hasar meydana gelmesine sebep olmaktadır. DIN 53241-1'e göre limit değer 100- 120 g/ 100g olarak belirlenmektedir.

Kükürt İçeriği

Bitkisel yağların kullanılması durumunda dizel yakıtıyla karşılaştırıldığı zaman kükürt miktarlarında azalma olduğu görülmektedir. ASTM D5453'e göre SO₂ maksimum limit 20 mg/kg olarak belirlenmektedir.

Su İçeriği

Bitkisel yağlar temelde su içermezler. Ancak bitkisel yağların üretimi ve depolanması esnasında karışabilmektedir. Yakıtların belli oranda su içermeleri motor için bir dezavantaj değildir. Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığını ve NO_x emisyonlarını azaltabilir. Yüksek basınçlı enjeksiyon sistemlerinde su yakıttan ayrılarak enjektör sisteminde bölgesel çürümelere sebep olabilir. Bitkisel yağlar için PrEN ISO 12937 ye göre belirlenen maksimum değer kütlenin % 0,075 'i geçmemelidir.

Soğukta Filtre Tıkanması

Dizel motor yakıtları için yapılan önemli testlerden birisi, soğukta filtre tıkanma noktasıdır. Bu özellik bilhassa soğuk şartlarda dizel motorlar için hayati öneme haizdir. Bu özellik IP309/80, DIN EN 116'da belirtilen standart yöntemlerle belirlenmektedir.

Soğukta filtre tıkanma noktası (SFTN), DIN normunda max olarak 15 Nisan - 30 Eylül ayları arasında 0 °C, 1 Ekim - 15 Kasım ayları arasında - 10 °C, 16 Kasım – 28 Şubat ayları arasında -20 °C, 1 Mart -14 °C , Nisan ayları arasında -10 °C olarak verilmektedir.

3.1.2. Biyodizelin üretildiği bitkisel yağlar

Bitkisel yağlarla dizel yakıtı arasında özgül ağırlık ve ısıl değer yönünden fazla bir fark bulunmamaktadır. Ancak bitkisel yağların kinematik viskoziteleri incelenmesinde dizel yakıtının kinematik viskozitesinden oldukça fazladır. Yağın cinsine göre, bitkisel yağların viskoziteleri dizel yakıtının viskozitesinden 11-18 kat daha yüksektir.

Bitkisel yağlar yapısında yağ asitleri içerdiği için yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Aynı zamanda kimyasal olarak da bitkisel ve hayvansal yağlar, trigliserid moleküllerdir ve üç yağ asidi grubuna bir gliserol molekülünün bağlandığı esterlerdir (Gunstone and Hamilton, 2001).

Tablo 3.2 Biyodizelin Üretildiği Bitkisel Yağlar

Bitkisel Yağ Adı	Özgül Ağırlığı (g/mol)	Kinematik viskozite (mm ² /s)	Isıldeğer (mj/kg)
Ayçiçek Yağı	0.92	34.9	39644
Hurma yağı	0.90	63.6	36553
LinoleikAspir	0.93	32.3	39226
Oleik Aspir	0.92	42.1	39306
Yerfıstığı	0.91	37.2	37160
D.Eroikasitli Kolza	0.92	39	39913
Y.Eroikasitli Kolza	0.91	51	40167
Soyayağı Metilesteri	0.88	4.1	39796
Ayçiçekyağı Metilesteri	0.88	4.8	37690
Soya Yağı	0.92	36.4	39390
Pamuk Tohumu	0.91	37.4	37420
Diesel yakıtı	0.86	2.9	45390

Kanola

Kışlık ve yazlık olmak üzere iki fizyolojik döneme sahip bir yağ bitkisidir. Kanola % 58 mono doymamış % 36 poli doymamış ve % 6 doymuş zincire ve oleik asit 'e sahip olması nedeniyle oksitlenme direnci yüksek ve düşük sıcaklık performansına sahip yüksek nitelikli bir biyodizel ham maddesidir. Yapılan testler sonucunda kanoladan üretilen biyodizel'in 21 günde % 99,6 'sının ayrıştığı görülmüş.

Ayrıca kanola 238 °C'ye kadar yağlayıcı özelliğini koruyabilmekte ve yağ çıkarma sırasındaki posasından gübre ve küspe yapılmasından dolayı üreticiler için kanolanın maliyeti düşmektedir.

Kanolanın mevsimlere göre asit miktarları.

Tablo 3.3 Kanolanın Mevsimlere Göre Asit Miktarları

Yağ asitleri	Yazlık Kanola (%)	Kışlık Kanola (%)
Palmitik asit	3.0	4.7
Palmitolik asit	0.1	0
Stearik asit	1.0	1.8
Oleik asit	11.7	63.3
Linoleik asit	13.6	20.3
Linolenik asit	8.8	8.9
Araşhidik asit	0.7	0
Ekosenoik asit	7.6	1.3
Erusik asit	51.1	0
Diğerleri	1.8	0

Kolza yağında % 50-54 arasında olan bu asit, kalite ıslah çalışmalarıyla yok edilmiş ve ıslah edilen bu çeşit KANOLA (Canola) adıyla tanınmıştır.

Aspir

Yüksek oleikasit içeren aspir, ülkemiz şartlarında tarımı yapılabilen biyodizel hammaddesi olabilecek bir bitkidir. Aspir tohumlarında %30-45 arasında yağ bulunan, yazlık karakterde ve ortalama 130-150 gün arasında yetişebilen tek yıllık bir uzun gün yağ bitkisidir.

Aspir tohumları dökülmeye karşı sağlam olduğundan biçer döverle hasat yapıldığından maliyeti düşük olmaktadır.

Palm Yağı

Palm yağı, *Elaeis guineensis* olarak bilinen, Malezya, Batı ve Orta afrika ile Endonezya' da ekimi yaygın olarak yapılan yağlı meyvenin pulp kısmından (yağ oranı %50) elde edilen bir yağdır. Meyvenin çekirdeğinden elde edilen ve laurik asit (% 40- 52) içeriği yüksek olan yağ ise palm çekirdeği yağı olarak bilinmektedir.

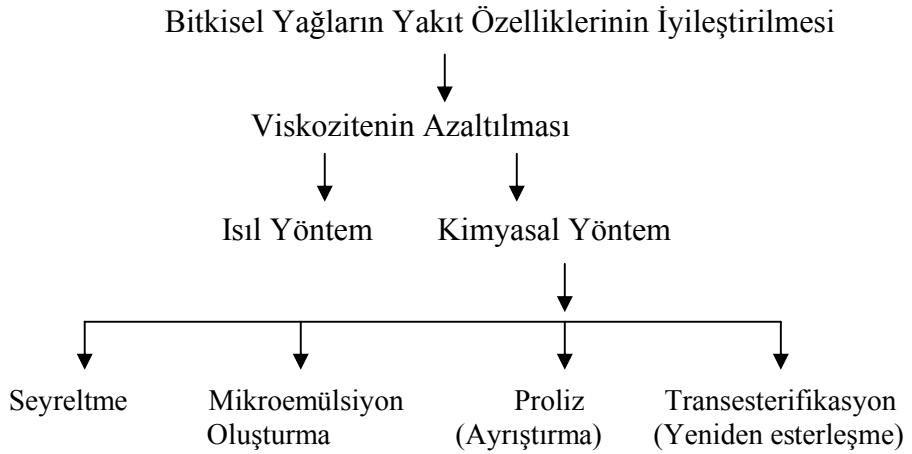
Hektardan 5000 kg yağ elde edilebilen palm ağacı dünyada yağ verimi en yüksek bitkidir. Palm yağı, palm ağacının meyvesinden iki yolla elde edilir. Meyvenin etinden elde edilen yağ sabun, mum, margarin yapımında ve kızartma yağı olarak kullanılır. Meyvenin çekirdeğinden elde edilen yağ ise mayonez, kızartma yağı ve dondurma yapımında kullanılır.

Tablo 3.4 Biyodizel üretiminde kullanılan bitkisel yağların yağ miktarları ve yağ içerikleri

Yağ Bitkisinin Adı	Bilimsel Adı	Yağ Miktarı (kg/ha)	Yağ İçeriği (%)
Mısır	Zeo mays	145	5-6
Mahun Cevizi	Anacardium occidentale	148	38-46
Palm	Ertzheia salvadorensis	189	50
Acı Bakla, Termiye	Lupinus albus	195	6-9
Pamuk	Gossypium spp	273	20
Kenevir	Cannabis sativa	305	30-35
Soya	Glycine max	375	17-26
Keten	Linum usitatissimum	402	38
Fındık	Corylus avellane	405	65-75
Bezir Yağı	Perilla frutescens	442	49-51
Bal Kabağı	Cucurbita pepo	449	24-30
Hardal	Brassica alba	481	27-35
Susam	Sesamum indicum	585	50
Aspir	Carthamus tinctorius	655	25-37
Ayçiçeği	Helianthus annuus	800	35-40
Kakao	Theobroma cacao	863	50
Yerfıstığı	Arachis hypogaea	890	36-50
Haşhaş	Papaver somniferum	978	40-50
Kanola	Brassica napus	1000	33-40
Zeytin	Olea europaea	1019	35-70
Zencibar	Telfairia pedata	1119	35-38
Badem	Prunus dulcis	1125	25-50
Jajoba	Simmondsia chinensis	1528	48-52
Ceviz	Juglans nigra	4500	60

3.1.3 Bitkisel Yağların Yakıt Özelliklerinin İyileştirilmesi

Bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar, öncelikle yağların viskozitelerini azaltmaya yöneliktir. Bitkisel yağların viskozitelerinin azaltılmasında, ısı ve kimyasal yöntem olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır.

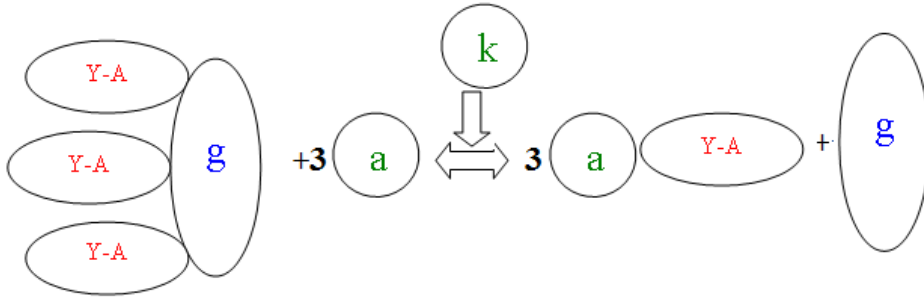


3.1.3.1 Transesterifikasyon; En çok kullanılan yöntem olup, bu yönetime alkoliz reaksiyonu adı da verilmektedir. Transesterifikasyon, bir trigliserit molekülünün bir alkol ve katalizör eşliğinde reaksiyona girerek, gliserin ve yağ esterleri üretmesi sürecidir. Biyodizel olarak adlandırılan monoesterler, bitkisel veya hayvansal yağların transesterifikasyonu ile üretilir.

Bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılmasına engel olan en büyük nedenlerden biri olan viskozite, transesterifikasyon reaksiyonu sonucu üretilen biyodizel ile birlikte yaklaşık 10 kat azalır. Yoğunluk ise biraz düşer. Bunun yanı sıra molekül ağırlığı, yağın molekül ağırlığının üçte

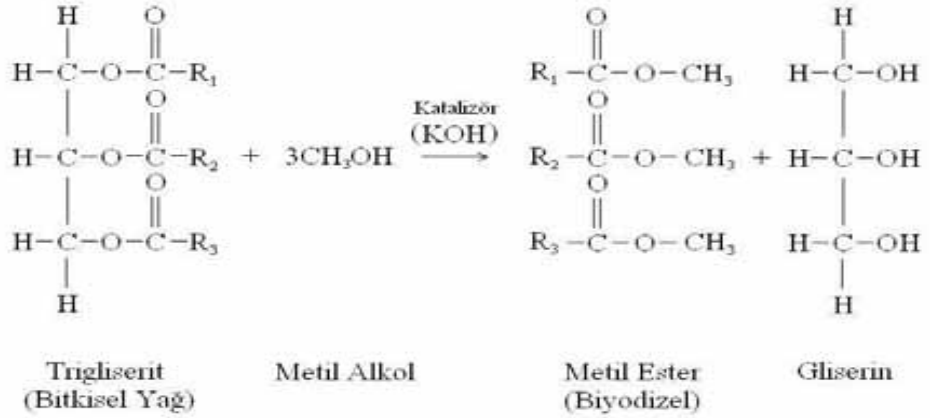
birine iner. Uçuculukta da bir miktar iyileşme meydana gelir. Böylelikle bitkisel yağların özellikleri dizel yakıtıninkine daha da yaklaşmış olur.

Transesterifikasyon reaksiyonunda reaksiyonun tamlığını ve hızını arttırmak için katalizör kullanılır. En yaygın olarak kullanılan katalizörler potasyum hidroksit (KOH) ve sodyum hidroksittir (NaOH). Bunun yanı sıra, asit katalizör de kullanmak mümkündür. Ancak asit katalizörler alkali katalizörlere göre transesterifikasyon reaksiyonunda daha yavaştır ve daha fazla alkol gerektirir. Asit katalizörlü bir transesterifikasyon reaksiyonu oda sıcaklığında gerçekleştirilirken, reaksiyon çok yavaş ve ester dönüşümü düşük olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.2 Transesterifikasyon Tepkimesinin Şematik Gösterimi. ‘‘Y-A’’= Yağ asidi zinciri ; ‘‘g’’= Gliserin ; ‘‘a’’= Alkol (metil veya etil); ‘‘k’’= Katalizör (Sodyum hidroksit ya da potasyum hidroksit).

Bitkisel Yağlardan Transesterifikasyon Yöntemiyle Biyodizel Üretimi Metodu



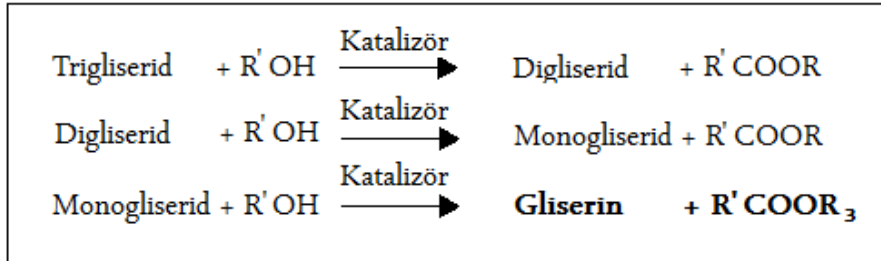
Şekil 3.3 Triglicerid olarak adlandırılan, bir gliserol (gliserin) ile birleşik üç yağ asidinin alkol ve katalizör eşliğinde bir gliserol ve üç estere dönüştürülmesi.

Alkali Katalizörlü Transesterifikasyon

NaOH ve KOH gibi alkali katalizörler reaksiyon hızını (trigliseridleri alkol yardımıyla parçalayarak gliseridten ayırıp monogliserid yapıya dönüştürmek için) arttırmak için kullanılmaktadır. Reaksiyonda trigliseridleri ayırmak için alkole gereksinim vardır. Proseste alkol olarak, methanol, atanol, bütanol gibi alkoller kullanılmaktadır. Transesterleştirilmiş bitkisel yağlara “biyodizel veya ester” adı verilmektedir.

Gliserol (gliserin, gliserid) koyu renkli olup, esterleştirme prosesinin yan ürünüdür. Trigliceridlerin, alkol ve katalizör yardımıyla digliseridlere dönüşümü, prosesin ilk aşamasıdır. Sonraki aşama digliseridlerin monogliseridlere dönüşümüdür. Son olarak her bir

basamakta her bir gliseridten bir molekül metal esteri ayrılarak, monogliseridler gliserine dönüşmektedir (Ramadhas, 2008).



Şekil 3.4 Trigliseridin Estere Dönüşüm Basamakları

Alkali katalizörlü transesterifikasyon proste, içinde yağın bulunduğu reaktör makul bir devir döndürülerek 55 °C ile 70 °C arasında bir sıcaklık değerinde sabit tutulmaktadır. Sıcaklık seçiminde alkolün kaynama noktası sıcaklık değeri önemlidir. Yağ miktarının % 0,5 ile % 1 arası oranda, % 10 - % 15 alkol (metanol) içerisinde çözünmüş katalizör (NaOH, KOH), reaktördeki yağın ısıtılması ve karıştırılması esnasında eklenmelidir (Ramadhas,2008; Demirtaş 2008). 30 ile 45 dakika sonra karıştırma ve ısıtma işlemine son verilmekte, ürünün iki faza ayrılması için dinlenmeye bırakılmaktadır. Üsteki faz ester alttaki faz gliserin ve artıkları içermektedir. Üst kısımda kalan ester fazı birkaç kez yıkanarak nötürleştirilmektedir. Gliserin fazı içerisinde kalan, alkol, katalizör, serbest yağ asitleri ve nemin uzaklaştırılması için birkaç safhalık saflaştırma prosesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Gliserin, kimyasal adı Gliserol'' dır. Biyodizel üretiminde yan ürün olarak gliserin elde edilmekte olup, Gliserin fazının yoğunluğunun esterin yoğunluğundan daha yüksek olması nedeniyle proses sonunda

gliserin fazı dibe çökmektedir. Transesterifikasyon reaksiyon sonucunda elde genellikle % 9-14 arasında gliserin oluşmaktadır. Biyodizel üretiminde elde edilen gliserinin bir çok alanda kullanılabilmesi, ticari önemini göstermektedir. Transesterifikasyon sonucunda elde edilen gliserin fazının içerdiği alkol ve su ayrıştırıldıktan sonra gliserinin saflık derecesi arttırılabilmektedir. Gliserin içerisinde reaksiyon sonucu oluşan sabun ve katalizör artıkları yer almakla birlikte, gliserin saflığını azaltan klorür, ağır metaller, kül, arsenik v.s. maddelerde bulunabilmektedir. Bundan dolayı endüstriyel ölçekte ester üretimi tesislerinde yan ürün olarak elde edilen gliserin için saflaştırma ünitesi kurulabilir.

Gliserin başta sabun olmak üzere 1500 çeşitten fazla ürün için kullanılmaktadır. Genel olarak, ecza endüstrisinde merhem, diş macunu imalatında, kozmetikte ve tütün endüstrisinde kullanılmaktadır. Gliserinin en önemli kullanıma alanlarından bir tanesinde patlayıcı madde endüstrisidir. Transesterifikasyon prosesine ve transesterifikasyon sonrası rafine işlemine bağlı olarak, elde edilen gliserin fazının (ham gliserin) saflığı farklılık gösterebilmekte ve saflık % 98 civarlarına ulaşabilmektedir. Gliserin saflığı oldukça önemli olup, saflığının artması ile birlikte ekonomik değeri de artmaktadır. Mart 2008 itibarıyla, % 40 ile % 50 saflıktaki gliserinin tonu 300-400 \$ iken, % 99 ve üzeri saflıktaki gliserinin tonu 1850-2750 \$ arasında değişebilmektedir. Gliserin biyodizel üretim maliyetini belirleyen ve ekonomik yararını doğrudan etkileyen yan üründür. Biyodizel kullanımını arttırmak için biyodizel üretiminin ekonomik uygulanabilirliği ana konu olduğundan petrodizel yakıt ile rekabet edebilmesi için üretim maliyetlerinin azaltılması gerekmektedir. Proses ürünü olan gliserinin değerlendirilmesi sonucunda

Üretim maliyetinin % 65'e kadar azalacağı belirtilmektedir (Alptekin, v.d., 2008)

Asit Katalizörlü Transesterifikasyon

Hayvansal yağlar yapılarında % 5 'den % 30 'a kadar serbest yağ asitleri (FFA) içerirler. Ayrıca yenilemeyen yağlar, ham yağlar ve özellikle yüksek sıcaklığa maruz kalan kızartma yağları özellik olarak % 2'den daha fazla serbest yağ asitleri (FFA) içerirler. Bazen düşük kaliteli hayvansal yağlar %100 serbest yağ asitleri (FFA) içerirler. Serbest asitler yağı lapa hale getirir ve bu olay biyodizelde istenmeyen özelliklerdendir. Alkali transesterifikasyonlarda gereğinden (% 1) yüksek serbest yağ asitleri (FFA) miktarı sabun ve su oluşumuna neden olur (J.V. Gerpen,2005). Bitkisel yağlarda % 5 oranına kadar alkali katalizör kullanılabilir. Ancak uygun titrasyon ile katalizör miktarı artırılmalıdır. Aksi halde su ve sabun formuna dönüş oranı artacaktır. İçerisinde % 5'den daha fazla serbest yağ asiti (FFA) içeren bitkisel yağların transesterifikasyonu için, katalizör olarak sülfirik asit, fosforik asit, asedik asit gibi asitler kullanılmaktadır.

İçerisinde % 3 içeren bir yağın, 6:1 molar oranda alkol ve % 3 sülfirik asitle, asidik transesterifikasyona tabi tutulduğunda, verimin % 98'lere yakın iken, aynı oranda alkolle ve % 1 KOH katalizörle bazik (alkali) transesterifikasyona tabi tutulduğunda verimin % 35'lere düştüğü grlmektedir (Canakci and Gerpen, 2000; Gerpen, 2005).

Yağ içerisindeki su miktarı arttıkça ester verimi düşmektedir. Yağ içerisindeki su oranının % 0,5 'i (500 ppm) geçmesi durumunda,

esterleşme verimi % 90'nın altına düşmektedir (Canakci and Gerpen ,2000).

Alkali Asit – Katalizörlü İki Basamaklı Transesterifikasyon

Bu tip proses yağ içerisinde serbest yağ asiti (FFA) oranı % 20 ile % 50 olduğundan tercih edilmemektedir. Bu özellikteki bitkisel ve hayvansal yağda, tek proseste tam bir esterleşmenin sağlanması mümkün değildir (Ramadhas, et.al.2005). Bu yöntem özellikle düşük maliyetli ve yüksek FFA oranlı ham yağların esterleşmesinde kullanılmaktadır. İlk basamakta yaklaşık 60 C reaksiyon sıcaklığında 10 ile 30 min⁻¹ reaksiyon süresinde asit katalizör ile esterleşme yapılmakta ve ikinci basamakta da baz katalizör kullanarak ikinci esterleşme yapılmakta ve proses tamamlanmaktadır.

% 19 serbest yağ asidine sahip ham mahua yaının asit katalizörle esterleştirildiği proseste, hacimsel olarak % 30 ile % 35 oranları arasında metanol ile % 1 sülfirik asit kullanılmış ve reaksiyonun 60 °C sıcaklıkta 1 saat sürdürülmesi sonucunda yağdaki serbest yağ asitleri (FFA) oranının % 1'e düştüğü gözlemlenmiştir. İkinci basamakta baz katalizör ile esterifikasyon gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada FFA oranı % 1'e düşen yağa ağırlıksal olarak litre başına % 0,7 KOH ve hacimsel olarak % 25 metil alkol eklenip 60 °C 'de 1 saat süren reaksiyon sonucunda % 98 verimlilikte biyodizel elde edilmiştir (Gradge and Raheman, 2005).

Süper – Kritik Alkol Transesterifikasyonu

Katalizör yardımıyla gerçekleştirilen bitkisel ve hayvansal yağların transesterifikasyonu, reaksiyon süresini azaltmaktadır. Ancak bu durum biyodizelin ve gliserinin içerisindeki kalıntıların temizlenmesini gerektirir. Bu durum maliyetleri artırmaktadır. Süper kritik yöntem, bir kaç dakika gibi çok kısa sürede reaksiyonun tamamlandığı ve hiç katalizörün kullanılmadığı bir prosestir. Klasik esterleşme ile karşılaştırıldığında, ürünler daha saf elde edilmekte ve böylece çevreye daha az zarar verilmektedir.

Süper-kritik yöntemi kullanılarak kolza yağı ile 42:1 molar oranında metil alkol kullanarak, 430 bar basınçta, 350 °C reaksiyon sıcaklığında, 4 dakika reaksiyon süresi sonunda % 95 esterleşme verimliliğinde biyobizel elde edilmiştir (Saka and Kutsina, 2005).

Enzim – Katalizörlü Transesterifikasyon

Transesterifikasyon yöntemi kimyasal ve enzimatik olarak yapılabilinmektedir. Lipaz’a dayalı enzim-katalizörlü transesterifikasyon prosesleri hala ticari seviyede gelişmemiştir. Buna rağmen son zamanlardaki makale ve alınan patentlerde yeni sonuçlar ve gelişmelerin olduğu ifade edilmektedir (Stah et all., 2004; Demirtaş 2008)

Diğer bir başka bir esterleşme yöntemi, Ultrasonik transesterifikasyondur. Bu yöntem endüstriyel olarak üzerinde çalışmalar yapılan ve maliyeti yüksek esterleştirme yöntemleridir.

Transesterifikasyon Yöntemlerin Karşılaştırılması

Tablo3.5 Biyodizel üretim sistemlerinin karşılaştırılması (Ramadhas et al., 2005)

	Alkali	Asit	Alkali - Asit	Ultrasonik	Lipaz	Süper - Kritik
Reaksiyon Sıcaklığı °C	40-70	55-80	40-70	30-40	30-40	240-385
Verim	Normal	Normal	İyi	Yüksek	Yüksek	İyi
Gliserin iyileştirme	Zor	Zor	Zor	Zor	Kolay	–
Esterin saflaştırılması	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	–	–
Ürün maliyeti	Ucuz	Ucuz	Ucuz	Orta	Pahalı	Orta

Esterleşme Verimini Etkileyen Parametreler

- Yağ / Alkol oranı,
- Katalizör miktarı,
- Reaksiyon sıcaklığı ve süresi,
- Yağın özellikleri ve temiz oluşu,
- Metoksit yoğunluğu, (Pilar et al. 2004; Antolin et al. 2002).

3.1.3.2 Mikroemülsiyon oluşturma ; Bitkisel yağların viskozitesini düşürmek için, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkolle ile mikroemülsiyon oluşturulmaktadır. Böylece viskozite değeri düşmektedir. Mikroemülsiyon, normalde karışmayan iki sıvı ile bir veya

daha fazla amfifilinin bir araya gelmesiyle oluşur. Bu yöntemle petrolden tamamen bağımsız alternatif dizel yakıtları meydana getirmek mümkün olabilmektedir.

3.1.3.3 İnceltme (Seyreltme) ; Bitkisel yağların uygun bir seyrelticiyle viskozitelerini düşürme yöntemidir. Bu yöntemde, yapılan çalışmalar incelendiğinde kullanılacak bitkisel yağa belirli oranlarda dizel yakıtı katılması tercih edilen bir uygulamadır.

3.1.3.4 Piroliz ; Oksijenin bulunmadığı koşullarda atığın sıcaklık etkisiyle yanmasıdır.

3.1.3.5 Isıl yöntemde ; Yakıt olarak kullanılacak olan bitkisel yağların ön ısıtma ile sıcaklıklarının yükseltilmesi ve dolayısıyla viskozitelerinin azaltılması amaçlanmaktadır. Ancak, bu yöntemin özellikle hareketli bir araç motorunda uygulama zorluğu vardır. Bunların yanında motor ayarlarında yapılan bazı değişikliklerin bitkisel yağların yakıt olarak kullanımlarını daha elverişli hale getirmektedir.

3.1.4 Türkiye’de ve Dünyadaki yağ bitkilerinin potansiyeli

Türkiye’nin yüzölçümü 780,576 km² olup, 9,818 km² ‘si su, 770,758 km² ‘si kara arazisidir. Bu arazinin % 30 ile % 35’i ekilebilir topraklardır. Bu tarım alanlarının da % 69,72’si ekilmektedir. Nasada bırakılan tarım alanı % 9,4 meyve ve baharat bitkileri, % 1,7 sebze % 2,5, çayır alanları % 0,3 ve diğer bitkilerin kapladığı alan % 1,7’dir. Toplam tarım alanlarının % 24’ü sulanabilmekte olup, Nüfusun % 32,7’si

tarım sektöründe çalışmaktadır. TUIK 2007 verilerine göre Türkiye’de tarımda çalışanların ayırdıkları zaman yılda ortalama 181 gündür.

Yağlı tohum bitkileri, yem ve gıda sektörünün vazgeçilmez girdilerini sağlayan tarımsal ürünlerdir. Bitkisel yağ türevi olan bir çok yağ kimyasalları da endüstrinin sabun, deterjan, kozmetik, ilaç, deri, boya, tekstil, yüzey kaplama, metal işleme, yağlama yağları gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bitkisel yağlar için giderek artan bir değerlendirme alanı da biyodizel üretimidir.

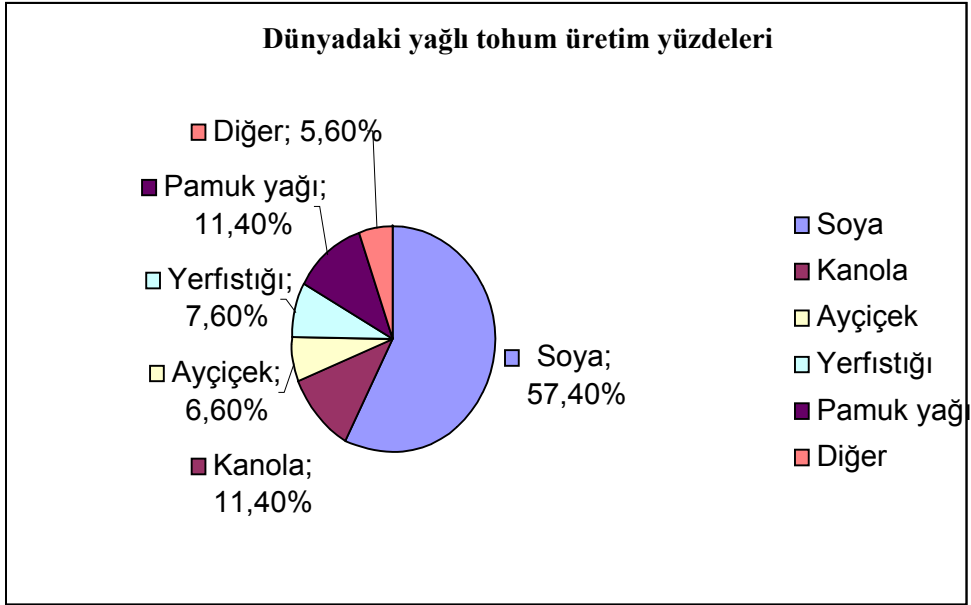
Türkiye’nin iklim, flora ve toprak yapısı yağlı tohum bitkileri üretimi için uygun ekilebilir alan mevcut olmasına karşın, üretim iç tüketimi karşılayamamaktadır. 2004-2005 sezonunda bitkisel yağ tüketiminin ancak % 30’a yakın bir kısmı yurt içi üretimden karşılanabilmiştir.

Tablo 3.6 Türkiye’de Bitkisel Yağ Durumu

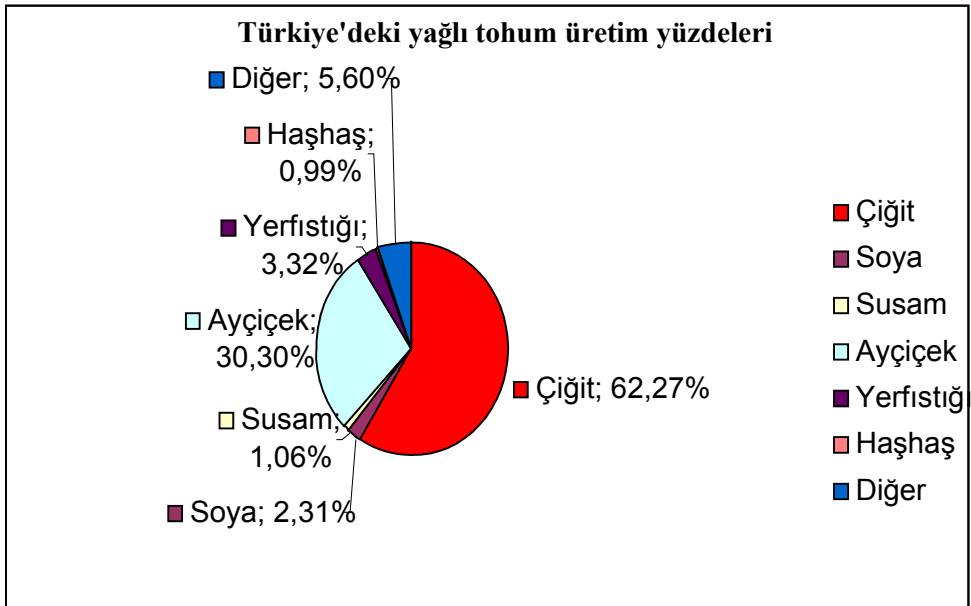
Türkiye’deki Bitkisel Yağ Durumu 2002-2005 (MUMSAD, 2008)

BİTKİSEL YAĞ	2002	2003	2004	2005
Yerli Üretim, Bin Ton	529	399	452	506
İthal Yağ, Bin Ton	737	776	701	1059
İthal Tohumdan Yağ, Bin Ton	176	388	341	456
Toplam Tüketim, Bin Ton	1,442	1,463	1,494	2,021
Yerli Üretimin Tüketimdeki Payı, %	36,7	25,5	30,3	25

Veriler incelendiğinde Türkiye’nin yağ açığının her yıl arttığı görülmektedir.



Şekil 3.5 Dünyadaki Yağlı Tohum Üretim Yüzdeleri



Şekil 3.6 Türkiye'deki Yağlı Tohum Üretim Yüzdeleri

Bitkisel yağlarla dizel yakıtı arasında özgül ağırlık ve ısı değeri yönünden fazla bir fark bulunmamaktadır. Ancak bitkisel yağların kinematik viskoziteleri dizel yakıtının kinematik viskozitesinden oldukça fazladır.

Viskozitesinin yüksekliği, dizel yakıtına göre tasarlanmış motorların yakıt sistemlerinde tıkanmalara ve arızalanmalara neden olmakta olup, Viskozite, yağların alkollerle olan kimyasal işlemleri sonucu elde edilen yağ esterleri ile çok büyük oranlarda düşürülebilmektedir. Böylelikle dizel yakıtının viskozitesinin 1,4 ile 1,6 katı değerine kadar indirilebilmektedir.

3.1.5 Biyodizelin önündeki engeller

Biyodizelin yaygın kullanıma geçmesinin önünde bazı engeller bulunmaktadır.

Dağıtım: Benzin istasyonlarına sadece biyodizel pompası eklenmesinin maliyeti dünya çapında milyarlarca dolar yatırım gerektirmektedir.

Donma ısısı: Biyodizelin don şartlarına dayanıksız olması ciddi bir sorun, ama çözümsüz değildir. 0 °C derecenin altında donmasını önlemek için dizelle karıştırılması halinde, -26 dereceye kadar dayanabilmektedir.

Otomobillere uyum: 1990'ların ortasından önce üretilmiş otomobillerin yeni yakıtı göre modifiye edilmesi gerekmekte. Bu harcamalar da kullanıcıya yük getirecektir. Biyodizel özellikle plastik aksama zarar vermektedir. Yeni motorlarda ise böyle bir sorun bulunmamaktadır.

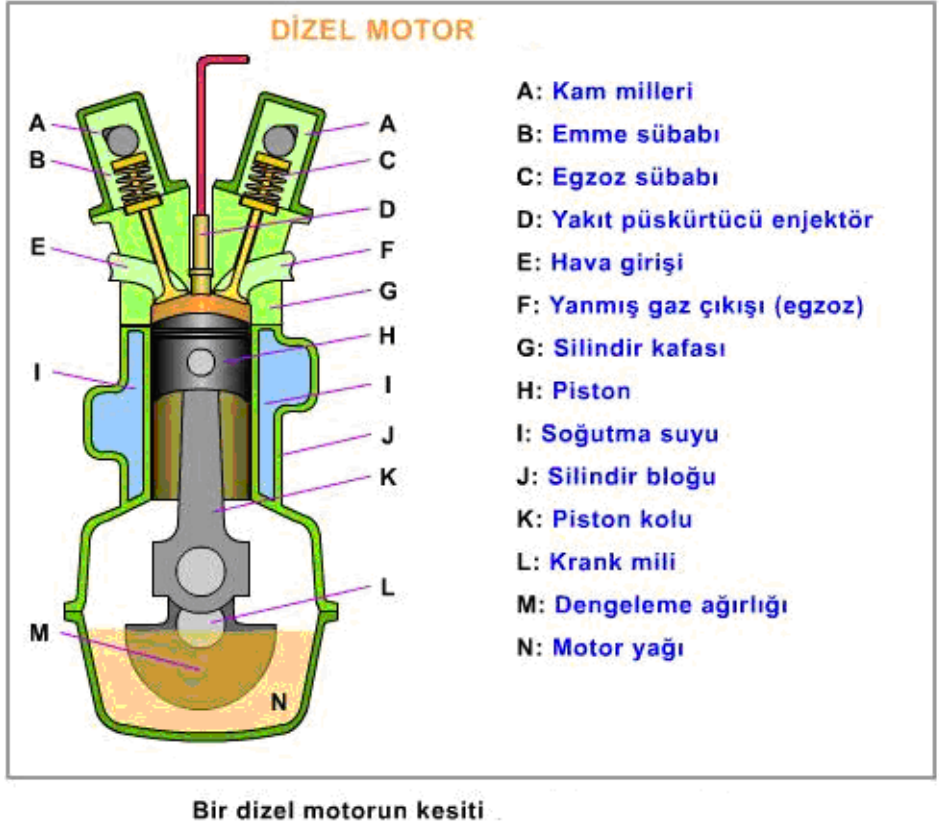
NO_x emisyonu: Biyodizel bazı gazların emisyonunu azaltırken, yine sera etkisi yaratan bir diğer gaz olan (NO_x) azot oksit açığa çıkarmaktadır.

3.1.6 Biyodizelin kullanım alanları

Biyodizel motor yakıtı olarak kullanımı dışında Soba, fener ve diğer ısıtıcılarda, Havacılıkta (Model uçaklarda), Isınmada (Kalorifer kazanlarında),Yapışkan kimyasal, sprey boyaların ve otomobillerdeki istenmeyen boyaların temizlenmesinde çözücü (solvent) olarak, Motor parçalarındaki yağ ve kurumun temizlenmesinde, Çok amaçlı makine yağlayıcısı olarak, Tuğla üretiminde ve çömlekçilikte, Araziye yada suya kazaen dökülen petrolün temizlenmesinde, Jeneratör yakıtı olarak, İnşaat kalıplarının sıvanmasında, Hidrolik sıvısı olarak, Demiryolu yağlayıcısı olarak kullanılmaktadır.

3.1.7 Dizel Motor

Dizel motorlarında silindir içine sadece hava emilip sıkıştırılır. Yanma odasında sıkıştırılan havanın içine yakıt püskürtülür. Püskürtülen yakıt, sıkıştırma sonucu ısınan hava ile kendi kendine tutuşur.



Şekil 3.7 Dizel Motor

Dizel Motorda Işık Absorbsiyon Katsayısı

İs koyuluğunu belirlemek için egzozdan alınan örnek gazın bir partikül ölçüm aletinin içinden geçirilmesidir. Bu tip ölçüm aletlerinin içinde bir boru ve bu borunun bir ucunda ışık kaynağı (lamba) diğer ucunda ise ışığın şiddetini ölçen bir fotosel bulunmaktadır. Egzoz gazından alınan örnek bu borunun içinden akarken, örnek gazın içindeki partiküller lambanın yaydığı ışığı engelledikleri için borunun diğer ucundaki fotosel üzerine gönderilen ışığın şiddeti düşer. Işık şiddetindeki

bu azalma örnek gaz içindeki partikül miktarı ile orantılıdır. Partikül miktarını belirleyen birim, ışığın yüzde olarak (%) ne kadarının partikül tarafından gölgelendiği veya ışığın belli bir mesafede ne kadarının absorbe edildiğini belirten absorpsiyon katsayısı (k) ile tanımlanır. Absorpsiyon katsayısının birimi ise ışın belli mesafede yutulmasına bağlı olduğu için ($1/m$)' dir.

Emisyonlar ve etkileri

Dizel motorlarda emisyonlar; karterde, yakıt sisteminde ve egsozda ortaya çıkar. Karterde; segmanlardan kaçan sis, duman ve yağ buharının atılmasıyla, yakıt sisteminde; yakıt deposunda buharlaşan hidrokarbonların atmosfere atılması ve en önemlisi egsozda; yanma ürünlerinin ve yanmamış hidrokarbonların dışarı atılması şeklinde gerçekleşir (Aydoğan, 2006).

Egzoz gazı emisyonu

Piston ve segmanlar, silindir cidarları ile piston arasında sızdırmazlık sağlayacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Pistonun segman bölgesini geçen gazlar, ya yanmamış hava-yakıt karışımı ve hidrokarbonlar ya da H_2O , CO_2 , CO gibi yanma ürünleridir (Aydoğan, 2006).

Karbondioksit (CO_2): Renksiz ve yanmayan bir gaz olan CO_2 , karbon içerikli yakıtların tam olarak yanmasıyla ortaya çıkar. Mevsim değişiklikleri ve sera etkisi tartışmaları sebebiyle CO_2 emisyonu konusu kamuoyu bilincine daha fazla yerleşmiştir (Aydoğan,2006).

Karbonmonoksit (CO): Genel olarak karbon içerikli yakıtların tam olarak yanmamasıyla oluşur. Renksiz, kokusuz, patlayıcı ve kırmızı kan hücrelerinin (alyuvarların) oksijen aktarımını bloke ettiğinden, yüksek oranda zehirleyici bir gazdır. Soluduğumuz havadaki düşük oranlı konsantrasyonu bile öldürücüdür. Açık havada, normal konsantrasyonda kısa sürede okside olarak CO₂'e dönüşür (Aydoğan,2006).

Kükürtdioksit (SO₂): Renksiz, keskin kokulu ve yanmayan bir gazdır. SO₂ nefes yollarındaki hastalıkları körükler ama atık gazlarda çok düşük miktarlarda bulunur (Aydoğan 2006).

Hidrokarbonlar (HC): Düzensiz bir yanma sonucunda atık gazlarda ortaya çıkan yanmamış yakıt bileşenleridir. Hidrokarbonlar çeşitli şekillerde ortaya çıkarlar. (Örneğin; C₆H₆, C₈H₁₈ vs) ve organizmayı değişik şekillerde etkilerler. Bazıları sinir sistemini etkilerken bazıları kanserojen etkiye sahiptir (Aydoğan2006).

Azotoksitler (NO_x): O₂ ve N₂ bileşimleridir. Azotoksitler yüksek basınç ve sıcaklıkta, ayrıca yanma sırasında fazla oksijen gelmesi ile oluşur. Bazı NO_x'ler sağlığa zararlıdır. Yakıt tüketiminin düşürülmesine yönelik önlemler maalesef çoğu zaman atık gazdaki NO_x konsantrasyonunun artmasına sebep olmuştur. NO, NO₂, N₂O₂ vb bileşiklerin tümü NO_x olarak tanımlanmaktadır. NO_x'ler, kandaki hemoglobinin ile birleşmektedir. Ciğerdeki nemle birleşerek nitrik asit oluştururlar. Oluşan asit miktarının konsantrasyonunun azlığı nedeniyle etkisi de az olmaktadır. Ancak zamanla birikerek solunum yolu hastalıkları bulunan

kişiler için tehlike oluşturmaktadır. Motordaki yanma sırasında yüksek basınç, sıcaklık ve oksijen fazlalığı nedeniyle oluşan NO_x 'ler aerosol ve fotokimyasal duman oluşumu ile ozon tabakasının tahribine yol açmaktadırlar (Aydoğan,2006).

İs partikülleri : Oksijenin az olması durumunda tam yanma gerçekleşmez ve kurum partikülleri oluşur. Çoğunlukla dizel motorlar tarafından oluşturulurlar. İnsan organizmalarına olan etkileri halen araştırılmaktadır (Aydoğan, 2006).

3.1.8 Dizel ve Biyodizel yakıtın karşılaştırması

Tablo 3.7 Dizel Yakıtı ve Biyodizelin Yakıt Özellikleri

Yakıt Özellikleri	Birim	Biyodizel	Dizel
Kapalı formül		$\text{C}_{19}\text{H}_{35.2}\text{O}_2$	$\text{C}_{12.226}\text{H}_{23.29}\text{S}_{0.0575}$
Molekül Ağırlığı	g/mol	296	120-320
Altısıl değeri (Kütlesel)	Mj/kg	37.1	42.7
Altısıl değeri (Hacimsel)	Mj/L	32.6	35.5
Özgül Ağırlığı	kg/L	0.87-0.88	0.82-0.86
Kinematik Viskozite	mm^2/s	4.3	2.5-3.5
Tutuşma Noktası	$^{\circ}\text{C}$	>100	>55
Kükürt İçeriği	% Kütlesel	<0.01	<0.05
Tutuşma Katsayısı	Setan Sayısı	>55	49-55
Kül	% Kütlesel	<0.01	<0.01
Su Miktarı	mg/kg	<300	<200

Dizel yakıtı ve bazı bitkisel yağların temel bileşenleri

Bitkisel yağların Karbon ve Hidrojen değerleri dizel yakıtına yakın, Oksijen değeri ise daha yüksektir. Bitkisel yağların Isıl değerleri ise dizel yakıtının ısıl değerinden yaklaşık % 10-15 kadar daha azdır.

Bazı bitkisel yağların, Karbon, Hidrojen, Oksijen ve Isıl değerlerinin dizel yakıtı ile karşılaştırılması.

Tablo 3.8 Bazı Bitkisel Yağların, Karbon, Hidrojen, Oksijen ve Isıl Değerlerinin Dizel Yakıtı ile Karşılaştırılması

	Birim	Dizel Yakıtı	Kolza Yağı	Soya Yağı	Ayçiçek Yağı
Karbon (C)	%	86	77.7	77.8	77.6
Hidrojen (H)	%	13	12.0	11.8-10.7	11.7 11.1
Oksijen (O₂)	%	0.4	10.Eyl		
Kükürt (S)	%	0.3			
Isıl Değeri	MJ/kg	41.6-45.2	35.8-32.9	36.1-33.2	36.2-33.3

3.1.9 Biyodizelin dizel yakıtına göre avantajları

Biyodizel, dizel yakıtına göre emisyonlar, setan sayısı, parlama noktası ve yağlayıcı özelliği bakımından daha üstün olup aromatik içermeyen ve yapısında % 10-12 oksijen içeren alternatif bir dizel yakıtıdır. Biyodizel, petrol dizeline göre yaklaşık % 80 daha az karbondioksit emisyonu vererek yanar. Ayrıca hammaddesi çoğunlukla bitkisel kaynaklı olduğundan fotosentez nedeniyle karbondioksit için doğal bir yakıttır. Yanmamış hidrokarbon oranı petrol dizeline göre %

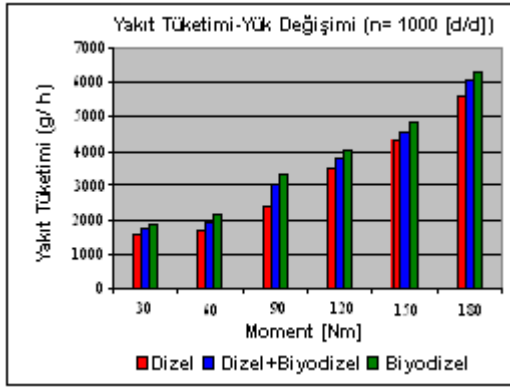
90, kanserojen etkisi olan aromatik hidrokarbonlara göre ise % 75-90 oranında daha azdır. Biyodizel partikül madde ve CO emisyonlarında da önemli derecede azalma sağlar. Ancak, NO_x emisyonları petrol dizeline göre yüksektir,

Biyodizelin setan sayısı petrol kökenli dizel yakıtına göre daha fazladır. Setan sayısı, dizel yakıtının enjektörden püskürtülmesi ile birlikte kendiliğinden tutuşabilirliğinin bir göstergesidir. Bu özellikleri ile birlikte biyodizel, dizel yakıtına belirli oranda eklenerek kullanıldığında, egzoz emisyonlarından CO, HC ve partikül miktarında azalma tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra, NO_x emisyonlarında ve özgül yakıt sarfiyatında artış gözlemlenmektedir. Biyodizelin avantajlarından biri de yağlayıcı özelliğidir. Özellikle düşük sülfürlü dizel yakıtlarında azalan yağlayıcılığı biyodizel kullanarak arttırmak mümkündür. Biyodizelin yağlayıcılığını etkileyen ana bileşikler yağ asidi metil esterleri ve monogliseritlerdir. Biyodizelin yapısında sülfür bulunmaz. Yakıtların içinde bulunan sülfür yanma sonucu havadaki nem ile birleşerek asit yağmurlarına sebep olur. Biyodizelin içinde sülfür bulunmaması çevreci bir yakıt olduğunu göstermektedir. Biyodizel doğada %99,6 oranında biyolojik olarak parçalanabilir. Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri kolayca ve hızla parçalanarak bozunur. Biyodizel suya bırakıldığında 28 günde %95'i bozulurken, dizel yakıtının sadece %40'ı bozulabilmektedir.

Biyodizelin yakıt tüketimine etkisi

Dizel yakıtı, karışım yakıtı ve kanola yağı metil esterinin sabit bir motor devir sayısında saatlik yakıt tüketimi–yük değişimleri Sekil 3.8'de

görülmektedir. Ölçüm yapılan bütün devir sayılarında biyodizelin ve karışımın saatlik yakıt sarfiyatının dizel yakıtından yüksek olduğu tespit edilmistir. Biyodizelin saatlik yakıt tüketim değerlerinin, dizel yakıtına göre ortalama % 12; karışım yakıtı saatlik yakıt tüketim değerlerinin ise, dizel yakıtına göre ortalama % 8 oranında yüksek olduğu tespit edilmistir (Öztürk et. al, 2009).



Şekil 3.8 1000 d/d Sabit Devir Sayısında Farklı Yüklerde Yakıt Tüketim Değerleri

3.1.10 Avrupa Birliğinin yenilenebilir enerji kaynakları direktifleri

Ulaştırma sektöründe, biyoyakıtların ve diğer yenilenebilir yakıtların kullanılmasının teşvik edilmesi amacıyla 8 Mayıs 2003'te Avrupa Birliğinin "Ulaştırma Sektöründe Biyoyakıtlar ve Diğer Yenilenebilir Yakıtların Kullanımının Teşviği" direktifi yürürlüğe girmiştir. (2003/30/EC). Söz konusu direktifin öngördüğü Biyoyakıt kullanım hedefi: 2005 yılında %2, 2010 yılında %5.75 (artan oranlarla) biyoyakıt

(biyodizel, biyoetanol, biyometanol, biyogaz) kullanımı olarak verilmiştir.

Biyoyakıtların teşviki konusunda üye ülkeler, vergi indirimi, biyoyakıt yönetmelikleri vb aktivitelerle yasal çerçevelerini oluşturmaktadırlar. Avrupa Birliği direktifini uygulayan Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Fransa, Almanya, Macaristan, İrlanda, İtalya, Litvanya, Polonya, İspanya ve İsveç'te biyoyakıt üretiminde ve tüketiminde teşvikler uygulanmaktadır. Avusturya, Belçika, Estonya, Almanya, Macaristan (Etil Tersiyer Bütil Eter ve biyodizel), İspanya ve İsveç'te biyoyakıtlar % 100 petrol vergisinden muaftır.

Yunanistan, Hollanda, Portekiz, Slovakya ve İngiltere'de yenilenebilir yakıtların kullanımını teşvik konusunda planlamalar yapılmaktadır. İngiltere, Danimarka ve Finlandiya'da biyoyakıtlar konusunda halihazırda kritik görüşler mevcuttur.

16 Şubat 2005 tarihli Kyoto Protokolünde, Sera gazı emisyonlarını 2008-2012 döneminde 1990 yılı seviyesine göre ortalama % 8 oranında azaltmak hedeflenmiştir

8 Şubat 2006 tarihinde biyoyakıt stratejisinde AB Komisyonu 'COM (2006) 34, 3 temel amaç belirlemiştir. Birincisi, AB'de ve gelişmekte olan ülkelerde biyoyakıtların daha fazla teşvik edilmesi, pozitif çevresel etkinin temin edilmesidir. İkinci amaç, Hammadde maliyetinin rekabet edilebilir bir seviyeye getirilmesi ve 2. kuşak biyoyakıtların AR-GE çalışmaları ve pazara girmelerinin desteklenmesidir. Üçüncü amaç , Biyoyakıt hammaddesi ve biyoyakıtlarla ilgili gelişmekte olan ülkelerdeki fırsatların araştırılmasıdır.

8 Şubat 2006 AB Biyoyakıt Stratejisine göre Biyoyakıtlara daha fazla teşvik ve daha fazla ticaret imkanı sağlanması öngörülmüştür.

AB Devlet ve Hükümet Başkanları 24 Mart 2006 Toplantısında; AB konseyi, 2015 yılında %8 biyoyakıt kullanımının analiz edilmesini istemiştir.

14 Nisan 2003'te Türkiye için Katılım Ortaklığı Belgesiyle Türk ekonomisinin enerji bağımlılığını azaltacak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artıracak bir programın oluşturulması ve uygulamalara geçilmesi belirtilmiştir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu'nun, 08 Eylül 2005 tarihinde yapılan 12.Toplantısında enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, fosil kaynakların kullanımından doğan emisyon miktarını düşürmek için alternatif enerji kaynaklarının devreye sokulması zorunluluğu ortaya çıkarılmıştır.

4. MATERYAL VE METOD

Devlet Hava Meydanları İşletmesine bağlı olan tüm Hava Limanlar ve Hava Meydanlarında kullanılan genel ve özel amaçlı dizel araçlar materyal olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada özellikle maksimum emisyon değeri ve yakıt tüketimine sahip olan Adnan Menderes Havalimanında kullanılan Schörling marka çift motorlu pist süpürge aracı, referans araç olarak belirlenmiştir. Pist Süpürge aracının dizel ve biyodizel kullanımındaki aylık ve yıllık yakıt tüketimi ve emisyon değerleri hesaplanmış olup karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur. Ayrıca tüketime bağlı yakıt maliyeti incelenmiştir.

Bu referansa dayalı olarak Adnan Menderes Havalimanında kullanılan tüm araçların yıllık yakıt tüketimi ve emisyon değerleri dizel ve biyodizel kullanımına bağlı olarak hesaplanmıştır.

Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Hava Limanlarında ve Hava Meydanlarındaki tüm dizel araçlarında dizel ve biyodizel kullanılması durumunda yakıt tüketimi, yakıt maliyetleri ve emisyon değerlerine ait karşılaştırma tabloları grafiklerle desteklenerek verilmiştir.

4.1 Türkiye’de bulunan Havalimanları ve Araç sayıları

İstanbul Atatürk Hava Limanı - 91

Ankara Esenboğa Hava Limanı - 78

İzmir Adnan Menderes Hava Limanı - 62

Muğla Milas-Bodrum Hava Limanı - 54

Muğla Dalaman Hava Limanı - 53

Antalya Hava Limanı - 51

Adana Hava Limanı - 45

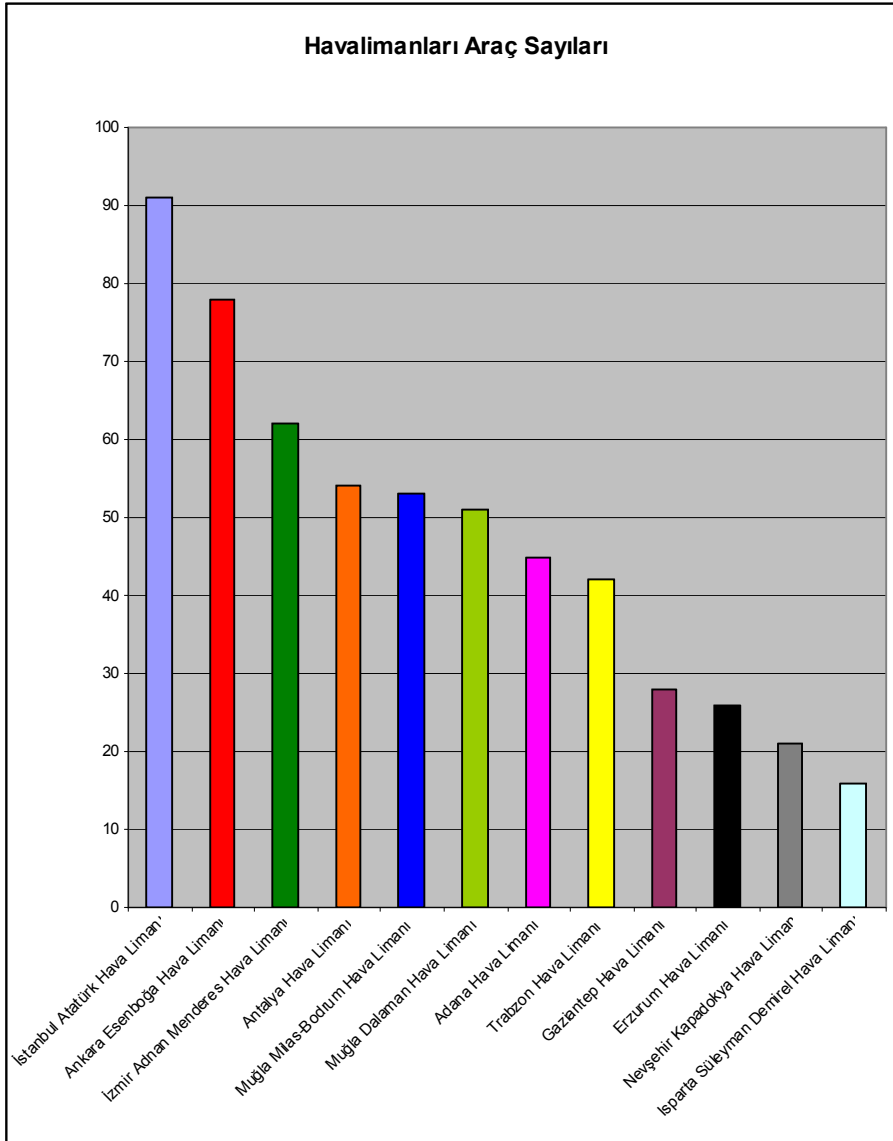
Gaziantep Hava Limanı - 42

Erzurum Hava Limanı - 28

Trabzon Hava Limanı - 26

Isparta Süleyman Demirel Hava Limanı - 21

Nevşehir Kapadokya Hava Limanı – 16



Şekil 4.1 Havalimanlarına ait Dizel Araç Sayısı

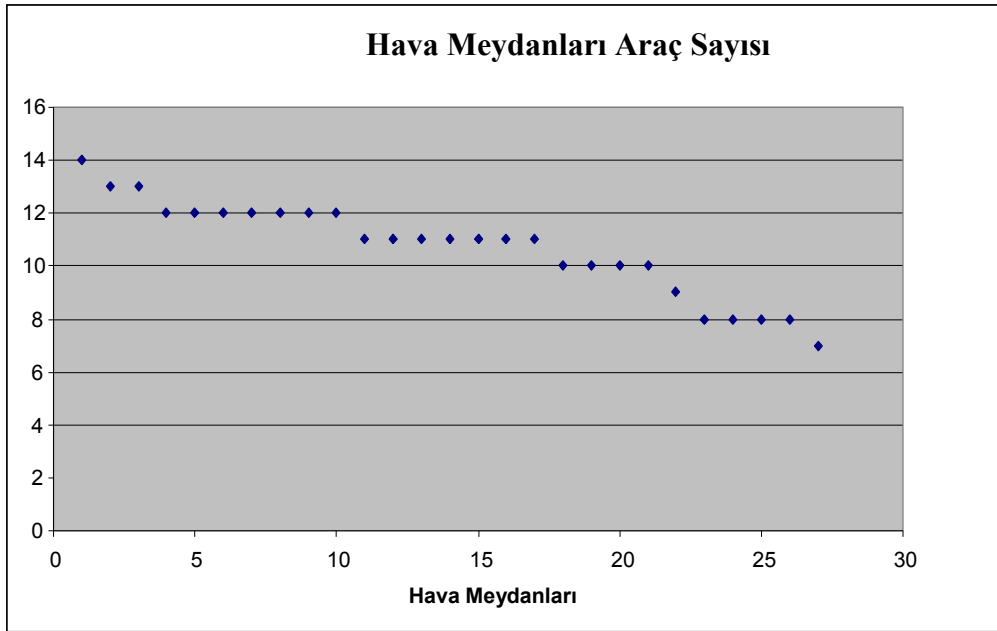
Türkiye’de Bulunan Hava Meydanları;

- 1-Tekirdağ Çorlu Hava Meydanı
- 2-Çanakkale Hava Meydanı
- 3-Balıkesir Hava Meydanı
- 4-Balıkesir Körfez Hava Meydanı
- 5-Uşak Hava Meydanı
- 6-Denizli Çardak Hava Meydanı
- 7-Bursa Yenişehir Hava Meydanı
- 8-Konya Hava Meydanı
- 9-Sinop Hava Meydanı
- 10-Samsun Çarşamba Hava Meydanı
- 11-Amasya Merzifon Hava Meydanı
- 12-Tokat Hava Meydanı
- 13-Sivas Hava Meydanı
- 14-Kayseri Hava Meydanı
- 15-Kahramanmaraş Hava Meydanı
- 16-Şanlıurfa Gap Hava Meydanı
- 17-Adıyaman Hava Meydanı
- 18-Malatya Hava Meydanı
- 19-Elazığ Hava Meydanı
- 20-Diyarbakır Hava Meydanı
- 21-Mardin Hava Meydanı
- 22-Siirt Hava Meydanı
- 23-Muş Hava Meydanı
- 24-Erzincan Hava Meydanı

25-Kars Hava Meydanı

26-Ağrı Hava Meydanı

27-Van Ferit-Melen Hava Meydanı



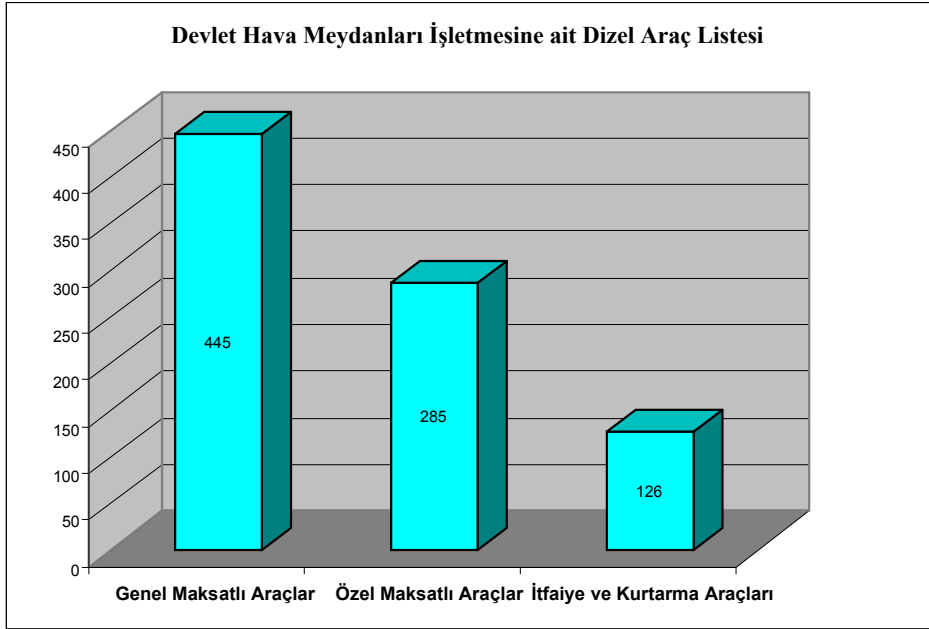
Şekil 4.2 Hava Meydanlarına ait Dizel Araç Sayısı

4.2 Devlet Hava Meydanları İşletmesi'ne ait araç çeşitleri

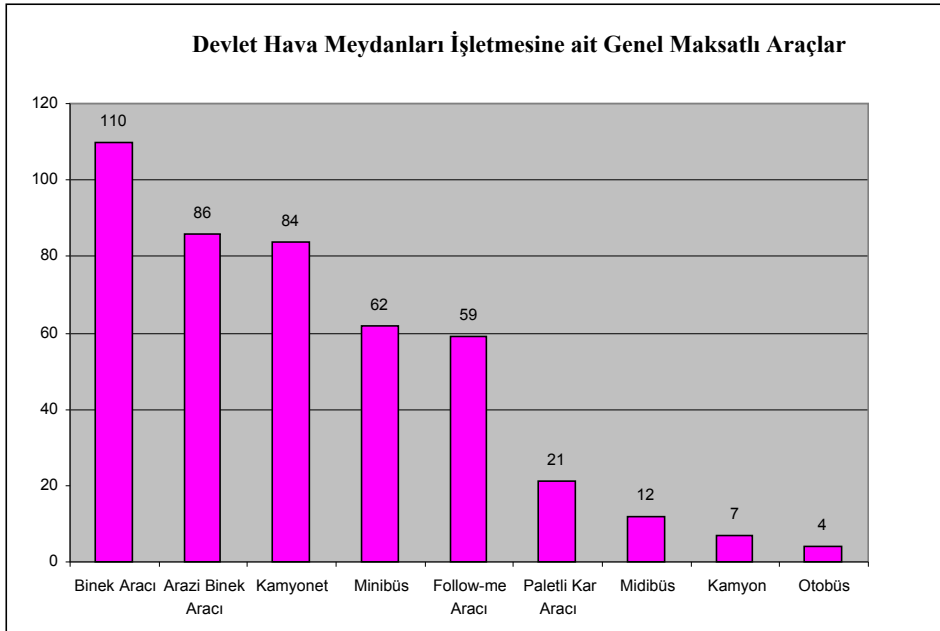
Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Hava Limanı ve Hava Meydanlarında kullanılan motorlu araç çeşitleri tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Araç Çeşitleri

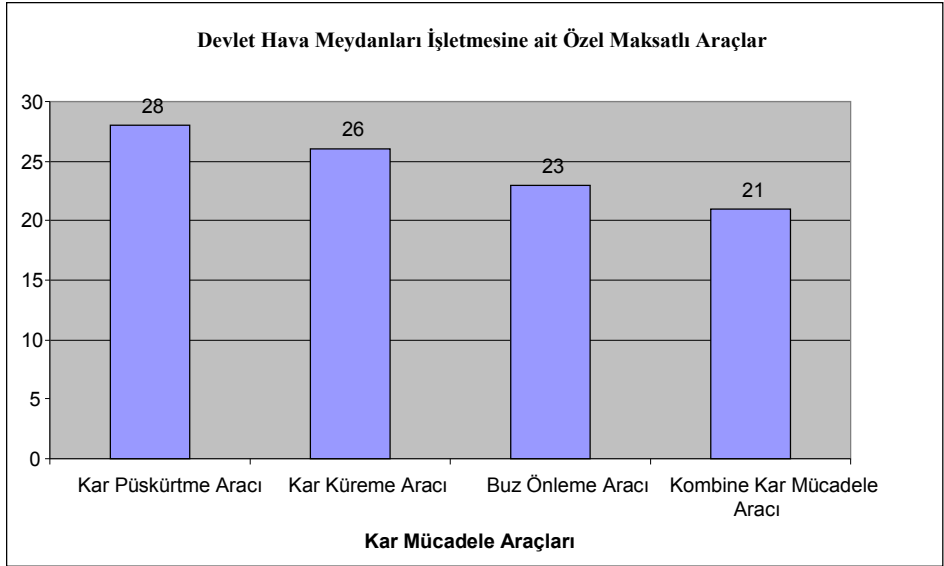
Genel Maksatlı Araçlar	Özel Maksatlı Araçlar			İtfaiye ve Kurtarma Araçları
	Kar Mücadele Araçları	Temizlik Araçları	Tanzim Araçları	
Binek Aracı				Su - Köpük Sistemli itfaiye Aracı
Arazi Binek Aracı	Kar Küreme Aracı	Yol Süpürge Aracı	Pist Çizgi Mak. Aracı	Kuru Kimyevi Toz (KKT) İtfaiye Aracı
Minibüs	Kar Püskürtme Aracı	Pist Süpürme Aracı	Yükselebilir Platform Aracı	Su -Köpük- KKT Sistemli itfaiye Aracı
Midibüs	Kombine Kar Mücadele Aracı	Lastik İzi Silme Aracı	Yol Silindiri	Arasöz
Kamyonet	Buz Önleme Aracı	Vidanjör	Traktör	Ambulans
Paletli Kar Aracı				
Kamyon				
Follow-me Aracı				
Otobüs				



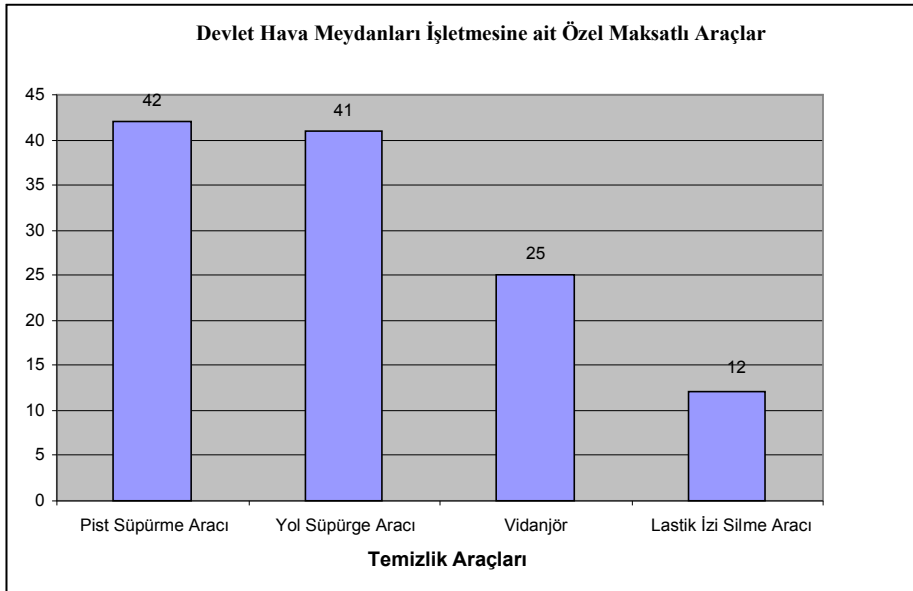
Şekil 4.3 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Dizel Araç Sayısı



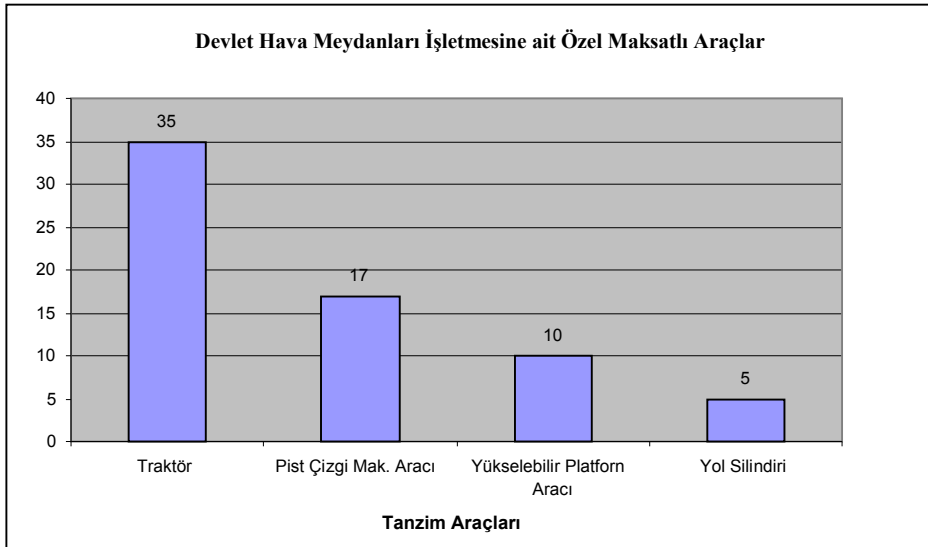
Şekil 4.4 Devlet Hava Meydanlarına ait Genel Maksatlı Araçlar



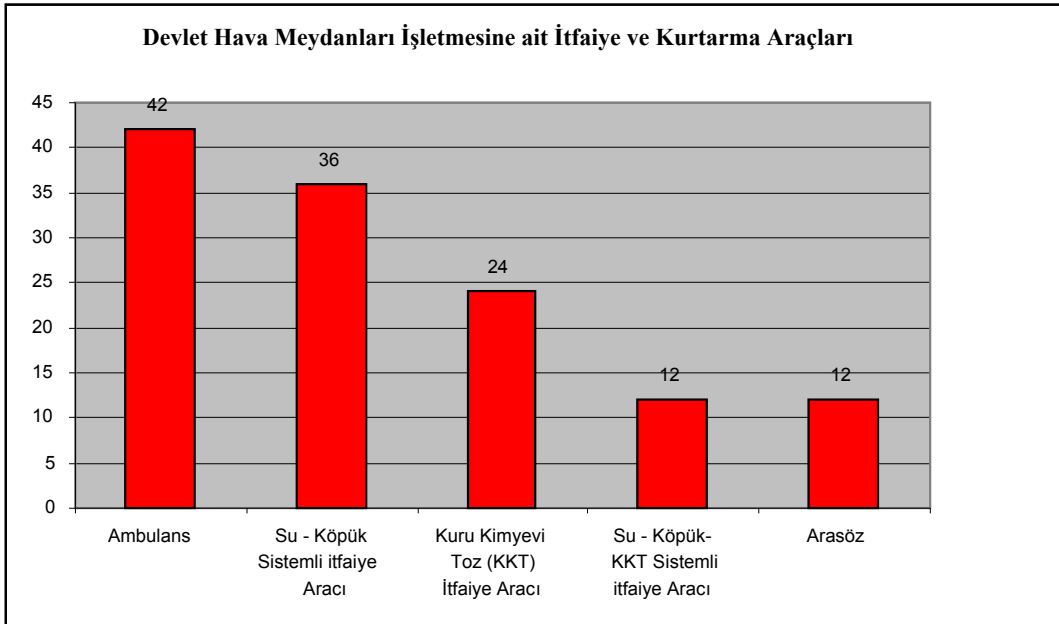
Şekil 4.5 Devlet Hava Meydanlarına ait Özel Maksatlı Araçlar (Kar Mücadele Araçları)



Şekil 4.6 Devlet Hava Meydanlarına ait Özel Maksatlı Araçlar (Temizlik Araçları)



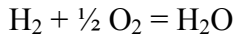
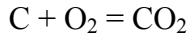
Şekil 4.7 Devlet Hava Meydanlarına ait Özel Maksatlı Araçlar (Tanzim Araçları)



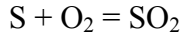
Şekil 4.8 Devlet Hava Meydanlarına ait İtfaiye ve Kurtarma Araçları

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Motorlarda kullanılan yakıtlar C_mH_n kapalı formülü ile verilen bir molekül yapısına sahiptir. Tam yanma halinde yakıtın bileşiğinde bulunan karbon ve hidrojenin tamamı yanmanın son kademesine kadar gider ve bunların yanması neticesinde;



Oluşur. Bazı hallerde yakıtın bileşiğinde kükürt ve oksijen bulunur. Bu hallerde kükürdün yanması içinde oksijene ihtiyaç vardır. Yakıtın bileşiğinde bulunan oksijen, yanmaya iştirak ve oksijen ihtiyacını azaltıcı yönde tesir eder. Kükürdün yanması



denklemine göre olur. Bir kg yakıt içerisinde bulunan ve değeri kg cinsinden verilmiş bulunan bileşenlere yakıtın ağırlık bileşenleri adı verilir. Bir kg yakıtın tam yanması için gerekli minimum oksijen miktarını bulmak için

12 kg karbon + 32 kg oksijen = 44 kg karbon dioksit

2 kg hidrojen + 16 kg oksijen = 18 kg su

32 kg kükürt + 32 kg oksijen = 64 kg kükürt dioksit

bağlantıları bulunur. 1 kg karbon, 1 kg hidrojen, 1 kg kükürt için gerekli oksijen miktarları hesaplanır.

1 kg karbonun tam yanması için $\frac{8}{3}$ kg oksijen

1 kg hidrojenin tam yanması için 8 kg oksijen

1 kg kükürdün tam yanması için 1 kg oksijen

gerekmektedir. Buradan 1 kg yakıtı tam yakmak için gereken oksijenin minimum miktarı

$$O_{\min} = 8/3 \cdot c \cdot \sigma \text{ (kg/kg)}$$

$$\sigma = 1 + 3/c[h - (o - s)/8]$$

Motorlarda yakıtın yakılması için oksijen değil hava kullanılır. 1 kg yakıtın tam yanması için gerekli bulunan minimum havanın bulunması için;

Kuru havanın ağırlık bileşenleri % 23 oksijen % 77 Azot , hacim bileşenleri % 21 Oksijen % 79 Azot dur. Buradan 1 kg yakıtın tam olarak yanması için gereken minimum hava ağırlığı

$$L_{\min} = O_{\min}/0,23 \text{ (kg/kg) olarak bulunur.}$$

Devlet Hava Meydanlarına ait Motorlu taşıtlarda dizel yakıtı yerine biyodizel yakıtının kullanılması durumunda çevresel ve ekonomik etkilerin karşılaştırma tabloları ve ilgili şekiller, referans olarak alınan pist süpürge aracının 2008 yılı boyunca aylara göre dizel yakıt tüketim verilerine göre oluşturulmuştur.

Hesaplamalarda biyodizelin dizele göre aşağıdaki emisyon değerleri kullanılmıştır. Dizele göre biyodizel kullanımındaki ,

- Karbondioksit (CO₂) emisyonu % 80 daha azdır.
- Kükürtdioksit (SO_x) emisyonu % 100 daha azdır.
- Hidrokarbon (HC) emisyonu % 36,73 daha azdır.
- Karbonmonoksit (CO) emisyonu % 46.73 daha azdır.

- Partikül madde (PM) % 68 daha azdır.
- Azotoksit (NO_x) emisyonu aracın yaşına ve motorun devir sayısına bağlı olarak % 10-18 artar.
- Toksik değer gösteren PAH % 80, nPAH ise % 90 daha azdır.

Yakıt maliyeti hesaplamasında 2009 yılı Nisan ayı değerlerine göre dizel yakıtın maliyeti 2.32TL, biyodizel yakıtın maliyeti 2.00TL olarak alınmıştır. Hesaplamalar da %100 (B100) kullanılmıştır.

5.1 Devlet Hava Meydanlarına ait motorlu taşıtlarda biyodizel kullanılmasının ekonomik etkisi

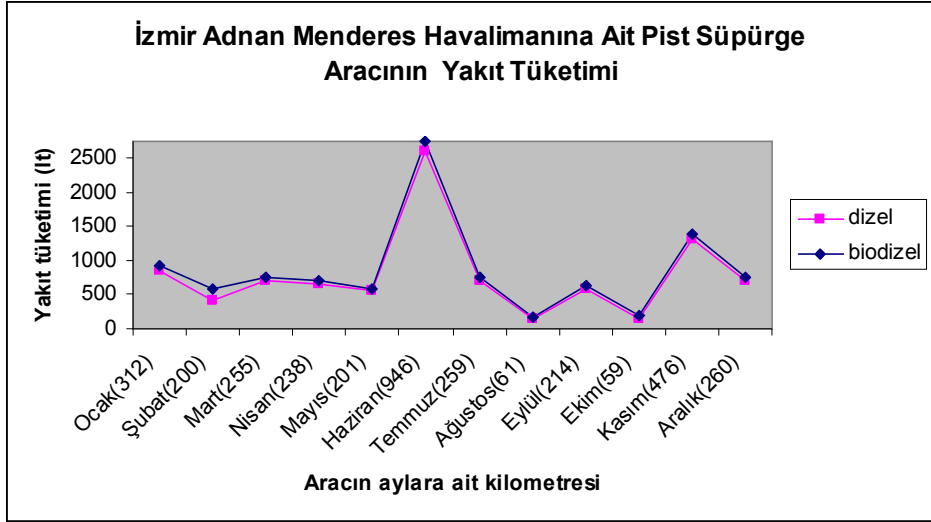
Kendi öz kaynaklarımızdan elde ettiğimiz petrol dizeli ülkemiz ihtiyacının yok denebilecek kadar küçük bir kısmını karşılamaktadır ve petrol ürünleri üzerindeki verginin yüksek olması sebebiyle üretim maliyetleri her geçen gün artmaktadır. Biyodizel de üretimin tamamen yerli olması sebebiyle ithalat bağımlılığı ortadan kalkacaktır. Biyodizel'in maliyeti mazota oranla yüksektir. Ancak çevresel ve tarımsal avantajları nedeniyle tüm dünyada vergilerden muaf ve teşvik edilen bir ürün konumundadır. Ayrıca tüm katma değer ülkede kalacak ve istihdam, gelir ve tüketim faktörlerindeki çarpan etkisi her katmanda kendini gösterecektir.

İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge aracı 260 km de 713 lt dizel yakıt harcamıştır. Yani yaklaşık olarak 1 km yol için 2.74 lt. dizel harcamaktadır. Adnan Menderes Havalimanındaki Pist

süpürge aracının yıllık dizel tüketimi aylara göre Tablo5.7’de hesaplanmış olup, eğer dizel yakıt yerine biodizel kullanılsaydı yakıt tüketimi 1 km yol için ortalama 2,92 lt harcanmış olacaktı. Fakat Biyodizelin maliyeti dizel yakıtı göre daha ekonomik olduğundan yapılan çalışmalarda dizel yakıt yerine biyodizel kullanılması daha ekonomik olacaktır.

Tablo 5.1 İzmir Adnan Menderes Havalimanına Ait Pist Süpürge Aracının Yakıt Tüketimi.

Pist Süpürge Aracı Aylara Göre Km	Yakıt Tüketimi (Lt)	
	Dizel	Biyodizel
Ocak(312)	845	915
Şubat(200)	405	586
Mart(255)	700	750
Nisan(238)	648	709
Mayıs(201)	548	582
Haziran(946)	2596	2750
Temmuz(259)	702	757
Ağustos(61)	158	180
Eylül(214)	575	629
Ekim(59)	157	185
Kasım(476)	1304	1385
Aralık(260)	713	755

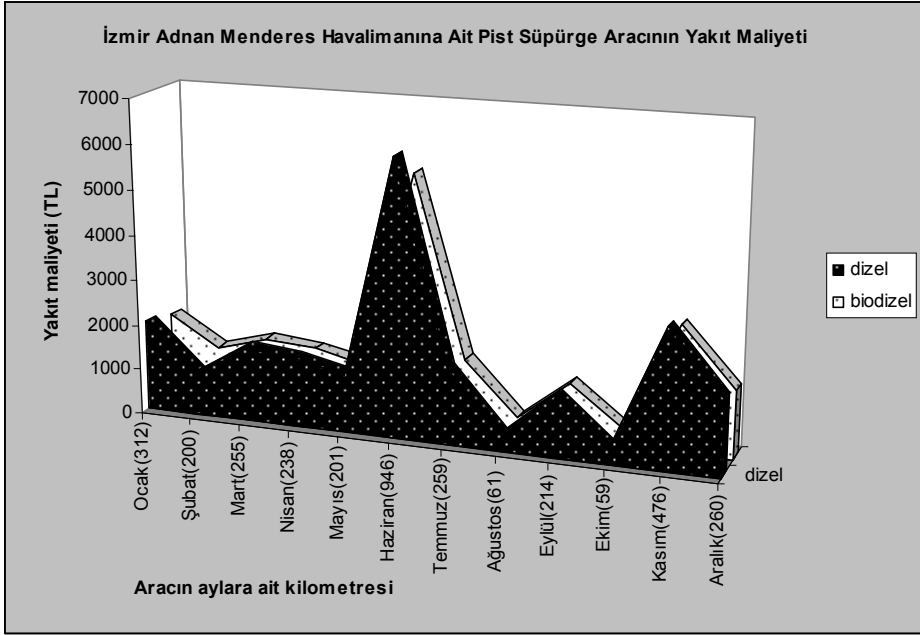


Şekil 5.1 İzmir Adnan Menderes Havalimanına Ait Pist Süpürge Aracının Yakıt Tüketimi.

Tablo 5.2 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylık Yakıt Maliyeti.

Pist Süpürge Aracı Aylara Göre Km	Yakıt Maliyeti(TL)	
	Dizel	Biyodizel
Ocak(312)	1985,7	1830
Şubat(200)	951	1172
Mart(255)	1645	1500
Nisan(238)	1522	1400
Mayıs(201)	1287	1164
Haziran(946)	6100	5500
Temmuz(259)	1649,7	1514
Ağustos(61)	371,3	360
Eylül(214)	1351	1258
Ekim(59)	369	370
Kasım(476)	3064	2770
Aralık(260)	1675,5	1510

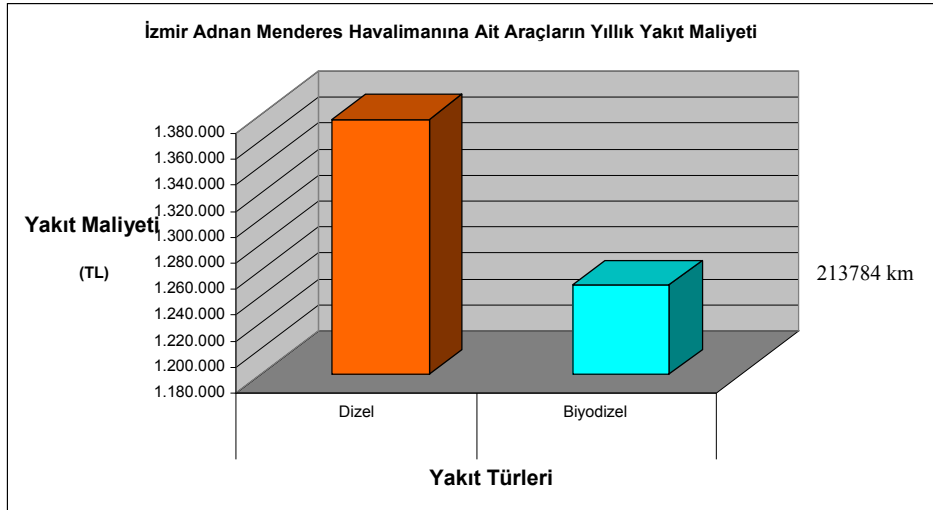
2009 Nisan ayı verilerine göre Dizel yakıtın Litre fiyatı 2.35 TL, Biyodizelin Litre fiyatı 2.00 TL dir Buradan yapılan hesaplamalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.2 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Yakıt Maliyeti.

Tablo 5.3 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Yıllık Yakıt Maliyeti.

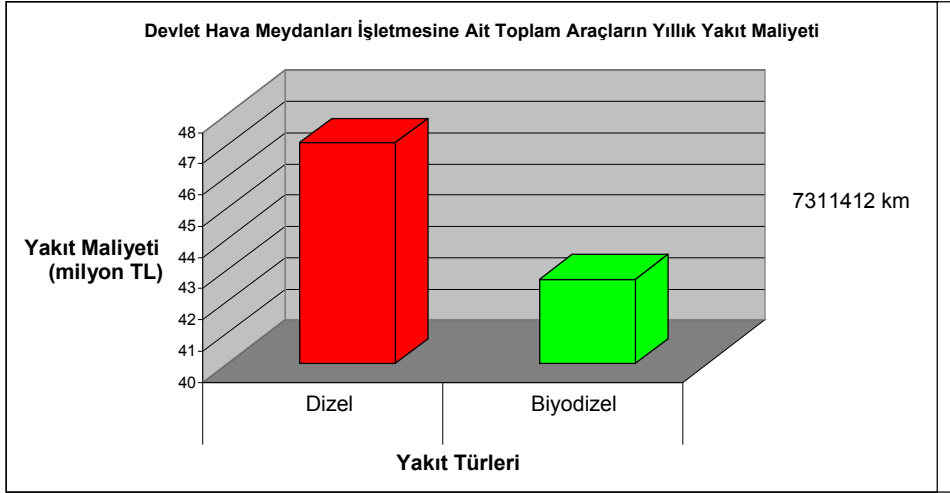
İzmir Adnan Menderes Havalimanına Ait Dizel Araçların Yıllık Toplam KM	Yakıt Maliyeti (TL)	
	Dizel	Biyodizel
213784 Km	1.376.555	1.248.498



Şekil 5.3 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Araçların Yıllık Yakıt Tüketimi.

Tablo 5.4 Devlet Hava Meydanlarına ait Dizel Araçların Yıllık Yakıt Maliyeti.

DHMI'ye Ait Dizel Araçların Yıllık Toplam KM	Yakıt Maliyeti(milyonTL)	
	Dizel	Biyodizel
7311412 km	47,078	42,698

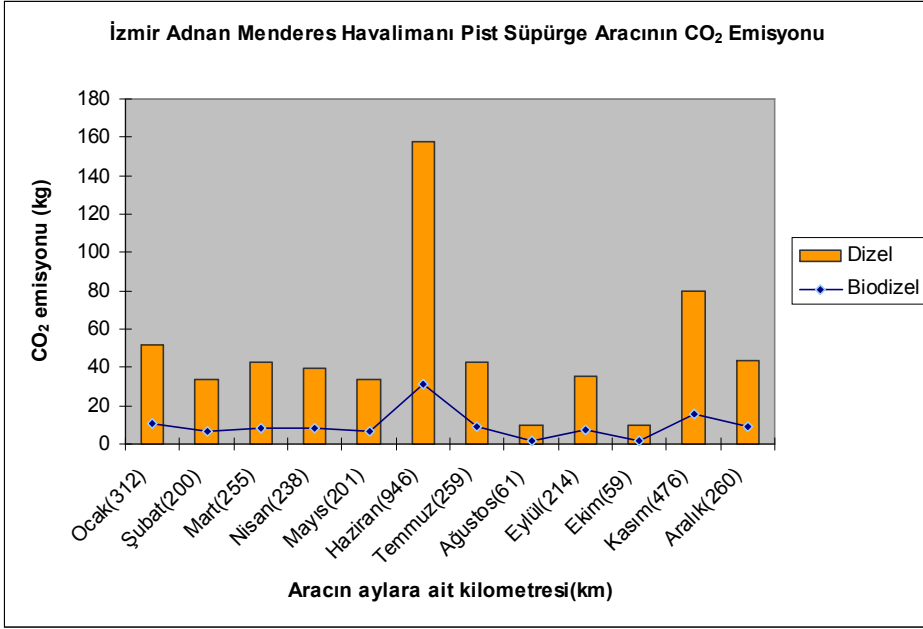


Şekil 5.4 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Araçların Yıllık Yakıt Maliyeti.

5.2 Devlet Hava Meydanlarına ait motorlu taşıtlarda biyodizel kullanılmasının çevresel etkisi

Tablo 5.5 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait CO₂ Emisyon Değerleri

Pist Süpürge Aracı Aylara Göre Km	CO ₂ Emisyonu(kg)	
	Dizel	Biodizel
Ocak(312)	52,104	10,421
Şubat(200)	33,4	6,68
Mart(255)	42,585	8,517
Nisan(238)	39,746	7,95
Mayıs(201)	33,567	6,714
Haziran(946)	157,982	31,597
Temmuz(259)	42,904	8,651
Ağustos(61)	10,187	2,038
Eylül(214)	35,738	7,148
Ekim(59)	9,853	1,971
Kasım(476)	79,492	15,899
Aralık(260)	43,42	8,684



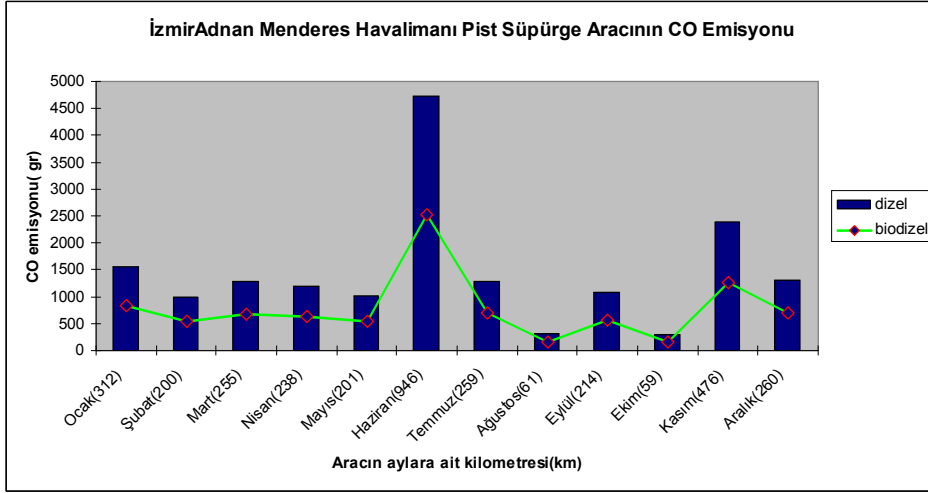
Şekil 5.5 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının CO₂ Emisyonu.

Pist süpürge aracı dizel yakıt ile bir km' de 167 gr CO₂ emisyon değerine sahiptir. Pist süpürge aracının 2008 yılı içerisinde 3481 km yapmış olduğundan yaklaşık 581387 gr (581,4 kg) CO₂ doğaya bırakılmıştır. Dizel yakıt yerine çevre dostu olan biyodizel kullanılmış olsaydı 116325 gr (116,4 kg) CO₂ doğaya bırakılacaktı.

Tablo 5.6 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait CO Emisyon Değerleri

Pist Süpürge Aracı Aylara Göre Km	CO Emisyonu(gr)	
	Dizel	Biodizel
Ocak(312)	1560	831
Şubat(200)	1000	532,7
Mart(255)	1275	679,2
Nisan(238)	1190	633,9
Mayıs(201)	1005	535,3
Haziran(946)	4730	2519,9
Temmuz(259)	1295	689,8
Ağustos(61)	305	162,5
Eylül(214)	1070	569,9
Ekim(59)	295	157,1
Kasım(476)	2380	1267,8
Aralık(260)	1300	692,5

Pist süpürge aracı dizel yakıt ile bir yılda toplam 3281 km yapmış ve yaklaşık 17,5 kg doğaya CO atığı bırakılmıştır. Biyodizel kullanımında bu atık miktarı 9,27 kg'a düşecektir. Aşağıdaki Şekil5.2' de aylara göre dizel ve biyodizel kullanımındaki CO emisyonu verilmiştir.

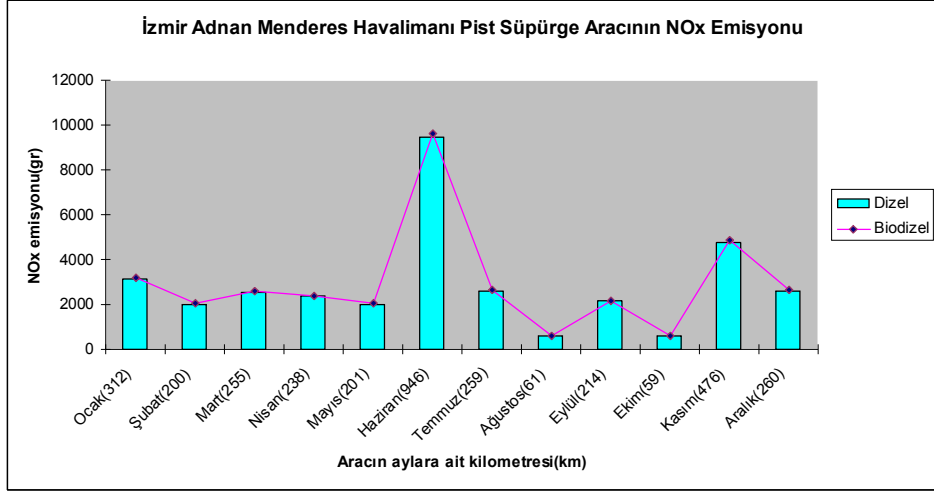


Şekil 5.6 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının CO Emisyonu.

Tablo 5.7 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait NO_x Emisyon Değerleri

Pist Süpürge Aracı Aylara Göre Km	NO _x Emisyonu(gr)	
	Dizel	Biodizel
Ocak(312)	3120	3173
Şubat(200)	2000	2034
Mart(255)	2550	2593,3
Nisan(238)	2380	2369,6
Mayıs(201)	2010	2044,1
Haziran(946)	9460	9620,8
Temmuz(259)	2590	2634
Ağustos(61)	610	620,3
Eylül(214)	2140	2176,3
Ekim(59)	590	600
Kasım(476)	4760	4841
Aralık(260)	2600	2644

Pist süpürge aracının dizel NO_x emisyonu yıllık toplam 34,8 kg ve Biyodizel NO_x emisyonu 35,4 kg dır. Şekil 5.3’de dizel ve biyodizel kullamındaki NO_x emisyon değerleri verilmiştir.

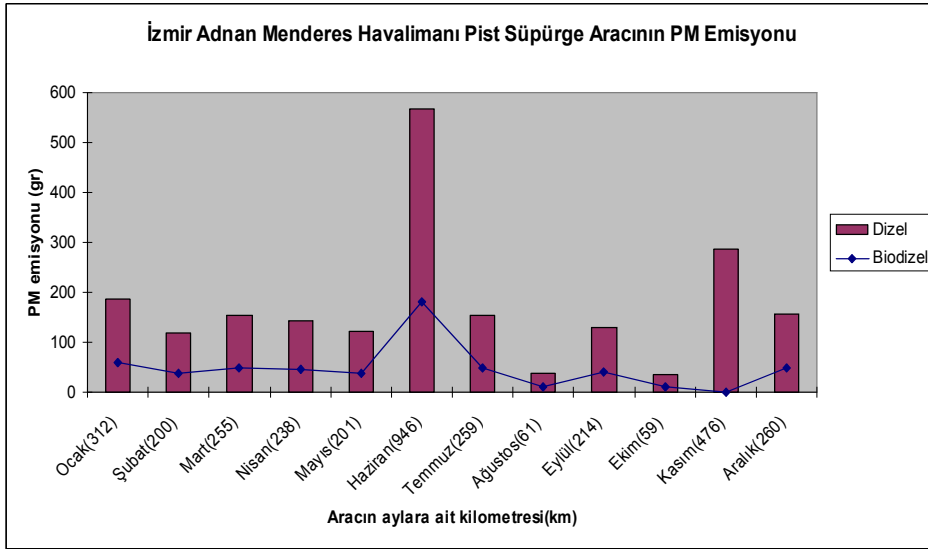


Şekil 5.7 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının NO_x Emisyonu.

Tablo 5.8 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Pist Süpürge Aracının Aylara ait PM Emisyon Değerleri

Pist Süpürge Aracı Aylara Göre Km	PM Emisyonu (gr)	
	Dizel	Biodizel
Ocak(312)	187,2	59,9
Şubat(200)	120	38,4
Mart(255)	153	48,9
Nisan(238)	142,8	45,7
Mayıs(201)	120,6	38,6
Haziran(946)	567,6	181,6
Temmuz(259)	155,4	49,7
Ağustos(61)	36,6	11,7
Eylül(214)	128,4	41
Ekim(59)	35,4	11,3
Kasım(476)	285,6	91,3
Aralık(260)	156	49,9

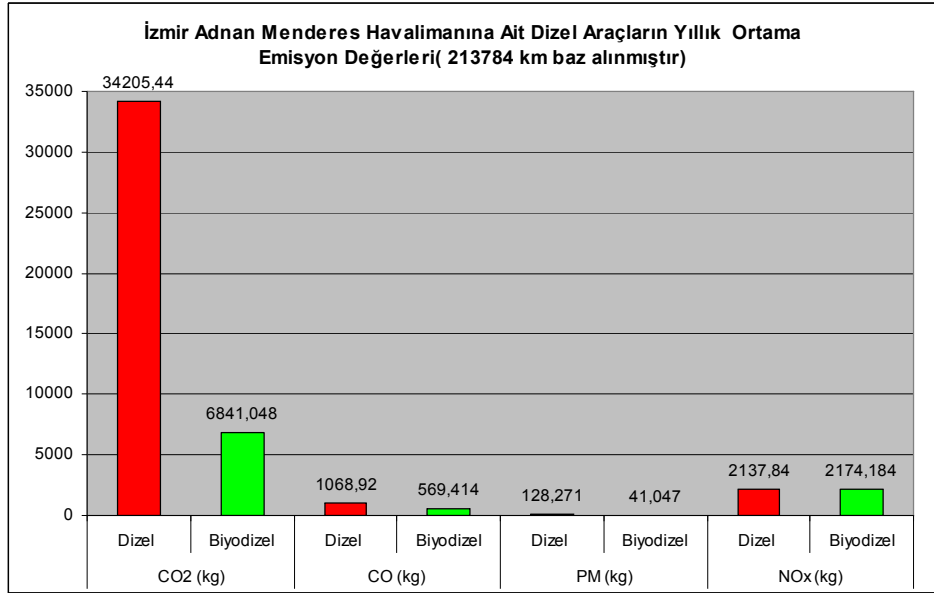
Pist süpürge aracının dizel kullanımındaki yıllık PM emisyonu 2,1 kg iken biyodizel kullanımındaki PM emisyonu 0,6 kg dır. Şekil 5.4’de pist süpürge aracının 2008 yılındaki aylara ait PM emisyonları dizel ve biyodizel kullanımına göre karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 5.8 İzmir Adnan Menderes Havalimanı Pist Süpürge Aracının PM Emisyonu.

Tablo 5.9 İzmir Adnan Menderes Havalimanındaki Araçlara ait Yıllık CO₂, CO, PM ve NO_x Emisyon Değerleri

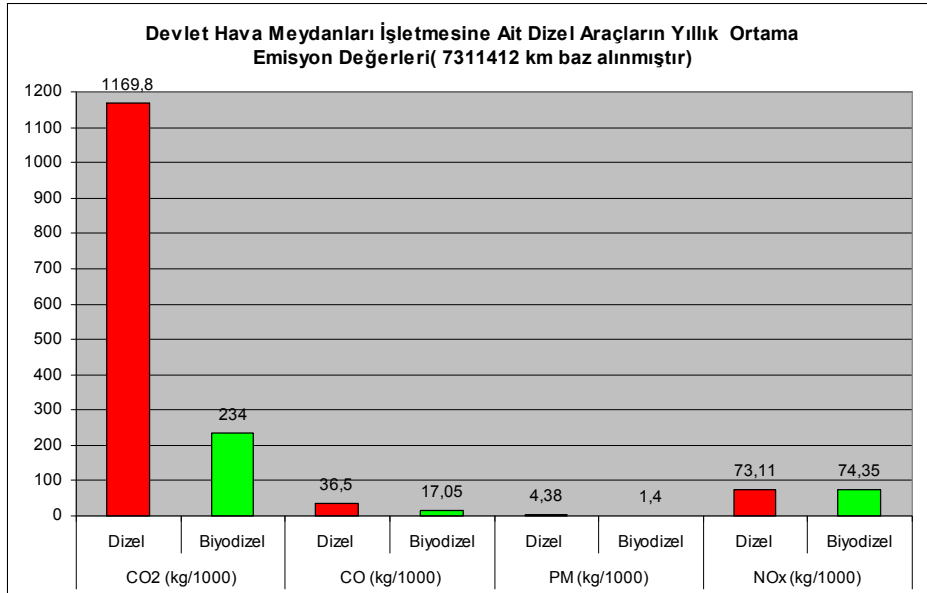
İzmir Adnan Menderes Havalimanına Ait Dizel Araçların Km	CO ₂ (kg)		CO (kg)		PM (kg)		NO _x (kg)	
	Dizel	Biyodizel	Dizel	Biyodizel	Dizel	Biyodizel	Dizel	Biyodizel
213784 km	34205,4	6841,05	1068,9	569,414	128,27	41,047	2137,8	2174,184



Şekil 5.9 İzmir Adnan Menderes Havalimanına ait Dizel Araçların Yıllık Ortalama Emisyon Değerleri.

Tablo 5.10 Devlet Hava Meydanları İşletmesine ait Araçların Yıllık CO₂, CO, PM ve NO_x Emisyon Değerleri

DHMİ'ye Ait Dizel Araçların Yıllık KM	CO ₂ (kg/1000)		CO (kg/1000)		PM (kg/1000)		NO _x (kg/1000)	
	Dizel	Biyodizel	Dizel	Biyodizel	Dizel	Biyodizel	Dizel	Biyodizel
7311412 km	1169,8	234	36,5	17,05	4,38	1,4	73,11	74,35



Şekil 5.10 Devlet Hava Meydanlarına ait Dizel Araçların Yıllık Ortalama Emisyon Değerleri.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyodizelin üretimi, maliyeti, çevresel etkileri incelendiğinde, bu enerji kaynağının ülkemizdeki kullanımının avantajlı olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki tarımsal alanların büyüklüğü, özellikle Kanola bitkisinin gen merkezinin Anadolu olması, ekonomik olarak diğer yakıtlara göre bağımlılığı ortadan kaldırmada ve bu yarışta yer almada önemli bir adımdır.

Bu çalışmada, Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nde kullanılan genel ve özel amaçlı araçlardaki biyodizel yakıtının kullanımı incelenmiş ve modelleme olarak Schörling marka çift motorlu pist süpürge aracı seçilmiştir. Pist süpürge aracının yakıt sarfıyatı, maliyeti, çevresel etkileri irdelenmiştir.

Pist süpürge aracının bir yıllık CO₂ emisyonuna bakıldığında dizel kullanımında yaklaşık 581 kg olan atık, biyodizel kullanımında 116 kg'a indirgenmektedir. CO atığına bakıldığında dizel kullanımında 17,5 kg, biyodizel kullanımında 9,3 kg'a düşecektir. Yine emisyon gazlarından Azotoksit (NO_x) emisyonu incelendiğinde pist süpürge aracının biyodizel kullanımındaki NO_x atığı, dizel kullanımına göre biraz daha fazladır. Dizel kullanımındaki yıllık PM emisyonu yaklaşık 2,1 kg , biyodizel kullanımında dörtte üç oranında azaltılmıştır. Devlet Hava Meydanları İşletmesi yapısındaki tüm araçların dizel yerine biyodizel kullanımı farzedildiğinde yıllık yakıt tüketimindeki atıklarda oldukça önemli miktarda azalmalar görülmektedir. Bu da yaşadığımız çevrenin daha temiz ve daha kaliteli olması demektir.

Pist süpürge aracının biyodizel kullanımındaki yakıt sarfiyatına bakıldığında biyodizelin daha fazla yakıt tüketmesi dezavantajdır. Pist süpürge aracının yıllık yakıt tüketimi dizel kullanımında 9351 litre, biyodizel kullanımında yaklaşık 10200 litredir. Fakat yakıtın litre fiyatının dizel yakıtına göre ucuz üretilmesi bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır. Pist süpürge aracının yıllık yakıt maliyeti 21,94 bin TL, biyodizel 20,3 bin TL'dir.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi İzmir Havalimanında kullanılan ve 2008 yılında toplam 213784 km yapan özel ve genel amaçlı araçlarda biyodizel kullanımını öngörürsek yakıt maliyeti yaklaşık 1,25 milyon TL'dir. Dizelde ise bu durum 1,37 milyon TL'dir. Devlet Hava Meydanları İşletmesinde kullanılan tüm araçların 2008 yılı yakıt maliyetine baktığımızda dizel kullanımındaki 47 milyon TL'lik maliyet, biyodizel kullanıldığında ise 42,7 milyon TL'ye düşecektir.

Ayrıca görülmektedir ki biyodizelin yaygınlaşmasıyla, kamu ve ticari araçlarda kullanılması şehir içinde ve şehir dışındaki hava kirliliğini önemli ölçüde azaltacaktır.

Sonuç olarak; gelecek yıllarda biyodizel üretiminde kullanılan teknikler ve biyoteknoloji alanında hızlı gelişmeler olacağı açıktır.

- Ülkemizde, biyodizel üretimi konusunda akıllı kararlar alıp sektörün gelişmesine katkıda bulunmak gerekmektedir.
- Üniversiteler ve Tarımsal araştırma merkezleri ve sektör firmalarının ar-ge leri çalışarak işbirliği içinde olmalı ve karşılıklı bilgi paylaşımında bulunulmalıdır.
- Tarımsal alanların çeşidi, hangi metodlarla üretim yapılacağı ,

tohumların kalitesi, ekim yapılan toprağın bakımının yapılması konusunda çalışmalar artırılmalıdır.

- Kaliteli biyodizel yakıtı için, verimlilik ön plana çıkartılıp uygun tesislerin oluşması ve bu yöndeki atılımlar önemli ve sevindiricidir.
- Türkiye biyodizel bitkileri ve Biyodizel üretimi konusunda hak ettiği yeri yeri almalı ve daha çok çalışmalıdır.

Biyodizelin üretimi, ekonomik ve çevresel etkileri gözönüne alındığında; yapılan ve yapılacak tüm çalışmalar , ülkemizin geleceğinin teminatı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agarwal A.K., 2007**, Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines, Progress in Energy and Combustion Science.
- Akdemir H., Gürel A., Kefi S., Akdeniz R.C., Boyar S., 2002**, Türkiye'de Biyodizel Potansiyeli Bakımından Yağ Bitkileri Üretimi İzmir.
- Alptekin E., Çanakçı M., 2008**, Farklı hammaddelerden üretilen metil ester ve gliserinin bazı özelliklerinin belirlenmesi. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Üniversitesi, 23, No 3, 549-556.
- Altun Ş., 2004**, Motorin ve Susam Yağı Karışımlarının Dizel Motorlarında Kullanılabilirliği, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Aydoğan H., 2006**, Dizel Motorlarında Çesitli Yakıt Enjeksiyon Sistemlerinin Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Bolat A., 2007**, Orta Segment Bir Tarım Traktöründe Biyodizelin Motor Performansı Üzerine Etkileri ve Biyodizelin Türkiye için Önemi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 56s., Tekirdağ.
- Çanakçı M., Gerpen J.V., 2000**, Biodiesel production via acid catalysis.

- Dizge N., Canlı O., Tanrıseven A., Keskinler B., 2005,** Mikro poroz polimerik enzim reaktörleri kullanılarak ayçiçeği yağından biyodizel üretimi, YEKSEM,2005, III. YEK sempozyumu ve sergisi, Mersin.
- Drado M.P., Cruz F., Palomar J.M., Lopez F.J., 2006,** An Approach to The Economics of Two Vegetable Oil-based Biofuels in Spain, Renewable Energy, 2005.06.010, Volume 31 Issue 8, July 2006, Pages 1231-1237.
- Eryaşar A., 2007,** Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz Sisteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi ve Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması, Ege Üniversitesi, Doktora Tezi, Tez Danışmanı Prof. Dr. Günnur KOÇAR.
- Fukuta S., Matsushashi H., Arata K., 2004,** Biodiesel Fuel Production By Transesterification of Oil –Review, Journal of Bioscience and Bioengineering Vol 92, no.5, 404-416, 2001
- Ghadge S.V., Raheman H., 2005,** Biodiesel production from mahua oil having high free fatty acids. Biomass and Bioenergy 28, 601-605.
- Gerpen J.V., 2005,** Biodiesel processing and Production, Fuel Processing Technology 86, 2005, 1097-1107.
- Haas M., Mcaloon A., Yee W., Foglia T., 2006,** A Process Model to Estimate Biodiesel Production Costs, Bioresource Technology 2006, 97, 671-678.

He Y., Bao T., 2003, Study on Rapeseed Oil as Alternative Fuel for A Single-Cylinder Diesel Engine, Renewable Energy, V.28 1447-1453.

İleri E., 2007, Kanola Yağı Metil Esterinin Dizel Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tez Danışmanı Prof. Dr. Günnur Koçar.

Krishna, C.R., 2003, Biodiesel Blends in Space Heating Equipment, NREL/SR-510-33579.

Kutlu Ö., 2009, Bir Biyogaz Üretim Prosesinin Ekserji Analizi, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Tez Danışmanı Prof. Dr. Günnur KOÇAR.

Nwafor O.M.L, Rice G., 1996, Performance of rapeseed oil blends in diesel engines, Applied Energy.

Öztürk M.G., Bilen K., 2009, K.Kanola Yağı Metil Esteri ve Karışımlarının Dizel Motoru Egzoz Emisyonuna ve Yakıt Tüketimine Etkisinin Deneysel incelenmesi, Int.J.Eng.Research and Development, Vol.1, No.1, January.

Pryde E.H., 1983, Vegetable Oils as Fuel Alternatives-Semposium overview., J. Am. Oil Chem. Soc. 61, 1609-1610.

Rakopoulos C.D., Antonopoulos K.A., Rakopoulos D.C., Hountalas DT., Giakoumis E.G., 2006, Comparative performance and emissions study of a direct injection Diesel engine using blends of

Diesel fuel with vegetable oils or bio-diesels of various origins.
Energy Conversion and Management.

Reheman H., Phadatare A.G., 2004, Diesel Engine Emissions and Performance from Blend of Karanja Methyl Ester and Diesel, Biomass and Bioenergy.

Szybist j., Song J., Alam M., Boehman A., 2007, Biodiesel Combustion, Emissions and Emission Control, Fuel Processing Technology 88, 679-691.

Varde K.S., Aug. 1982, Some correlation of diesel engine performance with injection characteristics using vegetable oil as fuel, Vegetable Oil Fuels: Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, ASAE Publication.

Yori J.C., D'Ippolito S.A., Pieck C.L., Vera C.R., 2007, Deglycerolization of Biodiesel Streams by Adsorption Over Silica Beds. Energy & Fuels.

ÖZGEÇMİŞ

Düzenleme Tarihi: Mayıs, 2009

Adı Soyadı : Çağatay ELA
Akademik Ünvanı : Yüksek Lisans
Doğum Tarihi/Yeri : 02.04.1969 / AFYON
Adres : E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü
35100 Bornova- İZMİR / TÜRKİYE
Telefon/Fax No : 0(232) 388 60 28 / 0(232) 388 60 27
E-mail : cagatayela@yahoo.com
Yabancı Dil : İngilizce

AKADEMİK GEÇMİŞİ :

Yüksek Lisans: Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Enerji Teknolojisi Bölümü (Mayıs 2009)

Lisans: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

TEZ KONUSU:

Yüksek Lisans, “Devlet Hava Meydanlarına ait Motorlu Taşıtlarda Biyodizel Kullanımının Çevresel ve Ekonomik Etkileri”, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009, Danışman: Prof. Dr. Günnur KOÇAR.

AKADEMİK PROJELER:

1- E.Ü. BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ, 08-GEE-012, 2008- 2010, 24 Ay, (devam etmekte) Araştırmacı: Çağatay ELA.

“Devlet Hava Meydanlarına ait Motorlu Taşıtlarda Biyodizel Kullanımının Çevresel ve Ekonomik Etkisi. ”