

Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Yakıtı Alternatifi Olarak Performans ve Emisyon Parametrelerinin İncelenmesi

Yakup İÇİNGÜR*, Mevlüt Süreyya KOÇAK**

* Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar / ANKARA

** K.K. Astsubay Meslek Yüksek Okulu Motor Bilimleri BALIKESİR

ÖZET

Bu çalışmada, fındık yağından elde edilen metil esterinin bir dizel motorunda moment, güç, özgül yakıt tüketimi gibi performans parametreleri, CO, NO_x ve duman yoğunluğu (N) emisyon değerleri ve egzoz sıcaklıkları deneysel olarak incelenmiştir. Fındık yağı metil esteri kurulan bir düzeneğe üretilmiş, fiziksel ve kimyasal özellikleri laboratuvar testleri ile belirlenmiştir. Fındık yağı metil esteri dört silindirli, direkt enjeksiyonlu, turbo şarjlı bir dizel motorda test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar standart dizel yakıtı ile elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan motor performans ve emisyon testleri; fındık yağı metil esteri ve dizel yakıtının moment, güç ve özgül yakıt tüketimi değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu göstermiştir. Fındık yağı metil esterinin CO, NO_x ve duman yoğunluğu emisyonları ile egzoz sıcaklıkları da dizel yakıtına göre daha düşük çıkmıştır. Sonuç olarak fındık yağı metil esterinin yenilenebilir kaynaklı ve uygun bir dizel yakıtı alternatifi olabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fındık yağı, metil ester, alternatif yakıt, dizel motor.

A Study on the Performance and Emission Parameters of Hazelnut Oil Methyl Ester as an Alternative Diesel Fuel

ABSTRACT

In this study, methyl ester which was produced by hazelnut oil has been studied through an experimental method concerning with engine parameters such as torque, power and brake specific fuel consumption and exhaust emissions such as CO, NO_x, smoke density and exhaust temperatures. To produce methyl ester, a reactor mechanism was instructed and obtained methyl ester was determined physical and chemical properties in laboratory conditions. Hazelnut oil methyl ester was tested in a four cylinder, turbocharged, direct injection diesel engine. Test results obtained from hazelnut oil methyl ester were compared to standard diesel fuel test results. Engine performance test results showed that the test results of hazelnut oil methyl ester are very close to diesel fuel. CO, NO_x, smoke density of hazelnut fuel and exhaust temperatures were lower than of diesel fuel. As a result of this study; it is concluded that hazelnut oil methyl ester could be used as an alternative fuel in diesel engines.

Key words: Hazelnut oil, methyl ester, alternative fuel, diesel engine

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda ve gelecekte, enerji krizleri ülkemizi ve tüm dünyayı büyük sıkıntılara sokacak düzeydedir. Özellikle, Türkiye gibi enerji ihtiyacının çoğunu fosil yakıtlara bağımlı olarak ve ithalat yolu ile karşılayan ülkeler için enerji ihtiyacı büyük problem teşkil etmektedir (1).

Çizelge 1'de ülkelere göre dünya fosil yakıtlarının kullanılma süreleri gösterilmiştir.

Ülkemiz, enerji ihtiyacının yaklaşık % 42'sini ham petrol ile karşılamakta ve bu oranın % 80'nin den fazlası ithal edilmektedir. Petrol ürünlerinin %99'u taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır. Kara taşıtlarının % 49,37'si ise dizel yakıtla çalışmaktadır(3). Bu nedenle petrole alternatif yeni ve yenilenebilir enerji kay-

naklarının araştırılması ülkemiz için hem ekonomik açıdan hem de stratejik açıdan çok önemlidir.

Çizelge 1. Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Kullanılabilir Süreleri (Yıl) (2)

Bölge	Petrol	D.Gaz	Kömür
Kuzey Amerika	14	10	234
Orta ve Güney Amerika	39	72	381
Avrupa	8	16	167
Eski SSCB Ülkeleri	21	79	>500
Ortadoğu	87	>100	>500
Afrika	27	90	246
Asya ve Okyanusya	16	44	147
TOPLAM DÜNYA	40	62	216

Çizelge incelendiğinde özellikle petrol rezervlerine biçilen ömrün, oldukça azaldığı görülmektedir (2).

Üzerinde çalışmalar yapılan alternatif enerji kaynaklarından bir tanesi de yenilenebilir özelliğe sahip olan biodizeldir. Biodizel, bitkisel yağların, kullanılmış atık yağların veya hayvansal yağların alkol ile uygun bir katalizör kullanılarak kimyasal reaksiyona sokulması sonucu elde edilen esterlere denir. Reaksiyon esnasında yağ asitleri gliserinden ayrılarak alkol ile yeni esterler oluştururlar. Gliserin reaksiyonun yan ürünü olarak ortaya çıkar, saflaştırılıp parfüm ve kozmetik sanayii gibi alanlarda değerlendirilebilir.

Petrol kökenli dizel yakıtı çoğunlukla karbon sayısı 14-18 arasında değişen yüzlerce farklı hidrokarbon zincirinden oluşur ve bünyesinde aromatik hidrokarbon (benzen, toluen, xylene, vb.), kükürt, metaller ve hampetrol artıklarını içerir (4).

Biodizelin kimyasal yapısı, petrol kökenli dizel yakıtından farklıdır. Biodizel 16 ila 20 arasında karbona sahip hidrokarbon zincirlerinden oluşur ve ağırlığının yaklaşık %10'unu oksijen oluşturur (4).

Bu çalışmada; ülkemizin önemli bitkilerinden olan ve dünya üretiminin %70 inden fazlasını elimizde bulduğumuz fındık bitkisi ve fındık yağı üzerinde durulmuştur. Bir fındık tanesi ortalama %62,7 oranında yağ içermektedir. %83 oranında yüksek bir oleik asit içeriğine sahip olan fındık yağı, kimyasal yapısı bakımından biodizel üretimi için en uygun yağların başında gelmektedir (1).

Ülkemizin savaş, petrol krizi, doğal afet gibi durumlarla karşılaşması halinde, fosil yakıt ihtiyacının çok fazla olacağı ortadadır. Böyle durumlarda eldeki çeşitli kaynakların bu ihtiyacı gidermeye yönelik kullanılması gerekir. Bu açıdan düşünüldüğünde, fındık yağının alternatif yakıt olarak kullanılmasının araştırılması önemli bir konudur.

Bitkisel yağlarla ilgili literatürde bir çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Ancak dünya üretiminin büyük çoğunluğunu elinde bulduğumuz fındık yağının alternatif yakıt olarak kullanımı hakkında dünyada ve ülkemizde yapılan çalışma sayısı oldukça azdır.

Altıparmak, Keskin, vd. (2004), çalışmalarında, üretilip fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenen fındık yağı metil esterinin dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Fındık yağı metil esteri, tek silindirli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda 1800 – 3200 d/d arasında tam yük testine tabi tutulmuştur. Test esnasında motor performans ve emisyon değerleri ölçülmüştür. Araştırmacılara göre; fındık yağı metil esteri ile elde edilen motor performans değerleri dizel yakıtı değerlerine yakındır. Tork ve güç değerlerine bakıldığında ortalama azalma miktarı sırasıyla % 3.22 ve % %3,1 dir. Fındık yağı metil esterinin özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre ortalama% 9.24 artış göstermiştir. CO emisyonların da ve ışık absorpsiyon katsayısında da sırasıyla %48.74 ve %66.7'e kadar

düşmeler tespit edilmiştir (4). Bu çalışma, tarafımızdan yapılan çalışmaya en yakın çalışmadır. Ancak bazı farklı yönler vardır. Örneğin kullanılan deney motorları farklıdır. Deney motorundaki yapısal değişiklikler performans ve emisyon değerlerini etkileyebilmektedir. Ayrıca bu çalışmada, performans parametreleri dışında, ışık absorpsiyon katsayısı ve CO oluşumu incelenmiştir. Bizim çalışmamızda ise, performans parametreleri haricinde CO değişimi, duman yoğunluğu değişimi, egzoz sıcaklıklarının değişimi ve NO_x değişimi incelenmiştir.

Ceylan vd. (2004), fındık çotanağının etanol üretiminde kullanılmasını araştırmışlardır. Fındık çotanağı asidik ve enzimatik hidroliz yolu ile parçalanarak içerdiği karbohidrat miktarları belirlenmiştir. Elde edilen şeker ile etanol üretimi gerçekleştirmişlerdir. %5'lik sülfirik asit kullanılarak; 1/20 katı/sıvı oranında 30 dakika süreyle otoklavda yapılan hidroliz ile en yüksek şeker verimi elde edilmiştir (5).

Demirel ve Şensöz (2004), yenilenebilir enerji kaynağı olarak zeytin ve fındık küspeleri üzerinde çalışmışlardır. 500°C sıcaklıkta ve 10°C /min ısıtma hızında proliz yöntemi ile biyoyakıt elde etmişlerdir. Bu yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirleyerek petrol türevi yakıtlarla mukayeselerini yapmışlar ve sonuçların biyoyakıt açısından oldukça ümit verici olduğunu belirtmişlerdir (6).

Usta, Can vd.(2004), Fındık yağı üretimi ve rafinasyon işlemi sonucu ortaya çıkan sabun stoğu ile kızartmada kullanılmış atık ayçiçek yağından oluşan karışımdan elde edilen biyodizeli petrol kaynaklı dizel ile birlikte belirli oranlarda karıştırarak bir dizel motorunda kısa süreli performans testleri yapmışlardır. Araştırmacılar, performans yönünden atık bitkisel yağlar ile birlikte, yemeklik yağ üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan sabun stoklarının ucuz biyodizel üretiminde önemli bir kaynak olabileceğini ortaya koymuşlardır (7).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Fındık Yağı Metil Esterinin Elde Edilmesi

Fındık yağı metil esteri (FME) elde etme işlemi Balıkesir Astsubay Meslek Yüksek Okulu Dizel Motor Atölyesinde kurulan düzenele gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için kullanılan cihaz ve araçlar; bir adet 2 kW'lık ısıtıcı, karıştırıcı ayırma kabı, ölçü kapları, ph metre kağıtları, hassas terazi, termometre, cam çubuklar ve şartlandırıcı üniteli bir kompresördür. Kullanılan kimyasal maddeler ise; % 99,8 saflıkta sodyum hidroksit, 0,910 kg/l yoğunlukta saf rafine fındık yağı, % 99,5 saflıkta ve 0,80 kg/l yoğunlukta metil alkol, % 99,8 saflıkta ve 1,05 kg/l yoğunlukta asetik asit ve saf su cihazından elde edilen saf sudur.

1 litre fındık yağı için, 200 ml metil alkol ve 3,4 gram kostik sodanın gerekli olduğu tespit edilmiştir(4,8). Öncelikle alkol ve katalizör karıştırılmıştır. Daha sonra 55°C sıcaklıktaki yağ içerisine karışım eklenmiş ve yarım saat süre ile karıştırılarak esterleşme

reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Karışım ayırma kabına alınarak 8 saat dinlendirilmiştir. İşlem sonucunda yaklaşık 1 litre metil ester, hacimsel olarak %7 civarında gliserin ve bir miktar reaktan fazlası ürün oluşmuştur.

Esterleşme işleminden sonra oluşan gliserin ve diğer ürünler ayırma kabında ayrılmıştır. Elde edilen ürün bazik özellikli olduğundan (ph 8-9), asetik asit ilave edilerek ph değeri 7'ye ayarlanmıştır. Ürün daha sonra, hacmi kadar saf su ile yıkanmış ve içerisine kompresörle 15-20 saat hava üflenmiştir(8).

Ürün 100 °C 'ye ısıtılarak içerisindeki kalabilecek su, buharlaşma yoluyla uzaklaştırılmıştır.

2.2. Fındık Yağı Metil Esterinin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi

FME'nin yakıt özellikleri Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Laboratuvarında ASTM test metotlarına göre belirlenmiştir. Tespit edilen özellikler aşağıda standart dizel yakıtı ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 2. FME ve Dizel Yakıtının Özellikleri

ÖZELLİKLER	Fındık Yağı Metil Esteri	Dizel Yakıtı
Kinematik Viskozite (mm ² /s) (38°C)	5,1	2,6
Yoğunluk (kg/l)	0,863	0,837
Alt ısı Değeri (kJ/kg)	39 754	43 356
Alevlenme Noktası (°C)	180	72
Kükürt (%)	0	0,2579
Akma Noktası (°C)	-15	-20
Setan Sayısı	52,6	50

2.3. Motor Deneyleri

Deneyler Land Rover TDİ 110 Marka, dört silindirli motorda yapılmıştır. Motorun teknik özellikleri ise Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Deney Motorunun Özellikleri

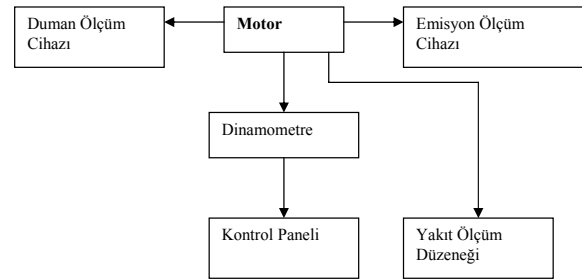
Marka	Land Rover
Model	TDI 110 Turbo – İnter Cooler
Çap X Strok	90,47 X 97 mm.
Silindir Hacmi	2495 cm ³
Maksimum Moment	235 Nm, 2100 d/d
Maksimum Güç	82 kW, 3850 d/d
Silindir Adedi	Sıra tipi, 4
Püskürtme Sistemi ve Basıncı	Direk Enjeksiyon, 200 bar

Motor deneylerinde, moment, güç, devir ve egzoz sıcaklıklarının ölçümünde Kara Kuvvetleri 6. Bakım Merkezi Motor Yenileştirme Kısmında bulunan hidrolik motor dinamometresi kullanılmıştır.

Yakıt ölçümleri 0,01 gram hassasiyetli dijital bir terazi ve 0,01 saniye hassasiyetli kronometre yardımıyla yapılmıştır.

Emisyon ölçümleri, Gaco-SN marka gaz analiz cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz CO, CO₂, NO_x, O₂, SO₂ gazlarını ppm ve % olarak ölçebilmektedir. Duman yoğunluğunun ölçülmesinde OVL-2600 duman analiz cihazı kullanılmıştır. Cihaz duman miktarını, K faktörü ve yüzde olarak ölçebilmektedir.

Deney düzeneğinin şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.



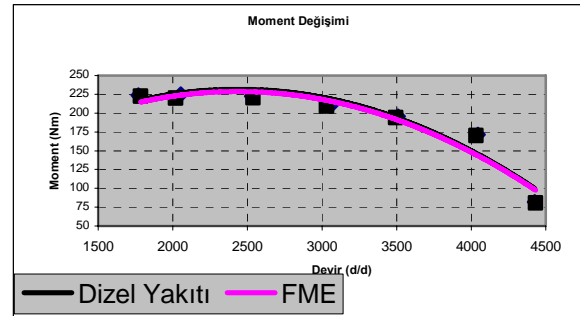
Şekil 1. Deney Düzeneği Şeması

Motor deneyleri TS 1231'de belirtilen test esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (9). Motor performansı ve egzoz emisyon değerlerinin ölçülmesi için tam yük değişik devir testi yapılmıştır. Testler 4400, 4000, 3500, 3000, 2500, 2000 ve 1750 d/d' da gerçekleştirilmiştir. İlk deney dizel yakıtı ile yapılmış ve motor ara dinlenmeye bırakıldıktan sonra FME ile yapılan deneylere geçilmiştir.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Moment Değişimleri

Her iki yakıtla yapılan testler sonucu motor devrine bağlı olarak elde edilen moment grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Moment Değişimleri

Dizel yakıtı ile, yapılan maksimum moment testinde 2100 d/d' da 228,6 Nm moment elde edilmiştir. FME ile yapılan testte ise %1,094' lük bir düşüşle, maksimum momentin 2100 d/d' da 226,1 Nm olduğu belirlenmiştir.

Momentteki maksimum düşme 2000 d/d civarında gerçekleşmiştir. Bu noktada dizel yakıtından 224,8 Nm, FME' den 219,9 Nm moment elde edilmiştir. Momentteki bu maksimum düşme oranı % 2,179 olarak gerçekleşmiştir. Minimum moment değişimi ise 1750 d/d civarında gerçekleşmiştir. Bu noktada dizel yakıtın-

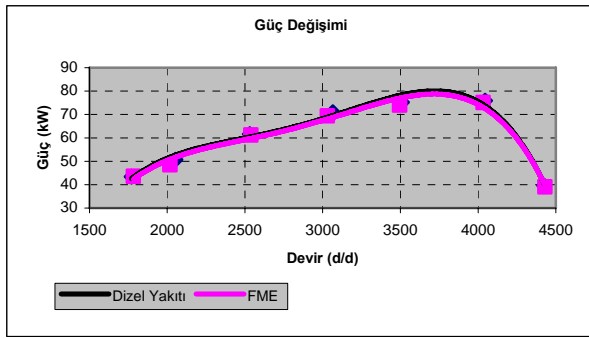
dan 223,6 Nm, FME' den 222,6 Nm moment elde edilmiş olup aradaki fark %0,45 olarak belirlenmiştir. FME kullanımı ile oluşan ortalama moment azalması ise % 1,16 olarak gerçekleşmiştir.

Momentteki bu azalmanın;

- FME'nin dizel yakıtından daha yüksek viskozite ve yoğunluğa sahip olmasından dolayı, özellikle yüksek devirlerde yakıtın pompa elemanına dolmasının zorlaşması,
- FME'nin dizel yakıtından daha düşük ısıl değere sahip olmasından dolayı miktar olarak aynı yakıt püskürtülse de dizel yakıtından daha az enerji vermesi ile açıklanabileceği değerlendirilmektedir.

3.2. Güç Değişimleri

Şekil 3'de her iki yakıtta ait devire bağlı güç değişimi görülmektedir.



Şekil 3. Güç Değişimleri

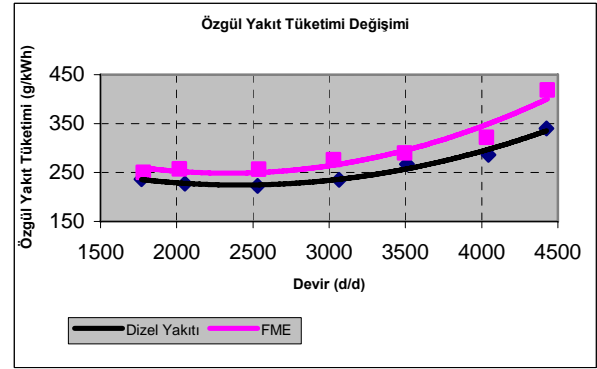
Maksimum güç ölçümünde dizel yakıtından 3750 d/d 'da 79,8 kW güç elde edilmiştir. FME ile yapılan testte ise 3750 d/d'da 77,8 kW güç elde edilmiştir. Dizel yakıtına göre FME'deki güç değişimi %2,506 düşüş olarak gerçekleşmiştir.

Güçteki maksimum azalma 2000 d/d civarında olmuş, bu esnada dizel yakıtından 50,6 kW, FME'den ise 48,5 kW güç elde edilmiş olup güç düşme oranı % 4,15 olarak gerçekleşmiştir. Minimum azalma 2500 d/d civarında gerçekleşmiştir. Bu esnada dizel yakıtından 61,6 kW, FME'den 61,1 kW güç elde edilmiştir. Güç düşme oranı %0,811 olarak belirlenmiştir. 1750 d/d civarında ise FME dizel yakıtına göre %0,23 daha fazla güç vermiştir.

Güçteki ortalama azalma %1,613 olarak gerçekleşmiştir. Güçteki bu azalmanın, FME'nin dizel yakıtından daha yüksek yoğunluk ve viskoziteye sahip olmasından dolayı yakıt akış problemi olması, enjektörden yakıtın istenilen şekilde atomize olarak püskürtülemez ve ısıl değerinin dizel yakıtından daha düşük olması ile açıklanabilir.

3.3. Özgül Yakıt Tüketimi Değişimleri

FME ve dizel yakıtına ait devire bağlı özgül yakıt tüketimi değişimleri Şekil 4.'de verilmiştir.



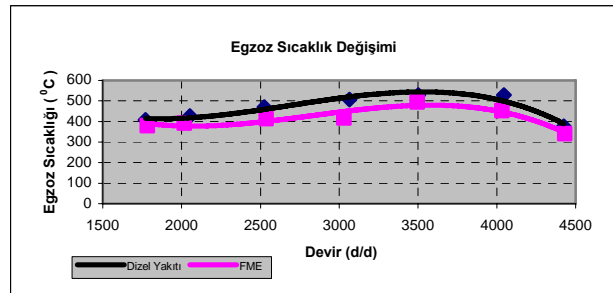
Şekil 4. Özgül Yakıt tüketimi değişimleri

Dizel yakıtında maksimum özgül yakıt tüketimi, testin yapıldığı en yüksek devir olan 4425 d/d 'da 340,274 g/kWh, FME' de ise 4425 d/d 'da %18,75 'lik bir artışla 418,806 g/kWh olarak gerçekleşmiştir. Minimum farklılık ise, testin yapıldığı en düşük devir olan 1775 d/d civarında dizel yakıtında 236,345 g/kWh, FME'de ise 249,916 g/kWh olarak gerçekleşmiş, aradaki fark %5,426 olarak bulunmuştur.

FME'nin, dizel yakıtına göre ortalama özgül yakıt tüketimi artışı %11,86 olarak tespit edilmiştir. Özgül yakıt tüketimindeki bu artış; FME'nin dizel yakıtına göre daha düşük bir ısıl değere sahip olması nedeniyle, aynı devirde çalışabilmesi için daha fazla miktarda tüketilmesi gerektiğinden ve yoğunluğunun da dizel yakıtından yüksek olması sebebi ile aynı hacimde daha fazla kütleye (ağırlığa) sahip olması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

3.4. Egzoz Sıcaklığı Değişimi

Dizel yakıtı ve FME'den elde edilen devire bağlı egzoz gazı sıcaklık değişimleri Şekil 5'de gösterilmiştir.



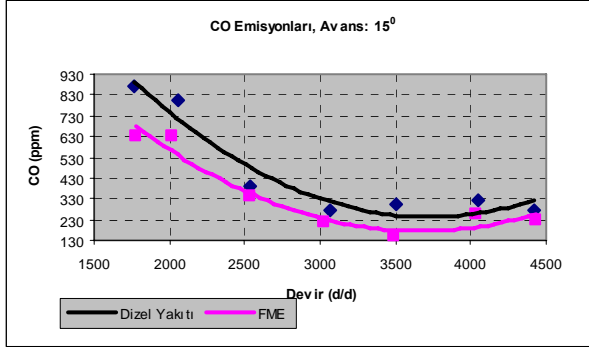
Şekil 5. Egzoz Sıcaklıkları Değişimi

Bütün çalışma devirlerinde FME egzoz sıcaklıkları dizel yakıtından düşük çıkmıştır. Maksimum farklılık 3000 d/d 'da gerçekleşmiş, bu devirde egzoz gazı sıcaklıkları dizel yakıtında 507°C, FME'de 416°C olarak okunmuştur. Aradaki düşme oranı %17,95 olmuştur. Minimum fark ise 1775 d/d civarında gerçekleşmiştir. Bu devirde dizel yakıtından elde edilen egzoz sıcaklığı 407°C, FME'de ise 379°C olmuştur. Aradaki fark %6,88 olarak bulunmuştur. FME'nin dizel yakıtına göre, egzoz sıcaklıklarındaki ortalama düşme oranı ise %10,75 olarak gerçekleşmiştir. Bu sıcaklık düşüşünün, FME'nin dizel yakıtından daha düşük ısıl değere ve daha yüksek

setan sayısına sahip olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Setan sayısının artmasının tutuşma gecikmesini kısalttığından dolayı ani sıcaklık artışı azalttığı değerlendirilmektedir.

3.5. Karbonmonoksit (CO) Değişimi

FME ve dizel yakıtına ait devire bağlı CO emisyonu değişimleri Şekil 6'da görülmektedir.

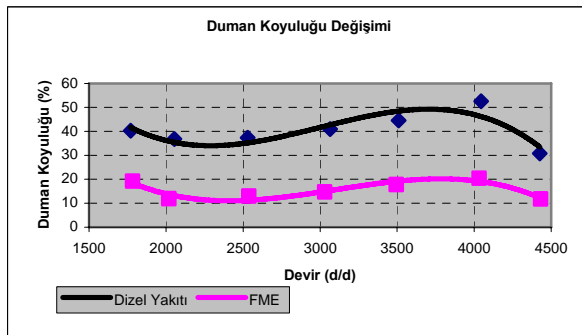


Şekil 6. CO emisyonu Değişimi

FME kullanımı ile tüm devirlerde CO emisyonunda bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Maksimum azalma 3500 d/d civarında görülmektedir. Bu noktada dizel yakıtından 303 ppm, FME'den 152 ppm CO oluşumu gözlenmiştir. FME kullanımı ile maksimum CO azalması %49,83 olarak belirlenmiştir. Minimum azalma ise 2500 d/d civarında görülmektedir. Bu esnada dizel yakıtından 392 ppm, FME'den 339 ppm CO oluşumu gözlenmiş ve CO'de %13,52 düşme olmuştur. 4500 d/d civarında eğrilerin birbirine daha çok yaklaştığı görülmektedir. Ancak pratikte motor sürekli bu devirde çalışmadığı için bu değerler ihmal edilmiştir. Ortalama CO düşme oranı da %24,67 olarak gerçekleşmiştir.

3.6. Duman Koyuluğu Değişimi

Dizel yakıtı ile FME'den, elde edilen devire bağlı duman koyuluğu değişimi Şekil 7.'de gösterilmiştir.



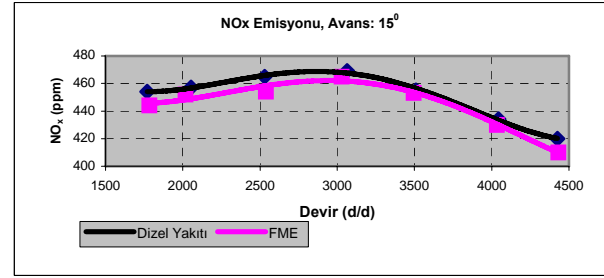
Şekil 7. Duman Koyuluğu Değişimi

TSE 'de belirtilen duman koyuluğu sınır değeri normal emişli motorlar için %64 'tür. Her iki yakıt kullanımında da bu değer aşılmamıştır. Maksimum momentin sağlandığı 2100 d/d civarında dizel yakıtından

%36,8, FME'den %11,9 değerinde duman koyuluğu elde edilmiştir. Aradaki düşme oranı %67,66'dır. Maksimum gücün sağlandığı 3500 – 3750 d/d civarında dizel yakıtından %44,5 - %50, FME'den %17,8 - %21 oranlarında duman koyuluğu ölçülmüştür. Bu devirlerdeki değişim %60 - %58 civarında çıkmıştır. FME kullanımı ile duman koyuluğundaki ortalama azalma % 61,805 olmuştur.

3.7. Azotoksit (NO_x) Değişimi

Dizel yakıtı ile FME'den, elde edilen devire bağlı NO_x emisyonu değişimi Şekil 8 'de gösterilmiştir.



Şekil 8. NO_x Emisyonu Değişimi

Grafik incelendiğinde, FME'de tüm devirlerdeki NO_x oluşumunun dizel yakıtına göre daha düşük olduğu, ancak bu düşüşün çok fazla olmadığı görülmektedir.

NO_x'deki maksimum azalma 2500 d/d'da olmuştur. Bu devirde dizel yakıtından 465 ppm, FME'den 454 ppm NO_x ölçülmüştür. NO_x'deki azalma %2,365 olmuştur.

Minimum azalma ise 3500 d/d'da olmuştur. Bu devirde dizel yakıtından 455 ppm, FME'den 453 ppm NO_x ölçülmüştür. Aradaki azalma da %0,439 olmuştur. FME kullanımı ile NO_x 'deki ortalama azalma % 1,438 olarak gerçekleşmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Fındık yağı metil esteri yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Fındık yağı metil esteri şu anda dizel yakıtına göre daha pahalı bir yakittir.
- Üretilen fındık yağı metil esterinin (FME) ısı değeri dizel yakıtına yakın, ancak daha düşüktür.
- FME'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri dizel yakıtına benzerdir.
- Motor yapılan moment, güç ve özgül yakıt tüketimi ölçümleri sonucunda FME kullanımı ile dizel yakıtına göre ortalama olarak momentte %1,16, güçte %1,61 oranında bir azalma görülmüştür. Özgül yakıt tüketiminde ise ortalama %11,58 oranında bir artış tespit edilmiştir.

- FME ile yapılan tüm çalışmalarda egzoz sıcaklıkları dizel yakıtından düşük çıkmıştır.
- FME ile yapılan çalışmalarda CO emisyonunun dizel yakıtından ortalama %24,67 daha az olduğu gözlenmiştir.
- FME kullanımı ile duman koyuluğunda dizel yakıtına göre ortalama %61,80 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.
- FME kullanımı ile NO_x oluşumunun dizel yakıtına göre ortalama %1,44 azaldığı tespit edilmiştir.

Kısa süreli test sonuçları, motor ayar değerlerinde bir değişiklik yapmadan fındık yağı metil esterinin dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Performans karakteristikleri bakımından FME tatmin edici sonuçlar vermiştir. Emisyon bakımından da FME dizel yakıtından daha iyi sonuçlar vermiştir.

Fındık yağı metil esterinin yenilenebilir olması, bünyesinde kükürt, aromatik hidrokarbonları ve ham petrol artıklarını içermemesi, dizel yakıtına göre yağlama özelliğinin daha iyi olması, ayrıca ısı değeri, yoğunluk ve viskozite değerleri gibi özelliklerinin dizel yakıtı değerlerine çok yakın olması alternatif bir yakıt olarak kullanımında en önemli avantajlarıdır.

Bu çalışma ile elde edilen deneyimler sonucunda aşağıdaki hususlar önerilmiştir;

Kısa süreli performans ve emisyon testleri sonucunda fındık yağı metil esteri, moment, güç, emisyonlar ve yakıt tüketimi bakımından olumlu sonuçlar vermiştir. Ancak yakıt deposu, yakıt sistemi elemanları, motor yağı ve aşınmalar, enjektörler, yanma odaları, pistonlar, manifoldlar ve supaplar üzerindeki etkilerinin tam olarak belirlenmesi için uzun süreli testler yapılmalıdır.

Enjeksiyon avansının değiştirilmesi, dizel yakıtı ile belirli oranlarda karıştırma, yakıtın ısıtılması ve enjeksiyon basıncının değiştirilmesi gibi parametrik çalışmalar yapılabilir.

Esterleşme reaksiyonu dışında mikroemülsiyon ve prolez yöntemleri kullanılarak fındık yağından alternatif yakıt üretilebilir ve test edilebilir.

Fındık yağı metil esterinin viskozitesini düşürücü, ısı değeri artırıcı kimyasal katkılar geliştirilebilir.

Fındık üretiminin artırılması konusunda teşvikle uygulanabilir, tedbirler alınabilir. Fındığın üretim maliyetleri düşürülebilir.

Esterleşme reaksiyonunda kullanılan metil alkolün yerel kaynaklarla üretilmesi için çalışmalar yapılabilir ve maliyeti düşürülebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Koçak, M. S., "Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1, 85-90 (2005).
2. 2002 Türkiye Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, 6-7 (2002).
3. Utlu, Z., Koçak, M.S., "Experimental Study of the Parametric Performances For Biodiesel Fuel Obtained From Waste Cooking Oil", Biomass and Bioenergy, In Review, London (2005)
4. Altıparmak, D., Keskin, A., Yıldırım, H.M., Gürü, M., "Dizel Motorlarda Fındık Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak İncelenmesi", 8. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, Ankara, 641 – 646 (2004).
5. Ceylan, S., Kazan, D., Ünal, S., Sayar, A., "Karadeniz Bölgesi Fındık Çotanağının Etanol Üretimi İçin Kaynak Olarak Kullanılması" Biyoenerji 2004 Sempozyumu, Ege Üniversitesi, İzmir, 143 (2004).
6. Demirel, İ., Şensöz, S., "Zeytin ve Fındık Küspelerinden Elde Edilen Biyoyakıtın Karakterizasyonu" Biyoenerji 2004 Sempozyumu, Ege Üniversitesi, İzmir, 95 – 99 (2004).
7. Usta, N., Can, Ö., Öztürk, E., "Yüksek Serbest Yağ Asitli Bitkisel Yağ Kaynaklarından Biyodizel Üretimi ve Dizel Motorlarda Kullanımı", 8. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, Ankara, 252 - 262 (2004).
8. Acaroğlu, M. "Alternatif Enerji Kaynakları", Atlas Yayınları, İstanbul, 229-256 (2003).
9. TS 1231, İçten Yanmalı Motorlar - Muayene ve Deney Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1 - 24 (1991).