T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞ ASİDİ METİL ESTERİ (YAME) KULLANIMININ DİZEL MOTOR YAKIT SİSTEMİ MALZEMELERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Sait ARAS
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OTOMOTİV ANABİLİMDALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU

KONYA – 2008

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞ ASİDİ METİL ESTERİ(YAME) KULLANIMININ DİZEL MOTOR YAKIT SİSTEMİ MALZEMELERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Sait ARAS

YÜKSEK LİSANS TEZİ
OTOMOTİV ANABİLİMDALI

Bu tez 17.06.2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir

Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU	**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**	**Yrd. Doç. Dr. Recai KUŞ**
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAĞ ASİDİ METİL ESTERİ (YAME) KULLANIMININ DİZEL MOTOR YAKIT SİSTEMİ MALZEMELERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Sait ARAS

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU

2008, 76 sayfa

Jüri: Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Yrd. Doç. Dr. Recai KUŞ

Bu çalışmada; halen dizel motorlarda yakıt olarak kullanılan motorinin yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarından biyodizelin kullanılması durumunda, dizel motorlardaki enjektörlerde oluşan aşınmaya yaptığı etkiler ile enjektör memesi açılma basıncı, yakıt yoğunluğu ve sistem debisindeki değişimler araştırılmıştır. Araştırmada bir dizel motoruna, elektrik motoru ile hareket verilerek 1000 saat süreyle biyodizel, yakıt sisteminde çevrim yaptırılmıştır.

Yapılan bu çalışma sonunda, aşınmadan kaynaklanan enjektör iğnesi çaplarında 0,005-0,008 mm azalma, enjektör iğnesinin ağırlıklarında 0,0004-0,0008 g azalma, enjektör memesi ağırlıklarında 0,0027-0,0064 g azalma, enjektör memesi açılma basıncında 3-5 bar azalma, yakıt debisinde 0,46 ml/s azalma ve yakıt yoğunluğunda 23 g/l artma olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, biyodizel, dizel motor, enjektör, aşınma.

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF USING OF OIL ACID METHYL ESTER TO METARIALS OF THE DIESEL ENGINE FUEL SYSTEM

Sait ARAS

Selcuk University
Institute of Science
Automotive Division

Supervisor: Prof.Dr. Necmettin TARAKCIOGLU
2008, 76 pages

Jury: Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Assist. Prof. Dr. Recai KUŞ

In this study, the effect of biodiesel to the injecting apparatus has been searched when it is used as renewable energy sources instead of diesel which has still been used in diesel engines. The effects on corrosion of injectors in diesel engines and the alteration of opening pressure of injunction nozzle, fuel density and flow rate of the system have been researched. In this research, a diesel engine powered by an electric engine worked for 1000 hours circulating the biodiesel through fuel system.

As a result of this work, a reduction of 0.005-0.008 mm at the diameter of injector shots, a reduction of 0,0004-0.0008 g at the mass of shots, a reduction of 0.0027-0.0064 g at the mass of the injector nipple, a 3-5 bar reduction at the opening compression of injecting nipple, a reduction of 0.46 mL/s at the fluency of the fuel and at the density of the fuel 23 g/L increase was observed.

Key Words: Energy, biodiesel, diesel engine, injectors, corrosion.

ÖNSÖZ

Biyodizelin emisyon ve yağlayıcılık açısından avantajları bilinmektedir. Motor parçalarındaki etkisi tam olarak bilinmemektedir. Yapmış olduğumuz çalışmanın ülkemizde ilk olduğunu düşünerek, elde ettiğimiz verilerin otomotiv firmalarına, biyodizel üreticilerine ve biyodizel konusunda yeni araştırmalar yapacaklara faydalı olmasını temenni eder,

Çalışmalarım sırasında desteğini ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, bana rehberlik eden Danışmanım Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU'na, Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin temini konusunda yardımcı olan Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT'e, her zaman bilgi ve deneyimlerini paylaşan Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nin Öğretim üyesi ve Araştırma görevlilerine, test düzeneğini oluşturmamda yardımını esirgemeyen mesai arkadaşım Zeki BULUT'a, enjektör kontrol ve ayarlarını yapmamda yardımlarını esirgemeyen Ertur Pazarlama Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Şirket Müdürü Mustafa TURGUT'a, laboratuarı kullanırken yardımlarını esirgemeyen Selçuklu ATL, TL ve EML Kimya Teknolojisi Alanı Öğretmenlerine ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Bu çalışmayı, çalışmam devam ederken doğan kızım Fatma Bade ARAS'a ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİL DİZİNİ vi
ÇİZELGE DİZİNİ viii
EKLER DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 1
1.1. Enerji 2
2. BİYOLOJİK YAKITLAR 4
2.1. Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) 4
2.2. Biyokütle 5
2.3. Biyodizel 6
2.3.1. Biyodizelin avantajları 6
2.3.2. Biyodizelin dezavantajları 9
2.4. Biyodizelde Yakıt Kalitesi ve Yakıt Özellikleri 9
2.4.1. Kış karışımı ve saklanması 12
2.4.2. Karışım oranlarının yağlamaya etkisi 12
2.4.3. Avrupa Birliğinin yıllara göre tavsiye ettiği karışım oranları 13
2.5. Biyodizelin Motora Etkileri 14
2.5.1. Biyodizelin malzemelerle uyuşabilirliği 14
2.5.1.1. Biyodizelin plastik malzeme uyumu 17
2.5.1.2. Biyodizelin metalik malzeme uyumu 17
2.5.1.3. Filtre değiştirme süresi (B100) 18
2.5.1.4. Sızdırmazlık elemanları 18
2.5.1.5. Çözücü etki ve madde uyumluluğu 19
3. YAKITLARDA ARANILAN ÖZELLİKLER 22
3.1. Viskozite (Akıcılık Derecesi) 22
3.2. Yoğunluk (Özgül Kütle) 22
3.3. Soğukta Akış Özelliği ve Donma Noktası 23
3.4. Süzülebilme Yeteneği 23

3.5. Işığa Dayanıklılık 23
4. DİZEL MOTOR YAKIT SİSTEMİ 24
4.1.Yakıt Deposu 24
4.2. Alçak Basınç Boruları 25
4.3. Rakorlar ve Sızdırmazlık Elemanları 25
4.4. Besleme Pompası 25
4.5. Filtreler 25
4.5.1. Metal elemanlı filtreler 26
4.5.2. Metal elemanlı olmayan filtreler 27
4.6. Yakıt Enjeksiyon Pompası 27
4.7. Yüksek Basınç Boruları 29
4.8. Enjektörler 29
4.8.1. Enjektör çeşitleri 30
4.8.2. Hidrolik enjektörün çalışması 31
4.8.3. Hidrolik enjektörün ayar şekilleri 31
4.8.4. Enjektör kontrolleri 32
4.8.5. Enjektör arızaları 33
4.8.6. Enjektör etiketleri ve anlamları 33
5. KAYNAK ARAŞTIRMASI 35
6. MATERYAL VE METOT 43
6.1. Materyal 43
6.2. Metot 48
7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 50
7.1. Enjektör İğnesi Çapındaki Değişim 50
7.2. Enjektör Memesi ve İğnesindeki Ağırlık Değişimi 51
7.3. Deney Ortamı ve Yakıt Sıcaklığındaki Değişim 53
7.4. Sistem Debisindeki Değişim 54
7.5. Yakıt Yoğunluğundaki Değişim 55
7.6. Enjektör Basınçlarındaki Değişim 55
8. SONUÇ VE ÖNERİLER 58
9. KAYNAKLAR 61
10. EKLER 66

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Alternatif yakıtların enerji tüketimindeki payı 2
Şekil 1.2. Dünya enerji ihtiyacı 3
Şekil 2.2. Biyodizelin teknik özellikleri 10
Şekil 2.2. Film oluşturma kabiliyeti (%) 13
Şekil 2.3. Biyodizelin motora etkileri 14
Şekil 2.4. Biyodizelin motor bloğu boyasına çözücü etkisi 19
Şekil 4.1. Yakıt deposu 24
Şekil 4.2. Yakıt filtresi 26
Şekil 4.3. Yakıt enjeksiyon pompası 28
Şekil 4.4. Yakıt enjeksiyon pompası çeşitleri 28
Şekil 4.5. Yüksek basınç boruları 29
Şekil 4.6. Enjektör 29
Şekil 4.7. Enjektör çeşitleri 30
Şekil 4.8. Enjektör ayar cihazı göstergesi 32
Şekil 6.1. Deney düzeneği 43
Şekil 6.2. Elektrik motoru etiketi 44
Şekil 6.3. Enjektörlerin yeni bağlantı şekli 44
Şekil 6.4. Yakıt deposu ve yakıt hortumları 45
Şekil 6.5. Test düzeneği 45
Şekil 6.6. Dijital mikrometre 46
Şekil 6.7. Hassas terazi 46
Şekil 6.8. Elle kumandalı enjektör deney ve ayar cihazı 47
Şekil 6.9. Mikroskop 48
Şekil 6.10. Dizel yakıt sisteminin şematik gösterimi 48
Şekil 6.11. Enjektör iğnesinin mikroskoptaki fotoğrafı 49
Şekil 7.1. Enjektör parçaları 50
Şekil 7.2. Enjektör iğne çapı-zaman grafiği 51
Şekil 7.3. Enjektör memesi ağırlık-zaman grafiği 52
Şekil 7.4. Enjektör iğnesi ağırlık-zaman grafiği 52
Şekil 7.5. Enjektör memesi ve iğnesinin ağırlık-zaman grafiği 53

Şekil 7.6. Ortam ve yakıt sıcaklığı-zaman grafiği 54
Şekil 7.7. Debi-zaman grafiği 54
Şekil 7.8. Yakıt yoğunluğu-zaman grafiği 55
Şekil 7.9. Enjektör memesi açılma basıncı-zaman grafiği 56
Şekil 7.10. Enjektör iğnelerinin başlangıçtaki fotoğrafları 56
Şekil 7.11. Enjektör iğnelerinin 400 saatlik çalışma sonundaki fotoğrafları 57
Şekil 7.12. Enjektör iğnelerinin 1000 saatlik çalışma sonundaki fotoğrafları 57
Şekil 8.1. Kalitesiz yakıt kullanımı sonucu enjektör iğnesinde oluşan korozyon 58

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Biyodizel de kullanılan doymuş asitlerin yapısal formülleri 5
Çizelge 2.2. Biyodizelin diğer yakıtlarla karşılaştırılması 7
Çizelge 2.3. Biyodizel Standardı (TSE EN 14214) 8
Çizelge 2.4. Motorin ve biyodizelin yakıt özellikleri 11
Çizelge 2.5. AB yıllara göre petrol dizeline minimum biyodizel karıştırma %'si 13
Çizelge 2.6. Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği 15
Çizelge 2.7. YAME kullanımı ile yakıt donanımında meydana gelebilecek muhtemel problemler 16
Çizelge 2.8. Biyodizelin plastik malzemelerle uyumu 17
Çizelge 2.9. Biyodizel metalik malzemelerle uyumu 18
Çizelge 2.10. Biyodizel kullanım garantisi veren motor üreticileri 21
Çizelge 7.1. Enjektör meme ve iğnesindeki ağırlık değişimi 51

EKLER DİZİNİ

Ek-1) I nolu enjektörün iğne çapındaki değişim 66
Ek-2) II nolu enjektörün iğne çapındaki değişim 66
Ek-3) III nolu enjektörün iğne çapındaki değişim 66
Ek-4) IV nolu enjektörün iğne çapındaki değişim 67
Ek-5) I nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim 67
Ek-6) II nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim 67
Ek-7) III nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim 68
Ek-8) IV nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim 68
Ek-9) I nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim 68
Ek-10) II nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim 69
Ek-11) III nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim 69
Ek-12) IV nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim 69
Ek-13) I nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği 70
Ek-14) II nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği 70
Ek-15) III nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği 70
Ek-16) IV nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği 71
Ek-17) Çalışmamış enjektör iğnesinin fotoğrafı 71
Ek-18) 50 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 71
Ek-19) 100 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 71
Ek-20) 150 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 71
Ek-21) 200 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 72
Ek-22) 250 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 72
Ek-23) 300 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 72
Ek-24) 350 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 72
Ek-25) 400 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 72
Ek-26) 450 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 73
Ek-27) 500 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 73
Ek-28) 550 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 73
Ek-29) 600 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 74

Ek-30) 650 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 74
Ek-31) 700 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 74
Ek-32) 750 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 75
Ek-33) 800 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 75
Ek-34) 850 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 75
Ek-35) 900 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 76
Ek-36) 950 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 76
Ek-37) 1000 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı 76

1. GİRİŞ

İnsanlar motorun icadından bu güne, her zaman motor performansını ve motor ömrünü artırmaya çalışmışlardır. Elektronik, bilgisayar ve makine alanındaki gelişmeler motorlarda da etkisini göstermiş, yüksek güç ve yüksek hız elde edilmiştir. Motor çalışmalarında dikkat çeken bir diğer husus ise yakıt sarfiyatını ve egzoz emisyonunu azaltma çalışmaları olmuştur.

Yapılan çalışmalarla yakıt sarfiyatı ve egzoz emisyonu minimuma indirilse de gelişen dünyada nüfus artışına paralel olarak araç sayısı da hızla artmaktadır. Bunun sonucunda da enerji tüketimi ve egzoz emisyonu hızla artmaktadır. Bu sebeple kendimiz ve geleceğimiz için "enerji ve emisyon" üzerinde durulması gereken en önemli hususlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son yıllarda, enerji ve emisyon alanında yapılan çalışmalar, insanları alternatif kaynak arayışı ve araştırmasına sürüklemektedir. Bu alternatif enerji kaynaklarından birisi de, yenilenebilir, çevreci bir dizel yakıtı olan Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) dir.

Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) konusunda yapılan çalışmalar daha çok Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin üretim yolları, üretim yöntemleri, emisyona ve performansa etkisi üzerine yoğunlaşmaktadır.

Günümüzde motorlu taşıt endüstrisinin temel enerji kaynağı petrol ürünleridir. Dünya petrol rezervlerinin belirli bölgelerde toplanmış olması, siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı zaman zaman petrol krizleri yaşanmasına neden olmuştur. Özellikle 1970'li yılların ortalarında yaşanan petrol krizi sonunda, petrol ürünleri piyasadan çekilmiş ve buna paralel olarak da fiyatının artmasına neden olmuştur. Petrol kaynaklarındaki olumsuzluklar, alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaşacağını göstermektedir (Ulusoy ve Alibaş 1999).

Dünyanın her yanında, kara ve deniz altının çeşitli derinliklerinde çok uzun yıllar önce hayvansal ve bitkisel artıkların ayrışması sonucu oluşan, hidrokarbon birikimleri mevcuttur. Hidrokarbonlar, hidrojen ve karbon bileşikleri olup, normal sıcaklık ve basınç şartlarında gaz, sıvı ve katı hallerde bulunurlar (Hani 2002).

Petrol, en geniş tanımı ile yeryüzünde doğal olarak mevcut bulunan tüm

hidrokarbonları kapsar. Bileşiminde az miktarda kükürt (S), azot (N), oksijen (O) ve çeşitli mineralleri ihtiva eder. Daha dar ve ticari anlamda ise petrol;

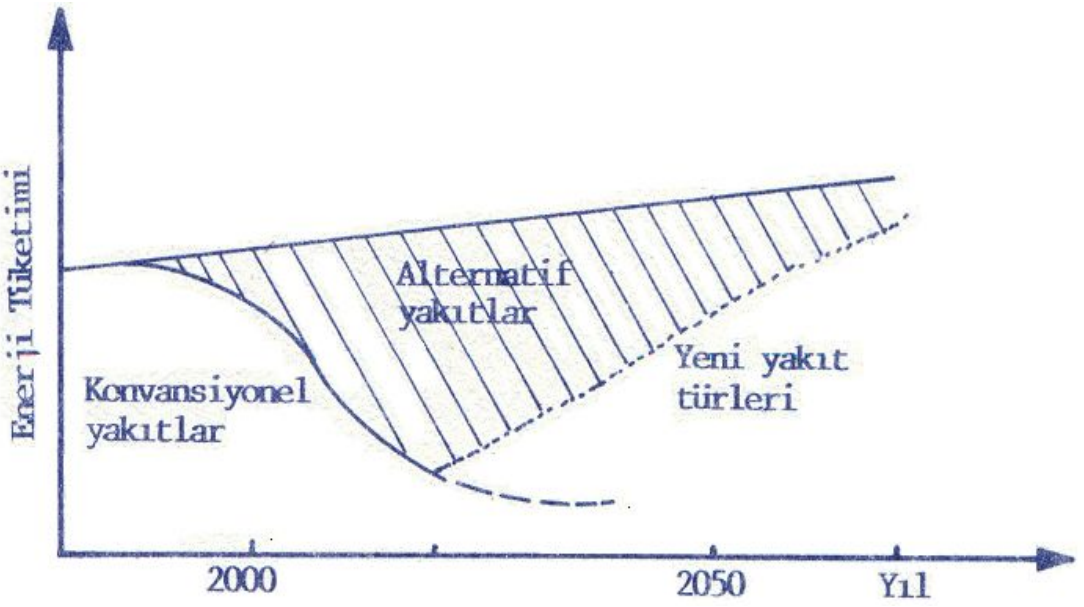
a) Ham petrol (crude oil) denilen sıvı birikimler

b) Doğalgaz (natural gas) adı verilen gaz birikimler

c) Bileşimine göre asfalt, mum ve bitum olarak adlandırılan katı birikimler olarak tanımlanabilir (Hani 2002).

1.1. Enerji

Bir sistemin, kendisi dışındaki etkinlik üretme yeteneğidir (Max Planck). Erke olarak ta tanımlanabilen enerji, bir sistemin iş ve ısı verme yeteneğidir (Acaroğlu 2007).



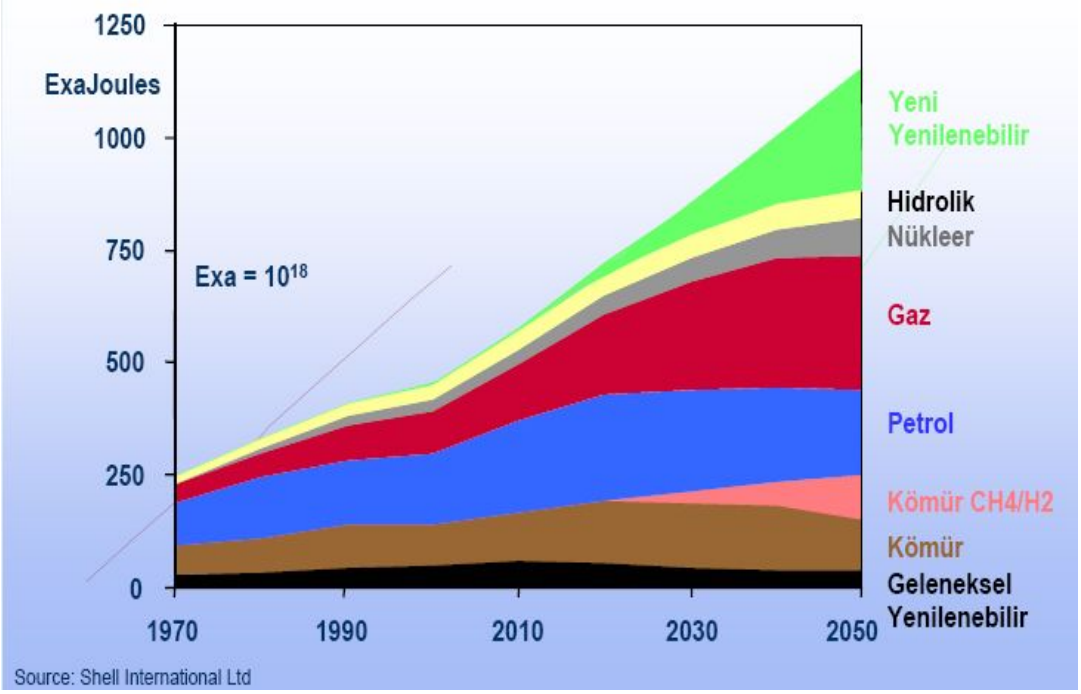
Şekil 1.1. Alternatif yakıtların enerji tüketimindeki payı (Borat ve ark. 1994)

Petrol ve doğal gazın tahmin edilen rezervleri yaklaşık olarak 8,000 EJ (1EJ= 10^{18}J) olup, ancak 40 yıl kadar yeterli görülmektedir. Dünya nüfus artışının yükselmesiyle beraber, enerji talebinin de artması tahmin edilen bu 40 yılın gerilemesine neden olmaktadır. Bu gerilemenin yaklaşık olarak 25 yıla kadar düşebileceği kanısına varılmıştır. Şekil 1.1'de görüldüğü gibi konvansiyonel yakıtların azalması, alternatif yakıtların hatta ilerleyen yıllarda yeni yakıt türlerinin

bulunmasını zorunlu kılacaktır.

Halen dünyada tüketilen enerjinin %90'ına yakını fosil kökenli kaynaklardan temin edilmektedir. Fosil kökenli yakıtların (petrol, kömür vb) emisyon değerlerinin uygun olmayışı, gelecek için yeni önlemleri ve yeni arayışları mecbur kılmaktadır. Nüfusun yoğun olduğu bölgelerde bu kirletici bileşikler, insan sağlığı açısından çok önemli problemlere yol açmaktadır.

Tüm bu sebeplerden dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her geçen gün artmaktadır.



Şekil 1.2. Dünya enerji ihtiyacı

Şekil 1.2'deki Dünya Enerji İhtiyacını gösteren grafik incelendiğinde 2030-2050 yıllarında yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç dikkat çekecektir.

Günümüzde ham petrolün varil fiyatının 130USD civarında olduğu (http://www.opec.org/home/basket.aspx 16.06.2008) ve petrol rezervlerinin belirli yerlerde toplandığı düşünülürse, Fosil kökenli yakıtların ekonomiler üzerinde oluşturduğu baskı ve olumsuz etkilerin büyüklüğü daha iyi anlaşılacaktır.

2. BİYOLOJİK YAKITLAR

Bitkisel veya hayvansal birçok ürün veya atıklar karbon-hidrojen-oksijen bileşenlerinden müteşekkil bir yapıya sahiptir. Bu ürün veya artıkların motor yakıtı olarak kullanılmaları, mevcut yapılarının daha önce bahsedilen hidrokarbon, alkol, tabi gaz ve amonyak haline dönüştürülmesiyle mümkündür (Borat ve ark. 1994).

Günümüzde sıvı biyoyakıtların en yaygın olanları biyoetanol ve biyodizeldir. Biyodizel, ham ya da atık bitkisel yağlardan ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntemler yardımıyla elde edilen çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli dizel motor yakıtıdır (Taşyürek 2005).

2.1. Yağ Asidi Metil Esteri (YAME)

Bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilen, uzun zincirli yağ asidi alkil esterleri (genellikle metil esteri) yapısında ve uluslar arası standartlar tarafından tarif edilen üründür.

Yağ; gliserol ve yağ asitlerinin birleşmesi ile oluşan gruptur.

Yağ asitleri; karbon, oksijen ve hidrojen moleküllerinin birbirlerine bağlanması ile oluşan yağların temel üniteleridir.

Tekli doymamış yağ asitleri; yağ asidinde bulunan karbon molekülleri arasındaki çift bağın kırılmasıyla oluşur. Bu yağ asitlerinden zengin yağlar oda sıcaklığında sıvı formdadır. Kanola, fındık ve zeytinyağı bu yağ asitlerinden zengindir.

Çoklu doymamış yağ asitleri; yağ asidinde bulunan karbon molekülleri arasında birden fazla çift bağın kırılmasıyla oluşur. Oda sıcaklığında sıvı veya yumuşak formdadır. Mısır, aspir, soya ve ayçiçeği yağları bu yağ asidinden zengindir.

Doymuş yağ asitleri; yağ asitlerinde karbon molekülleri arasında hidrojen bağlarında kırık olmama durumudur. Hayvansal kaynaklı besinlerden kırmızı et, tavuk, tereyağı, süt ile bitkisel besinlerden palmiye ve palmiye tohumu yağı bu yağ asidinden zengindir. Bazı doymuş yağ asitlerinin kimyasal yapısı çizelge 2.1'de verilmiştir.

Bitkisel yağlar dünyada endüstride ham materyal olarak ve yiyecek amaçlı kullanılmaktadır. Son yıllarda dünya yağ üretimi 100 milyon tonu aşmış neredeyse bunun hepsi yiyecek amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Yeryüzünde 4000'den fazla yağı çıkarılan bitki çeşidi vardır. Ürünler tarımsal girdiler ve yetiştirme tekniklerine göre farklılıklar göstermektedir (Acaroğlu, 1998).

Çizelge 2.1. Biyodizel de kullanılan doymuş asitlerin yapısal formülleri (Taşyürek 2005)

Doymuş yağ asidi adı	**Karbonların ve çift bağ numaraları**	**Kimyasal yapı (çift bağlıların yerini gösterir.)**
Caprylik	C8	$CH_3(CH_2)_6COOH$
Capric	C10	$CH_3(CH_2)_8COOH$
Lauric	C12	$CH_3(CH_2)1_0COOH$
Myristic	C14	$CH_3(CH_2)1_2COOH$
Palmitic	C16:0	$CH_3(CH_2)1_4COOH$
Palmitoleic	C16:1	$CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
Stearic	C18:0	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
Oleic	C18:1	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
Linoleic	C18:2	$CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
Linolenic	C18:3	$CH_3(CH_2)_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$
Arachidic	C20:0	$CH_3(CH_2)1_8COOH$
Eicosenoic	C20:1	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_9COOH$
Behenic	C22:0	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$
Eurcic	C22:1	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)11COOH$

2.2. Biyokütle

İhtiva ettiği enerjiyi kazanmak için yakıt olarak kullanılabilen tarım veya ormancılıktan sağlanan bitkisel bir maddenin kendisi, tamamı yâda bir kısmından elde edilen ürünlerdir. Bu ürünler tarım ve ormancılık kaynaklı bitkisel atıklar, gıda işleme sanayinden kaynaklanan bitkisel atıklar, ham kâğıt hamuru ve hamur kâğıt üretiminden kaynaklanan bitkisel atıklar, şişe mantarı, ahşap atıklarını, (Ahşap koruyucuları tatbik edilmiş veya kaplama işlemine bağlı olarak halojenli organik birleşikler ihtiva eden ve bu tür atıkları içeren özellikle inşaat ve yıkımdan kaynaklanan ahşap atıklar hariç) ifade eder (Resmi Gazete 25606, 2004).

2.3. Biyodizel

Her türlü biyolojik orijinli yağların bir katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan ürünü, ifade eder (Çevre ve Orman Bakanlığı)

Biyodizel, bitkisel yağlardan, geri dönüşümü yapılmış yemek yağlarından ya da hayvansal yağlardan elde edilen bir yakıttır. Bu yakıt kimyasal olarak yağ asidi metil esterlere (YAME) çevrilmiş 14 farklı türden yağ asidi içerir. Besin stokunda bulunan her bir yağ asidi metil esterlerin değişik parçaları yakıtın özelliğine etki eder. Doymuşluğun yüksek seviyeleri (C14-C16-C18) bulutlanma noktasını yükseltir. Setan sayısını yükseltir, NO_x'i azalır ve dengeyi ilerletir. Daha fazla doymamışlar (C18:2 - C18:3) bulutlanma noktasını azaltacak, dengeyi azaltacak (denge katkısı bulunmazsa) ve NO_x'i yükseltecektir.

Biyodizel yakıtları yâda karışımları benzinli motorlarda kullanılmamalıdır. Biyodizel ve karışımları dizelle çalışan araçlarda, traktörlerde, kamyonlarda, botlarda, gemi, yat gibi deniz araçlarında, sulama sistemlerinde, elektrik jeneratörlerinde ve dizelin tipik olarak kullanıldığı yerlerde kullanılabilir.

2.3.1.Biyodizelin avantajları

- Yenilenebilir karakterlidir, yerel imkânlarla üretilebilir.
- Dünyanın sadece bazı yerlerindeki kaynaklara bağlı olmadığı ve gerekli ağaçlar ve bitkiler tekrar yetiştirilebildiği için ekonomik ve ulusal çıkarlara çok uygundur.
- Biyolojik olarak ayrışabilir ve zehirli değildir. Yapılan testlere göre kolzadan elde edilmiş biyodizelin 21 günde %99,6'sının ayrıştığı görülmüştür.
- Emisyonlarında karbon monoksit, partikül madde, yanmamış hidrokarbon daha azdır ve aromatik bileşikler ile kükürt hemen hemen hiç yoktur.
- Motorinle karşılaştırıldığında CO_2 atmosferde birikime ve bunun sonucunda da sera etkisine neden olmaz. Çünkü biyodizelin yanması sonucu oluşan CO_2 biyodizelin elde edildiği bitkiler tarafından kullanılır.
- Parlama noktası motorine göre daha yüksektir. Bu özellik biyodizeli

taşıma ve kullanımda güvenli yapar.

- Biyodizel ağırlıkça %11 oksijen içerir.
- Biyodizel, motorine göre daha iyi bir yağlayıcı olduğundan motor ömrünü uzatır.
- Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilir
- SO_2 emisyonu ve bu emisyona bağlı olarak oluşan asit yağmuru gerçekleşmemektedir.
- Anti-toksin etkilidir.
- Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozulabilir.
- Kanserojen madde ve kükürt içermez.
- Yağlayıcılık özelliği performansı mükemmeldir.
- Biyodizelin setan sayısı dizelin setan sayısından daha yüksek olduğu için motor daha az vuruntulu ve daha az hararetle çalışır.
- Stratejik özelliklere sahiptir (Acaroğlu 2007, Afacan 2005, Öğüt ve Oğuz 2006, Karaosmanoğlu 2007, www.ceyhanbiodiesel.com 2007).

Biyodizel ve diğer bazı yakıtların çeşitli kriterlere göre kıyaslaması çizelge 2.2'de verilmiştir. Çizelgede toplamda, biyodizelin motorine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.2. Biyodizelin diğer yakıtlarla karşılaştırılması (Acaroğlu 2007)

	Motorin	**CNG**	**LNG**	**Metanol**	**Etanol**	**Biyodizel**
Taşıt masrafı	**10**	5	5	5	5	**10**
Altyapı sistemi	**10**	2	5	5	5	**10**
Güvenlik (emniyet)	**7**	4	3	1	3	**8**
Çalışma aralığı	**10**	5	10	10	10	**10**
Çalışma masrafı	**10**	5	7	5	5	**7**
Güvenilirlik	**10**	7	5	3	3	**10**
Müşterinin uygun bulması	**5**	8	8	8	9	**8**
Fon desteği	**1**	10	2	0	2	**2**
Eğitim masrafı	**10**	5	5	5	5	**10**
Yakıtın bulunabilirliği	**10**	10	5	5	5	**6**
Yakıt kalitesi (yakıt fiyatı)	**9**	5	10	8	8	**9**
Stabilize	**6**	8	8	6	6	**6**
TOPLAM	**98**	**74**	**73**	**61**	**66**	**96**

Çizelge 2.3. Biyodizel standardı (TSE EN 14214)

Özellik	Birim	Limitler		Test yöntemi
		En Az	En Çok	
Ester içeriği	% (m/m)	96.5		pr EN 14103
Yoğunluk 15°C'de	kg/m^3	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite 40°C'de	mm^2/s	3.5	5.0	EN ISO 3104
Parlama noktası	°C	120	-	ISO/CD 3679
Kükürt içeriği	mg/kg	-	10	
Karbon kalıntısı (% 10'un üzerinde distilasyon artığı)	% (m/m)	-	0.3	EN ISO 10370
Setan sayısı		51.0		EN ISO 5165
Kül içeriği	% (m/m)	-	0.02	ISO 3987
Su içeriği	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Toplam bulaşma	mg/kg	-	24	EN 12662
Bakır çubuk korozyonu	50°C'de 3h	oran	1	EN ISO 2160
Oksidasyon dengesi 110 °C'de	saat	6.0	-	pr EN 14112
Asit değeri	mgKOH/g		0.5	pr EN 14104
İyot sayısı			120	pr EN 14111
Linolik asit				
Metil ester	% (m/m)		12	pr EN 14103
Polidoymamış(>=4 çift bağ) metil ester	% (m/m)		1	
Metanol içeriği	% (m/m)		0.2	pr EN 14105
Monogliserid içeriği	% (m/m)		0.8	pr EN 14105
Digliserid içeriği	% (m/m)		0.2	pr EN 14105
Trigliserid içeriği	% (m/m)		0.2	pr EN 14105
Serbest gliserol	% (m/m)		0.2	pr EN 14105 pr EN 14106
Toplam gliserol	% (m/m)		0.25	pr EN 14105
Alkali metaller (Na+K)	mg/kg		5	pr EN 14108 pr EN 14109
Fosfor içeriği	mg/kg		10	pr EN 14107

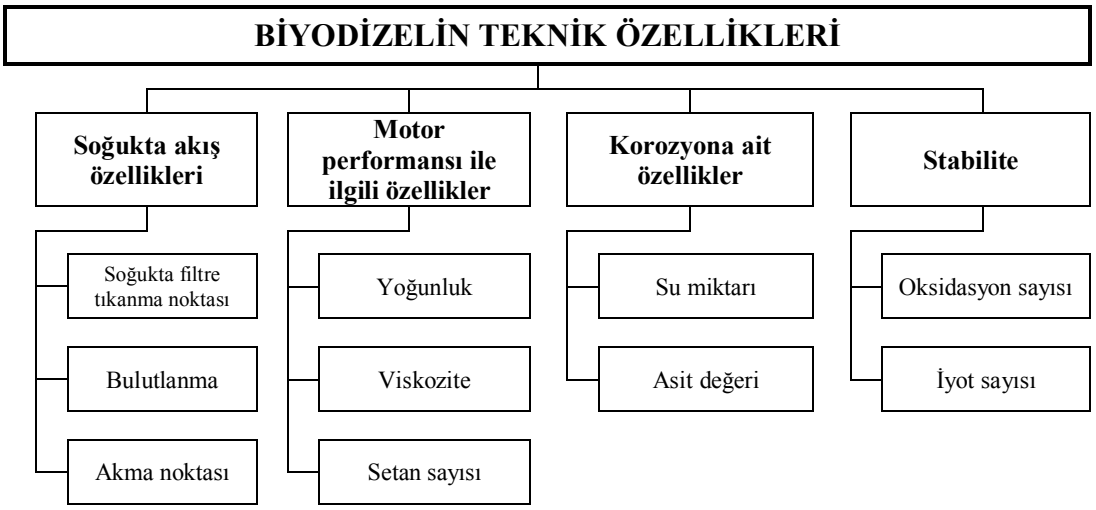
2.3.2.Biyodizelin dezavantajları

- Isıl değeri motorine göre biraz düşüktür. Bu durum motordaki yanma sonucunda bir miktar güç düşmesine yol açar.
- Soğuk hava şartlarından motorine göre daha çabuk etkilenir. Bu durum biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlandırıcı bir faktördür.
- Azot oksit (NO_x) emisyonları motorine göre daha yüksektir.
- Yakıt tüketimi hacim esasında %11, ağırlık esasında ise %5-6 daha fazladır.
- Saf (B100) kullanım durumunda ise motor malzemelerinde özellikle yakıt donanımındaki hortum, bağlantı elemanı ve contaların uygun malzeme ile değiştirilmesi gerekir.
- İthalat fiyatı daha yüksektir.
- İyot sayısı yüksektir, bu da motorda tahrifat yapar.

(Acaroğlu 2007, Cabbar 2005, www.ceyhanbiodiesel.com 2007, Öğüt ve Oğuz 2006).

2.4. Biyodizel de Yakıt Kalitesi ve Yakıt Özellikleri

Biyodizelin parlama noktası oldukça yüksektir (150°C'den daha yüksektir) YAME'ler uçucu değildir. Üretim sürecinde kullanılan metanol fazlalığının üreticisi tarafından alındığını emin olmak için D93'ün sınırı 100°C'ye ayarlanmıştır. Yakıt içerisinde kalan metanolun çok az miktarı parlama noktasını azalttığı için bir güvenlik sorunudur. Metanol aynı zamanda yakıt pompalarında; tıkanlıklara, elastomerlere etki edebilir ve zayıf yanma özellikleri ile yol açabilir (Taşyürek 2005). Biyodizelin teknik bazı özellikleri Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Biyodizelin teknik özellikleri (Öğüt ve Oğuz 2006)

Sülfatlı kül testleri bütün üretim katalizörlerin temizlendiğine garanti eder. Yakıttaki yüksek seviyeli üretim katalizörleri enjektör birikintilerine yâda filtre tıkanmalarına yol açabilir. Yakıt bekletilirse veya düzgün olarak üretilmezse asit numaraları yükselebilir. Asidik özellikleri %10'dan yüksek olanların yakıt sistemindeki atıklarla, yakıt pompalarının ve filtrelerinin ömrünü kısalttığıyla ilgisinin olduğu gösterilmiştir (Taşyürek 2005).

Bulutlanma noktasının bir sınırı yoktur ancak alıcıya bildirilmelidir. Soğukta filtre tıkanma noktası, biyodizelin soğuk hava performansından daha doğru bir testtir. Eğer bir biyodizel karışımı kullanıyorsanız kış aylarında biyodizelin nasıl bir performans göstereceğiyle ilgili doğru bir tahmin, biyodizelle kış dizelini karıştırarak test etmeyi gerektirebilir.

Çizelge 2.4. Motorin ve biyodizelin yakıt özellikleri (Acaroğlu 2007, Öğüt ve Oğuz 2006)

MOTORİN VE BİYODİZELİN YAKIT ÖZELLİKLERİ		
Yakıt Özelliği	**Motorin**	**Biyodizel**
Yakıt standardı	TS EN 590	ASTM PS 121
Yakıt bileşimi	C10 – C21 EC	C12 – C22 FAME
Alt ısıl değer (MJ/l)	36,6	32,6
Alt ısıl değeri, Btu/gal	131,295	117,093
Kinematik viskozite (40 ºC)	1,3 – 4,1	1,9 – 6,0
Özgül ağırlık (15 ºC)	0.85	0.88
Yoğunluk, lb/gal 15°C	7.079	7.328
Su (ppm)	161	Maks. %0.05
Karbon (ağırlığın %si)	87	77
Hidrojen (ağırlığın %si)	13	12
Oksijen (ağırlığın %si)	0	11
Kükürt (ağırlığın %si)	Maks. %0.05	0.0 – 0.0024
Kaynama noktası (ºC)	118 – 343	182 – 338
Parlama noktası (ºC)	60 – 80	100 – 170
Bulutlanma noktası (ºC)	-15 … +5	-3… +12
Akma noktası (ºC)	-35… -15	-15… +10
Setan sayısı	40 – 55	48 – 65
Hava/Yakıt oranı	15	13.8
Yağlayıcılık	Çok Düşük	Oldukça İyi
Biyolojik Ayrışabilirlik	Zayıf	Kolayca Ayrışabilir
Aromatikler	% 18-22	Aromatik İçermez
Toksit	Yüksek	Toksit Değil
BOCLE Scuff, gram	3,600	>7,000
HFRR, mikron	685	314

Genel olarak biyodizel 15 ppm'den daha az sülfür içerir.

Dizel yakıtında aromatikler için yapılan test Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) için doğru olmayabilir. Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) aromatik içermez.

Günümüzde Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) yakıt kalitesini karışım yapılmadan önce test edebiliriz, dizel yakıtıyla karışım yapıldıktan sonra yapamayız. Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) bir kez karıştırıldıktan sonra o yakıtın başlamak için iyi bir yakıt olup olmadığına karar vermek zordur.

2.4.1. Kış karışımı ve saklanması

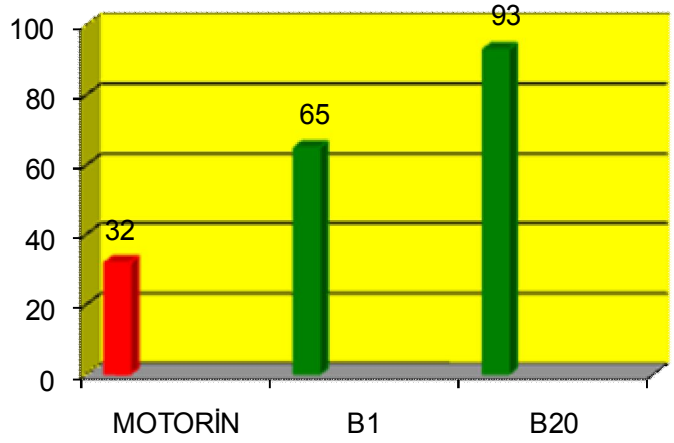
Herhangi bir dizel yakıtı gibi Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) de düşük derecelerde jel haline gelebilir. Yakıttaki doymuş yağ bileşenlerinin seviyesine bağlı olarak Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin bazı türleri diğerlerinden daha yüksek derecelerde donar.

- Saf Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) en azından yakıtın akma noktasından 15°C daha yüksek sıcaklıkta saklanmalıdır
- Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) ve dizel karışımları karıştırılan yakıtın akma noktasının 15 °C üstünde saklanmalıdır.
- Karışımı yapılmış yakıtlar çoğu iklimde zeminin altında saklanabilir. Zemin üstündeki depolamalarda hava sıcaklığı sık sık yakıtın akma noktasının altına düşüyorsa özel önlemler göz önünde bulundurulmalıdır (Taşyürek 2005).
- Yağ Asidi Metil Esteri (YAME)in soğuk iklim şartlarında kullanımını kolaylaştırmanın en basit yolu Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin artık metanol miktarını artırmaktır. Ancak bu durum Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin parlama noktasını düşüreceği için önerilmez. Bunun için en iyi çözüm katkı maddelerinin kullanılmasıdır (Öğüt ve Oğuz 2006).

2.4.2. Karışım oranlarının yağlamaya etkisi

Motorinin yağlayıcılık özelliği oldukça düşüktür. Buna karşılık Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin yağlama özelliği yüksektir. Motorine %1 Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) karıştırıldığında film oluşturma kabiliyeti %65, %20 Yağ Asidi Metil

Esteri (YAME) karıştırıldığında %93'e yükselmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Film oluşturma kabiliyeti (%)
(https://www.agecon.purdue.edu/cab/research/articles/biodiesel.pdf ; Öğüt 2005)

2.4.3. Avrupa Birliğinin yıllara göre tavsiye ettiği karışım oranları

Global anlamda;

- Tüketilen motorine % 2 oranında katılacak Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin dünya ham petrol fiyatlarını % 1 oranında ucuzlatacağı,
- Tüketilen fosil yakıtların içine % 1 oranında Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) katılması halinde 45.000 – 75.000 kişiye yeni iş imkânı sağlayacağı hesaplanmaktadır.

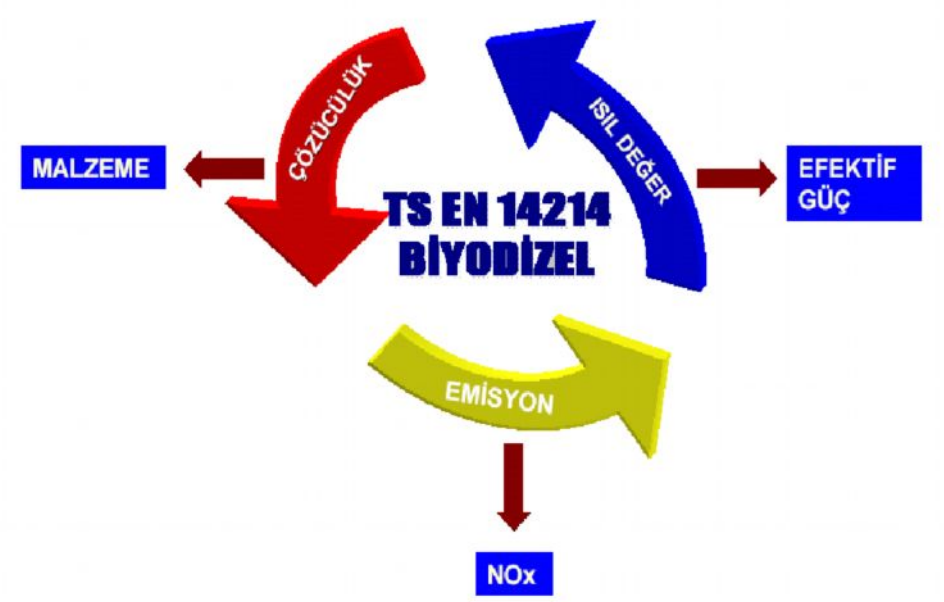
Çizelge 2.5. AB Yıllara göre petrol dizeline minimum biyodizel karıştırma mecburiyet %'si *(http://europa.eu.int/comm/energy/library/biofuels-en-press-kit)*

2005	2006	2007	2008	2009	2010
2	2,75	3,5	4,25	5	5,75

Bu nedenle, Avrupa Birliği çizelge 2.5'de görüldüğü gibi hava kirliliğini azaltmak için, her geçen yıl motorine biyodizel karışım oranını artırmaktadır. Bu oranlar AB'nin tavsiyesi olmakla beraber ilerleyen yıllarda mecburiyet kazanması kaçınılmaz olacaktır.

2.5. Biyodizelin Motora Etkileri

Biyodizelin motora etkisi üç ana başlıkta incelenebilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Biyodizelin motora etkileri (Öğüt ve ark. 2006)

2.5.1. Biyodizelin malzemelerle uyuşabilirliği

Biyodizel orta dereceli bir çözücüdür. Boyanmış yüzeylerle temas ettiğinde bazı boyaları çözebilmektedir. Daha önceden motorinden kaynaklanan sediment ve tortuları çözerek yakıt filtresinin hatta enjektörlerin tıkanması gibi problemlerle karşılaşılabilmektedir.

Pirinç, bronz, bakır, kurşun, kalay ve çinko dizel yakıtı ve biyodizel ile okside olabilir ve tortulaşma meydana getirebilir. Bakır borular, pirinç regülâtörler ve bakır rakorlarda kurşun ve çinko kaplamalardan kaçınmalıdır. Yakıt veya rakorlar renk değiştirmeye meyleder ve tortu meydana gelerek filtreye ulaşır. Zarar görmüş parçalar çelik veya alüminyum olanı ile değiştirilmelidir. Uygun yakıt deposu malzemesi alüminyum, çelik, fluorinat, polietilen, fuorinatlı poliproblen ve teflon olmalıdır (Tyson 2001).

Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin motorine alternatif olarak kullanılması durumunda çeşitli metal, kauçuk ve plastik parçalar üzerindeki korozif etkisi de bazı araştırmacılarca incelenmiştir. ABD-Pretoria Üniversitesi'nde ayçiçeği ester

ürünlerinin muhtelif maddeler üzerindeki korozif etkisinin araştırıldığı bir çalışmada çelik, pik demir, alüminyum, pirinç, bakır, galvanize çelik ve paslanmaz çelik gibi metallerdeki korozyona bağlı ağırlık kaybının 1µm/yıl olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, püskürtme pompası ve kontrol bağlantıları üzerinde yapılan incelemelerde de korozyona ait hiçbir belirtiye rastlanmadığı bildirilmektedir.

Çizelge 2.6. Biyodizel ile malzemelerin uyuşabilirliği(Tyson 2001)

Malzeme	**Biyodizelin % karışım oranı**	**Etkinin dizel yakıtı ile karşılaştırılması**
Teflon	B100	Çok az değişme
Naylon 6/6	B100	Çok az değişme
Nitril	B100	%20 Sertleşmede azalma %18 Şişme artışı
Viton A401-C	B100	Çok az değişme
Viton GFLT	B100	Çok az değişme
Flurosilikon	B100	Sertlikte çok az değişme %7 Şişme artışı
Poliüretan	B100	Sertlikte çok az değişme %6 Şişme artışı
Polivinly	B100	%10 Sertlikte azalma %8-15 Şişme artışı
	B50	Kötü
	B40	Kötü
	B30	Kötü
	B20	Benzer
	B10	Benzer
Tygon	B100	Kötü

Ayçiçeği yağı metil esteriyle gerçekleştirilen başka bir motor performansı çalışması sonunda metal parçalarda korozyona rastlanmadığı ancak tüm plastik aksamın setleşme eğilimi ve mukavemette düşme gösterdiği bildirilmektedir. Ester yakıtın tüm kauçuk parçalarda tahrip edici özellik gösterdiği, Viton A kauçuğun tasarım açısından en uygun kauçuk olduğu belirtilmektedir. Ester yakıtların uzun süreli temas sonucunda, boyalar üzerinde çözücü etkisi yaptığı, bunun göz önünde tutularak gerekli aksama dayanıklı boya uygulamasının faydalı olacağı vurgulanmaktadır (Işığıgür 1992).

Çizelge 2.7 YAME kullanımı ile yakıt donanımında meydana gelebilecek muhtemel problemler (Karahan 2005, Öğüt ve Oğuz 2006)

YAKIT KARAKTERİSTİĞİ	ETKİ	SONUÇ
Yağ Asidi Metil Esteri (YAME)	Nitril kauçuk içeren bazı elastomerlerin yumuşaması, şişmesi veya sertleşme ve çatlaması (Fiziksel etki elastomer bileşimine bağlıdır) Dizel yakıtı ile çalışması esnasında biriken kalıntıların taşınması	Yakıt Sızıntısı Filtre Tıkanması
YAME' deki serbest metanol	Alüminyum ve çinkolarda korozyon Düşük parlama noktası	Yakıt püskürtme donanımında korozyon
YAME işlemlerinin kimyasalları	Potasyum veya sodyum ve sertliği alınmış suyun girişi Çinko gibi demir olmayanları hemen korozyona uğratan serbest yağ asitlerinin girişi organik asitli tuz formu (sabunlar) sedimantasyon	Filtre tıkanması Yakıt püskürtme donanımında korozyon Filtre tıkanması Yapışkan parçaların taşınması
Serbest su	YAME'nin metanol ve yağ asidine dönüşmesi Korozyon Bakteri çoğalmasının devam etmesi Yakıtın elektrik iletkenliğinin artması	Yakıt püskürtme donanımında korozyon Filtre tıkanması
Serbest Gliserin	Demir olmayan metallerin korozyonu Selüloz filtrelerin ıslanması Hareketli parçalar üzerindeki tortular	Filtre tıkanması Enjektör tıkanması
Mono Di ve Trigliserid	Gliserine benzer	Enjektör tıkanması Yakıt püskürtülmesinde Sapmalar, akışın azalması
Yüksek elastikiyet modülü	Enjeksiyon basıncının artması	Servis ömründe azalma
Düşük sıcaklıkta yüksek viskozite	Rotary tip distribütör pompalarındaki bölgesel aşırı ısı üretimi Parçaların daha yüksek gerilimi	Yakıt dağıtımında problemler Pompa sıkışması Ömürde kısalma Fakir atomizasyon
Katı pislik ve partiküller	Potansiyel yağlama problemleri	Servis ömründe azalma Meme yuvalarında aşınma Tıkanmış memeler
Katkılar- Oksidasyon Ürünleri		
Korozif asitler (formik ve asetik)	Bütün metal parçaların korozyonu	Yakıt püskürtme donanımında korozyon
Yüksek molekülerli organik asit	Yağ asidine benzer	
Polimerizasyon Ürünler	Yakıt karışımlarından kaynaklanan tortu, çökelme, polimerizasyon ürünlerinin reçineleşmesi	Filtre tıkanması Sıcak alanlardaki çözülmüş polimerler vasıtasıyla cila formu
Alkali ve earth alkali iyonlar	Serbest yağ asidi varlığında sabun oluşumu	Filtre tıkanması, enjektör memelerinde ve sabit elemanlarda tortu oluşumu
Serbest Yağ Asidi	Sabun oluşumu	Filtre tıkanması

Çizelge 2.7 incelendiğinde, YAME kullanımının motorda oluşturduğu sonuçların genellikle filtre tıkanması, yakıt püskürtme sisteminde korozyon ve enjektörde tıkanma olduğu görülmektedir.

2.5.1.1.Biyodizelin plastik malzeme uyumu

Biyodizel doğal kauçukla uyumsuzdur. Yakıt sistemi ve motor da kullanılan özellikle contalar başta olmak üzere, diğer plastik aksamlarda uygun malzeme kullanılmalıdır.

Çizelge 2.8. Biyodizelin plastik malzemelerle uyumu (Öğüt ve ark. 2006)

<table>
<tr><th colspan="3">Biyodizelin Plastik Malzeme Uyumu</th></tr>
<tr><td>Uyumsuz</td><td>DOĞAL KAUÇUK</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Uyumlu</td><td>VİTON®
(GFLT, A401-C)</td></tr>
</table>

2.5.1.2.Biyodizelin metalik malzeme uyumu

Biyodizel pirinç, bronz, bakır, kursun, kalay ve çinko gibi metallerle uyumsuzdur. Bu sebeple motor üreticileri ve servisleri; imalat, tamir ve bakımlarda; yakıt sisteminde kullanılan boru, rakor ve sızdırmazlık pullarında özellikle bu malzemelerden kaçınmalıdırlar. Bunların yerine, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılmalıdır.

Çizelge 2.9. Biyodizelin metalik malzemelerle uyumu (Öğüt ve ark. 2006)

Biyodizelin Metalik Malzeme Uyumu	
UYUMLU	**UYUMSUZ**
Paslanmaz Çelik	Pirinç
Karbon Çeliği	Bronz
Alüminyum	Bakır
	Kurşun
	Kalay
	Çinko

2.5.1.3. Filtre değiştirme süresi (B100)

Saf biyodizel (B100), motorinin yakıt deposunun yüzeylerinde ve borularda oluşturduğu kalıntıları çözer. Serbest kalan bu kalıntılar filtreyi tıkar. Bu nedenle saf biyodizel kullanımından bir gün sonra filtrenin değiştirilmesi gerekir. B20 kullanım şeklinin böyle bir etkisi olduğuna dair bir bulgu yoktur. Filtre tıkanması motorda; çekişte azalma, yakıt sarfiyatının artması, hararet ve yakıt sisteminin hava yapması gibi arızalara sebep olur.

2.5.1.4. Sızdırmazlık elemanları

Sızdırmazlık elemanı imalatında yaygın olarak, Elastomer ve plastomerler kullanılmaktadır.

Termik motorlarda sızdırmazlık elemanlarında elastomer (NBR-Bütadien Nitril Rubber) malzemelere rastlanmaktadır.

Akışkanlara temas eden elastomer elemanlar malzemelerine bağlı olarak hacimsel olarak değişikliğe uğrar.

VİTON® :Biyodizel kullanımında; yakıt donanımındaki sızdırmazlık elemanları için Viton malzeme önerilmektedir.

Viton ilk defa 1950 yılında Du Pont tarafından geliştirilen, yağ ve kimyasallara karşı yüksek dirençli, sentetik bir kauçuktur.

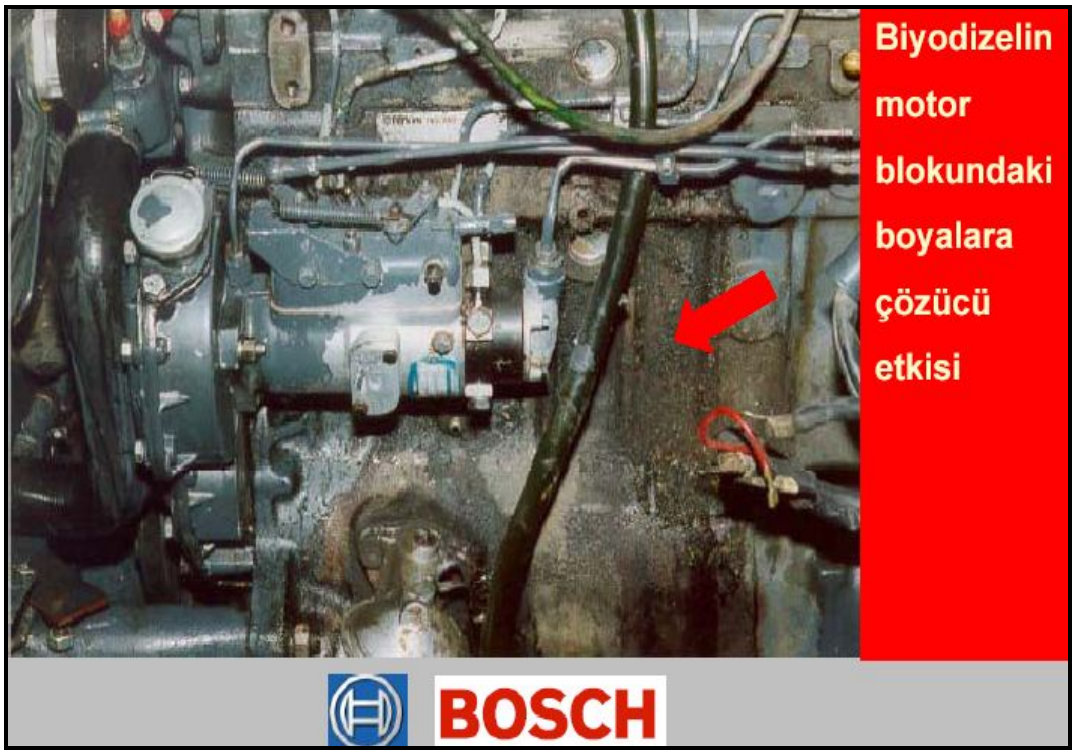
Viton, yüksek sıcaklık ve aşındırıcı kimyasallar karşısında çalışmak için en

fazla tercih edilen elastomer malzemedir.

Kullanım sıcaklık aralığı :-40°C ile 250°C dir.

2.5.1.5. Çözücü etki ve madde uyumluluğu

Ester yakıtların uzun süreli teması sonucunda, boyalar üzerinde çözücü etkisi yaptığı, bunun göz önünde tutularak gerekli aksama dayanıklı boya uygulamasının faydalı olacağı vurgulanmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Biyodizelin motor bloğu boyasına çözücü etkisi (Karahan 2005)

Biyodizel ılımlı bir çözücüdür. Boyalı zeminlerle uzun süreli temaslarda boyaya zarar verebilir. Çözünürlükte en yaygın karşılaşılan sorun biyodizelin yakıt tankları araçlarını da içeren temizlemeye olan meylidir. 2 numaralı dizel yakıt sistemindeki tabakaları kayganlaştırarak çökeltileri şekillendirebilir. Sistem ne kadar eskirse ve devamlılık ne kadar zayıflarsa tortu birikintileri o kadar kalınlaşır. Biyodizel bu tortuları eritebilir ve araçların yakıt sistemine taşıyabilir. Yakıt filtreleri bunların birçoğunu yakalayabilir ancak birçok zaman bu erimiş katılar yakıt sisteminin tıkanmasına yol açabilir.

Çözünürlük sorunları, kullanıcıların yüksek oranlarda karışım yapılmış yâda saf biyodizeli, eskimiş yâda daha önce 2 numaralı dizel yakıtıyla kullanılmış depolarda kullanmayı denemeleriyle daha sık ortaya çıkar. Eğer % 30'luk veya daha yüksek biyodizel yakıtlarını kullanmadan önce yakıt deposu temizlenmemiş ise yakıt filtresinin tıkanması olasılığı çok yüksektir.

Pirinç, çinko, teneke, bakır, bronz ve kurşun dizel ve biyodizel yakıtlarını oksitlendirir ve tortulara yol açabilir. Kurşun lehimler, çinko, bakır borular, pirinç ve bakır malzemeden kaçınılmalıdır. Yakıt renk değiştirebilir ve tortular oluşabilir ve filtre tıkanmalarıyla sonuçlanabilir. Zarar görmüş bu yüzeyler alüminyum yâda paslanmaz çelikle değiştirilmelidir.

Biyodizel aynı zamanda 1993'ten önce yapılmış motorlarda doğal yâda yapay kauçuklara ve contalara, yapıştırıcılara etki eder. Araç ve saklama tanklarının her şeyden önce modifiye edilmesi bu yüzdendir. 1994'ten sonra yapılmış birçok motorda biyodizelin bu olumsuz etkisine dirençli conta ve yapıştırıcılar kullanılmıştır. Biyodizelin birçok firma tarafından yıllardır kullanılmaktadır (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10. Biyodizel kullanım garantisi veren motor üreticileri(2002, Körbitz)

FİRMALAR	TAŞITLAR	
Audi	Otomobiller	Tüm TDI modelleri – 1996'dan itibaren
Case-IH	Traktörler	Tüm modeller-1971'den itibaren
BMW	Otomobiller	525 TDS-1997'den itibaren
Claas	Biçerdöverler ve traktörler	Biçerdöverler ve traktörler
Farvman Diesel	Motor	Motor
Fiatagri	Traktör	Yeni modeller için
Ford AG	Traktör	Yeni modeller için
Holder	Traktör	Traktör
Iseki	Traktör	3000 ve 5000 serileri
John Deere	Traktör	1987'den itibaren
John Deere	Biçerdöverler	1987'den itibaren
KHD	Traktör	Traktör
Kubota	Traktör	OC, Super mini, 05, 03 serileri
Lamborghini	Traktör	1000 serisi
Mercedes-Benz	Otomobil	C , E 220, C 200 ve 220 CDI serileri
Mercedes-Benz	Otobüs	BR 300, 400, Unimog serileri-1988'den itibaren
Nissan	Otomobil	2001'den itibaren Primera
Same	Traktör	1990'dan itibaren
Seat	Otomobil	Tüm TDI serisi- 1996'dan itibaren
Skoda	Otomobil	Tüm TDI serisi- 1996'dan itibaren
Stevr	Traktör	1988'den itibaren
Valmet	Traktör	1991'den itibaren
Volkswagen	Otomobil	Tüm TDI serisi- 1996'dan itibaren
Volkswagen	Otomobil	Tüm yeni SDI serisi
Volvo	Otomobil	S80-D, S70-TDI ve V70-TDI

3. YAKITLARDA ARANILAN ÖZELLİKLER

Yakıt, içindeki hidrokarbonlar yardımı ile araç için gerekli enerjiyi temin eder. Yakıt içerisindeki kimyasal enerji, yanma neticesi ısı enerjisine, ısı enerjisi de motorun piston ve diğer parçaları yardımı ile mekanik enerjiye dönüşür.

Bir yakıtta (biyodizel dâhil olmak üzere) olması gereken yakıt özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Acaroğlu 2007, Öğüt ve Oğuz 2006, Karahan 2005, Taşyürek 2005, Uçar 2005, Hani 2002, Küçükşahin 1999, Karasu ve Yelken 1997, Yavaşlıol 1994, Borat ve ark. 1994, Bilginperk 1987, Güngör 1976).

3.1. Viskozite(Akıcılık Derecesi)

Akışkanların akmaya karşı gösterdikleri iç dirence viskozite denir. Sıcaklık artıkça viskozite azalır, basınç artıkça artar.

Dizel motorlarında kullanılan yakıtın viskozitesi, borulardan geçme kabiliyeti ve pompa ile enjektörlerin yağlama niteliği bakımından önemlidir.

Viskozite yoğunluğa benzer şekilde doğal bir özelliktir ve yakıtların karakteristik özelliğidir. Yüksek viskozite yakıtın fakir atomizasyonuna, kötü yanmaya, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikmesine ve yağlama yağının bozulmasına sebep olmaktadır (Karaosmanoğlu ve ark 1996). Yüksek viskozite pompalanabilmeyi ve enjektörlerin püskürtmesini azaltır.

Biyodizelin viskozitesi 40°C'de 3,5-6mm^2/s civarındadır.

3.2. Yoğunluk (Özgül Kütle)

Bir maddenin birim hacminin kütlesine o maddenin öz kütlesi(yoğunluk) denir (http://www.lisefizik.com/lise1/ozkutle.htm). SI birim sisteminde öz kütle birimi kg/m^3 tür.

Yakıtın yoğunluğu, elde edildiği ham petrolün cinsine veya bitkisel yağın cinsine göre değişir.

Dizel yakıtların yoğunluğu 15°C de 835-934 kg/m^3 arasında iken, bitkisel yağların yoğunluğu genellikle 15°C de 880-920 kg/m^3 gelmektedir.

3.3. Soğukta Akış Özelliği ve Donma Noktası

Yakıtın soğuk havalarda kullanılma kabiliyetidir. Yakıtın katılaştığı ve donduğu sıcaklık derecesine donma noktası denir.

Dizel motorlarında kullanılan yakıtın akma noktası, borulardan geçme kabiliyeti ve pompa ile enjektörlerin yağlama niteliği bakımından önemlidir. Dış hava sıcaklığı yakıt akıcılığına direkt olarak tesir eder. Sıcaklık fazla olduğunda akıcılık artar, sıcaklık azaldıkça akıcılık azalır. Bu nedenle yakıtların donma noktası bölgenin dış hava sıcaklığından 5-10°C daha düşük olmalıdır.

Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin donma noktası üretildiği hammaddeye göre değişmekle birlikte, motorinden daha yüksek donma noktasına sahiptir. Bu durum Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) ni soğuk iklime sahip bölgelerde kullanımda problem çıkarmaktadır.

3.4. Süzülebilme Yeteneği

Yakıtların süzülebilme yeteneğinin saptanması için 100cm^3 yakıtın, 0,5 atmosfer basınçta, 6mm çaplı ve 0,1mm dokuma aralıklı 10 adet yuvarlak delikli bakır süzgeçten geçebilmesi için gerekli süre ölçülür. Bunun iki katı ölçü olarak alınır. Sıcaklık, yaz mevsimi dizel yakıtları için (-5°C) ve kış mevsimi dizel yakıtları için (-13°C) kabul edilmiştir. Bu sıcaklıkta (30 veya 60) saniyede süzülme olmalıdır.

3.5. Işığa Dayanıklılık

Işık, uzun zamanda etki ederek yakıtların görünüşünü değiştirir. Benzinler, özellikle kraking benzinleri ve benzoller sarı renk alırlar ve bu arada reçineye benzer ayrılmalar gösterirler.

4. DİZEL MOTOR YAKIT SİSTEMİ

Dizel motorlarında yanma, sıkıştırma zamanı sonunda sıcaklığı ve basıncı artan hava içerisine yakıtı basınçlı şekilde püskürtmekle sağlanır. Bunu sağlamak için kullanılacak parçalardan oluşan sisteme dizel motor yakıt sistemi denir (MEGEP 2006, Karasu ve Yelken 1997, Safgönül ve ark. 1995, Yavaşlıol 1994, Borat ve ark. 1994, Karaman ve Yurt 1992, Bilginperk 1987, Güngör 1976).

Yakıt (Püskürtme) sisteminden beklenilen özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yakıtın silindirin içerisine uygun zamanda ve istenilen sürede püskürtülmesini sağlamak.
- Motor yüküne bağlı olarak gereken miktardaki yakıtı silindire püskürtmek.
- İssiz yanma sağlayacak şekilde, püskürtülen yakıtın zerrelere ayrılmasını sağlamak.
- Dizel vuruntusunu engelleyecek şekilde zamana bağlı olarak silindire giren yakıt miktarını ayarlamak.
- Çok silindirli motorlarda her bir silindire aynı miktarda yakıt püskürtülmesini sağlamak.

4.1. Yakıt Deposu

Motorun günlük ihtiyacından biraz fazla yakıtı, temiz ve güvenilir bir şekilde depolar.



Şekil 4.1. Yakıt deposu

Depolar, emniyeti ve temizliği bakımından paslanmaz çelikten yapılırlar (Şekil 4.1). Depo bakır veya galvanizli saçtan yapılırsa, yakıt içerisinde bulunan kükürdün ve istenmeyerek katılan suyun yan etkileri ortaya çıkar. Su paslanma meydana getirirken kükürt galvanizli saçta çinko tabakasını söker.

4.2. Alçak Basınç Boruları

Depo ile enjeksiyon pompası arasında kalan borular alçak basınç borusu olarak adlandırılır. Bunların içinden 1,5-3,5kg/cm^2 basınçta yakıt geçer.

Borunun malzeme seçimi yapılırken, yakıt basıncını, çevre ısısını, kimyasal dayanıklılığını, dış etkilere mukavemetini ve esneme kabiliyeti göz önünde bulundurulmalıdır.

4.3. Rakorlar ve Sızdırmazlık Pulları

Boruların birleştirilmesinde ve muhtelif kollara ayrılmasında kullanılır. Rakorlar alüminyum, pirinç, bakır ve çelikten yapılırlar. Sızdırmazlık pulları alüminyum, bakır ve plastikten yapılırlar.

4.4. Besleme Pompası

Her motorda kullanılmayabilir. Kullanılan motorlarda yakıt deposundaki yakıtı emerek, bir miktar basınç kazandırdıktan sonra filtre aracılığıyla enjeksiyon pompasına gönderirler. Yakıtın basıncını yaklaşık 1,5-3,5 bar'a kadar yükseltir.

a. Pistonlu tip besleme pompası

b. Diyaframlı tip besleme pompası

c. Dişli tip besleme pompası

d. Paletli tip besleme pompası, olmak üzere dört tipi vardır.

4.5. Filtreler

Yakıt sistemi elemanlarının arızalanmadan uzun süre çalışabilmesi için, yakıt

içinde bulunabilecek yabancı maddelerin temizlenmesi gerekir. Bunlar yakıt içinde kir, su, mum, madeni talaş, iplik gibi artıklardır.



Şekil 4.2. Yakıt filtresi

Yakıttaki kirler: pompa elemanlarına en çok zarar veren, yakıt içindeki boyutu 5-20 mikron olan kirlerdir. Örneğin yakıt içinde 5gr kadar kirin bulunması, pompadan geçen 25.000 galonluk yakıtın yaptığı eskitmeye bedeldir.

Yakıtta su: Pompa ve enjektör parçalarının korozyon ve paslanmasına yol açar.

Yakıtta mum: yakıtın sıcaklığı donma noktasının altına indiğinde; motorun dışındaki yakıt borularında mumumsu maddeler toplanır (yoğunlaşır). Bu yoğunlaşma özellikle filtre elamanlarında, küçük geçitlerde ve püskürtme düzenlerinde görülür.

Motorun uzun süre verimli bir şekilde çalışabilmesi, çalışma şartlarına ve bu şartlara uygun yakıt kullanılmasına bağlıdır.

4.5.1. Metal elemanlı filtreler

Birçok ince madeni disklerin üst üste takılması ile meydana gelmiştir. Çok hassas bir süzme yapmadıkları için, ikili veya üçlü filtre sistemlerinde suyu süzmek için bazen birinci filtre olarak kullanılır.

4.5.2. Metal elemanlı olmayan filtreler

a) Kâğıt elemanlı filtreler: Süzme ve parça tutma özelliği çok yüksektir. 0,003-0,008mm arasındaki zerrecikleri tutabilme özelliğine sahiptir. Filtre elemanı, yakıtı iyi temizleyen ve sudan etkilenmeyen özel kâğıttan (plastik veya reçine emdirilmiş) yapılmıştır.

b) Keçe elamanlı filtreler: Ortalama 0,010-0,025mm arasındaki zerrecikleri tutabilme özelliğine sahiptir.

c) Bez elamanlı filtreler: Çok sık dokunmuş bezlerden yapılmış olup, süzme hassasiyeti kullanılan malzeme özelliğine göre değişik değerdedir. Filtre etme özelliği diğer filtrelere göre biraz zayıftır.

4.6. Yakıt Enjeksiyon Pompası

Filtreden temizlenerek gelen yakıtı yüksek basınç boruları vasıtasıyla enjektörlere gönderen pompanın aşağıdaki görevleri yapması beklenir.

a) Yakıtın basıncını yükseltmek,

b) Yakıtın miktarını ölçmek,

c) Yakıtı istenilen zamanda silindire göndermek,

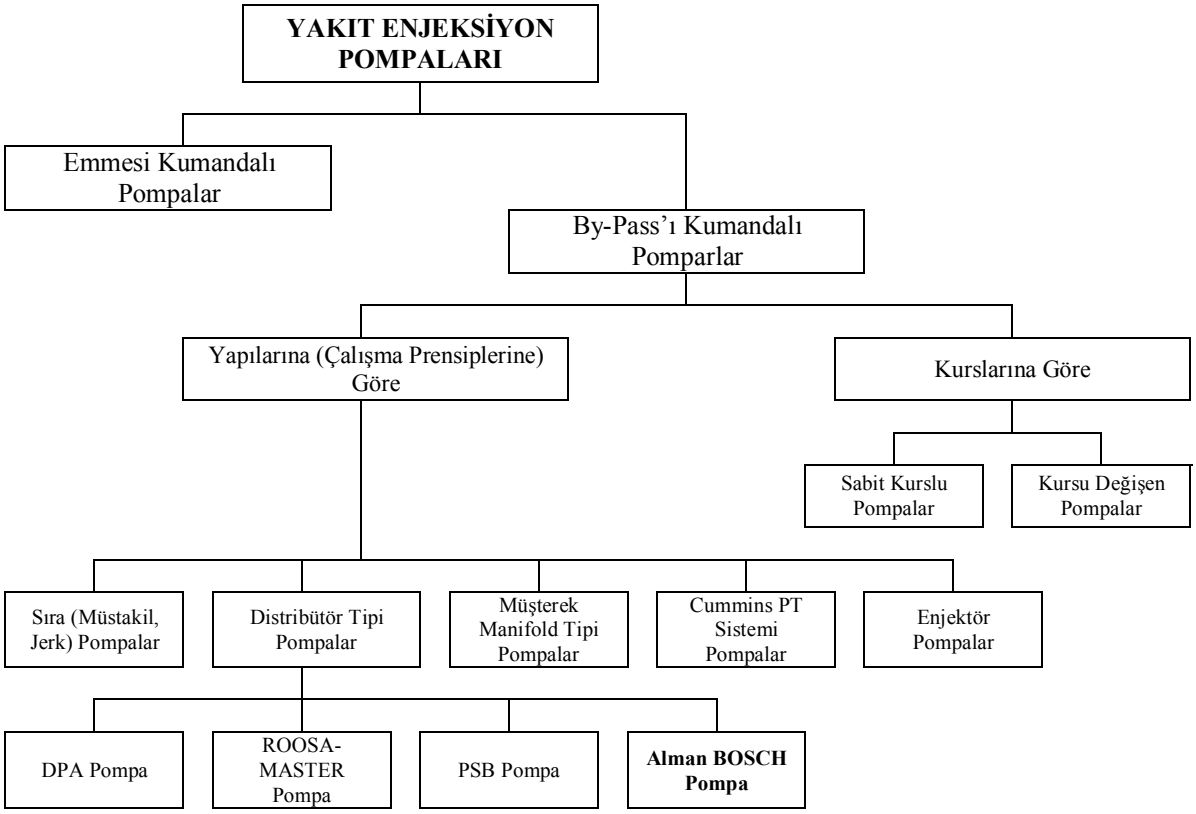
d) Püskürtmeyi çabuk başlatıp, çabuk bitirmek,

e) Yakıtı enjektörlere çalışma sırasına göre eşit dağıtmak.

Şekil 4.3'de araştırmada kullandığımız motorun yakıt enjeksiyon pompası görülmektedir. Yakıt enjeksiyon pompaları birçok çeşidi vardır (Şekil 4.4).



Şekil 4.3. Yakıt enjeksiyon pompası



Şekil 4.4. Yakıt enjeksiyon pompası çeşitleri

4.7. Yüksek Basınç Boruları

Yakıt pompası ile enjektörler arasındaki borulardır (Şekil 4.5). Yüksek basınçlı yakıtın emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için, 1000bar ve daha fazla basınca dayanabilmesi ve esnememesi gerekir.



Şekil 4.5. Yüksek basınç boruları

4.8. Enjektörler

İçten yanmalı motorlarda piston tarafından sıkıştırılarak basıncı ve sıcaklığı yükseltilen kuru hava içerisine uygun zamanda ve uygun vasıflarda yakıtı püskürten motor elemanıdır (Şekil 4.6).

Enjektörlerin dizaynı motor tipine, yanma odası şekline ve uygulanan yanma sistemine bağlı olarak değişir.



Şekil 4.6 Enjektör

Enjektörlerin yakıtı püskürtürken şu görevleri de yapması istenir.

a. Püskürtme için gerekli basınç oluşuncaya kadar yakıtı yanma odasından uzak tutmak. Gerekli basınç oluşunca açılarak ani olarak püskürtmek. Püskürtme sonunda damlama yapmadan yakıtı hemen kesmek.

b. Yakıtı atomize etmek. Yani yakıtı istenilen damla büyüklüğünde püskürtmek.

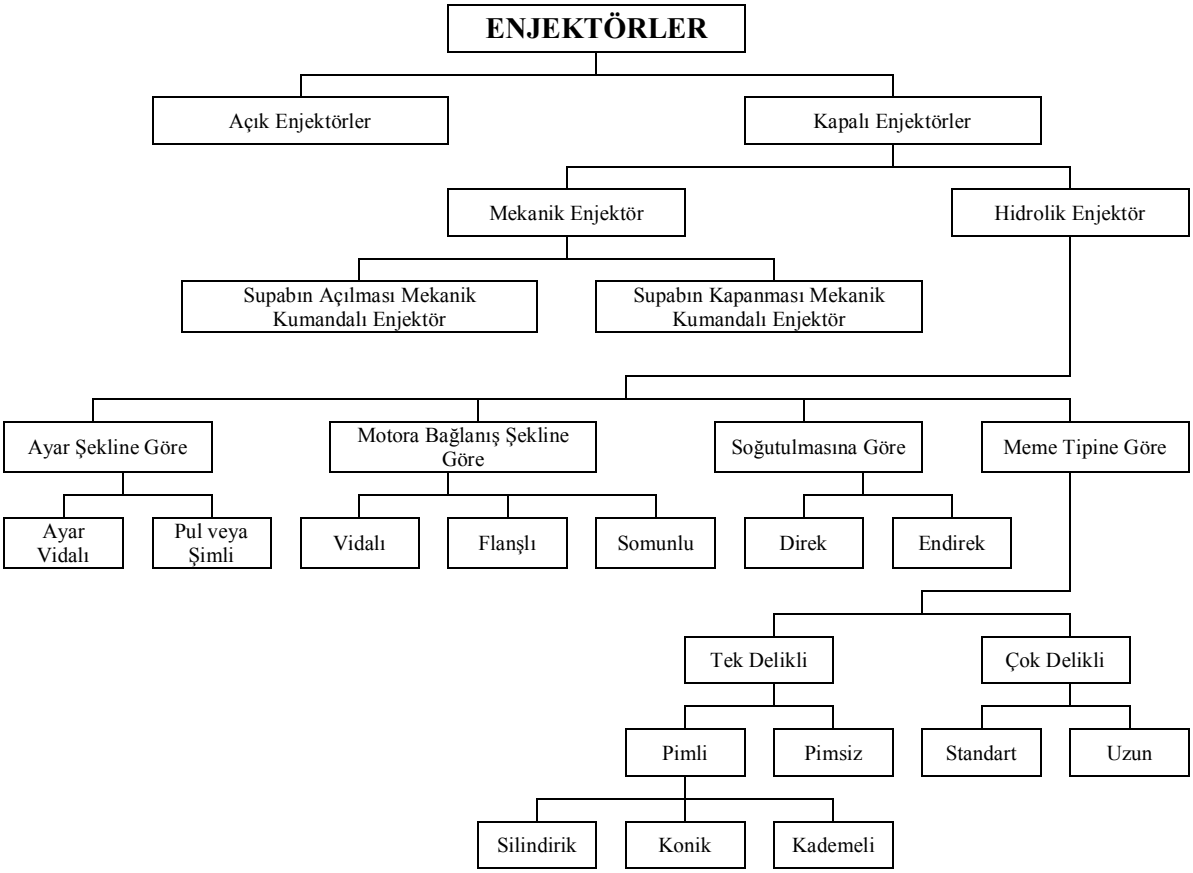
c. Yakıtı silindir içinde istenilen derinliğe püskürtmek.

d. Yakıtı yanma odasının isteklerine ve şekline uygun açıda püskürtmek.

e. Yüksek basınçlara dayanmak.

4.8.1. Enjektör çeşitleri

Enjektörler genel olarak açık ve kapalı olarak ikiye ayrılır. Kapalı enjektörlerde kendi içerinde mekanik ve hidrolik enjektör olarak gruplara ayrılır. Enjektör çeşitleri Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Enjektör çeşitleri

4.8.2. Hidrolik enjektörün çalışması

Yakıt pompasından basıncı yükseltilmiş ve miktarı ölçülmüş olarak gelen yakıt, giriş rakorundan girer. Gövde üzerindeki dikey kanaldan meme üst dairesel kanalına ve oradan da meme dikey kanalları yolu ile meme basınç odasına gelir. Bu anda yay iğneyi aşağı doğru bastırmıştır ve meme çıkış deliği kapalıdır.

Meme basınç odasına devamlı yakıt geldiğinden basıncı yükselir. Bütün yüzeylerle beraber iğnenin konik yüzeyine de basınç yapar ve iğneyi yukarı kaldırmak ister. Yakıtın enjektör yayının basıncını yenecek değere ulaşınca iğne yukarı kalkar. İğnenin kalkmasıyla açılan meme deliklerinden yakıt atomize durumda silindire püskürür.

İğne ile meme arasında 0,001mm boşluk vardır. İğnenin çalışması anında bir kısım yakıt buradan yukarıya doğru sızar.

Enjektör memesinin yakıtı ince tozlar halinde pulverize etmesi ve yanma odası içinde karışım oluşturacak şekilde dağıtması istenir.

Meme açma basıncı, enjektör gövdesinin içindeki yay basıncının ön gerginliği tarafından belirlenir. Yakıt basıncı enjektör yayının gerginliğinden daha fazla olduğunda, meme iğnesi kendi oturma yüzeyinden yukarıya kaldırılır.

Enjektör memeleri ikiye ayrılır;

1. **Delikli meme:** ucunda konik bir yüzey vardır ve meme içindeki konik oturma yüzeyi ile birbirlerine alıştırılmışlardır. Bu enjektör memeleri tek ve çok delikli memeler olmak üzere iki gruba ayrılır. Püskürtme deliklerinin büyüklüğü, sayısı ve huzme yönü, motor yanma odası biçimi, püskürtme miktarı ve akış şartlarına göre saptanır. Meme açma basıncı 150-250 bar değerindedir.
2. **Pimli meme:** Meme iğnesi ucunda, meme gövdesinin püskürtme deliğinin içine az bir boşlukla uzanan pim vardır. Püskürtme piminin çeşitli biçimleri aracılığıyla püskürtme huzmesi şekli değiştirilir. Meme açma basıncı 110-135 bar değerindedir

4.8.3. Hidrolik enjektörün ayar şekilleri

Enjektör yay basıncı püskürtme basıncına doğrudan doğruya etki eder. Enjektör yayının basıncı yüksek olursa, iğnenin açılması için gerekli basınçta fazla

olmalıdır. Yay basıncı düşük olursa, iğnenin açılma basıncıda düşük olacaktır. Sonuç olarak yay basıncını değiştirerek enjektörün püskürtme basıncıda değiştirilebilir.

Hidrolik enjektörlerin püskürtme basınçları iki şekilde ayar edilir.

1. Ayar vidası ile,
2. Ayar pulları (şim) ile

4.8.4. Enjektör kontrolleri

Motordan sökülmüş olan enjektör, cihazın basınç borusuna bağlanır ve el pompasının çalıştırılmasıyla kontrol edilir. Enjektör test cihazında aşağıda belirtilen kontroller yapılabilir (TS 7053 1989, TS 7054 1989).

1. **Meme açılma basıncı deneyi:** Manometrenin vanası açılır, el pompası koluna yavaş yavaş meme hafifçe gıcırdama ile püskürtünceye kadar basılır. Meme ucundan sıvının püskürdüğü anda, göstergede (Şekil 4.8) okunan değer meme açma basıncını gösterir.



Şekil 4.8. Enjektör ayar cihazı göstergesi

2. **Atomizasyon (sıvı parçalanma) kontrolü:** Deney cihazı el pompası koluna sistemli bir şekilde basılarak, püskürtme demeti gözle tetkik edilir.

3. **Püskürtme demeti kontrolü:** Manometrenin vanası kapatılır. Kusursuz olan meme, kol yavaş yavaş hareket ettirildiği zaman gıcırtılı olarak püskürtür. Püskürtme biçimi ancak kolun hızlı olarak hareket ettirildiği hallerde saptanır.

4. **Yuva sızıntı kontrolü:** El pompasına, manometre önceden imalatçı tarafından belirtilen açma basıncının 20 bar altında gösterinceye kadar, basılır. Meme

ucundan 10saniyelik zaman süresinde bir damlama olmamalıdır.

5. Geri dönüş sızıntı kontrolü: İğne ile meme yuvasındaki sızıntı limitleri, genel olarak yakıt basıncının düşüşünü saniye cinsinden tespiti ile bulunur. Önceden belirlenen bir basınç değerinde yakıt püskürtülür, kol serbest bırakılır ve belirlenen ikinci basınç değerine düşme zamanı ölçülür. Zamanın kısa olması sızıntının, zamanın uzun olması iğne ile meme arasındaki boşluğun az olduğunun yani sıkışmanın göstergesidir.

4.8.5. Enjektör arızaları

Enjektörlerdeki arızaların başlıca nedeni pislik, su ve aşırı sıcaktır. Meme ile iğne arasındaki boşluk 0,001 mm'dir. Bu boşluğa girebilecek herhangi bir pislik ve toz zerresi, bu parçaların çizilmesine aşınmasına veya iğnenin sıkışmasına neden olur. Ayrıca bu pislik ve toz zerreleri iğne oturma yüzeyine yapışarak, iğnenin tam kapanmamasına ve memenin damlama yapmasına da neden olur.

Yakıt içinde bulunabilecek su, parçalarda korozyon meydana getireceğinden aşınmayı hızlandırır.

4.8.6. Enjektör etiketleri ve anlamları

Enjektör etiketleri meme ve gövde etiketi olarak ikiye ayrılır.

❖ **Meme etiketi ve anlamları:**

DN 12 S D 12

DN: Tek delikli meme

DL *:Çok delikli standart meme* ***DLL*** *:Çok delikli uzun meme*

DLF *:Yağ ile soğutulan meme* ***DLP*** *:Düz yuvalı meme*

12 : Püskürtme açısı (°)

S : Meme dış çapı harfi

S *:17mm dış çaplı* ***T*** *:22mm dış çaplı*

U *:30mm dış çaplı* ***V*** *:42mm dış çaplı*

D : Kademeli pimli meme (silindirik ve konik pimliler için harf yoktur)

12 : Özel tanıtma numarası

❖ **Gövde etiketi ve anlamı**

B KB A R 97 P 502 C

B :İngiliz imalatı

KB: Motora bağlanış şekli

KB ***:****Flanşlı tip bağlantı* ***KC*** ***:****Vidalı tip bağlantı*

KD ***:****Somunlu tip bağlantı*

A : Tapasız ***L:****Uzun tip tapalı*

R :Çap gösterge harfi

R:*21,9mm çapında* ***S:****25mm çapında* ***T:****32mm çapında*

U:*45mm çapında* ***V:****65mm çapında*

97 :Gövde boyu (mm)

P : Pintoks memeli (pimli yardımcı delikli meme)

D ***:****Kademeli tiplerde kullanılan yay özelliği*

502:Gövde seri numarası

C : Paslanmaz tip enjektör ***M:****Deniz tipi enjektör*

5. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Acaroğlu (2007), eserinde, enerji kavramından, enerjilerin sınıflandırılmasından bahsetmiş, yenilenebilir enerji kaynaklarını açıklamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyolojik yakıtların üretim yöntemleri, üretimini etkileyen sebepler ve üretim kaynaklarını açıklamıştır.

Eserinin biyodizel kısmında; biyodizelin üretim yöntemleri, üretilme sebepleri, sakıncaları ve diğer yakıt türleriyle karşılaştırılmasını yapmıştır.

Ayrıca biyodizelin solvent özelliklerinden dolayı yakıt ile temas eden hortum ve yakıt hatlarının değiştirilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Altun ve Gür (2005), yayınlarında, bitkisel yağların dizel motorlarında kullanılabilirliğini iyileştirme yöntemlerini belirtmişlerdir. Bitkisel yakıt kullanırken Püskürtme basıncı ve püskürtme avansındaki azalma ve yükselmenin performansa olan etkisini belirtmişlerdir. Ayrıca bitkisel yağ kullanımının yağlama yağına olan etkisini dile getirmişlerdir.

Borat, ve ark. (1992), Eserlerinde yakıtları incelemiş ve yakıtların kapalı formüllerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca yanma denklemlerini oluşturarak yanma esnasında oluşan kayıpları belirtmişlerdir.

Çekirdek reaksiyonlarından meydana geldiği bugün kesinleşen güneş ışınımı ile yeryüzüne üç dakikada yayılan ısı miktarı 3.10^{16} kJ dür ki bu miktar bütün dünyada işletilen ocaklardan altı ayda çıkarılan kömürün meydana getirdiği ısıya eşit olmaktadır.

Güneşten gelerek, yakacağın içinde birikmiş olan enerjinin kullanılmasına biz yanma diyoruz. Yanma esnasında depo edilmiş olan enerji ısı şeklinde açığa çıkmaktadır. Bitkiler seneler boyunca güneş enerjisini alır, büyür ve kimyasal enerji olarak içerisinde depo ederler. Bu enerjiler bitkilerin yakılmasıyla tekrar dışarı alınmaktadır. Katı yakacaklardan kömür de, toprak altında enerjilerini milyonlarca sene muhafaza eden bitki artıklarından oluşmaktadır. Bu enerjide yine yakılarak diğer enerji cinslerine dönüştürülmektedir. Hayvansal kaynaklardan doğduğu ileri sürülen petrol ise, tarihten önceki devirlere ait hayvanların, güneşten doğrudan

doğruya olmasa bile, bitkisel gıdalarla almış oldukları enerjilerin bir deposudur.

Yakıtları fiziksel özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Ayrıca üretildikleri kaynaklara göre de sınıflandırılabilirler. En çok kullanılan katı yakacaklar kömür ve odundur. Sıvı yakacak olarak petrol ve türevleri ile katran yağı kullanılmaktadır. Gaz yakıtlar olarak ise doğalgaz (NG), sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG), sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) sayılabilir. Zikredilen bu yakacakların tümü enerji üretiminde kullanılan yüksek enerji değerli yakıtlar olarak tanımlanabilirler.

Yüksek enerji değerli bu yakıtlardan başka ısıl değeri düşük bazı maddeler ve fabrikaların yan ürünleri veya artıkları da yakıt olarak kullanılabilmektedir; (şehir çöpleri, rafineri gazı, yüksek fırın gazı, damıtma artıkları, kömür çamuru, odun talaşı, tezek, gübre gazları vs).

Yakıt seçiminde dikkat edilecek hususları;

1. Ekonomiklik
2. Temin şekli ve dış kaynaklardan bağımsızlık
3. Taşıma
4. Depolama
5. Emniyet
6. Çevre ve hava kirlenmesi
7. Yakıcı aparata uygunluk

olarak belirtmişlerdir

Demirbaş (2002), yapmış olduğu derleme çalışmasında artan petrol fiyatları karşısında bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin avantajlarından söz etmiştir. Temiz enerji olması ve azalan fosil enerji kaynaklarına alternatif oluşturmasının yanında motor performansına olumsuz yönde etkilerinin de olduğundan bahsetmiştir. Bitkisel yağlarda bulunan su, serbest doymuş yağ asitleri, reaksiyon zamanı, reaksiyon sıcaklığı, basınç ve katalizörün malzemeye olan etkisine de kısaca değinmiştir.

http://www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_motor.html (2008), Dizel için gerekli dağıtım ve 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.

Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bakır, kurşun, çinko kullanılmaması önerilmektedir. Bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı da sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir. Depolama tanklarının bileşiminde aluminyum, çelik, florlanmış polietilen, florlanmış polipropilen ve teflon bulunabilir ancak; bakır, pirinç, kurşun, kalay ve çinko bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Biyodizel, dizel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Ancak biyodizel, 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk ile uyumlu değildir. Çünkü biyodizel, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip eder. Ancak bu problemler B20 (% 20 biyodizel / % 80 dizel) ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmez. Bununla birlikte, biyodizelin çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtının depolanmasından kaynaklanan yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları ve tortuları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.

Frame ve ark. (1997), yapmış oldukları çalışmada Teflon, Viton ve Nylonun çok az oranda biyodizel reaksiyona girdiklerini görmüşlerdir. Dizel yakıt depolaması için dizayn edilen tanklar B100 depolanması için yeterli olacağından bahsetmişlerdir. Kabul edilebilir depolama tanklarında alüminyum, çelik, polyetilen, polypropilen, teflon ve çok miktarda cam elyaf kullanılabileceğini beyan etmişlerdir.

Frame ve McCormick (2005), yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir dizel yakıtların elastomer uyumluluğunu test etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada petrol türevi yakıtların ve yenilenebilir yakıtların yakıt sistemindeki elastomerlere olan etkileri mukayese edilmiştir. Otomotiv sektöründe 6 elastomer çeşidi kullanılmaktadır. Bunlar N1059, N674, N0497, V747, V884 elastomer tipleridir. Bu elastomerler sırasıyla dizel yakıt, % 15 etonal ile karıştırılmış dizel ve %20 soyadan türetilmiş biyodizel ve dizel karışımı yakıt çeşitleri ile 500 saat ve 40°C'de

denenmiştir. O ring olan elastomerlerin kalınlığına çapına ve çatlaması incelenmiştir. Sonuç olarak elastomerlerin özellikle yakıtı depolamaları halinde %20 soyadan üretilen dizel karışımının daha uygun olduğu tespit edilmiştir. %15 etonal karışımının ise elastomerlere en zararlı etki yaptığı gözlemlenilmiştir.

B20 ve daha düşük karışımlar malzemelerle daha iyi uyumluluk sağlamıştır. B20 ile yapılan 10 yıllık tecrübe dizel yakıt sistemlerindeki nitril kauçuklara çok etki etmektedir. B20 karışımı petrol türevi dizelle göre bakır, bronz, pirinç, çinko gibi malzemelerin oksidasyonunu düşürmektedir.

Güngör (1976), eserinde yakıt deposu malzemesi olarak paslanmaz çeliği tavsiye etmiş, bakır ve galvanizli sacı tavsiye etmemiştir.

Gerpen ve ark. (2004), tarafından hazırlanan "Biyodizel Üretim Teknolojisi" konulu raporda biyodizelin malzeme uyumluluğunun öneminden bahsetmiştir. Dizel depolama tanklarında veya araç yakıt tanklarında artakalan tortular biyodizel tarafından çözüldüğünden bahsetmiştir. Biyodizel proseslerinde en iyi uyumlu malzeme olarak paslanmaz çelik veya alüminyum malzemeler olduğundan bahsetmiştir. Biyodizel ve dizel de oksidasyon ve tortulanma üretimi bronz, bakır, pirinç kalay ve çinkoda meydana geldiğinden söz etmiştir.

Goodrum ve Geller (2004), yapmış oldukları çalışmada dizel yakıtlardaki sülfürün yakıtların yağlayıcılık oranını düşürdüğü ve bu önemli problemin ise aşınma ve dizel motorlarda başta yakıt enjeksiyon sistemi olmak üzere zararlara neden olduğunu belirtmişlerdir. Bitkisel yağ tabanlı dizel yakıtlar yani biyodizeller temiz ve etkilidirler ve aynı zamanda yağlayıcılık özellikleri yüksektir. Bu tip yağlar eğer dizel yakıtlara düşük oranda karıştırılırsa dizel yakıtlara yağlayıcılık özelliği katar. Çalışmalarında castor yağı ile lesguerella yağ esteri ve soya ve kolza yağ esterinin dizel yakıta kattığı yağlayıcılık özelliği mukayese edilmiştir. HFRR yağlama analizi sonucunda castor yağ etil esteri, dizel yakıtlarda % 1 den düşük yoğunluk için iyi bir değer almıştır. Buna karşın HFRR verileri lesguerella yağ metil esterinin kabul edilebilir bir yağlayıcılık özelliğini göstermektedir. Soya ve kolza yağ metil esterleri yoğunluğu %1 den düşük dizel yakıtlarda etkili bir ilerleme göstermemiştir.

Işığıgür (1992), Ester yakıtın tüm kauçuk parçalarda tahrip edici özellik

gösterdiği, Viton A kauçuğunun tasarım açısından en uygun kauçuk olduğunu belirtmiştir.

Kimberly ve ark. (2005), yapmış oldukları çalışmada petrol türevi dizel yakıtlar, oksitlenmiş alternatif yakıtlar ve oksitlenmemiş (B20) alternatif yakıtların malzemelerdeki özellikle enjektör memelerindeki aşınmayı mukayese etmişlerdir. Oksitlenmiş alternatif yakıtlar düşük dizel partikül emisyonuna sebep olurken, malzemelerdeki aşınma yüksek sülfürle dizel yakıtlara göre daha fazla meydana gelmektedir. Dizel yakıtlarda ise sülfür oranın yüksek olması ise aşınmayı arttırmaktadır. Bu aşınma özellikleri B20, B20 Ox, B20Ox2 (oksitlenmiş biyodizel) tipilerinde Cameron-plint makinelerinde test edilmiştir. Test sonucunda ise B20 aşınma az iken, oksitlenmiş B20'lerde ise aşınma artmıştır.

Kegl (2008), D2 dizel yakıtı ile B100 kolza biyodizeli kullanarak 4 zamanlı 6 silindirli bir motorda, 23° krank mili açısında motor karakteristiklerini incelemişlerdir.

Keskin ve ark. (2007), Yaptıkları incelemede; tall yağı biyodizelinin dizel yakıtı ile %90 oranındaki karışımının dizel motorlarda herhangi bir modifikasyona gidilmeden alternatif yakıt olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Karışım yakıtın çok az kükürt içermesi, setan sayısının yüksek olması, ısıl değer, yoğunluk, viskozite, akma noktası ve bulutlanma noktası gibi yakıt özelliklerinin dizel yakıtı değerlerine yakın olması önemli avantajlar sağladığını belirtmişlerdir.

Ayrıca ham tall yağı fiyatlarının, biyodizel üretiminde kullanılan diğer yağların fiyatlarından çok daha ucuz olması (ortalama %50 civarında) ekonomik olarak da büyük avantajlar sağlamaktadır.

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, NOx

emisyonlarında %13,29 oranına kadar varan artışlar görülmüştür.

Öğüt ve Kuş (1999), sunumlarında; motor, performansı ve egzoz emisyonları bakımından, bitkisel yağlar ile bitkisel metil esterlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dizel yakıtına çok yakın olması nedeniyle alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılabileceği, uzun sureli uygulamalarda ise metil esterlerin bitkisel yağlara göre çok daha iyi olduğu belirtilmektedir. Bitkisel yağ kullanımında yanma odasında birikintiler olduğu vurgulanmakta ve bunun bitkisel yağların yüksek viskozitelerinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Ham yağların olumsuz özelliklerinin esterleşme ile giderilebileceği belirtilmektedir, bitkisel yağların dizel motorlarda doğrudan kullanımıyla bu yağların yüksek viskozitesi ve yoğunluğundan dolayı çok iyi atomize olamamasından kaynaklanan bir takım yanma problemlerini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmalarda motor performansı ve yanma parametreleri değerlendirilerek dizel yakıtı ile mukayese edilmiştir, termik verimin dizel yakıtına göre biraz düşük olmasına karşın, efektif güç değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu belirtilmiştir.

Ögüt ve Oğuz (2006), eserlerinde B100 biyodizelin hortum ve contalarla uyumlu olmadığını, bu elemanları yumuşattığını belirtmektedir. Ayrıca B100 biyodizelin bakır, bronz, pirinç, kurşun ve galvanize yüzeylerle uyumlu olmadıklarını, polietilen ve polipropilen gibi plastik malzemeden yapılmış depolarda depolanmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Öğüt ve ark. (2006), sunumlarında, biyodizelin paslanmaz çelik, karbon çeliği ve alüminyum ile uyumlu pirinç, bronz bakır, kurşun, kalay ve çinko ile uyumsuz olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca doğal kauçukla uyumsuz Viton kauçuğu ile uyumlu olduklarını belirtmişlerdir.

Öğüt (2007), yapmış olduğu sunumda biyoyakıtların motorlarda kullanımıyla ilgili iki yaklaşımın söz konusu olduğunu belirtmiştir. Bunlar;

1.Motorun yakıta uydurulması

a)Araca kit takılması

2.Yakıtın motora uydurulması

a)Biyolojik yağdan biyodizel üretimi

b)Alkolde saflığın %99'un üzerine çıkarılması

c)Biyogazın saflaştırılmasıdır.

Bitkisel yağlar direkt olarak püskürtmeli motorlarda kullanıldığında;

- Yanma odası
- Piston
- Supap vb de kalıntılar
- Yüksek viskozitesi pompalama ve yanma açısından da sorun oluşturduğunu;

Bunların dışında:

- Motor yağında seyrelme,
- Malzeme uyumsuzluğu ve
- Soğuk akış özelliklerinin kötüleşmesi, gibi olumsuzlukların görüldüğünü belirtmiştir.

Ramadhas ve ark. (2004), enjeksiyonlu motorlarda kauçuk tohumu yağını kullanımı araştırmışlar ve bunun enjeksiyona etkilerini incelemişlerdir. Bitkisel yağlarda yüksek vizikozite ve düşük uçuculuk enjeksiyonların ömrünü kısaltmaktadır. Kauçuk yağından elde edilen biyodizel ester ile karışım yapıldığında bu tür problemler minimize edilebilir. Aynı zamanda yanma odasında bu viskozitenin yoğunluğundan dolayı karbon birikmesi meydana gelmektedir. Bu karbon birikmesi ise silindir hacmi, enjeksiyon memesi ve piston üzerinde yapışmalara neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Tyson (2001), Yayınında bazı malzeme çeşitlerinin, motorin ve biyodizelle olan uyumlarını karşılaştırmıştır.

TS 7053 Standardında (1989), Karayolu taşıtları dizel motorları yakıt sistemine ait olan en fazla 300 mm^3/strok/püskürtme yapabilen enjektörleri deneyecek elle kumandalı deney ve ayar cihazının özellikleri belirlenmiştir.

TS 7054 Standardında (1989), Karayolu taşıtları dizel motorlarında kullanılan 300 mm^3/strok/püskürtme yapabilen yakıt enjektörlerinin elle kumandalı deney cihazlarında, önceden belirlenen değerlere uygunluk gösteren yay ile kurulu

meme valfine sahip yakıt enjektörlerinin verimleri için TS 7053'de belirtilen deney cihazlarında denenmesiyle ilgili kurallar belirtilmiştir.

Bu standartta, yay ile kurulu meme valfine sahip yakıt enjektörlerinin elle kumandalı deney cihazında,

1. Meme açılma basıncı,

2. Atomizasyon (yakıtın zerrelere ayrılması),

3. Püskürtme demeti,

4. Meme oturma yeri sızıntısı,

5. Geri dönüş sızıntı deneyi

Yapılacak deneyler olarak belirlenmiş ve deneylerin nasıl yapılacağı deney esnasında uyulması gereken kurallar açıklanmıştır.

Ulusoy ve Alıbaş (2002), yapmış oldukları çalışmada, ayçiçeği yağından elde edilen biyodizeli tek silindirli pancar su motorunda denemişler ve moment, güç ve yakıt sarfiyatını motorinle karşılaştırmışlardır.

Yavaşlıol (1994), Eserinde genel olarak içten yanmalı motorların tümünden bahsetmiş, dizel motorlar kısmında enjektörlerden beklenen görevlerden, enjektör memesi çeşitlerinden bahsetmiştir. Ayrıca enjektörün açılma ve kapanma basınçları arasındaki ilişkiyi formüle etmiştir.

6. MATERYAL VE METOT

6.1. Materyal

Çalışmada, Peugeot marka J9 minibüs motoru yakıt sistemi elemanlarından enjektör ve B100 YAME kullanılmıştır.

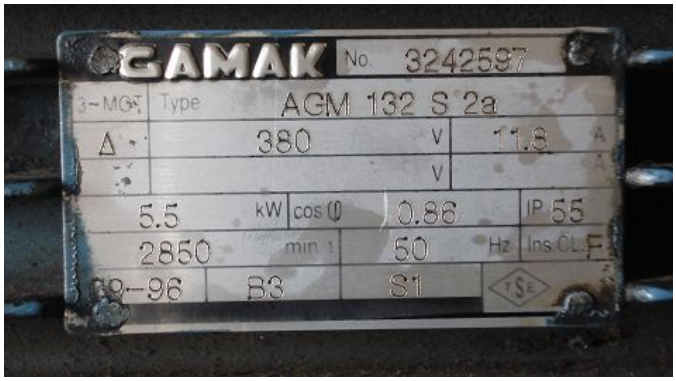
Deney yapılacak motor için öncelikle metalden sehpa hazırlanmıştır. Motor sehpaya bağlandıktan sonra, motora hareket verecek yardımcı elektrik motoru sehpaya sabitlenmiştir (Şekil 6.1).

Dizel motor yakıt sistemi parçaları tezgâh üzerine yerleştirilmiştir. Yakıt sistemi parçaları sökülüp temizlenerek değişmesi gerekenler (enjektör memesi) yenisi ile değiştirilmiştir.



Şekil 6.1. Deney düzeneği

Motora krank mili kasnağından, elektrik motoru ile hareket verilmiştir. Elektrik motorunun özelliklerini belirten etiketi Şekil 6.2'de görülmektedir.



Şekil 6.2. Elektrik motoru etiketi

Elektrik motorunun boşta çalışma devri 2850d/d olduğu etiketinden okundu. Bu değer dizel motorun çalışma devrinden yüksek olduğu için, hareket aktarımı esnasında devri düşürebilmek için, motorun krank mili kasnağı ile elektrik motoru kasnağının arasındaki oran 9/17 olacak şekilde elektrik motoruna kasnak takılmıştır. Motor devri 1500d/d olarak hesaplanmıştır.

Enjektörler motordan söküldü. Enjektör boruları enjektörlerin yeni bağlantı yerine göre yeniden şekillendirilmiştir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Enjektörlerin yeni bağlantı şekli

Sehpa üzerinde yakıt filtresine bağlantı yeri yapılmış ve filtre yerine takılmıştır.

Depodaki yakıtta faz ayrışması vb bir durum olup olmadığını izleyebilmek için, depo cam malzemeden seçilmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Yakıt deposu ve yakıt hortumları

Sistemdeki yakıt akışını izleyebilmek için, yakıt iletiminde kullanılan hortumlar şeffaf malzemeden seçilmiştir.

Püskürtme sırasında her hangi bir olumsuzluk oluşmaması için enjektörler ve hortumlar sehpaya sabitlenmiştir.



Şekil 6.5. Test düzeneği

Deney motorunun yağlama yağı ve yağ filtresi değiştirilmiştir. Gerekli güvenlik tedbirleri alınarak deneye başlanmıştır.

Yapacağımız çalışmada aşağıdaki kriterler ölçülmüştür.

a. Enjektör iğnesinin çapı; Helios marka, 0,001mm hassasiyetinde dijital mikrometre (Şekil 6.6) ile oda sıcaklığında (20°C) her 50 saatlik çalışma sonunda ölçülmüştür.



Şekil 6.6 Dijital mikrometre

b. Enjektör iğne ve memesinin ağırlığı; Sartorius BP 221S marka 0,1mg (0,0001gr) hassasiyetinde ki terazi (Şekil 6.7) ile her 50 saatlik çalışma sonunda ölçülmüştür.



Şekil 6.7. Hassas terazi

c. Sistemde kullanılan yakıtın sıcaklığı; yakıt deposuna yerleştirilen termometre ile günlük ve her 50 saatlik çalışma başlangıcında ölçülmüştür.

d. Deneyin yapıldığı ortamın sıcaklığı; deney düzeneğinin üzerine

sabitlenen termometre ile günlük ve her 50 saatlik çalışma başlangıcında ölçülmüştür.

e. Sistemin debisi; Bir litre kapasiteli ölçülü kabın doldurulma zamanı kronometre ile ölçülerek hesaplanmıştır. Ölçümler deney başlangıcında, beş yüz saatlik çalışma sonunda ve deney bitiminde olmak üzere üç kez yapılmıştır.

f. Sistemde kullanılan yakıtın yoğunluğu; sitemde kullanılan yakıtın yoğunluğu, başlama durumunda, beş yüz saatlik çalışma sonunda ve deney bitiminde olmak üzere üç kez numune alınarak Selçuklu ATL, TL ve EML Kimya Teknolojisi Alanı Laboratuarında ölçülmüştür.

g. Enjektörlerin kontrolleri; Ertur Dizel Ltd Şti.nde Bosch marka Elle Kumandalı Enjektör Deney ve Ayar Cihazı ile yapılmıştır (Şekil 6.8). Kontroller 50 saatlik periyotlarda tekrarlanmıştır.



Şekil 6.8. Elle kumandalı enjektör deney ve ayar cihazı

h. Enjektör iğnelerinin mikroskobik görüntüleri; EMS 420E Marka Mikroskopta (Şekil 6.9) Ertur Dizel Ltd Şti.nde, Sony Dsc W30 Dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Çekimler, enjektör kontrolleri ile aynı periyotta yapılmıştır.

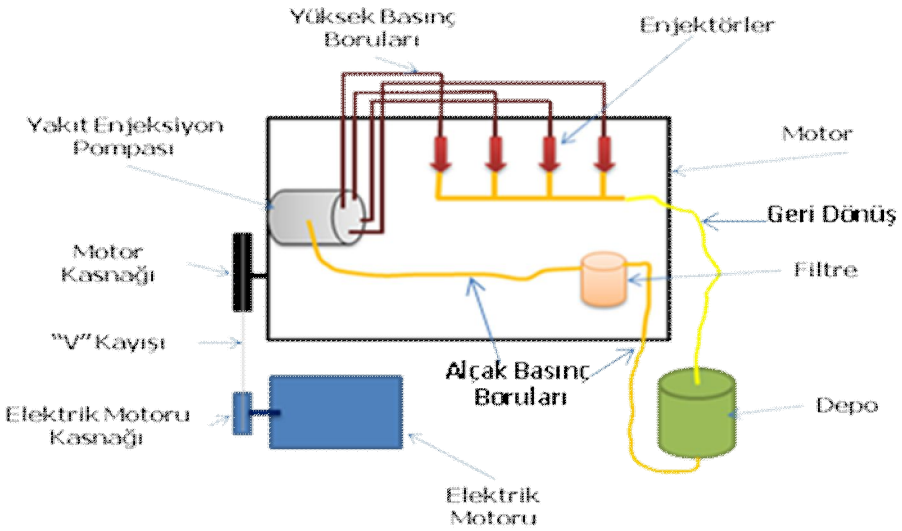


Şekil 6.9. Mikroskop

6.2. Metot

Oluşturulan deney düzeneğinde; yakıt deposuna konulan Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) pompa tarafından emilerek, filtreden geçtikten sonra enjeksiyon pompası basınçlı olarak enjektörlere göndermiş ve enjektörlerden püskürtülen yakıt yükselti farkından dolayı kendiliğinden depoya geri dönmüştür.

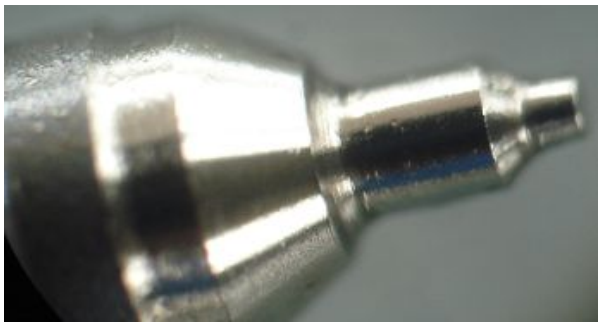
Sistemde kaçak olup olmadığı gözle kontrol edilmiştir.



Şekil 6.10. Dizel yakıt sisteminin şematik gösterimi

Hazırlanan deney düzeneğinin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için yakıt deposuna motorin doldurulmuş ve sistem çalıştırılmıştır. Çalıştırma sonunda deney düzeneğinin çalıştığı, fakat biraz zorlandığı ve enjektör yuvalarından çıkan havanın gürültü yaptığı görülmüştür. Bu sebeple motorun piston, piston kolu ve supap düzeneği motor üzerinden sökülmüştür. Hazırlanan düzenek yeniden denenmiş ve deney düzeneğinin çalışmaya hazır olduğu görülmüştür.

Enjektör memesi ve iğnesi yenileri ile değiştirilmiştir. Karışıklığı önlemek için enjektör gövdelerine numara verilmiştir. Enjektör meme ve iğnelerinin ağırlıkları ölçülmüştür. Enjektör iğnelerinin çapları ölçülmüştür. İğnelerin mikroskobik fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 6.11. Enjektör iğnesinin mikroskoptaki fotoğrafı (ölçek 20/1)

Enjektörlerin kontrolleri yapılarak basınçları 130 bar olarak ayarlanmıştır.

Biyodizel deney düzeneğinin deposuna doldurularak deneye başlanmıştır.

Sistemin başlangıç debisi ölçülmüştür.

Motor sehpasının termometrelerden, ortam sıcaklığı ve yakıt sıcaklığı günlük olarak kontrol edilmiştir.

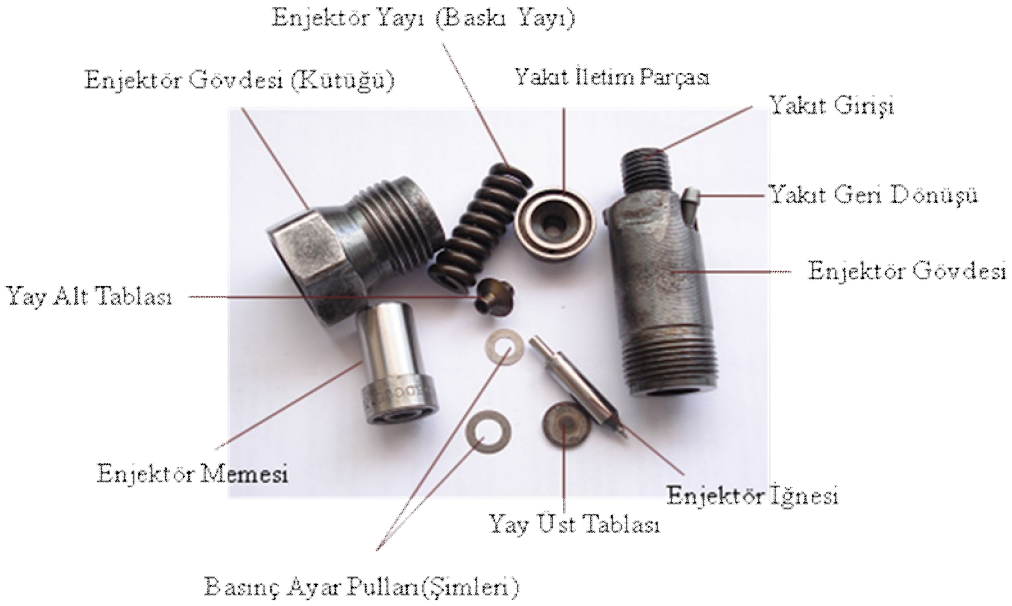
Yakıt deposuna konulan Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nden yoğunluk için numune alınmıştır.

Yakıt pompası ve enjektör ayar bakım servisleri ile oto yedek parça satışı yapan firmalarla yapmış olduğum görüşmelerde; kullanacağımız enjektör için 5 farklı marka enjektör memesinin olduğu, bu enjektör memelerini hepsinin kullanım ömrünün farklı olduğunu belirtmişleridir. Bu yüzden pompa servis yetkililerinin tecrübelerine göre en az kullanım ömrüne sahip enjektör memeleri seçilmiştir. (Ortalama 40.000 km dayandığı belirtilmiştir.)

Normal şartlarda bir aracın ortalama saatte 75 km yol alacağı varsayılarak, 1000h.75 km=75.000 km yol mesafesinde enjektördeki değişmeler izlenmiştir.

7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Dizel motorunda B100 yağ asidi metil esterinin (YAME) 1000 saat çevrimi sonunda, enjektördeki aşınma sonucunda meydana gelen değişmeler şunlardır.



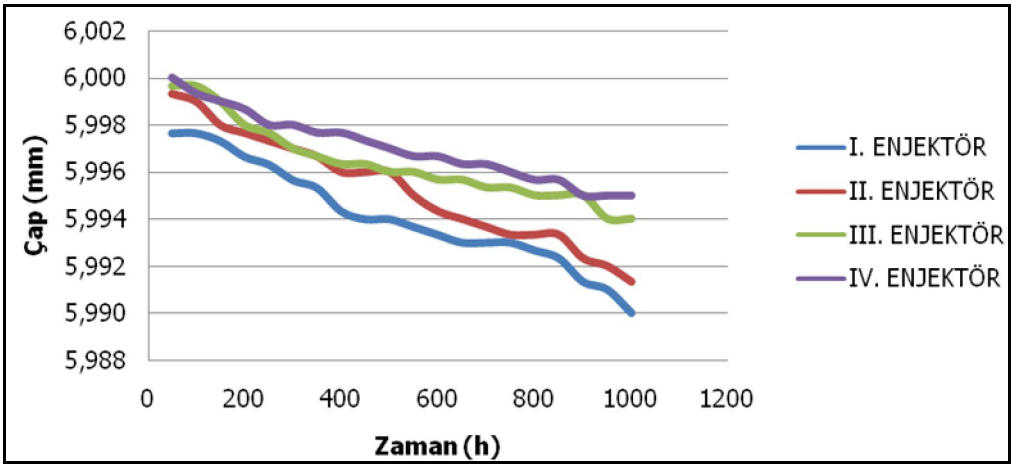
Şekil 7.1 Enjektör parçaları

7.1. Enjektör İğnesi Çapındaki Değişim

Deneye başlarken enjektör iğne çapları sırasıyla, I. enjektör iğnesi çapı 5,998 mm, II. enjektör iğnesi çapı 5,999 mm, III. enjektör iğnesi çapı 6 mm ve IV. enjektör iğnesi çapı 6 mm olarak ölçülmüştür. İlk 50 saatlik çalışma sonunda enjektör iğne çaplarında ölçülebilen bir değişiklik olmamıştır. 100 saatin sonunda IV nolu enjektör iğnesinde de 0,001 mm'lik bir çap küçülmesi olmuştur. 500 saat sonunda I ve III nolu enjektörlerin iğne çaplarında 0,004 mm, II ve IV nolu enjektörlerin iğne çaplarında 0,003 mm'lik çap küçülmesi olmuştur. 1000 saatlik çalışma sonunda I ve II nolu enjektörlerin iğne çaplarında 0,008 mm, III nolu enjektörlerin iğne çaplarında 0,006 mm ve IV nolu enjektörün iğne çapında 0,005 mm'lik çap küçülmesi olmuştur.

İğne çağlarındaki farklı çap ölçüsü, ölçüm sırasında oluşabilecek sıcaklık değişimlerinden veya enjektör memesinin iç yüzeyindeki aşınmalardan veya enjektöre gelen farklı yakıt miktarından kaynaklanabilir.

Enjektör iğne çaplarındaki değişimler Şekil 7.2'de verilmiştir. Şekildeki grafik incelendiğinde, iğnelerin hepsindeki çap değişiminin benzer eğriler oluşturduğu ve küçük farklar olduğu görülecektir.



Şekil 7.2. Enjektör iğne çapı-zaman grafiği

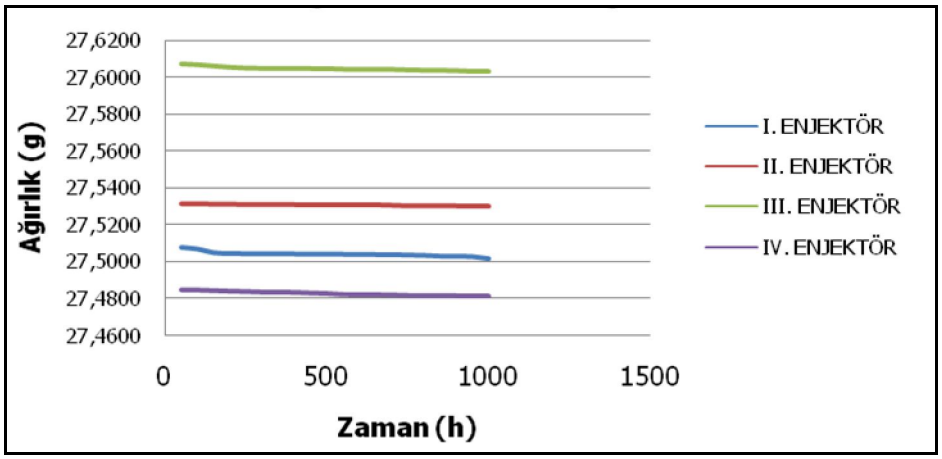
7.2. Enjektör Memesi ve İğnesindeki Ağırlık Değişimi

Enjektörler çalışmaya başlamadan yeni alınan enjektör meme ve iğneleri tartıldı. Deneye başlarken ve deney bitiminde tartılan numune sonuçları ve arasındaki farklar çizelge 7.1' de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Enjektör meme ve iğnesindeki ağırlık(g) değişimi

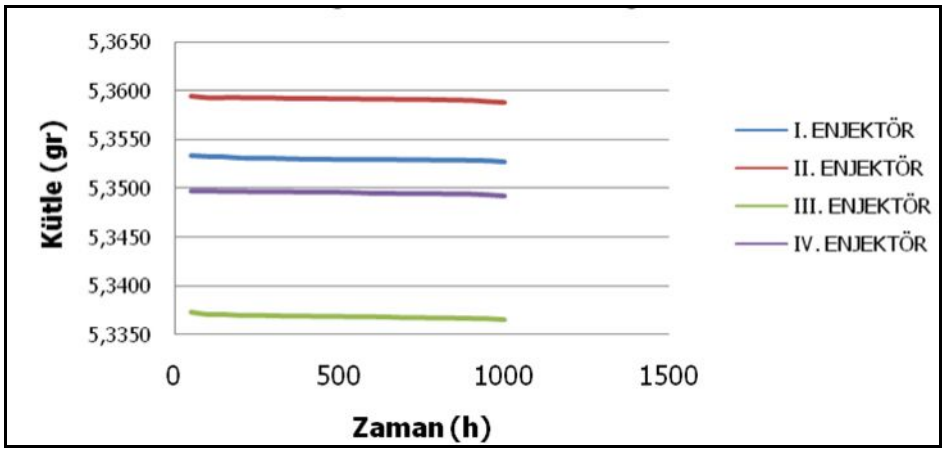
		I Nolu Enjektör	II Nolu Enjektör	III Nolu Enjektör	IV Nolu Enjektör
Başlangıç	Enjektör memesi	27,5074	27,5317	27,6074	27,4850
	Enjektör iğnesi	5,3534	5,3595	5,3373	5,3497
	Toplam	**32,8608**	**32,8912**	**32,9447**	**32,8347**
Bitiş	Enjektör memesi	27,5017	27,5297	27,6030	27,4816
	Enjektör iğnesi	5,3527	5,3588	5,3365	5,3493
	Toplam	**32,8544**	**32,8885**	**32,9395**	**32,8309**
Fark	*Enjektör memesi*	*0,0057*	*0,0020*	*0,0044*	*0,0034*
	Enjektör iğnesi	*0,0007*	*0,0007*	*0,0008*	*0,0004*
	Toplam	***0,0064***	***0,0027***	***0,0052***	***0,0038***

Çizelge 7.1 incelendiğinde de görüldüğü gibi, memeler arasında en fazla ağırlık düşmesi I nolu enjektör memesinde iken, en az ağırlık düşmesi ise II nolu enjektör memesindedir.



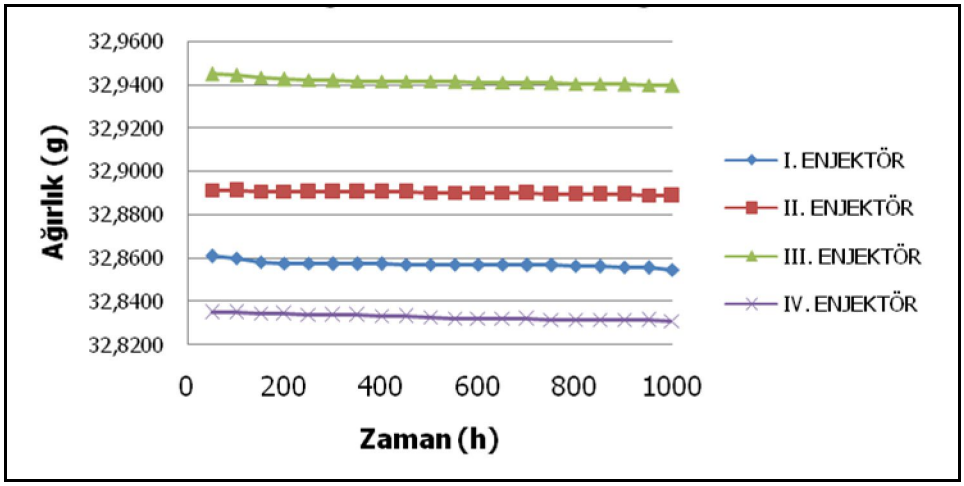
Şekil 7.3. Enjektör memesi ağırlık- zaman grafiği

İğne ağırlıklarının arasında en fazla ağırlık azalması, III nolu enjektör iğnesinde, en az ağırlık azalması IV nolu enjektör iğnesinde olmuştur.



Şekil 7.4. Enjektör iğnesi ağırlık-zaman grafiği

Enjektör memelerinin ağırlıklarındaki en çok azalma I nolu enjektör memesinde ve III nolu enjektör iğnesinde, toplamda ise I noludadır. En az azalma ise; II nolu enjektör memesinde ve IV nolu enjektör iğnesinde, toplamda ise II noludadır.

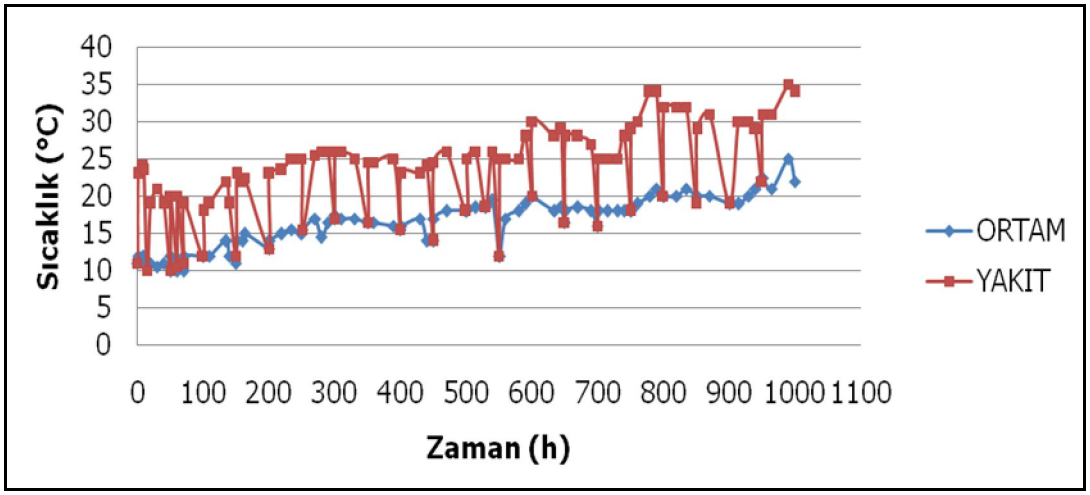


Şekil 7.5. Enjektör memesi ve iğnesinin ağırlık-zaman grafiği

Ortalama ağırlık değişimi toplamda 0,0045 gr olmuştur. Enjektörler arasında ki farklı ağırlık kayıpları, enjektörlerin malzeme yapısındaki farklılıktan olabileceği gibi yakıt pompasının gönderdiği farklı yakıt miktarlarından da kaynaklanabilir.

7.3. Deney Ortamı ve Yakıt Sıcaklığındaki Değişim

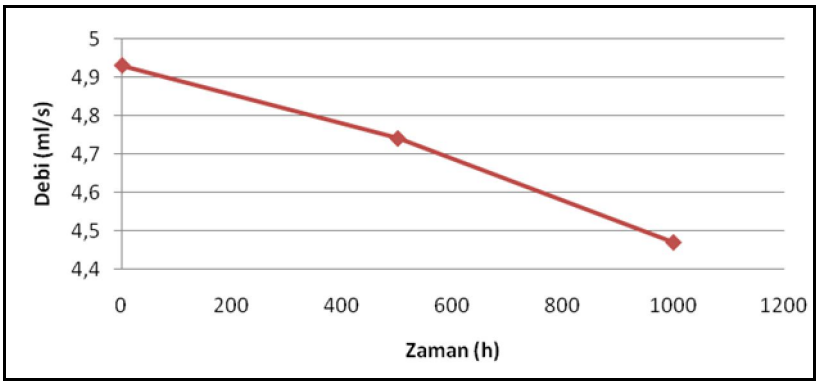
Deneyin yapıldığı ortam ve deneyde kullanılan yakıt sıcaklığı her gün kontrol edildi. 50 saatlik enjektör kontrol periyotlarında ortam ve yakıt sıcaklıklarının birbirine çok yakın (0-2°C) olduğu sistem çalışmaya başladıktan sonra; yakıt sıcaklığın artmaya başladığı ve ortam sıcaklığından 8-12°C fazla olduktan sonra sabitlendiği görüldü. Ortam ve yakıt sıcaklığı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 7.5'de verilmiştir. Deney süreci 3 aylık bir süreyi aldığından ortam sıcaklığındaki değişim mevsim değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Yakıt sıcaklığındaki değişim ise, yakıtın basınçlı olarak püskürtülmesinden kaynaklanmaktadır. Ölçülen endüşük ortam sıcaklığı 10°C ve yakıt sıcaklığı 10°C olmuştur. Ölçülen en yüksek ortam sıcaklığı 25°C ve yakıt sıcaklığı 35°C olmuştur.



Şekil 7.6. Ortam ve yakıt sıcaklığı – zaman grafiği

7.4. Sistem Debisindeki Değişim

Sistemin debisi; başlangıç, 500 saatlik süre sonunda ve bitiş olmak üzere üç kez ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde debinin zamanla azaldığı görülmüştür. Bunun muhtemel sebebi yakıt enjeksiyon pompası ve enjektörlerdeki aşınmalar ile filtre deki kirlenmelerdir (Şekil 7.7).

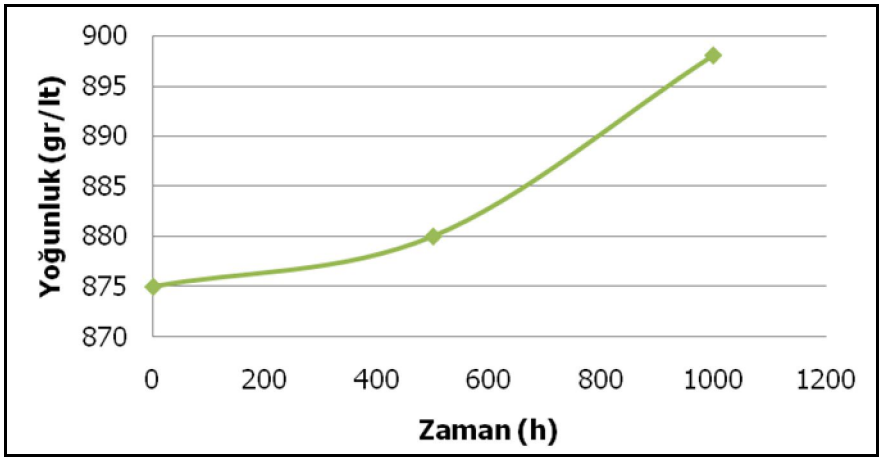


Şekil 7.7. Debi – zaman grafiği

Yakıt içerindeki kirlenme debiyi düşürürken yakıt yoğunluğunu artırmaktadır. Şekil 7.6 ve 7.7'deki grafikler birlikte incelendiğinde eğrilerin birbirine simetrik olduğu görülecektir. Buda bize yoğunluk ile debinin hacimsel olarak ters orantılı olduğu bilgisini vermektedir.

7.5. Yakıt Yoğunluğundaki Değişim

Yakıttan; başlangıç, 500 saatlik süre sonunda ve bitiş olmak üzere üç kez numune alınarak aynı sıcaklıkta ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde yoğunluğun özellikle 400. saatten itibaren hızla arttığı görülmüştür (Şekil 7.8). Yoğunluktaki artış, aşınan parçalardan, filtrenin temizleyemediği parçacıkların yakıt vasıtasıyla depoya geldiği ve bunun sonunda yoğunluğun artmasına sebep olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.8. Yakıt yoğunluğu – zaman grafiği

7.6. Enjektör Basınçlarındaki Değişim

Enjektör memeleri deneye başlamadan önce yenilendi. Peugeot J9 marka aracın enjektör açılma basıncı Bosch enjektör katoloğundan 115 bar olarak bulundu. Enjektör memeleri yenisi ile değiştirildiği için %10-15 fazlasına ayarlanır (Güngör 1976) bilgisinden dolayı enjektör basınçları 130 bar olarak ayarlandı.

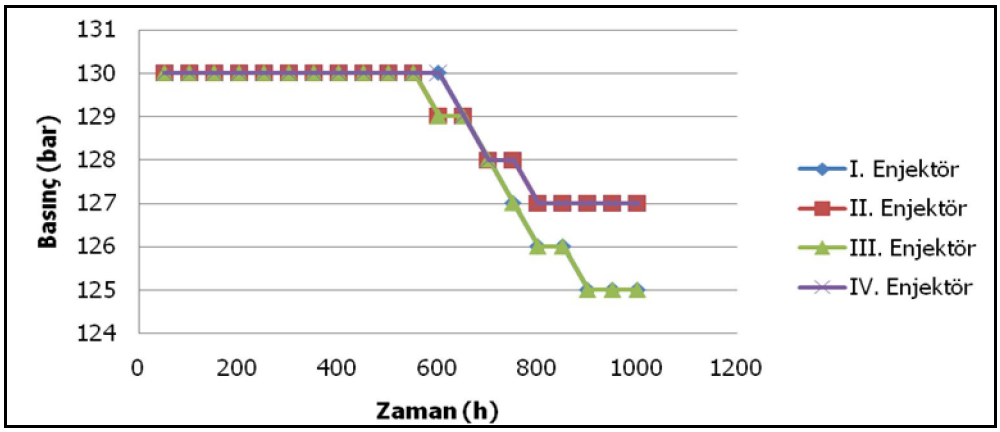
Yapılan kontrollerde ilk 600 saat enjektör basınçlarında bir değişme olmadığı, 600 saatlik çalışma süresinin sonunda II ve III nolu enjektörlerde 1 bar basınç düşmesinin olduğu ilerleyen sürelerde diğerlerinde de yavaş yavaş basınçlar da düşme olduğu görülmüştür.

Deneyde kullanılan enjektör memelerinin 40.000 km kullanılabildiği bize bildirişmişti. 600 saatlik çalışma, saatte 75 km yol aldığımızı kabul edersek;

600x75=45.000 km yol yapmasına rağmen enjektör basınçlarından düşme gözlemlenmemiştir. Yani bu çalışmada görülmüştür ki enjektör memesi açılma basınçlarında kaydadeğer bir değişiklik olmamıştır.

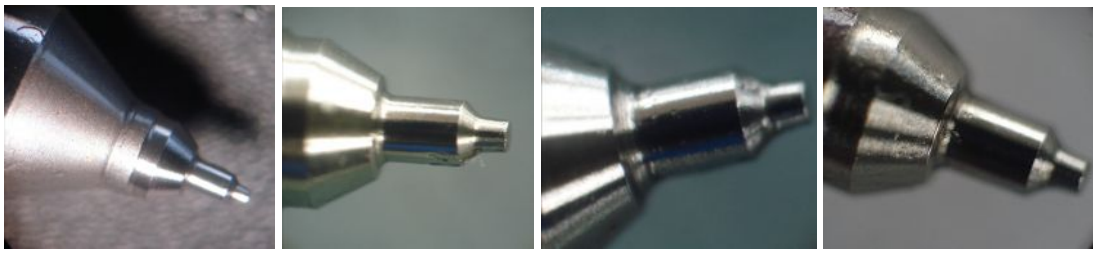
Deney sonunda, I ve III nolu enjektörlerin meme açılma basınçlarında 5 bar, II ve IV nolu enjektörlerin meme açılma basınçlarında 3 bar basınç düşmesinin olduğu görülmüştür (Şekil 7.9). Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) yerine dizel yakıtıda kullansaydık basınçta muhakkak düşmeler olacaktı, burada önemli olan basınçta düşme olup olmadığı değil ne kadar düşme olduğudur.

Enjektör basınçlarındaki bu düşme enjektörlerin kullanılmasına engel değildir. 1000 saatlik çalışma sonunda enjektörler kullanılabilir durumdadır.



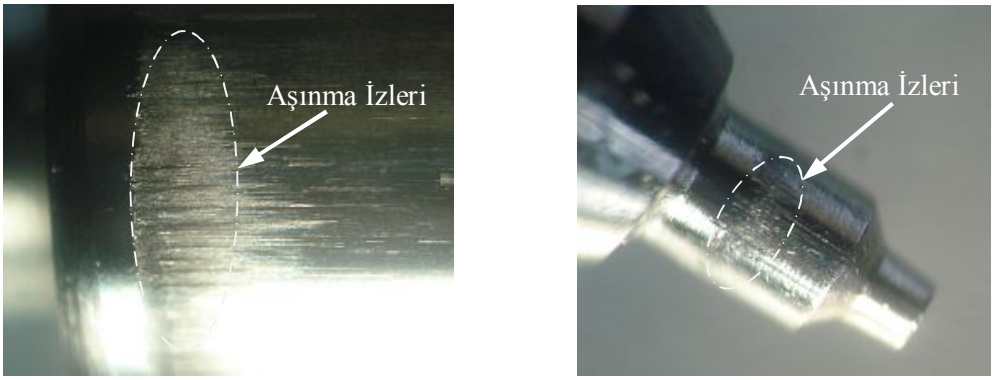
Şekil 7.9. Enjektör memesi açılma basıncı – zaman grafiği

Enjektör iğnelerinin mikroskop altında yapılan incelemelerinde başlangıçta enjektör iğnelerinin görüntüleri Şekil 7.10'daki gibidir.



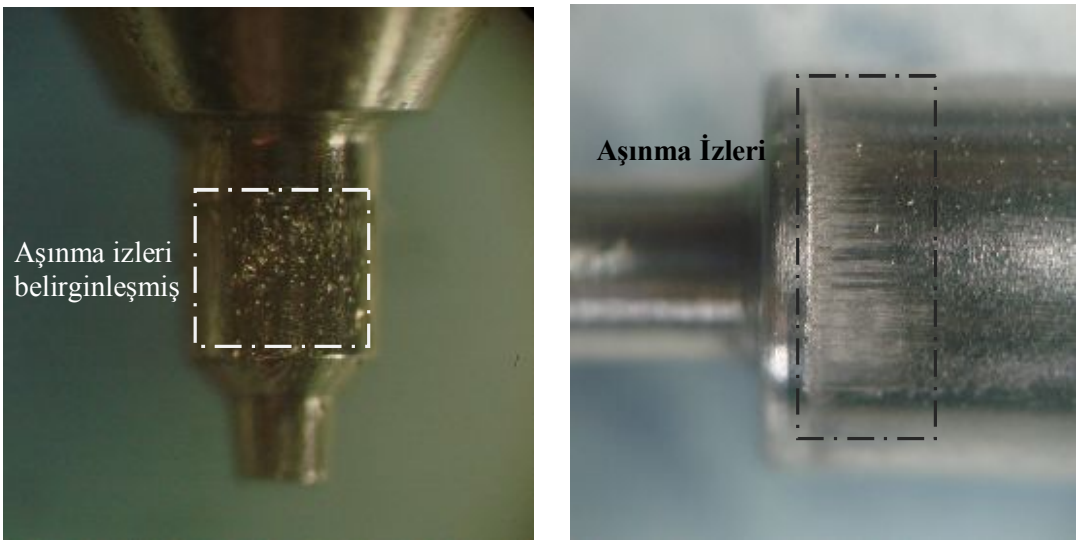
Şekil 7.10 Enjektör iğnelerinin başlangıçtaki fotoğrafları

Enjektör iğnelerinin, gövdelerinin sap kısmında ve uç kısmında aşınmalar 400 saatlik çalışma sonunda görülmeye başlanmış olup, mikroskoptaki görüntüleri Şekil 7.10'daki gibidir.



Şekil 7.11. Enjektör iğnelerinin 400 saatlik çalışma sonundaki fotoğrafları

Enjektör iğnelerindeki aşınmalar 1000 saat sonunda daha da belirginleşerek Şekil 7.12'deki halini almıştır.

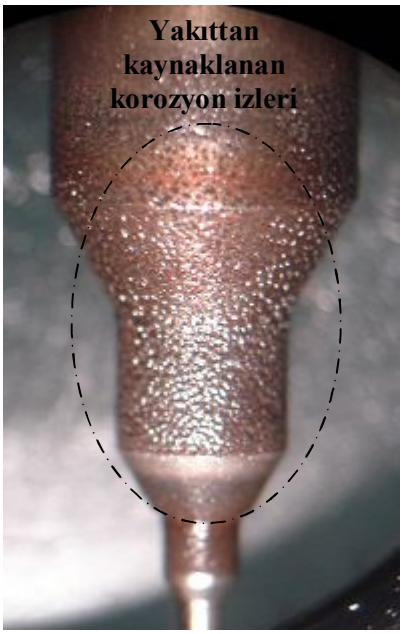


Şekil 7.12. Enjektör iğnelerinin 1000 saatlik çalışma sonundaki fotoğrafları

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaptığımız çalışma bize göstermiştir ki Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) kullanılan enjektörlerde, iğne çapı, iğne ve meme ağırlıklarında küçük azalmalar olsa da, enjektör açılma basıncında ki düşme 600 saatlik çalışma sonunda görülmüştür. Nasıl ki Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) ile yaptığımız çalışmada enjektör iğnesinin çapındaki küçülme, meme ve iğnenin ağırlığındaki azalma varsa, iğnenin görüntülerinden 400 saatlik bir çalışmadan sonra aşınmalar başladıysa, aynı durumlar motorinle çalıştığında da farklı zaman diliminde görüleceği muhtemeldir. Bütün deney sonuçları incelendiğinde, enjektörlerdeki etkisi bakımından, Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) motorin yakıtının yerine rahatlıkla kullanılabilecek bir yakıttır.

Bu çalışma esnasında tecrübelerine başvurduğum Konya'nın değişik sanayi sitelerinde faaliyet gösteren dört farklı pompa bakım ve ayar servisi yetkilileri kalitesiz bir yakıtın enjektörleri 5.000km kullanımdan sonra bile kullanılmaz hale getirebileceğini belirttiler (Şekil 8.1).



Şekil 8.1. Kalitesiz yakıt kullanımı sonucu enjektör iğnesinde oluşan korozyon

Pompa ayar ve bakım servisleri, üretilen farklı marka meme ve iğnelerin aynı araçta kaliteli yakıtla kullanıldığında da verimli çalışma süresinin 40.000-150.000

km arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Karayolunda ki araçlar yakıtlarını hep aynı istasyondan almamaktadırlar. Dünyada ve Türkiye'de faaliyet gösteren çok fazla petrol firması ve bunların bayileri vardır. Bu firmaların sattıkları ürünlerin arasında bile farklar mevcuttur. Bu sebeple araç kullanıcıları aynı firmanın aynı bayisinden yakıt alırlarsa, yakıtın motora olan etkisi bilinebilir.

Bir dizel motorun ortalama 250.000km kullanıldığı düşünülürse, bu kadar sürede farklı yerlerden alınan yakıtlarla uzun vadede yakıt kalitesini kestirmek güç olacaktır. Kısa vadede belki yakıttan kaynaklanan motor karakteristiklerine bakılarak bir yakıtın kalitesi anlaşılabilir.

Günümüzde birçok araç sahibi dizel motorlarda motorinin yanında farklı yakıtları araştırmadan sırf fiyatı ucuz diye kullanmaktadırlar.

Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı bir enjektörün tam olarak hangi yakıtla, kaç Km kullanılabileceğini söylemek oldukça güçtür.

Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) konusunda yapılan araştırmalar, Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin motorine göre çevre vb konularda çeşitli avantajlarının olduğunu ortaya koymuştur. Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) kullanıcıları sürekli ve sadece Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) kullanmamaktadır. Fakat bir dizel motorun kullanım ömrü 150.000-1.000.000km arasında değişmektedir. Bu kadar uzun çalışma ömründe tamamen Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) kullanılarak yapılan bir araştırma yapılmadan, Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin net olarak avantajlı veya dezavantajlı olduğunu söylemek oldukça zordur.

Günümüz dizel motorlarında, değişik çalışma şartlarında iyi bir performans ve temiz yanmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) mevcut dizel motorlarda büyük çaplı bir modifikasyona ihtiyaç duyulmaksızın kullanılabilecek alternatif dizel motor yakıtıdır. Bu sebeple Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin sürdürülebilir olabilmesi ve motorda henüz bilinmeyen kötü etkilerinden korunmak için B100 yerine AB'nin tavsiye ettiği değerlere uymak daha akıllıca olacaktır.

Sonuç Olarak;

Yapmış olduğumuz çalışma sonunda, B100'ün enjektörlerde, dizel kullanımındaki tecrübelere göre daha az aşındırdığı ve 1000 saatlik çalışma sonunda

enjektörlerin hala kullanılabilir durumda olduğu görülmüştür.

Diğer taraftan, yapmış olduğumuz çalışmada motorda yanma olmamıştır. Yakıt sadece yakıt sisteminde sirkülasyon ettirilmiştir. Bu çalışma her ne kadar bize enjektördeki aşınma, yakıt yoğunluğu ve yakıt debisi hakkında bilgi verse de, daha iyi sonuçlar elde etmek için yapılması gereken, çalışma şu şekilde yapılabilir.

Aynı marka aynı özellikte iki dizel araç alınmalıdır. Yakıt sistemindeki bütün parçalar aynı firma tarafından aynı ülkede üretilen yenileri ile değiştirilmelidir. Aynı veya benzer çalışma şartlarında araçlar çalıştırılırken araçların birisinde motorin, diğerinde Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) kullanılmalıdır. Her iki motordaki karakteristikler ölçülerek ve buna göre bir kıyaslama yapılarak bu konuda daha kesin verilere ulaşılabilir. Bu şekilde yapılacak bir çalışma yüksek maliyetli olacağından bireysel olarak yapılması pek mümkün değildir. Ancak; Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) nin motora olan etkileri konusunda çalışma yapan Otomotiv Sanayi, Petrol Sanayi, Yağ Asidi Metil Esteri (YAME) Sanayi ve Araştırmacılar bir araya gelerek daha kapsamlı araştırmalar yapılabilirler.

9. KAYNAKLAR

1. Acaroğlu M., **"Alternatif Enerji Kaynakları"** 2007, Nobel Yay. Dağ. ISBN 978-605-395-047-9 Genişletilmiş 2. Baskı
2. Afacan T., **"Biyodizelin Yakıt Olarak Teknik Özellikleri"** (TÜBİTAK 02.12.2005)
3. Akyarlı A., **"Biyodizel Sürecinin Değer Yaratma Potansiyeli ve Ülkemiz Özelinde Makroekonomik Öngörüler"** TÜBİTAK 02.12.2005 Ankara
4. Alptekin E., Çanakçı M., "**Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu"** Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt : 47 Sayı: 561
5. Altun Ş., Gür M.A., **"Bitkisel Yağların Alternatif Yakıt Olarak Dizel Motorlarında Kullanılması"** HR.Ü.Z.F.Dergisi, 2005, 9(3): 35-42
6. Ayaz İ.H., "**Petrol Piyasası Mevzuatı ve Biyodizel"** TÜBİTAK 02.12.2005 Ankara
7. Beatriz Yordi, DG Energy and Transport **"Situation on renewable energies in the EU."**
8. Bilginperk H., **"Dizel Motorları"** MEB Yayınları 1987, 4. Baskı
9. Borat O., Balcı M., Sürmen A., **"İçten Yanmalı Motorlar Cilt I "** 1994 3.Baskı ISBN:975-95300-0-7
10. Borat O., Balcı M., Sürmen A., **"Yanma (Aerotermokimya) Bilgisi "** Teknik Eğitim Vakfı Yayınları 1992
11. BOSCH Motorlu Araçlar Yan. San. ve Tic. AŞ. "Enjektör Memeleri, Komple Enjektörler, PF Yakıt Pompaları, Kızdırma Bujileri, Yakıt Pompa Eleman ve Ventilleri" Katalogu 1991
12. Cabbar Y., **"TS EN 14214 Standardı ile İlgili Problemler"** (02.12.2005 TÜBİTAK)
13. Cabra L., **"Strategic Research Agenda & Strategy Deployment Document"** European Biofuels Technology Platform, January 2008 ISBN: 978-1-872691-38-1
14. Calais P., Clark T., "Waste Vegetable Oil As A Diesel Replacement Fuel"
15. Çağlar M., **"Türkiye'de Biyodizel Konusunda Yasal Altyapı, Yatırım ve AB Perspektifi"** TÜBİTAK 02.12.2005 Ankara

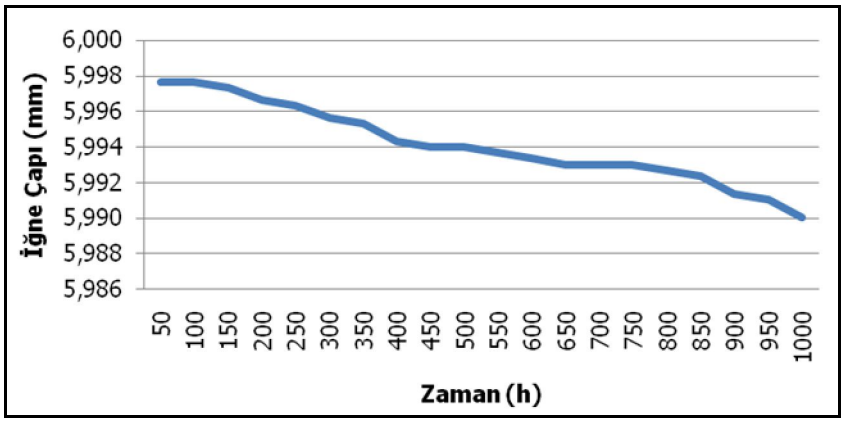
16. Çevre ve Orman Bakanlığı **"Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği"**
17. ÇOB, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü **"Bitkisel Atık Yağlar ve Biyodizel Üretimi"**
18. Danışmaz H., Yal F., Erol O., **"Geleceğin Yakıtı: Biyodizel"** Hedef Yaşam Dergisi, Ekim 2006, Sayı 3
19. Demirbaş A., **" Biodiesel Fuels from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Alcohol Supercritical Transesterifications and Other Methods**" Survey, Energy Conversion and Management, 2093-2109, 2002
20. Dr. Hartmut Heinrich, „**Volkswagen's Views on Biofuels"** 1st Meeting of the Biofuels Research Advisory Council (BIOFRAC) Bruxelles, June 15th 2005
21. **"Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği"** Res.G:7.10.2004 Sayı : 25606
22. Environmental Building News **"Biodiesel:A Cleaner, Greener Fuel for the 21st Century",** January 2003
23. Frame E. A., Bessee G.B., And Marbach H. W., **" Biodiesel Fuel Technology for Military Application"**, Report TFLRP No:317, 1997.
24. Frame E., McCormick R.L., **"Elastomer Compatibility Testing of Renewable Diesel Fuels"** *Technical Report* NREL/TP-540-38834 November 2005
25. Frıedrich S., **"A World Wide Review Of The Commercial Productıon Of Biodiesel –A technological, economic and ecological investigation based on case studies"** Institut Fur Technologie Und Nachhaltiges Produktmanagement, Wien 2004
26. Gerpen V. J., Shanks B., And Pruszko R., **"Biodiesel Production Technology"**, NREL/SR-510-36244, July 2004
27. Goodrum J. W., Geller D.P., **"Influence of fatty acid methyl esters from hydroxylated vegetable oils on diesel fuel lubricity",** Bioresource Technology 96 (2005) 851–855
28. Güngör O., **"Dizel Teknolojisi"** Gül Yayınevi Ankara 1976
29. Gürcan A. G., Mert Ş., **"Beşikten Mezara Tarımsal Yakıtlar"** http://www.uzumsen.org Kasım 2007 – Ankara,
30. Hani İ., **"Madeni Yağlar ve Petrol Ofisi Ürünleri"** Petrol Ofisi A.Ş. Madeni Yağ Direktörlüğü 2002 4.Baskı
31. http://www.ceyhanbiodiesel.com/nedir.html

32. http://www.eie.gov.tr/biyodizel/bd_motor.html
33. http://www.lisefizik.com/lise1/ozkutle.htm
34. Işığıgür A., 1992 **"Türkiye Kökenli Aspir Tohum Yağlarının Transesterifikasyonu ve Dizel Yakıt Alternatifi Olarak Değerlendirilmesi"** Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İTÜ.
35. Karahan Ş., **"Biyodizel Kalitesi ve Biyodizel Kalitesinin Dizel Motorlara Etkileri"** TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü
36. Karaman İ., Yurt Ö., **"İçten Yanmalı Motorlar ve Gaz Türbinleri"** MEB Yay., 1992
37. Karaosmanoğlu F., **"Biyodizel ve Türkiye"** www.turkbiodiesel.com.htm
38. Karasu T., Yelken B., **"Dizel Motorları Meslek Bilgisi"** MEB MEKSA Vakfı 1997, ISBN 975-96054-5-7
39. Kavalov B., **"Biofuel Potentials In The Eu"**, EC Joint Research Centre, Instude for Prospective Technological Studies, January 2004
40. Kegl B., **"Effects Of Biodiesel On Emissions Of A Bus Diesel Engine"** Bioresource Technology Volume 99, Issue 4, March 2008, Pages 863-873
41. Keskin A., Gürü M., Altıparmak D., **"Tall Yağı Biyodizelinin Dizel Yakıtı İle %90 Oranındaki Karışımının Alternatif Dizel Yakıtı Olarak İncelenmesi"** G.Ü.M.M.F. Dergisi Cilt 22, No 1, 57-63, 2007
42. Kimberly S. W., Joseph M. P., Elana C., Andre´ L. B., **"Alternative and low sulfur fuel options: boundary lubrication performance and potential problems"** Tribology International 38 (2005) 313–319
43. Koerbıtz W., "**Innovative Biodiesel"** *"Biotreibstoffe–Heute, morgen, übermorgen"* Wien-Austria17. Juni2005
44. Küçükşahin F., **"Dizel Motorları"** Güven Kitabevi, İstanbul 1999, ISBN 975-96869-0-2, Genişletilmiş 3. Baskı
45. MEGEP (Meslekî Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) Motorlu Araçlar Teknolojisi **Alternatif Motorlar ve Yakıtlar Modülü**, Ankara 2006
46. MEGEP (Meslekî Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) Motorlu Araçlar Teknolojisi **Dizel Motorların Yakıt Sistemleri 1 Modülü**, Ankara 2006
47. MEGEP (Meslekî Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) Motorlu Araçlar Teknolojisi **Dizel Motorların Yakıt Sistemleri 2 Modülü**, Ankara 2006

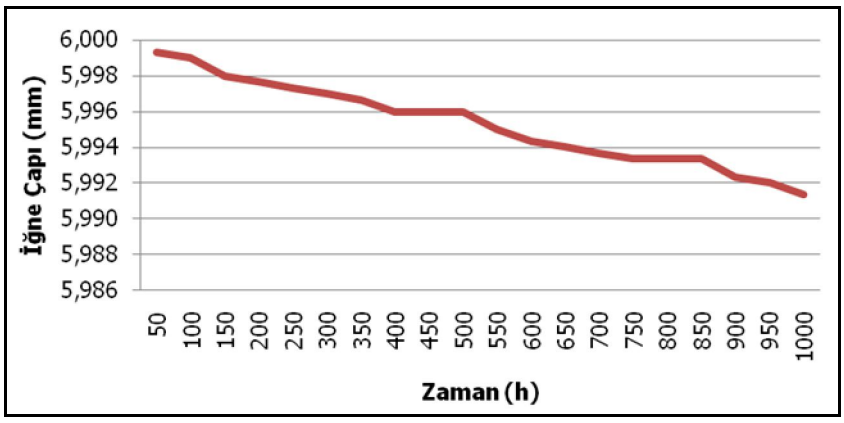
48. MEGEP (Meslekî Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi) Motorlu Araçlar Teknolojisi **Dizel Motorların Yakıt Sistemleri 3 Modülü**, Ankara 2006
49. Narin M., **"Dünyada ve Türkiye'de Enerji Tarımı"** G.Ü.İ.İ.B.F. İktisat Bölümü
50. Oğuz H., Öğüt H., Eryılmaz T., Mengeş H.O., **"Yağ Tutuculardan Elde Edilen Yağlardan Biyodizel Eldesi ve Kalitesi"** TOBB ETÜ, 2007 Ankara
51. Otomotiv Sanayi Derneği (OSD), **"Çevre ve Otomotiv Sanayi"** Mart 1997
52. Öğüt H., **"Motor Yakıtı Olarak Biyoyakıtlar"** TOBB ETÜ 6 Nisan 2007 Ankara
53. Öğüt H., Kuş R., "**Motorlu Taşıtlarda Alternatif Yakıt Kullanımı"** II. Ulaşım ve Trafik Kongresi – Sergisi, Ankara-1999
54. Öğüt H., Oğuz H., **"Üçüncü Milenyum Yakıtı Biyodizel"** 2.Baskı Nobel Yayın Dağıtım ISBN:975-591-730-6
55. Öğüt H., Oğuz H., Mengeş H.O., Eryılmaz T., **"Biyodizelin Motora Etkileri"** 21 Nisan 2006, Ankara
56. Örs İ., **"Benzin-Etanol Karışımlarının Taşıt Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi"** Yüksek Lisans Tezi S.Ü. Konya-2007
57. Öztürk M., Çevre ve Orman Bakanlığı **"Araçlarda Verimli Yakıt Kullanma Kılavuzu"** 2005 Ankara
58. Petrol Sanayi Derneği (PETDER) "**Biodizel Mevzuatı ve Uygulamalar"** Basın Toplantısı 30 Kasım 2005 / İstanbul
59. Ramadhas A.S., Jayaraj S., Muraleedharan C., **"Characterization and effect of using rubber seed oil as fuel in the compression ignition engines",** Technical note, Renewable Energy 30 (2005) 795–803
60. Safgönül B., Ergeneman M., Arslan H.E., Soruşbay C., **"İçten Yanmalı Motorlar"** 1995 Birsen Yayınevi ISBN:975-511-119-0
61. Scharmer K., **"Biodiesel Energy and Environmental Evaluation Rapeseed Oil Methyl Ester"** Union Zur Förderung Von Oel- Und Proteinpflanzen E. V.
62. Staudt W., **"Motorlu Taşıt Tekniği Otomotiv Mesleğinde Temel Eğitim"** Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig /Wiesbaden, MEB Yayınevi 2000 ISBN 975-11-1011-4, 2.Baskı

63. Taşyürek M., "**Palm ve Aspir Biyomotorininde Depolama Süresi ve Şartlarının Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi"** Yüksek Lisans Tezi S.Ü. Konya-2005
64. **TS 7053** "Karayolu Taşıtları Dizel Motorları Yakıt Enjektörlerinin Denenmesi Elle Kumandalı Deney ve Ayar Cihazı", Mayıs 1989
65. **TS 7054** "Karayolu Taşıtları Dizel Motorları Yakıt Enjektörlerinin Denenmesi Deney İşlemleri", Mayıs 1989
66. Türkay S., **"Biyodizel Üretim Teknolojileri"** (TÜBİTAK 02.12.2005)
67. Tyson, S.K., 2001 "**Biodiesel Handling and Use Guidelines"** NREL September
68. Uçar G., **"Yakıtlar, Biyomotorin Yakıtları ve Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması"** YL. Semineri Konya – 2005
69. Ulusoy Y., Alıbaş K., **"Dizel Motorlarda Biodizel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Olarak İncelenmesi"** U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, (2002) 16: 37-50
70. Yavaşlıol İ., **"İçten Yanmalı Motorlar"** Yıldız Üniversitesi 1994

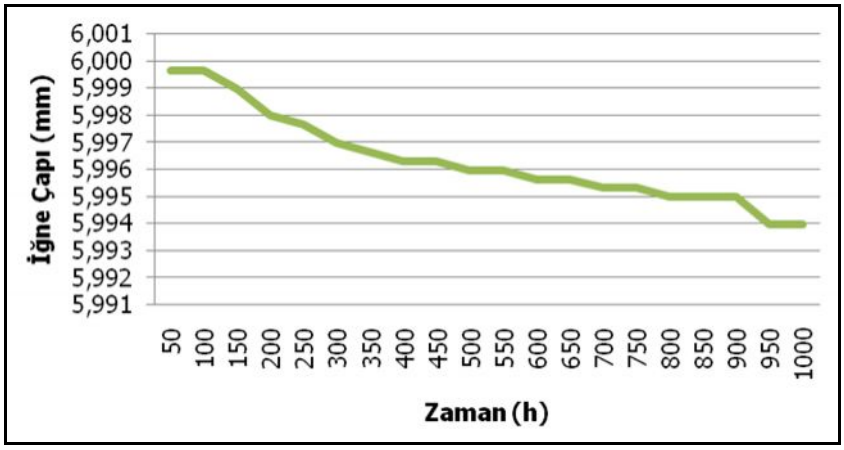
10. E K L E R



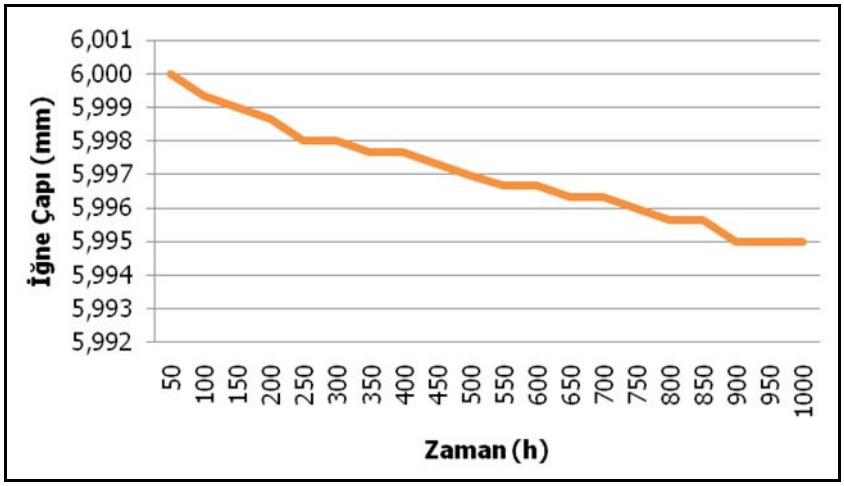
Ek-1) I nolu enjektörün iğne çapındaki değişim



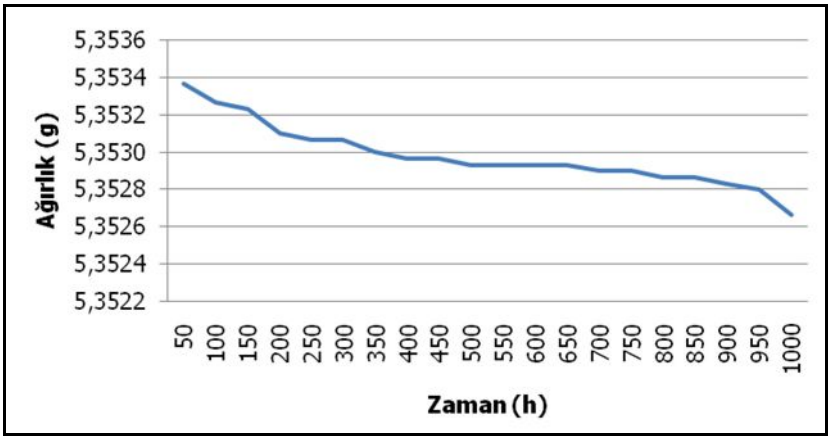
Ek-2) II nolu enjektörün iğne çapındaki değişim



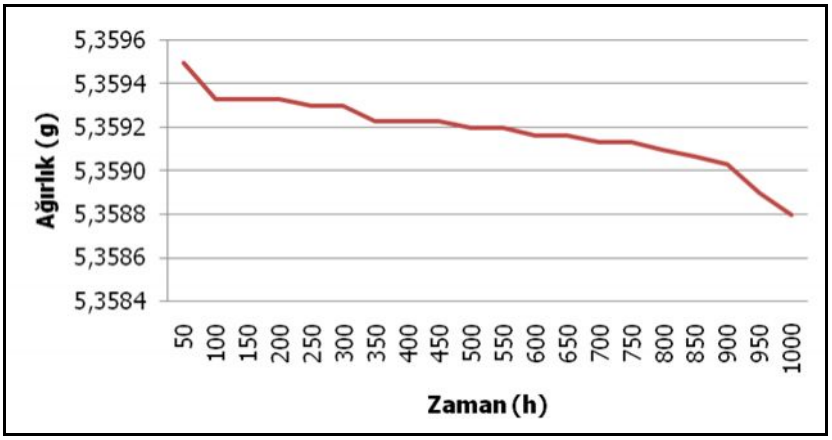
Ek-3) III nolu enjektörün iğne çapındaki değişim



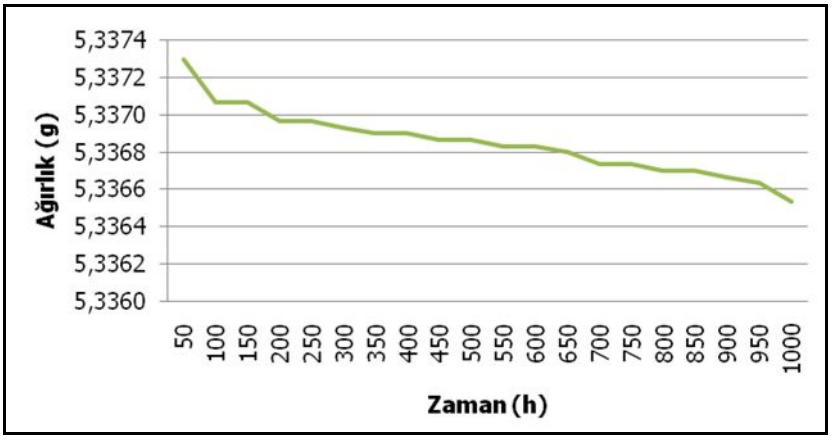
Ek-4) IV nolu enjektörün iğne çapındaki değişim



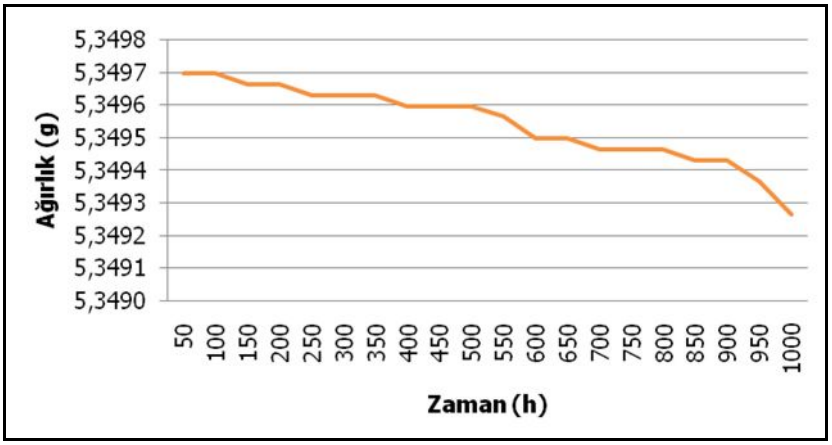
Ek-5) I nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim



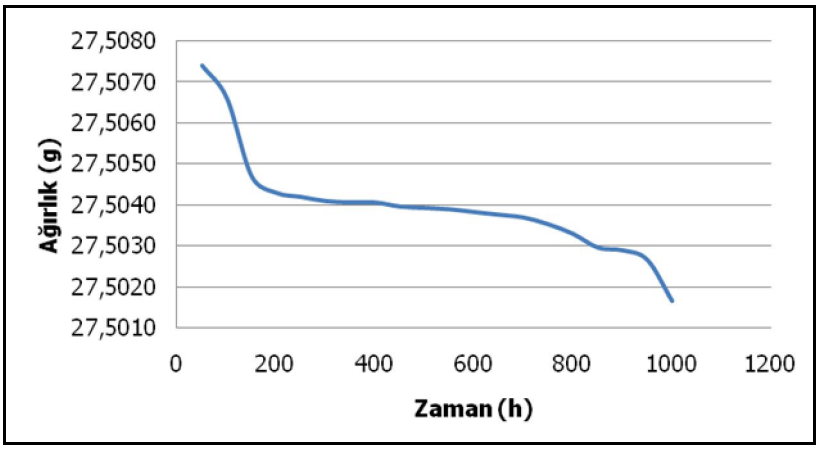
Ek-6) II nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim



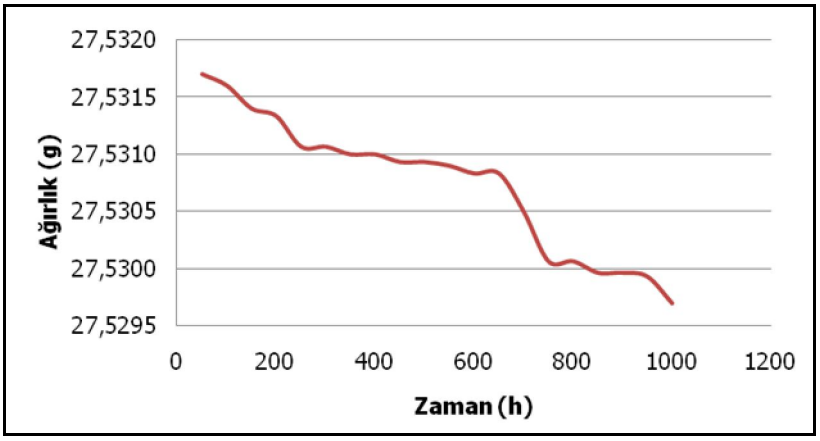
Ek-7) III nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim



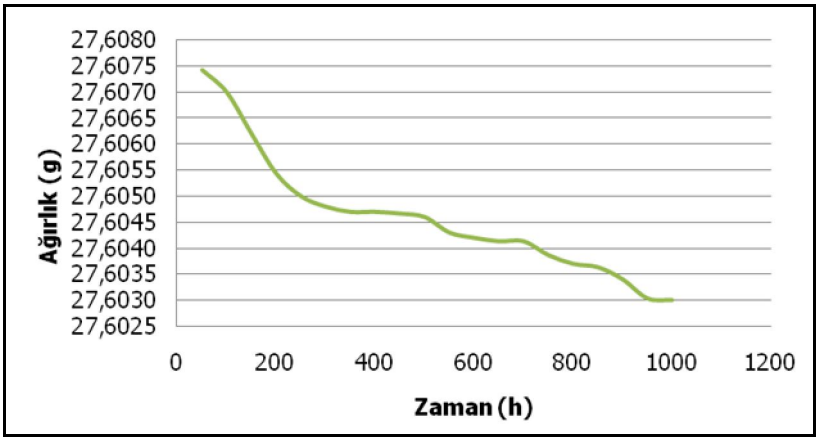
Ek-8) IV nolu enjektörün iğnesinin ağırlığındaki değişim



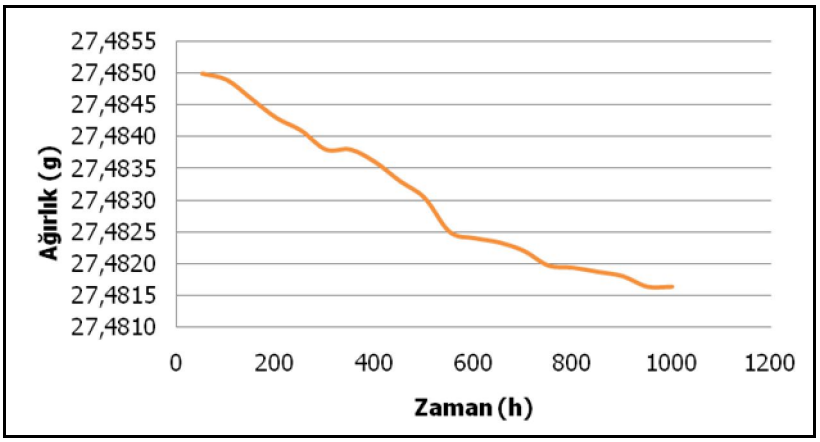
Ek-9) I nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim



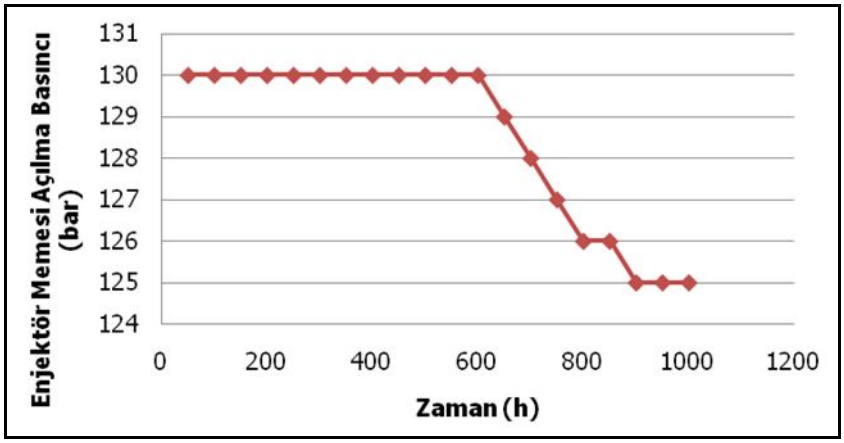
Ek-10) II nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim



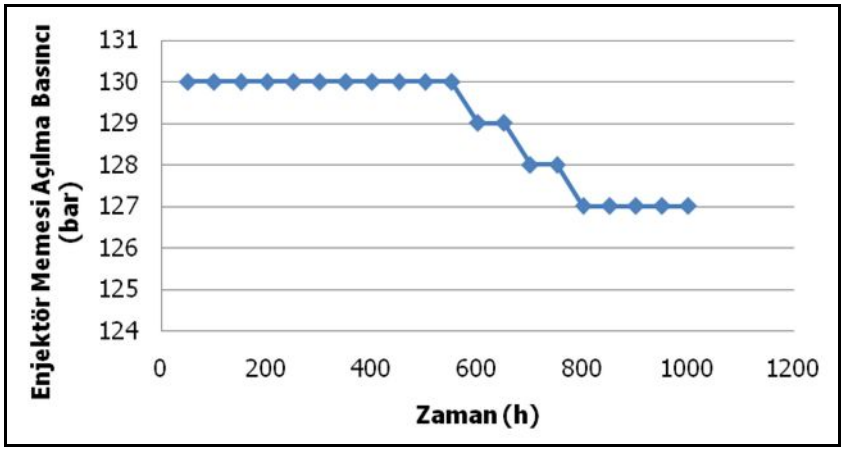
Ek-11) III nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim



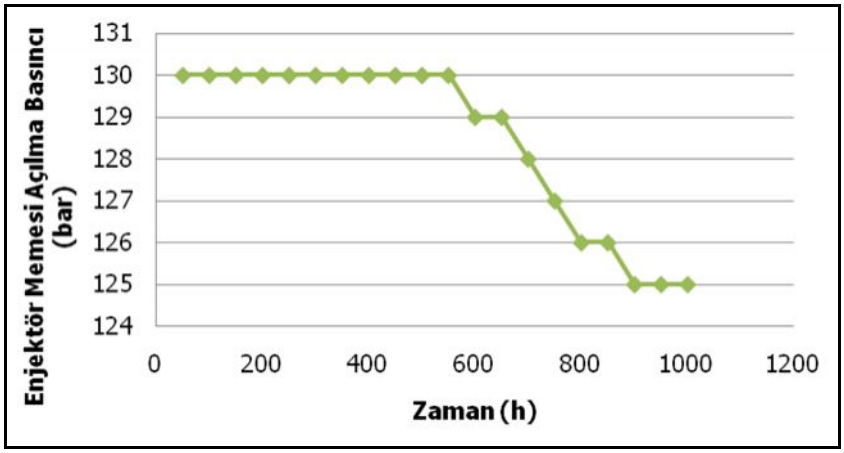
Ek-12) IV nolu enjektörün memesinin ağırlığındaki değişim



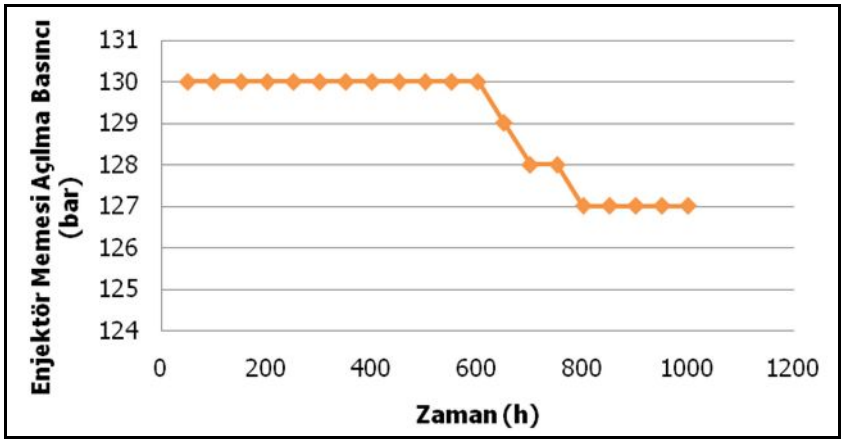
Ek-13) I nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği



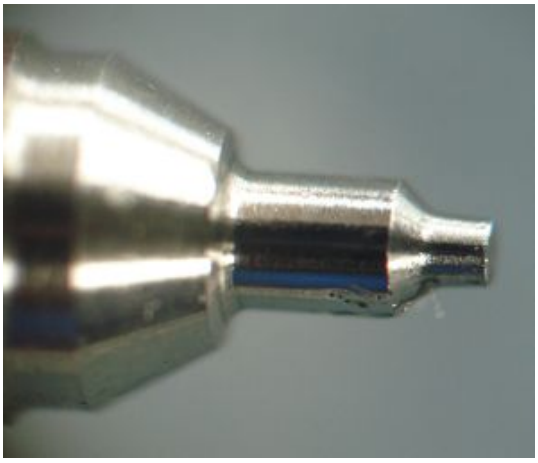
Ek-14) II nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği



Ek-15) III nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği



Ek-16) IV nolu enjektör meme açılma basıncı – zaman grafiği



Ek -17) Çalışmamış enjektör iğnesinin fotoğrafı



Ek -18) 50 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



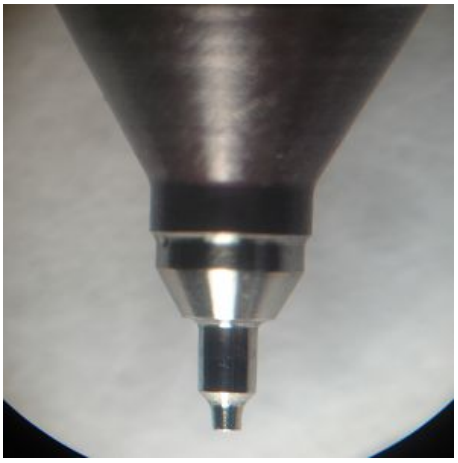
Ek -19) 100 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



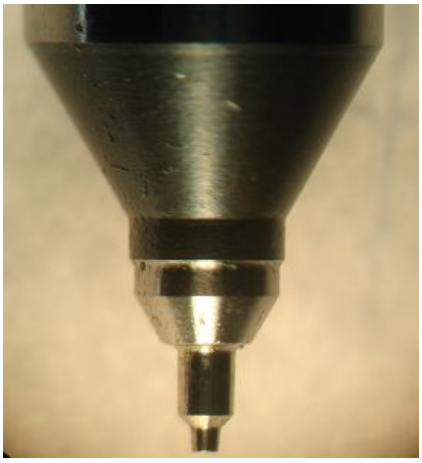
Ek -20) 150 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



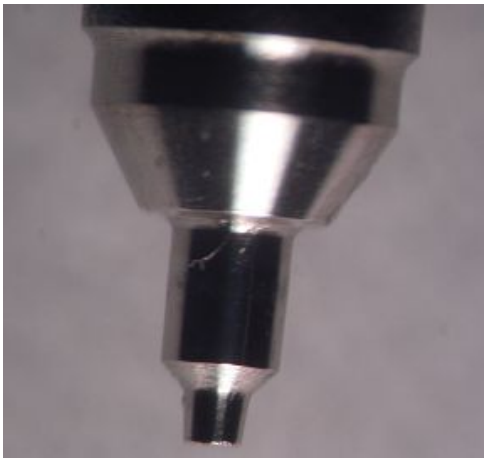
Ek -21) 200 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



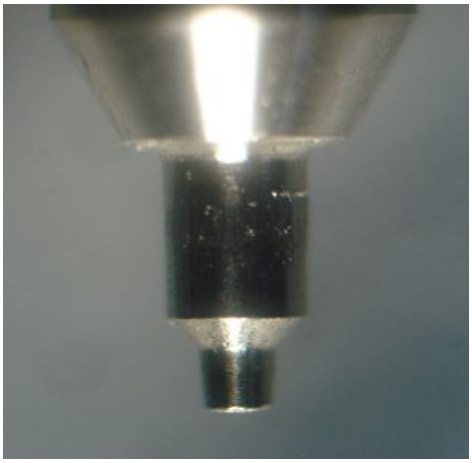
Ek -22) 250 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



Ek -23) 300 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı

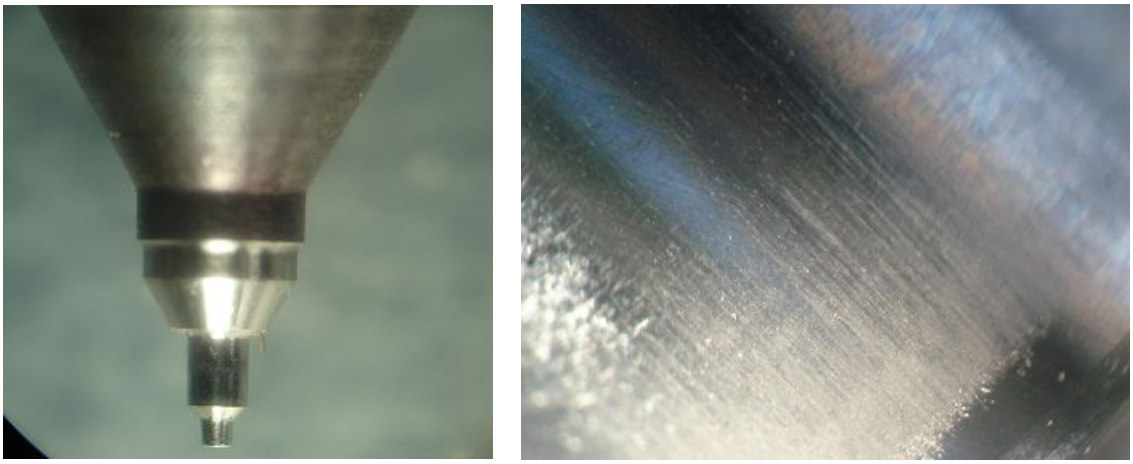


Ek -24) 350 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı

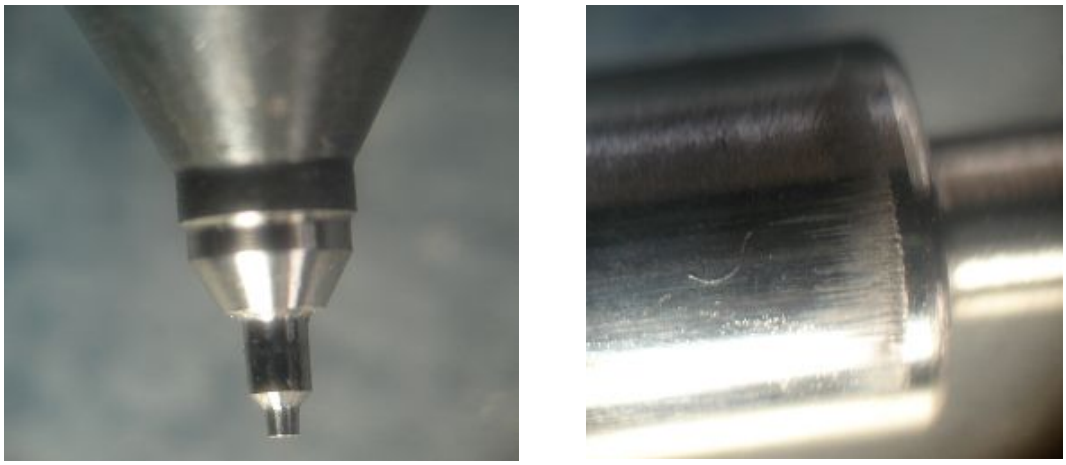




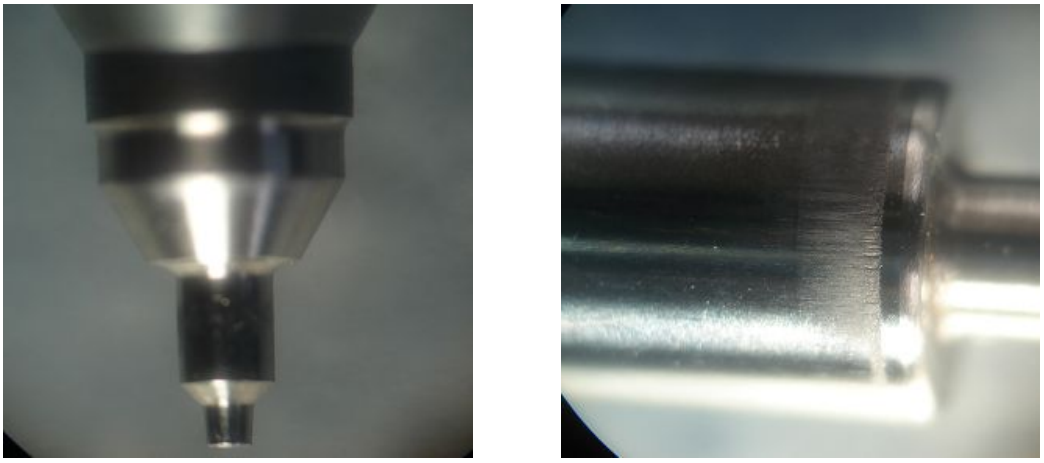
Ek -25) 400 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



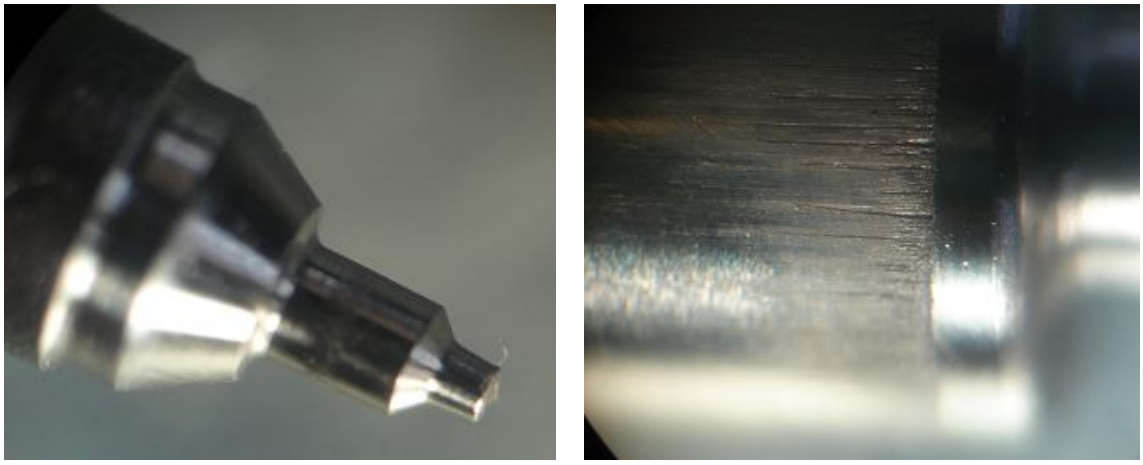
Ek -26) 450 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



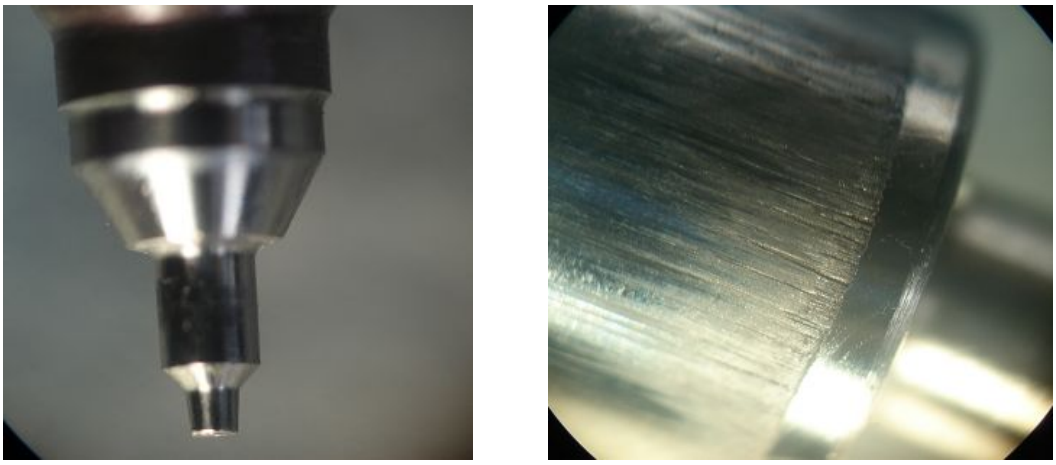
Ek -27) 500 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



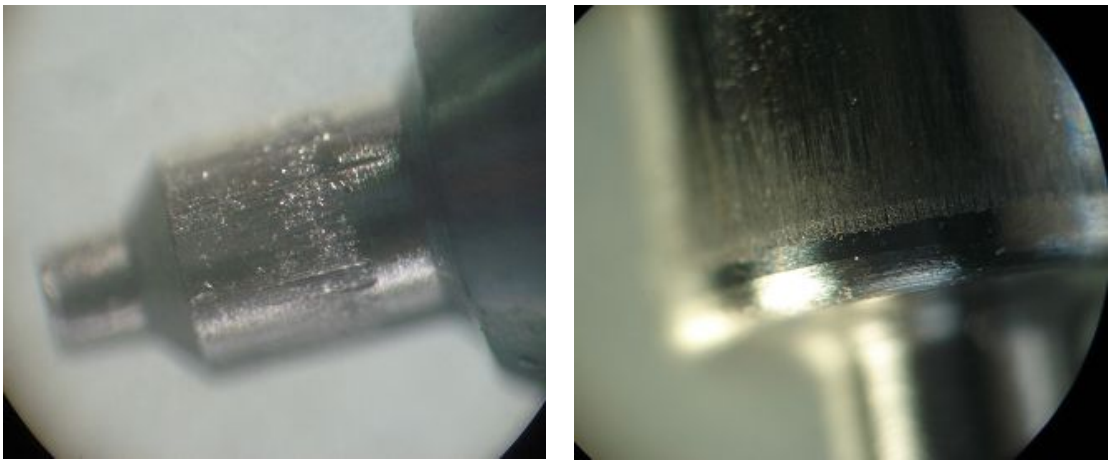
Ek -28) 550 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



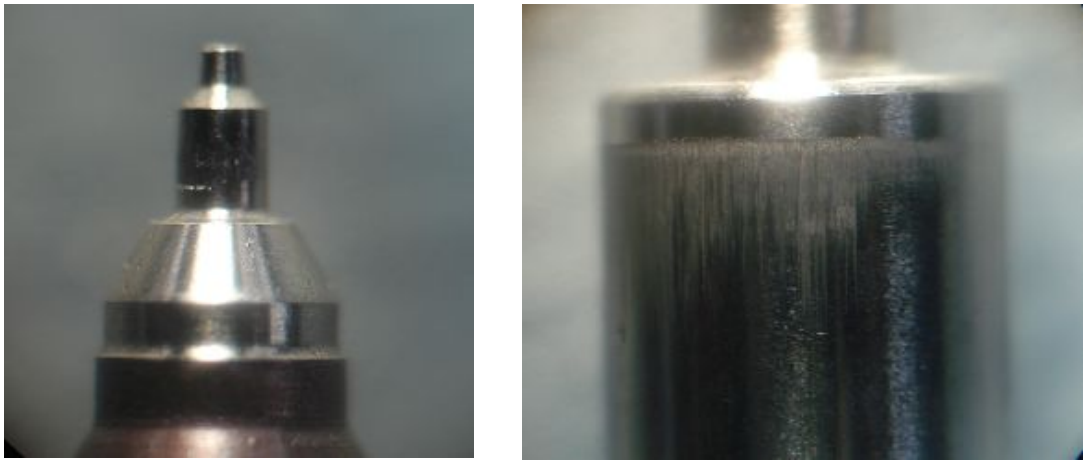
Ek -29) 600 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



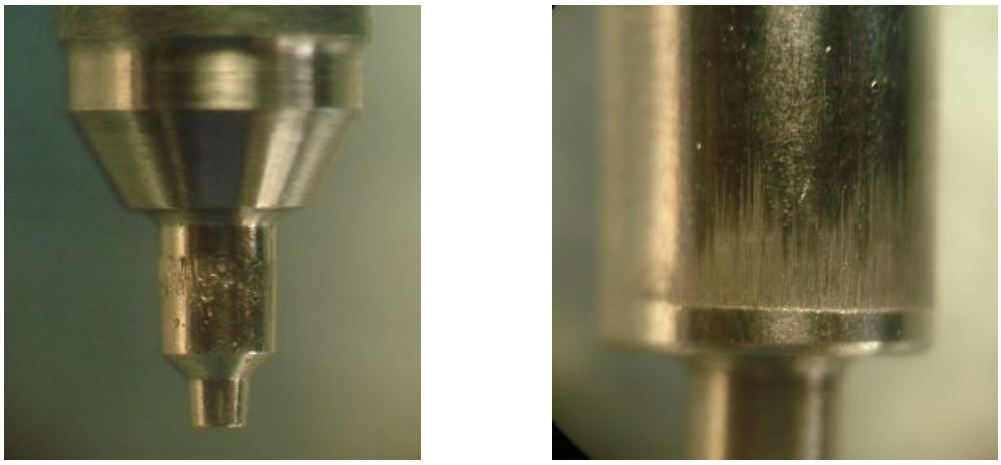
Ek -30) 650 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



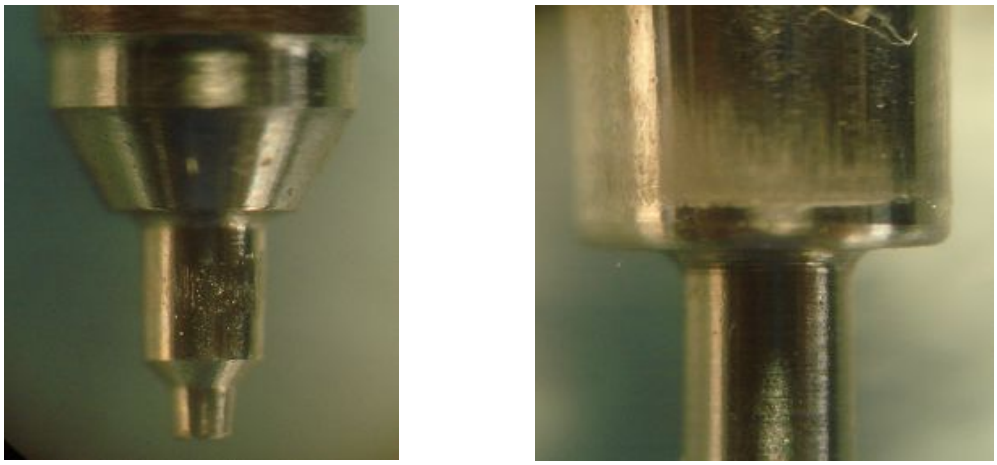
Ek -31) 700 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



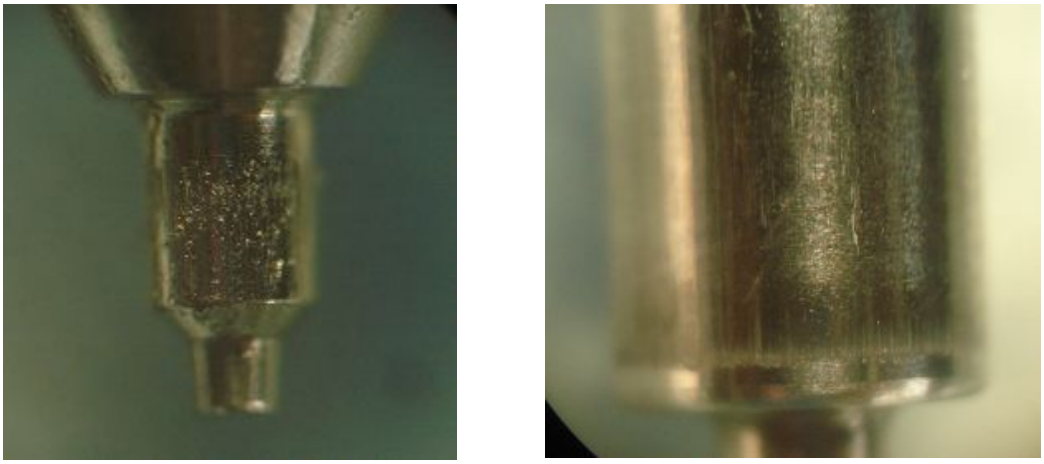
Ek -32) 750 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



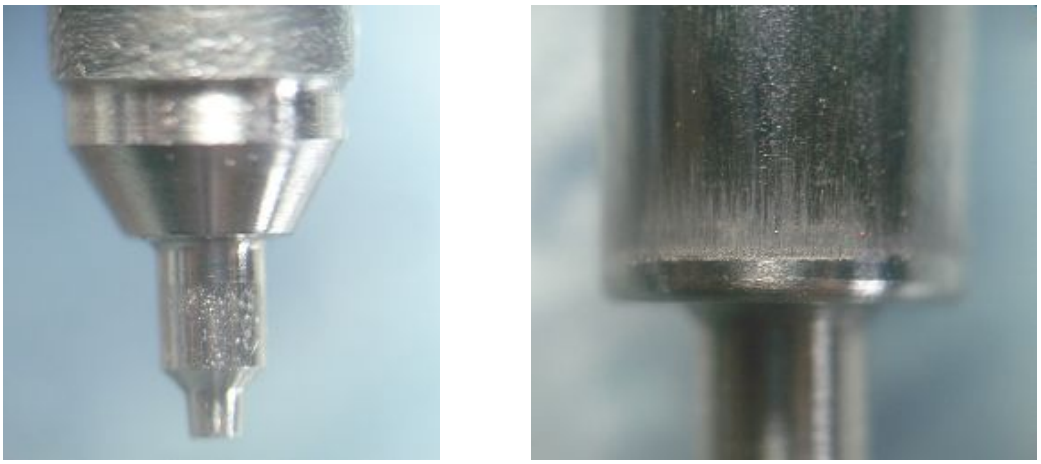
Ek -33) 800 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



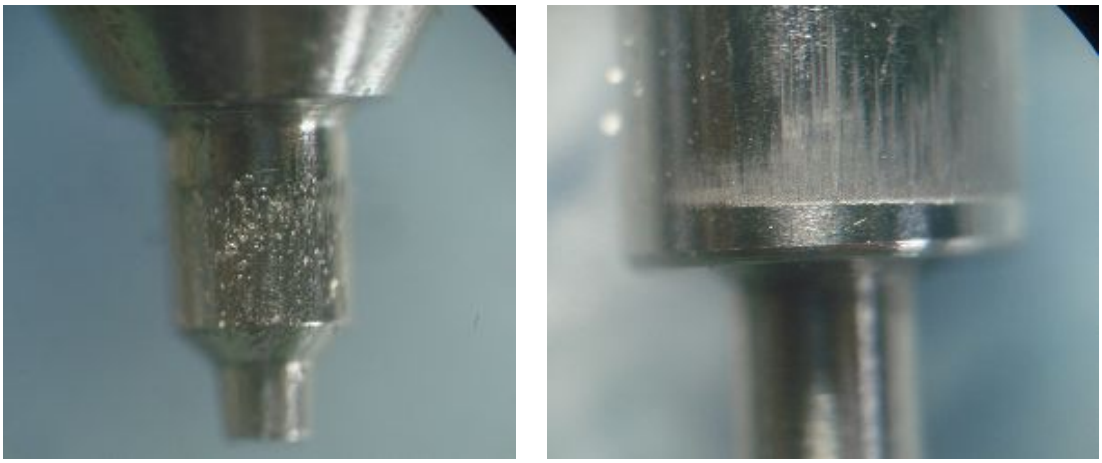
Ek -34) 850 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



Ek -35) 900 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



Ek -36) 950 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı



Ek -37) 1000 saatlik çalışma sonunda enjektör iğnesinin fotoğrafı