İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTERNATİF YAKIT OLARAK BİYODİZELİN TÜRKİYE'DEKİ VE ALMANYA'DAKİ DURUMU İLE TAŞITLARDA KULLANIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. İlhan YÜCE

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Programı : OTOMOTİV

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALTERNATİF YAKIT OLARAK BİYODİZELİN TÜRKİYE'DEKİ VE ALMANYA'DAKİ DURUMU İLE TAŞITLARDA KULLANIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. İlhan YÜCE
(503041709)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 2 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2008

Tez Danışmanı :	**Prof.Dr. Turgut ÖZAKTAŞ**
Diğer Jüri Üyeleri	**Doç.Dr. Doğan GÜNEŞ (İ.T.Ü.)**
	Prof.Dr. İrfan YAVAŞLIOL (Y.TÜ.)

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi çalışmam sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Turgut ÖZAKTAŞ'a, Otomotiv Ana Bilim Dalı değerli öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine, bilgilerini ve zamanlarını benimle paylaşmaktan kaçınmayan değerli arkadaşlarım Özay POLAT ve Nalan ÖZBAY'a; son olarak da her zaman yanımda olduklarını bana hissettiren ve beni sürekli destekleyen sevgili annem Sultan YÜCE'ye, babam İsmail YÜCE'ye ve ablam Vildan YÜCE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2008 **İlhan YÜCE**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **viii**
SEMBOL LİSTESİ **x**
ÖZET **xi**
SUMMARY **xiii**

1. GİRİŞ **1**

2. BİYODİZEL NEDİR? **3**

3. DİZEL YAKITININ ÖZELLİKLERİ **5**
3.1. Tutuşma Kabiliyeti 5
3.2. Viskozite 5
3.3. Setan Sayısı 6
3.4. Uçuculuk 6
3.5. Isıl Değer 7
3.6. Akma Noktası 7
3.7. Bulutlanma Noktası 7
3.8. Parlama Noktası 8
3.9. Su ve Tortu 8
3.10. Bakır Şerit Korozyon Testi 8

4. BİYODİZEL YAKITININ ÖZELLİKLERİ **9**
4.1. Setan Sayısı 9
4.2. Viskozite 10
4.3. Soğukta Akış 10
4.4. Oksidasyon Stabilitesi (Kararlılığı) 11
4.5. Parlama Noktası 12
4.6. Biyobozunabilirlik 12
4.7. Yağlama 14
4.8. Toksik Etki 16
4.9. Depolama Stabilitesi (Kararlılığı) 17

5. BİYODİZELİN KALİTE PARAMETRELERİ **18**

6. BİYODİZEL STANDARTLARI **21**

7. BİYODİZEL ÜRETİMİ **23**
7.1. Bitkisel Yağlar 23
7.1.1. Bitkisel Yağların Yapısı 23
7.1.1.1. Doymuş Yağ Asitleri 24

7.1.1.2. Tekli Doymamış Yağ Asitleri 24
7.1.1.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri 24
7.1.1.4. Gliserin 25
7.1.2. Bitkisel Yağların Özellikleri 25
7.1.3. Bitkisel Yağların Uygunluğu 26
7.1.4. Dizel Motorlarda Bitkisel Yağların Kullanımındaki Problemler 27
7.2. Doğrudan Kullanım 27
7.3. Mikroemülsiyon 28
7.4. Piroliz 29
7.5. Transesterifikasyon Reaksiyonu 29
7.2.1. Transesterifikasyon Reaksiyonunu Etkileyen Faktörler 32
7.2.1.1. Serbest Yağ Asidi Oranının ve Suyun Etkisi 33
7.2.1.2. Katalizör Tipi Etkisi 33
7.2.1.3. Alkol / Yağ Oranı ve Alkol Tipinin Etkisi 33
7.2.1.4. Reaksiyon Süresinin Etkisi 34
7.2.1.5. Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi 35
7.2.1.6. Karıştırma Şiddeti Etkisi 36
7.3. Biyodizel Üretimi İçin Alternatif Hammaddeler 36
7.3.1. Atık Mutfak Yağları 37
7.3.2. Don Yağı 38
7.3.4. Mikroalgler 40
7.4. Biyodizel Üretiminde Karşılaşılan Temel Sorunlar ve Çözümleri 44

8. YETERSİZ KALİTEDEKİ BİYODİZELİN ETKİLERİ 46

9. BİYODİZEL EMİSYONLARI 49

10. BİYODİZELİN NAKLİYATI VE DEPOLANMASI 55
10.1. Çevre Sıcaklığı 55
10.2. Oksidatif Stabilite 55
10.3. Yakıt Çözücülüğü 56
10.4. Malzeme Uyumluluğu 56
10.5. Depolama 57
10.6. Yükleme Boşaltma 58
10.7. Nakliyat 58
10.8. Doldurma İstasyonlarındaki Gereklilikler 59
10.8.1. Yakıt Tankı 59
10.8.2. Boru Hattı 59
10.8.3. Pompalar 59
10.8.4. Kontrol Sistemleri 59
10.8.5. Sızıntı Kontrol Sistemi 60
10.8.6. Yangın Söndürme Sistemleri 60
10.8.7. Yıldırım Koruması 60

11. BİYODİZELİN DİZEL MOTORLAR DIŞINDA KULLANIMI 61

12. TÜRKİYE'DE BİYODİZEL 63
12.1. Biyodizelin Türkiye'deki Geçmişi 63
12.2. Biyodizelin Türkiye'deki Tarımsal Durumu 66
12.2.1. Arazi Potansiyeli 66
12.2.2. Bitkisel Yağ Üretimi Potansiyeli 68

12.2.2.1. Ayçiçeği 71
12.2.2.2. Pamuk Tohumu (Çiğit) 72
12.2.2.3. Soya 73
12.2.2.4. Kolza 74
12.2.2.5. Aspir 76
12.2.3. Yağlı Tohum Bitkilerinin Üretim Hedefleri 77
12.2.4. Bitkisel Yağ Üretiminin Artırılabilmesinde Olası Politikalar 81
12.2.4.1. İthalatı Azaltma veya Tamamen Yasaklama 81
12.2.4.2. İkinci Ürün Olarak Yağ Bitkisi Üretimi 83
12.2.4.3. Dinamik ve Esnek Politikalarla 'Öncelikli Ürün' Seçeneği 84
12.2.4. Tarımsal Teşvikler 85
12.3. Türkiye'de Biyodizel Üretimi 89
12.3.1. Biyodizel Konusundaki Yasal Düzenlemeler 89
12.3.1.1. Biyodizel İle İlgili Nihai Politikalar 89
12.3.1.2. Akaryakıt İle Harmanlanan Ürünler ve Katkı Maddeleri 90
12.3.2. Biyodizel Kalite Standartları 90
12.3.3. Biyodizel Üretim Tesisleri ve Üretim Kapasitesi 92
12.4. Biyodizelin Türkiye'deki Ekonomik Durumu 95
12.4.1. Biyodizel Fiyatı 95
12.4.2. Biyodizel Marketi ve Alınan Vergiler 95
12.4.3. Biyodizelin Kullanıldığı Sektörler 96
12.4.4. Biyodizel Maliyetinin Ön Etüdü 99
12.5. Biyodizel Kullanılarak Yapılmış Bazı Araştırmalar ve Sonuçları 101
12.6. Ülkemiz ve Öneriler 107

13. ALMANYA'DA BİYODİZEL 110
13.1. Biyodizelin Kilometre Taşları 110
13.2. Biyodizelin Tarımsal Durumu ve Avrupa Birliği Yönetmelikleri 113
13.3. Biyodizel Üretimi 118
13.3.1. Biyodizel Proses Aşamaları ve CD Prosesi 118
13.3.2. Yönetmelikler 119
13.3.2. Yönetmelikler 119
13.3.3. Biyodizel Kalite Standartları 121
13.4. Biyodizel Üretim Tesisleri ve Almanya'nın Biyodizel Üretim Kapasitesi 123
13.4.1. Biyodizel Üretim Tesisleri 124
Tablo 13.6'da, Almanya'daki biyodizel üretim tesisleri görülmektedir: 124
13.4.2. Biyodizel Üretim Kapasitesi 125
13.5. Biyodizelin Ekonomik Durumu 127
13.5.1. Kolza Fiyatı 127
13.5.2. Biyodizel Fiyatı 127
13.5.3. Biyodizelin Pazarlanması ve Alınan Vergiler 129
13.5.4. Biyodizel Doldurma İstasyonları 132
13.5.4.1. Doldurma İstasyonları İle İlgili Yönetmelikler 132
13.5.4.2. Biyodizel Doldurma İstasyonları Ağı Gelişimi 134
13.6. Biyodizel Kullanımını Onaylayan Firmalar 136
13.7. Biyodizel Kullanılarak Yapılmış Bazı Araştırmalar ve Sonuçları 137

14. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 144

KAYNAKLAR 146
ÖZGEÇMİŞ 151

KISALTMALAR

BTL	: Biomass to Liquid
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ASTM	: American Society for Testing and Materials
YAME	: Yağ Asidi Metil Esterleri
TG	: Tutuşma Gecikmesi
CFPP	: Cold Filter Plugging Point
CP	: Cloud Point
PP	: Pour Point
BOCLE	: Ball on Cylinder Lubricity
HFRR	: High Frequency Reciprocating Ring
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
BD	: Biyodizel
PM	: Partikül Madde
ppm	: Parts Per Million
SD	: Standart Dizel
DHA	: Docosahexaenoic Asit
EPA	: Environmental Protection Agency
ALBİYOBİR	: Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği
KİT	: Kamu İktisadi Teşebbüsü
EC	: European Community
EN	: European Norm
t	: ton
ha	: hektar
GAIN	: Global Agricultural Information Network
DIN	: Deutsches Institut für Normung
UFOP	: Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.
AGQM	: Arbeitsgemeinschaft Qualitaetsmanagement Biodiesel e.V.
ELPI	: Electronic Mobility Pressure Impactor
SMPS	: Scanning Mobility Particle Sizer

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 4.1	Biyodizel standartlarında oksidasyon kararlılığına bağlı olan teknik özellikler ……..	11
Tablo 4.2	Bazı bitkisel yağların, metil esterlerin, benzinin ve ağır yakıtın biyobozunma yüzdeleri ……..	14
Tablo 4.3	Düşük kükürtlü dizel, bitkisel yağ ve biyodizel karışımlarının yağlayıcılık test sonuçları ……...	16
Tablo 4.4	Çok düşük kükürtlü dizel ve biyodizel (BD) karışımlarının yağlayıcılık SL-BOCLE test sonuçları ……...	16
Tablo 6.1	Biyodizel için mevcut standartlar ……...	21
Tablo 7.1	Bitkisel yağların özellikleri ……	26
Tablo 7.2	Transesterifikasyon reaksiyonu süresince gliserin değişimi ……..	35
Tablo 7.3	Yağ asidi metil esterlerinin 2 numaralı dizel yakıtı ile karşılaştırılması ……..	38
Tablo 7.4	Çeşitli bitkisel yağlar, 2 no'lu dizel ve don yağının özellikleri ….	39
Tablo 7.5	Bazı biyodizel kaynaklarının karşılaştırılması ……...	41
Tablo 7.6	Mikroalgal yağdan üretilen biyodizelin, dizel ve ASTM standartındaki biyodizelin özelliklerinin karşılaştırılması …….	42
Tablo 8.1	Yetersiz kalitedeki biyodizelin araç parçaları üzerindeki etkileri ..	48
Tablo 9.1	%100 biyodizel ile düşük, ultra düşük ve ekstra ultra düşük kükürtlü dizel için (g/km olarak) tam yaşam çevrimi hava kirletici emisyonlarda yüzdelik oran değişimi ……...	50
Tablo 9.2	B100 için emisyon faktörü değerleri ……..	51
Tablo 10.1	Biyodizelin malzeme uyumluluğu …….	56
Tablo 12.1	Türkiye'nin ekilebilen, nadasa bırakılan ve toplam tarla alanı varlığı …….	66
Tablo 12.2	İşlenen tarla alanının kullanışına göre dağılımı …….	67
Tablo 12.3	Türkiye yağ üretimi (ton) ……...	68
Tablo 12.4	Yıllara göre yağ bitkileri ekilen arazi miktarı, üretimi ve verimi ..	70
Tablo 12.5	Türkiye 2015 yılı bitkisel yağ tüketim projeksiyonu …….	78
Tablo 12.6	Türkiye yağlı tohum ithalat değerleri …….	82
Tablo 12.7	Ankara ili biyodizel üretim potansiyeli ……..	84
Tablo 12.8	2005, 2006 ve 2007 yılları yağ bitkileri destek primi miktarları ...	88
Tablo 12.9	Yağ bitkileri prim desteği ……...	88
Tablo 12.10	TS EN 14214 ve TS EN 14213'ün genel özellikleri ve deney metotları …….	91
Tablo 12.11	Lisanslı biyodizel tesisleri ……..	92
Tablo 12.12	Türkiye genelindeki minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon ve traktör sayıları (Aralık 2007) ……..	97
Tablo 12.13	Türkiye'deki deniz taşıtlarının sayısı (1993-2002) ……	98

Tablo 12.14 1998 yılı sanayi sektörü ve konutlarda fuel-oil ve dizel yakıt tüketimi ……... 99
Tablo 12.15 Deney motorunun teknik özellikleri ……... 101
Tablo 12.16 Deney motorunun teknik özellikleri ……... 102
Tablo 12.17 Deney yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri …… 103
Tablo 13.1 Almanya ve Avrupa Birliği'nde tarımsal alan / nüfus ilişkisi …… 114
Tablo 13.2 Kolza ekimi için tarımsal alan (biyodizel, oleokimya, yağlayıcılar) …… 116
Tablo 13.3 Alman biyodizel standardı, DIN V 51606 ……. 121
Tablo 13.4 Biyodizel için Avrupa standardı, DIN EN 14214 …….. 122
Tablo 13.5 DIN EN 14214 ile AGQM kalite standartları arasındaki önemli farklılıklar ……... 123
Tablo 13.6 Almanya'daki biyodizel tesisleri …… 124
Tablo 13.7 Almanya'da fosil dizel ve biyodizel yakıtlarından alınan ve alınacak vergiler ……. 132
Tablo 13.8 Biyodizel (B100) kullanımını onaylayan firmalar, 2005 ……... 136
Tablo 13.9 B100 kullanımı için garanti veren firmalar …… 137
Tablo 13.10 B5 kullanımı için garanti veren firmalar …… 137
Tablo 13.11 Deney motorunun teknik özellikleri ……... 138

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 4.1 : Dizel formulasyonlarının biyobozunabilirliği 13
Şekil 7.1 : Yağ asitlerinin gliserinle esterleşmesi 23
Şekil 7.2 : Transesterifikasyon reaksiyonu 30
Şekil 7.3 : Biyodizel reaksiyonu 31
Şekil 7.4 : Biyodizel üretim prosesi 31
Şekil 7.5 : Kanola yağı, soya yağı ve donyağının NO_x emisyonu üzerindeki etkileri 40
Şekil 7.6 : Mikroalglerden jeotermal ortamında biyodizel üretimi 43
Şekil 8.1 : Yetersiz oksidasyon kararlılığına sahip biyodizel kullanımının sonucu polimer birikimi oluşumu 46
Şekil 8.2 : Sabun birkimi sonucu oluşan hasar (Aşırı alkali ya da toprak alkali içeren biyodizel) 47
Şekil 8.3 : Enjektör memesinde karbon birikimi 47
Şekil 9.1 : B20 - dizel arası emisyon farklılıkları 52
Şekil 9.2 : Biyodizel yüzdeleri arası emisyon farklılıkları 54
Şekil 12.1 : Tarıma elverişli olupta kullanılmayan alanlarda ülkemizin biyodizel üretim potansiyeli 67
Şekil 12.2 : GAP alanı için 2010 yılında sulu alanda öngörülen ürün deseni 79
Şekil 12.3 : GAP alanı için 2010 yılında kuru alanda öngörülen ürün deseni 80
Şekil 12.4 : GAP alanı için 2010 yılında kuru+sulu alanda öngörülen ürün deseni 80
Şekil 12.5 : Türkiye'nin 2001 yılı dizel yakıt tüketiminin sektörlere göre dağılımı 96
Şekil 12.6 : Türkiye'deki motorlu kara taşıtları dağılımı (Aralık, 2007) 97
Şekil 12.7 : Konutlarda tüketilen fuel-oil'in bölgelere göre dağılımı 99
Şekil 12.8 : Dizel ve biyodizel ile çalışmada dönme momenti ve güç değerleri 101
Şekil 12.9 : Dizel ve biyodizel ile çalışmada saatlik ve özgül yakıt tüketimi değerleri 102
Şekil 12.10 : Tüm yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının tork değerleri 103
Şekil 12.11 : Tüm yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının güç değerleri . 104
Şekil 12.12 : Tüm yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının özgül yakıt tüketimi değerleri 105
Şekil 12.13 : Tüm yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının CO emisyonları değerleri 105
Şekil 12.14 : Tüm yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının NO_x emisyonları değerleri 106

Şekil 12.15 : Tüm yük şartlarında dizel yakıtı ve B90 yakıtının duman değerleri 107
Şekil 13.1 : Almanya'nın biyodizel için kolza ekme alanı 115
Şekil 13.2 : Kolza yağının Almanya'daki durumunun gelişimi 117
Şekil 13.3 : CD prosesi 118
Şekil 13.4 : Almanya'nın yıllara göre biyodizel üretim kapasitesi 126
Şekil 13.5 : Avrupa biyodizel üretim kapasitesi, 2005 126
Şekil 13.6 : Serbest depolarda kolza fiyat değişimi 127
Şekil 13.7 : Dizel ve biyodizel rafineri/tank fiyatları 128
Şekil 13.8 : Dizel ve biyodizel pompa fiyatları 128
Şekil 13.9 : Almanya'da biyodizel satışları, 1991-2002 130
Şekil 13.10 : Almanya'da ulaşımda yakıt türlerinin tüketimine göre dağılımı . 130
Şekil 13.11 : Almanya'daki biyodizel üretim kapasitesi ve satışları 131
Şekil 13.12 : Almanya'da biyodizel pazarının gelişimi 135
Şekil 13.13 : Biyodizelin kullanıcı gruplarına göre paylaşımı (1000 ton için) . 136
Şekil 13.14 : 13 modlu ESC test çevriminin çalışma noktaları 138
Şekil 13.15 : ESC test çevrimi için motor devir sayısı ve dönme momentinin örnek seyri 139
Şekil 13.16 : Farklı yakıtların özgül HC emisyonları 140
Şekil 13.17 : Farklı yakıtların özgül CO emisyonları 141
Şekil 13.18 : Farklı yakıtların özgül NO_x emisyonları 142
Şekil 13.19 : Farklı yakıtların özgül PM emisyonları 142
Şekil 13.20 : Regüle emisyon değerlerinin yakıt bileşenlerine göre hesaplanan teorik değerinden sapması 143

SEMBOL LİSTESİ

$C_{16}H_{34}$	: Setan Sayısı
$C_{10}H_7CH_3$	: Alfametilnaften
ν	: Kinematik Viskozite
ρ	: Yoğunluk
η	: Dinamik Viskozite
CO_2	: Karbondioksit
CO	: Karbonmonoksit
HC	: Hidrokarbon
NO_x	: Azot Oksit

ALTERNATİF YAKIT OLARAK BİYODİZELİN TÜRKİYE'DEKİ VE ALMANYA'DAKİ DURUMU İLE TAŞITLARDA KULLANIMININ İNCELENMESİ

ÖZET

Yapılan bu tez çalışmasında ilk olarak biyodizelin tanımı yapılmış, isminin nereden geldiği, hangi farklı isimlerin kullanıldığı, hangi reaksiyon sonucu oluştuğu gibi biyodizelle ilgili konularda kısa kısa bilgi verilmiş, ardından dizel ve biyodizel yakıtlarının belli başlı bazı özellikleri; bu özelliklerin hangi şartlardan nasıl etkilendikleri, motor parçalarını nasıl etkiledikleri vb. konuların üzerinde durulmuştur. Daha sonraki bölümde ise biyodizelin kalitesini etkileyen parametreler ve bu parametrelerin neden önemli oldukları, motor parçalarını ne şekilde etkileyebilecekleri konuları üzerinde durulmuştur. Altıncı bölümde dizel ve biyodizelin hangi oranlarda karıştırıldığı ve yürürlükte olan kalite standartları tablo halinde sunulmuş ve kısaca açıklanmıştır. Yedinci bölümde bitkisel yağlardan, gliserinin ne olduğundan, bitkisel yağların özelliklerinden, bitkisel yağların konvansiyonel dizel motorlarda kullanılmasındaki problemlerden bahsedilmiş. Sonrasında, biyodizel üretim yöntemleri üzerinde durulmuştur. En yaygın biyodizel üretme yöntemi olan transesterifikasyon reaksiyonu ve bu rekasiyonu etkileyen faktörler, biyodizel üretimi için alternatif hammaddeler ve biyodizel üretiminde karşılaşılan temel problemler ve çözümleri konularında bilgi verilmiştir. Sekizinci bölümde ise, yetersiz kalitedeki biyodizelin araç parçaları üzerindeki etkileri üzerinde durulmuş ve örneklendirilmiştir. Dokuzuncu bölümde biyodizel emisyonları incelenmiştir. Onuncu bölümde biyodizelin nakliyatında dikkat edilmesi gereken faktörler irdelenmiş, biyodizelin hangi şartlarda depolanması gerektiği, nasıl yüklenip boşaltılması ve doldurma istasyonlarındaki gereklilikler üzerinde durulmuştur. Onbirinci bölümde biyodizelin dizel motorlar dışında kullanım alanlarından bahsedilmiştir. Onikinci bölümde biyodizelin Türkiye'deki geçmişi incelenmiş, biyodizel üretimi için Türkiye'nin arazi potansiyeli, bitkisel yağ üretim potansiyeli, özellikle üretim potansiyeli olan yağ bitkilerinin ülkemizdeki durumu, yağ bitkilerinin 2015 yılı üretim hedefleri konularında bilgi verilmiş; ülkemizde bitkisel yağ üretiminin artırılabilmesinde olası politikalar üzerinde durulmuş, tarımsal teşvik konusundan bahsedilmiştir. Ardından, ülkemizde biyodizel üretimi konusunda, biyodizel konusundaki yasal düzenlemeler üzerinde durulmuş; ülkemizdeki yürürlükteki kalite standartları, biyodizel üretim tesisleri ve üretim kapasitesi konularında bilgi verilmiştir. Sonrasında, biyodizelin ülkemizdeki ekonomik durumu, biyodizelin kullanıldığı sektörler anlatılmış ve biyodizel maliyetinin ön etüdü örneklendirilmiştir. Bu bölümde son olarak, ülkemizde yapılmış iki deneysel çalışma belirtilmiştir. Son bölümde, biyodizelin Almanya'daki durumu konusunda öncelikle biyodizelin Almanya'daki kilometre taşları incelenmiş, ardından biyodizelin tarımsal durumu ve Avrua Birliği yönetmelikleri konuları üzerinde durulmuş, biyodizelin üretimi kısmında CD prosesi ve yönetmelikler

konularında bilgi verilmiştir. Ardından, Almanya'daki biyodizel kalite standartları konusundan bahsedilmiştir. Sonrasında, Almanya'daki biyodizel üretim tesisleri ve Almanya'nın biyodizel üretim kapasitesi konuları üzerinde durulmuştur. Biyodizelin Almanya'daki ekonomik durumu incelenmiş, daha sonrasında, biyodizel kullanımını onaylayan otomotiv firmaları belirtilmiş ve son olarak Almanya'da biyodizel emisyonları üzerine yapılmış bir çalışma anlatılarak tez sonlandırılmıştır.

EVALUATION OF BIODIESEL AS AN ALTERNATIVE FUEL IN TURKEY, IN GERMANY AND ITS UTILIZATION IN VEHICLES

SUMMARY

In this study, first of all, definition of biodiesel has been done and information about the origin of its name, with what various names it is called, with which reaction it is occured has been given. After that, the main properties of diesel and biodiesel fuels, from what conditions these properties are affected and how they affect the engine components etc. have been reviewed. In the next chapter, the parameters which affect the quality of biodiesel and why these parameters are important, how they may affect the engine components subjects have been reviewed. In the sixth chapter, the blending ratio of diesel and biodiesel and the quality standards which are used, have been shown in a table and shortly explained. In the seventh chapter, vegetable oils, glycerol, properties of vegetable oils, the problems of using vegatable oils in conventioanal diesel engines have been explained. Later, biodiesel production methods have been reviewed. Mostly used biodiesel production method, transesterification reaction, the factors which affect this reaction, alternative feedstocks for biodiesel production and the basic problems being faced during the production and its solutions have been reviewed. In the eighth chapter, the effects of deficient quality biodiesel on vehicle parts have been reviewed and sampled. In the ninth chapter, biodiesel emissions have been reviewed. In the tenth chapter, the factors which should be considered for the transportation of biodiesel have been examined, in what conditions that biodiesel should be stored, handling of it and the requirements at the filling stations have been reviewed. In the eleventh chapter, utilization areas of biodiesel beside in diesel engines have been explained. In the twelth chapter, the history of biodiesel in Turkey has been reviewed, information about the area potential of Turkey, vegetable oil production potential, the situation of oil vegetables which especially have high potential for biodiesel production, the target oil vegetable production have been given; subjects of possible policies which can be applied for increasing the vegetable oil production have been reviewed, agricultural promotion have been explained. After that, in the subject of biodiesel production in Turkey, legitimate regulations have been reviewed; information about the quality standards for biodiesel used in Turkey, biodiesel production plants and production capacity of Turkey have been given. Later, the economic situation of biodiesel in Turkey, the sectores which use biodiesel have been explained, pre-etude of cost of biodiesel has been sampled. Lastly, two experiments which have been done in Turkey have been expressed. In the last chapter, about the situation of biodiesel in Germany, the milestones of biodiesel in Germany have been reviewed, afer that, agricultural situation of biodiesel and European Union regulations have been reviewed, in the production part, information about CD process and regulations have been given. After that, quality standards of biodiesel in Germany have been explained. Later, biodiesel plants in Germany and biodiesel production capacity of

Germany have been reviewed. Afterwards, the automotive companies which approve the utilization of biodiesel have been expressed and lastly by explaining a study which has been done in Germany, the thesis has been concluded.

1. GİRİŞ

Enerji gereksinimi, gerek hızlı nüfus artışı gerekse sanayileşme ve daha konforlu yaşama isteği ile birlikte katlanarak artarken kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtlar, son yıllarda çevre kirliliği açısından önemli sorunlar yaratmakta ve ayrıca tükenebilir enerjiler olduklarından hızla azalmaktadır. Bundan dolayı, pratik olarak sınırsız varsayılan, sürekli ve tekrar tekrar kullanılabilen enerjiler (bitkilerden üretilen biyokütle enerjisi gibi) konusundaki araştırmalar günümüzde iyice artmıştır.

Yerli ve yenilenebilir biyokütle kaynaklarından elde edilen biyoyakıtlar da ülkemiz gibi petrol açısından dışa bağımlı olan ülkelerde önemli alternatif motor yakıtları olarak değerlendirilmektedir. Ulaştırma sektöründeki taşıt sayısının artmasına paralel olarak petrol türevi benzin ve dizel tüketimi de hızla artış göstermektedir. Bu tüketim miktarlarının bir kısmının biyoyakıtlardan sağlanması ülkelerin dışa bağımlılığını bir miktar sınırlayacak ve çevresel katkılar sağlanmış olunacaktır.

Biyoyakıtlar yerel olarak yetiştirilen tarımsal ürünlerden üretilmektedir. Bu kaynakların yetiştirilmesi ve biyoyakıt üretimi ile hem tarım sektörünün hem de küçük ve orta ölçekli sanayilerin gelişimine doğrudan katkılar sağlanmaktadır. Biyoyakıt sektörünün gelişimi ile kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısı geliştirilerek bu kesime yerel iş imkanları sunulabilmektedir. Motorlarda yanma sırasında petrol ürünlerinin verdiği atmosfer zararlarının azaltılması, biyoyakıtların çevreci yanını ön plana çıkarmıştır. Biyoyakıt tüketimi neticesinde daha düşük emisyon değerlerine ulaşılmakta ve böylelikle doğal enerji kaynakları ve çevrenin korunması da sağlanmış olmaktadır.[1]

Motor biyoyakıtları otomotiv endüstrisi için büyük önem taşımaktadır ve iki sınıfa ayrılmaktadır:

- Birinci Nesil Biyoyakıtlar
- İkinci Nesil Biyoyakıtlar

İçten yanmalı motorların mevcut tasarımlarında değişiklik gerekmeksizin AB uygulamalarında 2005-2010 döneminde uygulamada olacak Birinci Nesil Biyoyakıtlar biyodizel, biyoetanol olarak belirlenmiştir. Biyoyakıt endüstriyel üretiminin gelişiminin ardından, 2010 sonrasında, esnek yakıtlı taşıtlarda kullanılabilecek, İkinci Nesil Biyoyakıtlar uygulamada olacaktır. İkinci nesil biyoyakıtlar: bitkisel yağlar ile biyokütleden termokimyasal ve biyokimyasal dönüşüm teknolojileri ile elde edilen; biyometanol, biyoetanol, biyobutanol, biyodimetileter, biyometan, biyohidrojen ve biyokütleden sıvı yakıt teknolojisi ürünleri (BTL Ürünleri: Fischer-Tropsch Dizeli ve Fischer-Tropsch Benzini) olup, bu ürünler giderek artan oranlarda, zorunlu kullanımları ile akaryakıt sektöründe yer bulacaklardır.[2]

Birinci ve ikinci petrol krizleri sonrasında da, taşıtlar için alternatif yakıt arayışları içinde hızla bitkisel yağ kökenli yakıtlar gündeme gelmiştir. Bitkisel yağ çıkışlı bir yağ kimyasalı olan ester tipi yakıtlar bu tarihten sonra birçok ülkede AR-GE çalışmaları içinde yer almış, enerji plan ve programları içine girmiştir. Biyodizelin, 90'lı yıllarda başta Avrupa olmak üzere, dünya genelinde uygulaması artmış ve biyodizel günümüzde ticari başarıyı yakalamış alternatif dizel yakıtı konumuna ulaşmıştır.[3]

Yapılan bu teorik tez çalışmasında, öncelikle dizel ve biyodizel yakıtlarının belli başlı bazı özellikleri, biyodizelin kalite parametreleri, kalite standartları, bitkisel yağlar, biyodizel üretim yöntemleri, biyodizelin dizel motorları dışında kullanım alanları, yetersiz kalitedeki biyodizelin motor parçalarına verdiği zararlar konularında bilgi verilmiş, taşıtlarda kullanımının verdiği sonuçları daha iyi anlamak için daha öncesinde yapılmış deneysel çalışmalara da yer verilmiş; biyodizelin ülkemizdeki ve Almanya'daki geçmişi, tarımsal durumu, izlenen politikalar, üretim ve üretim kapasitesi ile sosyo-ekonomik durumu analiz edilmiştir.

2. BİYODİZEL NEDİR?

Biyodizel, transesterifikasyon olarak adlandırılan kimyasal reaksiyon ile hayvansal veya bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alternatif bir dizel yakıtıdır.[4,5] Kimyasal olarak ise, uzun zincirli yağ asidi mono alkil esteri olarak tanımlanabilir. Biyodizel ismi ilk olarak 1992 yılında Amerika Ulusal Soy Dizel Geliştirme Kuruluşu tarafından telaffuz edilmiştir. 'Biyo' kelimesi biyolojik esaslı olduğunu, 'dizel' kelimesi ise dizel yakıtı olduğunu göstermektedir.[2] Biyodizel, biyomotorin, dizel-bi, yeşil dizel adları ile de bilinmektedir.[6]

Biyodizel eldesi için, bitkisel veya hayvansal yağ, transesterifikasyon olarak adlandırılan kimyasal bir reaksiyona tabi tutulur. Biyodizel birçok çeşit hammaddeden üretilebilir. Bunların arasında en çok kulllanılanları bitkisel yağlar (kolza, soya, pamuk, aspir, palmiye, ayçiçeği gibi), hayvansal yağlar (genellikle donyağı), atık yağları (kullanılmış kızartma yağları) ve mikroalgel yağlardır. Hammaddenin seçimi ekseriyetle coğrafyaya bağlıdır. Hammaddenin kaynağına ve kalitesine bağlı olarak, üretim prosesinde değişiklikler gerekli olabilir.

Biyodizel dizel ile her oranda karışabilir. Biyodizelin bu özelliği, bazı ülkelerde, saf biyodizel kullanımı yerine, biyodizelin biyodizel dizel karışımının kullanımına öncülük etmiştir.[7] Biyodizel denilince akla öncelikle, genel itibariyle, biyodizelin %100 olarak kullanıldığı saf hali gelir. Biyodizel karışımları BXX olarak nitelendirilir. Bu ifadedeki 'XX' karışımda bulunan biyodizelin yüzdesini göstermektedir. Örneğin B20 karışımı, %80 dizel, %20 biyodizel yakıtlarından oluşur.[8] Biyodizel, dizel yakıtından çok az da olsa ağır olduğu için çok sık rastlanılan karışım metodu biyodizelin dizelin üstüne koyularak harmanlanması, karıştırılmasıdır.

Tabii ki, transesterifikasyon reaksiyonuna tabi tutulmamış bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar 'biyodizel' olarak nitelendirilmemelidir.[7]

Biyodizel ve biyodizel karışımları sadece ASTM D 975 standardına uyan dizel yakıtların kullanıldığı dizel motorlarda kullanılmalıdır. Biyodizel ve biyodizel karışımları kesinlikle benzin motorlarında kullanılmamalıdır.[9]

Biyodizel üretiminde alkol olarak metanol kullanılmaktadır. Diğer alkoller (örneğin, etanol veya izo-propan) daha iyi yakıt özelliklerine sahip biyodizel yakıtı oluşumunu sağlayabilir; fakat metanolün tercih nedeni ise en ucuz alkol olmasıdır.

Genel itibariyle, sonuçta elde edilen ürünler biyodizel yerine yağ asidi metil esterleri (YAME) olarak anılmaktadır.[7]

3. DİZEL YAKITININ ÖZELLİKLERİ

Dizel yakıtına ait belli başlı bazı özellikler aşağıda belirtilmiştir:

3.1. Tutuşma Kabiliyeti

Bir yakıtın motor şartlarında kendi kendine tutuşma kabiliyeti denilince, söz konusu yakıtın dışarıdan ateşleme yapılmayan bir dizel motorunda tutuşması için geçen sürenin uzun veya kısa olması anlaşılır.[10] Dizel motorunda yakıt buharı-hava karışımının sıkıştırma sonu basınç ve sıcaklıklarında kendi kendine tutuşabilmesi için dizel yakıtlarının tutuşma meyillerinin benzinin aksine yüksek olması istenir.[11] Dizel yakıtının tutuşma kabiliyeti yakıt moleküllerinin yapısına ve içindeki bileşenlere kuvvetle bağlıdır. Dizel yakıtının tutuşma kabiliyeti tutuşma gecikmesi (TG) değeri ile karakterize edilmektedir. TG ne kadar küçükse tutuşma kabiliyeti o kadar fazla demektir.[10] TG süresince yanma odasında biriken ve ani olarak yanan yakıt miktarı da artacağından mekanik zorlanmalara neden olan yüksek basınçlar ortaya çıkar (dizel vuruntusu).[11] Dizel vuruntusunda, vuruntu eğilimi için esas alınacak bağımsız değişken tutuşma gecikmesidir. Dolayısıyla tutuşma gecikmesini etkileyen bütün faktörler dizel vuruntusunda da etkili olmaktadır.[10]

3.2. Viskozite

Akışkanların akmaya karşı gösterdikleri direncin ölçüsüdür. Petrol kökenli yakıtların viskozite değerleri büyük oranda sıcaklığa bağlı olarak değişir ve artan sıcaklıkla orantılı olarak azalır. O nedenle viskozite değerleri verilirken sıcaklıkla birlikte verilir. Viskozitenin standartların üstünde olması, yakıt pompası ve enjektörlerin iyi yağlanmamasına, enjeksiyon esnasında damlacık boyutlarının normalden daha büyük olmasına, ayrıca enjektörlerde tıkanma ve sıkışmalara neden olabilmektedir. Viskozitenin çok düşük olması pompa ve enjektörlerdeki geri kaçak miktarının artmasına, püskürtme karakteristiklerinin değişmesine neden olmaktadır.[11]

Viskozitenin çok düşük olması pompa yönünden, çok yüksek olması depodan pompalama, enjektörden püskürtmede problem çıkarır. Hatta çok iri damlalar teşekkül ederse, bunlar tam yanamayacağından egzoz çok isli ve dumanlı olur.[12]

3.3. Setan Sayısı

Setan sayısı bir dizel yakıtının tutuşma kalitesininin boyutsuz tarifleyicisidir. Bu sıfatla, dizel yakıt kalitesinin başlıca en önemli göstergesidir.[7] Setan sayısı, dizel motorlarının kolay çalışması ve yanma şartları üzerine tesir eder. Setan sayısının yüksek olması motorun sessiz ve yumuşak çalışmasını sağlar. Setan sayısının çok yüksek olması tutuşma gecikmesini kısalttığından, yakıt yanma odası içerisinde iyi dağılmaz ve dumanlı bir yanma meydana gelir. Setan sayısı değeri, yüksek hızlı dizel motorlarında 45-50'dir.[13]

Setan ($C_{16}H_{34}$) düz zincir yapıda parafin grubundan bir yakıt olup, setan sayısı 100 olarak kabul edilmiştir. Alfametilnaften'in ($C_{10}H_7CH_3$) ise setan sayısı 0'dır. Bu iki yakıtın karışımının setan sayısı, hacimsel olarak, karışımındaki % setan miktarı ile belli olur. Ölçülecek yakıtın setan sayısı standart motorda (CFR veya BASF motoru) ölçülen TG süresinin, setan-alfametilnaften karışımlarının TG süreleri ile karşılaştırılması sonucu belirlenir.

Setan sayısının yukarıda belirtilen yöntemle belirlenmesi zor ve pahalı olduğu için dizel yakıtının tutuşma özelliği anilin noktası veya dizel indeksi ile de verilebilir. [11]

3.4. Uçuculuk

Uçuculuk, dizel motorlarında kullanılan yakıtın yanması için yüksek oranda gerekmese de çalışmayı kolaylaştırmak ve dumansız bir yanma için gerekli olan iyi bir hava-yakıt karışımı sağlayabilmek amacıyla bir dereceye kadar gereklidir.

İlk hareket kolaylığı için düşük sıcaklıkta buharlaşabilen yakıtlar iyidir. Ancak buharlaşma özelliği arttıkça kendi kendine tutuşma özelliği kötüleşir ve is oluşumu ihtimali artar.[12]

Yüksek uçuculuktaki yakıtlar; küçük güçlü, yüksek devirli otomotiv motorlarında kullanılmaktadır. Çünkü otomotiv motorlarında yük, hızlı bir sekilde degişebilir. Yüksek uçuculuktaki yakıtlar bu tür yüksek devirli motorlarda tam yanma nedeniyle

daha iyi yakıt ekonomisi sağlar, az duman, koku, artık oluşturur, az miktarda kirlenme ve aşınmaya neden olurlar.

Herhangi bir yakıt motorun yanma odasına püskürtüldüğü zaman, önce buharlaşır ve sonra tutuşarak yanar. Özellikle soğuk mevsimlerde veya soğuk ilk hareket koşullarında herhangi bir yakıt, püskürtme ile tutuşma arasındaki zaman aralığında, tümü ile buharlaşmaz veya tam yanma için verilen zaman aralığında buharlaşma yeterli olamaz. Bu gibi durumlarda, yanmayan veya kısmen yanan sıvı yakıt, beyaz veya gri dumana neden olur.[14]

3.5. Isıl Değer

Yanma sonucu oluşan ürünlerin, yanma öncesi referans bir sıcaklığa göre toplam entalpilerinin yakıt kütlesine bölünmesi ile elde edilen değere ısıl değer denir.[12] Yakıtların ısıl değerleri genellikle birim kütlesinin enerjisi ile verilmektedir. (kj/kg veya kcal/kg) Motorlardaki yanma sonu sıcaklıklarda su her zaman buhar olarak bulunduğundan, ısıl değer, alt ısıl değer olarak verilmelidir.[11]

3.6. Akma Noktası

Yakıtın akma özelliğini yani hareket yeteneğini yitirdiği en düşük sıcaklıktır. Bundan dolayı akma noktası çok önemlidir. Yakıtın jelleşmeye başladığı sıcaklık olarak da tanımlanmaktadır. ASTM D 97 standartlarına göre akma noktasının belirlenmesi şu şekilde olmaktadır: Yakıt soğutulur ve her 3 °C sıcaklık azalmasında yakıtın akışkanlık özelliği kontrol edilir. Düşük sıcaklıklarda akma noktası yüksek olan yakıtların kullanımındaki güçlükleri aşmak için yakıtın elektrikli ısıtıcı benzeri sistemler ile ısıtılması gerekmektedir.[15]

3.7. Bulutlanma Noktası

Yakıt içerisinde wax (balmumu) kristallerinin oluşumunun başladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklıkta yakıt içerisinde katı yapılar oluşmaya başlamıştır.[16] Bu katı yakıt partikülleri yakıt filtresinin tıkanmasına neden olur. Bulutlanma noktası sıcaklığı genellikle yakıtın kullanılacağı bölgenin çevre sıcaklığından 6 °C civarında daha düşük olacak şekilde ayarlanır.[15]

3.8. Parlama Noktası

Bir yakıtın parlama noktası, bir kapta ısıtılan yakıtın üzerine yaklaştırılan alev ile geçici olarak tutuşma halinde yakıt buharı oluşumunun gerçekleştiği en düsük sıcaklık olarak tarif edilmektedir.[10] Parlama noktası yakıtın tutuşma özelliğine bağlı olduğu kadar, yakıtın buhar basıncına da bağlıdır. Parlama noktası kapalı bir kap içerisinde karıştırılan yakıtın yüzeyinde belirli sıcaklık aralıklarında alev gezdirilerek tespit edilir. Geçici bir alevlenmenin görüldüğü sıcaklık parlama noktasıdır. Parlama noktası daha çok, yakıtın emniyetli olarak kullanımı ve depolama özelliğini belirlemek için ölçülür.[16]

3.9. Su ve Tortu

Yakıt içerisindeki su ve nem filtrelerde tıkanmaya, enjektör ve yakıt pompası parçalarının zarar görmesine neden olmaktadır. Ayrıca yakıt içerisindeki yabancı maddeler filtrelerde ve enjektörlerde tıkanmaya sebep olur.[11] Bundan dolayı, dizel yakıt filtreleri 10μm'den küçük partikelleri yakalama özelliğine sahip olacak şekilde tasarlanırlar. Bazı daha yeni motorlardaki filtreler 2μm büyüklüğündeki partikelleri yakalayabilecek özelliğe sahiptir. Bu filtreler yakıt enjeksiyon sistemine girecek yabancı maddeleri durdurmalıdır. Bununla birlikte, yakıtlar yüksek sıcaklıklara ve havadaki oksijene maruz bırakıldığında, kimyasal değişikliklere uğrayabilirler ve yakıt içinde çözünmeyen bileşikler oluştururlar. Bu bileşikler vernik kalıntıları, tortular oluştururlar; orifisleri tıkayabilirler ve hareketli parçaların üzerlerini kaplayarak yapışmalarına neden olur.

3.10. Bakır Şerit Korozyon Testi

Bakır şerit korozyon testi dizel yakıtının yakıt sisteminin bakır, bronz ve pirinçten oluşan parçaları üzerindeki etkisini araştırmak için yapılmaktadır. ASTM D 130'a göre yakıtın korozyon etkisini belirlemek için parlatılmış bakır şerit 3 saat süreyle 50 °C sıcaklıktaki yakıt içerisinde bekletilir. Daha sonra çözücü ile yıkandıktan sonra yüzeydeki kararma ve korozyon miktarı karşılaştırma yöntemi ile belirlenir.[7]

4. BİYODİZEL YAKITININ ÖZELLİKLERİ

Biyodizel yakıtına ait belli başlı bazı özellikler aşağıda belirtilmiştir:

4.1. Setan Sayısı

Setan sayısı tutuşma kalitesi açısından çok önemlidir. Biyodizelin setan sayısı dizel yakıtınınkinden fazladır, ki biyodizelin saf olarak ya da dizel yakıtına eklendiğinde emisyon yönünden faydaları olacağı ilişkisi kurulabilir. Yüksek setan sayıları (55 - 60) genellikle dizel emisyonlarını geliştirmektedir, lakin bu aşamanın üstünde küçük bir gelişim göstermektedir.

Biyodizelin setan sayısı yağa veya donyağının hammaddesine bağlıdır. Yağ asitleri karbonil gruplarına bağlanmış uzun zincir karbon atomlarınından oluşmaktadır. Donyağları ve yağlar değişen uzunluklarda karbon zincirlerinin tipik olarak 10'dan 18'e kadar olabilen sayıda (C10 - C18 zincirleri gibi) karbon dağılımını içermektedir. Bazı karbon zincirleri farklı lokasyonlarda karbonil grupları ve karbonlar arasında 0, 1, 2 ya da daha fazla çift bağ içermektedir. Setan sayısı zincir uzunluğu ile artar, çift bağların sayı ve lokasyonu ile azalır ve karbonil grubunun çeşitli lokasyonları ile değişmektedir. Bağlar veya karbonil zincirin merkezine doğru ilerlerken, setan sayısı azalır. Biyodizeldeki yağ asitlerindeki karbonların sayısı arttıkça, setan sayıları 47.9'dan 75.6'ya kadar artmaktadır. Yağ asitleri zincirlerindeki karbonların sayısı C12'yi geçerse, setan sayısı 60'ı geçer. Soya metil esteri için setan sayılarının aralığı 45.8'den 56.9'a kadardır.

Genel olarak, setan sayısı biyodizel harmanı ve dizel yakıtları için lineer bir fonksiyona yakındır ve yakıtların katkısız setan sayılarının ortalamasına eşittir. Bu da şu anlama gelmektedir: Biyodizel ve dizelin katkısız setan sayıları tüm biyodizel ve dizel karışımlarının setan sayıları tahmin edilebilir.[17]

Uluslararası biyodizel standartlarında setan sayısına ilişkin şu alt sınırlar verilmiştir: ASTM D 6751: min 47.0 , DIN E 51606: min 49.0 , prEN 14214: min 51.0[18]

4.2. Viskozite

Yakıtın viskozitesi yakıtın yanma odasına püskürtüldüğünde atomizasyonunu ve dolayısıyla yakıtın yanma hızını ve kalitesini etkilemektedir.[7] Yüksek viskozite, enjektörlerde tıkanmalardan başlayıp yetersiz püskürtme ve silindir içinde kurumlaşmayla sonuçlanan bir dizi probleme neden olabilmektedir. Kinematik viskozite biyodizelin akış özelliğini gösteren önemli bir ölçümdür ve belirli sınır değerleri arasında olmalıdır.[16] Viskozitenin yüksek çıkması transesterifikasyon işleminin başarıyla tamamlanamadığının bir göstergesidir.

Kinematik viskozite; bir akışkanın yer çekimi etkisi altında, akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Belirli bir hidrostatik kolon basıncı altında yerçekimiyle akış, sıvının kolon basınç yoğunluğu (ρ) ile orantılıdır. Herhangi bir viskozite için, belirli bir hacimdeki sıvının akış süresi, sıvının kinematik viskozitesi (ν) ile doğrudan orantılıdır. Dinamik viskoziteye (η), bağlı olarak Kinematik viskozite eşitliği: $\nu = \rho / \eta$ ‘dir.[18] Biyodizel hammaddesine ve oksidasyon miktarına bağlı olarak biyodizel dinamik viskozitesi 4.0 ve 6.2 arasında değişebilmektedir.[19]

Biyodizel için, kinematik viskozite sınır değerleri uluslararası standartlarda; ASTM D 6751 1.9 - 6.0 mm^2/s, DIN E 51606 3.5 - 5.0 mm^2/s, prEN 14214 3.5 - 5.0 mm^2/s olarak belirlenmiştir.[18]

4.3. Soğukta Akış

Biyodizelin soğukta akış özellikleri ticari uygulanabilirliğinin önemli göstergeleridir. Biyodizel yakıt şartnamesi için anahtar akış özellikleri bulanma ve akma noktalarıdır.[20] Biyodizel ve biyodizel-dizel karışımları, dizelden daha yüksek akma ve bulutlanma noktasına sahiptir.[6,21] Bu durum ise yakıtların soğukta kullanımında sorun çıkarır. Akma ve bulutlanma noktaları uygun katkı maddeleri (anti-jel maddeleri) kullanımı ile düşürülebilmektedir. Biyodizel-dizel karışımları 4 °C üzerinde harmanlama ile hazırlanmalıdır. Soğukta harmanlamada biyodizelin dizel üzerine eklenmesi, sıcakta harmanlama da ise karışımda daha fazla olan kısmın az kısım üzerine eklenmesi önerilmektedir. Eğer harmanda soğumaya bağlı olarak kristal yapılar oluşursa, harmanın tekrar normal görünümünü kazanması için bulutlanma noktası üzerine ısıtılması ve karıştırılması gerekmektedir.[6]

Biyodizelin kış şartlarında 0 °C'nin altında kristalize olması ve dizel yakıtından ayrışması gibi bir sorunla karşılaşılabilmektedir. Oluşan kristaller yakıt borularını ve filtrelerini tıkayabilmekte, yakıtın pompalanmasında ve motorun çalışmasında sorun çıkarabilmektedir. Bu sorun ise izopropil ester gibi dallanmış zincir yapıdaki esterlerin kullanılması ya da kademeli olarak soğutulan ve düşük sıcaklıklarda yavaş olarak karıştırma eşliginde bekletilen yağda oluşan kristallerin süzülerek uzaklaştırılması işlemi (vinterizasyon) ile çözülebilmektedir.[22,23]

Ayrıca, soğukta akış performansı da, biyodizelin tipine (soya veya kolzadan vs. üretilmiş olması) ve dizelle karışım oranına göre değişmektedir.[24]

4.4. Oksidasyon Stabilitesi (Kararlılığı)

Oksidatif stabilite havadaki oksijen ile yakıt temas ettiğinde, oksidasyon prosesi boyunca yakıtta oluşan değişikliklerle ilgilidir.[25]

Biyodizel havaya maruz kaldığı taktirde oksidasyona karşı hassas olup, oksidasyondan çabuk etkilenmektedir. Oksidasyon prosesi de nihayetinde yakıt kalitesini etkilemektedir.[7]

Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında, biyodizel daha kolay bozunabilmektedir ve biyodizel bozunurken organik asitler ve polimer maddeler oluşur. Organik asitler metal korozyonuna ve polimer maddeler yakıt pompası ve enjektörlerde problemlere neden olur. Buradan da açıkça anlaşıldığı üzere, oksidasyon stabilitesi biyodizel yakıtları için çok önemlidir. Belirtildiği gibi oksidasyon stabilitesi biyodizel yakıtının çok önemli özelliğidir ve oksidasyon stabilitesinin gelişimi yüksek kalitede biyodizel yakıtı elde etme açısından bir anahtar teknoloji niteliğindedir. Tablo 4.1'de biyodizel standartlarında oksidasyon kararlılığına bağlı olan teknik özellikler görülmektedir.

Tablo 4.1: Biyodizel Standartlarında Oksidasyon Kararlılığına Bağlı Olan Teknik Özellikler [26]

Teknik Özellik	Metot	ASTM D6751	EN 14213	EN 14214
Oksidatif Kararlılık (110 °C'de)	EN 14112	3 sa dk	4 sa dak	6 sa dak
YAME İçeriği ≥ 4 çift bağ (% m/m)		-	1 maks	1 maks
Linoleik Asit İçeriği (% m/m)	EN 14103	-	-	12 maks
İyot Değeri (g iyot/100 g)	EN 14111	-	130 maks	120 maks
Kinematik Viskozite (mm^2/s)	D445; ISO3104/3105	1.9-6.0	3.5-5.0	3.5-5.0
Asit değeri	D664; EN 14104	0.50 maks	0.50 maks	0.50 maks

Diğer taraftan, biyodizelin oksidasyon bozunması sıcaklık, hava, nemli metal ve ışık gibi dış faktörler tarafından artırılabilir. Otomotiv yakıt sisteminde, bazı farklı metaller kullanılmaktadır. Beta karoten gibi doğal antioksidanların varlığı ile, biyodizelin oksidasyon stabilitesi geliştirilebilir. Örneğin, metal örneklerinin varlığı, palmiye yağı metil esterinin oksidasyon stabilitesinin düşmesine meyleder. Bilhassa, bakırın bulunması oksidasyon stabilitesini epeyce düşürür.[27]

4.5. Parlama Noktası

Parlama noktası, sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer meydana getirdiği en düşük sıcaklık olarak ifade edilebilir. Karışımlarda dizel parlama noktası biyodizelden baskın çıkmaktadır. Depolama ve yangın tehlikesi açısından bakıldığında, biyodizel dizel yakıtından çok daha güvenlidir.[17] Bu özellik biyodizelin depolama, taşıma kolaylığı ve güvenliğini beraberinde getirmektedir.[18] Saf biyodizel örneklerinin parlama noktaları tayin edilmiş limit değerlerinden oldukça yüksektir. Örneğin, saf kanola metil esteri için 170 °C'dir. Bununla birlikte, parlama noktaları arta kalan alkol miktarının artışı ile hızla düşmektedir.[28]

Uluslararası Standartlarda verilen parlama noktası minimum değerleri; ASTM D 6751 min 130 °C, DIN E 51606 min 100 °C, prEN 14214 min 120 °C'dir.[18]

B100'ün tipik olarak parlama noktası dizel yakıtınkinden çok daha yüksektir (150 °C'ye 100 °C) ki, bu husus üreticinin üretim prosesinde kullanılmış metanolün fazla kalan miktarını uzaklaştırdığını garanti etmektedir. Yakıtta arta kalan metanol bir güvenlik konusudur, çünkü çok küçük miktarlar dahi parlama noktasını azaltır. Biyodizel içinde az olarak bulunabilen arta kalan metanol, parlama noktasının şartnamedekinden farklı olması, yakıt pompasını, sızdırmazlık elemanlarını etkileyebilir ve düşük kalite yanmaya neden olabilir.[8]

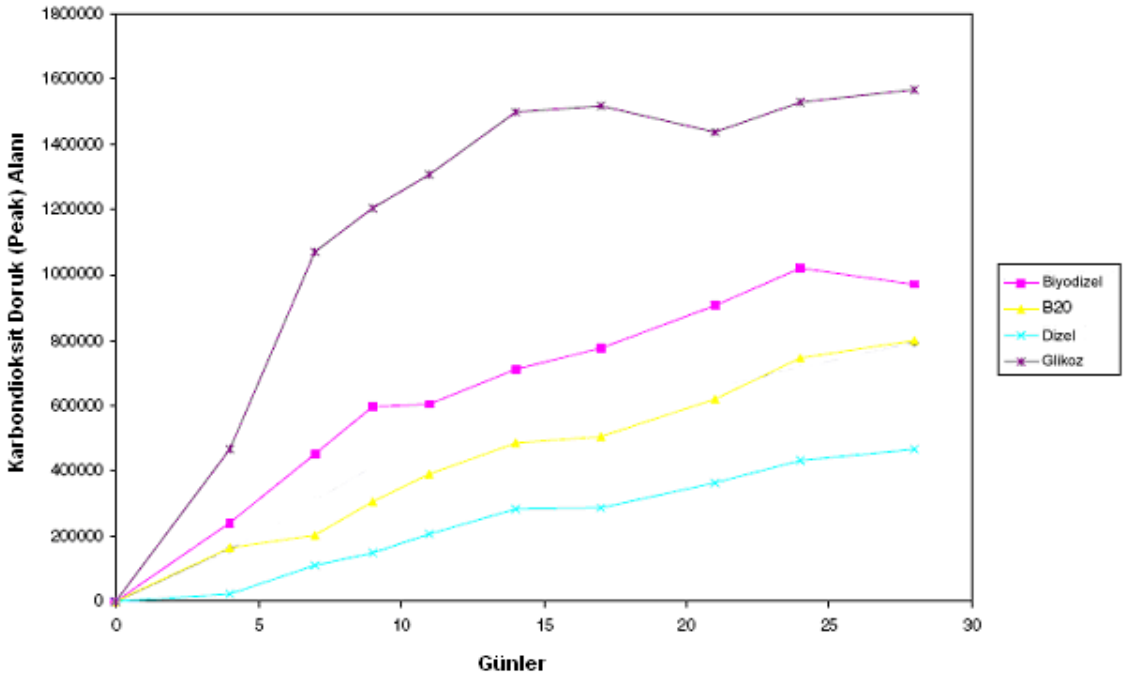
4.6. Biyobozunabilirlik

Yakıtların biyolojik olarak parçalanabilirliği, yani biyobozunabilirliği ne kadar yüksek olursa çevre için daha iyi olacaktır. Böylece, yakıt çevre ile temas ettiğinde çevrenin daha az bozulmasına neden olacaktır.[29]

Biyodizeli oluşturan C16-C18 metil esterleri doğada kolayca ve hızla parçalanarak bozunur, 10,000 mg/l'ye kadar herhangi bir olumsuz mikrobiyolojik etki

göstermezler. Suya bırakıldığında biyodizelin 28 günde % 95'i, dizelin ise % 40'ı bozunabilmektedir. Biyodizelin doğada bozunabilme özelliği dekstroza (şeker) benzemektedir.[6]

Speidel ve Ahmed tarafından şu anda mevcut bulunan ve yeni geliştirilen yakıtların biyobozunabilirlik karakteristiklerini inceleme amaçlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada dizel ve formulasyonlarının biyobozunabilirliği de test edilmiştir. Şekil 4.1'de glikoz, dizel, B20 ve B100 (saf biyodizel)'ün biyobozunabilirlik test sonucu görülmektedir. Biyodizel (soya metil esterleri) dizel formulasyonları içinde en büyük biyobozunabilirliği göstermiş olmakla birlikte glikoz ile karşılaştırıldığında tam biyobozunabilirlik gerçekleştirememiştir. B20, glikoz ve B100 (saf biyodizel)'den daha düşük biyobozunabilirlik göstermiştir. Saf hidrokarbon yakıtı olan dizel yakıtı ise en düşük biyobozunabilirliği göstermiştir.



Şekil 4.1: Dizel Formulasyonlarının Biyobozunabilirliği [29]

Tablo 4.2'de ise yakıt olarak bazı bitkisel yağların, metil esterlerin, benzinin ve ağır yakıtın biyobozunma yüzdeleri görülmektedir.

Tablo 4.2: Bazı Bitkisel Yağların, Metil Esterlerin, Benzinin ve Ağır Yakıtın Biyobuzunma Yüzdeleri

Yakıt Örneği	Bozunma (28 gün) (%)
Benzin (91 Oktan)	28
Ağır Yakıt (Bunker C Yağı)	11
Rafine Kolza Yağı	78
Rafine Soya Yağı	76
Kolza Yağı Metil Esteri	88
Ayçiçeği Tohumu Yağı Metil Esteri	90

Tablo 4.2'den görüldüğü gibi yağ metil esterlerinin biyobozunabilirliği diğer yakıtlardan çok daha yüksektir.[30]

4.7. Yağlama

Dizel yakıtı püskürtme sistemlerinin daha sağlıklı çalışabilmesi için, kullanılan dizel yakıtının yağlayıcı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Dizel yakıtının yağlama özelliği, özellikle dönen ve dağıtan tipte yakıt püskürtme pompaları için önemlidir. Bu pompalarda, hareketli parçalar, motor yağı tarafından yağlanır. Diğer dizel yakıt sistemlerinde yakıt yağlamadan kısmen sorumludur. Bu sistemlerde mekanizma tipik olarak, karşılıklı hareket eden parçalar ve onları saran yapılar arasındaki duvarları yağlamak için yakıtın kullanıldığı, bir pompa pistonu veya iğneden oluşur. Yakıtın yağlayıcılığı, iki metal parçanın yakıtın yağlayıcı etkisi altında bulunduğunda aralarında oluşan aşınma veya sürtünme miktarı ile ölçülür. Yakıt düşük yağlama özelliğine sahip ise, yüksek aşınma, çizilme meydana gelir ve bu sebeple bu aşınma ve çizilmeyi azaltmak ve parçaların ömrünü uzatmak için yakıtın yüksek yağlama özelliğine sahip olması gerekir.

Yakıtın yağlama özelliği bazen yanlış bir şekilde de olsa o yakıtın viskozitesi veya kalınlığı ile karıştırılır; fakat tamamen yanlış bir düşüncedir bu. Çünkü, yakıtın yağlama özelliğinin viskozitesi ile değil, temas halindeki metal yüzeylerdeki aşınmayı önleyen yakıt içindeki bileşenler ile yakından ilgilidir.

Dizel yakıtın yağlama özelliği çeşitli şartlara bağlı olarak çeşitlilik gösterebilir. Bu şartlar altında, yakıtın üretildiği ham petrolün kaynağını, yakıtın üretildiği rafinerizasyon işlemini, yakıtın nasıl taşındığını ve dağıtıldığını, bu katkı

maddelerinin yalnız veya diğer katkı maddeleri ile birlikte katılıp katılmadığını sayabiliriz.

Biyodizelin, çok küçük oranlarda dahi mevcut yakıta katılması, yakıtın yağlayıcılık özelliklerinin artmasına çok büyük katkıda bulunmuştur. Yağlama özelliğini belirlemek için kullanılan en popüler testler BOCLE (Ball on Cylinder Lubricity Evaluator) ve HFRR (High Frequency Reciprocating Ring) testleridir. BOCLE genellikle yakıtların veya yakıt karışımlarının yağlama özelliğini artırıcı katkı maddesi içeren yakıtların yağlayıcı özelliğini belirlemede kullanılabilir.[31]

Gerpen ve arkadaşları tarafından saf bitkisel yağın yağlama özelliğini değerlendirme amaçlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, 1 ve 2 numaralı 500 ppm düşük kükürt içeren dizel yakıtlarının yağlayıcılık özellikleri konusunda genel bir bilgi sağlanmıştır. Tablo 4.3'te düşük kükürt içeren dizel, bitkisel yağ ve biyodizel katılmış dizel yakıtının yağlayıcılık deney sonuçları görülmektedir. Bu tabloda, ASTM'nin SLBOCLE (3100 g) ve HFRR test prosedürleri için yayınlamış olan standartlarından çok farklı olan bir standart (3150 g) kaydedilmiştir. 500 ppm düşük kükürt içeren 1 no'lu dizel yakıtı (kerosen) dizel motorunda kullanılmadan önce yağlayıcılık katkı maddesine gerek olmuştur.

Yapılmış olan önceki araştırma biyodizelin gerçekten iyi yağlayıcılık özelliği olduğu öncülünü açıkça desteklemiştir ve yürütülen testlerde petrol dizel yakıtına nazaran biyodizelin yaklaşık 2 kez daha daha iyi yağlayıcılık özelliği sağlayabileceği önerilmiştir. Araştırmacılar, yeni düşük kükürtlü dizel yakıtının (≤15 ppm) ve biyodizelin (%1-2) dizel motorunun yakıt enjeksiyon sistemine yeterli yağlama sağlayıp sağlamayacağını belirlemek için yola çıkmışlardı. %1, %2 (ve daha fazlası) olarak dizele karıştırılan biyodizel volumetrik temelli olarak yağlayıcılık testi için hazırlanmıştır. Bu yakıtlar biribirinden bağımsız laboratuvarlarda ASTM-SL-BOCLE test prosedürleri kullanılarak analiz edilmiştir. SL-BOCLE testleri bir no'lu, iki no'lu dizel yakıtlar ve biyodizel için yürütülmüştür. Testlerin sonuçları ASTM D 6078 kullanılarak Tablo 4.4'te raporlanmıştır.

Bazı dizel motoru üreticileri 3100 g'nin SL-BOCLE'si modern dizel yakıt enjeksiyon sistemi için yeterli yağlamayı sağladığını belirtmiştir. Tablo 4.4'teki sonuçlar iki no'lu dizel yakıtı ile biyodizelin %1 değiştirilmesinin bir dizel motorunun enjeksiyon sistemi için yeterli yağlama sağlayacağını göstermektedir. Bir

no'lu dizel yakıtı için yağlayıcılıktaki artış %4 seviyelerine kadar ekleme olduğunda, ASTM SL-BOCLE yağlayıcılık standartından kısa düşmektedir.[32]

Beach ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada toplanan bilgi ve datalara göre, en azından %5-6 biyodizel yukarıdaki yeni ultra düşük kükürtlü 1 no'lu dizel yakıtının (3100 g) yağlayıcılığını artırmak için eklenmek zorundadır.

Tablo 4.3: Düşük Kükürtlü Dizel, Bitkisel Yağ ve Biyodizel Karışımlarının Yağlayıcılık Test Sonuçları

Kimyasal Katkı	F2 Ticari #2 kimyasal katkılı		F3 Kerosen (# dizel)		F4 Amoco #2	
	SL-BOCLE	HFRR	SL-BOCLE	HFRR	SL-BOCLE	HFRR
Yok	4150	376	1250	675	4200	531
%1 soya yağı	4150	365	3050	468	4550	303
%1 metil soya	5200	251	3700	294	4775	233

Tablo 4.4: Çok Düşük Kükürtlü Dizel ve Biyodizel (BD) Karışımlarının Yağlayıcılık SL-BOCLE Test Sonuçları

Fuel	%100 Dizel	%0.5 BD	%1 BD	%2 BD	%4 BD	%12 BD	%100 Biyodizel
No1	1250	-	2550	2880	2950	4200	5450
No2	2100	2600	3400	3500	-	-	5450

4.8. Toksik Etki

Biyodizel dizel yakıtına göre oldukça daha az toksiktir. Bununla birlikte ağızdan alınmasından ve cilt ile temasından kaçınılmalıdır.[7]

Biyodizelin olumsuz bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Biyodizel için ağızdan alınmada öldürücü doz 17.4 g biyodizel/kg vücut ağırlığı şeklindedir. Sofra tuzu için bu değer 1.75 g tuz/kg vucüt ağırlığı olup, tuz biyodizelden 10 kat daha yüksek öldürücü etkiye sahiptir. İnsanlar üzerinde yapılan elle temas testleri biyodizelin ciltte %4'lük sabun çözeltisinden daha az toksik etkisi olduğunu göstermiştir. Biyodizel toksik olmamasına karşın, biyodizel ve biyodizel-dizel karışımlarının kullanımında; dizel için zorunlu olan standart koşulların (göz koruyucular, havalandırma sistemi vb.) kullanılması önerilmektedir.[6]

4.9. Depolama Stabilitesi (Kararlılığı)

Depolama stabilitesi, bir yakıtın uzun süre depolandığı esnada kimyasal değişimlere direnebilme yeteneği olarak adlandırılabilir. Hava ile temas (oksidatif stabilite) ve su (hidrolik stabilite) depolama stabilitesini etkileyen ana faktörlerdir. Oksidatif stabilite sorunu, biyodizeli esas olarak uzun süre depolanması sırasında etkiler. Havanın, ısının, metal kalıntılarının, antioksidanların, peroksitlerin bulunması hem de depolama tankının niteliği bu durumu etkileyen parametrelerdir.[7]

Dizel için gerekli depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir. Depoloma, taşıma ve motor malzemelerinde bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir.[6]

5. BİYODİZELİN KALİTE PARAMETRELERİ

Biyodizelin kalitesi son kullanıcılar, motor üreticileri ve petrol şirketleri için saf olarak ya da dizel ile karıştırılarak kullanılmasını sağlaması açısından önemlidir.[8]

Viskozite, yoğunluk, setan sayısı, ısıl değer, akış özellikleri (bulutlanma-soğuk filtre tıkanma noktası-akma noktası), parlama noktası, oksidasyon kararlılığı, yağlayıcılık özelliği ve malzeme uyumu biyodizelin kalitesini belirleyen parametrelerdir.

Viskozitenin, yakıt enjeksiyon sisteminin performansı üzerinde olumsuz etkiye sebep olmaması için kabul edilebilir değerler arasında tutulması gerekmektedir. Bu yolla viskozite özellikleri, diğer dizel yakıtlarınınki ile eşit tutulmaya çalışılmaktadır. Düşük sıcaklıkta biyodizel kalınlaşabilmekte ve akmayabilmektedir. Bu durum da, enjektör ve pompaların performansını etkilemektedir.[33]

Yakıt besleme sisteminde yakıtın akıcılığı çok önemlidir. Yakıtın silindirler içinde atomizasyonu yanma performansı açısından çok önemlidir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine sebep olur ve yüksek pompalama basıncı gerektirir. Hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça viskozite artar, çifte bağ sayısı arttıkça viskozite azalır.[34] Biyodizelin yoğunluğu dizele göre daha yüksektir. Yoğunluk, yakıt tüketimine ve yanma ısısına etki etmektedir. Hidrokarbon zinciri uzadıkça yoğunluk azalır, çifte bağ sayısı arttıkça yoğunluk artar.

Isıl değer, yakıtın birim kütlesi/hacmi başına alınan enerji miktarını belirler. Doymuş hidrokarbonların zincir uzunluğu arttıkça ısıl değer artar, doymamışlık arttıkça (hidrojen sayısı azaldıkça) ısıl değer azalır. Biyodizel oksijen içeriğinden dolayı dizele kıyasla %11 daha az ısıl değere sahiptir. Düşük ısıl değer sonucu, motor gücü ve torkunda bir miktar düşüş görülebilmektedir. Ancak, yüksek yoğunluk nedeniyle, motorda ısıl değere bağlı olarak meydana gelebilecek önemli orandaki güç kaybı kısmen azalır.[35]

Setan sayısı dizel yakıtların yanma özelliğini etkileyen bir özelliktir. Yüksek setan sayısı TG süresini azaltır. Uzun düz zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayısı yüksektir. Soya ve ayçiçeği yağının doymamışlığı yüksek olduğundan setan sayıları düşüktür. Hayvansal yağların setan sayıları ise yüksektir.

Bulutlanma noktası, soğuk filtre tıkanma noktası ve akma noktası (CP, CFPP, PP) yakıtın soğukta akış özelliğini belirler. Doymuş hidrokarbonların CP, CFPP, PP değerleri yüksektir. Yüksek sıcaklıklarda kristalize olurlar. Soğuk akış özelliği iyi olmayan yakıt kullanımı motorun yakıt besleme elemanlarına hasar verebilmektedir. Ayrıca motorda ilk hareket problemleri oluşabilmektedir. Bu nedenle, biyodizelin soğuk havada çalışma sıcaklıkları dizele kıyasla daha elverşsiz gözükmektedir. Bunun için uygun biyodizel yakıt katkısı ve yakıt ısıtma işlemi gerekmektedir.

Parlama noktası yakıtların taşınma ve depolanmasında çok önemlidir. Biyodizelin en önemli avantajlarından biri parlama noktasının yüksek olmasıdır. Bu da taşıma ve depolamaya olumlu etkide bulunmaktadır.

Biyodizelin kimyasal yapısı itibari ile oksidasyon kararlılığı dizele göre çok daha düşüktür. Özellikle çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyon kararlılığı açısından düşük, doymuş yağ asitlerinin oksidasyon kararlılığı yüksektir. Oksidasyon kararlılığı ham yağın tokeferol ve karoten (antioksidan) içeriğine bağlıdır. Bu sorun antioksidan katkılar kullanılarak giderilebilmektedir.

Motor elemanlarının (piston-segman bölgeleri, yakıt pompaları, enjektörler vb.) sürtünme ve aşınma problemlerinin giderilmesi için yağlama ihtiyacı vardır. Günümüz dizel yakıtlarındaki kükürt miktarı oldukça düşürülmüştür. Kükürt miktarı düşürülmüş dizel yakıtları için yağlama özelliğini arttıran katkılar kullanılmaktadır. Ancak, katkı miktarı arttığında yakıt besleme elemanlarında tortular oluşmaktadır. Biyodizelin yağlayıcılık özelliği çok iyidir. Bazı çalışmalarda %0.15-0.50 (v/v) biyodizel eklemesi ile kükürtsüz dizel yakıtı için aşınma izi standartta bulunan 460 mikrometre değerinin altında kalmıştır.

Biyodizel orta sınıf bir çözücüdür. Boyanmış yüzeyler ile temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Biyodizelin çözücü özelliğinden dolayı daha önceden dizelden kaynaklanan tortuları çözerek yakıt filtresinin hatta enjektörlerin tıkanmasına neden olur. Biyodizel yakıt deposuna konulmadan önce yakıt deposunun içi temizlenmelidir. Biyodizelin oksidasyonu sonucu organik asitler veya polimerler

oluşmaktadır. Oluşan asitler bakır, pirinç, bronz ve diğer bakır alaşımları, çinko, çinko alaşımları, çinko-fosfat yüzeyler, kurşun, bronz içinde kurşun (alaşım olarak) gibi malzemelere etki etmektedir. Oluşan korozyonun enjektör memesinin koklaşması, yüzeylerin zayıflaması gibi etkileri olmaktadır. Bu nedenle alüminyum ve paslanmaz çelik alternatif malzemelerdir.[34]

6. BİYODİZEL STANDARTLARI

Biyodizel saf ve dizel-biyodizel karışımları şeklinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yakıtlar aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

B5 : % 5 Biyodizel+ %95 Dizel

B20 : % 20 Biyodizel+ %80 Dizel

B50 : % 50 Biyodizel+ %50 Dizel

B100 : %100 Biyodizel

Otobiyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile, ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir.[6]

Tablo 6.1: Biyodizel İçin Mevcut Standartlar [36,37]

Kriter	Birim	EN 14214	ASTM D 6751
Yoğunluk 15 °C	g/cm^3	0.86-0.9	-
Viskozite 40 °C	mm^2/s	3.5-5.0	1.9-6.0
Parlama Noktası	°C	≥120	≥130
Kükürt İçeriği	mg/kg	≤10	≤15
Sülfatlanmış Kül	% kütle	≤0.02	≤0.02
Su İçeriği	mg/kg	≤500	≤500
Karbon Kalıntısı	% kütle	≤0.03	≤0.05
Toplam Kirlilik	mg/kg	≤24	-
Bakır Şerit Korozyonu 3h/50°C		Sınıf 1	Sınıf 3
Setan Sayısı		≥51	≥47
Asit Sayısı	mgKOH/kg	≤0.5	≤0.8
Metanol İçeriği	% kütle	≤0.2	-
Ester İçeriği	% kütle	≥96.5	-
Monogliserit İçeriği	% kütle	≤0.8	-
Digliserit İçeriği	% kütle	≤0.2	-
Trigliserit İçeriği	% kütle	≤0.4	-
Serbest Gliserol	% kütle	≤0.02	≤0.02
Toplam Gliserol	% kütle	≤0.25	≤0.24
İyot Sayısı		≤120	-
Fosfor İçeriği	mg/kg	≤10	≤10
Alkali metaller (Na+K)	mg/kg	≤5	-

EN 14214: Mevcut standartların içinde en yüksek olan standart olarak sayılan ve hemen hemen tüm araç üreticileri tarafından dizel yakıtlar için en sert standartlar ile uygunluğun kanıtı olarak değerlendirilen biyodizel için bir Alman standardı olan DIN 51606'yı temel almaktadır.

ASTM D 6751: ABD ve Kanada'da yaygın olarak kullanılan biyodizel standartıdır.[36]

Ülkemizde EN standardları temel alınarak hazırlanmış,
TS EN 14214 : OTOBİYODİZEL
TS EN 14213 : YAKITBİYODİZEL standartları yürürlüktedir

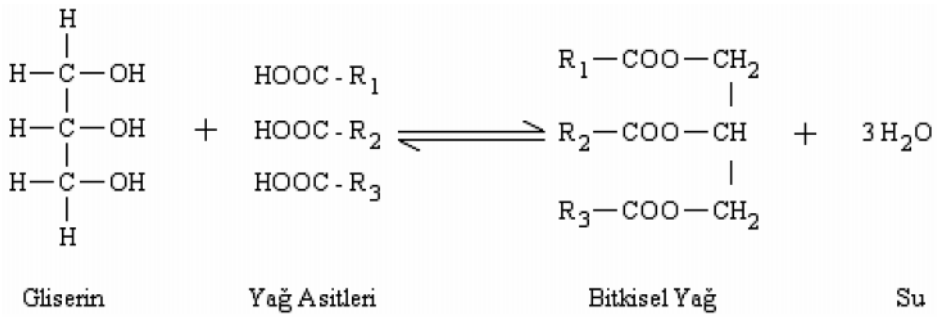
7. BİYODİZEL ÜRETİMİ

7.1. Bitkisel Yağlar

Biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılan yağın cinsi oldukça önemlidir. Çünkü kullanılan yağda bulunan yağ asitlerinin türleri ve oranları, üretilen biyodizelin yakıt kalitesi üzerinde en önemli etkiye sahiptir.

7.1.1. Bitkisel Yağların Yapısı

Bitkisel yağlar (trigliseritler) bir gliserol molekülü ile yağ asitlerinin yapmış olduğu esterlerden oluşmaktadır.



Şekil 7.1: Yağ Asitlerinin Gliserinle Esterleşmesi

Çeşitli yağların özelliklerini, yapısına katılan asitlerin cinsi ve sayısı vermektedir. Yağ asitlerinin yapıları da birbirinden farklı olmaktadır. Yağlar, kimyasal deyimle doymuşlar ve doymamışlar olarak iki büyük grupta toplanmaktadır. Oda sıcaklığında sıvı olan bitkisel yağlar doymamış yağ asitlerinden yapılmıştır. Yağ asitleri denklem 7.1'deki genel formülle gösterilmektedir:

$$CH_3(CH_2)_n COOH \qquad \textbf{(7.1)}$$

Yağ asitleri üç tipe ayrılmaktadır:

1. Doymuş yağ asitleri
2. Tekli doymamış yağ asitleri

3. Çoklu doymamış yağ asitleri

7.1.1.1. Doymuş Yağ Asitleri

Karbon atomu arasında sadece tek bağlar bulunmaktadır. Yapılarında çift bağ bulunmamaktadır. Genel formülleri R-COOH'dir. (R: Hidrokarbon zinciri) Bu grubun en basit üyesi formik asittir (HCOOH); ikinci üyesi ise asetik asit (CH_3-COOH), sonra gelen üyeler zincire CH-(metilen) gruplarının eklenmesiyle uzamaktadır. Bünyesinde doymamışlık (-C=C-) bulundurmayan yağ asitlerinin, molekül ağırlığı arttıkça erime noktası ve kaynama noktaları yükselmektedir. Doymuş yağ asitlerinin kimyasal tepkimelere yatkınlığı oldukça azdır.

Bitkisel yağlarda, doymuş yağ asitlerinden, mistrik asit %1-5, palmitik asit %5'ten daha az, stearik asit ise çok düşük olarak bulunmaktadır.

7.1.1.2. Tekli Doymamış Yağ Asitleri

Bu grup yağ asitleri bir veya birden fazla çift bağ içermektedir. Genellikle bir çift bağ içeren doymamış yağ asitlerinin tekli doymamış genel formülü denklem 7.2'de görülmektedir:

$$R-CH=CH(CH_2)_7-COOH\ ,\ C_nH_{2n}O_2 \qquad \textbf{(7.2)}$$

Doğal yağlarda en çok rastlanan tekli doymamış yağ asitleri, palmitoleik asit ve oleik asittir. Bunlar oda sıcaklığında sıvı halde bulunmatadır. Tekli ve doymamış olanlar oleik asit ile temsil edilmektedir. 9. ve 10. karbon bağları arasında çift bağ içermektedir. Zeytin yağının %72'si oleik asitten meydana gelmektedir. Oleik asit, hemen hemen bütün bitkisel yağlarda bulunan tekli doymamış yağ asitlerindendir. Tekli doymamış yağ asitleri, zeytin yağı, kolza yağı ve ayçiçek yağında fazla miktarda bulunmaktadır.

7.1.1.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri

Molekülde karbon atomları arasında iki (dien) veya daha fazla (polien) çift bağ içermektedir. Polien grubunun genel formülü $C_nH_{2n-X}O_2$ şeklinde yazılabilmektedir. (X: Moleküldeki çift bağ sayısı x 2'ye eşittir.) Bitkisel sıvı yağlar (ayçiçek yağı, mısır yağı, soya yağı, pamuk yağı) çoklu doymamış yağ asitleri içeren yağlara örnek verilmektedir.

7.1.1.4. Gliserin

Gliserin üç hidroksil grubu taşıyan bir alkoldür. Yağ ve yüksek yağ asitlerinin aksine klorofon, benzen, petrol eteri ve eter gibi yağ çözücülerde çözülmeyip, buna karşın su ve alkolde çözülmektedir. Gliserin; kokusuz, erime noktası 20 °C, kaynama noktası 290 °C olan bileşikten oluşmaktadır. Gliserin ısıtılınca keskin kokulu akrolein maddesine dönüşmektedir. Bu bakımdan madeni yağlardan ayrılabilmektedir.[38]

7.1.2. Bitkisel Yağların Özellikleri

Tablo 7.1'den de görülebileceği gibi, bitkisel yağların kinematik viskozite değerleri 38 °C'de 30-40 cSt arasında değişmektedir. Bu yağların yüksek viskozitelerinin olmasının nedeni 600-900 arasında değişen büyük moleküler kütlelerine sahip olmalarıdır. Bu dizel yakıtının yaklaşık 20 katıdır. Bitkisel yağın parlama noktası çok yüksektir. (200 °C'nin üstünde) Isıl değerleri ise, 39-40 MJ/kg arasındadır. Dizel yakıtının ise 45 MJ/kg'nin üstündedir. Oksijen ile kimyasal bağın varlığı, bitkisel yağların ısıl değerlerini yaklaşık olarak % 10 düşürmektedir. Setan sayıları ise genel itibariyle 32-40 arasındadır.

Bitkisel yağları dizel yakıtı ile karıştırmak, saf bitkisel yağ ile çalıştırılan dizel motorundaki sorunları çözecekti. Dizel yakıtları bitkisel yağlar ile çok iyi çözünmektedir. Bitkisel yağlar dünyanın her yerinde bulunduğu için böyle bir avantajları vardır. Yıldan yıla ekilebilen yağ tohumlarını üreten bitkiler gibi yenilenebilirler. Nadiren kükürt elementi içerdikleri için çevre için daha yeşildirler; yani çevre ile daha dostturlar. Lakin, dizel yakıtının yerine dizel motorlarında gerçekten uygulanabilmeleri, kullanılabilmeleri için pek çok çalışma daha yapılmalıdır.

Vellguth ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, bitkisel yağların dizel motorunda yeterli güç elde edilebildiğini; lakin üzerinde bir değişiklik yapılmamış enjektörlerin kömürleştiği rapor edilmiştir. Herhangi bir süre uzunluğunda ön yanmalı olarak girdap yanma odasında bu yakıtlarla dizel motoru çalıştırıldığında, bitkisel yağlarla elde edilen motor performansının daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Senthilkumar ve arkadaşları tarafından Kirloskar AV1 4 zamanlı, su soğutmalı tek silindirli dizel motorunda yapılan çalışmada, daha iyi performans için dizel için

pükürtme zamanlaması üst ölü nokta öncesinde 27° iken, bitkisel yağlar ve bitkisel yağların esterleri için 29° olarak belirlenmiştir.

Tablo 7.1: Bitkisel Yağların Özellikleri

Bitkisel Yağ Türü	Kinematik Viskozite 38 °C'de (mm^2/s)	Setan Sayısı	Isıl Değer (MJ/kg)	Bulutlanma Noktası (°C)	Akma Noktası (°C)	Parlama Noktası (°C)	Yoğunluk (kg/l)
Mısır	34.9	37.6	39.5	-1.1	-40.0	277	0.9095
Pamuk Tohumu	33.5	41.8	39.5	1.7	-15.0	234	0.9148
Krambe	53.6	44.6	40.5	10.0	-12.2	274	0.9048
Keten tohumu	27.2	34.6	39.3	1.7	-15.0	241	0.9236
Yer fıstığı	39.6	41.8	39.8	12.8	-6.7	271	0.9026
Kolza tohumu	37.0	37.6	39.7	-3.9	-31.7	246	0.9115
Aspur	31.3	41.3	39.5	18.3	-6.7	260	0.9144
Susam	35.5	40.2	39.3	-3.9	-9.4	260	0.9133
Soya fasulyesi	32.6	37.9	39.6	-3.9	-12.2	254	0.9138
Ayçiçeği	33.9	37.1	39.6	7.2	-15.0	274	0.9161
Palmiye	39.6	42.0	-	31.0	-	267	0.9180
Babassu	30.3	38.0	-	20.0	-	150	0.9460
Dizel	3.06	50	43.8	-	-16	76	0.855

7.1.3. Bitkisel Yağların Uygunluğu

Aşağıda görülen bitkisel yağlara ait özellikler dizel yakıtının yerine kullanılmasında yardımcı olmuştur:

- Setan sayısının benzer ya da dizel yakıtınınki ile aynı olması.
- Çeşitli bitkisel yağların ısıl değerleri dizel yakıtının ısıl değerinin %90'ı civarındadır.
- Özellikle uzun zincirli doymuş, dallanmamış hidrokarbonlar konvensiyonel dizel yakıtı için uygundur. Yağ asitlerindeki uzun dallanmamış hidrokarbon zincirleri bu gereksinimleri karşılamaktadır.

7.1.4. Dizel Motorlarda Bitkisel Yağların Kullanımındaki Problemler

Saf bitkisel yağların konvansiyonel dizel motorlarında kullanılmasında aşağıdaki problemler mevcuttur:

1. Yağın türleri ve kalitesi ile yerel iklim şartları.
2. Bitkisel yağların dizel motorundaki püskürtme, atomizasyon ve yanma karakteristiklerinin dizel yakıtından önemli derecede farklı olması.
3. Bitkisel yağın yüksek viskozitesinin olması ve püskürtme prosesini engellemesi ve zayıf yakıt atomizasyonuna neden olması.
4. Yağın hava ile yetersiz karışması yanmanın tamamlanamamasına ve ciddi is emisyonuna neden olmaktadır.
5. Yüksek parlama noktası daha düşük uçuculuk karakteristiklerinin sonucudur.
6. Bulutlanma ve akma noktaları dizel yakıtından önemli derecede daha yüksektir. Bu yüksek değerler soğuk havalarda problemlere neden olabilir.
7. Yağlama yağı seyrelmesi.
8. Yüksek karbon birikintileri.
9. Segman yapışması.
10. Motor kaplama maddesinin sürüyerek aşınması.
11. Enjeksiyon memesinin bozulması.

Eğer bitkisel yağlar kimyasal karakteristik olarak dizel yakıtına benzeyen biyodizele dönüştürülürse, bu problemler çözülebilir.[39] Biyodizel üretimi için bilinen ve en çok kullanılan yöntem ise transesterifikasyondur.[7] Transesterıfıkasyon dışında en çok kullanılan yöntemler; doğrudan kullanım, mikroemülsiyon ve pirolizdir.

7.2. Doğrudan Kullanım

Bitkisel yağların, dizel yakıtına göre yüksek viskoziteye ve yüksek moleküler ağırlığa sahip olmaları nedeniyle, kısa süreli çalışmalarda olumlu sonuçlar vermesine rağmen, uzun süreli çalışmalarda problemlerle karşılaşılmıştır. Bu problemler çeşitli motor parçaları üzerinde (piston, yanma odası, manifold ve enjektör gibi) normal sayılamayacak düzeyde karbon birikintileri, enjektörlerde ve filtrelerde tıkanma,

segmanlarda yapışma, yağlama yağında bozulmalar ve yakıt püskürtme karakteristiklerinin değişmesidir.

Araştırmacılar bitkisel yağların dizel motorlarında direkt olarak kullanım imkanlarının iyileştirilmesi için öncelikle iki metot üzerinde durmuşlardır. Bunlardan biri bitkisel yağların belirli oranlarda dizel yakıtı ile karıştırılması, diğeri ise çeşitli metotlar kullanılarak bitkisel yağların ısıtılması suretiyle özelliklerinin iyileştirilmesidir.

Karışım yöntemi en eski ve en kolay yöntemlerden biridir. Uzun yıllardan bu yana yapılan birçok çalışmada bitkisel yağlar dizel yakıtı ile çok çeşitli oranlarda karıştırılarak yakıt özellikleri incelenmiştir. Bu yöntemde karışımların içerisindeki dizel yakıtı oranına bağlı olarak yakıtın viskozite, buharlaşma, püskürtme karakteristikleri gibi özelliklerinde iyileşme olduğu görülmüştür.

Isıtma yönteminde uygulama iki aşamalı yapılmaktadır. Birincisinde yakıt olarak kullanılan bitkisel yağ yakıt filtresi öncesinde motor soğutma suyu ya da çeşitli elektrikli ısıtıcılar kullanılarak ısıtılmaktadır. Filtre öncesi ısıtma bitkisel yağların direkt olarak kullanımında karşılaşılan en büyük sıkıntılardan birisini oluşturan filtre tıkanma probleminin aşılmasını sağlamaktadır. Filtre sonrasında ise ısıtma işleminde genellikle egzoz gazlarından yararlanılmaktadır. Egzoz gazları ile bitkisel yağların sıcaklıkları 100 °C üzerinde bir sıcaklığa çıkarılabilmektedir. Bitkisel yağların ısıtılması ile bitkisel yağın viskozite değerinin düştüğü, atomizasyonun iyileştiği, motor muhtelif parçaları üzerindeki karbon birikintisi miktarının azaldığı ve egzoz emisyonlarında düzelmeler olduğu saptanmıştır.

7.3. Mikroemülsiyon

Bitkisel yağların yüksek viskozitesini düşürmek amacı ile kullanılan bir diğer yöntem ise metanol, etanol veya 1-bütanol gibi kısa zincirli alkoller ile mikroemülsiyon oluşturulmasıdır. Mikroemülsiyon, boyutları 1-50 nm arasında olan optikçe izotropik sıvı mikro yapılarının denge dağılımı olup normalde karışmayan iki sıvı ve bir ya da daha fazla aktif maddenin bir araya gelmesi ile oluşur.

Bu yöntemle elde edilen yakıtların viskozitelerinde azalmalar ve püskürtme karakteristiklerinde iyileşmeler gibi olumlu sonuçlar kaydedilmiş olmasına rağmen, bu yakıtların bünyelerinde bulundurdukları alkol nedeni ile setan sayılarında ve ısıl

değerlerinde düşüşler olmakta ve dolayısıyla motor performansları olumsuz yönde etkilenmektedir.

7.4. Piroliz

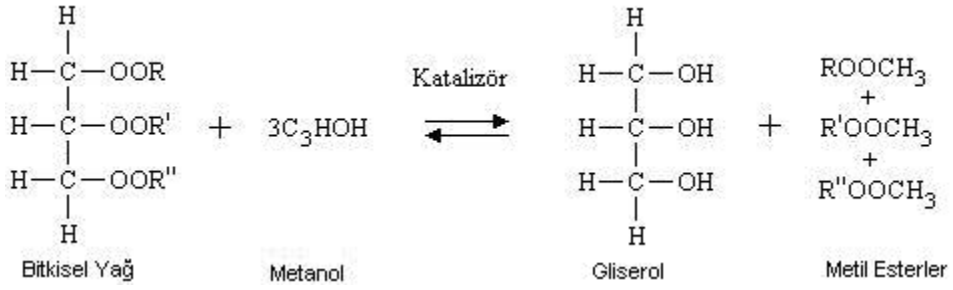
Bu yöntemde bitkisel yağ molekülleri yüksek sıcaklıkta oksijensiz bir ortamda daha küçük moleküllere parçalanmaktadır. Bu proses C-C veya C-H bağlarında ayrılmalar şeklinde gerçekleşir. Bu işlem hidro kraking, katalitik kraking ve termal kraking olmak üzere üç kısma ayrılır. Üretilen ürünün miktarı kullanılan metoda, reaksiyon parametrelerine bağlıdır. Örneğin düşük sıcaklıklarda düşük reaksiyon hızlarında katı ürün, hızlı sıcaklık artışı ile yapılan kısa sürede gerçekleştirilen kraking işlemleri ile daha çok sıvı ürün elde edilmektedir. Bu yöntemle bitkisel yağların yakıt özellikleri dizel yakıtı özelliklerine yaklaşmasına rağmen enerji sarfiyatının yüksek olması en önemli dezavantajıdır.[40]

7.5. Transesterifikasyon Reaksiyonu

Genel olarak, bitkisel yağ %97 oranında trigliserit ve %3 oranında digliserit ve monogliserit ve de yağ asitleri içerir. Tüm gliserol ve yağ asitlerinin bir katalizör varlığında bitkisel yağdan çıkarılması işlemine transesterifikasyon denilmektedir.[39]

Transesterifikasyon işlemi bitkisel yağların viskozitesini düşürürken, yakıtın ısıl değerini de önemli derecede etkilememektedir.

Bitkisel yağ sodyum/potasyum hidroksit, metoksit katalizörü varlığında metanol ile reaksiyona girerek esterleşmiş bitkisel yağı, metil esterleri (biyodizel) oluşturur.[39] Metanol dışında etil, izopropil ve bütil alkol de kullanılabilir. Asit katalizörlü transesterifikasyon da mümkündür. En yaygın olarak hazırlanan esterler metil esterlerdir, çünkü çoğu yerde en ucuz alkol metanoldür. Brazilya'da etanol daha ucuz olduğu için, etil esterler yakıt olarak kullanılmaktadır.[7] Şekil 7.2'de transesterifikasyon reaksiyonu görülmektedir:



Şekil 7.2: Transesterifikasyon Reaksiyonu [39]

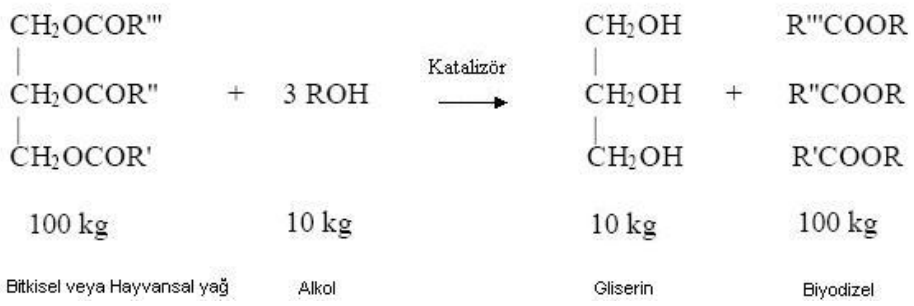
Biyodizel için üretim prosesleri iyi bilinmektedir. Bitkisel yağlardan veya hayansal yağlardan biyodizel üretimi için 3 temel yol vardır:

- Baz katalizörlü transesterifikasyon
- Asit katalizörlü transesterifikasyon
- Yağın yağ asitlerine dönüştürülmesi ve sonrasında biyodizele dönüştürülmesi

Biyodizel üretimi için en yaygın olarak baz katalizörlü transesterifikasyon işlemi kullanılmaktadır. Bunun nedenleri şunlardır:

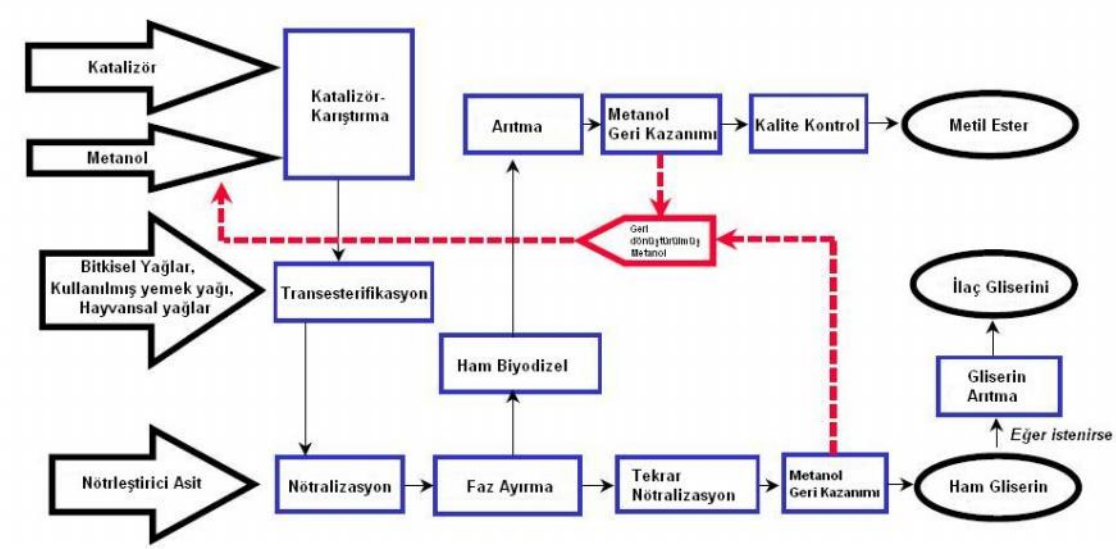
- Daha düşük sıcaklık ve basıncının olması.
- Minimum yan reaksiyonlar ve reaksiyon süresi ile dönüştürme yüzdesinin yüksek olması. (%98)
- Ara madde bileşikleri olmadan biyodizele direkt dönüşümün olması.
- Yapısında hiçbir yabancı, harici maddeye ihtiyaç olmaması.

Şekil 7.3'te baz katalizörlü biyodizel üretiminin kimyasal reaksiyonu görülmektedir. 10 kg hayvansal yağ veya bitkisel yağ (soya yağı gibi) katalizör varlığında 10 kg kısa zincirli alkol ile tepkimeye girer ve 10 kg gliserin ile 100 kg biyodizel oluşur. ROH olarak ifade edilen ROH (genellikle metanol, bazen etanol) kısa zincirli alkol olup, hızlı dönüşümün sağlanması için aşırı miktarda ortama eklenir. Metanolle karıştırılan katalizör genellikle sodyum veya potasyum hidroksittir. R', R", and R'" bitkisel veya hayvansal yağ asidi zincirlerini göstermektedir ve çoğunlukla palmitik, stearik, oleik ve linoleik asitleridir.



Şekil 7.3: Biyodizel Reaksiyonu

Şekil 7.4'te biyodizel üretim prosesi görülmektedir:



Şekil 7.4: Biyodizel Üretim Prosesi

Baz katalizörlü biyodizel üretiminin aşamaları şunlardır:

Katalizör ve Alkolün Karıştırılması: Katalizör tipik olarak sodyum hidroksit (kostik soda) veya potasyum hidroksit (potas)'tir. Standart bir karıştırıcı veya mikser kullanılarak alkol içinde çözülür.

Reaksiyon: Alkol ve katalizör karışımı kapalı reaksiyon kabına doldurulur ve yağ ilave edilir. Sonrasında, sistem alkol kaybını önlemek amacıyla ortama tamamen kapalı duruma getirilir. Reaksiyon karışımı, reaksiyonu hızlandırmak için alkolün kaynama noktasının (yaklaşık 70 °C) hemen üstünde tutulur ve reaksiyon gerçekleştirilir. Önerilen reaksiyon süresi 1-8 saat arasında değişmektedir. Bazı sistemler, reaksiyonun oda sıcaklığında gerçekleşmesini önermktedir. Yağın tam olarak esterlerine dönüşümünü garanti etmek için fazla miktarda alkol kullanılır.

Yağın içinde bulunan serbest yağ asitleri ve su miktarının devamlı olarak izlenmesine dikkat edilmelidir. Eğer serbest yağ asidi veya su derecesi çok yüksekse, sabun oluşumuyla ve alt akımda bulunan ve yan ürün olan gliserinin ayrılması ile ilgili problemlerin oluşmasına neden olabilir.

Ayırma: Reaksiyon tamamlandığında iki ana ürün oluşur. Bu ürünler gliserin ve biyodizeldir. Her iki üründe de reaksiyonda fazlaca kullanılan metanolden önemli miktarda bulunur. Eğer gerekirse, karışımın nötralizasyonu bazen bu adımda yapılır. Gliserin fazı biyodizel fazından daha yoğundur ve bu iki faz yerçekimi yardımıyla birbirinden kolayca ayrılır ki kabın alt kısmında bulunan gliserin basit bir şekilde boşaltılır. Bazı durumlarda, malzemeleri daha hızlı ayırmak için santrifüj kullanılır.

Alkolün Uzaklaştırılması: Biyodizel ve gliserin fazları ayrıldıktan sonra, fazla alkol flash evaporasyonla ya da distilasyonla her fazdan uzaklaştırılır. Diğer sistemlerde, alkol uzaklaştırılır ve karışım gliserin ve esterler ayrılmadan önce nötralize edilir. Her iki durumda da, distilasyonla alkol geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Geri kazanılan alkolde su birikintisinin olmamasını garanti etmek için dikkatli olunmalıdır.

Gliserinin Nötralizasyonu: Yan ürün olan gliserin kullanılmamış, yani reaksiyona girmemiş katalizör ve sabunlar içerir. Bu ürünler bir asit yardımı ile nötralleştirilip ham gliserin olarak depoya gönderilir. Bazı durumlarda nötralizasyon esnasında oluşan tuz, gübre olarak kullanmak amacıyla geri kazanılır. Çoğu durumda tuz gliserin içinde bırakılır. Gliserinden su ve alkol uzaklaştırılarak %80-88 saflıkta gliserin üretilir ve ham gliserin olarak satılmak için hazır bulunur. Daha özel işlemlerde gliserin %99 veya daha üzeri saflıkta distile edilebilir ve kozmetik ve ilaç sektörüne satılır.

Metil Esterin Yıkanması: Gliserinden ayrılan biyodizel, arta kalan katalizör veya sabunların uzaklaştırılması için bazen arıtılması amacıyla ılık suyla yavaşça yıkanır, ardından kurutulur ve depolamaya gönderilir. Bazı proseslerde bu adım gereksizdir. Üretim prosesinin sonunda parlak amber sarısı ve viskozitesi dizele yakın olan bir sıvı elde edilir. Bazı sistemlerde biyodizel, küçük miktarlardaki renkli yapıyı uzaklaştırarak renksiz biyodizel üretmek için ek bir adımda daha distile edilir.[41]

7.2.1. Transesterifikasyon Reaksiyonunu Etkileyen Faktörler

Transesterifikasyon reaksiyonu verimini reaksiyon şartlarına bağlı olan çeşitli faktörler etkilemektedir. Bu faktörler aşağıda görülmektedir.

7.2.1.1. Serbest Yağ Asidi Oranının ve Suyun Etkisi

Serbest yağ asidi ve nem içeriği transesterifikasyonu etkileyen anahtar parametreler olarak nitelendirilebilir. Baz katalizörlü reaksiyonun tamamlanmasını sağlamak için, serbest yağ asidi miktarının %3'ten az olması gerekmektedir. Yağın asitliği yükseldikçe dönüşüm verimi daha düşük olmaktadır. Katalizör miktarının yetersiz olduğu gibi aşırı olması da sabun oluşumuna neden olabilir.[42]

Reaksiyonda suyun varlığı, serbest yağ asidinin varlığından çok daha büyük negatif bir etki gösterir. Yağdaki serbest yağ asidi ve su, reaksiyonun sabunlaşmasına neden olur ve katalizörün etkinliğini azaltır.[43]

7.2.1.2. Katalizör Tipi Etkisi

Transesterifikasyon reaksiyonu alkaliler, asitler veya enzimler tarafından katalize edilebilir.[44] Trigliseritlerin transesterifikasyonunda kullanılan katalizörler alkali, asit enzim veya heterojen katalizörler olarak sınıflandırılır. Bunların arasında sodyum hidroksit, sodyum metoksit, potasyum hidroksit, potasyum metoksit gibi alkali katalizörler daha etkilidir.[33] Eğer yağ, yüksek serbest yağ asidi ve fazla su içeriyorsa, asit katalizörlü (asitler sülfürik asit, hidroklorik asit, fosforik asit veya organik sülfonik asit olabilmektedir.) transesterifikasyon uygundur.[45] Aynı zamanda lipitler de biyokatalizör olarak kullanılabilirler. Asit katalizörlü transesterifikasyon, alkali katalizörlüden çok daha yavaştır.[44] Biyodizel üretim proseslerinde hammadde olarak kullanılan yağların içerisindeki serbest yağ asidi oranı %4'ten fazla olduğu zaman, asit katalizörler kullanılarak serbest yağ asitleri esterleştirilirler. Serbest yağ asitleri esterleştirilerek nötrleştirilen ürün, alkali katalizör kullanılarak esterleştirilir. Asit katalizörle ön reaksiyon nötrleştirme işlemleri, genelde serbest yağ asidi oranı yüksek olan kullanılmış yağlar ve hayvansal yağlardan biyodizel üretiminde kullanılır.

7.2.1.3. Alkol / Yağ Oranı ve Alkol Tipinin Etkisi

Ester verimini etkileyebilecek önemli faktörlerden biri de alkol/yağ (trigliserit) mol oranıdır.[20] Transesterifikasyon stokiyometrik olarak, üç mol yağ asidi alkil esterleri ve bir mol gliserin oluşturmak için üç mol alkol ve bir mol trigliserite ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte, transesterifikasyon, reaksiyonu sağ tarafa kaydırmak için oldukça aşırı alkole ihtiyaç duyan bir denge reaksiyonudur.

Maksimum ester dönüşümü için mol oranı 6:1 olmalıdır. Molar oranın metil esterlerdeki asit, peroksit, iyot miktarı üzerine bir etkisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, yüksek mol oranı çözünürlüğü artırdığı için gliserinin ayrılmasını zorlaştırmaktadır. Gliserin çözeltinin içinde kaldığı zaman, reaksiyon dengesini sol tarafa kaydırır ki, bu da ester verimini düşürür.

Baz katalizörlü etil ester oluşumunun metil ester oluşumu ile karşılaştırılması zordur. Etanoliz sırasında kararlı emülsiyon oluşumu problem yaratmaktadır. Ortam sıcaklığında metanol ve etanol trigliseritlerle karışmazlar ve reaksiyon karışımı genelde kütle transferini artırmak için mekanik olarak gerçekleştirilir. Reaksiyon esnasında genelde emülsiyonlar oluşur. Bu emülsiyonlar metanoliz olayında, düşük gliserin fazı ve yüksek metil ester fazı oluşturmak üzere çabuk ve kolay bozulurlar. Etanolizde bu emülsiyonlar daha kararlıdır; esterlerin ayrılmasını ve saflaştırılmasını oldukça zorlaştırır. Yapılan çalışmalar aynı şartlarda etil alkolün reaksiyon veriminin metil alkolün reaksiyon veriminden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Metil alkol esterlerinin yakıt özellikleri, etil alkolün esterlerine göre dizel yakıtı özelliklerine daha yakındır. Büyük çaplı biyodizel üretim tesislerinde metil alkolün, etil alkole göre daha iyi sonuç vermesi, daha ekonomik olması ve temininde sıkıntı yaşanmaması tercih nedenleri arasındadır. Alkolün proses sonunda az da olsa biyodizel içinde kalması, yakıt pompası, conta ve plastik aksamlara olumsuz etkileri olduğu gibi, parlama noktasını ve setan sayısını düşürmekte ve sonuçta kötü yanmaya sebep olmaktadır.[46]

7.2.1.4. Reaksiyon Süresinin Etkisi

Reaksiyon verimi, dönüşüm oranı zamana bağlı olarak artış gösterir. Yapılan farklı çalışmalarda, reaksiyonda ilk dakikalarda, karıştırmaya ve alkolün yağ içerisindeki dağılmasına bağlı olarak farklı verimler elde edilmesine rağmen, zaman içinde verimlerin birbirine yaklaştığı görülmektedir. Transesterifikasyon reaksiyon süresi alkali katalizör kullanıldığında genel olarak 1 saat dolayında iken; asit katalizörlerde ise daha fazla zamana ihtiyaç olmaktadır.[47]

Ester dönüşümü reaksiyon süresinin uzamasıyla artmaktadır. Çanakçı ve Van Gerpen, bir pilot ünite kurarak yüksek oranda serbest yağ asidi içeren yağların, biyodizel yakıtına dönüşümünde etki eden faktörleri incelemişler. Oda sıcaklığında metil alkollü potasyum hidroksit (%1) çözeltisi hazırlayarak, 6:1 molar oranında ve 8

saatte transesterifikasyon reaksiyonu gerçekleştirerek gliserin oranındaki değişimi gözlemişler. 8 saatlik test süresinin her saatinde karışımından numune alarak gliserin oranını belirlemişlerdir. Buldukları gliserinin zamanla değişimi oranı Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2: Transesterifikasyon Reaksiyonu Süresince Gliserin Değişimi

	Zaman (sa)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Gliserin Oranı (%)	11.07	1.09	0.79	0.69	0.62	0.56	0.54	0.53	0.52

Tablo 7.2'den ester dönüşümü arttıkça gliserin oranının azaldığı görülmektedir.[43]

7.2.1.5. Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi

Reaksiyon sıcaklığı transesterifikasyon verimi ve hızı üzerinde etkili olan en önemli parametrelerden biridir. Kullanılan yağa bağlı olarak bitkisel yağların transesterifikasyon reaksiyonları gerçekleştirilebilmektedir. 65, 45 ve 32 °C sıcaklıklarda yapılan deneylerde 6 dakika içinde esterleşme verimleri sırasıyla %94, %87 ve %64 olarak ölçülmüştür. Ayrıca 1 saat sonunda, 45 ve 65 °C sıcaklıklarda elde edilen ürünlerin esterleşme verimlerinin birbirlerine yakın olduğu, bununla birlikte 32 °C reaksiyon sıcaklığında elde edilen ürünün esterleşme veriminin ise daha düşük olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak şu söylenebilir ki, sıcaklık esterleşmede, reaksiyon hızında ve veriminde önemli bir etkiye sahiptir.[45]

Transesterifikasyon reaksiyonu kullanılan alkol ve yağa bağlı olarak farklı sıcaklıklarda gerçekleşebilir. Genelde reaksiyon alkolün kaynama noktasına yakın bir sıcaklığa getirilir. Oda sıcaklığında da reaksiyon gerçekleşebilmektedir. Encinar ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada sıcaklığın reaksiyon üzerine etkisi incelenmiştir. Reaksiyonu %1 kütlesel oranda NaMeO, %15 oranda Metanol kullanarak, aynı reaksiyon süresinde ve sırasıyla 25, 40, 55 ve 60 °C'de gerçekleştirmişler. Sonuçta ester dönüşümü sırasıyla %86, 90, 93, 94 oranında değişmiştir. Elde edilen sonuç, alkolün kaynama noktası ile sınırlı olmakla birlikte, alkolün kaynama derecesi arttıkça dönüşüm oranında da bir artış olduğu bulunmuştur.[43]

7.2.1.6. Karıştırma Şiddeti Etkisi

Karıştırma şiddetinin transesterifikasyon prosesi için özel bir önemi vardır.[20] Bitkisel veya hayvansal yağlar sodyum hidroksit metanol çözeltisi ile karışmadığından, karıştırma transesterifikasyon reaksiyonunda oldukça önemlidir. [47] Yağlarla, potasyum hidroksit metanol çözeltisi arasındaki bozulmamış alanı artırır. Reaksiyonun başlamasını kolaylaştırır. Karıştırma olmadan, sadece iki katmanın ara yüzünde reaksiyon gerçekleşir ve çok yavaş olarak gerçekleştiği düşünülür.[20] İki faz karıştırıldıktan ve reaksiyon başlatıldıktan sonra daha fazla karıştırmaya ihtiyaç kalmamaktadır.

7.3. Biyodizel Üretimi İçin Alternatif Hammaddeler

Genel itibariyle biyodizel üretiminde, eğer hammaddeler saflık derecesine -özellikle serbest yağ asitlerinin düzeyine bağlı olarak- guplandırılıyorsa hammaddelerin göz önünde tutulması en kolay yoldur. YAME'lerin triagliserollerden üretimi için kullanılan konvansiyonel metot olan alkalin katalizörlü transesterifikasyonla sonrakiler esterlere dönüştürülmezler. Bundan dolayı, önemli derecelerde serbest yağ asidi içeren hammaddeler rafine edilmiş bitkisel yağlara ve hayvansal yağlara göre biyodizel üretimi için farklı işlem gerektirmektedir. Serbest yağ asitlerinin esterifikasyona tabi tutulmuş ya da uzaklaştırılmış olması hususu çok önemlidir, çünkü yakıt sistemine ve motora zararlı olabilirler. Geçerli tüm biyodizel kalite tarifnamelerinin izin verilen serbest yağ asitleri konusunda katı limitleri mevcuttur.

Rafine edilmiş bitkisel yağlar ve yüksek kalite hayvansal yağlar yüksek kimyasal verim ve iyi ürün kazancı ile direkt olarak transesterifikasyon işlemine tabi tutulabilirler. Bununla birlikte, yüksek saflık elde etme ve onu devam ettirme çabaları nispeten yüksek fiyatların olmasına neden olmaktadır. Hayvansal yağlar, tipik olarak, rafine edilmiş bitkisel yağlardan daha ucuzdur, çünkü hayvansal yağlar hayvan tarımının ana ürünü olmaktan ziyade yan ürünüdür, ve çünkü hayvansal yağlara olan talep yaygın olarak kullanılan bitkisel yağlara olan talepten daha azdır. Hayvansal yağlar bitkisel yağlara kıyasla ayrıca daha yüksek miktarda doymuş yağ içermektedir. Bitkisel yağlara nispeten daha yüksek erime noktasına sahiptirler, ve bu özellik çökelme ve soğuk havada düşük motor performansına neden olabilmektedir. Pozitif olarak, hayvansal yağlardan elde edilmiş biyodizel yakıtları -yüksek doymuş yağ ester içeriğinden dolayı- genel olarak bitkisel yağlardan elde

edilmiş biyodizel yakıtlara nazaran daha yüksek setan sayılarına sahiptirler. Don yağının yalnızca veya geniş bir şekilde serbest yağ asidi içeriğini temel alarak farklılaşmış yüzlerce cinsi vardır. Sadece en düşük serbest yağ asidi seviyesi içeren cinsler alkali katalizörlü transesterifikasyon işlemi için uygundur.[7]

Atık yağlardan, soap-stock, kullanılmış ağartma toprağı, deoderizer distilatı, kullanılmış mutfak yağları, atık su arıtma tesislerinde elde edilen yağlar; atık hayvansal yağlar; yemeklik olmayan hayvansal yağlar (sarı hayvansal yağ, kahverengi hayvansal yağ vs.), kümes hayvanı yağları, balık yağları biyoyakıt üretimi için potansiyeli olan yağlardandır.[48]

Amerika'da soya fasulyesi yağı, Avrupa'da kolza yağı, Fransa ve doğu Avrupa'da ayçiçeği yağı, Malezya'da palmiye yağı biyodizel üretiminde en yaygın kullanılan yağlardır. Amerika'da gün geçtikçe kullanılmış mutfak yağlarının ve yüksek miktarda doymuş yağ asidi trigliseritleri içeren donyağı da biyodizel üretiminde kullanılmaktadır. Diğer taraftan algal yağlar da biyodizel üretimi için çok büyük bir potansiyele sahiptir.

Biyodizel üretimi için alternatif olabilecek hammaddelerden istenilen özellikler şunlardır: Yağ asidi miktarının yeterli olması, çözülmez olması, sabunlaşmaması, yüksek saflık derecesi, düşük nem/su içeriği, düşük maliyet, sürekli ve güvenilir tedarik, mevcut işletme teçhizatı ile işlenebilme, yenilebilen ya da yenilebilen olmamasıdır.[49]

7.3.1. Atık Mutfak Yağları

Ev veya restaurant atığı yağlardan yağ asidi esterleri üretimi, alternatif yakıtlar konusuna farklı bir yaklaşım getirmiştir. Atık mutfak yağları yüksek oranda serbest yağ asidi ve su içerir. Hatta rafine edilmiş bitkisel yağlarda bile çok az da olsa serbest yağ asidi ve su vardır. Hayvansal yağlar ise yüksek oranda doymuş yağ asitleri içermektedir. Bu nedenle oda sıcaklığında katıdırlar. Hem bitkisel hem de hayvansal yağların dizel motorunda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilmesi için petrol kökenli dizel yakıtına yakın özelliklere sahip bir yakıta dönüştürülmesi gerekmektedir. Bitkisel ve hayvansal yağların dizel yakıtına dönüştürülmesinde dört metot vardır. Bunlar, bitkisel ve hayvansal yağın dizel ile seyreltilmesi, termal kraking, mikro emülsiyonlama ve esterleştirme prosesi yani transesterifikasyondur.

Bitkisel ve hayvansal yağlar mutfakta kullanıldıktan sonra ham veya rafine edilmiş özelliklerinden daha farklı bir yapıya sahip olurlar. Isı ve su, trigliseritlerin hidrolizini hızlandırır ve yağdaki serbest yağ asitlerinin artmasına sebep olur. Serbest yağ asidi ve su transesterifikasyon reaksiyonunu önemli ölçüde olumsuz yönde etkiler. Aynı zamanda reaksiyon sonu ürünlerinden gliserol ile yağ asidi esterlerinin ayrıştırılması zorlaşır. Özellikle atık mutfak yağlarında polimerik, dimerik asitlerin ve gliserinin oluşması yağı daha viskoz hale getirir. Yağın moleküler ağırlığı ve iyot değeri azalırken, sabunlaşması ve yoğunluğu artar. Atık bitkisel yağların analizi sonucunda kullanılmamış bitkisel yağlar ile arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Bir çok durumda, ısıtma ve katı parçacıkların filtrelenmesi, transesterifikasyon reaksiyonuna geçişte yeterlidir.

Biyodizelin bazı özellikleri ile 2 numaralı dizel yakıtı Tablo 7.3'te karşılaştırılmıştır. Metil esterlerin karakteristik özellikleri genellikle 2 numaralı dizel yakıtına çok benzerdir. Alt ısıl değerleri 2 numaralı dizel yakıtına göre daha düşüktür. Fakat setan sayısı ve alevlenme noktası daha yüksektir. Transesterifikasyon reaksiyonu ile viskozite değerleri dizel değerine çok yakın hale gelmektedir. Aynı şekilde yoğunluk değerleri de 2 numaralı dizel yakıtına yaklaşır. Bu da motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilme yolunu açmaktadır.[43]

Tablo 7.3: Yağ Asidi Metil Esterlerinin 2 Numaralı Dizel Yakıtı İle Karşılaştırılması

	Metil Esterler (Biyodizel)				No. 2 Dizel
	Kolza Yağı	Atık Kolza Yağı	Mısır Yağı	Atık Mısır Yağı	
Yoğunluk (kg/m^3)	875-900	895.3 (30 °C'de)	815 (27 °C'de)	883.9	830-840 (15 °C'de)
Kinematik Viskozite (mm^2/s)	3.5-5.0	9.48 (30 °C'de)	41 (27 °C'de)	6.225 (30 °C'de)	3.5 (40 °C'de)
Alt Isıl Değer (MJ/kg)	32.8	36.7	-	42.3	45
Setan Sayısı	49	53	41-43	63.9	40 dk
Parlama Noktası (°C)	100	192	270-295	166	52

7.3.2. Don Yağı

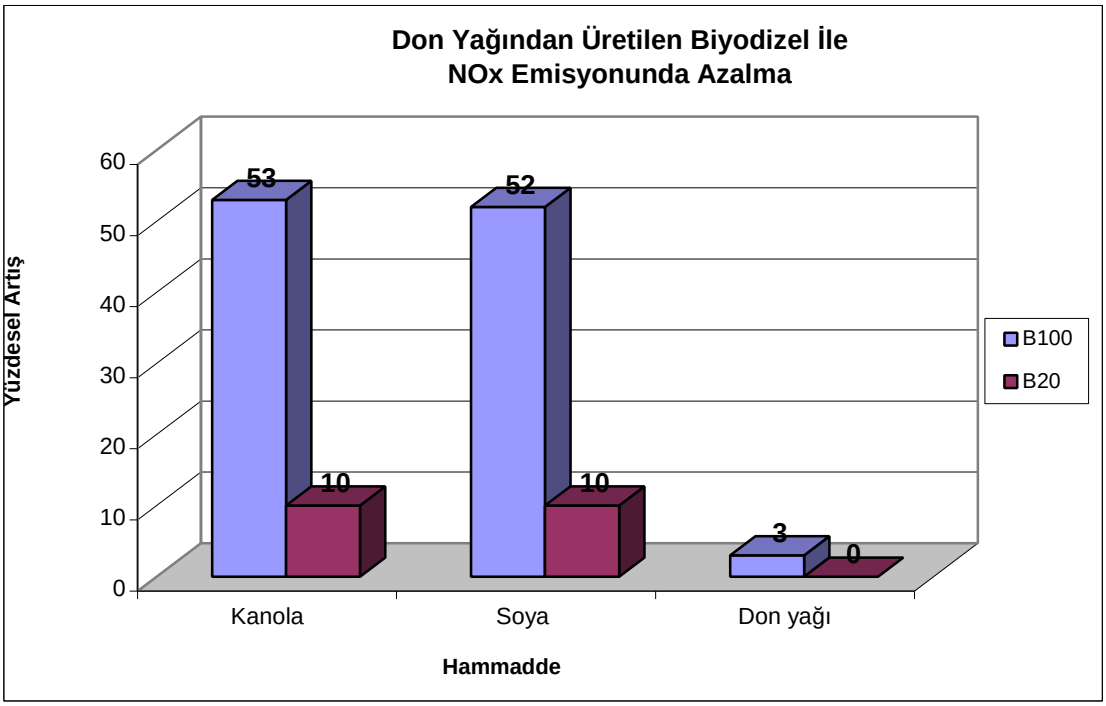
Don yağı ucuz ve bol bulunan bir hammadde olması, serbest yağ asidi miktarınca zengin olmasının yanı sıra yüksek doymuşluğa sahiptir.[49] Don yağlarından elde

edilen ester sıcaklık 20 °C'nin altında bir sıcaklığa düşerken katılaşmaya başlar. Bu özelliği kolza yağı ve soya yağından daha iyidir. Don yağı esterleri azot, aromatikler içermezler ve kükürt miktarları 15 ppm'den düşüktür. Yaşam döngüsü analizlerine göre, dizel için 85.8 kg karbondioksit/GJ iken, don yağı için sadece 6.62 karbondioksit/GJ'dir. Hesaplardaki varsayımlara göre, et endüstrisinin yan ürünü olan don yağı yakıt olarak kullanıldığında sıfır karbondioksit emisyonlu olarak değerlenlenmektedir. Don yağı esterleri daha yüksek doymamışlık derecesine sahip bitkisel yağların esterlerinden daha kararlıdır. Callahan tarafından yapılan çalışmada sığır eti don yağı esterlerinin setan sayısı 56.6 olarak ölçülmüştür. Kansas City'de otobüslerde kullanılan sığır eti don yağı esterlerinin setan sayıları 58.2 ve 59.3'tür.[50] Tablo 7.4'te çeşitli bitkisel yağlar, 2 no'lu dizel ile don yağının özelliklerinin karşılaştırılması görülmektedir:

Tablo 7.4: Çeşitli Bitkisel Yağlar, 2 No'lu Dizel ve Don Yağının Özellikleri [51]

Yağ Türü	Kinematik Viskozite (mm^2/s)	Setan Sayısı	Isıl Değer (kJ/kg)	Bulutlanma Noktası (°C)	Akma Noktası (°C)	Parlama Noktası (°C)	İyot Sayısı
Mısır	34.9 (38 °C'de)	37.6	39500	-1.1	-40.0	277	103-140
Pamuk Tohumu	33.5 (38 °C'de)	41.8	39468	1.7	-15.0	234	90-119
Krambe	53.6 (38 °C'de)	44.6	40482	10.0	-12.2	274	168-204
Babassu		38					10-18
Keten tohumu	27.2 (38 °C'de)	34.6	39307	1.7	-15.0	241	168-204
Kolza tohumu	37.0 (38 °C'de)	37.6	39709	-3.9	-31.7	246	94-120
Aspur	31.3 (38 °C'de)	41.3	39519	18.3	-6.7	260	126-152
Susam	35.5 (38 °C'de)	40.2	39349	-3.9	-9.4	260	104-120
Soya fasulyesi	32.6 (38 °C'de)	37.9	39623	-3.9	-12.2	254	117-143
Ayçiçeği	37.1 (38 °C'de)	37.1	39575	7.2	-15.0	274	110-143
Palmiye		42					35-61
Don yağı	51.15 (40 °C'de)	-	40054	-	-	201	35-48
No. 2 Dizel	2.7 (38 °C'de)	47	43.8	-15.0	-33.0	52	

Şekil 7.5'te de görüldüğü gibi, donyağı bitkisel yağlara nazaran çok daha düşük NO_x emisyonu oluşturmaktadır. Bundan dolayı diğer biyodizellerle karıştırılarak NO_x emisyon değerinin optimize edilmesinde kullanımı mümkün olabilir. Transesterifikasyondan önce yüksek serbest yağ asidi içerdiğine dikkat edilmelidir. Kullanımı esnasında yüksek soğuk filtre tıkanma noktasına sahiptir.



Şekil 7.5: Kanola Yağı, Soya Yağı ve Don Yağının NO_x Emisyonu Üzerindeki Etkileri

7.3.4. Mikroalgler

Hayvansal yağlar ile soya fasulyesi, mısır ve ayçiçeği gibi bitkisel ürünlerin yağlarından biyodizel üretiminde faydalanılır. Biyodizel üretimi için mikro algler soya ve mısır bitkilerinden çok daha avantajlıdır. Algler çok daha küçük arazilerde bol miktarda yetiştirilebilirler. Ayrıca algler tatlı su ve verimli topraklar gibi hususi şartları istemez ve yılda pek çok kez hasat alınabilir.[52] Algler, pratikte yeterli ışığın olduğu her yerde yetişebilirler. Bazıları tuzlu suda da yetişmektedir.[30] Tablo 7.5'te mikroalgler ile diğer bazı biyodizel kaynaklarının karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 7.5: Bazı Biyodizel Kaynaklarının Karşılaştırılması [53]

Ekin	Yağ Verimi (L/ha)	Gerekli Alan (M ha)*	Toplam Alanda Mevcut Ekin Alanı Yüzdesi*
Mısır	172	1540	846
Soya fasulyesi	446	594	326
Kolza	1190	223	122
Jatropha	1892	140	77
Hindistan cevizi	2689	99	54
Palmiye	5950	45	24
Mikroalg**	136900	2	1.1
Mikroalg***	58700	4.5	2.5

*): Tüm ulaşım yakıtının %50'sini karşılamak için (ABD'de)

**): Biyokütledeki ağırlığın %70'i yağ

***): Biyokütledeki ağırlığın %30'u yağ

Tablo 7.5'e göre, mikroalgler ileride tamamen dizelin yerini alma potansiyeli olan biyodizel için tek kaynak olarak gözükmektedir. Diğer yağ ekinlerinden farklı olarak, mikroalgler aşırı hızlı büyürler ve bazıları fazlası ile yağ açısından çok zengindir. Mikroalgler en hızlı büyüyen fotosentetik organizmalardır. Her birkaç gün tüm büyüme çevrimlerini tamamlayabilirler. Tek hücreli deniz alglerinden yaklaşık olarak 46 t/ha/yıl üretilebilir. Farklı alg türleri farklı miktarlarda yağ üretir.[30] Mikroalgler 24 saat içinde çoğunlukla biyokütlelerini ikiye katlarlar. Üstel büyüme esnasındaki biyokütle ikiye katlama zamanları genellikle 3.5 saat kadar kısadır. Mikroalglerin yağ içeriği kuru biyokütlelerinin ağırlığının %80'ini aşabilir.[53]

Bazı değerlendirmelere göre, alglerden elde edilen yağ getirisi (her 0.404 ha için) performansı en iyi olan bitki / bitkisel yağların getirisinin 200 katı fazladır.[30]

Miao ve Wu tarafından yapılan çalışmada heterotrof mikroalgal yağdan biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Tablo 7.6'da mikroalgal yağdan üretilen biyodizelin, dizel ve ASTM standartındaki biyodizelle özelliklerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 7.6: Mikroalgal Yağdan Üretilen Biyodizelin, Dizel ve ASTM Biyodizel Standartındaki Biyodizelin Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özellikler	Mikroalgal yağdan üretilen biyodizel	Dizel yakıtı	ASTM biyodizel standartı
Yoğunluk (kg/l)	0.864	0.838	0.86-0.9
Viskozite (40°C'de) mm^2/s	5.2	1.9-4.1	3.5-5.0
Parlama noktası (°C)	115	75	Min. 100
Katılaşma noktası (°C)	-12	-50 - 10	-
Soğuk filtre tıkanma noktası (°C)	-11	-3.0 (Maks. -6.7)	Yaz (maks. 0) Kış maks. < -15
Asit değeri (mg KOH/g)	0.374	Maks. 0.5	Maks. 0.5
Isıl değer (Mj/kg)	41	40-45	-
H/C oranı	1.81	1.81	-

Tablo 7.6'ya bakıldığında, mikroalgal yağdan üretilmiş biyodizelin ASTM biyodizel kalite standartlarının çoğu ile uyum sağladığı görülmektedir. Mikroalgal yağdan üretilmiş biyodizelin fiziksel ve yakıt özellikleri dizel yakıtı ile karşılaştırılabilir. Mikroalgal yağdan üretilmiş biyodizel -11 °C ile dizele kıyasla daha düşük soğuk filte tıkanma noktası göstermiştir.[54]

Potansiyel olarak, mikroalglerin yerine, şeker gibi doğal organik karbonda büyüyen yağ üreten heterotrof mikroorganizmalar biyodizel yapımı için kullanılabilir. Bununla birlikte, heterotrofik üretim fotosentetik mikroalglerin kullanımı ile gerçekleşen üretim kadar verimli değildir. Çünkü heterotrof mikroorganizmaların gelişimi için gerekli olan yenilenebilir organik karbon kaynakları sonuçta fotosentez ile genellikle ekin alanlarında üretilmektedir.[53]

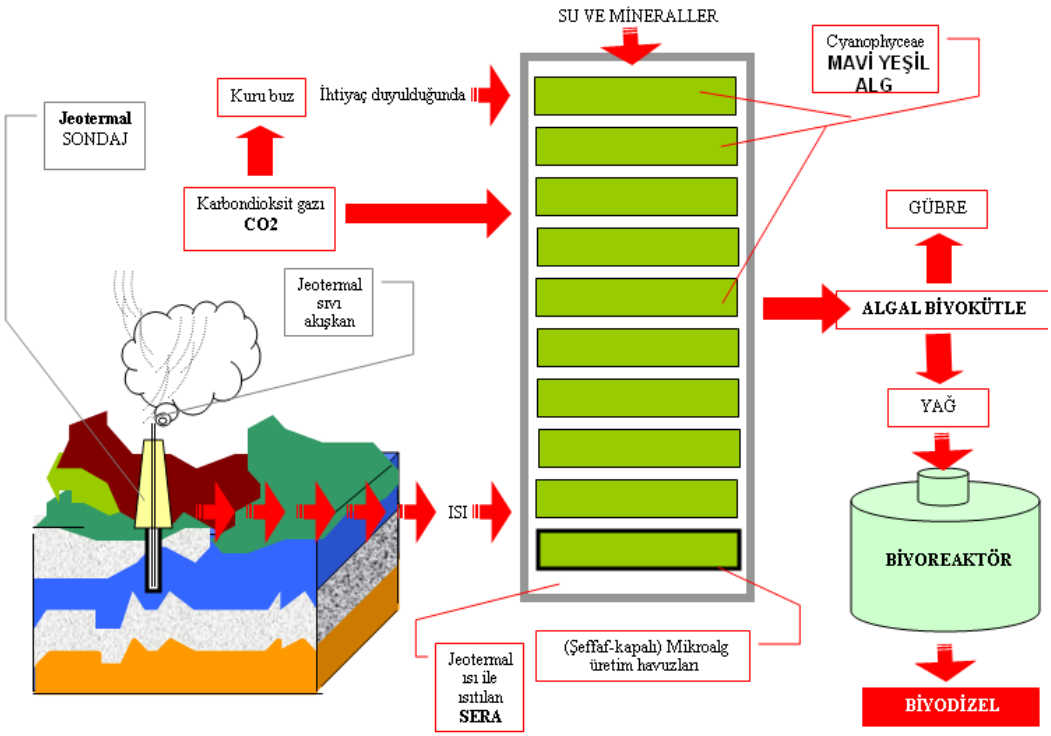
Biyodizelin karbondioksit kaynağı alan jeotermal alanlarda, yağ düzeyi yüksek fotosentez yapabilen mikroalgler kullanılarak, verimsiz ve atıl arazilerde inşa edilen ve içerisinde arıtılmış atık su bulunan havuzlarda (dört mevsim jeotermal enerji ile ısıtılan mikroalg seraları) kolay ve ekonomik yollarla üretilebilir.

Biyodizel üretiminde mikroalglerin kullanımı ile birlikte karbondioksit insan için ekonomiye katkısı olan faydalı bir atık konumuna geçecektir. Bu durum ucuz ve kolay erişilebilir karbondioksit kaynaklarının önemini artırmaktadır. Jeotermal alanlar karbondioksit eldesi için önemli kaynaklardır. Jeotermal alanlarda mikroalglerden biyodizel üretimi gelecekte muhtemel yaşanabilir enerji darboğazı için önemli bir alternatif olabilir.

Jeotermal alanlarda mikroalglerden biyodizel üretimi ile,

- Algal yağdan daha kısa zamanda, daha az masrafla ve daha çok biyodizel üretilir.
- Mikroalg üretiminde en büyük mali yükü getiren karbondioksit basit bir şekilde elde edilir.
- Atık karbondioksiti alg üretme havuzlarında kullanarak, çevresel geri dönüşüm sağlayıp jeotermal santrallerin çevreye zarar vermesi elimine edilir.
- Atıl arazileri değerlendirip metrekarelerce havuzlar kurulur. Havuzlarda kullanılan atık sular sayesinde suyun geri dönüşümü sağlanmaktadır.[52]

Şekil 7.6'da mikroalglerden jeotermal ortamında biyodizel üretiminin akış şeması görülmektedir:



Şekil 7.6: Mikroalglerden Jeotermal Ortamında Biyodizel Üretimi

Mikroalglerden üretilen biyodizelin kullanıcı tarafından kabul görmesi için, mevcut standartları sağlaması gerekmektedir.

Mikroalgal yağlar dört ya da daha fazla sayıda çift bağlı çoklu doymamış yağ asitlerince oldukça zengin olması ile birçok bitkisel yağdan farklıdır. Örneğin, eicosapentaenoic asit (EPA, C20:5n-3; beş çift bağ) ve docosahexaenoic asit (DHA, C22:6n-3; altı çift bağ) genellikle alglere ait yağlarda oluşmaktadır. Dört ve daha fazla çift bağlı yağ asitleri ve YAME depolama sırasında oksidasyona karşı çok hassastır ve bu da bu yağların biyodizel yapımı için kullanımında kabul

edilbilirliklerini azaltmaktadır. Bazı bitkisel yağlarda da bu problem vardır. Örneğin, yüksek oleik kolza yağı gibi yağlar büyük miktarlarda linoleik asit (C18:2n-6, 2 çift bağ) ve linolenik asit (C18:3n-3; 3 çift bağ) içermektedir. Bu yağ asitlerinin oksidatif kararlılıklarının EPA ve DHA'ya göre daha yüksek olmasına rağmen, EN 14214 biyodizeldeki linolenik asit metil ester içeriğini araç kullanımı için %12 (mol) olarak sınırlamaktadır. Isıtma amaçlı olarak kullanılan biyodizeldeki yağ miktarı için böyle sınırlamalar yoktur, fakat kabul edilebilir biyodizel yağın toplam doymamışlılığının derecesine bağlı diğer kriterleri sağlamalıdır. Bir yağın toplam doymamışlığı iyot sayısı ile belirtilir. EN 14214 ve EN 14213 standartları biyodizelin iyot değerini sırasıyla 120 ve 130gr iyot / 100gr biyodizel değerini geçmemelidir. Ayrıca, Avrupa biyodizel standartları dört ve daha fazla çift bağlı YAME içeriğini maksimum %1 mol olarak sınırlamaktadır.

Mikroalgal yağların bazılarının bileşimi göz önüne alındığında, birçoğu Avrupa biyodizel standartlarına uymaması olasıdır; fakat bu durumun önemli bir sınırlama olmasına gerek yoktur. Mikroalglerin ve içeriğindeki dörtten fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin doymamışlılık derecesi bitkisel yağlardan genellikle margarin yapımında kullanılan kısmi katalitik hidrojenasyon ile kolayca azaltılabilir.[53]

7.4. Biyodizel Üretiminde Karşılaşılan Temel Sorunlar ve Çözümleri

Biyodizel üretiminde karşılaşılan temel sorunlar ve çözümleri özet olarak şöyledir:

1. Serbest yağ asitleri ve diğer bileşikler transesterifikasyon işlemine karışır ve baz ile sabun oluşturmak üzere reaksiyona girer. Kaybolan bazın yerine yeni baz sağlamak ve prosesin uygun zaman periyodunda tamamlanmasını sağlar. Bununla birlikte, bu işlem proses maliyetlerini artırır. Ek olarak, baz ile serbest yağ asidi reaksiyonu sırasında su oluşur ve transesterifikasyon işlemine müdahale eder. Bu duruma alternatifler şunlardır:

- Serbest yağ asitlerini yok etmek için ön proses yapılması. Bu adım ek maliyet yaratabilir; ama bu maliyet de toplam verim artırılarak karşılanabilir. Yüksek serbest yağ asidi içeren sarı gres yağlarından biyodizel üretiminde başarısı kanıtlanmıştır.

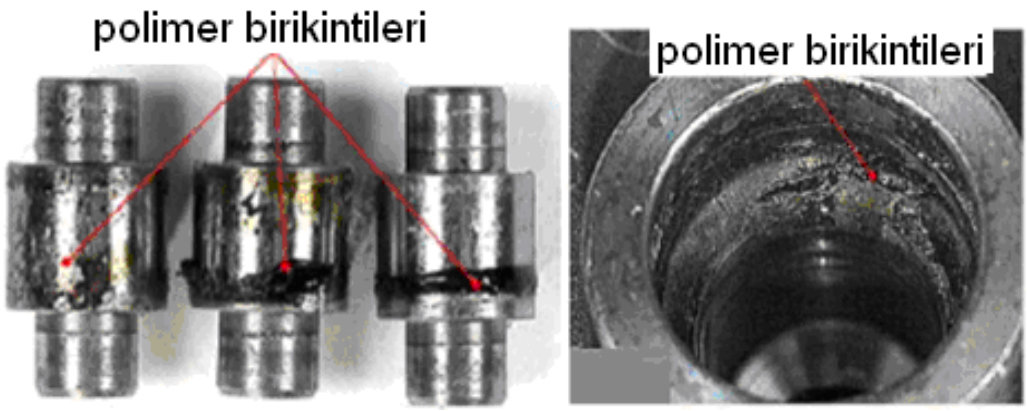
- Fiziksel veya kimyasal olarak ayrıştırma yapmak. Yağ asitleri geri kazanılmadıkça ve daha yüksek değerde ürünler için satılmadıkça, bu işlem, yine maliyeti artırabilir.
- Biyodizele zararlı sayılan bileşikleri uzaklaştırmak için en sonda yeterli proses yapmak. Örneğin, ek yıkama önceki örneklerde bulunan toplam gliserin miktarını düşürecektir.

2. Prosesin her aşamasının tamamlandığından emin olmak için yeterli test yapılması gereklidir.[7]

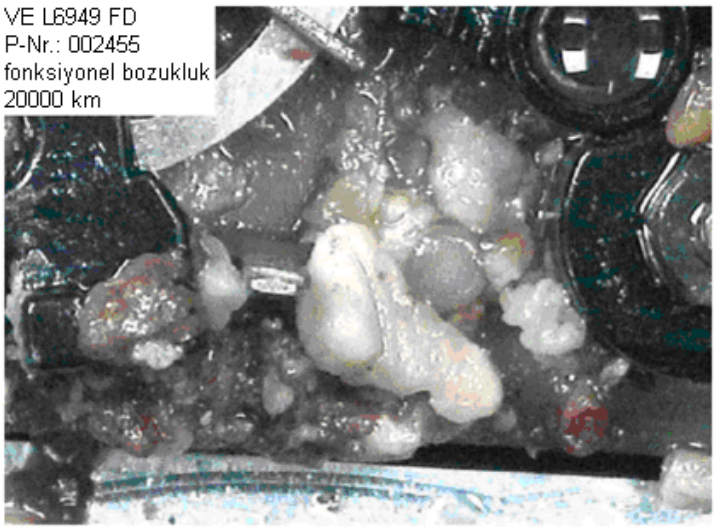
8. YETERSİZ KALİTEDEKİ BİYODİZELİN ETKİLERİ

Pazardaki petrol fiyatlarının artışından dolayı, kalite standartlarını tam olarak sağlamayan alternatif yakıtların da alıcı sayısını artırmış ve pazarda yer edinmesini sağlamıştır. Bu durum da şunun anlaşılmasına yardımcı olmuştur, dolaylı ya da dolaysız olarak gerçekleşen zararlar düşük ya da yetersiz kalitede biyodizelin uzunca süre kullanımının ardından açığa çıkmaktadır. Tablo 8.1'de biyodizel için seçilen parametrelerin limit değerlerinden farklı olması, limit değerlerini ihlal etmesi durumunda araçtaki parçaları ne şekilde etkileyeceği görülmektedir.[55]

Örneğin, Şekil 8.1'de ve Şekil 8.2'de yetersiz oksidasyon kararlılığı olan ya da alkali ve toprak alkali elementlerinin miktarı uymayan biyodizelin püskürtme pompalarına verdiği zararlar, hasarlar görülmektedir.



Şekil 8.1: Yetersiz Oksidasyon Kararlılığına Sahip Biyodizel Kullanımı Sonucu Polimer Birikimi Oluşumu



Şekil 8.2: Sabun Birikimi Sonucu Oluşan Hasar (Aşırı alkali ya da toprak alkali içeren biyodizel)

Şekil 8.3'te viskozite değeri limit dışında olan biyodizelin yanma odasındaki yetersiz yanması sonucu enjektör memesine verdiği zarar görülmektedir.



Şekil 8.3: Enjektör Memesinde Karbon Birikimi

Tablo 8.1: Yetersiz Kalitedeki Biyodizelin Araç Parçaları Üzerindeki Etkileri

Özellik (DIN EN 14214)	Etki / Değerlendirme
Yoğunluk (15 °C'de)	Yanlış miktarda yakıt pompalanması.
Kinematik Viskozite (40 °C'de)	Aracın gitmesinde oluşan problemler (yakıt pompasında, püskürtme pompasında pompalama problemlerinin olmuşması.)
Parlama Noktası	100 °C'den düşük parlama noktası ürünü tehlikeli duruma getirir.
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (CFPP) (Filtreleme limiti)	Soğuk zamanlarda (sonbaharda da) problemlerin olması. Düşük sıcaklıkta borulardaki yakıtın ve yakıt filtresinin kristalleşmesi yüzünden aracın durması.
Karbon Kalıntısı	Çok yüksek içerikte gliserol / gliserit ve/veya çift C-C bağlarının sonucu olma. Piston segmanlarında ve püskürtme pompasında karbon birikimi.
Kül İçeriği	Egzoz gazı sisteminde hasar oluşumu.
Su İçeriği	Korozyon problemleri, Dizel/YAME karışımlarının bulanıklığı (Su fazının en kötü durumda ayrılması ile sonuçlanma.)
Toplam Kirlilik	Filtre tıkanması yüzünden aracın durması, yetersiz yağlama / dolaşan yakıt ile soğutmanın sonucu olarak olası sonuç olarak püskürtme pompasında hasar oluşumu.
Oksidasyon Kararlılığı (Emme zamanı)	Filtrenin tıkanması, yakıt tedarik sistemi boyunca polimerlerin dizel / biyodizel karışımları içinde çökelmesi.
Asit Sayısı	Korozyon problemleri
Gliserin ve Gliseritler	Püskürtme pompası ve piston segmanlarında karbon birikimi; karbon kalıntısı artışı için olası neden.
İyot Sayısı	Uygun olmayan, kötü yağ asidi özelliklerini gösterir ve sapmalar oksıdasyon kararlılığını ve soğuk filtre tıkanma noktasını etkileyebilir.
Alkali İçeriği (Na+K)	Filtre tıkanmasından dolayı aracın durması. Artmış kül içeriği için olası neden.
Toprak Alkali İçeriği (Na+Mg)	Filtre tıkanmasından dolayı aracın durması. Artmış kül içeriği için olası neden. (Alkalinden daha yüksek etkiye sahip.)

Başlangıçta çok küçük gibi görünen hasar daha başka, çok ciddi sonuçlar doğurabilir. Örneğin, tıkanmış filtre ile aracı uzun süre kullanmak yetersiz yakıt çevrimine; bu da püskürtme pompasının yağlama ve soğutma sisteminde bozukluğa ve sonunda aşınmaya neden olur.[55,56]

9. BİYODİZEL EMİSYONLARI

Biyodizel temiz havanın gerektirdiği sağlık etkilerine sahip olmak için alternatif bir yakıttır. Konvansiyonel bir motorda biyodizel kullanımı diesel motorunkiler ile kıyaslandığında yanmamış hidrokarbonların, karbon monoksitin ve partikül maddelerin azalması ile sonuçlanır. %100 saf biyodizelin kullanımının emisyonları ve yaydığı etkileri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Biyodizel sera gazı emisyonlarını %75'ten %100'e kadar azaltır.
- Biyodizel asit yağmurlarının birinci nedeni olan sülfat emisyonlarını %100'e kadar azaltır.
- Biyodizel partikül maddeleri %40'a kadar azaltır.
- Biyodizel kirletici hidrokarbon emisyonlarını % 93'e kadar azaltır.
- Biyodizel %50'ye kadar daha az zehirli karbonmonoksit emisyonlarına sahiptir.

Günümüzde orta ve ağır hizmet taşıtlarında sera gazlarının azaltılmasında en iyi yöntemlerden birisi de biyodizel kullanmaktır. Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı ve Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı tarafından yayınlanan belgelere göre dizel ile biyodizel kıyaslanmış ve biyodizelin karbondioksit emisyonu net bir şekilde %78 daha az çıkmıştır. Bu biyodizelin kapalı karbon çevriminden dolayıdır. Biyodizel yandığı zaman atmosfere atılan CO_2 büyüyen bitkiler tarafından yeniden işleyişli hale getirilir.

Bilimsel araştırmalar biyodizel egzozunun dizelin insan sağlığı üzerine olan etkisinden daha zararsız etkiye sahip olduğunu onaylamaktadır. Saf biyodizel emisyonları olası kanser nedeni olarak tanımlanan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) ve nitrit PAH bileşiklerinin seviyelerini azaltır. Ayrıca, astıma ve diğer bazı hastalıklara sebep olan partikül madde %47 oranında azalır, zehirli bir gaz olduğu kesin bir şekilde bilinen karbon monoksit yaklaşık olarak %48 oranında azalır.

Tablo 9.1'de yapılan bir çalışmanın sonuçları, B100 ile düşük, ultra düşük, ekstra ultra düşük kükürtlü dizel (g/km olarak) için tam yaşam çevrimi hava kirletici emisyonlarda yüzdelik oran değişimi görülmektedir.

Tablo 9.1: % 100 Biyodizel İle Düşük, Ultra Düşük ve Ekstra Ultra Düşük Kükürtlü Dizel İçin (g/km olarak) Tam Yaşam Çevrimi Hava Kirletici Emisyonlarda Yüzdelik Oran Değişimi

Diesel tipi/kirletici	Kolzadan biyodizel	Hayvansal yağdan biyodizel	Atık kızartma yağından biyodizel	Düşük kükürtlü dizel (LSD)	Ultra düşük kükürtlü dizel (ULSD)	Ekstra ultra düşük kükürtlü dizel (XLSD)
LSD (Düşük kükürtlü dizel) ile karşılaştırma						
CO	-27	-37	-47	-	-	-2
NO_x	+6	+5	-5	-	-9	+18
Uçucu organik karbon (VOC)	-32	-35	-50	-	-8	+13
Partikül madde (PM)	-32	-33	-39	-	-20	+24
ULSD (Ultra Düşük kükürtlü dizel) ile karşılaştırma						
CO	-27	-37	-47	+	-	-1
NO_x	+17	+15	+4	+10	-	+10
Uçucu organik karbon (VOC)	-26	-29	-45	+9	-	-5
Partikül madde (PM)	-15	-16	-23	+25	-	-5
XLSD (Ekstra ultra düşük kükürtlü dizel) ile karşılaştırma						
CO	-26	-36	-46	+2	+1	-
NO_x	+30	+28	+16	+22	+11	-
Uçucu organik karbon (VOC)	-22	-26	-42	+15	+5	-
Partikül madde (PM)	-11	-12	-20	+31	+5	-

Tablo 9.1 incelendiğinde farklı hammaddelerden üretilen - kolza, hayvansal yağ ve atık kızartma yağı - biyodizellerin hepsi düşük kükürtlü, ulta düşük kükürtlü ve ekstra ultra düşük kükürtlü dizellerin hepsinden daha düşük CO, uçucu organik karbon ve PM değerleri göstermiştir.

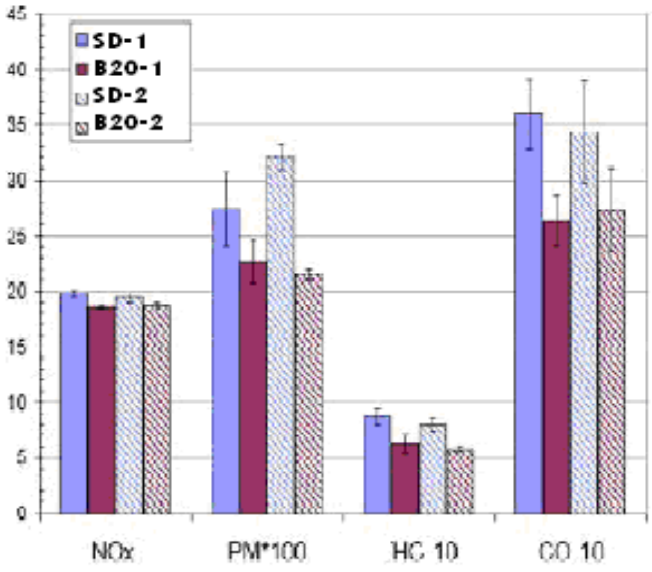
B100 için emisyon faktörü değerleri Tablo 9.2'de görülmektedir.

Tablo 9.2: B100 İçin Emisyon Faktörü Değerleri [57]

	CO (g/km)	HC (g/km)	NO_x (g/km)	PM (g/km)	CO_2 (g/km)
Euro 2	0,80	0,70	1,00	1,00	1,00
Euro 3	0,42	0,46	0,86	0,66	1,00
Euro 4	0,30	0,29	0,55	0,12	1,00

Schumacher ve arkadaşları tarafından 1991 DDC 6V-92 TA tipi otobüs motoru üzerinde yapılan deneysel çalışmada metil ester(biyodizel)/dizel karışımları kullanılmıştır. Deney sonunda biyodizel/dizel karışımı kullanımı sonucu dizele kıyasla, toplam hidrokarbon (THC), PM ve CO emisyonları düşmüş, NO_x emisyonları artmıştır. B10, B20, B30 ve B40 karışımları ile çalışmalar yapılmış ve en optimum karışımın (NO_x emisyon miktarındaki artma ile diğer emisyonlardaki azalmanın en tercih edilebilir olduğu karışım) B20 olduğu belirlenmiştir. Yakıt püskürtmesinin geciktirilmesi ile NO_x emisyonları düşmüş ve diğer emisyonlardaki azalma korunmuştur. Çünkü böylece püskürtme üst ölü noktaya daha yakın bir yerde olmuş, silindirde gerçekleşecek yanma için gerekli zamandaki bu azalma, NO_x oluşumunu artıran maksimum basınçları ve sıcaklıkları düşürmüştür.[58]

Şekil 9.1'de otobüslerde biyodizel kullanımının emisyon değerlerini ne şekilde etkilediği normal dizel yakıtı ile kıyaslanarak ortaya çıkarılmıştır. Yapılan bir araştırmanın grafik olarak sonuçları aşağıda görülmektedir. Bu araştırmada g/mil olarak standart dizel (SD) yakıtı kullanan bir otobüs ile B20 ile çalıştırılan bir otobüs arasındaki emisyon faklılıkları görülmektedir. Sonuçlara göre PM miktarında %24, HC miktarında %40, CO miktarında %32'lik bir düşüş görülürken %3'lük bir yakıt ekonomisi kazancı da görülmüştür. Bunların yanı sıra beklenmedik olarak NO_x miktarında da %5'lik bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 9.1: B20 - Dizel Arası Emisyon Farklılıkları

Biyodizel prosesleri konvansiyonel dizel yakıtına benzerlik gösterir, bir tek özelliği şimdiki uygulamaları için göz önünde bulundurulabilir ve motor teknolojilerinde görünür. Biyodizel motorlarda NO_x emisyonlarını pompa boru yakıt sistemleri ile sıkıştırılabilirlik modülünün hacminin arttırılmasından dolayı artırır. Biyodizel ayrıca NO_x verimini sıkıştırılabilirliğin farklılaştırılması ile açıklanamayan common rail motorlarda da arttırabilir. Buna rağmen bu NO_x etkisi enjeksiyon zamanı değiştirici veya setan geliştirici, biyodizel yakıtındaki metil oleate değiştirici ilaveler tarafından başarılı bir şekilde engellenebilir.

Biyodizel diğer oksijenli dizel yakıtları gibi dizel püskürtme alevinde is biçimlenmesinin miktarını azaltabilir ve toplam partikül emisyonlarının azalmasına neden olabilir. Buna rağmen, metil gibi ester molekül yapılar eter yapılardan daha az is önleyicidir. Bu literatürde ve oto püskürtme proseslerinin direk ölçümleriyle dehidrokarboksile uğratılmış metil esterler ile onaylanmıştır. İs işaretleri karbonu azaltmak için daha az etkili olarak kullanılan yakıtlarda oksijen var anlamına gelmektedir. Bir is işareti olarak bu az etkili performansa rağmen, biyodizel yanma esnasında şekillenen is karakteristiklerine sağlam ve dayanıklı yararlar vermek için gözlenmektedir.

Biyodizel verimi, yüzey oksijen işlevselliğinin kurumunda artan birliktelikten türetilen oksidasyona doğru daha reaktiftir. Biyodizelin gelişen reaktivitesi diğer

yakıtlardan türetilen kuruma tek bir oksidasyon prosesine bağlı geçiren bir is/kurum türetir.

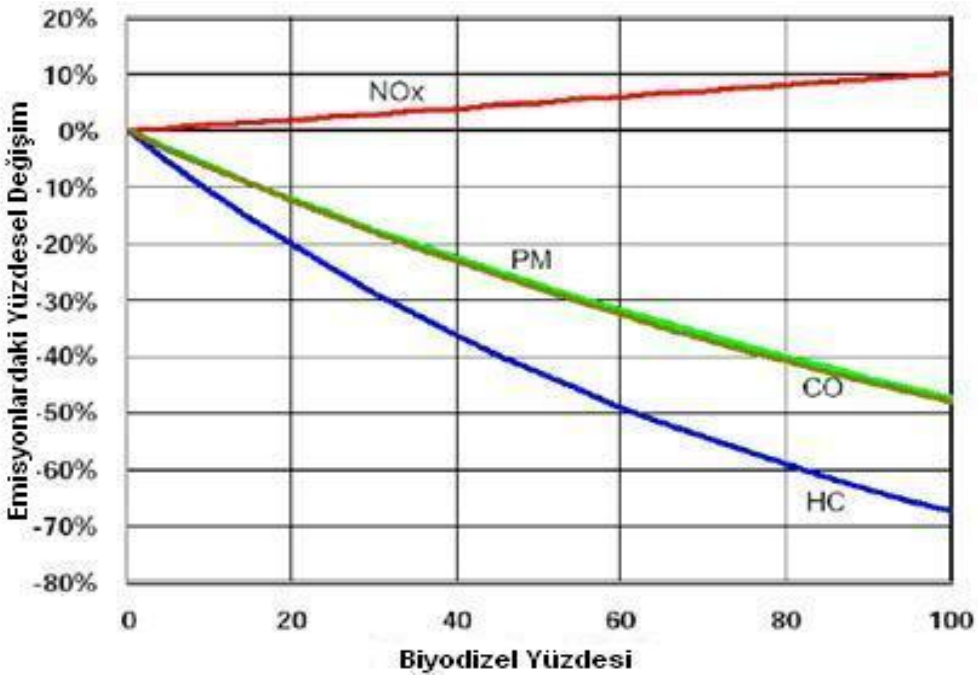
Soya kökenli B20, EPA'nın çalışmasana göre NO_x emisyonu 2 no'lu dizelden daha yüksektir. Yine EPA çalışması gereğince B20 soya kökenli biyodizel üretimi 2 no'lu dizele göre PM emisyonları %10.1 daha azdır.

Biyodizelin 2 no'lu dizele göre HC'nin azalmasında değerli yararları vardır. Soya kökenli B20'de 2 no'lu dizelden %21.1 daha az HC yayılır. EPA'nın raporuna göre; değişik biyodizel tiplerinin (kolza, soya ve hayvansal kökenli) arasında HC emisyonlarının yüzdesel azalmasında önemli bir değişiklik bir yoktur. B20 (soya kökenli) biyodizel ürünlerinde 2 no'lu dizel yakıtından %11 daha az CO vardır. Bu yöneliş temel biyodizel tiplerine göre (kolza, soya ve hayvansal) benzerdir.

Biyodizelin emisyon değerleri dizelin emisyon değerlerinden daha düşüktür ve bu değerler dizelle kıyaslandığında; azot oksit emisyonu (NO_x) aracın yaşına ve motorun devir sayısına bağlı olarak %10-18 azalır ya da artar.

Hidrokarbon (HC) %36.73 daha azdır. Karbon dioksit (CO_2) emisyonu %80 daha azdır. Karbon monoksit (CO) emisyonu %46.23 daha azdır. Kükürt dioksit (SO_2) emisyonu %100 daha azdır. Partikül madde (PM) %68 daha azdır. Toksik karakter gösteren PAH %80, nPAH ise %90 daha azdır. EPA analizlerine göre NO_x emisyonunda B5 kullanımında değişiklik görülmezken, B20'de %2, B100'de ise % 10 artma görülmüştür. Partikül maddede B5'te %5, B20'de %12, B100'de ise %48 azalma görülmüştür.[57]

EPA'nın raporuna göre, Şekil 9.2'de biyodizel yüzdesine göre NO_x, PM, CO ve HC emisyonlarındaki yüzdelik değişimler görülmektedir.



Şekil 9.2: Biyodizel Yüzdeleri Arası Emisyon Farkları

Şekil 9.2 incelendiğinde, biyodizel yüzdesi arttıkça NO_x emisyonlarında artış, PM, CO ve HC emisyonlarında düşüş olduğu görülmektedir.[59]

10. BİYODİZELİN NAKLİYATI VE DEPOLANMASI

Biyodizel taşıma ve depolama açısından da güvenlidir. Ancak biyodizelin kara yolundaki asfaltı yumuşatma ve eritme etkisi vardır.[60] Dizelin taşınması sırasında güvenliğini arttırmak amacıyla içerisine belli oranlarda biyodizel karıştırılması uygulamaları yapılmaktadır.

Biyodizelin nakliyatında ve depolanmasında dikkate alınması gereken birtakım anahtar özellikler vardır. Bu özellikler maruz kalınan sıcaklık, oksidatif stabilite, yakıtın çözücülüğü ve malzeme uyumluluğudur. Maruz kalınan sıcaklık ile belirtilmek istenen, biyodizelin depolandığındaki ya da nakliyatındaki sıcaklıktır. Oksidatif stabilite ise, biyodizelin bozulmadan uzun süre depolanması ile ilgilidir. Yakıt çözücülüğü, biyodizelin çözücülük özelliklerini ilgilendirmektedir. Biyodizelin depo tanklarının, contaların, salmastraların yapılmış olduğu malzemeler ile etkileşimi de malzeme uyumluluğu ile alakalıdır.

10.1. Çevre Sıcaklığı

Her tür dizel yakıtlar düşük sıcaklıklarda jelleşebilirler. Biyodizellin jelleşmesine (donma) sebep olacak sıcaklık genel olarak konvansiyonel dizel yakıtına kıyasla daha yüksektir ve biyodizelin bileşimine bağlıdır. Özellikle, doymuş metil esterler doymamış esterlere kıyasla daha yüksek jelleşme noktasına sahiptirler. Biyodizelin bileşimi, tabii ki, üretiminde kullanılan yağ hammaddesi tarafından belirlenir ve bu da biyodizelin jelleşme noktasını etkilemektedir.

10.2. Oksidatif Stabilite

Tüm dizel yakıtlar oksidatif stabilite sorunları oluşturma potansiyeline sahiptir. Oksidatif stabilite yakıtın oksijen ile tepkimeye girerek bozulması ile alakalıdır. Öyle ki, yakıtın reaktifliği önemlidir. Bir dizel yakıtın oksidatif stabilitesi iyot sayısı (ASTM D 1510) kullanılarak tahmin edilebilir. Dizel yakıtının uzun dönem stabilite değeri ise hızlandırılmış stabilite testi (ASTM D 2274) ile tayin edilebilir.

10.3. Yakıt Çözücülüğü

Biyodizel yalnızca hafif bir çözücü iken, dizel yakıtına kıyasla daha yüksek çözücülük özelliklerine sahiptir. Bu özelliğinden ötürü, dizel depo tanklarında veya araç yakıt tanklarında arta kalan tortular biyodizel tarafından çözülebilir. Biyodizelin çözücülük özellikleri dizel yakıtı ile karıştırılırsa azalır. Tipik olarak, %20 oranında ya da daha az biyodizelin dizelle karşımlarında neredeyse biyodizelin çözücülük özelliğinin tamamını etkisiz hale getirecektir. Bununla birlikte, daha öncesinde dizel kullanılmış bir depo tankına biyodizel depo dilecekse biyodizelin bu çözücülük özelliği dikkate alınmalıdır.

Bir araçta ya da filoda biyodizel kullanımına geçildiğinde, kullanım ile ilgili problemlerin olmamasını sağlamak için, çoğu kez yakıt filtrelerinin birkaç kez değiştirilmesi önerilir.

10.4. Malzeme Uyumluluğu

Malzeme uyumluluğu da biyodizelle dikkate alınması gereken önemli bir özelliktir. Biyodizeli işlerken paslanmaz çelik veya alüminyum ekipman kullanımı en iyisidir. Oksidasyon ve tortu üretimi biyodizel veya dizelin herhangi birinin pirinç, bakır, kurşun, kalay ve çinko ile teması ile başlayabilir. Biyodizelin bazı polimerlerle uyumluluk sorunları olabilir. Tablo 10.1'de biyodizelin dizele kıyasla bazı polimerlerle uyumluluğu görülmektedir. Biyodizel günümüzde yaygın olarak kullanılan conta, salmastra, yapıştırıcılarla uyumludur. Bununla birlikte, 1993 yılı öncesi conta, salmastra ve yapıştırıcılarla ilgili sorunlar olabilir.

Tablo 10.1: Biyodizelin Malzeme Uyumluluğu

Polimer	Dizele Kıyasla Uyumluluk
Flurosilikon	Sertlikte az değişim, kabarmada %7 artış
Nitril	Sertlikte %20 azalma, kabarmada %18 artış
Naylon 6/6	Az değişim
Polipropilen	Sertlikte %10 azalma, kabarmada %8-15 artış
Poliüretan	Sertlikte az değişim, kabarmada %6 artış
Polivinil	Çok daha kötü
Teflon	Az değişim
Taygon	Daha kötü
Viton A401-C	Az değişim
Viton GFLT	Az değişim

Biyodizel depolandığında, biyodizelin maruz kaldığı sıcaklık kristal oluşumunu önlemek için devamlı kontrol edilmelidir. Kristal oluşumu yakıt hatlarını ve yakıt filtrelerini tıkayacabileceği için istenmeyen bir husustur. Kristallerin oluşumunu önlemek için, biyodizel yakıtın akma noktasının üstünde depolanmalıdır.

Soğuk havalarda dahi, biyodizelin yer altında depolanması kristal oluşumunu önlemek için çoğunlukla yeterli depolama sıcaklığını sağlamaktadır. Eğer soğuk havalarda, biyodizel yer üstünde depolanırsa, depolama sistemi izolasyon, karıştırma yeteneği, ve/veya ısıtma yeteneği gibi ek özelliklere de sahip olmalıdır.

Biyodizel dizel karışımları çoğunlukla daha düşük sıcaklıklarda depolanabilir. Bu karışımlar da akma noktasının üstünde bir sıcaklıkta depolanmalıdır. Kristallerin oluşumu biyodizelin ısıtılması ile tersinirdir ve bu özellik kristalleri eritmek için kullanılabilir. Alternatif olarak, kristaller biyodizelden filtre edilebilir.

10.5. Depolama

Eğer biyodizel uzun süre depolanacaksa, biyodizelin stabilite özelliği önemli bir özelliktir. Zayıf stabilite asit sayılarının artmasına, yakıt viskozitesinin yükselmesine, zamkın ve tortunun artmasına öncü olabilir. Asit sayısı ve viskozitesi sürekli izlenerek depolanmış biyodizelin stabilitesi hakkında bilgi elde edilebilir. Biyodizelin depolanma stabilitesi geniş ölçüde bileşimine bağlı olarak incelenmemiştir. Bu nedenle, şu anki en iyi uygulama biyodizel veya biyodizel karışımlarını altı aydan daha fazla depolamamayı kapsamaktadır.

Antioksidan kullanımı depolanmış dizel yakıtların stabilitesini geliştirebilir. Uygun antioksidanlar t-bütil hidrokuionon, Tenox 21 ve tokoferoldür.[61] Uzun süreli depolanmış biyodizelin kullanımından önce pH'ı test edilmeli ve 7 ile 10 sınırları arasında olmasına dikkat edilmelidir.Yine aynı şekilde uzun süre beklemiş biyodizelin kullanımından önce özgül ağırlığının 0.9'u aşıp aşmadığı belirlenmelidir. Biyodizel tankları mümkünse tamamen dolu tutulmalıdır.Bunu yapmaktaki amaç, biyodizel ile havanın temasını en aza indirmektir. Eğer biyodizel nemli ve ılık iklimde depolanacak ise biyodizel depo tanklarına katkı maddesi ilave etmek gereklidir.[60]

Yakıt içinde biyolojik büyümeye neden olacağı için depolanmış yakıt içinde su kirlenmesi minimize edilmelidir. Eğer su kirlenmesi meydana gelirse, biyosit kullanımı biyolojik büyümeyi, bakteri glişimini azaltabilir.

Biyodizelin depolanması için tank seçiminde birtakım faktörler göz önünde tutulmalıdır. Biyodizel depolama tankları için uygun malzemeler alüminyum, çelik, teflon ve florlu polietilen veya polipropilendir.

Dizel depolanması için kullanılmış tanklara çoğunlukla su bulaştırılmıştır ve bu su biyodizel tarafından absorbe edilebilir. Eğer biyodizel depolanması için kullanılacak tanklar daha önce dizel depolanması için kullanılmışsa, tanklar biyodizel depolanması için daha öncesinde temizlenmelidir. Tanklar olduğu kadar azaltmanın su bulaşmasını da mümkün olduğu kadar azaltacak; hem de hava ile teması da mümkün olduğu kadar azaltacak şekilde seçilmelidir.

10.6. Yükleme Boşaltma

Biyodizelin yükleme ve boşaltmasında bazı faktörlere dikkat edilmelidir. Biyodizel tehlikeli maddeler içermemesine rağmen, iyi havalandırılmış alanlarda depolanmalı ve kullanılmalıdır. Biyodizelin depolanması ısı, kıvılcım veya alev kaynaklarının yanında olmamalıdır. Eğer varillerde depolanacaksa, doğru varil kullanımı prosedürü izlenmelidir. Biyodizelin yükleme ve boşaltılması sırasında, PVC kaplamalı eldivenler, hem de güvenlik camları veya koruma gözlüğünün kullanılması önerilmektedir.

10.7. Nakliyat

Biyodizelin taşınırken, taşıma kapları temiz ve kuru olmalıdır. Ayrıca, kaplar depolamada kullanılmış aynı yapım malzemelerine uymalıdır. Transfer sistemlerinde bulunan contalar, salmastralar ve yapıştırıcılar da uyumlu malzemelere uyum sağlamalıdır. Akma noktasından dolayı, saf biyodizelin soğuk havada gemiyle nakliyatı zordur. Biyodizelin soğuk havalarda nakliyatı için olan yöntemler, hızlı bir şekilde tank arabalarında sıcak biyodizelin dağıtımını, buhar serpantisiyle donatılmış tank arabalarında katılaştırılmış biyodizel ile %20 oranında kışa hazırlanmış dizel ile biyodizel ve %50 oranında gazyağı ile karıştırılmış biyodizeli kapsamaktadır.[61]

10.8. Doldurma İstasyonlarındaki Gereklilikler

10.8.1. Yakıt Tankı

Biyodizel, halen dizel için kullanılan çelik veya fiberglas tanklarda depolanabilir ve dizel için konulması uygun yerlere güvenle konulabilir. Dizel yakıt tankları için yapılan bütün yer altı ve yer üstü düzenlemeleri biyodizel taşıyan tanklar için de yapılabilir. Dönüşüm ventlerine biyodizelin buhar basıncı dizele göre daha düşük olduğu için ihtiyaç duyulmaz.

10.8.2. Boru Hattı

Biyodizel için kullanılacak borular çelik (galvanizli veya siyah), fiberglas ya da plastik olabilir. Metal parçaları birleştirmek için dişli bağlantılar, flanşlar, kaynak ve lehimleme; fiberglas ve plastik parçaları birleştirmek için ısı veya çözücü ile birleştirme veya dişli bağlantılar kullanılabilir. Bütün hallerde bağlantı noktalarında sızma olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Biyodizel az da olsa düşük oranlarda alkol içerdiği için özellikle boru bağlantı noktalarında boru hattında oluşabilecek zararları önlemek için teflon tipi malzemeler kullanılabilir.

10.8.3. Pompalar

Dizel için kullanılan pompalar, biyodizel için de kullanılabilir, fakat pompaların yapısında bulunan elastomer yapılar eğer yüksek miktarda florin içermiyor iseler, biyodizelden kötü yönde etkilenebilirler. Bu sebeple özellikle yapısında elastomer bulunan conta gibi parçalar dikkatli bir şekilde incelenmelidir.

Şu ana kadar dizel için kullanılan pompaların filtrelerin biyodizel ile kullanılamayacağına ilişkin olumsuz bir görüş öne sürülmemiştir.

Burada yine bünyesinde elastomer madde içeren hortumlara ve hortum başlarına çok dikkat edilmeli ve kontrolleri sık sık yapılmalıdır.

10.8.4. Kontrol Sistemleri

Pompa üzerinde başlatma-durdurma düğmesi dışında herhangi bir kontrol sistemine ihtiyaç yoktur. Acil durumlarda istasyondaki tüm elektriği kapatacak uzaktan kumandadaki bir sistem ise sistemde bulunmalıdır.

10.8.5. Sızıntı Kontrol Sistemi

Yer altında depo ve boru tertibatı bulunan sistemlerde, sisteme sızacak su ileride büyük sorunlara sebep olur. Bu nedenle sızıntı kontrol sistemine ihtiyaç vardır.

10.8.6. Yangın Söndürme Sistemleri

Yangın söndürme sistemleri, genellikle infrared dedektör kullanan kuru kimyasallardır ve benzin ve dizel yangınlarında olduğu gibi biyodizelin neden olabileceği yangınlarda da gayet etkili bir şekilde çalışırlar. Bu sistemleri, biyodizel ile kullanmak için özel yenilikler yapılmasına gerek yoktur.

10.8.7. Yıldırım Koruması

Bütün biyodizel istasyonlarında yıldırım sisteme zarar verebilir veya yangına neden olabilir. Bu nedenle, yıldırımdan korunmak için birtakım standart önlemler alınmalıdır.[31]

11. BİYODİZELİN DİZEL MOTORLAR DIŞINDA KULLANIMI

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel taşıt motorları dışında da yakıt olarak kullanılmasına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, “Acil Durum Yakıtı” ve “Askeri Stratejik Yakıt” şeklinde adlandırılabilir.[6]

Biyodizel ısıtma yakıtı (kalorifer yakıtı) olarak kullanılabilir. Örneğin İtalya’da, bitkisel yağların esterleri dizel yakıtı yerine ısıtma yakıtı olarak kullanılmaktadır. Isıtma amaçlı kullanılacak biyodizel için EN 14213 standardı oluşturulmuştur.

Biyodizelin yakıt olarak kullanımının önerildiği diğer alan ise havacılıktır. Ancak, biyodizelin düşük sıcaklık özelliklerinden dolayı, alçak uçuş yapan uçaklarda kullanımı mümkündür.

Yakıt olarak kullanılmasına ek olarak, bitkisel yağların ve hayvansal yağların esterleri yüzlerce amaç için kullanılabilir. Metil esterleri, bitkisel yağlardan yağlı alkollerin üretiminde aracılar olarak kullanılabilir. Yağlı alkoller yüzey koruyucu ve temizleme gereçleri olarak kullanılır. Yağlı asitlerin dallanmış esterleri gelişmiş biyobozunabilirlikleri sayesinde yağlayıcı olarak kullanılırlar. Bitkisel yağ esterleri ayrıca iyi çözücü özelliklerine sahiptir. Ham petrolle kirletilmiş sahillerin temizlenmesinde kullanımları iyi çözücü olduklarının göstergesidir. Yüksek parlama noktası, düşük uçucu organik bileşikleri ve soya metil esteri bileşiklerinin çevresel özelliklerinin olması temizleme aracı olarak kullanılmasını cazip kılmaktadır. Metil soya metil esterinin çözücülüğünün dayanımı yüksek kauri-bütanol değeri (hidrokarbon çözücülerin çözücü gücü ile ilgili) ile gösterilmektedir ki bu değer onun bazı konvansiyonel organik çözücülere benzer yada üstün nitelikli yapmaktadır. Kolza yağının metil esterleri plastiklerin üretiminde plastikleştiriciler olarak ve gazlı endüstriyel emisyonların temizlenmesi için yüksek sıcaklıkta kaynayan emiciler olarak önerilmektedir. Hidrojenle birleştirilmiş parafin temelli veya karboksilik asit temelli mum yakıtlarla karıştırılmış yağ alkil esterleri gelişmiş yanma performansı sağlamaktadır.[7]

Biyodizel marina uygulamalarında da kullanılabilir. Yapılan deneyler göstermiştir ki, saf biyodizel toksiksiz, kolayca biyolojik olarak bozunabilen, kükürt ve aromatiklerden bağımsız bir yakıttır. Bundan dolayı, balıklara da zararlı değildir.[62]

Bunun dışında biyodizel, yeraltı madenciliğinde de güvenli ve pratik uygulamalar sunabilir.[6] Motorlar çok büyük olması ve sürekli çalışmaktadır. Biyodizelin partikül emisyonlarının az olması ve potansiyel olarak da sağlık risklerini azaltması yer altı madenciliği pazarına girmesini sağlayan önemli faktörlerdir. Bununla birlikte, pazarda yer edinmesini sağlayan en önemli faktör fiyatıdır.[61] Ek olarak, biyodizel jeneratör yakıtı olarak da kullanılabilir.

Kükürt içermeyen biyodizel seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Gıda işletme sanayisinde gıda kurutulmasında da başarı ile kullanılabilir.[6]

Ayrıca, tuğla üretiminde ve çömlekçilikte, inşaat kalıplarının sıvanmasında, demiryolu yağlayıcısı olarak, çok amaçlı makine yağlayıcısı olarak, motor parçalarındaki yağ ve kurumun temizlenmesinde, hidrolik sıvısı olarak, yapışkan kimyasallı sprey boyaların ve otomobillerdeki istenmeyen boyaların temizlenmesinde çözücü olarak da kullanılabilmektedir.[60]

12. TÜRKİYE'DE BİYODİZEL

Ülkemiz yeterli fosil enerji kaynağı olmayan ve enerji ihtiyacının %85'ini ithal eden bir ülkedir. İthalatı yapılan enerji kaynaklarının uluslararası pazardaki fiyat dalgalanmaları ulusal ekonomiye büyük bir yük getirmektedir. Enerji politikalarının dengesizliği, ithalata bağlılığı stratejik açıdan ciddi riskleri beraberinde getirmektedir. Gelişmiş ülkeler, uluslararası maliyetlerden yüksek olsa bile yerli enerji üretimini desteklemektedirler. Almanya'da 300,000 hektar kanola tarımından, biyodizel üretimine bağlı olarak 5,000 kişiye istihdam sağlanmış ve bunun karşılığında %70 vergi indirimi uygulanmıştır.

Türkiye'de tarımsal nüfusun toplam nüfusa oranı %35 gibi yüksek bir orandadır. Kırsal nüfusun oldukça yüksek seviyede olması, sektör üzerinde yoğun bir nüfus baskısına ve gizli işsizliğe yol açmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü, 28 Mayıs - 30 Eylül 2001 tarihleri arasında uygulanan VII. Genel Tarım Sayımı sonucuna göre, toplam arazinin sadece %33.3'ü işlenmektedir. İşlenmeyen arazi içinde %2.91 oranında tarıma elverişli olduğu halde kullanılmayan arazi bulunmaktadır. Bu arazilerin ve kota kapsamından çıkarılan şeker pancarı ve tütün ekilen arazilerin bir kısmının da yağ bitkileri üretimine kaydırılmasıyla tarımsal potansiyel daha verimli kullanılabilecektir. Türkiye'de öncelikle değerlendirilmesi gereken yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde bulunan biyodizelin yeni teknolojilerle kullanıma sokulması, Türkiye'de yeni iş sahaları açacak, işsizliği azaltarak, milli geliri artırabilecektir.[63]

12.1. Biyodizelin Türkiye'deki Geçmişi

Türkiye, bölgesel fosil enerji kaynakları yeterli olmayan ve enerji ihtiyacının %85'ini ithal eden bir ülkedir. İthalatı yapılan enerji kaynaklarının, uluslararası pazardaki fiyat dalgalanmaları, ulusal ekonomiye büyük bir yük getirmektedir. Enerji konusu giderek politikleşerek, enerji ithalatının bağımlılığı ve ödemeler dengesindeki kronik açığın, politik istikrarın temel tehlikesini oluşturacağı düşünülmektedir. Türkiye'nin

enerji tüketimini ithal edilen fosil yakıtlara dayalı olarak sürdürmesi, gayri safi yurtiçi hasılanın azalmasına neden olmaktadır. Gelişmiş ülkeler, uluslararası maliyetlerden yüksek olsa bile yerli enerji üretimini tercih etmektedirler.[64]

Türkiye biyodizelle ilgili ilk çalışmasını AB'den önce 1934 yılında "Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı" adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde yapmıştır.[65]

Türkiye'de biyodizel dünyadaki gelişmelerin etkisinde 2000'li yılların başında gündeme gelmiştir. Üniversitelerdeki çalışmalar hızla gelişmiş. 2001 yılında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nda "Biyodizel Çalışma Grubu" oluşturulmuştur.

Türkiye'de biyodizel ilk kez TTGV/AR-GE projesi kapsamında 2001 yılı sonunda üretilmiştir. Bursa'da AYT firmasınca oldukça basit düzeyde üretim yapılmıştır. AYT Ltd. Şti. 1997 yılında kurulmuştur. Firmanın ürettiği ürün Nisan 2002'den beri Trakya, Adapazarı ve İzmit'te ürün-dizel yakıtı karışımı şeklinde dizel yakıtından %20 daha ucuza satılmıştır.[66]

İlk kez biyodizel ve ismi 04.12.2003 tarihinde 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu'nda harmanlanan ürünler arasında yer almıştır. Amacı; "Bu kanunun amacı; yurt içi ve yurt dışı kaynaklardan temin olunan petrolün doğrudan veya işlenerek güvenli ve ekonomik olarak rekabet ortamı içerisinde kullanıcılara sunumuna ilişkin piyasa faaliyetlerinin şeffaf, eşitlikçi ve istikrarlı biçimde sürdürülmesi için yönlendirme, gözetim ve denetim faaliyetlerinin düzenlenmesini sağlamaktır." diyen bir kanun içinde ve "Ürün: Fiziksel veya kimyasal işlem, rafinaj veya diğer yöntemlerle ham petrol ve/veya ürünlerinden elde edilen ürün veya ara ürün herhangi bir hidrokarbonu, ifade eder." şeklinde tanımlanan ürün içinde değerlendirilmiştir. Kanunda biyodizelin ÖTV dışında tutulması nedeniyle yatırımlar dünyaya paralel biçimde hızla artmıştır.[65]

Şubat 2003'te ilk EN 14214 özelliklerine sahip soya yağı çıkışlı biyodizeli, PROKEM Kimya San. Tic. Ltd. Şti. üretmiştir. Firma, ilgili bakanlıklar ve T.C. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'ne Nisan 2003'te B20 (%20 Biyodizel + %80 Dizel Yakıtı) satış ve uygulama izni için başvurmuştur.[66]

10.09.2004 tarihli ve 25579 sayılı Resmi Gazetede "Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik ve 17/06/2004 tarihli Petrol Piyasası Lisans

Yönetmeliği ile “biyodizel” akaryakıt olarak kabul edilmiş ve ithalatı, dağıtımı, taşınması ve son kullanıcıya satışı lisans kapsamına alınmıştır.

Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından 2003 yılında teklif edilen Biyodizel Standartları (TSEN 14214 ve TSEN 14213) 2005 Eylül ve Ekim ayında TSE tarafından AB standartlarının aynı olarak TSE Standardı olarak yayınlanmıştır. EPDK 29.12.2005 tarih ve 623/1 nolu Kurul Kararı ile 3824.90.99.90.54 GTİP’li madde, Otobiyodizel, 3824.90.99.90.58 GTİP’li madde, yakıtbiyodizel isimleriyle piyasaya sunulabileceğini belirtmiştir.

EPDK O5.01.2006 tarihli tebliğleri ile “Motorin Türlerinin Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği” kapsamında biyodizelin %5’e (% v/v) kadar motorin ile harmanlama yapılmasına imkan tanımış, otobiyodizelin üretimi, “Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği” ile otobiyodizelde TSEN 14214 aynen kabul edilmiştir. Yakıtbiyodizelin üretimi, “Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği” ile de TSEN 14213’ü çokça tartışılan iyot sayısı maksimum 120’den 140’a çıkarılarak kabul etmiştir. Bu tebliğ ile yakıt biyodizelin kırmızıyla işaretlenerek piyasaya sunulması kararlaştırılmıştır.

05/01/2006 tarih ve 630/26 sayılı kurul kararı ile biyodizel üreticileri biyodizel işleme lisansı kapsamına alınmıştır.

Petrol piyasasında haksız rekabet oluşturduğu iddialarının sonucunda 30.03.2006 tarihinde 5479 sayılı “Gelir Vergisi Kanunu”nda değişiklik yapılarak 3824.90.99.90.54 GTİP numaralı biyodizele (Otobiyodizel) 0.6498 YTL/Litre “Özel Tüketim Vergisi” getirilmiştir. 08.12.2006 tarihinde 26370 sayılı resmi gazetede yayınlanan 05.06.2007 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile 4760 sayılı “Özel Tüketim Vergisi Kanunu”na Ekli 1 sayılı listede “Yer Alan Mallarda Uygulanan Özel Tüketim” vergisi ile yerli tarım ürünlerinden elde edilen otobiyodizelin dizele %2 oranında harmanlanması ÖTV’den muaf tutulmuştur. Bu konuda Maliye Bakanlığı 26 Aralık 2006 tarih ve 26388 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Özel Tüketim Vergisi Genel Tebliği Seri No 13 tebliği ile Gelir İdaresi Başkanlığı’ndan “Biyodizel Üretim İzin Belgesi” alınması gerekliliğini, harmanlama uygulamasının nasıl olacağını ve kamuya ayrıcalıklar tanıyan tebliğini yayınlamıştır. [65]

12.2. Biyodizelin Türkiye'deki Tarımsal Durumu

12.2.1. Arazi Potansiyeli

Biyodizel sonuç itibarıyla bir tarımsal ürün türevi olması ve de tarımsal ürünlerde en büyük maliyet kalemini oluşturması nedeniyle tarımla özdeşleşmiştir. Biyodizelin maliyet yapısını %7'lik kısmını kullanılan kimyasallar, su/elektrik gibi giderler %4'lük kısmını ve diğer sabit giderler ise maliyetin %4'lük kısmını oluşturmakla birlikte maliyetin %84'lük kısmı hammadde yani tarımsal üretimdir.[67]

Türkiye'nin ekilebilen, nadasa bırakılan ve toplam arazi varlığı yıllara göre Tablo 12.1'de verilmiştir. Tabloda verilen verilere göre toplam ekilebilecek arazi varlığının yaklaşık %15-%20'si nadas nedeniyle üretim dışı bırakılmaktadır. Bir başka ifadeyle arazi varlığının %15-20'si iki yılda bir değerlendirilebilmektedir. İleri tarım tekniklerinin uygulandığı ülkelerde, tarım tekniklerinin bir arada uygulanması ile nadastan vazgeçilmektedir. Bu tekniklerden biri de ekim nöbeti yani münavebedir. Ülkemizde de bu alanda yapılacak araştırmalarla diğer tarım tekniklerinin yanında yağ bitkilerinin münavebe olanakları artırılarak nadas alanları azaltılabilir.[YK] Bunun dışında, 2001 yılında tarıma elverişli olduğu halde kullanılmayan arazi 1,944,340 hektar olduğu düşünüldüğünde, çifçiler alternatif ürünler konusunda bilgilendirilerek ve ayrıca desteklenerek kullanılmayan bu arazi potansiyeli de değerlendirilebilir.

Tablo 12.1: Türkiye'nin Ekilebilen, Nadasa Bırakılan ve Toplam Tarla Alanı Varlığı

Alan (ha)	1990	1995	1998	1999	2001
Ekilen Alan	18,868,000	18,464,000	18,751,000	18,448,000	15,237,636
Nadasa Bırakılan Alan	5,324,000	5,124,000	4,905,000	4,900,000	3,745,958
Toplam Tarla Alanı	24,192,000	23,588,000	23,248,000	23,656,000	21,804,448

Türkiye'de toplam arazinin sadece %33.1'i işlenmektedir. İşlenmeyen arazi içinde tarıma uygun %3'lük bir alan mevcuttur.[68,69] Bu alanın enerji tarımında, özellikle C4 bitkileri (şeker kamışı, tatlı darı, mısır gibi) ve yağlı tohum bitkileri tarımında kullanılması tarım kesimine yön verecek, istihdam yaratacak ve ulusal gelir artacaktır.

GAP, Yeşilırmak Havza Projesi gibi projeler kapsamında biyokütle enerji teknolojisi plan ve uygulamaları mutlaka yer almalıdır. Enerji tarımı için tarım birlik ve kooperatiflerine öncü rol almaları için gerekli teşvik ve destekler verilmelidir.[2]



Şekil 12.1: Tarıma Elverişli Olupta Kullanılmayan Alanlarda Ülkemizin Biyodizel Üretim Potansiyeli

Şekil 12.1'e bakıldığında, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılan çalışmada, 2005 yılı sonu itibariyle çok bölünmüşlük ve terk edilmişlikten kaynaklanan kullanılmayan alanın yaklaşık 1,900,000 hektar olduğu ve ülkemizin yılda 1,250,000 ton biyodizel üretim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.[70]

Tablo 12.2: İşlenen Tarla Alanının Kullanılışına Göre Dağılımı

Tarla Alanının Kullanılış Türü	1990	1995	1998
Nadas	22,1	21,72	20,27
Tahıl	56,67	58,57	58,35
Baklagiller	9,45	7,93	6,87
Endüstriyel Bitkiler	5,76	5,94	6,87
Yağlı Tohumlu Bitkiler	6,43	6,52	6,31
Yumru Bitkiler	1,18	1,51	1,33

İşlenen tarla alanının kullanılışına göre yüzde dağılım değerleri Tablo 12.2'de verilmiştir. Tabloda yağlı tohumlu bitkilerin toplam arazi varlığı içerisindeki payı % 6.31 olarak gözükmektedir. Yağ bitkilerinden biyodizel üretilmesi durumunda, üreticisinin ürettiği ürüne alım garantisi sağlanacağından, bu oranının artırılma şansı olacaktır.

Ayrıca; pancar, tütün ve fındık üretiminin destek kapsamından çıkarılması, bu alanlarda alternatif bitki olarak yağ bitkilerinin yetiştirilmesine olanak sağlayacaktır.[68]

12.2.2. Bitkisel Yağ Üretimi Potansiyeli

Ülkemiz çeşitli yağ bitkileri için uygun ekolojiye ve tarım arazisine sahip olmasına karşın, yemeklik olarak tüketilen yağlar, ülke ihtiyaçlarına yanıt vermemektedir. 2003 yılında yaklaşık 1,400,000 ton yağlı tohum ithalatı ile 200 milyon dolar; 900,000 ton ham yağ ithalatı ile yaklaşık 450 milyon dolar döviz ödenmiştir. Yağlı tohum, ham ve rafine yağ ile yağlı tohum küspesi olarak yaklaşık 1 milyar dolarlık döviz karşılığında ithalat yapılmıştır.

Ülkemizde üretilen toplam bitkisel yağ miktarı yıllar itibariyle, 2000 yılında 1,059,481 ton olmuştur. (Tablo 12.3) Yıllar itibariyle yağ üretimi dalgalanmalar göstermesine rağmen, genelde azalma eğilimiyle 2003 yılında 853,540 ton yağ üretimi gerçekleşmiştir. Buna karşılık, ülkemiz bitkisel yağ tüketimi ortalama 1,300,000 ton civarındadır. Bu üretim-tüketim dengesi içinde ülkemizin bitkisel yağ açığı ortalama 500,000 ton dolaylarındadır. Bu yağ açığını kapatmak için 2003 yılında 893,000 ton bitkisel yağ ithal edilmiş ve toplam ödenen döviz miktarı ise 426 milyon doları geçmiştir.

Tablo 12.3: Türkiye Yağ Üretimi (ton) [71]

Ürün	2000	2001	2002	2003
Ayçiçek yağı	481.371	299.838	354.700	336.270
Pamuk yağı	249.828	233.274	224.642	249.446
Zeytin yağı	185.700	65.000	160.000	70.000
Soya yağı	72.705	62.252	116.130	114.436
Mısır yağı	25.631	31.770	28.919	41.339
Susam yağı	10.871	14.264	22.918	22.918
Kolza yağı	8.263	960	525	355
Diğer	35.983	960	18.792	41.694
Toplam	1.059.481	713.957	926.626	853.540

2004-2005 döneminde de, bitkisel yağ üretimimizin ancak %30'a yakın kısmı yurtiçi üretim ile karşılanabilmiştir. Biyodizel üretimi için, kanola, soya ve aspir başta olmak üzere yağlı tohum bitkileri enerji tarımı yapılması ve atık bitkisel yağların değerlendirilmesi gerekmektedir.[2]

Türkiye'nin 2000-2006 yılları arasındaki yağ bitkilerinin ekilen arazi, üretim ve verim değerleri Tablo 12.4'te verilmiştir. Yağlı tohum üretiminin %90'ından fazlasını bu tabloda verilen altı yağ bitkisi oluşturmaktadır. Ülkemizde ortalama yıllık yağ üretimi 500 bin ton, tüketim ise 1.3 milyon tondur. Bu durumda oluşan yağ açığı ithalat yoluyla karşılanmaktadır.[72]

Tablo 12.4: Yıllara Göre Yağ Bitkileri Ekilen Arazi Miktarı, Üretimi ve Verimi [69]

Yıl	Aspir	Pamuk Çiğidi	Ayçiçeği	Soya	Kolza
Ekilen Arazi (ha)					
2000	30	654,177	542,000	15,000	82
2001	35	688,667	510,000	17,000	290
2002	40	721,077	550,000	25,500	550
2003	250	629,610	545,000	27,000	2,800
2004	165		550,000	14,000	1,700
2005	173		566,000	8,600	700
2006	431		585,400	11,919	5,390
Üretim (t)					
2000	18	1,295,066	800,000	44,500	187
2001	25	1,349,110	650,000	50,000	650
2002	25	1,457,122	850,000	75,000	1,500
2003	170	1,307,920	800,000	85,000	6,500
2004	150		900,000	50,000	4,500
2005	215		975,000	29,000	1,200
2006	395		1,118,000	47,300	12,615
Verim (kg/ha)					
2000	600	1,980	1,476	2,967	2,280
2001	710	1,959	1,275	2,941	2,241
2002	630	2,021	1,545	2,941	2,727
2003	680	2,077	1,468	3,148	2,321
2004	910		1,640	3,570	2,650
2005	1,240		1,720	3,370	1,710
2006	920		1,910	3,970	2,340

2007 yılında hem yem hem yağ bitkisi olarak değerlendirilebilen ve üretimine devlet desteği verilen aspir ve kolza üretiminde yüzde 100'lerin üzerinde artış olmuştur. Verilere göre, soya üretimi %35.2 azalarak 30 bin 666 tona, ayçiçeği üretimi %23.6

azalma ile 854,4 bin tona, susam üretimi %24.6 azalma ile 20 bin tona, haşhaş tohumu üretimi ise %70.2 azalma ile 30 bin 187 tondan 8 bin 981 tona düştü. Yer fıstığı üretimi %11.6 artış ile 86,4 bin tona, aspir üretimi %477.2 artış ile 2 bin 280 tona, kolza üretimi %127.7 artış ile 28 bin 727 tona, kenevir tohumu üretimi ise % 84.6 artış ile 24 tona çıkmıştır.[73]

12.2.2.1. Ayçiçeği

Ayçiçeği hemen her bölgemizde yetiştirilebilen ve tanelerinde yüksek oranda kaliteli yağ bulunduran, ekim alanı, üretimi ve yağ üretimi bakımından ilk sırada yer alan önemli bir yağ bitkisidir. Bu nedenle ayçiçeği üretiminin artırılması gerekmektedir. Üretim artışı ekim alanı veya birim alan verimi artışıyla gerçekleştirilebilir. Günümüzde ayçiçeği ekim alanını artırmada, I. ve II. ürün tarımı olarak, GAP ve Akdeniz bölgeleri potansiyel görülmektedir. Bunun dışında üretim deseninde meydana gelen değişikliklerle ayçiçeği ekim alanı arttırılabilir. Verimi artırmada ise yeni geliştirilen hibrit ayçiçeği çeşitlerine uygun yetiştirme teknikleri uygulamak etkili olacaktır.

Ayçiçeği ekiliş alanları 2000 yılında 542 bin ha iken bir sonrakı yıl giderek azalan bir trend izleyerek 2001 yılında 510 bin ha'a kadar düşmüştür (Tablo 12.4). 2002 yılında ekim alanı tekrar 550 bin ha'a yükselmiştir. 2006 yılında ekim alanı 585 bin 400 hektar olarak gerçekleşmiştir. Üretim ise 2000 yılında 800 bin ton iken 2001 yılında ise 650 bin tona gerilemiştir. Bu azalmada en önemli neden ekim alanındaki ve verimdeki düşüşlerdir. 2002 yılında üretim tekrar 850 bin ton'a yükselmiştir. Bu yükselmenin ise bir önceki yıl ayçiçeği fiyatlarının iki kata yakın oranda artması ile ekim alanındaki ve verimdeki olumlu gelişmelerden kaynaklanmaktadır. 2006 yılında ise üretim 1,118 bin tona yükselmiştir.

Ülkemizde ekimi yapılan yağlı tohumlu bitkiler arasında ekim alanı ve yağ üretimi bakımından (%73) ilk sırayı alan ayçiçeği, ağırlıklı olarak Trakya bölgemizde üretilmekte olup, bununda %30.8'ni tek başına Tekirdağ ili karşılamaktadır. Edirne %20.1 ve Kırklareli %11.2 ile diğer önemli ayçiçeği üretimi yapan illerdir.

Ayçiçeği kurağa fazla dayanıklı olmamakla birlikte diğer kültür bitkilerinin yetişemediği kurak koşullarda başarıyla yetişebilmektedir. Ayçiçeği bitkisi topraktaki suyu en iyi değerlendiren bitkilerden biridir. Yetişme süresi boyunca 500-600 mm'lik toplam yağışa gereksinim duymaktadır. Ancak yağışlarla alınan su

miktarı yeterli değilse verim alınması için sulama gereklidir. Kurak koşullarda sulama ile % 100'e varan bir verim artışı sağlanabilmektedir. Ayçiçeğinde su isteği toprak yapısına, sıcaklığa, nispi neme ve rüzgarın etkisine göre değişmektedir. Suya en fazla ihtiyaç duyduğu dönem çiçeklenmeden önceki ve sonraki 40 günlük dönemdir. Özellikle, çiçeklenme ve döllenmenin olduğu 10 günlük dönemde, bitki su stresine maruz kalırsa, verim çok fazla etkilenmektedir. Ayrıca, çiçeklenmeden sonraki 20 günlük dönemde bitkinin su stresine girmesi halinde, yağ verimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu periyotta yapılacak 1-2 sulama ile verim artışı sağlanabilmektedir. Özellikle Orta Anadolu Bölgesi ve Batı Geçit Bölgelerimizde daha çok kuraklıktan kaynaklanan verim düşüklüklerini minimize edebilmek için ayçiçeğinde özellikle sulama potansiyeli olan alanlarda sulamanın teşvik edilmesi hem üretici hem de ülke ekonomisi açısından bir kazanç olacaktır.

Ayçiçeği üretiminde görülen yetersizliğin temel nedenlerinden biri üretim alanlarında görülen azalmadır. Ayçiçeği-buğday Trakya yöresinde yetiştirilen iki ana ürün olup fiyat açısından ayçiçeğinin buğday ile rekabet edebilmesi için ayçiçeği / buğday fiyat paritesinin ayçiçeği lehine 2.5-3.0 arasında olması gerekmektedir. Ayçiçeği / buğday fiyat paritesinin 2.5 'dan aşağı düşmesi sonucu Trakya bölgesi üreticilerinin ayçiçeğinden kaçarak buğday / buğday ekim nöbetini uygulaması bölge topraklarında yer yer %1'in altına düşen organik madde miktarının daha da azalmasına neden olduğu gibi bölgede süne ve zabrus zararlarının yaygınlaşmasına da neden olmaktadır. Halbuki Trakya bölgesinde tahıllar ve ayçiçeği ekim nöbeti toprak verimliliği ve bitkisel yağ açığının kapatılması açısından çok önemlidir.

Ülkemiz; ortalama verim değerleri yönünden dünya ortalamasının üzerinde olup, Rusya, Çin ve Ukrayna ile başa baş giderken, özelikle Slovenya (400 kg/da), İsviçre (360 kg/da), Fransa(200-240 kg/da), Mısır (227.9 kg/da) ve Lübnan (227.7 kg/da), gibi ülkelerin altında kalmaktadır. Verim artışının sağlanmasında sulamanın teşvik edilmesi yanında, kuraklık stresine dayanıklı, yüksek yağ oranı ve kalitesine sahip, daha yüksek oranda hibrit çeşit kullanımı, başta orabanşın yeni ırkları ile mevcut hastalık ve zararlılarına dayanıklı çeşitlerin üretimde kullanılması önem taşımaktadır.

12.2.2.2. Pamuk Tohumu (Çiğit)

Pamuk tohumlarından lif elde edilen bir bitki olması ve üretiminde asıl amacın lif üretimi ve lif verimi olması ile birlikte, ortalama lif randımanının %35-40 olması

nedeniyle birim alandan elde edilen kütlünün %60'ı çiğittir. Çırçırlama sonrasında lifleri alınan tohumlarda (çiğit) %17-24 oranında yağ bulunmaktadır. Yaklaşık 700 bin ha'lık bir alanda, 1.3 milyon ton çiğit üretiminin yapılması, içerdiği düşük yağ oranına (%17-24) rağmen, ülkemiz için pamuğu önemli miktarda yağ elde edilen bir bitki konumuna getirmiştir.

1999 yılında 1,157 bin ton olan çiğit üretiminin 2000 yılında 1,295 bin ton'a ulaştığı gözlenmektedir. Bu artış doğrudan doğruya çiğit verimindeki yaklaşık %23'lük artıştan kaynaklanmıştır. Üretimdeki artış 2001 yılında 1,354 bin ton'la devam etmiştir. Bu artışın nedeni ise bir önceki yıla göre ekim alanındaki artıştan kaynaklanmıştır. 2002 yılında üretim 1,457 bin ton'a yükselmiştir. Bunun artışın nedeni ise hem verimdeki hem ekim alanındaki artıştan kaynaklanmıştır. 2003 yılında ise üretim bir önceki yıla göre % 10.2 azalarak 1.308 bin ton'a düşmüştür. Bunun en önemli nedeni ekim alanındaki % 12.7'lik azalıştan kaynaklanmıştır.

GAP alanında sulamaya açılan alanlarda pamuk ekiminin yaygınlaşmasına da bağlı olarak toplam pamuk ekim alanında bir artış gözlenmiştir. Ekim alanı 1999 yılında 719,264 hektar iken, 2000 yılında 654,177 hektara gerilemiştir. Ekim alanı 2001'de 684,665 hektara, 2002 yılında ise 721,077 hektara yükselmiştir. 2003 yılında ise ekim alanı tekrar 620,610 hektara gerilemiştir. Bunun nedeni pamuk fiyatındaki düşüklükten kaynaklanmaktadır.

12.2.2.3. Soya

Soya tohumlarında bulunan % 18-26 yağ ve % 40 oranındaki protein ile önemli bir yağ bitkisidir. Soya proteininde bulunan lycine hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Soya yağında bulunan önemli yağ asitlerinden oleik ve linoleik yağ asitlerinin yüksek olması, buna karşılık linolenik yağ asidinin düşük olması yağın kalitesini arttırmaktadır. Dünyada 250-300 değişik alanda kullanımı olan soyanın ülkemizde de birçok ürünün yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Unu, lesitini, küspesi, proteini, yağı ve onlardan elde edilen yan ürünleri sanayi hammaddesi oluşturmaktadır. Ancak, ülkemizde soya ile ilgili entegre yan sanayi tesislerinin olmayışı, yerli üretim açısından büyük olumsuzlukları beraberinde getirmekte ve soya tohumunun sadece yağını çıkarıp, kalanından küspe olarak yararlanma şeklindeki katma değeri yetersiz bir sanayi üretim metodunu geçerli kılmaktadır ki, bu da ekonomik potansiyel adına önemli bir kayıptır.

Tablo 12.4 incelendiğinde; 2000 yılında soya ekiliş alanı 15 bin ha, üretim ise 44,5 bin ton olarak, 2001 yılında soya 17 bin ha alanda 50 bin ton üretilmiştir. 2002 yılında soya ekiliş alanı 25.5 bin ha, üretim ise 75 bin ton olarak ve 2003 yılında ise soya ekiliş alanı 27 bin ha, üretim ise 85 bin ton olarak gerçekleşmiştir. 2006 yılında ise soya ekiliş alanı 11 bin 919 ha, üretim ise 47 bin 300 ton olarak gerçekleşmiştir.

Görüldüğü gibi, ülkemizde soya ekim alanlarında ve üretiminde dalgalanmalar olmaktadır. Bunun başlıca nedeni soya / mısır paritesi ve soya alımlarında yaşanan sorunlardan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Soya tarımı daha önce ağırlıklı olarak ekildiği bölgelerde ve GAP'ın faaliyete girmesiyle tekrar büyük bir atılım yapabilir.

Ülkemizde en çok soya üretimi yapan illerin başında 22,084 ton'la Adana, bunu sırasıyla 10,310 ton'la Osmaniye, 9,432 ton'la Samsun ve 1.030 ton'la Mersin şehri izlemiştir. Ekim alanı bakımından 7,277 ha ile başta Adana, 3,580 ha ile Samsun ve 3,150 ha ile Osmaniye en fazla soya ekimi yapılan illerdir. Verim bakımından ise en yüksek verim 327.3 kg/da ile Osmaniye'den, en düşük verim Şanlıurfa ilinden 80 kg/da olarak elde edilmiştir. Şanlıurfa ilimizdeki verimin Türkiye ortalamasının çok altında olmasının nedeni soya yetiştiriciliğinin yeni yapılıyor olması ve yanlış sulamadan kaynaklanabilir. Ayrıca, bölgedeki yüksek hava sıcaklığını soyanın çiçeklenme dönemine denk gelmesi, çiçek dökümüne neden olduğundan verimin düşmesine neden olmaktadır.[74]

12.2.2.4. Kolza

Kolza, ilkbaharda çiçek açan ve yağ bitkileri içerisinde hasada en erken gelen bitkilerdendir. Uzun gün bitkisi olup kışlık ve yazlık olarak yetiştirilebilir. Yazlıklar 100-120, kışlıklar 120-150 günde hasada gelmektedir. Ekseri yağ bitkisi sıcak iklimde yetişmektedir ve kışlık ekinleri pek azdır. Kolzanın kışlık olarak ekilebilmesi ekim ve hasat dönemindeki iş dağılımına uygun bir çalışma imkanı sağlamaktadır. Kolza tohumu küçük, yuvarlak ve kaygan olduğundan ekimden önce iyi bir tohum yatağı istemektedir. Kışlık ekimlerde hububat hasadı dipten yapılarak gölge tavı kaçırılmadan tarlanın anızı bozulmaktadır. Eylül ayı başında dipkazan, çizer veya kazayağı ile toprak dipten işlenerek kabartılmaktadır.[1]

Ülkemize 1960 yıllarında getirilmiş olan kolza özellikle Trakya yöresinde yaygın olarak yetiştirilmeye başlanmış, ancak 1979 yılında kolza yağındaki insan sağlığına

zararlı olan erusik asit ve küspesinde de hayvan sağlığına zararlı olan toksik etkili glukosinalat oranlarının yüksek olması nedeniyle yasaklanmıştır. Daha sonra 00 tipi kaliteli yağ içeren çeşitler ülkemize getirilmiş ise de ekimi yaygınlaştırılamamıştır. Kolza tohumlarında %40-45 oranındaki yağ, daha çok sıvı halde gıda sanayinde değerlendirilmektedir. Eski kalitesiz kolza yağında bulunan erusik asidin margarinde kristalleşmeyi ters yönde etkilemesi nedeniyle margarin sanayinin başlangıçta duymadıkları ilgi erusik asitsiz çeşitlerin geliştirilmesiyle tamamıyla kalkmış, kolza yağı margarin sanayinde de geniş ölçüde üretici ülkelerde tüketilmeye başlanmıştır. Özellikle yağının kalitesinin de iyileştirilmesi ile yağlı tohumlu bitkiler arasında soyadan sonra dünyada 2. sırayı alan kolzanın her yıl ekiliş ve üretiminde artışlar görülmektedir. Başta Çin, Hindistan, Kanada ve Avrupa ülkelerinden Fransa, Almanya, İngiltere ve Polonya'nın üretime katkılar ile bu artışlar gözlenmektedir.

Kolza veya son yıllarda yağ kalitesi yönünden geliştirilmiş ticari ismi ile kolza bitkisi de ülkemizde son derece ihmal edilmiş bir bitkidir. Ülkemizde rapiska ve rapitsa isimleriyle de bilinmektedir. Bugün ülkemizde tahıl üretimi yapılan her yerde kolzanın yetiştirilebileceği göz önüne alınarak ve GAP bölgesinde sulamaya açılan tarım alanları da dikkate alındığında yağ açığımızı kapatmada önemli alternatif yağ bitkilerinden birisi olabileceği bilinen bir gerçektir. Ayrıca yağı da son derece kaliteli ve oleik asit oranı yüksek omega 3 yağ asitleri grubu içerisinde yer alan bir yağdır.

Biyodizel üretiminde en önemli kaynak; kolza, ayçiçeği, soya, aspir ve bunun gibi yağlı tohumlar olmakla birlikte, hayvansal yağlar ve atık yağlar da kullanılmaktadır. Unutulmamalıdır ki, dünya biyodizel üretiminin %84 gibi önemli bir kısmı kolzadan karşılanırken, %13'ü ayçiçeğinden ve %3'ü ise soya vb. ürünlerden karşılanmaktadır.

Bilindiği gibi birçok yağ bitkisi başta ayçiçeği olmak üzere yazlık olarak ekilmektedir. Kolzanın yazlık ve kışlık çeşitlerinin bulunması, yazlık ekildiğinde temmuz, kışlık ekildiğinde haziran ayında hasat olgunluğuna gelmesi ile bu aylarda hiç bir yağ bitkisinin hasadının söz konusu olmaması nedeniyle atıl kapasite ile çalışan yağ ve yem fabrikalarının hammadde gereksinimini karşılayarak tam kapasiteyle çalışmalarına olanak vermesi, ekimden hasadına kadar mekanizasyona uygun olması, birim alandan birçok yağ bitkisine göre yüksek tohum ve yağ vermesi, küspesi yem sanayimizin protein kaynağı açığını hem de en çok sıkıntısı çekilen dönemde karşılaması, yağ fabrikasyonunda ayçiçeği tohumu ve pamuk tohumu gibi yağlı tohumların önce kabuk ayırım işlemine tabi tutulmaları gerektiği halde, kolza

tohumunun doğrudan doğruya öğütülmesi bu bitkinin olumlu özellikleri arasında sayılabilir.[74]

Kolza, GAP, Trakya-Marmara, Orta Anadolu ve Geçit bölgelerimizde kışlık yağ bitkisi olarak ekim nöbetine girebilecek bir bitkidir. Ancak Trakya yöresinde yabani hardalın olması ve son yıllarda özel tohumluk firmalarınca ülkeye sokulan ve üretim izni alan çeşitlerin kompozit olması nedeniyle kullanılacak tohumların her yıl yenilenmesi gerekmektedir. Eğer üretici kullanılacak tohumluğun pahalı olması ve bilgi eksikliği nedeniyle kendi tohumluğunu kullanması durumunda, yabani formlardan tozlanarak yağ kalitesini olumsuz yönde etkileyen erusik asidin artmasına neden olabilmektedir. Bunun için kolzanın yaygınlaştırılması için mutlaka tohumlukla ilgili düzenlemelerin önceden yapılması ve belli bir süre sözleşmeli üretim yaptırılması, alım garantisinin verilmesi gibi teşvik edici tedbirler sağlanmalıdır.

Ülkemizde 2001, 2002 ve 2003 yıllarında kolza ekim alanında periyodik olarak bir artış olduğu gözlenmektedir. 2001 yılında 290 hektar olan ekim alanı, 2002 yılında 550 hektara ve 2003 yılında ise 650 hektara yükselmiştir. Ekim alanı 2005 yılında 700 hektara düşen kolzanın ekim alanı 2006 yılında 5,390 hektara yükselmiştir. Bunun nedeni yukarıda belirtilen kolzanın avantajlarından ve ayrıca prim sisteminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Üretimin ise yıllara göre değiştiği gözlenmiş olup, bunun nedeni ise verimdeki değişikliklerden kaynaklanmıştır.

12.2.2.5. Aspir

Ayçiçeği yanında alternatif yağ bitkileri arasında kolza ile birlikte aspir de ülkemiz için önemli bir potansiyel olarak görülmektedir. Özellikle aspirin tuza ve kurağa dayanıklı bir bitki olması GAP, Orta Anadolu ve Geçit bölgelerimizde nispeten kurak koşullarda ekim nöbetine alınarak üretimi yaygınlaştırılabilir. Tohumunda ortalama %40 oranında yağ bulunan aspir fazla bakım gerektirmeyen bir bitkidir. Mekanizasyon problemi olmayan, yağ kalitesi özellikle linoleik asitçe zenginliği yüksek olan bu yağ bitkisinin geleceği ümitvar görülmektedir. Halen kurağa dayanıklı bir bitki olarak bilindiğinden sulama koşulları sağlanmadan yetiştirilmekte ancak verim düşük olmaktadır. Uygun şartlarda verim 150 kg/da çıkabilmektedir. Yetiştirme tekniklerinin olumlu uygulanması halinde bitkisel yağ açığımızın kapatılabilmesinde büyük katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde yetiştirilen yağlı tohumlu bitkilerin durumları ve üretimin artırılması için yapılan bu değerlendirmelerin dışında; özellikle mısır, zeytin ve fındık gibi bazı bitkilerle birlikte hayvansal yağ üretimi de bulunmaktadır. Ülke şartlarında ayçiçeği, çiğit, zeytin, soya ve mısır dışında ekonomik olarak yağ elde edilen bitkiler bulunmamaktadır. Özellikle yerfıstığı, susam ve haşhaşın çerez olarak ve pasta yapımında kullanılması, verimlerinin çok düşük olması nedeniyle üretiminin sınırlı olması ve birim maliyetinin yüksek olması gibi nedenlerle, bu bitkilerden yağ elde edilmesini ekonomik olmaktan uzaklaştırmaktadır.

2006 yılında devlet tarafından prim desteği sağlanan aspirin 2005 yılında 173 hektar olan ekim alanı, 2006 yılında 431 hektara yükselmiştir.

Kolza ve aspir gibi ülkemiz ekolojik koşullarına adaptasyonu kanıtlanmış yağ bitkilerinin ise gün geçirmeden demastrasyon çalışmaları ile çiftçilere daha iyi tanıtılması ve geçmişte soyada uygulanan destekleme politikalarıyla bu bitkilerin ekim alanları daha da artırılabilir.

12.2.3. Yağlı Tohum Bitkilerinin Üretim Hedefleri

Yağlı tohumlu bitkilerin 2015 yılına kadar ki üretim hedefleri hesaplanırken birçok faktörün yanında en başta geleni DPT'nin öngördüğü yıllık nüfus artış oranıdır. Bunun yanında nadas alanlarının yıllara göre azaltılarak tarıma kazandırılması ile sağlanacak ekili alanların belli oranda ekim nöbeti içerisinde yağlı tohumlara tahsisi, sulamaya açılacak olan tarım arazilerinin yıllık artış oranı önemli etkenlerdir. Tablo 12.5 incelendiğinde; 2015 yılı yağlı tohum ekiliş alanları ve bitkisel yağ tüketimi hesaplanmıştır. Çizelgede kişi başına yağ tüketimi Avrupa normlarındaki değerler dikkate alınarak 23 kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 12.5: Türkiye 2015 Yılı Bitkisel Yağ Tüketim Projeksiyonu*

Yıllar	Türkiye Nüfusu (1000 Kişi)	Kişi Başına Yağ Tüketimi (kg)	Gerekli Yağ Miktarı (Ton)	Gerekli Çiğit (Bin ton)	Gerekli Ayçiçeği (Bin ton)	Gerekli Yerfıstığı (Bin ton)	Gerekli Soya (Bin ton)	Gerekli Yağ Bitkileri (Bin ton)
2000	67.804	23	1.559.490	1.472	1.318	36	431	3.375
2001	69.024	23	1.587.561	1.498	1.339	41	441	3.437
2002	70.267	23	1.616.137	1.524	1.363	42	449	3.499
2003	71.532	23	1.645.228	1.552	1.388	43	458	3.562
2004	72.819	23	1.674.842	1.580	1.413	44	466	3.626
2005	74.130	23	1.704.989	1.609	1.438	44	474	3.692
2006	75.464	23	1.735.679	1.637	1.464	45	483	3.758
2007	76.822	23	1.766.921	1.667	1.490	46	492	3.826
2008	78.205	23	1.798.726	1.697	1.517	47	500	3.895
2009	79.613	23	1.831.103	1.728	1.544	48	510	3.965
2010	81.046	23	1.864.062	1.759	1.572	49	519	4.036
2011	82.505	23	1.897.616	1.790	1.600	49	528	4.109
2012	83.990	23	1.931.773	1.823	1.629	50	538	4.183
2013	85.302	23	1.966.545	1.851	1.655	51	546	4.248
2014	87.041	23	2.001.942	1.889	1.689	52	557	4.335
2015	88.608	23	2.037.977	1.923	1.708	53	567	4.413

* Gerekli olan ürün miktarları hesap edilirken 2000 yılındaki (üretim+ithalat) – (ihracat+tohumluk) / nüfus formülünden elde edilen kişi başına düşen ürün miktarları belirlenerek, ilgili yıldaki nüfus sayısı ile çarpılarak belirlenmiştir. Tohumluk miktarları çiğit için 2.5 kg/da, ayçiçeği için 0.75 kg/da, yerfıstığı için 5 kg/da, soya için 4 kg/da olarak alınmıştır.

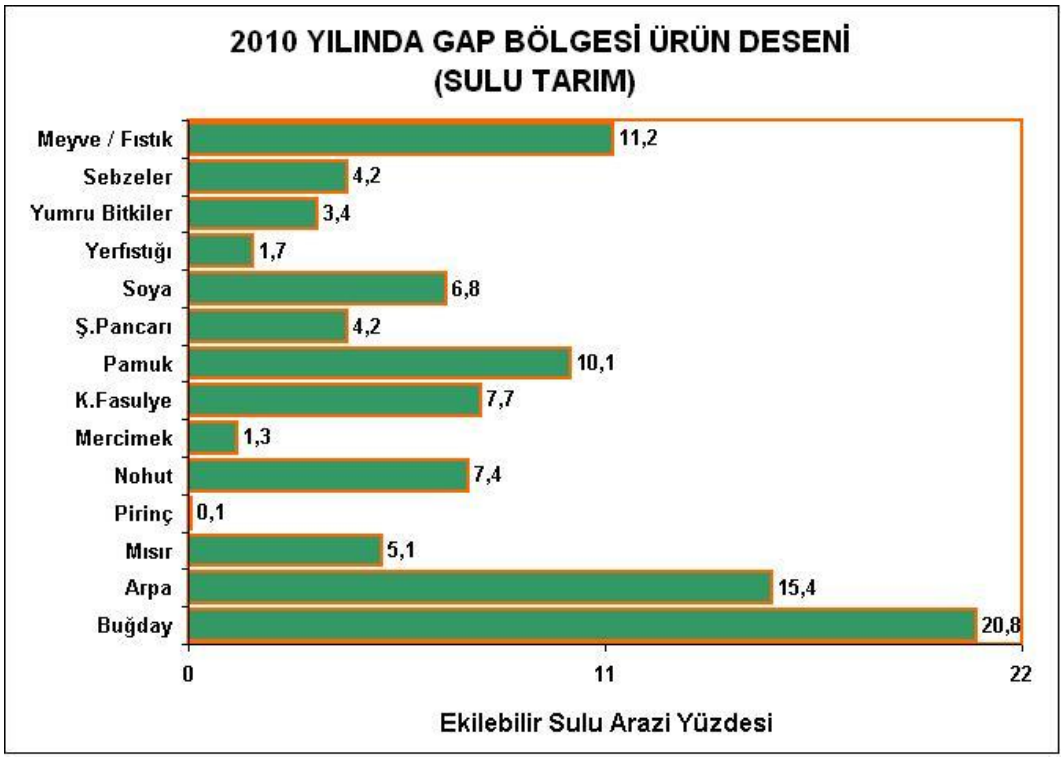
Tablo 12.5'e bakıldığında; 2000 yılında bitkisel yağ tüketim değeri olan 1,559,490 ton'dan 2015 yılında 2,037,977 tona çıkabileceği, bunun içinde yağ bitkileri üretiminin 3,375 bin ton'dan 4,413 bin ton'a ulaşması gerektiği görülmektedir. 2006 yılı verilerine göre Türkiye'de yağ bitkileri üretimi 2,789 bin ton olmasına rağmen, projeksiyona göre gerekli miktar 3,758 bin ton olmaktadır.[71]

Bu durum dikkate alındığında, Türkiye'nin yağlı tohum ekim alanı yaklaşık 1,200-1,250 bin hektarlık bir alanda yapılmaktadır. Yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanlarının artırılmasında, ileriye dönük üretim hedeflerimizi gerçekleştirebilmek için önümüzde; kademeli olarak sulamaya açılan GAP alanı büyük bir şanstır. Bu bölgede özellikle soya, yerfıstığı, aspir, ayçiçeği ve kolza gibi alternatif yağ bitkilerinin üretimi devletçe teşvik edici tedbirlerle gerçekleştirildiği taktirde büyük bir adım atılmış olacaktır.

Ayrıca Orta Anadolu ve Geçit bölgelerimizde nadas alanlarının kaldırılmasıyla aspir ve kolzaya ekim nöbetinde yer verilerek ekiliş ve üretim potansiyelimiz artacaktır. Özellikle sulanan şekerpancarı sahalarında ayçiçeğine tahıl yerine ekim nöbetinde daha çok yer verilerek de yağlı tohum üretimi artırılabilecektir.

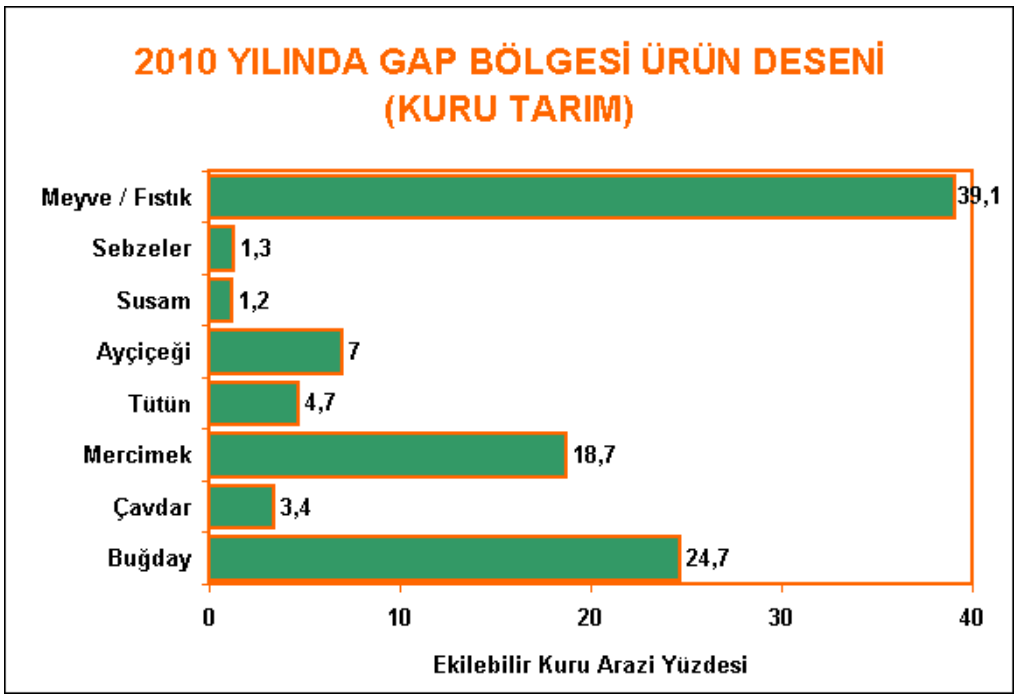
Güneydoğu Anadolu bölgesinde kışların çok sert geçmemesi nedeniyle kışlık aspir yetiştiriciliği rahatlıkla yapılabilmekte ve çeşitlere göre ortalama 260 kg/da civarında verim alınabilmektedir. Aspirdeki yağ oranını da ıslah çalışmaları ile iyileştirerek yeni çeşitlerin üretime sunulması üretim projeksiyonlarının yakalanmasında etkili olacaktır.

Aşağıdaki grafiklerde de görüleceği gibi GAP alanı için kuru, sulu ve kuru+sulu alanlardaki öngörülen üretim deseni aşağıda verilmiştir. Şekil 12.2'de görüldüğü gibi 2010 yılı için GAP alanın da ekilebilir arazi yüzdesi içerisinde yağ bitkilerinin alabileceği yüzde miktarlar tahmin edilmektedir. Buna göre 2010 yılında sulu alanda pamuğun ekilebilir arazi içerisindeki payı %10.1, soya fasulyesi %6.8, mısır % 5.1 ve yerfıstığı %1.7'lik pay alacağı belirtilmektedir.

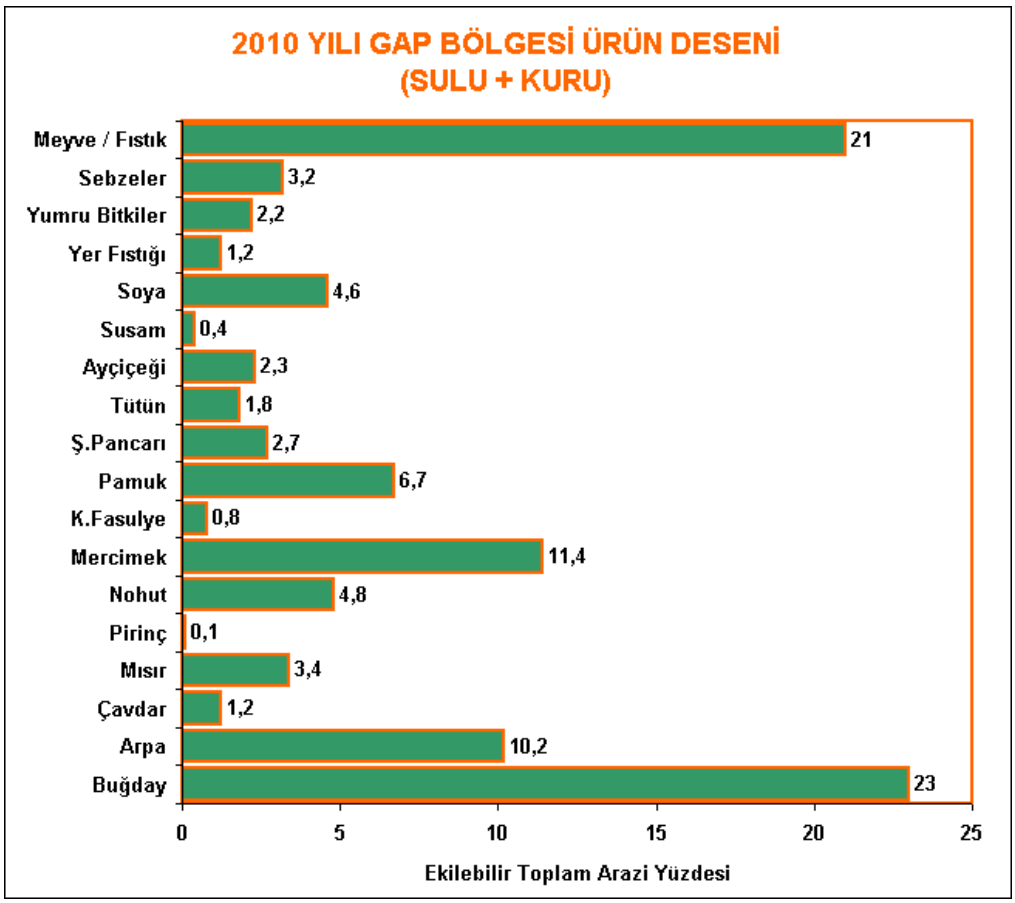


Şekil 12.2: GAP Alanı İçin 2010 Yılında Sulu Alanda Öngörülen Ürün Deseni [75]

Şekil 12.3'te de 2010 yılı için GAP alanında ekilebilir arazi yüzdesi içerisinde yağ bitkilerinin alabileceği yüzde miktarlar tahmin edilmektedir. Buna göre 2010 yılında kuru alanda ayçiçeğinin ekilebilir arazi içerisindeki payı %7.0'dir. Bunu %1.2 ile susam izlemektedir.



Şekil 12.3: GAP Alanı İçin 2010 Yılında Kuru Alanda Öngörülen Ürün Deseni [76]



Şekil 12.4: GAP Alanı İçin 2010 Yılında Kuru+Sulu Alanda Öngörülen Ürün Deseni

Şekil 12.4’te de görüldüğü gibi, 2010 yılı için GAP alanın da ekilebilir arazi yüzdesi içerisinde yağ bitkilerinin alabileceği yüzde miktarlar tahmin edilmektedir. Buna göre 2010 yılında kuru+sulu alanda pamuğun ekilebilir arazi içerisindeki payı %6.7 olup, Bunu %4.6 ile soya, %2.3 ile ayçiçeği, %1.2 ile yerfıstığı ve %0.4 ile susam izlemektedir.[77]

12.2.4. Bitkisel Yağ Üretiminin Artırılabilmesinde Olası Politikalar

Ülkemiz için bitkisel yağ üretimini artırmanın üç ana yolu vardır. Bunlar; İthalatı azaltma veya tamamen yasaklanması yoluyla artırmak, İkinci ürün olarak yağ bitkisi üretiminin desteklenmesi ve dinamik ve esnek politikalarla “öncelikli ürün” seçeneklerini hayata geçirmektir.

Bu politikaların uygulama alanı bulabilmesi için kriterleri önceden belirlenmiş çok esnek ve dinamik bir tarım yönetim stratejisi oluşturulmalıdır. Bitkisel yağ üretiminin artırılmasında, uygulanacak yönetim stratejileri neticesinde, ihtiyaç duyulan miktarlarda biyodizelin piyasa şartlarında rekabet edebilecek biçimde üretiminin önü açılmış olacaktır.[63]

12.2.4.1. İthalatı Azaltma veya Tamamen Yasaklama

1960'lardan beri kapatılamayan bitkisel yağ açığı, her yıl giderek artan miktarlarda milyonlarca dolar döviz ödenerek ithalatla karşılanmaktadır. Tablo 12.6’da yağlı tohum ithalatı değerleri verilmiştir.

Tablo 12.6 incelendiğinde; toplam yağlı tohum ithalat miktarı 2000 yılında 1,147,453 ton olup, 227 milyon dolar döviz ödenmiştir. 2001 ve 2002 yıllarında yağlı tohum ithalatında bir azalma görülmesine rağmen, 2003 yılında 1.4 milyon ton ithalat karşılığında yaklaşık 410 milyon dolar ödenmiştir. 2000 yılında en çok ithal edilen yağlı tohumların başında yer alan ayçiçeğinin yerini 2001, 2002 ve 2003 yıllarında soyanın aldığı görülmektedir.

Tablo 12.6: Türkiye Yağlı Tohum İthalat Değerleri [71]

ÜRÜN		2000	2001	2002	2003
SOYA FASULYESİ	TON	386.707	321.252	612.498	831.453
	$	82.938.975	67.386.583	139.613.537	226.524.867
	$/TON	214.4	209.8	227.9	272.4
AYÇİÇEĞİ	TON	523.903	182.728	129.108	540.852
	$	103.323.583	42.706.560	42.008.275	153.335.246
	$/TON	197.2	233.7	325.4	283.5
ÇİĞİT	TON	179.112	32.046	54.509	3.578
	$	23.103.600	3.996.370	7.155.672	713.117
	$/TON	128.9	124.7	131.3	199.3
SUSAM	TON	23.147	38.096	70.320	66.098
	$	10.903.312	18.230.169	33.670.326	43.120.804
	$/TON	471	478.5	478.8	652.4
KOLZA	TON	24.156	2.182	-	1,5
	$	4.900.901	406.349	-	4.460
	$/TON	202.9	186.2	-	2973.3
PALM MEYVESİ ve ÇEKİRDEĞİ	TON	6.183	172	-	-
	$	1.772.838	43.173	-	-
	$/TON	286.7	251	-	-
HAŞHAŞ	TON	32	-	86	232
	$	19.619	-	65.702	230.632
	$/TON	613.1		763.9	994
DİĞER	TON	4.213	436	770	870
	$	857.921	220.551	400.114	440.428
TOPLAM	TON	1.147.453	578.049	867.853	1.401.623
	$	227.820.749	133.169.454	223.420.896	411.213.788

İthalata dayalı bir enerji politikası oluşturmak stratejik açıdan bakıldığında özellikle enerji krizlerinin yaşandığı dönemlerde ve ekonomideki dengelerin değişiminde ciddi sorunlara yol açabilir. Nitekim petrol ve petrol ürünlerinde dışa bağımlı olmamız ve geçmişte bu bağlı olmanın sebep olduğu krizler, ekonomimizi ve özellikle tarıma dayalı sektörleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum alternatif enerji kaynağı olan biyodizel üretimi için iç üretimin arttırılmasının gereği ortaya çıkmaktadır.[63]

Yağ bitkileri ithalat fiyatının düşük olması çiftçinin üretimini engellemekte ve rekabet şansını azaltmaktadır. Bu kapsamda devletin çiftçiyi ithalata karşı rekabet şansını yükseltebilmek için devreye girmesi gerekmektedir. Bu nedenle ülkemizde üretim maliyeti yüksek olan yağ bitkileri sübvanse edilmektedir. Örneğin kolzanın sübvanse miktarı 2005 yılında 13 ykr iken, 2006 yılında 22 ykr'a çıkarılmıştır ki bu destek önemlidir.

Her ne kadar AB entegrasyon programında çiftçilerin sübvanse edilerek desteklenmesi istenmese de, Avrupa ülkelerinde çiftçiler Türk çiftçisine göre daha

fazla doğrudan gelir desteği almaktadırlar. Örneğin 2002 yılında bu destek Almanya'da Türkiye'dekine kıyasla beş kat daha fazla idi. (7$'a 35$)

Ayçiçeği tohumu ithalat fiyatı 33,5$/100 kg dir. 100 kg tohumdan 40 kg biyodizel üretilmektedir ve bu miktarın toplam üretim maliyeti yaklaşık 3 $'dır.[78] Buna göre biyodizelin fiyatı (33,5+3)$:40=0.91$/kg biyodizel veya ~0.82$/ lt. biyodizel olarak hesaplanır. Bu da vergiler ve işletim maliyeti hariç yaklaşık 1.10 YTL/lt gibi bir fiyata tekabül eder.

Buna ilave olarak biyodizel üretiminden ikinci ürün olarak toplam ürünün %10-20'si kadar gliserin çıkmaktadır. Bu ürün saflaştırma ile hem pazar değeri olan gliserin hem de yem katkı malzemesi olan asit yağlarına dönüştürülebilmekte ve biyodizelin maliyetini düşürmektedir. Kalitesiz ham gliserin yaklaşık 100 $/ton üzerinden işlem görebilmekte, fakat kaliteli gliserinin pazar fiyatı da yüksek olmaktadır. Örneğin ABD ve Avrupa'da saf gliserin ortalama 1,000 $/ton değerinden alıcı bulabilmektedir. Eğer bu fiyattan işlem görülecek olursa 0.17 YTL/lt biyodizele karşılık gelmektedir. Bu da üretimdeki bütün ekonomik girdiler göz önüne alındığında biyodizel fiyatını yaklaşık 0.93 YTL/lt. civarına düşürmektedir.

12.2.4.2. İkinci Ürün Olarak Yağ Bitkisi Üretimi

Ayçiçeği, soya, mısır, susam, yerfıstığı ve kolza bölgelere göre değişmekle birlikte, ikinci ürün olarak üretilmeye uygundurlar. Türkiye'nin bitkisel yağ bitkileri üretimine ayırdığı alan 1,35 milyon hektardır. Bu miktar ekilebilir toplam alanın %6'sına denk gelmektedir.

Genel bir kanı olarak yağ bitkilerinin tahıl ekilebilen tüm arazilerde ekilebileceği belirtilmektedir. Ancak bu arazilerin yalnızca %10'u bitkisel yağ üretimi amacıyla kullanılsa bile bu bitkisel yağ üretimindeki açığımızı kapatmaya yetecektir. Ayrıca Anadolu'da ekilecek ürün yelpazesinin dar olması tahıl ekiminin her yıl yapılmasına engel olmakta ve neredeyse iki yılda bir arazinin nadasa bırakılmasına yol açmaktadır. Bu da hatırı sayılır bir alanın yağ bitkileri üretimine ayrılmasını sağlayacaktır.[79]

Örneğin kolza, pancar münavebe (nöbetleşe ekim) alanlarında ekilebildiği gibi buğday, arpa gibi tahılların yetiştirildiği arazilerde de yetiştirilebilir. Yapılan bir çalışmada, Ankara ili için nöbetleşe ekim alanı ile buğday ve arpa ekim alanlarının

1/5'i kadar alanın kolza ekimi için kullanıldığı düşünülerek Ankara'da üretilebilecek biyodizel potansiyeli hesaplanmıştır.

Tablo 12.7: Ankara İli Biyodizel Üretim Potansiyeli

ANKARA	Pancar Nöbetleşe Ekim Alanı, [ha]	Buğday Ekim Alanı, [ha]	Arpa Ekim Alanı, [ha]	Toplam
Arazi	10,000	530,000	275,000	
Kolza Tarımı Yapılabilecek Arazi	10,000	106,000 (Buğday ekim alanlarının 1/5'i)	55,000 (Arpa ekim alanlarının 1/5'i)	181,000 ha

Tablo 12.7'deki değerler de dikkate alınarak;
1 ha araziden 2.5 ton kolza, 1 ton kolzadan %33 miktarında yağ çıktığı ve 1 ton yağdan da 1 ton biyodizel üretilebileceği düşünüldüğünde; 1 ha araziden 0.83 ton biyodizel üretilebileceği hesaplanmaktadır. Buna göre, Ankara'da üretilebilecek biyodizel potansiyeli 181,000 x 0.83 = 150,230 ton biyodizel olmaktadır.[80]

12.2.4.3. Dinamik ve Esnek Politikalarla 'Öncelikli Ürün' Seçeneği

Bunun anlamı eğer daha önceki üretilen ürün karlı ve ekonomik değilse bunun yerine ekonomik değeri daha yüksek ve karlı olan, katma değeri yüksek yağ bitkilerinin ekilmesidir. Örneğin, dizel yakıt fiyatı ve tahıl üretim maliyetleri göz önüne alındığında, fazla üretilen tahıl yerine katma değeri yüksek olan kolza, aspir ve soya gibi yağ bitkileri üretimi çiftçi için daha ekonomik ve gelir getirici olacaktır.

Türk tarımında gelinen nokta, oluşturulacak tarım politikası için bu işlemin yapılmasını kaçınılmaz kılmıştır. Bu aşamada oluşturulacak tarım politikası içerisinde katma değeri düşük ürünlerin fazla miktarda üretilmesi yerine katma değeri ve rekabet şansı yüksek ürünlere yönelmek gerekmektedir.

Dinamizmi kaybolmuş ulusal tarımın, bu potansiyelinin harekete geçirilmesi pratik olarak zordur. Bu politikanın uygulanabilmesi için kriterleri önceden belirlenmiş çok esnek ve dinamik bir tarım yönetim stratejisi oluşturulmalıdır. Halbuki hem devlet tarım politikaları hem de üreticilerin örgütlü hareket etme konusundaki gelenekleri ve yetersizlikleri, şimdilik bu esnekliği ve dinamizmi oluşturmanın imkansızlığına işaret etmektedir. Maalesef yağ veya yağ bitkileri ithalatına dayalı olarak üretilecek

biyodizelin fiyatı esas olarak dizel yakıtının fiyatına bağlı olmakla birlikte, devletin biyodizel üzerine geliştireceği politikalara da bağlıdır. Son dönemde alınan kararlar Türk tarımı için önemli gelişmelere yol açacak niteliktedir. Konuyla ilgili tüm tarafların ortak görüşü "Ulusal tarımdan elde edilecek yağlarla yapılacak biyodizelin ÖTV ve KDV'den muaf olması" yönündedir.[79]

12.2.4. Tarımsal Teşvikler

Türkiye'de tarımsal üretim maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle, maliyet ile piyasa fiyatı arasındaki farkın karşılanarak çiftçinin mağdur edilmemesi amacıyla, kütlü pamuk, yağlık ayçiçeği, soya fasulyesi, dane mısır, kanola, aspir ve zeytinyağı üretiminde, çiftçiye kg başına "telafi edici ödeme-prim ödemesi" yapılmaktadır. Çiftçi ürününü sattıktan sonra, satış tutarına göre kg başına verilen destekler, genellikle ertesi yıl çiftçinin hesabına aktarılmaktadır. Prim tutarı belirlenirken, üretim maliyetleri, iç ve dış piyasa fiyatları yanında bütçe imkanları da göz önüne alınmaktadır.[73]

Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin web sitesinde belirtilen tarımsal teşvikler şu şekildedir: Dünya Bankası ile TC. 57. Hükümeti tarafından imzalanan "Tarımsal Reform ve Uygulama Projesi (ARİP)", dört alt bileşenden oluşmaktadır:

a) Doğrudan gelir desteği projesi
b) Alternatif ürün projesi
c) Tarım Satış Kooperatiflerinin yeniden yapılandırılması
d) Proje destek ve tanıtım hizmetleri

Reform programının amaçları, mevcut destekleme politikalarını ortadan kaldırarak doğrudan gelir desteğine geçmek, reform süreci içinde; girdi desteği ve sübvansiyonlu kredi desteği kaldırılarak, tarımsal KİT'lerin küçültülmesi ve/veya özelleştirilmesini sağlayacak tüm tedbirleri almak, alternatif ürün projesi ile arz fazlası olan tütün ve fındık üreticilerinin faaliyet alanlarının, arz açığı olan ürünlere kaydırılmasını sağlamaktır. Bu kapsamda biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılabilecek bitkilerle ilgili maddeler aşağıda sunulmuştur.

Fındık: Dünya Bankası ile yapılan anlaşmaya göre alternatif ürün projesi için toplam 161.6 milyon dolarlık kaynak ayrılmıştır. Bunun 146 milyon dolarlık kısmının, fındık alanlarının daraltılması, 15.6 milyon dolarlık kısmının ise tütün ekim alanlarının daraltılması amacı ile kullanılması planlanmıştır. Proje ile fındık ocağını söken ve

tütün üretiminden vazgeçen üreticilere, bu alanda üretmeyi istedikleri ürünlerin girdilerini ve alternatif ürün üretmeleri nedeniyle uğrayacakları maddi kayıplarını karşılamak üzere destek verilmesi planlanmıştır.

Üretim fazlalığı nedeniyle 5 yılda sökümü yapılacak olan alan 100 bin hektardır. Alternatif ürün projesi kapsamında Artvin, Bartın, Giresun, Düzce, Kastamonu, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Trabzon ve Zonguldak illerinde fındık üretilen alanlarda uygulanarak bu illerdeki fındık üretiminin azaltılması amaçlanmaktadır.

Fındık ocağını söken çiftçilere alternatif olarak ise; tek yıllık bitkilerden ayçiçeği, mısır, silajlık mısır, açıkta sebze, örtü altı sebze, soya fasulyesi, kolza, fiğ, çok yıllık bitki olarak da; üzümsü meyve, çilek, kivi, yonca, kuşburnu, süs çalıları, sarmısak, aromatik ve tıbbi bitkiler yörenin ekolojik ve iklimsel özelliklerine göre önerilmektedir.

Tütün: 14 Mayıs 2003 tarih ve 25108 sayılı tebliğ uygulamada görev alan kurum ve kuruluşların belirlenmesi, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde; Adıyaman, Bingöl, Batman, Bitlis, Diyarbakır, Hakkari, Malatya, Mardin, Muş, Siirt ve Van illerinde tütün üretimiyle iştigal eden ve alternatif ürün yetiştirmeyi tercih eden üreticilerin desteklenmesine dair Karar'ın uygulanmasına ilişkin hususları içerir. Proje kapsamındaki illerde alternatif ürün projesinin 36 bin hektarlık bir alanda uygulanması kararlaştırılmış daha sonra bu alan 23 bin hektara indirilmiştir.

Program kapsamındaki illerde, tütün üretiminden vazgeçerek alternatif ürün ekimi/dikimi tercih eden üreticilere yapılacak ödemeler ve program kapsamında yapılacak diğer ödemeler için gerekli finansman uluslar arası finans kuruluşlarından sağlanan kaynaklardan ve/veya bütçenin ilgili harcama kalemlerinden karşılanır. Proje ile tütün ekmekten vazgeçen üreticilere, dekara ödenecek miktar 46 dolar olarak tespit edilmiş daha sonra bu miktar 80 dolara çıkarılmıştır.

Tütün üretiminden vazgeçen çiftçiler için alternatif olabilecek bitkiler: Buğday, ayçiçeği, kanola, nohut, kırmızı mercimek, pamuk, fiğ, korunga, bağ, geleneksel meyveler, sebze, aromatik ve tıbbi bitkiler ve organik tarımsal ürünler olarak belirlenmiştir.

14 Mayıs 2003 tarih ve 25108 sayılı tebliğ'de Telafi Edici Ödemelere Esas illerde 2002 yılında şeker pancarı üretimi yapan ancak 2003 yılında pancar üretim

kotalarının daraltılmasıyla 2003 yılı münavebe sahalarında alternatif ürün olarak mısır, ayçiçeği, soya fasulyesi ve yem bitkisi yetiştirmeyi tercih eden üreticilere bir defaya mahsus olmak üzere yapılacak telafi edici ödemeye dair Karar'ın uygulanmasına ilişkin hususlar düzenlenmiştir.

30 Nisan 25094 sayılı tebliğ, 25.10.2002 tarih ve 24917 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 2002 yılı ürünü kütlü pamuk, yağlık ayçiçeği, soya fasulyesi, kanola ve zeytinyağı üreticilerine destekleme primi ödenmesine dair 2002/4842 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı esas alınarak hazırlanmıştır.

Bu yetki çerçevesinde; 2002 yılı ürünü yağlık ayçiçeği, soya fasulyesi ve kolzanın destekleme primi ödemelerine esas olmak üzere uygulanacak prim tutarı kilogram başına yağlık ayçiçeği için 8.5 ykr, soya fasulyesi için 10 ykr, kolza için 9 ykr olarak belirlenmiştir. Ayrıca sertifikalı sınıfta tohumluk kulllanmak suretiyle soya fasulyesi üretimi yapan ve bu durumu belgelendiren üreticilere, ürüne verilecek prim miktarının %10'u fazla ödeme yapılması kararlaştırılmıştır.

Kararname uyarınca destekleme priminin, 2003 Mali Yılı Bütçesi'ne konulan ödenekten karşılanması kararlaştırılmıştır. Yağlık ayçiçeğinde; yağ sanayi işletmelerine satış yapılması veya ham yağ olarak işletilmesi koşuluyla tüccar alımları da destekleme primi uygulaması kapsamına alınmıştır. Soya fasulyesi ve kolzada; yem sanayi, yağ sanayi ve gıda sanayi işletmelerine satış yapılması koşuluyla tüccar alımları da destekleme primi kapsamına alınmıştır.

Sertifikalı soya fasulyesi tohumu ile üretim yapan üreticilere destekleme prim ödemesi yapılırken, üreticinin hem sertifikalı hem de sertifikasız tohumluk kullandığı durumlarda kullanılan tohumluk miktarına paralel olarak üretim hesaplanmış, bu durumda sadece sertifikalı tohumluk kullanılarak gerçekleştirilen üretime ilave destekleme primi verilmiştir. Kolzada ise sertifikalı tohumluk kullanma şartı aranmıştır.[81]

Yağ bitkilerinin üretiminde pek artış olmayışının temel nedenleri alım garantisinin olmaması, üreticiye getirisinin yüksek olmayışıdır. Örneğin kolzanın sübvanse miktarı 2005 yılında kg başına 13 ykr iken, 2006 yılında 20 ykr'a çıkarılmıştır. Ayçiçeği için kg başına 20 ykr olmuştur. Soya için sübvanse miktarı %50'den fazla oranda artış göstermiş ve 22 ykr'a, pamuk için de artış göstererek kg başına 34.8 ykr destek sağlanmıştır ki bu destek yerli ekonomi için oldukça önemlidir.[81] Tablo

12.8'de 2005, 2006 ve 2007 yılında yağ bitkilerine sağlanan destek primleri görülmektedir:

Tablo 12.8: 2005, 2006 ve 2007 Yılları Yağ Bitkileri Destek Primi Miktarları[83,84]

Ürünler	2005 Prim Miktarı (ykr / kg)	2006 Prim Miktarı (ykr / kg)	2007 Prim Miktarı (ykr / kg)
Pamuk	19	29	29
Pamuk (Sertifika)	22.8	34.8	34.8
Ayçiçeği	13.5	20	20
Soya	14	22	22
Soya (Sertifika)	16.8	26.4	26.4
Kolza	13	22	22
Aspir	-	22	22
Mısır (Dane)	2.5	6,7	2

Prim ödenmesinde, Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) üzerinden üretim ve ürün satış belgeleri istendiği için, üretici, üretim alanı, üretim miktarı, sertifikalı tohum kullanımı da kayıt altına alınmış olmaktadır. Mevcut sistem uyarınca, 2004 - 2007 döneminde fark ödemesi destekleme (prim) ödemeleri ise, yağ bitkileri (kütlü pamuk, zeytinyağı, ayçiçeği, soya fasulyesi, kanola, dane mısır), hububat ve çayın toplamı olarak, 2004 yılında tarım bütçesinin % 11'i (334 milyon YTL), 2005 yılında % 24'ü (897 milyon YTL), 2006 yılında % 27'si (1,292 milyar YTL), 2007 yılında % 32'si (1,794 milyar YTL) olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 12.9: Yağ Bitkileri Prim Desteği

	2004	2005	2006	2007	2008
Yağ bitkileri prim desteği (M YTL)	294	622	1,085	1,270	1,280

Tarımda destekleme sisteminde AB'ye uyumu da sağlamayı amaçlayan çalışmaya göre, üretim alanı bazlı desteklemeye geçirilirken, tarımda teknoloji kullanımını, sözleşmeli üretimi ve örgütlenmeyi de arttıracak unsurlar desteklemeye dahil edilmiştir. Çiftçiye, ektiği ürün için, üretim alanına göre dekar başına temel destek verilmesi kararlaştırılmıştır. Ayrıca makineli hasat, birlik-kooperatif üyeliği, sözleşmeli üretim ve ürünün borsada tescili halinde ek ödeme yapılması kararlaştırılmıştır. Mevcut sistemde halen pamuk ve soyada sertifikalı tohum kullanan çiftçilere uygulanan yüzde 20 fazla prim ödemesinin de diğer ürünlere yaygınlaştırılması öngörülmüştür.

Yeni sisteme göre, alan bazındaki temel desteğin 3'te 2'si temel destek olarak, kalanı da teknoloji ve sertifikalı tohum kullanımı, makineli hasat, kalite kriteri, sözleşmeli

üretim, kooperatif-birlik üyeliği (örgütlülük durumu) ve borsa tesciline göre verilmesi belirlenmiştir. Böylece hem üretici örgütlenmeye, makineli hasata yönlendirilirken, kayıt ve kontrol alanlarının da genişletilmiş olacağı düşünülmüştür.[73]

12.3. Türkiye'de Biyodizel Üretimi

12.3.1. Biyodizel Konusundaki Yasal Düzenlemeler

Biyodizelin yasallaştırılması aşamasında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarım Bakanlığı ile birlikte, alternatif alanlarda bitkisel yağların kullanımını da içeren çalışmalar yapmak üzere bir çalışma grubu kurmuş ve bu süreçte Biyodizel 20 Aralık 2003'te 5015 petrol yasaları içerisinde tanımlandı. Ayrıca, TSE Petrol Araştırma Grubu Avrupa standartlarını ülkemize adapte ederek TS EN 14214–2005 standardını çıkartmış; bu standart 1.1.2006 tarihi itibariyle yürürlüğe girmiştir. Bu yasallaşma sürecinde ülkemiz 10,000 ton/yıl üretim kapasitesinden 978,000 ton/yıl üretim kapasitesine ulaşmıştır.

12.3.1.1. Biyodizel İle İlgili Nihai Politikalar

5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu'nda yapılan değişiklikle biyodizel petrol türevleri içerisinde aşağıdaki şekliyle akaryakıt olarak kabul edilmiştir.

-*Kanun madde 2/5 Akaryakıt:* Benzin türleri, nafta (hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, fuel-oil türleri ile Kurum tarafından belirlenen diğer ürünleri, (Diğer ürünler olarak EPDK'ya verilen yetki ile Biyodizel, Petrol Piyasası Lisans Yönetmeliğinde akaryakıt olarak kabul edildi)

-*Kanun madde 2/7 Akaryakıtla harmanlanan ürünler:* Metil tersiyer bütil eter (MTBE), Etanol vb. (yerli tarım ürünlerinden denatüre olarak üretilenler ile biodizel hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olan ve olacak ürünleri, olarak tanımlanmıştır.

Son olarakta aşağıda verilen ve 5 Ocak 2006 tarih ve 26044 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren tebliğe göre Biyodizelin, Otobiyodizel ve Yakıt biyodizel olarak iki farklı isim ve türde üretilmesi karara bağlanmıştır.

- Otobiyodizel'in Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği (Akaryakıt Seri No: 2)'e göre; piyasaya arz

edilen otobiyodizelin, Türk Standardları Enstitüsü tarafından hazırlanan, Ekim 2005 tarihli "TS EN 14214 Otomotiv Yakıtları - Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME/BİYODİZEL) – Dizel Motorlar İçin - Gerekler ve Deney Yöntemleri" Standardına uygun olması zorunludur. Bu tebliğ 01.01.2006 tarihinde yürürlüğe girer.

- Yakıtbiyodizel'in Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği (Akaryakıt Seri No: 3)'e göre; Piyasaya arz edilen yakıtbiyodizelin, Türk Standardları Enstitüsü tarafından hazırlanan, ekli Eylül 2005 tarihli "TS EN 14213 Isıtma Yakıtları – Yağ Asidi Metil Esterleri (YAME) – Gerekler ve Deney Yöntemleri" standardına uygun olması zorunludur. Ayrıca piyasaya arz edilecek yakıtbiyodizel kırmızı boya ile işaretlenir. Yakıtbiyodizel, otobiyodizel olarak piyasaya arz edilemez ve taşıt araçlarında kullanılamaz.[85]

12.3.1.2. Akaryakıt İle Harmanlanan Ürünler ve Katkı Maddeleri

Petrol Piyasası Kanunu'nda biyodizelin dizel yakıtı ile harmanlanabilmesi için alınan kararlar da şöyle sıralanabilir:

-*Madde 8*- Saf biyodizel ve etanolun akaryakıt ile harmanlama işlemini rafinerici ve dağıtıcı lisansı sahipleri yapar. Metil tersiyer bütil eterin harmanlama işlemi sadece rafinerici lisansı sahipleri tarafından yapılır. Harmanlanan akaryakıtın piyasaya sunumunda, ulusal markerin gerektiği şart ve seviyede bulunması zorunludur. Biyodizel dışındaki akaryakıtlar birbirleriyle karıştırılamaz.

(Biyodizel üretim faaliyetinin yapılması, bu amaçla tesis kurulması veya işletilmesi) ilgili mevzuatında, lisansa tabi faaliyet kapsamına alınmamış ve kurum iznine tabi tutulmamıştır. (Ancak biyodizel üreticileri üretim tesislerini devletin diğer kurumlarından alacakları izinler kapsamında bir sanayi tesisi olarak kurabilirler.)

Üretilen biyodizeli (akaryakıt olarak kabul edildiğinden) ya rafinerici veya dağıtıcı lisansı sahibi olanlara satabilirler, kendileri doğrudan piyasaya biyodizel satışı yapamazlar. Herhangi bir şekilde ticari faaliyete konu edilmeden kendi ihtiyaçları için kullanabilirler.

12.3.2. Biyodizel Kalite Standartları

Ülkemizde EN standartları temel alınarak hazırlanmış TS EN 14214: Otobiyodizel ve TS EN 14213: Yakıtbiyodizel standartları yürürlüktedir.[6]

TS EN 14214 araçlarda kullanılacak biyodizel standardı olup, TS EN 14213 ise ısıtma amaçlı kullanıma uygun biyodizel standardıdır.

Tablo 12.10: TS EN 14214 ve TS EN 14213'ün Genel Özellikleri ve Deney Metotları [86]

Özellik	Birim	Sınırlar		Deney Metodu
		EN 14214	EN 14213	
Yoğunluk; 15 °C'de	g/cm^3	0.86-0.90	0.86-0.90	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite; 40 °C'de	mm^2/s	3.5-5.0	3.5-5.0	EN ISO 3104 ISO 3105
Parlama Noktası	°C	≥120	≥120	EN ISO 3679
Kükürt İçeriği	mg/kg	≤10	≤10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Sülfatlanmış Kül	% (mol/mol)	≤0.02	≤0.02	ISO 3987
Su İçeriği	mg/kg	≤500	≤500	EN ISO 12937
Karbon Kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	% (mol/mol)	≤0.3	≤0.3	EN ISO 10370
Toplam Kirlilik	mg/kg	≤24	≤24	EN 12662
Bakır Şerit Korozyonu; 3sa/50°C	korozyonun derecesi	Sınıf 1	-	EN ISO 2160
Oksidasyon Kararlılığı; 110 °C	Sa	≥6	4	EN 14112
Setan Sayısı		≥51	-	EN ISO 5165
Asit Sayısı	mgKOH/kg	≤0.5	≤0.5	EN 14104
İyot Sayısı	g I_2/100g	≤120	≤130	EN 14111
Linolenik Asit Metil Esteri	% (mol/mol)	≤12.0	-	EN 14103
YAME İçeriği (≥4 çift bağ)	% (mol/mol)	≤1.0	≤1.0	
Metanol İçeriği	% (mol/mol)	≤0.2	≤1.0	EN 14110
Ester İçeriği	% (mol/mol)	≥96.5	≥96.5	EN 14103
Monogliserit İçeriği	% (mol/mol)	≤0.8	≤0.8	EN 14105
Digliserit İçeriği	% (mol/mol)	≤0.2	≤0.2	EN 14105
Trigliserit İçeriği	% (mol/mol)	≤0.2	≤0.2	EN 14105
Serbest Gliserol	% (mol/mol)	≤0.02	≤0.02	EN 14105 EN 14106
Toplam Gliserol	% (mol/mol)	≤0.25	-	EN 14105
Fosfor İçeriği	mg/kg	≤10.0	-	EN 14107
Alkali Metaller (Na+K)	mg/kg	≤5.0	-	EN 14108 EN 14109
Toprak Alkali Metaller (Ca+Mg)	mg/kg	≤5.0	-	prEN 14538
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası	°C	-	-	EN 116
Akma Noktası	°C	-	≤0	ISO 3016
Net Yanma Isısı	mJ/kg	-	≥35	DIN 51900-1 DIN 51900-2 DIN 51900-3

12.3.3. Biyodizel Üretim Tesisleri ve Üretim Kapasitesi

Türkiye'de küçük ve orta kapasiteli fabrikalarda biyodizel üretimi yapılmakta ve büyük kapasiteli tesis kurma çalışmaları da sürdürülmektedir. EPDK verilerine göre: biyodizel üretim lisansı başvurusu yapan firma sayısı 16 Şubat 2007 tarihi itbariyle 205 olup, bu firmalardan sadece 27 tanesi biyodizel üretimi için lisans alabilmiştir, ve toplam kapasite 2 Milyon ton/yıl şeklinde idi. 16 Şubat 2007 tarihinde 13 lisanslı tesis bulunmakta idi.[2] 6 Mart 2008 tarihi itibariyle lisanslı tesis sayısı 52'dir ve Tablo 12.11'de görülmektedir.

Tablo 12.11: Lisanslı Biyodizel Tesisleri [87]

Şirket Adı	İli	Lisans Türü	Lisansın Verildiği Tarih	Lisans Süresi
Bio Performans Petrol Ürünleri Kimyevi Madde İnşaat Nakliyat Otomotiv İthalat İhracat Taahhüt Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi	Batman	İşleme Lisansı (Biyodizel)	06.03.2008	12 yıl
Berkim Enerji Biyoyakıt Kimya Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Kayseri	İşleme Lisansı (Biyodizel)	17.12.2007	1 yıl
Atalay İnşaat Elektrik Nakliye Taahhüt ve Petrol Ürünleri Ticaret Limited Şirketi	Diyarbakır	İşleme Lisansı (Biyodizel)	13.11.2007	12 yıl
Özalışık Yağ Sanayi Biodizel ve Enerji Üretimi Aky. Gıda İnş.İml.İhr.Paz. Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Mersin	İşleme Lisansı (Biyodizel)	09.11.2007	1 yıl
Prestij Biodizel Akaryakıt Ürünleri Nakliye Gıda İnş. İç Dış Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Batman	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.10.2007	12 yıl
Doğapet Kimya Yağ Akaryakıt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Mersin	İşleme Lisansı (Biyodizel)	18.10.2007	1 yıl
Tepebaşı Enerji Üretim Kimyasal Geri Dönüşüm ve Petrol Ürünleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Tokat	İşleme Lisansı (Biyodizel)	04.10.2007	1 yıl
Çevresel Kimya Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	Balıkesir	İşleme Lisansı (Biyodizel (Atık Bitkisel Yağ))	27.09.2007	14/09/2010 tarihine kadar
Yıldırımlar Gıda Yağ Sanayii Bio Dizel Enerji Üretim ve İnşaat Limited Şirketi	Kocaeli	İşleme Lisansı (Biyodizel)	20.09.2007	1 Yıl
DB Tarımsal Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.	İzmir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	20.09.2007	12 Yıl
Golden Biodizel Alternatif Enerji Sistemleri Üretim Pazarlama Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Kırıkkale	İşleme Lisansı (Biyodizel)	17.08.2007	12 Yıl
Tosya Alternatif Yakıtlar Sanayi Ticaret A.Ş.	Kastamonu	İşleme Lisansı (Biyodizel)	06.08.2007	12 yıl
Tayyib Madencilik İnşaat Nakliyat Besicilik Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Kocaeli	İşleme Lisansı (Biyodizel)	19.07.2007	12 yıl

Üçler Yaş Sebze ve Meyve Nak. Mahr. Hububat Tük. Gıda Mad. Züc. Plastik Malz. ve Hediyelik Eşya Petrol ve Alternatif Enerji Üretim Dağ. ve Paz. İth. San. ve Tic. Limited Şirketi	Kırşehir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	27.06.2007	12 yıl
Muhammed İpekten Biyodizel Pazarlama Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Konya	İşleme Lisansı (Biyodizel)	27.06.2007	12 yıl
Eko Biodiesel Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Kocaeli	İşleme Lisansı (Biyodizel)	27.06.2007	12 yıl
Aspet Biokimya Sanayi A.Ş.	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	27.06.2007	12 yıl
Aypet Ayhanlar Petrol Ürünleri Madencilik Sanayi Ticaret A.Ş.	Kocaeli	İşleme Lisansı (Biyodizel)	14.06.2007	12 yıl
Trakya Sanayi A.Ş.	Kırklareli	İşleme Lisansı (Biyodizel)	08.06.2007	12 yıl
Caner Gıda Tekstil İnşaat Enerji Kimya Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	İzmir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	29.05.2007	12 yıl
Yıl-Taş Petro Kimya Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Afyon karahisar	İşleme Lisansı (Biyodizel)	29.05.2007	12 Yıl
Şahin Bio Mazot ve Yağ Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Afyon karahisar	İşleme Lisansı (Biyodizel)	29.05.2007	12 Yıl
Ser-Port Yağ, Biodizel Sanayi ve Depolama Ticaret Limited Şirketi	Mersin	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.05.2007	12 Yıl
Özrenk Boya Kimya Tekstil Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.05.2007	12 Yıl
Öz-Ova Tar. Ür. Çır. Pre. Teks. Köm. Oto. Nak. Biodizel Akaryakıt Tur. Gıda İnş. İt. İhr. San. ve Tic. Ltd. Şirketi	Hatay	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.05.2007	12 yıl
Maks Bio Kimya Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	Kilis	İşleme Lisansı (Biyodizel)	17.05.2007	12 yıl
Performans Enerji Yakıtı İmalat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Sakarya	İşleme Lisansı (Biyodizel)	03.05.2007	12 yıl
Biz-Bio Alternatif Enerji Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Balıkesir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	04.04.2007	12 yıl
Ege Biyoteknoloji Sanayi ve Ticaret A.Ş.	İzmir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	04.04.2007	12 yıl
Şahini Zahirecilik Nakliyat Ticaret Sanayi Limited Şirketi	Ankara	İşleme Lisansı (Biyodizel)	29.03.2007	12 yıl
Bioil Petrol ve Ürünleri Taşımacılık Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	29.03.2007	12 yıl
Özcoşkun Yakıt Tekstil Gıda Nakliyat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Adıyaman	İşleme Lisansı (Biyodizel)	15.03.2007	12 yıl
Kolza Biodizel Yakıt ve Petrol Ürünleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	İstanbul	İşleme Lisansı (Biyodizel (Atık Bitkisel Yağ))	01.03.2007	07.11.2010 tarihine kadar
Trapet Alternatif Yakıt Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi	Trabzon	İşleme Lisansı (Biyodizel)	01.03.2007	12 yıl
Piteks Petrol İnşaat Tekstil Gıda Kimya Sanayi ve Tİcaret Limited Şirketi	İstanbul	İşleme Lisansı (Biyodizel)	01.03.2007	12 yıl
Akel Enerji Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Balıkesir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	01.03.2007	12 yıl
Odabaşı Biodizel ve Alternatif Yakıt Teknolojileri Petrol Tekstil İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Diyarbakır	İşleme Lisansı (Biyodizel)	01.03.2007	12 yıl
Albio Biodizel Enerji Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	İzmir	İşleme Lisansı (Biyodizel)	01.03.2007	12 yıl
Ömer Bucak İnşaat Taahhüt Sanayi ve Ticart Limited Şirketi	Şanlıurfa	İşleme Lisansı (Biyodizel)	22.02.2007	12 yıl

Aks-En Alternatif Enerji Teknolojileri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Aksaray	İşleme Lisansı (Biyodizel)	15.02.2007	12 yıl
Gec Kimya Gıda Turizm ve Tarım Ürünleri Sanayi Ticaret Anonim Şirketi	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	15.02.2007	12 yıl
Çevrem Alternatif Enerji Biodizel ve Petrol Ürünleri Gıda Sanayi Ticaret Limited Şirketi	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	15.02.2007	12 yıl
Ali Erol Akça Akaryakıt Nakliyat Dış Ticare Sanayi Limited Şirketi	Ankara	İşleme Lisansı (Biyodizel)	15.02.2007	12 yıl
Özmir Biyodizel Alternatif Enerji Tarımsal Ürün Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Hatay	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.01.2007	12 yıl
Yeşil Dizel Akaryakıt Kimya Tekstil Makine Gıda Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.01.2007	12 yıl
İrfan Kılınç Gıda Tekstil Ambalaj İnşaat Enerji Sanayi Ticaret Limited Şirketi	İstanbul	İşleme Lisansı (Biyodizel)	25.01.2007	12 yıl
Alemdar Kimya Endüstrisi A.Ş.	İstanbul	İşleme Lisansı (Biyodizel)	18.01.2007	12 yıl
Ay Uluslararası Deniz Kara Taşımacılığı İthalat İhracat İnşaat Otomotiv Petrol Tekstil Gıda Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Gaziantep	İşleme Lisansı (Biyodizel)	06.01.2007	12 Yıl
CHS Endüstriyel Ürünler Sanayi ve Ticaret A.Ş.	İstanbul	İşleme Lisansı (Biyodizel)	06.01.2007	12 Yıl
Paksoy Ticaret ve Sanayi Anonim Şirketi	Adana	İşleme Lisansı (Biodizel (Atık Bitkisel Yağ))	31.08.2006	20.11.2010 tarihine kadar
Biopet Alternatif Yakıtlar Petrol İnşaat Tarım Ürünleri Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi	Ankara	İşleme Lisansı (Biyodizel)	31.08.2006	12 Yıl
Petkim Petrokimya Holding Anonim Şirketi	İzmir	İşleme Lisansı (Petrokimya)	06.10.2005	30 yıl

Albiyobir'e göre, ülkemizde Nisan 2006'da 1,5 milyon ton kurulu kapasite bulunmakta idi ve Türkiye, kurulu biyodizel üretim kapasitesi itibari ile Almanya'dan sonra dünya ikincisi durumunda idi. Türkiye'nin kurulu kapasitesini geliştirmesi halinde özellikle AB'nin kendi ihtiyacı için zorunlu kıldığı miktarları karşılayabilecek ve biyodizelde önemli bir ihracat merkezi olabilecektir.

Biyodizel tesisleri ülkemizin dört bir yanına dağılmıştır. Bölgesel yaygınlığı "Enerjinin Verimliliği" açısından son derece yararlı olduğu düşünülebilecek biyodizel yatırımı yapan firmalarımızın çoğu tarımdan gelmiş ve bunların çoğunluğu da yağ sıkma fabrikalarıdır. Bu dönüşümün ana sebebi atıl kapasitelerinin değerlendirilerek, sürekli istihdam sağlayabilmektir.

Biyodizel üreticileri özellikle ülkemizde gıdada kullanılmayan, bu nedenle tarımda yaratacağı etkileri biyodizele bağlı etkileri görülebilecek kolza ve aspiri seçmiş, ülkemizin dört bir yanında sözleşmeli tarıma yönelmişlerdir.[67]

12.4. Biyodizelin Türkiye'deki Ekonomik Durumu

12.4.1. Biyodizel Fiyatı

Biyodizel üretim maliyeti yüksek olan bir yakıttır. Yağlı bitki tohumundan üretim yapan tesislerde biyodizel maliyetindeki en büyük pay tohumuna aittir. Atık yağı hammadde olarak kullanan işletmelerde üretim maliyeti göreceli olarak daha azdır. Üretim maliyetini düşüren unsurlar üretim sırasında elde edilen yan ürünlerin (küspe ve gliserin) değerlendirilmesidir. Özellikle gliserin biyodizel üretim maliyetini belirleyen ve tesisin mali faydasını direkt etkileyen bir yan üründür. Gliserinin saflaştırılarak pazarlanması işletmenin kar marjını artırır. Ayrıca saflaştırma sırasında elde edilen gübrenin de ekonomik değeri vardır.[88]

12.4.2. Biyodizel Marketi ve Alınan Vergiler

Biyodizel pazarını etkileyen en önemli faktör biyodizel üretim maliyetinin yüksek olmasıdır. Gelişmiş ülkelerin pek çoğunda vergi indirimleriyle kullanımı ve üretimi teşvik edilen biyodizel çevre bilinci gelişmiş ülkelerde teşviksiz de kullanılabilmektedir. Amerika'nın bazı eyaletlerinde fiyatının dizele göre pahalı olmasına rağmen bilinçli tüketici tarafından kullanılmaktadır.

Ancak Türkiye gelişmekte olan bir ülkedir ve ekonomik sorunlarını çözümlememiş bir ülkedir. Bu nedenle Türkiye'de biyodizel ancak dizel yakıtından daha düşük fiyata satılması durumunda yakıt piyasasında kendine yer bulabilir ve kullanımı yaygınlaşabilir. Bunun yanısıra ısıl performansının dizel yakıta nazaran daha düşük olması nedeniyle tüketici haklarının korunarak biyodizel birim fiyatının dizel birim fiyatına nazaran en az %8.2 oranında daha düşük olarak satılması gereklidir.

Biyodizel birim üretim maliyetinde belirleyici bir faktör yan ürün olarak elde edilen gliserinin ekonomik olarak değerlendirilmesidir. Yan ürün olarak elde edilen gliserin sabun ve kozmetik sanayiinde değerlendirlebildiği gibi saflaştırılarak ilaç sektöründe de kullanılabilmektedir.[88] Ülkedeki gliserin fiyatının yarıya düşmesi nedeniyle ekonomikliğini yitiren ve kapatılan biyodizel tesislerinin mevcudiyeti bilinmektedir.
Petrol piyasasında haksız rekabet oluşturduğu iddialarının sonucunda 30.03.2006 tarihinde 5479 sayılı "Gelir Vergisi Kanunu"nda değişiklik yapılarak 3824.90.99.90.54 GTİP numaralı biyodizele (Otobiyodizel) 0.6498 YTL/Litre "Özel Tüketim Vergisi" getirilmiştir.[65] Yakıtbiyodizel için 0.06498 YTL/Litre ÖTV

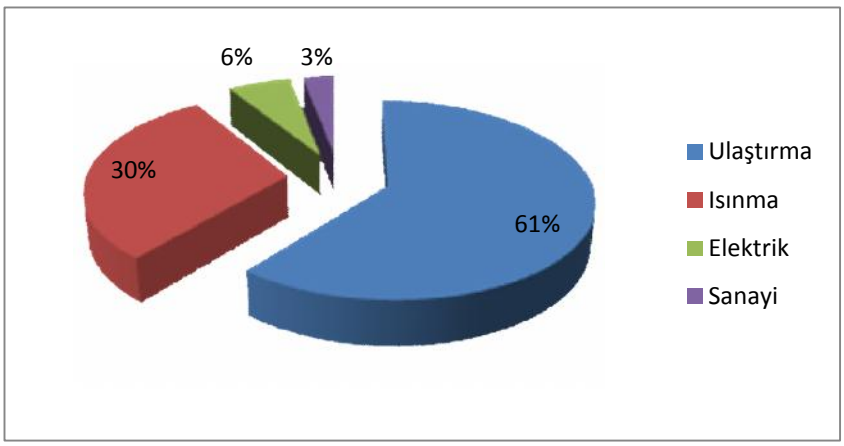
uygulamadadır.[2] 08.12.2006 tarihinde 26370 sayılı resmi gazetede yayınlanan 05.06.2007 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile 4760 sayılı "Özel Tüketim Vergisi Kanunu"na Ekli 1 sayılı listede "Yer Alan Mallarda Uygulanan Özel Tüketim" vergisi ile yerli tarım ürünlerinden elde edilen otobiyodizelin dizele %2 oranında harmanlanması ÖTV'den muaf tutulmuştur.

12.4.3. Biyodizelin Kullanıldığı Sektörler

Ülkemizde de biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilecek bir yakıttır. Biyodizel ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi konut ve sanayi serktörlerinde de fuel oil yerine kullanılabilecek bir yakıttır.

Ulaştırma Sektörü: Biyodizel, dizel kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya bazı araçlarda küçük modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir ve dizelin depolandığı koşullarda ve mekanlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe kullanımı yaygın olarak gerçekleşmektedir. Gerek tarım makinaları üreticileri gerekse otomobil üretici firmaları biyodizeli yakıt olarak araçlarında kullanma garantisi vermişlerdir.

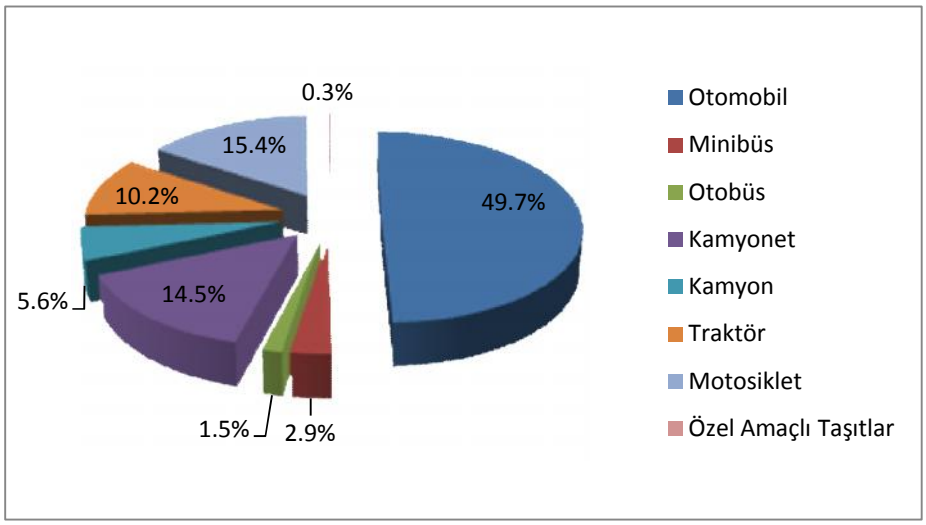
Ülkemizde 2001 yılında sivil dizel yakıt tüketimi 8,763,828 ton olarak gerçekleşmiş ve tüketimin sektörlere göre dağılımı Şekil 12.2'de verilmiştir.



tir.[90] Minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon ve traktörün sadece dizel yakıt kullandığı düşünülerek Türkiye genelinde sayıları Tablo 12.12'de verilmiştir.

Tablo 12.12: Türkiye Genelindeki Minibüs, Otobüs, Kamyonet, Kamyon ve Traktör Sayıları (Aralık, 2007)

Minibüs	372,601
Otobüs	189,128
Kamyonet	1,890,459
Kamyon	729,202
Traktör	1,327,334

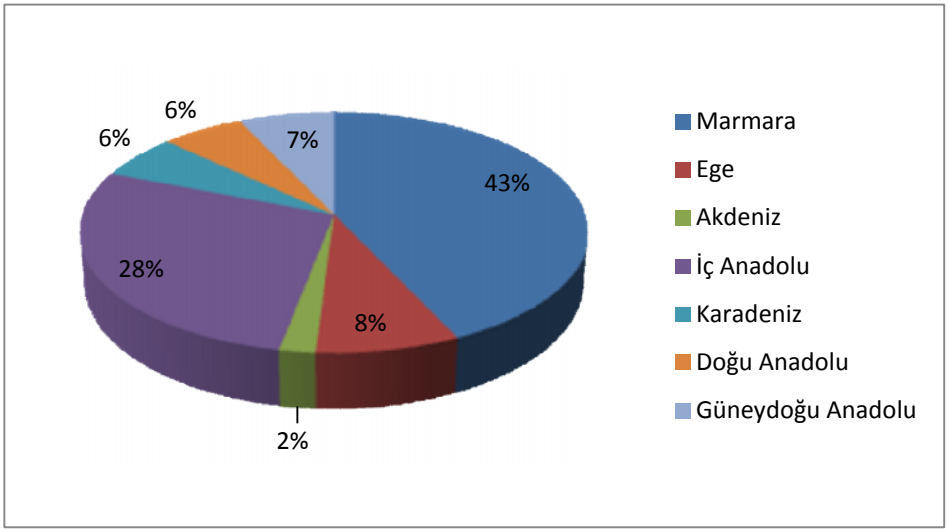


Tablo 12.13: Türkiye'deki Deniz Taşıtlarının Sayısı (1993-2002)

GEMİ TİPLERİ	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
KURUYÜK	472	479	476	475	469	465	465	460	445	417
DÖKMEYÜK	109	121	157	173	181	171	167	156	154	138
OBO	7	8	9	8	7	6	7	5	1	1
PETROL TANERİ	102	100	99	103	98	98	105	119	125	119
KİMYEVİ MAD.TANK	22	27	31	39	41	43	52	57	58	51
LPG TANKERİ	5	5	7	5	5	5	5	7	6	6
ASFALT TANKERİ	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3
SU GEMİSİ	8	11	11	10	10	10	10	10	10	12
RO/RO	8	14	22	24	25	29	28	30	29	26
KONTEYNER	0	1	3	7	11	18	25	28	34	39
FERİBOT	13	14	15	16	17	19	19	19	20	20
TREN FERİSİ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FRIGORİFİK	0	0	1	1	1	1	1	3	3	2
BALIKÇI GEMİSİ	17	20	31	42	42	42	44	54	55	52
YOLCU&YOLCU YÜK	31	31	33	35	36	40	42	39	39	31
BİLİMSEL ARAŞ.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4
ŞEH.HAT./DEN.OTO.	75	75	71	68	72	73	72	73	74	76
ŞEH.HAT.ARABALI	31	30	26	25	26	26	26	28	28	20
ROMORKÖR/HİZMET	96	97	134	131	139	141	158	167	165	157
DİĞER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
TOPLAM	**1012**	**1050**	**1143**	**1179**	**1197**	**1204**	**1242**	**1270**	**1261**	**1185**

Konut Sektörü: Biyodizel fuel oil yakan kazanlarda da yakıt olarak kullanılabilmektedir. DİE'nin 1998 yılı verilerine göre Türkiye'deki toplam 903,224 adet kaloriferli konuttan (resmi daireler ve okullar hariç) % 24.9'u (224,817 adet) fuel oil ile ısınmaktadır. Bunun yanısıra konutlarda toplam 144,431 adet elektrik jeneratörü mevcuttur ve jeneratörlerde de biyodizel kullanılabilir.

Konutlarda 1998 yılında tüketilen toplam enerji 21,232,166 ton eşdeğer petrol (TEP) olup, 1,043,398 TEP (% 4.9) enerji fuel oilden karşılanmıştır. Konutlardaki kalorifer kazanlarında tüketilen fuel oil miktarı 1998 yılı için 976,825 ton'dur ve bölgelere göre dağılımı Şekil 12.7'de verilmiştir.


6%
6%
7%
43%
28%
8%
2%
Marmara
Ege
Akdeniz
İç Anadolu
Karadeniz
Doğu Anadolu
Güneydoğu Anadolu

hakkında bilgi vermektir. Yurt dışında biyodizelin çiftçi birlikleri aracılığı ile üretilmesi ve çiftçinin kendi araçlarında kullanması durumunda, petrol kökenli yakıtlar üzerine uygulanan vergilerden muaf tutulduğu belirtilmektedir. Ülkemizde de biyodizel ile ilgili yasal düzenlemenin henüz yapılmamış olması nedeniyle, bugün için biyodizeli çiftçi kendi traktör ve araçlarında kullanmak üzere üretmesi durumunda, biyodizel üzerinde petrol ürünlerine uygulanan vergi yükü bulunmamaktadır. Yine yurt dışında kendi biyodizel üreten tarım işletmelerinin büyük bir kısmında, küçük kapasiteli yağ presi de bulunmaktadır. Bu nedenle ön maliyet incelemesinde maliyet unsurları arasında yer alan vergi yükleri ve taşıma giderleri dikkate alınmamıştır. 2002 yılında biyodizelin ön maliyet etüdü ile ilgili bir çalışma yapılmıştır ve dolar kuru 1.400.000 TL/$ olarak alınmıştır.

- 1 dekardan üretilen kolza miktarı literatür bilgisine göre ortalama 275 kg . Kolza tohumu satış fiyatı olan 330,000 TL/kg değeri dikkate alındığında, 1 dekar alandan elde edilen kolza geliri; 90,750,000 TL/da olacağı belirlenmiştir. (2002 yılı değerine göre)

- 1 kg kolzadan ortalama 450 gram biodiesel üretilebilmektedir. Bunun geri kalan 550 gramı küspe olarak değerlendirilmektedir. Bu değerler dikkate alındığında,1 dekardan 123.75 kg (140.625 L) biodiesel ve 151.25 kg küspe elde edilmektedir.

- Çiftçi üretmiş olduğu kolza tohumunu doğrudan satma yerine, biyodizele dönüştürmüş olsa idi, bu ürününü dizel yakıtı olarak değerlendirmiş olacaktı. Bu durumda dizel yakıtının birim fiyatı 939,000 TL/L, kanola küspesinin birim fiyatı 120,000TL/kg değerleri göz önüne alındığında, 1 dekardan elde edilecek olan biyodizel ücreti 132,046,875 TL, 1 dekardan elde edilecek küspe ücretinin ise 18,150,000 TL olacağı hesaplanmıştır. Yağ fabrikalarıyla yapılan görüşmede yağın elde edilmesi için kolza tohumunun preslenme ücretinin 30,000 TL/kg olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada yağın biyodizele dönüştürme ücreti ise ortalama 15,000 TL/kg olmuştur. Bu masrafların bir dekara karşılık gelen miktarları sırasıyla 8,250,000 TL ve 1,856,250 TL'dir. Gelir ve masraf unsurları göz önüne alındığında kanola üretiminden bu yolla elde edilebilecek toplam gelirin 140,090,625 TL/da olacağı hesaplanmıştır. Ön maliyet incelemesinden de görüldüğü gibi kolza tohumunun doğrudan satışına göre, biyodizel olarak değerlendirilmesi durumunda çiftçinin 1 dekardan 49,340,625 TL daha fazla gelir elde edebileceği hesaplanmıştır. Ayrıca bu gelire, burada değerlendirmeye alınmayan, biyodizel üretiminde ortaya

çıkan sabun ve kozmetik sanayiinin önemli bir ham maddesi olan gliserinin, satışından elde edilecek gelirin de ilave edileceği hesaba katılmalıdır.[68]

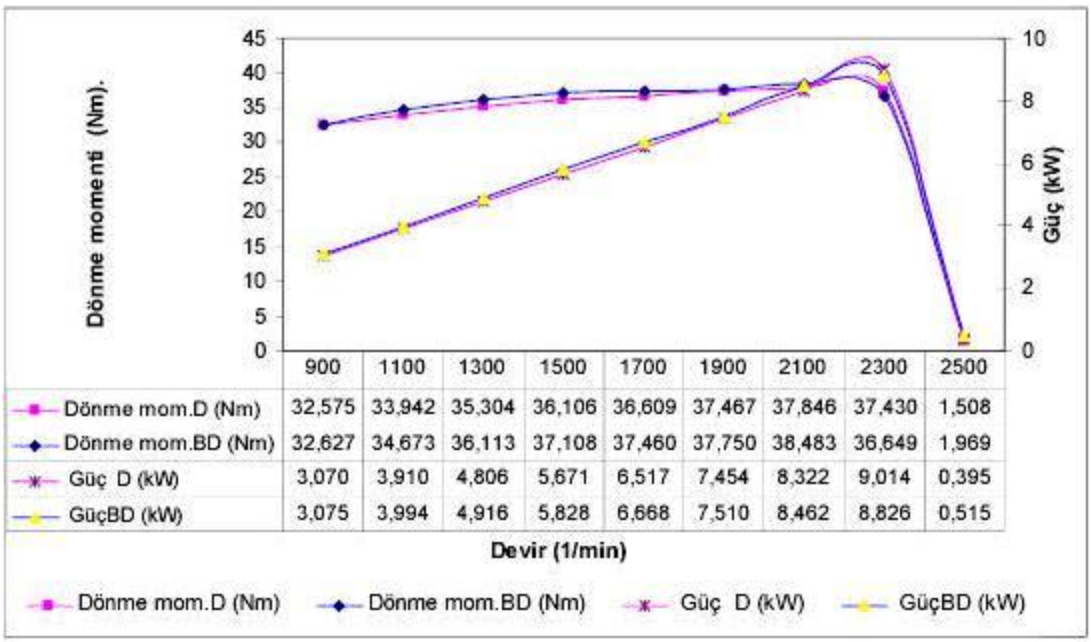
12.5. Biyodizel Kullanılarak Yapılmış Bazı Araştırmalar ve Sonuçları

Aşağıda, biyodizel üzerine Türkiye'de yapılmış iki çalışma görülmektedir:

2002 yılında Ulusoy ve Alibaş tarafından aşağıda teknik özellikleri verilen dizel motoruna (Tablo 12.15) laboratuvar şartlarında üretilen ayçiçek yağı metil esteri (biyodizel) ve dizel koyularak motorun dönme momenti, efektif gücü ve yakıt tüketimi değerleri belirlenmiştir.

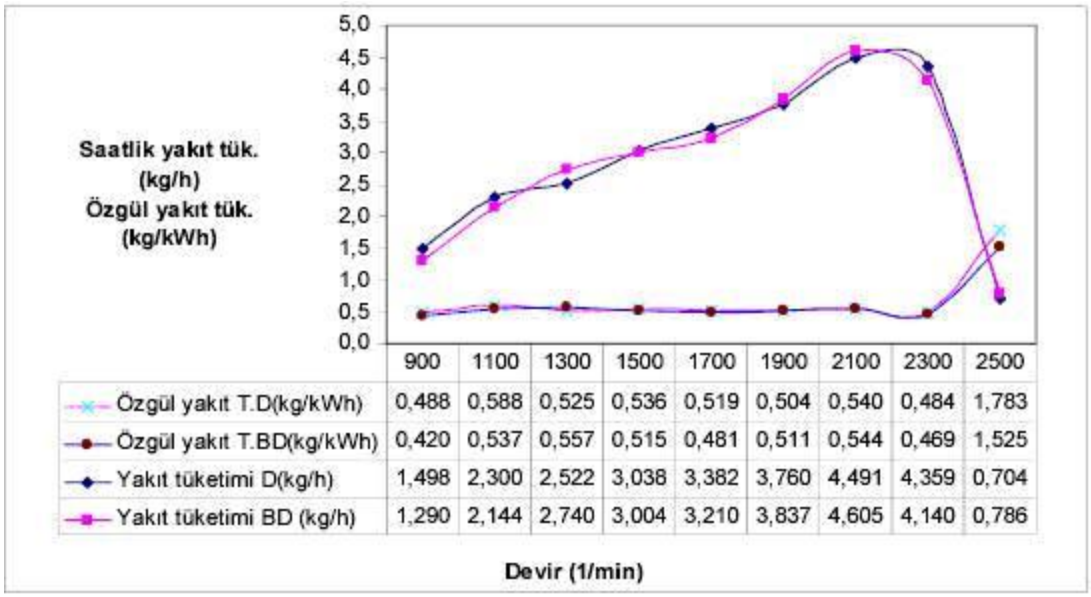
Tablo 12.15: Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Genel Teknik Bilgiler	Tipi: Pancar Motor E89
Silindir Çapı x Strok (mm)	90 x 105
Sıkıştırma Oranı	21:1
Püskürtme Basıncı (bar)	110
Püskürtme Başlangıcı, Üst Ölü Noktadan Önce (°)	23



Şekil 12.8: Dizel ve Biyodizel ile Çalışmada Dönme Momenti ve Güç Değerleri

Şekil 12.8 incelendiğinde, dizel ve biyodizel kullanımında motorun dönme momenti ve güç değerleri arasında bariz bir farklılığın olmadığı görülmektedir.



	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300	2500
Özgül yakıt T.D(kg/kWh)	0,488	0,588	0,525	0,536	0,519	0,504	0,540	0,484	1,783
Özgül yakıt T.BD(kg/kWh)	0,420	0,537	0,557	0,515	0,481	0,511	0,544	0,469	1,525
Yakıt tüketimi D(kg/h)	1,498	2,300	2,522	3,038	3,382	3,760	4,491	4,359	0,704
Yakıt tüketimi BD (kg/h)	1,290	2,144	2,740	3,004	3,210	3,837	4,605	4,140	0,786

Şekil 12.9: Dizel ve Biyodizel ile Çalışmada Saatlik ve Özgül Yakıt Tüketimi Değerleri

Şekil 12.9 incelendiğinde, dizel ve biyodizel kullanımında motorun saatlik ve özgül yakıt tüketimi değerleri arasında bariz bir farklılığın olmadığı görülmektedir.

Bu deneyin sonuçları biyodizelin, dizel motorlarda hiçbir değişiklik yapmadan dizel yakıtın yerine doğrudan kullanılabileceğini göstermiştir.[68]

2005 yılında Keskin ve arkadaşları tarafından kağıt fabrikalarında üretim esnasında yan ürün olarak ortaya çıkan tall yağından biyodizel üretimi ve bunun motor performans ve emisyonuna etkisi araştırılmıştır.

Tall yağı yağ asitlerinden metil ester (biyodizel) üretilip, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Üretilen tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımı tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda tam yük şartlarında 1800-3200 devir/dakika aralığında performans ve emisyon testine tabii tutulmuştur.

Tablo 12.16'da motorun teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 12.16: Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Marka ve Model	Lombardini 6LD 400
Çalışma Prensibi	4 zamanlı, direkt enjeksiyonlu
Silindir Sayısı	1
Silindir Hacmi (cm^3)	395
Silindir Çapı (mm)	86
Strok (mm)	68
Sıkıştırma Oranı	18:1
Enjektör Püskürtme Basıncı (bar)	200

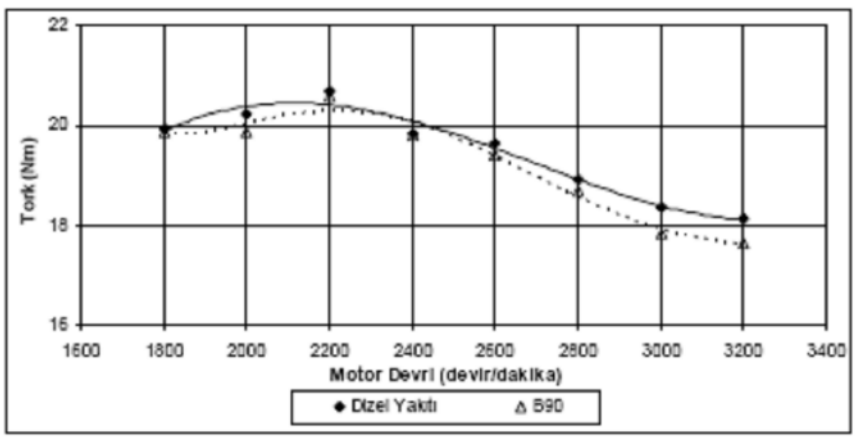
Tablo 12.17'de de deneyde kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir:

Tablo 12.17: Deney Yakıtlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

	Dizel	B90	B100
Yoğunluk (kg/m^3), 15°C	835	880	883
Isıl değer (kJ/kg)	43,760	40,413	40,023
Kükürt %(m/m)	0,2579	0,0235	0,0012
CFPP (°C)	-8	-4	-2
Akma Noktası (°C)	-23	-8	-6
Parlama Noktası (°C)	73	97	111
Bulutlanma Noktası (°C)	-6	-1	0
Setan Sayısı	47	52	53
Viskozite (mm^2/s), 40°C	2.6	6.3	6.7

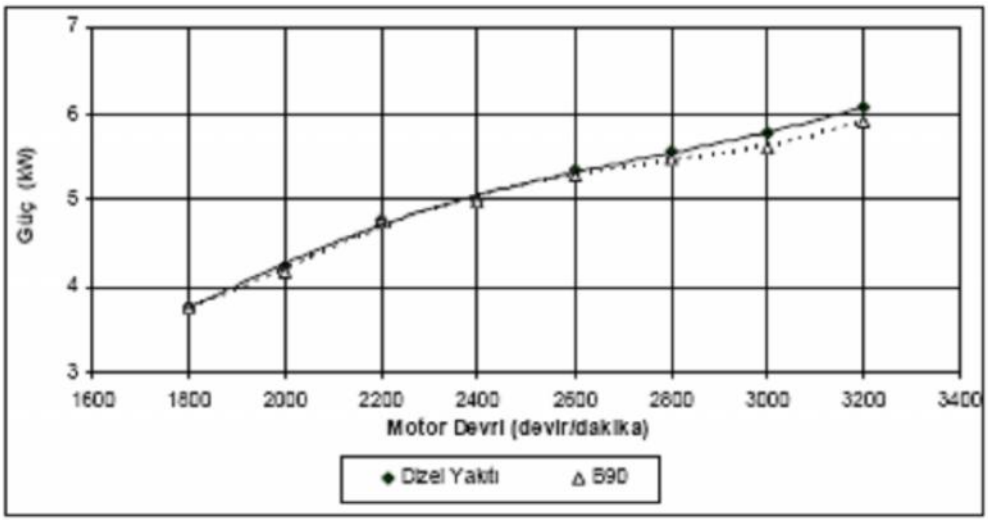
Bu çalışmada deney öncesi motor yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre ayarlanmış. Tall yağı biyodizelinin motor performans ve emisyonlarına olan etkilerini belirlemek amacıyla tam yük şartlarında 1800-3200 d/d arasında 200 d/d arayla testler yapılmış. Motor testlerinde performans ve emisyon ölçümlerine geçilmeden önce deney motoru 15 dakika yüksüz çalıştırılıp normal çalışma sıcaklığına getirilmiş. Çalışma ortamının basıncı ve sıcaklığı ölçülerek performans değerleri üzerindeki etkileri dikkate alınmış. Tork ve güç ölçümleri için bir elektrikli dinamometre kullanılmış. Emisyon ölçümlerinde ise VLT 2600 S ve Gaco-SN marka emisyon cihazları kullanılmış. Her bir deney yakıtı 3 kez test edilmiş ve ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır.

Deneyin sonuçları aşağıdaki şekillerde görülmektedir:



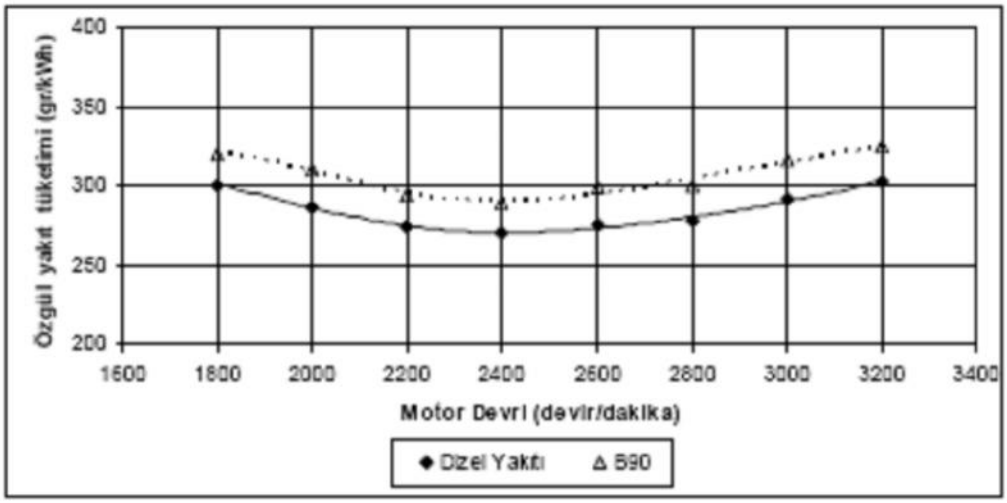
Şekil 12.10: Tüm Yük Şartlarında Dizel Yakıtı ve B90 Yakıtının Tork Değerleri

Dizel yakıtı ve B90 yakıtlarının tork değerleri değişimleri Şekil 12.10'da görülmektedir. B90 yakıtı ile elde edilen motor tork karakteristik eğrisi dizel yakıtı ile elde edilen eğriye göre önemli bir değişim göstermemiştir. Her iki yakıt için maksimum tork değerleri 2200 d/d'da ölçülmüştür. Dizel yakıtı ve B90 yakıtı ile ölçülen maksimum tork değeri sırasıyla 20.70 Nm ve 20.60 Nm dir. Ölçüm yapılan bütün devirlerde B90 yakıtı ile dizel yakıtı değerlerine göre daha düşük tork değerleri ölçülmüştür. Yüksek motor devirlerinde B90 yakıtı ile ölçülen tork değerleri dizel yakıtı değerlerine göre daha fazla azalma eğilimi göstermiştir. B90 yakıtı ile tork değerlerinde meydana gelen maksimum azalma 3000 d/d'da %2.99 olarak ölçülmüştür. Tork değerlerinde meydana gelen azalma eğilimi büyük oranda B90 yakıtının ısıl değerinin az olmasından kaynaklanmıştır.



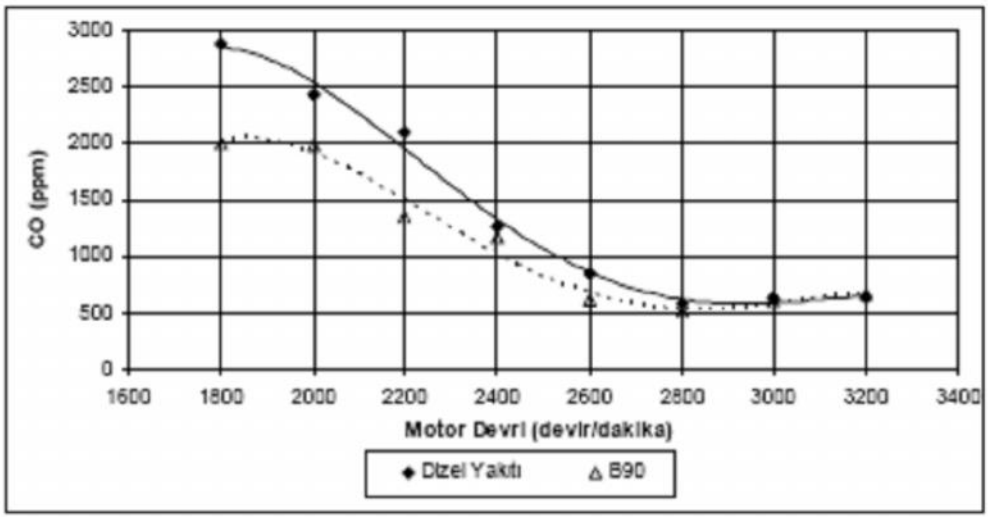
Şekil 12.11: Tüm Yük Şartlarında Dizel Yakıtı ve B90 Yakıtının Güç Değerleri

Şekil 12.11'de dizel yakıtı ve B90 yakıtının güç değerleri değişimleri verilmiştir. B90 yakıtı ile ölçülen güç değerleri dizel yakıtı değerlerine göre önemli bir değişim göstermemiştir. Dizel yakıtı ve B90 için maksimum güç değerleri 3200 d/d'da sırasıyla 6.07 kW ve 5.91 kW olarak ölçülmüştür. B90 yakıtının güç değerlerinde, dizel yakıtı değerlerine göre meydana gelen minimum azalma miktarı 2400 d/d'da %0.20, maksimum azalma miktarı ise 3000 d/d'da %2.98 oranında olmuştur. B90 yakıtı ile elde edilen güç değerleri yüksek motor devirlerinde, dizel yakıtına göre daha fazla azalma göstermiştir.



Şekil 12.12: Tüm Yük Şartlarında Dizel Yakıtı ve B90 Yakıtının Özgül Yakıt Tüketimi Değerleri

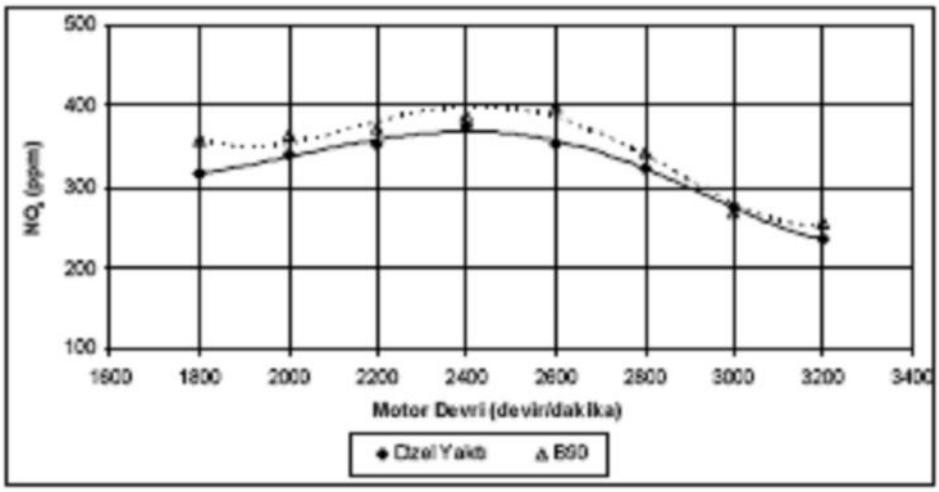
Dizel yakıtı ve B90 yakıtı ile ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri değişimleri Şekil 12.12'de gösterilmiştir. B90 yakıtının özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtı değerlerine göre daha yüksek ölçülmüştür. B90 yakıtı ile özgül yakıt tüketimi değerleri dizel yakıtı değerlerine göre %6.51 ile %8.84 arasında artış göstermiştir. Meydana gelen ortalama artış miktarı %7.63 tür. Dizel yakıtı ve B90 yakıtı ile minimum özgül yakıt tüketimi değerleri 2400 d/d'da sırasıyla 270.07 g/kWh ve 293.99 g/kWh olarak ölçülmüştür. Bu artışlar biyodizel yakıtların ısıl değerinin dizel yakıtına göre %10 civarında daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



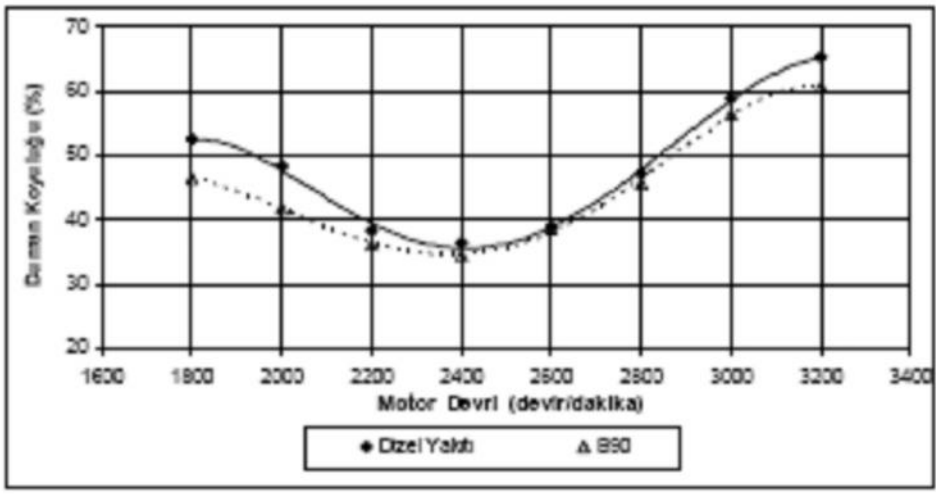
Şekil 12.13: Tüm Yük Şartlarında Dizel Yakıtı ve B90 Yakıtının CO Emisyonları Değerleri

Dizel yakıtı ve B90 yakıtının CO emisyonları değerlerinin değişimleri Şekil 12.13'te verilmiştir. B90 yakıtı ile düşük motor devirlerinde CO emisyonları dizel yakıtı değerlerine göre önemli ölçüde azalmalar göstermiştir. Meydana gelen maksimum azalma 2200 d/d'da %35.44 oranında olmuştur. Dizel yakıtı ve B90 yakıtı ile ölçülen minimum CO emisyonu değerleri 2800 d/d'da sırasıyla 590 ppm ve 518 ppm'dir. Yüksek motor devirlerinde B90 yakıtı ile dizel yakıtı değerlerine çok yakın değerler ölçülmüştür. CO emisyonlarının azalmasının en önemli nedenleri tall yağı biyodizelinin moleküler yapısında %11 civarında oksijen bulunması ve motorda kullanım esnasında hava fazlalık katsayılarının dizel yakıtına göre daha yüksek olmasıdır. Bu iki faktör yanma esnasında oluşan CO emisyonlarının oksitlenerek CO_2'ye dönüşümünde etkili olmuştur.

Aşağıda, Şekil 12.14'te dizel yakıtı ve B90 yakıtının NO_x emisyonları değişimleri gösterilmiştir. B90 yakıtı ile NO_x emisyonları 3000 d/d dışındaki bütün devirlerde dizel yakıtı değerlerine göre daha yüksek ölçülmüştür. Meydana gelen maksimum artış 1800 d/d'da %13.29'dur. Dizel yakıtı ile ölçülen maksimum NO_x emisyonu değeri 2400 d/d'da 375 ppm, B90 yakıtı ile ise 2600 d/d'da 398 ppm'dir. Biyodizel yakıtların bünyelerindeki oksijen oranına bağlı olarak NO_x emisyonları dizel yakıtı değerlerine göre artış eğilimleri gösterebilmektedir. Yakıtın moleküler yapısındaki oksijen, yanma esnasında azot gazının oksitlenerek NO_x emisyonlarına dönüşmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 12.14: Tüm Yük Şartlarında Dizel Yakıtı ve B90 Yakıtının NO_x Emisyonları Değerleri



Şekil 12.15: Tüm Yük Şartlarında Dizel Yakıtı ve B90 Yakıtının Duman Değerleri

Dizel yakıt ve B90 yakıtının duman koyuluğu değerleri değişimleri Şekil 12.15'te görülmektedir. Dizel yakıtı ve B90 yakıtı ile en düşük duman koyuluğu değerleri 2400 d/d'da sırasıyla 36.5 ve 34.5 olarak ölçülmüştür. B90 yakıtının duman koyuluğu değerleri dizel yakıtı değerlerine göre %0.77 ila %13.27 arasında azalma göstermiştir. Meydana gelen ortalama azalma miktarı %6.47'dir. Duman koyuluğu değerlerinin azalmasında da B90 yakıtının moleküler yapısında oksijen bulunması, setan sayısının daha yüksek olması ve kükürt içermemesi etkili olmuştur. Bu özellikler is oluşturabilecek tam yanmayı gerçekleştirememiş yakıt moleküllerinin oksitlenerek reaksiyonlarını tamamlamasında etkili olmaktadır.

B90 yakıtı ile elde edilen motor performans değerleri dizel yakıtı ile elde edilen değerlere çok yakındır. B90 yakıtının kullanımında tork ve güç değerlerinde meydana gelen maksimum azalma miktarları sırasıyla %2.99 ve %2.94 oranında olmuş, motorun özgül yakıt tüketimi değerleri ortalama %7.63 oranında artırmıştır. B90 yakıtı ile CO emisyonu değerlerinde %35.44'e kadar, duman emisyonları değerlerinde ise %13.27'ye kadar varan azalmalar olmuştur. Bununla birlikte, NO_x emisyonlarında %13.29 oranına kadar varan artışlar görülmüştür.[92]

12.6. Ülkemiz ve Öneriler

Biyodizel Türkiye'de mevcut olanaklarla uygulamaya alınabilecek en önemli alternatif yakıt seçeneklerinden biridir. Ülkemizde kara taşımacılığının önemli bölümünde ve deniz taşımacılığında dizel motorlu taşıtlar kullanılmaktadır. Ayrıca endüstride jeneratörler için önemli müktarda dizel kullanılmaktadır. Petrol

tüketimimizin ancak %15'i yerli üretimle sağlanabilmektedir. Biyodizel kullanımının artması ile petrol tüketiminde ve egzoz gazı kirliliğinde azalma gerçekleşecektir.[6]

Ülkemizin halihazırdaki sulanabilir tarım alanı 4,5 Milyon hektar olup bu büyüklük GAP Projesinin de devreye girmesi ile 6,2 Milyon hektara çıkacaktır. Ayrıca, teknik ve ekonomik açılardan sulanabilir tarım alanlarının toplamı ise 8,5 Milyon hektardır. Türkiye'de ekili alanların sadece % 6,2'sinde (1,49 Milyon hektar) yağlı tohum tarımı yapılmaktadır. GAP'ta 2 Milyon hektara yaklaşan sulanabilir alanda ikinci ürün ekimi bulunmamaktadır. Bu arazinin büyük bir çoğunluğu yanlış uygulamayla sadece yılda bir kez pamuk tarımında kullanılmaktadır. Diğer dönemde boş kalmaktadır. Hem pamuk tarımına alternatif ürün olarak ayçiçeği ve soya yağlık ürünleri ve hem de kış döneminde kullanılmayan arazilerde buğdaya alternatif olacak kolza bitkisini devreye sokmak gerekmektedir.[63]

Ülkemizde, çiftçilere yönelik olarak uygulanacak 'Tohumunu getir, yakıtını götür' benzeri kampanyalar, sözleşmeli tarım modeli yoluyla ve yeterli teşvik primleri ile desteklenerek hem ülkemizin ham yağ açığı kapatılabilir; hem de gerekli biyodizel üretimi yapılabilir. Örneğin, Almanya 2002 yılında 1,8 Milyon ton kolza üretirken biyodizel uygulamasının planlı olarak devreye girmesiyle 2005'te 5,2 Milyon ton kolza üretimini gerçekleştirmiştir.[93]

Hem yağ açığımızı kapatmak hem de Türk tarımını destekleyici yönde yeni biyodizel politikaları geliştirmek gerekir. Bu politikanın en önemli unsuru devletin, vereceği teşvik miktarını ürün üretimi planlanmadan önce açıklamasıdır. Miktarı da yağ bitkilerinin ekimini cazip şekle dönüştürebilecek dozda olmalıdır.

Kolza ve aspir gibi ülkemiz ekolojik koşullarına adaptasyonu kanıtlanmış yağ bitkilerinin ise gün geçirmeden demastrasyon çalışmaları ile çiftçilere daha iyi tanıtılması ve geçmişte soyada uygulanan destekleme politikalarıyla bu bitkilerin ekim alanları daha da artırılabilir.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde kışların çok sert geçmemesi nedeniyle kışlık aspir yetiştiriciliği rahatlıkla yapılabilmekte ve çeşitlere göre ortalama 260 kg/da civarında verim alınabilmektedir. Aspirdeki yağ oranını da ıslah çalışmaları ile iyileştirerek yeni çeşitlerin üretime sunulması üretim projeksiyonlarının yakalanmasında etkili olacaktır.

Ayrıca Orta Anadolu ve Geçit bölgelerimizde nadas alanlarının kaldırılmasıyla aspir ve kolzaya ekim nöbetinde yer verilerek ekiliş ve üretim potansiyelimiz artacaktır. Özellikle sulanan şekerpancarı sahalarında ayçiçeğine tahıl yerine ekim nöbetinde daha çok yer verilerek de yağlı tohum üretimi artırılabilecektir. [71]

Yaşam bölgelerinde çalışan ağır iş ve acil destek sistemlerinin tahriklerinde biyodizel zorunlu tutulabilir. Türkiye biyodizel üretimini gerçekleştirebilecek teknolojiye ve yakıtın kullanımına kolaylıkla uyum sağlayabilir.

Çeşitli kapasitelerde biyodizel üretim tesisleri öncelikle kırsal kesimde kurularak, kırsal alanlarda istihdam oluşturulabilir.

Çifliklere kayıtlı tarım makinaları ve nakliye araçlarına, yıllık üretimleri ile doğru orantılı uygun fiyatlı biyodizel karışımı kullanım hakkı verilerek tarım desteklenebilir.

Büyük şehirlerde kalorifer yakıtı olarak kullanımı desteklebilir. Bu durum çevre kirliliğini azaltacağı gibi, doğal gaz üzerindeki dar boğazı rahatlatacaktır.

MIF desteği çerçevesinde üretilen yağlı tohumların hammadde olarak ihracatı yerine yağ ve/veya biyodizel olarak ihracatı konusunda gerekli fizibilite yapılmalıdır.

Diğer taraftan, AB ülkelerindeki gibi biyodizel çiftçi ürünü olarak kabul edilmeli ve ulusal tarımın geliştirilebilmesi için çiftçinin en büyük girdisini teşkil eden yakıt bu amaçla üretilen biyodizelden karşılanmalıdır.[3]

AB kararları ve KYOTO protokolü çerçevesinde çevre kirliliğini azaltma kararı ile, kullanılan dizel yakıtını iyileştirmek için biyodizel dizel yakıtına %2'den daha yüksek oranda karıştırılmalıdır.

Eğer bu konuda doğru ve bilinçli politikalar uygulanırsa ülkemiz yakın bir gelecekte yenilenebilir ve çevre dostu önemli bir enerji kaynağına sahip olacaktır. Bu kaynak aynı zamanda global ısınmayı sağlayan ve sera etkisi yaratan gaz emisyonlarını azaltan, kırsal veya bölgesel kalkınmayı destekleyen ve sosyal yapıyı ve tarımı ön plana çıkararak çiftçimizin rekabet şansını arttıran stratejik bir kaynak olacaktır.[63]

13. ALMANYA'DA BİYODİZEL

Almanya'da biyodizel kullanımı oldukça yüksek seviyededir ve biyodizel sektöründe Almanya öncü ülke olarak öne çıkmaktadır. 1993'ten beri, Almanya pazarı için biyodizel üretimi yapılmaktadır. Hammadde kimyasal olarak transesterifikasyon işlemine tabi tutulan kolza yağıdır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi, biyodizel üretimi için kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı kolzanın ekilip biçilmesi, yetiştirilmesi ve bu iktisadi sektörün teşviği devlet desteği ile sağlanmaktadır.

Avrupa'da, ticari olarak biyodizel üretiminin öncüleri baskın olarak Avusturya ve Fransa'da gözlemlenmiştir. Bu ülkelerde, endüstriyel ölçekte biyodizel üretim tesisleri üretime 1990/1991 yıllarında geçmiştir.

Biyodizelin geliştirilmesinde Almanya lider ülke olarak sayılamaz. Bazen, tartışmalardan, saf bitkisel yağların dizel motorlar için yakıt olarak geliştirilmesi önceliği Almanya'ya verilmiş gibi görünmektedir.

Avrupa Parlemontosu'nun aldığı kararla uygulamaya konulan 2003/30/EC "Biyoyakıt Direktifi"nde biyoyakıt kullanımındaki referans değerleri; 2005 yılı %2 (yaklaşık 5,8 Milyon ton), 2006 yılı %2.75, 2007 yılı %3.50, 2008 yılı %4.25, 2009 yılı %5.0 ve 2010 yılı %5.75 (yaklaşık 16,5 Milyon ton) olarak belirlenmiştir. 2003/96/EC "Enerji Vergilendirme Direktifi"ne göre AB; üyelerinin, ülkesel şartlarına göre biyoyakıtların korunması amacıyla büyük oranda vergi indirimi yada muafiyet sağlamalarına serbestlik de tanımıştır. AB tüm üye ülkelerden 2003/2030 ulusal biyoyakıt programı ve çevresel yüklerin paylaşımını istemektedir.

Almanya, Avrupa Parlemontosu tarafından biyoyakıtlar için alınan biyoyakıt direktifine (2003/30 EC direktifi) göre biyoyakıtlar konusundaki çalışmalarını devam ettirmektedir.

13.1. Biyodizelin Kilometre Taşları

Almanya'da biyodizel üretiminin kilometre taşları aşağıda görülmektedir:

- **1982:** İlk deneme çalışması Almanya'nın Braunschweig şehrindeki Ziraat Mühendisliği Enstitüsü'nde traktör dizel motorlarında yapılmıştır ve umut verici sonuçlar alınmıştır.
- **1987 - 1990:** Müşteri talebi üzerine, Mercedes-Benz tarafından Malezya'nın başkenti Kuala Lumpur'daki halk otobüslerinde palmiye yağından üretilmiş biyodizel test edilmiş ve sınama testlerinde kolzadan üretilmiş biyodizelle karşılaştırılmıştır.
- **1990:** Viyana'da Alman ve uluslararası araç ve traktör endüstrisinin temsilcilerinin (Mercedes-Benz, Volkswagen, Case, Fendt, John Deere, KHD vd.) katılımı ile biyodizel sempozyumu düzenlenmiş ve Avusturya'nın Aschach şehrindeki endüstriyel ölçekli ilk biyodizel tesisin inşa alanına teknik gezi yapılmıştır.
- **1990:** Temel olarak çiftçilerin ve yağlık tohum yetiştiricilerinin birleşimi ile UFOP (Yağlık Tohum ve Protein Bitkilerini Destekleme Derneği) kurulmuştur.
- **1991:** Leer'deki Leer Connemann yağ fabrikasında küçük ölçekli pilot üretime başlanmıştır.
- **1991 – 1992:** Freiburg'ta Mercedes-Benz ve Taksi Derneği ile birlikte taksi filosu testi yapılmıştır ve düşük kalite biyodizelden dolayı sorunlar yaşanmıştır.
- **1992 – 1993:** Porsche, Leer Connemann Yağ Fabrikası'nın ürettiği biyodizel ile Weissachtaki araştırma yerinde iki tane 500 saatlik testleri tamamlamış ve cesaret verici sonuçlar elde etmiştir.
- **1994:** Volkswagen otomobiller üzerinde yaptığı seri test sonuçlarını yayınlamıştır.
- **1994:** Bitkisel yağlardan üretilen biyodizel için ilk DIN yakıt kalite standardı olan DIN V 51606'nın yayınlanışı.
- **1995:** Leer Connemann Yağ Fabrikası kendi proses teknolojisi ile 80,000 ton kapasiteli ticari ölçekte biyodizel işlemine başlamıştır.
- **1995:** Uluslararası Frankfurt Otomobil Fuarı'nda, Volkswagen AG'nin CEO'sunun sözcüsü, Dr. Ferdinand Piëch, Volkswagen AG'nin biyodizeli desteklediğini; Avrupa ülkeleri ve ötesinde, 1996 yılından itibaren üretilecek

Audi, Seat, Skoda, VW'nin hemen hemen tüm dizel modellerinde biyodizel kullanımına garanti verdiğini açıklamıştır.

- **1996:** Kurşunlu benzinin pazarlanması kanunen durduruldu. Yakıt pompa istasyonlarındaki tankların 1000'nden fazlası açık kaldı ve 600'den fazla yakıt pompa istasyonu birkaç ay içinde açık kalan tanklara cazip bir seçenek olarak biyodizeli adapte etmiştir.
- **1996:** IFO'nun sunumunda, gıda amaçlı olmayan 300,000 hektar kolzanın biyodizel üretimi için ekilip dikildiğinde; makroekonomik değerlendirmelere göre 4,830 iş için bir iş yaratma etkisi yaratacağını belirtmiştir.
- **1997:** Biyodizel olarak tariff edilen yağlı asit metil ester için eylül ayında ikinci DIN yakıt kalite standardı olarak DIN E 51606 yayınlanmıştır.
- **1998:** Bitkisel yağlar için oldukça yüksek fiyatlar (600.00- dolar/ton'un üstü), düşük ham yağ fiyatları (yaklaşık 9.00 dolar/varil) kaydedilmiş ve sadece %5'lik bir kenara koyulan, ayrılan yüzdesi biyodizel endüstrisinin ekonomik performansını şiddetli bir şekilde vurmuştur.
- **1999:** Yeni Alman hükümeti dizel için mevcut olan mineral yakıt vergisini sonraki dört yıl için adım adım arttırma kararı alırken, biyodizelden vergi alınmamaya devam edilmiştir.
- **1999:** Ocak ayından başlayarak, ham petrol fiyatları artarak Aralık 1999'da 25.00 dolar/varil fiyata ve de Eylül 2000'de de 35.00 dolar/varil fiyata gelerek aşırı yüksek bir fiyata ulaşmıştır.
- **1999:** Biyodizel üretimi ve dağıtımında kalite güvencesi için AGQM (Kalite Yönetimi Çalışma Grubu)'nun kuruluşu.
- **2000:** 75,000 ton kapasite ile Ochsenfurt / Bavaria, 60,000 ton kapasite ile Wittenberge / Brandenburg'ta iki biyodizel üretim tesisisinin daha faaliyete geçmesi.
- **2000:** Yaklaşık 1,000 tane biyodizel pompa istasyonunun tesis edilmesi. Ek olarak ayrıca yüzlerce şirket garaj pompası işlemde. UFOP'un biyodizel yakıt pompası araştırmasını basılı olarak ve internette dağıtması.

- **2001:** Toplamda yaklaşık 1,100,000 kapasitede 20 adete kadar biyodizel üretim tesisi için geniş kapsamlı yatırım planlarının yapılması.[94]
- **2002:** Alman hükümeti biyodizel kullanımını hiç vergi almayarak desteklemiştir.[95]
- **2003:** Almanya biyodizel üretimi Avrupa biyodizel üretiminin yaklaşık yarısına ulaşmıştır.
- **2003:** DIN V51606 yerine DIN EN 14214 kalite standardı yürürlüğe girmiştir.
- **2004:** Yenilenmiş petrol yasası tanıtılmış. Bu yasada, biyodizel karışım içinde kullanıldığında da vergi düşürücü olarak belirtilmiştir.[96]
- **2005:** Saf yakıt olarak yaklaşık 1,000,000 ton (doldurma istasyonlarındakiler de dahil) biyodizel direkt olarak nakliyat acentalarına, halk bölgesel taşımacılık şirketlerine ve tarım sektörüne kullanımı sürekli artan kolza yağı yakıtı ile birleşimi olarak satılmıştır.
- **2006:** Ağustos 2006 tarihi itibariyle biyodizelden 9.00 sent/l vergi alınmaya başlanmıştır.
- **2007:** Almanya'nın biyodizel üretim kapasitesi 4 Milyon tonu geçmiştir.
- **2008:** Biyodizelden 15.00 sent/l vergi alınmaya başlanmıştır.

13.2. Biyodizelin Tarımsal Durumu ve Avrupa Birliği Yönetmelikleri

Almanya'da biyodizel çoğunlukla kolza metil ester olarak da bilinen kolza tohumu yağından üretilmektedir.[95] 1975'ten bu yana, kış kolza tohumu verimi ortalaması %30 oranında artmıştır. En iyi yıllarda 60 dt/hektar hasat edilmiştir. Aşağıdaki tarımsal faktörler hektar veriminin gelişiminde öncü olabilmiştir:

- Bir önceki mahsul, tohum tarihi ve tohum yatağının hazırlanışı.
- Sonbahardaki meyvenin en iyi yol gösterişi.
- N, P ve K elementleri ile uygun gübreleme, zararlı böceklerden en iyi şekilde koruma.
- Bitkilerdeki ve topraktaki azotun kullanılabilirliği ile büyüme modülatörlerinin uyuşması.

- Çiçek açarken bahçe toprağını koruma.

Bunların gelişmesiyle birlikte ve verim - zengin farklılıklar hektar verimini ve yağ içeriğini etkileyebilmektedir - her yıl için yaklaşık %1 oranında artmıştır. Başka iyi sonuçlar geleneksel yetiştirme ile olmuştur.[97]

1992'deki tarımsal reform ve ayrıca 2000 yılı için zorunlu olan ekim alanı (kenara ayrılmış alan) bitki hammaddeleri için yeni satış pazarlarının açılmasında temel itici güç olmuştur.

Avrupa Birliği'ndeki yinelenebilir hammaddelerin üretimi için yüzey potansiyeli, teknik açıdan ilerlemeye bağlı olarak (tahıl verimi artışı) ve özellikle Avrupa Birliği'nin ilerideki genişlemesiyle yeteri kadar çok yükseldi. Almanya'da, ekilebilir alanın %10'luk kısmının bir tarafa ayrılması yaklaşık 1,2 Milyon ton hektara denk gelmektedir. Avrupa Birliği'nde bu değer yaklaşık 7 Milyon hektardır ve gelecekte yaklaşık olarak 12 Milyon hektar kenara ayrılacaktır.

Tablo 13.1: Almanya ve Avrupa Birliği'nde Tarımsal Alan / Nüfus İlişkisi

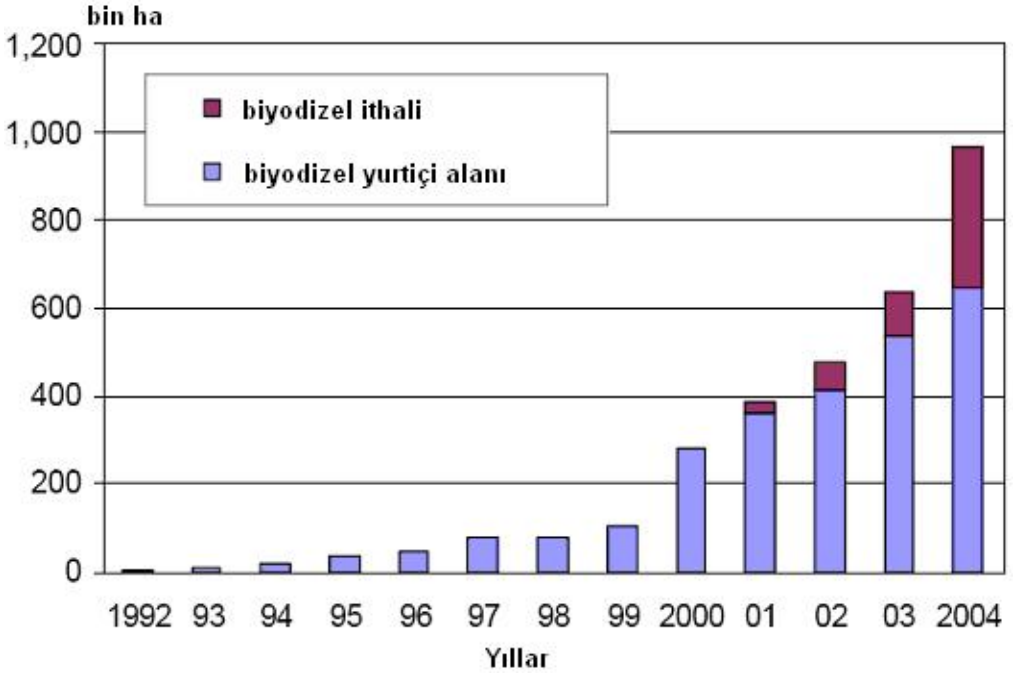
	Ekilebilir Alan (1,000 ha)	Ekilebilir Alan/Kişi (m^2)	Tarımsal Alan (1,000 ha)	Tarımsal Alan/Kişi (m^2)	Arazi Yüzeyi (1,000 ha)	Nüfus (Milyon)
Almanya	11,084	1,437	17,067	2,077	34,099	82.2
AB (15)	76,087	2,024	136,249	3,624	313,169	376.0
AB (27)	118,707	2,464	196,644	4,082	419,350	481.7
Dünya	1,376,437	2,394	4,926,805	8,211	13,048,407	6000.0

Avrupa Birliği'ne giren merkezdeki ve doğudaki Avrupa ülkeleri, bu ülkelere mahsus olmak üzere, anlaşılabilir şekilde yinelenebilir hammaddelerin üretimi için beklenenen pazarın ve miktar talebinin bir kısmını absorbe etmek istemektedirler.

Yakıtların çekimi için kullanılan yinelenebilir hammaddelerin üretimi, yinelenebilir hammaddelerin geleneksel kullanımına göre avantajlıdır. Çünkü geniş bir yüzey potansiyeli gerekli yatırımlara hızlı bir şekilde bağlanabilir.

Münih'teki ifo Enstitüsü "Biyodizel üretimi için kolza yetiştirmenin makro-ekonomik değerlendirmesi" adlı çalışmasını, 2003'ten itibaren başlayan biyodizel üretiminin iş marketini nasıl etkileyeceğini ve ne ölçüde değer katacağını yayınlamış. Hammaddelerin tedariğine ilişkin, 1,000,000 ton biyodizel üretimi için yaklaşık olarak 700,000 hektar alanın gerekli olduğunu hesaplamıştır.

Bu sermaye devri üzerinde odaklanma bitkisel yağ pazarına yüklenmeden, tahıl pazarınının sıkıntısını hafifletmektedir. Çalışmaya göre, mineral yağ vergi hatası, ek olarak sosyal güvenlik gelirininin yaklaşık %80'i alınarak telafi edilecek ve bu alan içinde yaklaşık 19,000 iş imkanı yaratılacak – öncelikli olarak tarım – ve ayrıca kırsal alanlarda da iş imkanı yaratılmış olacak ya da güvence altına alınmış olacaktı. Bu etki, partiler tarafından yapısal-politiksel nedenlerden dolayı hoş karşılanmıştır. İyi bilindiği üzere, tarım veya kırsal alanın acil olarak gelir veya kazanç alternatiflerine ihtiyacı bulunmaktadır.[98]



Şekil 13.1: Almanya'nın Biyodizel İçin Kolza Ekme Alanı

Şekil 13.1'de Almanya'nın biyodizel üretimi için kolza tohumu ekme alanının gelişimi görülmektedir. 1999 yılındandan itibaren ekme alanında yıllık 100,000 hektarın üzerinde bir artış olmuştur. Bu yıllarda, biyodizel üretimi için kolza tohumunun yetiştirildiği alan tipinde değişiklik olmuştur. Yiyecek üretilemeyen alandan, yiyeceğin üretilebileceği alana geçiş; örneğin kenara ayrılmış arazi alanından ana alana gibi.

Tablo 13.2 endüstriyel ve enerji amaçlı biyodizelin yetiştirilmesi için sağlanan alan dağılımını göstermektedir. Başlangıçta neredeyse tümü endüstriyel ve enerji amaçları için kullanılan kolza kenara ayrılmış alanlarda ekilmiştir; bu bağıntı sonrasında eski haline dönmüştür. Sırasıyla, 1997 ve 1998 yıllarında nispeten yiyecek alanında biyodizel için yüksek kolza ekimi ve/veya 1999 yılında biyodizel kolzası için düşük

yiyecek alanı mevcut kaynaklardan anlatılabilir değildir. 2004'ten beri bu eğilim Kurul Yönetmeliği (EC)'nin 1782/2003 enerji ekininin yetiştiği her hektar için ödenen ödeneklerden dolayı artma yönündedir.[99]

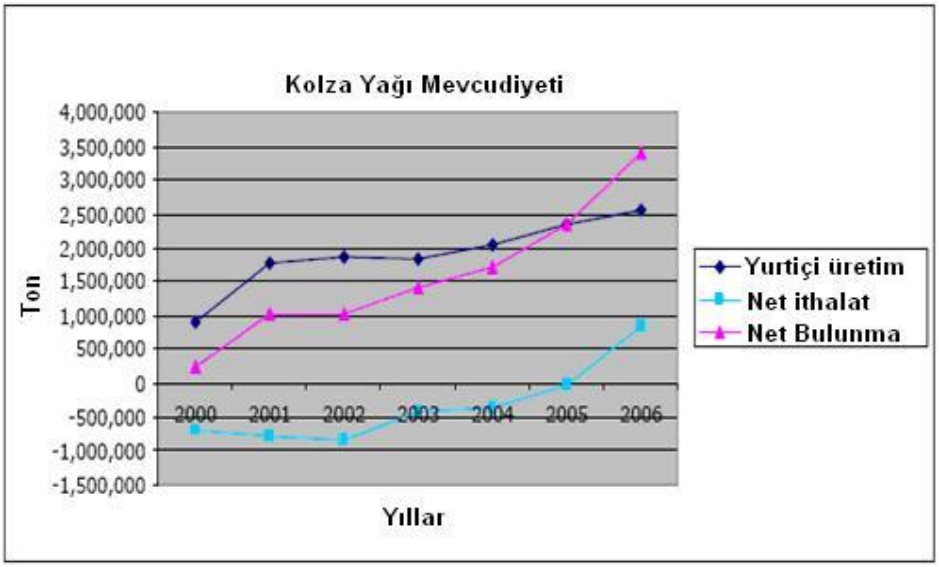
Tablo 13.2: Kolza Ekimi İçin Tarımsal Alan (Biyodizel, oleokimya, yağlayıcılar)

Yıl	Kenara Ayrılmış Alan [ha]	Ana Alan [ha]	Kenara Ayrılmış Alan : Ana Alan [%]
1996	226,915	5,000	98 : 2
1997	106,149	80,000	57 : 43
1998	143,270	81,000	64 : 36
1999	359,765	10,000	97 : 3
2000	332,978	75,000	82 : 18
2001	322,698	190,000	63 : 37
2002	342,171	320,000	52 : 48
2003	328,751	340,000	49 : 51
2004	209,907	496,800	30 : 70

GAIN (Global Agriculture Information Network) 2007 yılı raporunda, Almanya'da kolza yağının büyük çoğunluk tarafından biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanıldığı ve yurtiçi üretimin yeterli olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, bitki sağlığı nedenleri Almanya'daki kolza ekimini kısıtlamıştır; ihtiyacı ve talebi karşılamak için Almanya kolza ithali ya da kolza yağı ithali yapmak zorunda kalmıştır. Sonuç olarak, Almanya'nın kolza ithalatı 2002 yılında 304,200 ton iken 2006 yılında 1.3 Milyon tona çıkmıştır. Ek olarak, 844,000 ton kolza yağı ihraç eden bir ülke durumundan 832,000 ton ithal eden ülke durumuna dönüşmüştür. Yani;

- Kolza ithalatı 1.2 Milyon tondan 1.6 Milyon tona yükselmiş,
- Kolza ihracatı 920,000 tondan 303,900 tona düşmüş,
- Kolza yağı ithalatı 115,000 tondan 1.3 Milyon tona yükselmiş,
- Kolza yağı ihracatı 960,000 tondan 450,000 tona düşmüş,
- Yurtiçi kolza yağı üretimi 960,000 tondan 2.6 Milyon tona yükselmiştir.

2006 yılında yurtiçi kolza yağı üretimi ve ithalatı toplamda 3.4 milyon tonu bulmuştur. Bunun 2.4 Milyon tonu biyoyakıt kullanımına bırakılmıştır.



Şekil 13.2: Kolza Yağının Almanya'daki Durumunun Gelişimi [100]

Avrupa'da biyodizel üretimindeki büyük artışların başlangıç yılı 1993'tür. Avrupa Birliği Ortak Tarımsal Politikası'nın (CAP) 1992 yılında yayınladığı bir kenara ayırma programına göre, çiftçiler yiyecek veya besin mahsulü ekilebilir mahsül alanının bir kısmında yetiştirmemek zorunda bırakılmışlardır. Bununla birlikte, o kısımda, endüstriyel amaçlar için kolza, ayçiçeği veya soya ekmeye izin verilmiştir. Biyodizel üretiminde kullanım için bir kenara ayrılmış alanda bitkisel yağ üretimi bir seçenekti ve biyodizel endüstrisi çok hızlı bir şekilde büyüdü.

Aşağıda, Avrupa Birliği Ortak Tarımsal Politikası'nın yağ tohumları hakkında aldığı kararlar belirtilmektedir:

Alan Telafisi Ödemeleri: Bir kenara ayrılan alanlar icin aranılan şartlarla birlikte kullanıldığında, alan telafisi ödemeleri yalnızca yağ tohumu değil, bununla birlikte tahıl ve belli başlı protein hububat gibi işlenebilir ürünler icin CAP'nin daha geniş birleştirilmiş destek sisteminin bir parçasıdır. Kolza tohumu, ayçiçeği, soya fasulyesi, keten tohumunun onaylı çeşitlerini üretenler, 2002/03 pazar yılı ve sonrasında hektar başına 63 €/t direk ödeme almışlardır. Bunlar genellikle telafi olarak adlandirilirlar, çünkü bunlar geçen üretim sübvansiyon kayıplarını kısmen dengelemektedir. 2002'ye kadar, bu destek bölgedeki tarihsel ortalama verim seviyesiyle sınırlıydı. 2002/2003'te, yağ tohumu destekleri hektar başına ödeme ve tahıllar için alan kenara ayırma uygulamalarına paralel hale getirildi ve ayrı bir program olmaktan çıkarılmıştır.

Maksimum Garantili Araziler: 2002/2003'e kadar, yağ tohumu destekleri tahılınkiyle birleştirildiğinde, yağ tohumu ekimi AB'yle ABD arasinda 1992 yılında imzalanan "Blair Anlasmasi"na uygun şekilde AB-15 ülkelerinin toplam 5.482 milyon hektarlık maksimum garantili arazileriyle sınırlandırılmıştır.

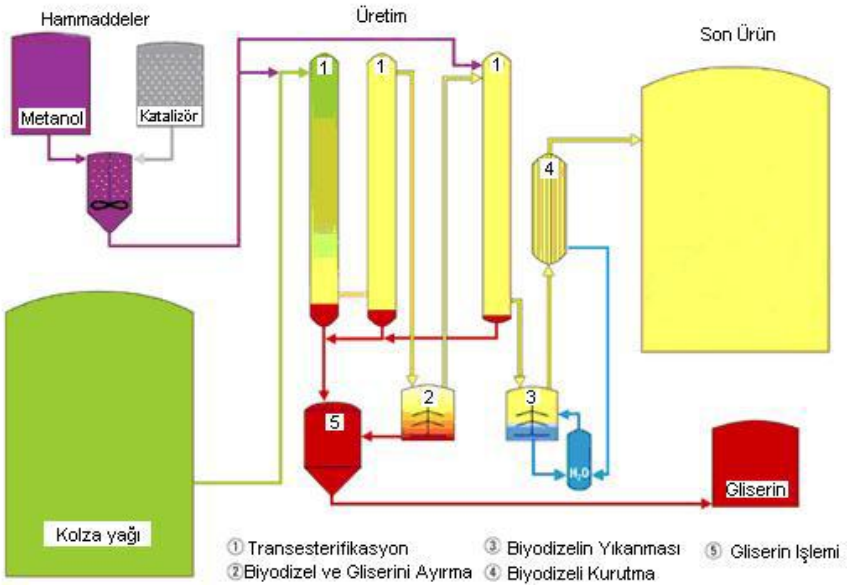
Kenara Ayrılmış Arazi: Küçük çapta olmayan üreticiler, ekilebilir arazilerinin en az %10'unu telafi ödemelerine hak kazanmak icin kenara ayırmalıdır.[101]

2006 yılında, yaklaşık 1.5 Milyon hektar alanda (toplam tarımsal alanın %11'i) kolza yetiştirilmiş; yaklaşık 7 Milyon hektarda da gıda üretimi için ekin yetiştirilmiştir.[102]

13.3. Biyodizel Üretimi

13.3.1. Biyodizel Proses Aşamaları ve CD Prosesi

Almanya'da biyodizel üretimi çoğunlukla kolza yağının transesterifikasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Bunun yanı sıra, Connemann-AMD firması tarafından patenti alınmış ve kullanılmakta olan CD-Proses olarak adlandırılmış olan biyodizel üretim prosesi bulunmaktadır. Bu proseste, kolza yağı ve metanol (ayrıca odun alkolü olarak da bilinen) katalizör eşliğinde (yaklaşık %0.5 anhidroz kostik soda) ısıtılır. Bu, gliserinin ve methanolün yerlerini değiştirmesine ve 3 tek yağ asitli metil ester zincirlerinin ve gliserin molekülünün oluşmasına neden olur. Aşağıda CD-Prosesi'nin şekli görülmektedir:



Şekil 13.3: CD-Prosesi [103]

CD-Prosesi'nin temel elementleri aşağıda görülmektedir:

Reaksiyon Dengesi:

Transesterifikasyon: İstenilen ana reaksiyon (mak. DTE), anhidroz

Kolza yağı + alkol = ester + gliserol
alkali

NaOH, Na-Metilat vs. gibi

Nötralizasyon: Olması gereken yan reaksiyon

Yağ asidi + alkali = sabun + su
(+su)

Saponifikasyon: İstenmeyen yan reaksiyon (H_2O)

Kolza yağı + alkali = sabun + gliserol
(+su)

Çözünürlük dengesi:
Fazları ayırma: İstenen ester (Gliserol)

Hafif faz:
Ester + kolza yağı + alkol (+gliserol) + alkali + sabun

Gliserol+ alkol + alkali + sabun + su

Ağır faz:

13.3.2. Yönetmelikler

Üreticiler Avrupa EN 14214 normlarına göre biyodizel ile alakalı bazı zorunlulukları yerine getirmek durumundadır. İlk olarak, bununla birlikte üreticiler, personel niteliği, minimum labaratuvar donanımı, girenlerin ve çıkanların dökümantasyonu, test depozitosu, sevkiyat öncesi kontrol hususlarına kendilerini tabi tutmak zorundadırlar.

Ayrıca, kendilerini dağıtılan biyodizelin işlemi esnasında, sürekli, habersiz kalite kontolüne tabi tutmalıdırlar. Ciddi sapmalar, cezalara ve üreticiler topluluğunun kalite mühürlerinin iptal edilmesi ile sonuçlanır.

Biyodizel üretimleri 92/2005 yönetmeliğine göre yapılmaktadır. Bu yönetmelik şunları içermektedir.[99]

1. Biyodizel üretimi hayvansal yağların yağ fraksiyonununun işlemini aşağıdaki şartlar altında ifade etmektedir:

a) Hayvansal ürünlerin yağ fraksiyonu ilk olarak şu işlemlere tabi tutularak yapılır:

   i. 1. veya 2. kategori malzemelerde 1774/2002 nolu AT düzenlemesi bölüm III, Ek V'e uygun muamele metodu 1 ve
   ii. 3. kategori malzemelerde 1774/2002 nolu AT düzenlemesi bölüm III, Ek V'e uygun 1'den 5'e kadar olan veya 7 numarali muamele metodu veya, balık türevi ürünlerde muamele metodu 6. (ANNEX V - BROOKES GASIFICATION PROCESS - in COMMISSION REGULATION (EC) No 92/2005)

b) İşlenmiş yağ proteinden ayrılır ve çözünmeyen yabancı maddeler ağırlıkça %0.15'i geçmeyen bir seviyeye düşürülür ve sonrasında esterifikasyon ve transesterifikasyon islemi uygulanir. Ancak, 3. kategori işlenmiş yağ için esterifikasyon gerekli değildir. Esterifikasyon icin, pH sülfirik asit (H_2SO_4; 1.2-2 molar) veya benzeri bir asitle 1'in altına düşürülür ve karışım 2 saatlik yoğun karışım süresince 72°C'ye ısıtılır. Transesterifikasyon pH'ın, %15 potasyum hidroksit (KOH; 1-3 molar) ya da benzeri bir bazla 35-50°C'lerde en az 15-30 dakika süresinde, 14 değeri civarına çıkarılmasıyla gerçekleştirilir.

Transesterifikasyon yukardaki şartlar altında yeni bir baz çözeltisi kullanılarak iki defa gerçekleştirilebilir. Bu prosesi, 150°C'de vakum damıtmayı da içeren ve biyodizel oluşumuna öncülük eden ürünün rafine edilmesi izler;

c) 1. kategori malzemelerin muamelesiyle elde edilen biyodizeller söz konusu olduğunda, biyodizelin yakılması esnasında yanmamış olası protein kalıntılarını uzaklaştırmak için uygun bir gaz temizleme sistemi kurulmalıdır.

2. Hayvansal yağ, yağ asitlerinin metil esterlerini ihtiva eden biyodizel üretimi için işlemlere tabii tutulur. Bu, yağın esterifikasyon ve/veya transesterifikasyona katılmasıyla elde edilir. Ürünlerin vakum damıtmayı da içeren son rafinesi, yanma yakıtı için kullanılan biyodizel oluşumuna neden olur.

Yönetmelik 92/2005'in revize edilmiş yeni düzenlemesi 2067/2005, hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel ürünlerdeki kısıtlamaları azaltmıştır:

- Bütün 1 ve 2. kategori mallar güvenli hammadeler olarak tescil edilmiştir.

- Gaz temizleme sistemlerine daha fazla ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Biyodizel etiketlemesine artık gerek yoktur.
- Biyodizel üretim prosesleri için daha fazla esneklik sağlanmıştır.

13.3.3. Biyodizel Kalite Standartları

Biyodizel için taslak olarak Alman kalite standardı (DIN V 51606) haziran 1994'te yayınlanmıştır; fakat resmi olarak hiçbir zaman kabul edilmemiştir. Çünkü, amaçlanan bir Avrupa kalite standardının geliştirilmesiydi.

Tablo 13.3: Alman Biyodizel Standardı, DIN V 51606

Yakıt Özelliği	Birim	Test Yöntemi	Limit (min.)	Limit (maks.)
Yoğunluk, 15°C	g/ml	ISO 3675	0.875	0.900
Kinematik Viskozite, 40°C	mm^2/s	ISO 3104	3.5	5.0
Parlama Noktası (Pensky-Martens)	°C	ISO 2719	100	
Kükürt İçeriği	mg/kg	ISO 4260		0.01
Sülfatlanmış Kül	% kütle	ISO 6245		0.01
Su İçeriği	mg/kg	ASTM D 1744		300
Karbon Kalıntısı-Conradson (%10 damıtma kalıntısı)	% kütle	ISO 10370		0.30
Toplam Kirlilik	mg/kg			20
Bakır Şerit Korozyonu, 3h/50°C		ISO 2160		1
Setan Sayısı		ISO 5165	49	
Asit Sayısı	mg KOH/kg	DIN 51558 Kısım 1		0.5
Metanol İçeriği	% kütle			0.3
Ester İçeriği	% kütle		96.5	
Monogliserit İçeriği	% kütle			0.8
Digliserit İçeriği	% kütle			0.1
Trigliserit İçeriği	% kütle			0.1
Serbest Gliserin	% kütle			0.02
Toplam Gliserin	% kütle			0.23
İyot Sayısı	g iyot/100g	DIN 53241 Kısım 1		115
Fosfor İçeriği	mg/kg			10
Alkali metaller (Na+K)	mg/kg			5

1997 yılında, DIN grubu tarafından ikinci olarak geliştirilen biyodizel standardı, ki gelişmiş Avusturya ON C 1191 kalite standardını takip eden ve daha fazla motor garantisi ve müşteri güveni yaratacak E DIN 51606 kalite standardı yayınlandı.

1997 yılında yayınlanan E DIN 51606 kalite standardı Almanya'daki biyodizelin özelliklerini tanımlamaktaydı. Taslak standart olsa bile, motorlu araç üreticilerinden hemen hemen bütün yönleri için teknik esasları göstermekteydi ve tamamen geçerli idi.[104]

Kasım 2003'te, bir önceki standartın yerini EN 14214 Avrupa standardı - Almanya'da DIN EN 14214'e karşılık gelen - aldı. Bu standardın bazı parametreleri bir öncekine göre daha sertti ve ayrıca ek gereklilikler içermekteydi. Biyodizel hususunda, DIN EN 14214 düzeltilmiş Yakıt, Kalite ve Tanıma Yasası (10.BlmSchV) için teknik esaslardır. Biyodizel olarak sunulan yakıt DIN EN 14214 tarifnamesine uymak zorundadır. Bundan dolayıdır ki, istasyonlardaki biyodizel şu anda kullanılan standarda göre, üzerine bir etiket yapıştırılarak belirtilmektedir.

Tablo 13.4: Biyodizel İçin Avrupa Standardı, DIN EN 14214 [97]

Yakıt Özelliği	Birim	Test Yöntemi	Limit (min.)	Limit (maks.)
Yoğunluk, 15 °C	g/l		0.860	0.900
Viskozite, 40 °C	mm^2/s	EN ISO 3104	3.5	5.0
Parlama Noktası	°C	ISO/CD 3679	120	
Kükürt İçeriği	mg/kg			10
Sülfatlanmış Kül	% kütle	ISO 3987		0.02
Su İçeriği	mg/kg	EN ISO 12937		500
Karbon Kalıntısı (%10 damıtma kalıntısı)	% kütle	EN ISO 10370		0.3
Toplam Kirlilik	mg/kg			24
Bakır Şerit Korozyonu 3h/50°C		EN ISO 2160	1	
Setan Sayısı		EN ISO 5165	51	
Asit Sayısı	mgKOH/kg	pr EN 14104		0.5
Metanol İçeriği	% kütle	pr EN 14110		0.2
Ester İçeriği	% kütle		96.5	
Monogliserit İçeriği	% kütle	pr EN 14105		0.8
Digliserit İçeriği	% kütle	pr EN 14105		0.2
Trigliserit İçeriği	% kütle	pr EN 14105		0.2
Serbest Gliserol	% kütle	pr EN 14105 pr EN 14106		0.02
Toplam Gliserol	% kütle	pr EN 14105		0.25
İyot Sayısı	g iyot/100g	pr EN 14111		120
Fosfor İçeriği	mg/kg	pr EN 14107		10
Alkali metaller (Na+K)	mg/kg	pr EN 14108 pr EN 14109		5

1999 yılında biyodizel üretiminde, dağıtımında ve tüketiminde kalite güvencesi için kurulan ve üyeleri üreticiler, tüccarlar, yakıt doldurma istasyonları derneklerinin, müteahhitlerin vb. oluşturduğu AGQM (Kalite Yönetimi Çalışma Grubu) tarafından DIN EN 14214'e göre bazı farklılıklar içeren bir kalite standardı oluşturulmuştur. Bu kalite standartı ile DIN EN 14214 kalite standartı arasındaki önemli farklılıklar Tablo 13.5'te görülmektedir:

Tablo 13.5: DIN EN 14214 İle AGQM Kalite Standartları Arasındaki Önemli Farklılıklar

Özellik	Birim	DIN EN 14214	AGQM
Su İçeriği	% kütle	maks. 500 mg/kg	Üreticiler: maks. 220 mg/kg Tüm üyeler: maks. 300 mg/kg
Toplam Kirlilik	% kütle	maks. 24 mg/kg	maks. 20 mg/kg
Kış Kalitesindeki Biyodizeli Üretme Periyodu		16/11 28/02'ye kadar	19/10 – 28/02'ye kadar
Oksidasyon Stabilitesi	sa	min. 6	min. 6 sa (Kontrol noktası: Son kullanıcı) Kamusal istasyonlarda satılan biyodizel oksidasyon stabilizörleri katkısı gerektirmekte.
Yağ Asidi Profili		-	Kolza gibi (kamusal doldurma istasyonlarda satış için)

Özellikle şu vurgulanmalıdır ki, AGQM tarafından belirlenen bu norm sadece hammaddesi kolza yağı olan biyodizeller için izin verilebilir bir normdur. Bunun belirtilmesinin nedeni, binek araçlarda, yük araçlarında ve traktörlerde sadece kolza yağından üretilen biyodizelin kullanımının onaylanmasından dolayıdır.[104]

13.4. Biyodizel Üretim Tesisleri ve Almanya'nın Biyodizel Üretim Kapasitesi

Ülkelerin karşılaştırması yapıldığında, Almanya biyodizel üretiminde lider konumda yer almaktadır. Çevresel politikalardan dolayı, Almanya'da sürekli enerji tedariği konusu çok önem kazanmıştır. Biyodizelin çevresel avantajlarına erken evrede farkına varılmıştır. Bu nedenle, diğer alternatif yakıtlarla birlikte, biyodizel kullanımını da teşvik etmek için vergi avantajı sağlanmıştır.

Almanya'daki biyodizel tesislerinde, biyodizel üretimi genel itibariyle kolza tohumu yağından yapılmakla birlikte, bazı tesisler diğer yağ bitkilerini, kullanılmış yemek

yağlarını veya hayvansal yağları biyodizel üretiminde kullanmaktadır. Çoğunluk ise, kolza yağının transesterifikasyonu işlemini yapmaktadır. Almanya'da biyodizelin %70'i kolza yağından, %20'lik kısmı ise ithal edilen soya ve palmiye yağından üretilmektedir.[102]

13.4.1. Biyodizel Üretim Tesisleri

Tablo 13.6'da, Almanya'daki biyodizel üretim tesisleri görülmektedir:

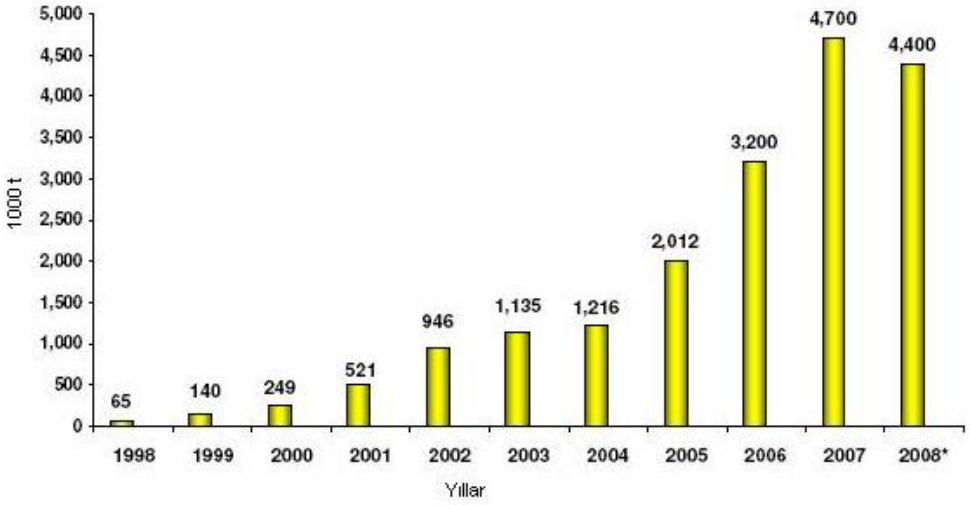
Tablo 13.6: Almanya'daki Biyodizel Tesisleri [105, 106]

Tesis Adı	Şehir	Eyalet	Kapasite (1000 t/yıl)
Biodiesel Wittenberge GmbH	Wittenberge	Brandenburg	120
Hallertauer Hopfen-Verwertungs Gesellschaft	Mainburg	Bayern	18
Landwirtschaftl. Produktverarbeitungs GmbH	Henningsleben	Thüringen	6.5
ADM Hamburg AG Werk Leer	Leer	Niedersachsen	425
Campa Biodiesel GmbH & Co. KG	Ochsenfurt	Bayern	75
Vogtland Bio-Diesel GmbH	Grossfriesen	Sachsen	2
MUW Mitteldeutsche Umesterungswerke GmbH & Co. KG	Greppin	Sachsen-Anhalt	190
ADM Hamburg AG	Hamburg	Hamburg	120
BKK Biodiesel GmbH	Rudolstadt	Thüringen	4
PPM Umweltechnik GmbH & Co. KG	Oranienburg	Brandenburg	5
SARIA Bio-Industries GmbH & Co. Verw. KG	Malchin	Meckl.-Vorp.	12
BIOPETROL SCHWARZHEIDE GMBH	Schwarzheide	Brandenburg	150
NEW Natural Energy West GmbH	Marl	NRW	200
TME Thüringer-Methylesterwerke GmbH & Co. KG	Hart-Pöllnitz	Thüringen	55
Biodiesel Bokel GmbH (yeni: BKN)	Bokel	Niedersachsen	35
Biowerk Sohland GmbH	Sohland	Sachsen	5
Petrotec GmbH	Südlohn	NRW	50
BDK Biodiesel Kyritz GmbH	Kyritz	Brandenburg	80
Bio-Ölwerk Magdeburg GmbH	Magdeburg	Sachsen-Anhalt	255
EQP Biodiesel GmbH	Falkenhagen	Brandenburg	130
Kartoffelveredelung Cordes & Stoltenburg GmbH & Co. KG	Schleswig	Schleswig-Hol.	15
Biowerk Kleisthöhe GmbH	Uckerland	Brandenburg	5
Delitzscher Rapsöl Gmbh & Co. KG	Wiedemar	Sachsen	4
ecodasa GmbH	Burg	Brandenburg	50
Rhenische Bioester GmbH	Neuss	NRW	150

KFS-Biodiesel GmbH	Cloppenburg	Niedersachsen	30
Rapsveredelung Vorpommern GmbH & Co. KG	Malchin	Meckl.-Vorp.	37
NUW Nordbrandenburger Umesterungswerke GmbH & Co. KG	Schwedt	Brandenburg	150
3B Biofuels GmbH & Co. KG	Brunsbüttel	Schleswig-Hol.	150
G.A.T.E. Global Altern. Energy GmbH	Halle	Sachsen-Anhalt	58
ADM Mainz GmbH	Mainz	Rheinland-Pfalz	275
BIOPETROL ROSTOCK GMBH	Rostock	Meckl.-Vorp.	200
Emerald Biodiesel Neubrandenburg GmbH	Neubrandenburg	Brandenburg	40
Cargill	Höchst	Hessen	200
ecomotion GmbH - Werk Sternberg	Sternberg	Meckl.-Vorp.	100
ecomotion GmbH - Werk Lünen	Lünen	NRW	120
KL Biodiesel GmbH & Co. KG	Lülsdorf	NRW	120
Mannheim Biofuel GmbH	Mannheim	Baden-Wüttemberg	100
Nehlsen GmbH	Grimmen	Meckl.-Vorp.	33
Südstaerke GmbH	Schrobenhausen	Bayern	100
Ulrich Biodiesel GmbH / IFBI	Kaufungen	Hessen	100
Emerald Biodiesel Ebeleben GmbH	Ebeleben	Thüringen	100
Ecanol	Lubmin	Meckl.-Vorp.	60
G.A.T.E. Global Altern. Energy GmbH	Wittenberg	Sachsen-Anhalt	200
Petrotec AG - Werk Emden	Emden	Niedersachsen	100

13.4.2. Biyodizel Üretim Kapasitesi

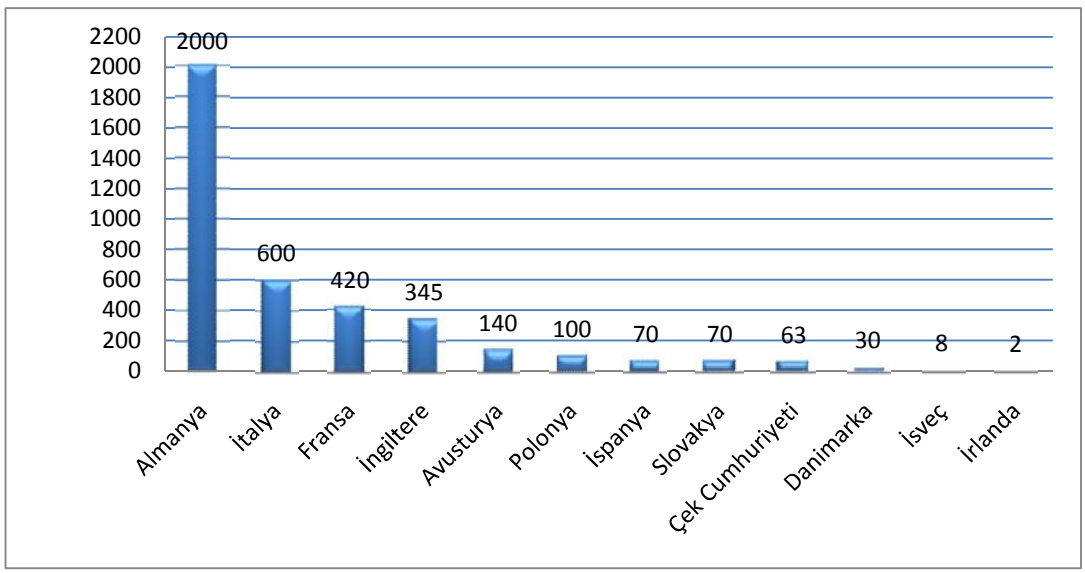
Son yıllarda biyodizel üretimi ve tüketimi hızla artmıştır. 2009 yılının sonuna kadar vergi muafiyetinin tanıtımı ile (Lakin daha sonrasında vergi muafiyeti kaldırılmıştır.), 2004 yılının başlangıcında biyodizel pazarına iyi derecede yatırım yapılmıştır.[116] Almanya'nın 2004 yılında, yaklaşık olarak 1.2 milyon ton, 2005 yılında ise yaklaşık 2 milyon ton biyodizel üretim kapasitesine sahip olduğu, 2006 yılında ise bu rakamın 3.2 milyonlara ulaştığı görülmektedir. 2007 yılında ise üretim kapasitesi 4.7 milyon ton olmuştur ve AB ülkeleri içindeki payı %45 olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında ise üretim kapasitesinde bir düşüş beklenmektedir.



Şekil 13.4: Almanya'nın Yıllara Göre Biyodizel Üretim Kapasitesi [107]

*) Tahmini

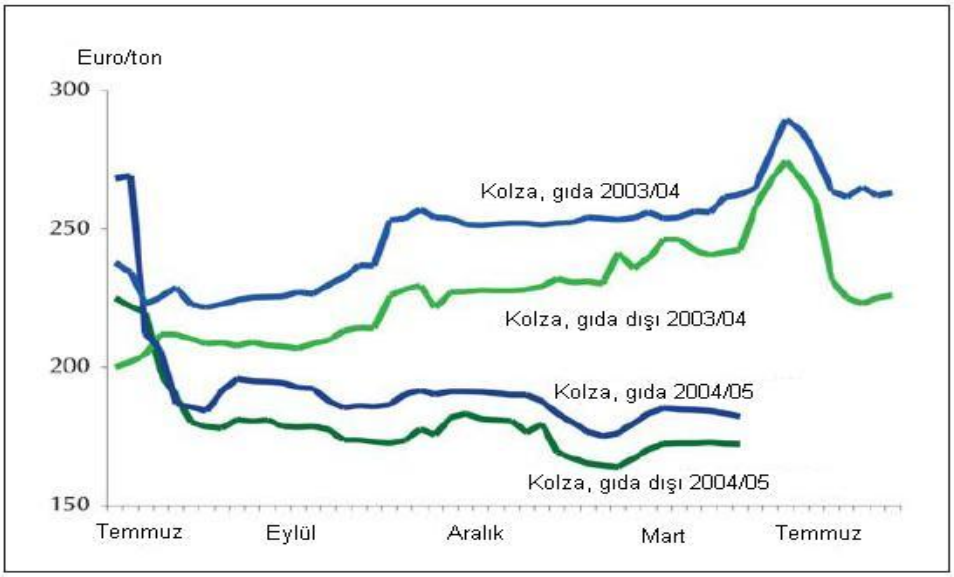
Şekil 13.5'te ise, 2005 yılında Avrupa ülkelerindeki biyodizel üretim kapasiteleri görülmektedir.



13.5. Biyodizelin Ekonomik Durumu

13.5.1. Kolza Fiyatı

Kolza fiyatları hammaddenin hammaddelerin tedariğinin artma durumunu da göstermektedir. Kolza fiyatı dünya pazarındaki gelişmelerle hem de hava şartları ile yıllık hasatta beklenen miktarlarla belirlenmektedir. Şekil 13.6'da 2003, 2004 ve 2005 yılı içinde serbest depolardaki kolza fiyatlarının değişimi görülmektedir. 2004 ve 2005 yılları içinde kolza fiyatları rekor kolza hasatlarından ve depolardaki kolza miktarının artmasından dolayı bir önceki yıla nazaran düşüş göstermiştir.

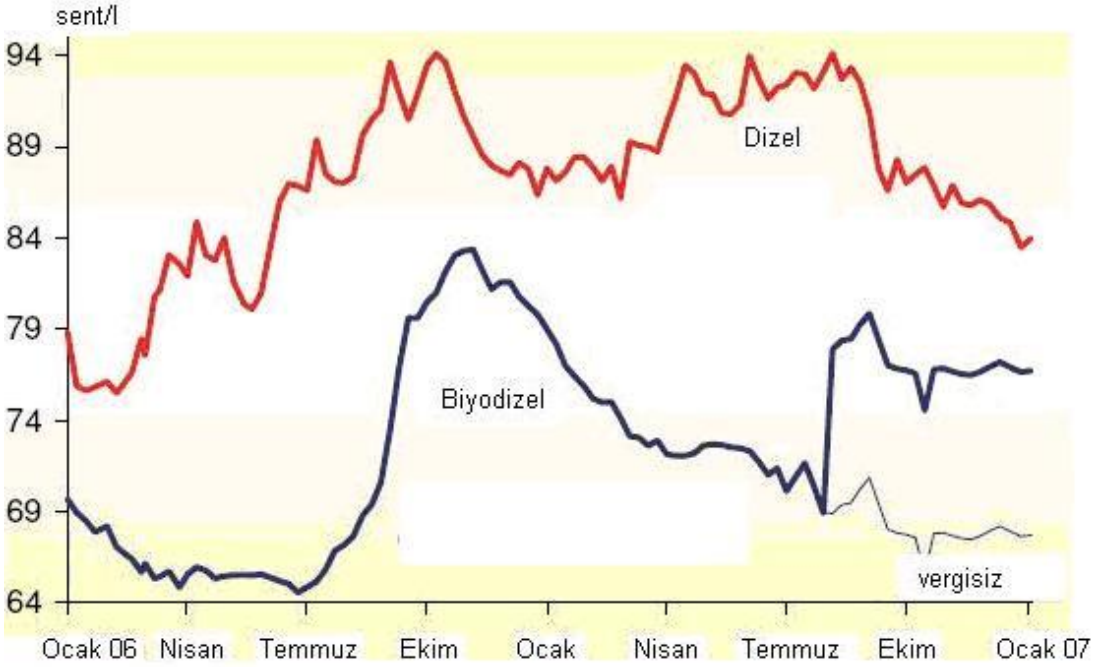


Şekil 13.6: Serbest Depolarda Kolza Fiyat Değişimi

13.5.2. Biyodizel Fiyatı

Duruma bağlı olarak biyodizel fiyatı, biyodizel üreticisi ya da biyodizel tüccari (toptan satış) ile olan anlaşmaya göre de değişebilmektedir. Bu aşamada, fiyatlar doldurma istasyonları ile karşılaştırıldığında çok farklıdır. Doldurma istasyonu işleticileri dizel fiyatlarına göre biyodizel fiyatını belirlemektedirler. Biyodizel üreticilerinin fiyatlandırması ise büyük ölçüde tam tersine tarımı etkileyen pazar faktörlerine bağlıdır.[108]

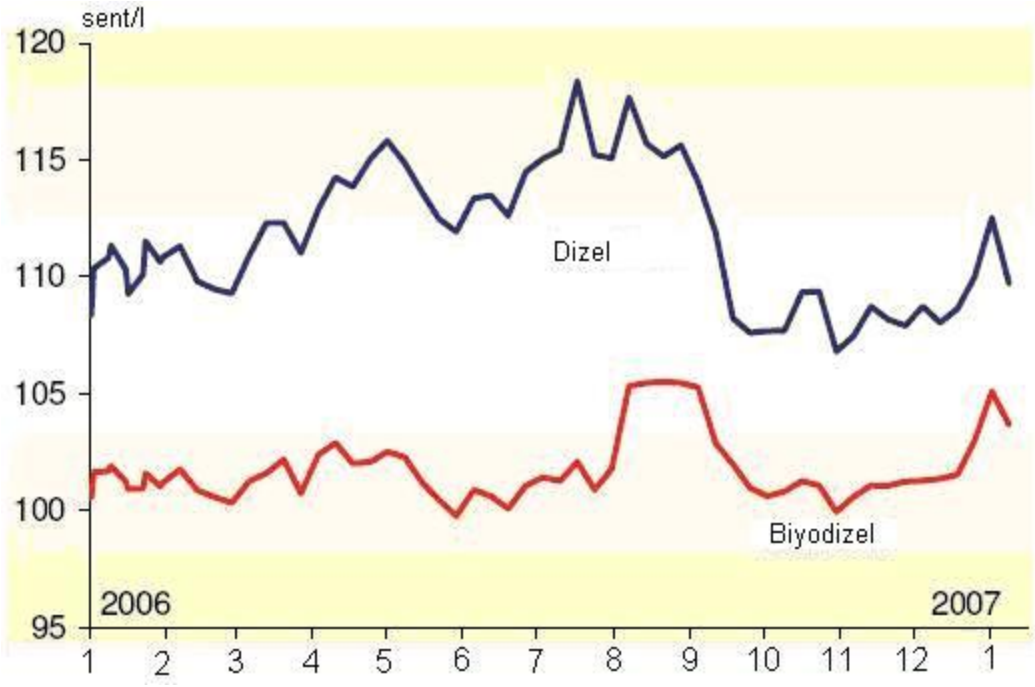
Şekil 13.7'de 2006 yılı ve 2007 yılı Ocak ayına ait dizel ve biyodizel rafineri/tank fiyatları görülmektedir:



Şekil 13.7: Dizel ve Biyodizel Rafineri/Tank Fiyatları

Almanya'da biyodizel fiyatları eyaletten eyalere, istasyondan istasyona göre farklılık gösterebilir. Genellikle ise, doldurma istasyonlarında biyodizel ile dizel fiyatı arasındaki fark 10-15 sent/l'dir.

Şekil 13.8'de 2006 yılı ve 2007 yılı Ocak ayına ait dizel ve biyodizel pompa fiyatları görülmektedir:



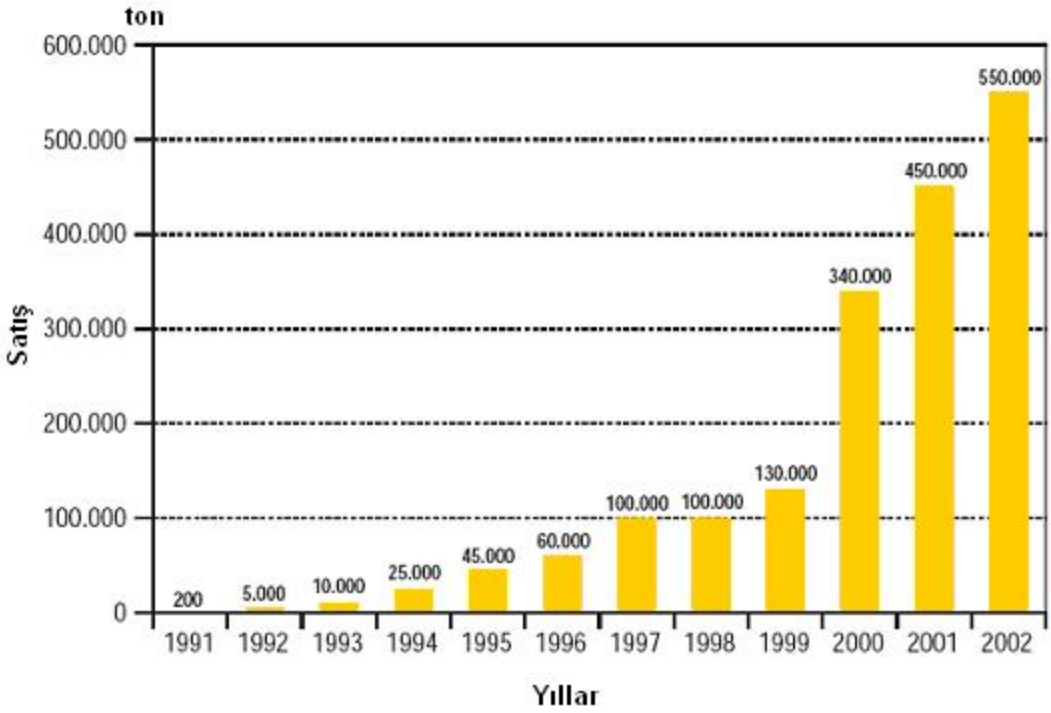
Şekil 13.8: Dizel ve Biyodizel Pompa Fiyatları

13.5.3. Biyodizelin Pazarlanması ve Alınan Vergiler

Biyodizelin saf biyodizel olarak ya da dizel yakıtına katkı olarak mı pazarlanacağı konusunda bazı tartışmalar olmuştur. Bununla birlikte, pazarda, saf biyodizel elde edilemeyecek bir başarı kazanmıştır. Almanya'da şu an biyodizel, isimsiz, bilinmeyen bir yakıt değil; aksine bu alternatif yakıt halk tarafından genel olarak bilinmektedir. Saf ürünün markette yerini alması ve tüketici tarafından; ayrıca politikacılar tarafından kabul gördüğünün gözlenmesi pozitif tartışmalara yol açmıştır. Biyobozunabilirliği, egzoz gazları emisyonlarını azaltması, biyodizelin zararlı bir madde olmaması gibi etkenler bu durumda etkili olmuştur.[109]

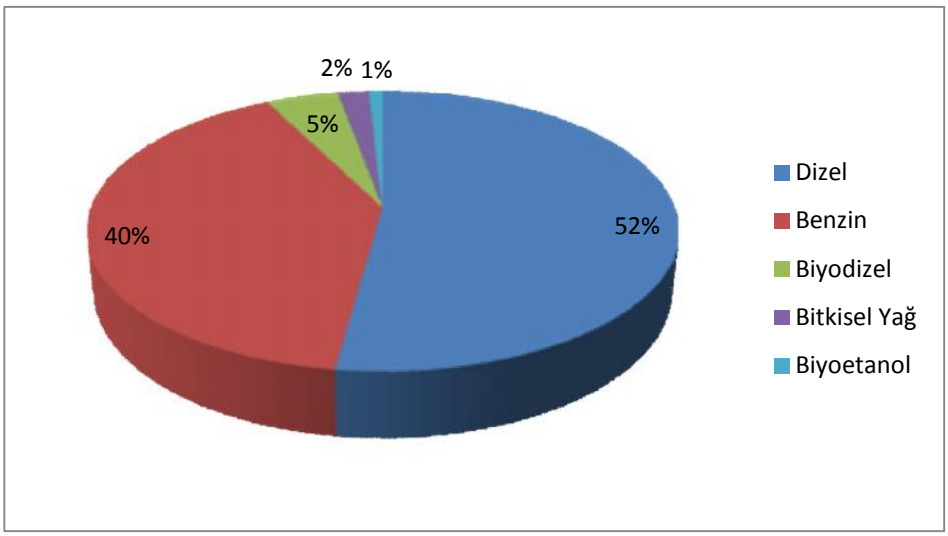
Almanya'da şu an, biyodizelin satışı yaklaşık 1,900 doldurma istasyonunda yapılmaktadır. Serbest istasyonlar için, biyodizel önemli bir destekleyici ve doldurma istasyonlarının bulunduğu rekabet ortamında ayakta kalmayı sağlayıcı olmuştur.

AGQM tarafından yapılan çalışmaya göre, doldurma istasyonlarında %35 oranında biyodizel satışı gerçekleşeceği ve %65'inin büyük müşterilere veya nakliyat endüstrisindeki filolara, taksi şirketlerine vb. satılacağı belirlenmiştir. Almanya'da, 2001 yılında 450,000 ton biyodizel satışı gerçekleşmiş ve 2002 yılı için de 100,000 ton daha fazla biyodizel satışının gerçekleşeceği tahmini yapılmıştır (Şekil 13.9). Bununla birlikte, tarif edilen satıştaki gelişim ayrıca şunu göstermektedir ki, talepteki büyüme kapasitedeki artışla olan bir aşama değildi. Biyodizelin pazarlanmasındaki aktörlerin sayısındaki artışa rağmen, tedarikteki aşırı hareketlilik ve rekabet ortamı biyodizelin dizele göre fiyatında önemli yarar sağlamıştır.

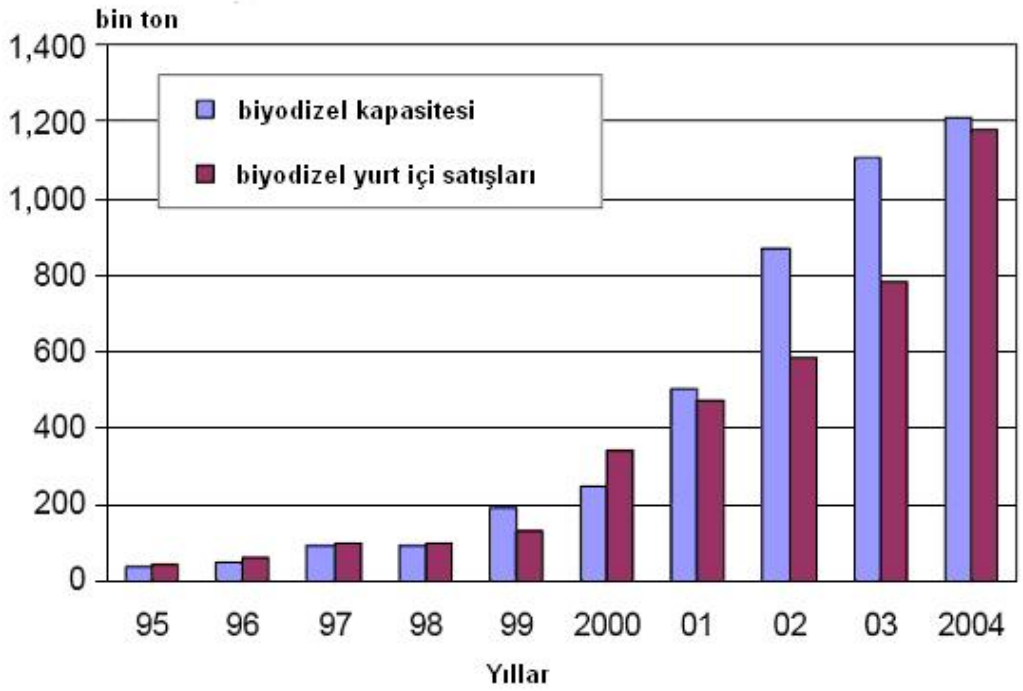


Şekil 13.9: Almanya'da Biyodizel Satışları, 1991-2002 [110]

Şekil 13.9'dan da görülebileceği gibi, 1999 yılından sonra biyodizel satışları hızla artış göstermiştir.



Şekil 13.11'de ise 1995-2004 yılları arasında Almanya'da gerçekleşen biyodizel üretim kapasiteleri ve satışları görülmektedir.



Şekil 13.11: Almanya'daki Biyodizel Üretim Kapasitesi ve Satışları

Şekil 13.11'den de görülebileceği gibi, biyodizel ürtim kapasitesinde 1999 yılından itibaren hızlı bir artış yaşanmaya başlamıştır. Bunun yanısıra, biyodizel satışları da hızla artma eğilimine girmiştir.

Biyodizelin fosil dizele rekabetçiliği sırasıyla büyük derecede yakıt fiyatlarına, bu da ham petrol fiyatlarına ve mineral yağ vergilerine veya vergi muafiyetine bağlıdır.

2002 yılında, biyodizelin (kolza yağından üretilen) üretim maliyeti 1000 l için, 500-560 Euro civarındaydı. Bu maliyet ise fosil dizel üretim maliyetinin iki katına tekabül etmekte idi. Açıkça görülmekte ki, devlet desteği olmadan biyodizel üretimi hiç de rekabetçi olmamaktadır.

Almanya'da yakıtlar şu vergilere tabi tutulmaktadırlar: Mineral yakıt vergisi, ekolojik vergi, ve katma değer vergisi. Dizel yakıt için, mineral yağ vergisi ve ekolojik vergi litre başına 43.97 sentti ve bu rakam 2003 yılında ise 47.04 sentti.

Uygulanan vergiler hem yakıt üreticisine hem de tüketiciye daha pahalı fiyat olarak geri dönmektedir. Avrupa Birliği'nde, alınan vergiler birbirine uymamaktadır. Örneğin, Lüksemburg'ta 1,000 litre başınan alınan vergi 253 Euro iken, alınan en

yüksek vergi 1000 litre başına alınan 742 Euro ile İngiltere'dedir. Ek olarak, %16 katma değer vergisi tüketiciye uygulanmaktadır.[95]

Saf biyodizel, çevre dostu enerji kullanımını desteklemek için mineral yağ vergisinden muaf tutulmaktadır. (Katma değer vergisinden değil) 2006 yılının ağustos ayından itibaren saf biyodizel kullanımından da litre başına 9 sent vergi alınmaya başlanmıştır. Tablo 13.7'de Almanya'da fosil yakıtlardan ve biyo-yakıtlardan alınan ve alınacak vergiler görülmektedir.

Tablo 13.7: Almanya'da Fosil Dizel ve Biyodizel Yakıtlarından Alınan ve Alınacak Vergiler [111]

Yıl	7/2006'ya kadar (sent)	8/2006 (sent)	2007 (sent)	2008 (sent)	2009 (sent)	2010 (sent)	2011 (sent)	2012 (sent)
Dizel	47.0	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4
Biyodizel, B100	-	9.0	9.0	15.0	21.0	27.0	33.0	45.0
Biyodizel, B5 / Bitkisel yağ	-	15.0	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4

Vergi uygulaması ile birlikte bir de Ocak 2007 itibariyle doldurma istasyonlarına kota getirilmiştir. 2007-2015 yılları arasında her istasyon ya dizele karıştırarak ya da saf olarak dizelin %4.4 oranında yıllık biyodizel satışı gerçekleştirmek zorundadır.

13.5.4. Biyodizel Doldurma İstasyonları

13.5.4.1. Doldurma İstasyonları İle İlgili Yönetmelikler

Prensip olarak, biyodizel doldurma istasyonları da tıpkı petrol-temelli yakıt satan doldurma istasyonları gibi büyük ölçüde aynı yasal gereklilikleri yerine getirmek durumundadır. Almanya'da bunlar eyaletten eyalete değişmektedir ve her eyaletin tehlikeli sıvı maddelerin doldurulması ve taşınması için imkanları ile ilgili olan gereksinimlerine bağlıdır. Motorlu araç doldurma istasyonlarındaki tank sistemleri için genel teknik şartlar tehlikeli sıvı maddeler için ilgili teknik yönetmeliklerde anlatılmaktadır. Düşük, özel tüketim için olan doldurma istasyonları muafiyetler taşımaktadır; lakin hala minimum gereklilikleri yerine getirmek durumundadır.

Kısmen satış yapan doldurma istasyonları veya kolayca tutuşan maddeler, hem de biyodizel; işletimsel güvenlik yönetmelikleri altındadır ve kapsamlı bir belgeleme

gerektirmektedir. Sadece biyodizel dağıtımı yapan istasyonlar biyodizelin yüksek parlama noktasından dolayı bu yönetmeliklerden muaf tutulmuşlardır.

Doldurma istasyonlarının biyodizel çıkış yerlerine dönüştürülmesinde veya kurulması esnasında bazı özel gerekliliklerin yerine getirilmesi lazımdır:

1. Depolama tankının toplama rezervuarı olmalıdır. (Eğer kapasite 1,000 litreyi aşıyorsa ve iki duvar da tasarın bir parçası değilse.)
2. Kazalardan kaynaklanan sızıntı ve tahliye kaynaklı conta yüzeyinde damlalarla birlikte biriken yağmur suyu hafif likit ayıracı aracılığıyla kanalize edilerek boşaltılmalıdır.
3. Tank kaplamalarının sağlamlığı (Özellikle tamir ölçümlerinin parçası olarak kurulduğunda) kontrol edilmelidir. Üreticiler onaylı enstitülerden uygun malzemelerin kullanıldığına dair sertifika almalıdır.
4. Dizel tankından biyodizel tankına dönüştürülmüş tanklar tamamen boşaltılmalı ve kuru halde temizlenmelidir. Tanklar her iki yılda bir tortu birikimini önlemek için temizlenmelidir.
5. Yakıt pompası komponentlerindeki tüm contalar ve vida bağlantıları biyodizele dayanıklı malzemeden yapılmalıdır. Emme filtreleri ve yakıt pompası filtresi için belirlenen ağ gözü genişlikleri değiştirilmemelidir.
6. Yakıt hortum başı ve hortum biyodizele dayanıklı malzemeden yapılmalıdır. Önemli: Standart hortumun dıştaki kısmı genel itibariyle kalıcı olarak biyodizele dayanıklı değildir.
7. Çinko, bakır ve bakır alaşımlarından yapılmış komponentlerin kullanımından kaçınılmalıdır. Biyodizel bazı çinko katmanlarını bozabilir ve yetersiz toprak alkali eksiklğinde olduğu gibi sabun oluşumuna neden olabilir. Bakır oksidasyon katalizörü olarak davranabilir ve oksidasyon kararlılığındaki damlaları hızlandırabilir.

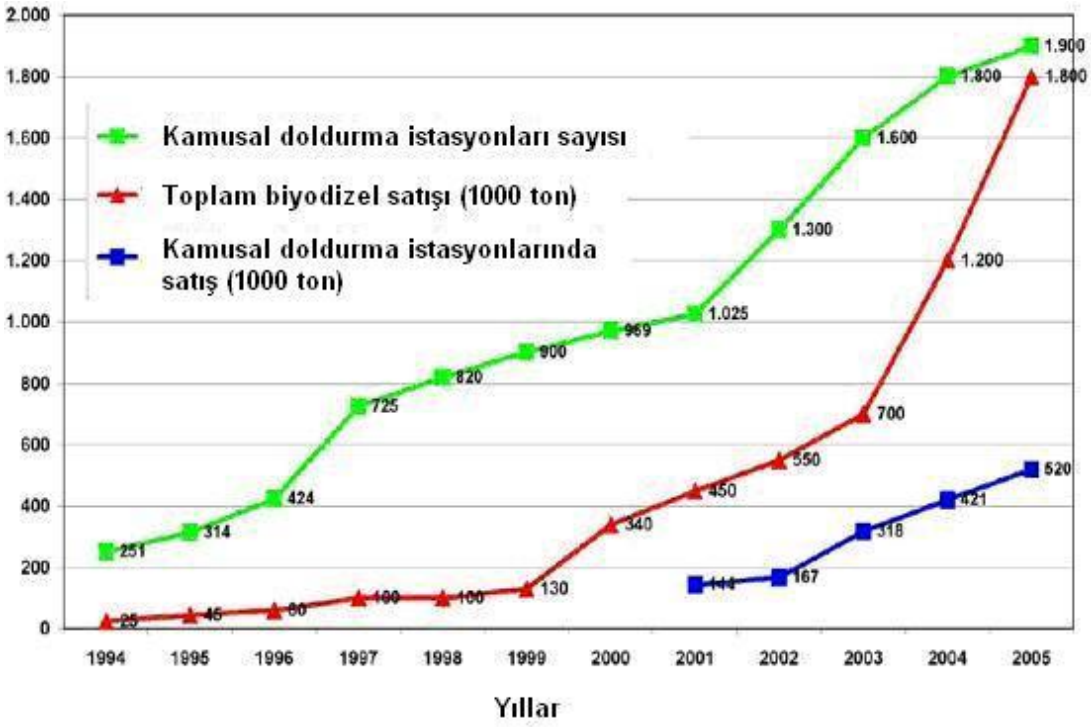
Biyodizelin doğru bir şekilde yüklenmesi ve boşaltılması açık olarak tanımlanmasını kapsamaktadır. Petrol pompaları ve doldurma istasyonu tedarik bağlantıları için yasal olarak açıkça belirtilmiş etiketlerin uygulanması ile yanlışlıkla ya da kazara farklı ürünlerle yapılan doldurmaların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Özel doldurma istasyonlarının kullanıcıları genel olarak biyodizeli dizelle %5 oranından çok daha yüksek bir oranda karıştırarak araçlarında kullanmak istemektedirler. Dikkat edilmelidir ki, dış bağlantılı depolardaki böyle karışımların üretimi sadece son kullanıcılar için onaylanmıştır. (Satılan bu gibi karışımların ticari üretimi aksi taktirde petrol vergi kanununa göre yasadışı olarak hesaba katılmaktadır.) Dahası, doldurma istasyonları homojen karışım sağlamak için uygun teknik ekipmana sahip olmalıdır. (Farklılaşan yoğunluklardaki dizelin ve biyodizelin aksi taktirde tanklarda çok değişken oranlarda dizel/biyodizel oranları stratifikasyonuna neden olur.)[96]

13.5.4.2. Biyodizel Doldurma İstasyonları Ağı Gelişimi

Almanya'da, son yıllarda, petrol istasyonlarının sayısı sürekli artmıştır. 1,900'den fazla doldurma istasyonunda biyodizel satışı gerçekleşmektedir. Yaklaşık her 30 kilometrede bir biyodizel petrol istasyonu bulunmaktadır. Özellikle, serbest petrol istasyonları –şirketlerden bağımsız petrol istasyonları– için biyodizel destekleyici ürün olmuş ve rekabetçi ortamda ayakta kalmalarına katkıda bulunmuştur.

UFOP ve biyodizel ekonomisi profesyonel kurumlarla daha yakın işbirliği kurulmasını amaçlamaktadır. Her petrol istasyonu halkla olan bağlantılara katkıda bulunmaktadır. Biyodizel petrol istasyonları bir satış esası belirler, çünkü filolara satışa kıyasla satış, pazarın fonksiyonuna ve fiyat geçmişine çok bağımlıdır. Şekil 13.2'de Almanya'daki biyodizel pazarının gelişimi görülmektedir:

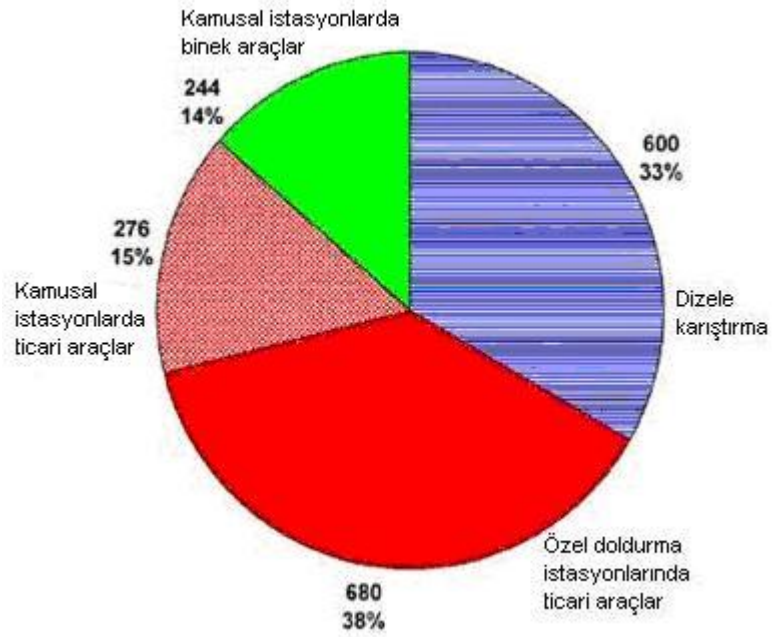


Şekil 13.12: Almanya'da Biyodizel Pazarının Gelişimi [112]

Şekil 13.12'ye bakıldığında, kamusal doldurma istasyonları ağında, biyodizel toplam satışında ve biyodizelin kamusal doldurma istasyonlarındaki satışının bir artış içerisinde olduğu görülmektedir. Bu artışlarda, UFOP'un yoğun satış promosyonları ve biyodizel pazarındaki çalışmaları etkili olmuştur.

Biyodizelin kullanımı aşağıda belirtilen amaçlar için olmaktadır:

- Fosil dizele katkı maddesi olma (DIN EN 590 standartlarına göre, %5 hacminde katkı; eklenen biyodizel ayrıca EN 14214 standartlarına da uymak zorundadır.)
- Ticari araçların filoları için saf yakıt (DIN EN 14214 standardına uygun olarak)
- Kamusal doldurma istasyonlarda saf yakıt olarak satış (DIN EN 14214 standardına uygun olarak). Kamusal doldurma istasyonlarında, ticari araçlara satılan biyodizel büyük bir paya sahiptir. Bu oran yaklaşık olarak %40'tır. Bu oranın daha da artması beklenmektedir.[98]



Şekil 13.13: Biyodizelin Kullanıcı Gruplarına Göre Paylaşımı (1000 ton için)

Şekil 13.13'e bakıldığında biyodizelin satışının 2005 yılında en çok özel doldurma istasyonlarında ticari araçlara satılarak gerçekleştiğini, ikinci olarak ise fosil dizele karıştırılarak satıldığı görülmektedir. Üçüncü sırada ise, kamusal doldurma istasyonlarında ticari araçlara satışının gerçekleştiği, %14 oran ile de, kamusal doldurma istasyonlarında binek araçlara satışının gerçekleştiği görülmektedir.

2006 yılında biyodizelin dizele karıştırılarak satış payı %40, 2007 yılında ise %60'lara ulaşmıştır.

13.6. Biyodizel Kullanımını Onaylayan Firmalar

Tablo 13.8: Biyodizel (B100) Kullanımını Onaylayan Firmalar, 2005 [99]

Audi	A2 (8Z), A3 (8L), A4 (8E, 8E2, 8E5) except 85 kW A4 Cabriolet (8H) A6 (4B), Allroad (4B)	Kolza Metil Ester için onay
Audi	A3 (8P)	Genel bir onay yok (sadece belırlı modeller)
Audi	A4 (8E) only 85 KW A4 (8EC und 8ED) A6 (4F), A8 (4E)	Onay yok
BMW		Onay yok
DaimlerCrysler		Onay yok
Deutz	Tüm motorlar (909, 910, 1015, 2015 hariç)	Eğer biyodizel EN 14214 kalite şartlarını sağlıyor ve teknik genelgeye uyuyorsa

Fendt	Tüm traktörler	Onay, eğer servis bilgilerine uyuyorsa
EvoBus Setra	OM 457HLA/LA, OM 501/502 LA, OM 906 LA otobüsleri	Talep üzerine onay ihtimali
Linde	Tüm forklifter (1.2'den 8 t yüke kadar)	Onay, şartları sağlıyorsa
MAN	engines with Common-Rail system	no approval
MAN	Others	Eğer kolza metil ester EN 14214 kalite şartlarını sağlıyor ve teknik genelgeye uyuyorsa
Neoplan Bus	Common-Rail sistemli motorlar	Onay yok
Neoplan Bus	Diğerleri	Genel bir onay yok, eğer biyodizel EN 14214 kalite şartlarını sağlıyor ve servis bilgilerine uyuyorsa
Opel		Genel bir onay yok
Still Gabelstapler	Model R 70 (farklı yükler)	Onay
VW	Polo Diesel (A03) (except Post Polo), Golf (A4), Golf Vento (A3), Golf Ecomatic (A3), Passat (B4), Passat (B5) without particulate filter, Sharan, T4, T5, LT – 2, Caddy II Wirbel- kammer and SDI, TDI, Polo Classic, Lupo, Bora, Beetle, Phaeton V10 TDI, Touareg R5 TDI and V10 TDI	Eğer kolza metil ester EN 14214 kalite şartlarını sağlıyorsa
VW	Golf (A5)	Onay, sadece kolza metil estere uyumlu versiyon sipariş edilirse
VW	Touran	Onay yok

Tablo 13.9: B100 Kullanımı İçin Garanti Veren Firmalar

Ağır Sınıf Araçlar (Otobüsler, kamyonlar)	Daimler, MAN EURO IVve V (EURO III dahil)
Tarım Araçları (Traktörler)	Fendt, Case, Massey-Ferguson, Steyr

Tablo 13.10: B5 Kullanımı İçin Garanti Veren Firmalar [112]

Otomotiv Endüstrisi	Binek Araç, Ağır Sınıf Araç üreticileri, Dizel yakıt enjektör pompa üreticileri

2006 yılından itibaren Almanya'daki tüm dizel binek araçlarda DPF (Dizel Partikül Fitreleri) teknolojisine geçişle birlikte, hiçbir dizel binek araçta saf biyodizel (B100) kullanımına garanti verilmemektedir.

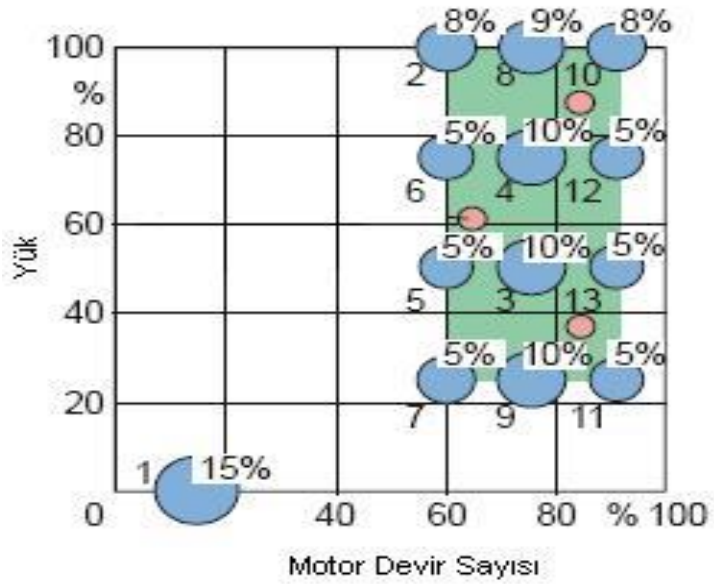
13.7. Biyodizel Kullanılarak Yapılmış Bazı Araştırmalar ve Sonuçları

Aşağıda, biyodizel üzerine yapılmış iki çalışma görülmektedir:

2007 yılında Krahl ve arkadaşları tarafından biyodizelin ve bitkisel yağın emisyonları üzerine 13 modlu ESC (European Stationary Cycle)'da deneysel bir çalışma yapılmıştır.[113] Deneyde kullanılan dizel motorunun teknik özellikleri Tablo 13.11'de görülmektedir:

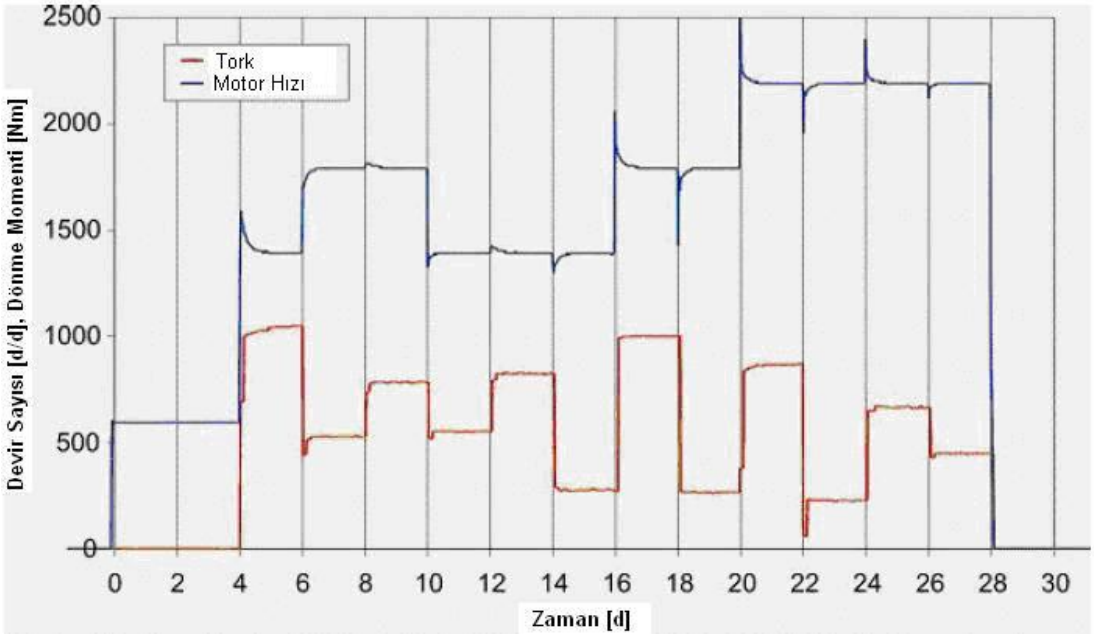
Tablo 13.11: Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Marka ve Model	Mercedes-Benz Euro 3 engine OM 906 LA
Piston Stroku (mm)	130
Silindir Çapı (mm)	102
Silindir Sayısı	6
Silindir Hacmi (cm^3)	6370
Maksimum Hız (d/d)	2300
Güç (kW)	205
Maksimum Dönme Momenti (Nm)	1100 (1300 d/d'da)
Sıkıştırma Oranı	17.4



Şekil 13.14: 13 Modlu ESC Test Çevriminin Çalışma Noktaları

Şekil 13.14'te motor devir sayısının yüke bağlı durumu ve belirlenen 13 çalışma noktası görülmektedir.



Şekil 13.15: ESC Test Çevrimi İçin Motor Devir Sayısı ve Dönme Momentinin Örnek Seyri

Şekil 13.15'te zamana bağlı olarak motor devir sayısının ve dönme momentinin örnek seyri görülmektedir.

Deneyde kullanılan yakıtlar aşağıda verilmiştir:

DF: Dizel Yakıtı

RME: Kolza Metil Esteri

RO: Kolza Yağı

GTL: Shell Orta Derece Damıtılmış Sıvı (Gazdan Sıvı Arası Yakıt Katkılı)

B5GTL: %5 Kolza Metil Ester + %95 GTL (Katkısız)

PDF: Premium Dizel Yakıt, %60 DF + %20 Kolza Metil Ester + %20 GTL (Katkılı)

Regüle egzoz gaz parçaları karbon monoksit, hidrokarbonlar ve azot oksitler gaz analizörü ile belirlenmiş ve her saniye örneklenmiştir. Üç testin ortalama değeri bir noktanın son dakikasına karşılık gelen örneklenen değerlerden yararlanılarak hesaplanmıştır.

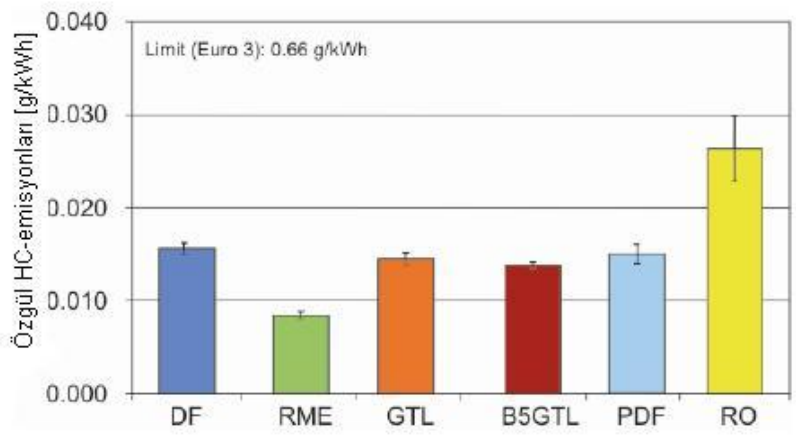
Hidrokarbonlar, filtrelenen gaz bir hidrojen alevini geçerken, karbon parçalarının iyonizasyonundan toplanan elektrik sinyallerini ölçen bir gaz analizörü ile belirlenmiştir.

Karbon monoksit dağılmamış kızıl ötesi ışık prosesini kullanan Multor 710 analizörü aracılığıyla ölçülmüştür. Bir referans küvetin farklı ısıtması ve ölçülen küvette oluşan CO'lar bir akış oluşturmaktadır ve bu mikro akış sensörü ile ölçülüp kaydedilmiştir. Azot oksitler CLD 700 EL ht kimyasal ışıldama dedektörü ile analiz edilmiştir. Örnek egzoz gazı, bir parça içindeki gerçek NO'nun ve toplam azot oksitelerin (NO_x, NO + NO_2) diğer parçada tamamen NO'lara indirgenmesininin sonrasındaki ışıldamasını ölçmek için bölünür. Işıldama CLD tarafından NO'nun ozon (O_3) ile kimyasal oksidasyonu ile gözükür.

Tüm partikül ölçümleri seyreltme tünelinde işlenmemiş egzoz gazının seyreltilmesinin ardından tamamlanmıştır. Partikül kütlenin belirlenmesi için ve (Electronic Low Pressure Impactor) (ELPI) ölçümleri (aerodinamik çap aralığı 30nm-10µm) için seyreltme faktörü olarak 10'a yakın bir değer uygulanmış; (Scanning Mobility Particle Sizer) (SMPS) cihazı ile doğru ölçümler gerçekleştirmek için gerekli olan ek olarak 7 seyreltme faktörü uygulanmıştır. Seyreltme faktörleri taze havadaki ve seyreltilmiş egzoz gazındaki CO_2 içeriklerinin ayrı kayıtlarından hesaplanmıştır.

Partikül kütle yerçekiminin ölçümüne dayalı olarak teflon kaplı cam fiber filtrelerinde (T60A20, Pallflex, çapı 70mm) birikmenin ardından her motor çalışma noktasının kendi tartma faktörlerine göre aralıkları örnekleme ile belirlenmiştir. Yeni ve örnek filtrelerin filtrelerin ağırlıkları +/-1µg hassasiyet doğrulukla mikroterazi M5P ile her zaman en az 24 saat öncesinde 25°C'de ve %45 nemde tutulan iklim odasında belirlenmiştir.

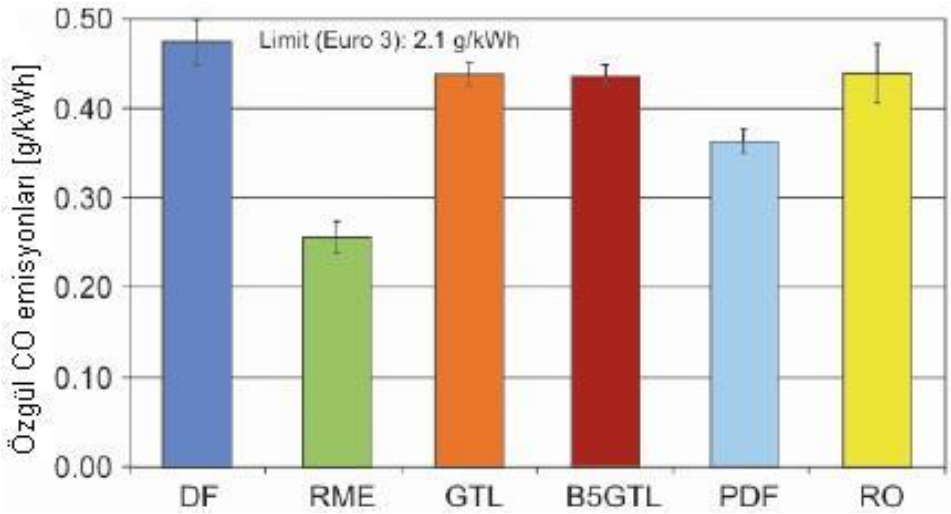
Aşağıda sadece, deneyde kullanılan yakıtların emisyon sonuçları verilmiştir:



Şekil 13.16: Farklı Yakıtların Özgül HC Emisyonları

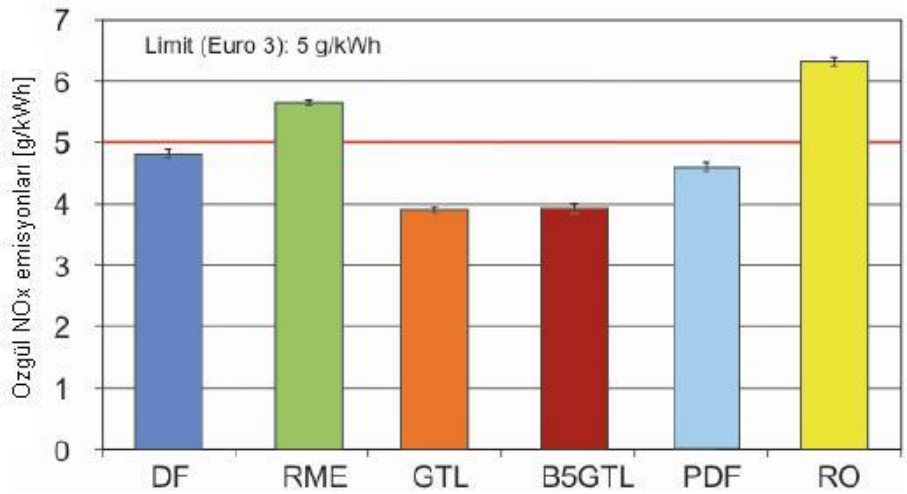
ESC testleri boyunca çalışan motorda DF ve GTL yakıtlarının toplam HC emisyonları Euro 3 limit değerlerinin 40 kat altında belirlenmiştir. RME HC emisyonlarında ek düşürme sağlamıştır. RO ise Euro 3 limit değerlerinin sadece 20 katı altına değer göstermiştir. PDF yakıtı ile emisyon değerleri tahmin edilebilir bileşim emisyon değerlerinden daha yüksek iken, B5GTL içerdiği bileşenlerin doğrultusunda emisyon değerleri göstermiştir.

Şekil 13.17'den de görüldüğü gibi tüm yakıtlar Euro 3 CO limitlerinin altında değerler göstermiştir. Tekrar, en iyi sonuçları RME vermiştir ve değeri Euro 3 limit değerinin yaklaşık 1/8'i olarak belirlenmiştir. RME ve GTL yakıtlarının karışımı (B5GTL) bileşenlerinin miktarlarına göre tahmin edilebilir değerine nazaran ölçülen CO emisyon değerlerinde çok az bir azalma olmuştur. PDF için belirlenen data ise beklenen değerinden saparak daha iyi bir emisyon değeri (0.42 g/kwH) göstermiştir.



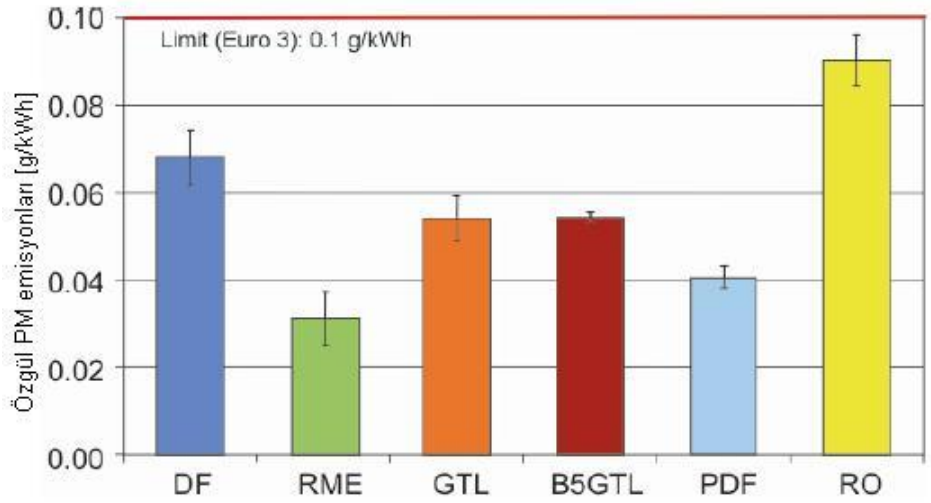
Şekil 13.17: Farklı Yakıtların Özgül CO Emisyonları

Şekil 13.18'e bakıldığında, RME ve RO yakıtlarının NO_x emisyon değerleri Euro 3 limit değerini aşmıştır. Halbuki diğer yakıtlar limit değerinin altında değerler göstermiştir. En düşük emisyon değerleri ise GTL ve B5GTL yakıtları ile elde edilmiştir. B5GTL'nin GTL'den birazcık daha fazla NO_x emisyon değeri göstermesinin nedeni içeriğindeki %5'lik RME'den kaynaklanmıştır. PDF yakıtı ortalamadan daha iyi bir emisyon değeri (4.8 g/kWh) göstermiştir ve bileşenlerine göre yapılan teorik hesaplardan daha düşük bir değer göstermiştir.



Şekil 13.18: Farklı Yakıtların Özgül NO_x Emisyonları

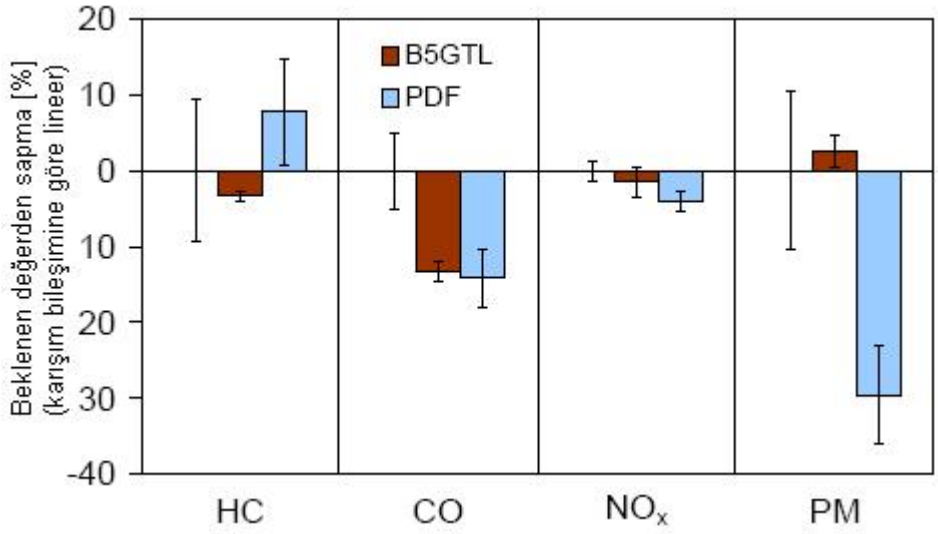
Şekil 13.19'a bakıldığında tüm yakıtlar Euro 3 limit değeri 0.1 g/kWh saat olan PM emisyon değerinin altında bir değer göstermiştir. DF yakıtına kıyasla ikinci nesil tüm alternatif yakıtlar (GTL, B5GTL, PDF) emisyonlarda yaklaşık %20'lik önemli bir azalma göstermiştir. RME ise yaklaşık %55'lik bir azalma göstermiştir. Kolza yağı (RO) ise diğer yakıtlara nazaran çok daha yüksek olsa da, yine de limit değerinin altında bir değer göstermiştir. GTL ve B5GTL yakıtlarının değerleri arasında fark gözlenmemiştir. PDF ise bileşenlerine göre teorik olarak hesaplanan değerinin (58mg/kWh) altında bir değer göstermiştir.



Şekil 13.19: Farklı Yakıtların Özgül PM Emisyonları

Şekil 13.20 PDF ve B5GTL yakıtları ile çalışan motor için gözlenen regüle emisyonların lineer olmayan etkilerini özetlemektedir. Görülebileceği gibi, PDF kullanıldığında CO ve PM için faydalı bir durum ortaya çıkmaktadır; lakin HC

emisyonlarında bileşenlerine (DF+RME+GTL) göre lineer olarak yapılan hesap sonuçlarına göre azıcık daha yüksek bir değer göstermiştir.



Şekil 13.20: Regüle Emisyon Değerlerinin Yakıt Bileşenlerine Göre Hesaplanan Teorik Değerinden Sapması

14. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada, ticari başarıyı yakalamış bir alternatif yakıt olan biyodizelin taşıtlarda kullanımı ile ilgili bilgi verilmiş; Türkiye'deki ve Almanya'daki durumu analiz edilmiştir.

Fosil yakıtlar, son yıllarda çevre kirliliği açısından önemli sorunlar yaratmakta ve ayrıca tükenebilir enerjiler olduklarından hızla azalmaktadır. Ulaştırma sektöründeki taşıt sayısının artmasına paralel olarak petrol türevi benzin ve dizel tüketimi de hızla artış göstermektedir. Bu tüketim miktarlarından dolayı da çoğu ülke dışa bağımlıdır. Bunun dışında petrol fiyatlarında yaşanan aşırı dalgalanmalar ve yarattığı ekonomik krizler dünyayı kötü bir şekilde etkilemiştir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı alternatif yakıtlar üzerine çalışmalar yoğunlaştırılmış ve bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin dizele alternatif bir yakıt olabilecek nitelikte olduğu belirlenmiştir.

Biyodizel atık mutfak yağı, don yağı, mikroalgel yağlardan vb. üretilebileceği gibi özellikle bitkisel yağlardan üretilmektedir. Fosil yakıt tüketen çoğu ülke dışa bağımlılığını azaltmak için biyodizel üretiminde kullanılacak yağ bitkilerinin üretimi için stratejiler geliştirebilir ve de kişilere yeni istahdamlar sağlayabilir. Bu husus hem tarım ekonomisinin gelişmesine hem de ülke ekonomisinin gelişmesine yardımcı olabilir.

Biyodizel, motorda hiçbir modifikasyon gerektirmeksizin kullanılabilmektedir ve de yüksek setan sayısına sahip olduğu için vuruntu eğilimi düşüktür. Oldukça iyi yağlama özelliğine sahiptir. Az toksiktir ve biyobozunabilirliği de oldukça yüksek seviyelerdedir. Oksidatif kararlılığı düşüktür. Soğukta akış özellikleri konusunda dikkatli olmak gereklidir. Parlama noktasının yüksek olmasından dolayı dizelden daha emniyetli bir yakıttır. Çözücü özelliğinden dolayı boyanmış yüzeyler ile temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Çözücü özelliği konusunda özellikle yakıt filtresi kullanımında dikkatli olmak gereklidir. Çünkü daha önceden dizelden

kaynaklanan tortuları çözerek yakıt filtresinin hatta enjektörlerin tıkanmasına neden olur. Genel itibariyle, NO_x emisyonları dışında diğer emisyon değerleri düşüktür.

Biyodizelin Türkiye'deki durumu değerlendirilirse, Türkiye'nin kendi ihtiyacını karşılayacak bitkisel yağ üretimi yoktur. Bitkisel tohum ve yağ ithalatı için oldukça yüksek meblağlar ödenmektedir. Diğer taraftan, petrol tüketimimizin ancak %15'ini yerli üretimle sağlayabildiğimiz ve yakıt ithalatına da çok daha fazla para ödediğimiz dikkate alındığında alternatif yakıtlara oldukça fazla önem vermemiz gerektiği anlaşılmaktadır. Ülkemiz, Almanya gibi biyoyakıt üretimini stratejik alan olarak değerlendirmeli bu konuda gereken hususlarda enerji kanunları çıkarmalıdır. Yağ bitkileri tarımını teşvik edici primleri arttırmalı, biyodizel kullanımını teşvik etmeli ve de belirli miktarda kullanımını da zorunlu kılmalıdır. Vergi indirimi ya da muafiyeti sağlamalı ve mevzuatlarını ülke şartlarına göre oluşturmalıdır. Özellikle kolza ve aspir bitkilerinin ekimi ve hasatı konusunda çiftçilere gereken eğitimlerin verilmesine özen gösterilmelidir. Üretilecek yağ bitkilerine de alım garantisi sağlanmalıdır. Çiftçilerin ekilebilir alanlarının belirli bir kısmını yağ bitkilerine ekimi hem teşvik edilmeli hem de zorunlu kılınmalıdır. Böylece elde edilen yağdan hem araçlarının yakıtlarını hem de beslenen hayvanların yemini karşılayabilecek; hem de ekonomik olarak gelişecektir. Bunun dışında belediyeler ile işbirliği yapılarak atık yemek yağlarının toplanması organize edilmelidir.

Biyodizel üretiminde hammadde olan yağlı tohumların fiyatının yüksek olması nedeniyle, hammaddenin yerli tarım ürünlerinden karşılanması için gereken çalışmalar hızlandırılmalıdır. Çünkü pahalıya mal olan ürünün pazarda rekabet şansı çok azdır ya da yoktur. Bundan dolayı, üretim tesisleri öncelikle kırsal alanlarda kurulabilir, böylece hem istihdam sağlanmış olacak hem de ülke ekonomisi gelişecektir.

Almanya Avrupa Parlemontosu'nın biyoyakıt direktifine göre hareket etmektedir ve biyodizel konusunda izlenen strateji, çevre emisyonları konusundaki duyarlılık ve VW, Daimler gibi firmaların taşıtlarında biyodizel kullanımı konusunda garanti vermeleri, UFOP'un yoğun satış promosyonları ve biyodizel pazarındaki çalışmaları sayesinde biyodizel kullanımı gittikçe artmıştır. Bu sayede yeni biyodizel tesisleri kurulmuş ve birçok kişiye istihdam sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] www.eie.gov.tr/duyurular/ev_etkinlik/2006_bildiriler/oturumiii/sebahattinoz.doc

[2] www.energy.itu.edu.tr/iTUOnerileri.pdf

[3] **Karaosmanoğlu, F.,** 2003. Biyomotorin ve Türkiye, OSD Enerji Komisyonu

[4] **Reksowardojo, I.K., Lubis, H.I., Wishnu, M.S.A., Brodjonegoro, P.T., Arismunandar, W.S.H.T.,** 2007. Performance and Exhaust Gas Emissions of Using Biodiesel Fuel from Physic Nut (Jatropha Curcas L.) Oil on a Direct Injection Diesel Engine (DI), SAE Paper, 2007-01-2025

[5] **Howell, S.,** 1997. Biodiesel Standards An Update of Current Activities, SAE Paper, 971687

[6] www.biyomotorin-biodiesel.com/biomoto.html

[7] **Knothe, G., Gerpen, V. J., Krahl, J.,** 2005. The Biodiesel Handbook, AOCS Press, Champaign, Illinois, USA

[8] **Tyson, K. S.,** 2001. Biodiesel Handling and Use Guidelines, National Renewable Energy Laboratory, USA

[9] **Knothe G., Dunn, R. O., Bagby, M. O.,** 1996. Biodiesel: The use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuels, Oil Chemical Research, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, USA

[10] **Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A.,** 1992. İçten Yanmalı Motorlar, Ders Aletleri Yapım Merkezi Matbaası, Ankara

[11] **Safgönül, B., Ergeneman M., Arslan, E., Soruşbay, C.,** 1995. İçten Yanmalı Motorlar, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul

[12] **Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A.,** 1992. İçten Yanmalı Motorlar,: Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Ankara

[13] **Yalçınkaya, R.,** 2003. Dizel Motor Teknolojisi, Y.T.Ö.O., Ankara

[14] **Küçüksahin, F.,** 1996. Dizel Motorları, İstanbul

[15] **Gerpen, V. J., Shanks, B., Pruszko, R., Clement, D., Knothe, G.,** 2004. Biodiesel Analytical Methods, NREL/SR-510-36240, Colorado, USA

[16] **Kinast, J. A.,** 2003. Production of Biodiesels from Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesels and Biodiesel / Biodiesel Blends, NREL/SR-510-31460, Colorado, USA

[17] **Sheehan, J., Camobreco, V., Duffield, J., Graboski, M., Shapouri, H.,** 1998. Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus, USA

[18] www.egebiyoteknoloji.com/en/force.php?file=../doc_lib/bioenerji_2004.pdf

[19] **Gerpen, V, J.,** 2004. Business Management for Biodiesel Producers, USA

[20] **Rashid, U., Anwar, F.,** 2007. Production of biodiesel through optimized alkaline-catalyzed transesterification of rapeseed oil, *Fuel*, **87**, 265-273

[21] www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/pdfs/cftr_72805.pdf

[22] **Goering, C.E.,** 1992. Engine and Tractor Power, Breton Publishers, Boston, Massachusetts, USA

[23] **Kalam A.M., Masjuki, H.H.,** 2002. Biodiesel From Palmoil-An Analysis Of Its Properties And Potential, *Biomass and Bioenergy*, **23,** 471-479

[24] http://web.mit.edu.tr/.../resources/Biodiesel%20Storage%20and%20Cold%20Flow%20Performance%20Consıderations.doc

[25] **Monyem, A.,** 1998. The Effect of Biodiesel Oxidation on Engine Performance and Emissions, *Phd Thesis,* Iowa State University, IA, USA

[26] **Knothe, G.,** 2006. Analyzing Biodiesel: Standards and Other Methods, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, USA

[27] **Shiotani, H., Goto, S.,** 2007. Studies of Fuel Properties and Oxidation Stability of Biodiesel Fuel, SAE Technical Paper, 2007-01-0073

[28] **Prankl, H., Körbitz, W., Mittelbach M., Wörgetter, M.,** 2004. Review on Biodiesel Standardization World-Wide, IEA Bioenergy Task 39, Subtask "Biodiesel"

[29] **Speidel, K, H., Ahmed, I.,** 1999. Biodegradability Characteristics of Current and Newly-Developed Alternative Fuels, SAE Paper, 1999-01-3518

[30] **Demirbaş, A.,** 2007. Importance of Biodiesel As Transportation Fuel, *Energy Policy*, **35,** 4661-4670

[31] **Demirel H.T.,** 2004. Diesel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Biyodiesel Kullanımının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[32] **Gerpen, V.J., Soylu, S., Chang, D.,** 1998. Evaluation of Lubricity of Soybean Oil-based Additives in Diesel Fuel, Iowa State University, Ames, IA, USA

[33] **Meher, L.C., Vidya, S.D., Naik, S.N.,** 2006. Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification, Renewable and Sustainable Reviews, 248-268

[34] www.biodieselturk.org/biodiesel_kalite.html

[35] **Karabektaş, M.,** 2002. Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

[36] www.biodieselfillingstations.co.uk/approvals.htm

[37] www.biodiesel-fuel.co.uk/biodiesel-standards/

[38] **Altın, R.,** 1998. Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılmasının Deneysel Olarak İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[39] **Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R., Nedunchеyian, N.,** 2007. Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines, A review, *ScienceDirect*, **500,** 1-16

[40] **Keskin, A.,** 2005. Tall Yağ Esaslı Biyodizel ve Yakıt Katkı Maddesi Üretimi ve Bunların Dizel Motor Performansı Üzerindeki Etkileri, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[41] www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/prod_quality.pdf

[42] **Dorado M.P., Ballesteros, E., Almeida, J.A., Schellet, C., Lohrlein H.P., Krause, R.,** 2002. An alkali-catalyzed transesterification process for high free fatty acid oils, *ScienceDirect*, **10,** 248-268

[43] **Çanakçı, M., Özsezen, N.A.,** 2005, Evaluating Waste Cooking Oils As Alternative Diesel Fuel, Kocaeli

[44] www.kimyageriz.biz/index.php?topic=60.0

[45] **Ma, F., Hana, A.M.,** 1999. Biodiesel Production: A Review, *Bioresource Technology*, **70,** 1-15

[46] **Tomasevic A.V., Marinkovic S.S.,** 2003. Methanolysis of Used Frying Oils, *Fuel Process Technology*, **81,** 1-6

[47] **Ma F, Clements L.D., Hana M.A.,** 1999. The Effect of Mixing of Transesterification of Beef Tallow, *Bioresource Technology*, **69,** 289-293

[48] www.albiyobir.org.tr/files/img_etk/selma_turkay.pdf

[49] www.ciras.iastate.edu/bioindustry/info/AlternatifeFeesdstocksAndBiodieselProduction.pdf

[50] www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewable-energy/biofuels/report/biodiesel-from tallow-report-02.pdf

[51] http://journeytoforever.org/biofuel_library/VegetableOilsKnothe.pdf

[52] **Han Xu, Xiaoling Miao and Qingyu Wu,** 2006. High quality biodiesel production from a microalga Chlorella protothecoides by heterotrophic growth in fermenters, *Journal of Biotechnology*, **126,** 499-507

[53] **Chisti Y.,** 2007. Biodiesel from microalgae, *Biotechnology Advances*, 294-306

[54] **Miao, X., Wu, Q.,** 2007. Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil, *Bioresource Technology*, **97,** 841-846

[55] www.ufop.de/downloads/Vehicles_Biodiesel.pdf

[56] www.agqm-biodiesel.de/downloads/pdfs/Fuels2005_en.pdf

[57] **Taşyürek, M., Acaroğlu, M.,** 2007. Biyoyakıtlarda (Biyomotorinde) Emisyon Azaltımı ve Küresel Isınmaya Etkisi, Türkiye

[58] **Schumacher, L.G.,** 1997. 6V-92TA DDC Engine Exhaust Emission Tests Using Methyl Ester, National SoyDiesel Development Board, USA

[59] www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/pdfs/40554.pdf

[60] www.biodizel.tr.gg/Biodizel.htm

[61] www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/36242.pdf

[62] www.biodiesel.org/markets/mar

[63] **Ulusoy, Y., Tekin, Y., Arslan, R., Alibaş, K.,** 2006. Türkiye'de Biyodizel Üretimi ve Üretim Sorunlarına Bir Bakış, Bursa

[64] www20.uludag.edu.tr/~yahyau/turkiyebiyo.htm

[65] www.albiyobir.org.tr/trde_b.htm

[66] **Akünal, T., Tolay, M.,** 2003. Biyomotorin, Avusturya ve Türkiye, *Bitirme Projesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

[67] www.albiyobir.org.tr/trde_b3.htm

[68] www.obitet.gazi.edu.tr/makale/Makaleler/T9_Biodizel.htm

[69] www.tuik.gov.tr

[70] www.pal.metu.edu.tr/sunum/m_caglar.pdf

[71] **Kolsarıcı, Ö., Gür, A., Başalma, D., Kaya, D.,** İşler, N., 2005. Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretimi, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, Pp: 409-429, Ankara

[72] **Ulusoy, Y., Tekin, Y., 2004.** Türkiyede biyomotorinin üretimi için Yağ Bitkisi Tarımının Genel Durumu, *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu,* İstanbul

[73] www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=7702&tipi=3&sube=0

[74] www.zmo.org.tr/etkinlikler/5tk02/20.pdf

[75] www.gap.gov.tr/Turkish/Tarim/starim1.html

[76] www.gap.gov.tr/Turkish/Tarim/ktarim1.html

[77] www.gap.gov.tr/Turkish/Tarim/sktarim1.html

[78] **Keçeci, A.** 1997. Bir Yağ Sanayicisinin Görüşleri, *Kanola Sempozyumu,* Ankara,

[79] **Arslan, R., Ulusoy, Y., Sürmen, A.,** 2006. Türkiye'de Biyodizel Potansiyeli, *OTEKON '06,* Bursa

[80] www.emo.org.tr/resimler/ekler/3cf10a7ba626e33_ek.pps

[81] www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_turktesvik.html

[82] www.albiyobir.org.tr/files/img_etk/fikret_akinerdem.pdf

[83] www.manisatarim.gov.tr/docs/TARIMSAL_DESTEKLEMELER.doc

[84] www.aydintarim.gov.tr/haberler/duyurular/pirimler.htm

[85] www.epdk.gov.tr

[86] **Knothe, G.H.,** 2007. Some aspects of biodiesel oxidative stability, *Fuel Processing Technology,* **88,** 677-699

[87] www.epdk.gov.tr/lisans/petrol/bayilik/isleme.asp

[88] www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_fiyat.html

[89] www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_urtuk.html

[90] www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=1941&tb_id=2

[91] www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_urtuk.html

[92]www.mmf.gazi.edu.tr/journal/2007_1/DERGI%202007%20V22%20NO1%20_sayfa%2057-63_.pdf

[93] www.mam.gov.tr/etkinlikler/ee-calistay-sunuslari/tarim%20bakanligi.ppt

[94] **Austrian Biofuels Institute,** 2002. The Development of Biodiesel in Germany

[95] **Lieberz, S.,** 2002. Germany Oilseeds and Products, Biodiesel in Germany – An Overview

[96] www.ufop.de/downloads/Vehicles_Biodiesel.pdf

[97] **Scharmer, K.,** 2001. Biodiesel Energy-and Environmental Evaluation Rapeseed-Oil-Methyl-Ester, Berlin, Germany

[98] http://ffas.usda.gov/pecad2/highlights/2003/09/biodiesel3/index.htm

[99] www.ufop.de/downloads/PREMIA_Germany_biodiesel.pdf

[100] www.fas.usda.gov/gainfiles/200706/146291508.pdf

[101] www.nationalaglawcenter.org/assets/crs/RL30753.pdf

[102] www.biofuels-news.com/news/german_tax.html

[103] www.biodiesel.de/index.php3?hid=014123&spid=2

[104] www.agqm-biodiesel.de/_10____47.html

[105] www.ufop.de/2287.php

[106] **Bocker, D.,** 2008. Kişisel Görüşme

[107] www.mam.gov.tr/eng/institutes/ee/cnapril2008/sunu/biofusel.ppt

[108] www.ufop.de/downloads/Situation_Potential(1).pdf

[109] www.ufop.de/downloads/Growth_Market.pdf

[110] www.labbiokraftstoffe.de/downloads/PDF/fachinformationen/hohenheim_EN.pdf

[111] **Gaertner, O., S., Guido, A., R.,** 2005. Environmental Implications of Biodiesel (Life-Cycle Assessment), The Biodiesel Handbook

[112] www.albiyobir.org.tr/files/img_etk/e06-1008-UFOB-ALMANYA-eng.ppt

[113] **Krahl, J., Munack, A., Grope, Y., Schröder, O., Bünger, J.,** 2007. Emissions of Biodiesel and Vegetable Oil, Germany

ÖZGEÇMİŞ

İlhan Yüce 1980 yılında Bursa'da doğdu. İlkokul öğrenimini M. Akif Ersoy İlkokulu'nda, ortaokul öğrenimini Bursa Süleyman Çelebi Lisesi'nin ortaokul kısmında, lise öğrenimini ise Bursa Erkek Lisesi'nin süper lise kısmında tamamladı. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü / Otomotiv Kolu'ndan mezun oldu. Aynı yıl Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Otomotiv Programı'nda yüksek lisans yapmaya başladı. Halen NSK Deutschland GmbH'da Proje Mühendisi olarak çalışmaktadır.