

METİL VE ETİL ESTERİN DİZEL YAKITI OLARAK KULLANILMA İMKANLARININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

*Yakup İÇİNGÜR, **Hasan YAMIK

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

** Anadolu Üniversitesi Bilecik Meslek Yüksekokulu, BİLECİK

ÖZET

Fosil kökenli yakıtların enerji krizleri ve rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, bitkisel yağlar, dizel motorları için alternatif yakıt olarak düşünülmeye başlanmıştır. Geçmiş yıllarda yapılan araştırmalar bitkisel yağların dizel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada tek silindirli bir dizel motorunda dizel yakıtı, ayçiçek yağı metil esteri ve etil esterinin tam yük değişik devir deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda metil esterinin performans bakımından dizel yakıtına alternatif olabileceği saptanmıştır. Emisyonlar açısından etil ester emisyon değerleri, metil esterinin emisyon değerlerine yakın değerlerde ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yakıt, Biyodizel, Yağ asidi Esterleri, Ayçiçek yağı

THE EXPERIMENTAL STUDY ON SUNFLOWER OIL METHYL AND ETHYL ESTERS AS ALTERNATIVE DIESEL FUEL

ABSTRACT

Due to energy crisis and limited reserves of the fossil origin energy sources, vegetable oils are considered alternative fuel for diesel engine. Previous investigations have shown that vegetable oils can be used in diesel engines as alternative fuels.

In this study one cylinder diesel engine full load-variable engine speed have been conducted with sunflower oil methyl and ethyl ester. At the end of these experiments it is observed that vegetable oil methyl esters can be an alternative of diesel fuels with regards to performance. Sunflower ethyl ester has approximately similar emissions value.

Key Words: Alternative Fuel, Biodiesel, Oil Esters, Sunflower Oil

1. GİRİŞ

Enerji ihtiyacı, dünyada sanayileşme ve artan nüfus nedeniyle günden güne artmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak tüm dünyada enerji açığı oluşmaktadır. Bu nedenle sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile yeni enerji kaynaklarına yönelmektedirler.

Enerji ihtiyacı ülkelerin gelişmişliğine bağlı olarak değişmektedir. Enerji üretiminde mümkün olduğu kadar yerel kaynakların kullanılması, bunun yanında ülkenin enerji gereksinimi karşılarken çevre bilincinin korunmasına özen gösterilmesi, verimliliğin artırılması, kaynak çeşitliliğinin ve sürekliliğinin sağlanması da önem kazanmaktadır. Enerji politikalarında temel alınması gereken unsur; teknolojik ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde enerji ihtiyacını karşılamak üzere sürekli, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji türlerine yönelmektir. Bu bağlamda yeterli potansiyele sahip olan ülkemizde bitkisel yağların içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kulla-

nilma imkanlarının araştırılması önem kazanmaktadır. Bu amaçla tek silindirli direk püskürtmeli bir Ricardo marka dizel motorunda ham ayçiçek yağından elde edilmiş olan metil ve etil esterler yakıt olarak denenerek, motor performansı üzerindeki değişimler incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bitkisel yağ esterleri ile ilgili olarak literatürde değişik tip ve güçteki motorlar için çeşitli araştırmalar vardır. Bitkisel yağ esterleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Culshaw, 1993 yılında yaptığı araştırmada kolza yağının metil esterini dizel motoru üzerinde hiç bir değişiklik yapmadan rahatlıkla kullanmıştır. Bu yağın metil esterinin fiziksel ve kimyasal özellikleri yani ısı değeri, yoğunluğu, viskozite ve setan sayısı gibi değerleri dizel yakıtına çok yakındır. Bu yakıt traktörde kullanıldığı zaman dizel yakıtına oranla %5'e varan güç kaybı görülmüştür. Buna karşılık azot oksit emisyon seviyelerinin di-

ğer yakıtlardan daha düşük olduğu kaydedilmiştir. CO emisyonunda da düşüş gözlenmiştir (1).

1996 yılında Zang ve Gerpen'in, soya yağı metil, vinterize metil, isopropil esterleri ve bunların dizel yakıtı ile karışımları 4 zamanlı 4 silindirli turboşarjlı, 16.8:1 sıkıştırma oranlı motorda test edilmiştir. Motor performans eğrisinin ester/dizel yakıt karışımlarında dizel yakıtına benzer olduğu görülmüştür. Özgül yakıt sarfiyatında ester/dizel yakıt karışımlarının daha yüksek olduğu ölçülmüştür. NO_x emisyonları dizel yakıtından daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca esterle yapılan çalışmalarda testlerden sonra enjektörde karbon birikintileri gözlenmiştir (2).

Scholl and Sorenson tarafından yapılan bir çalışmada bitkisel yağların metil esterleri dizel motorlarında alternatif yakıt olarak önerilmiştir. Bu çalışmanın amacı direkt püskürtmeli bir dizel motorunda dizel yakıtı ile soya yağı metil esterini karşılaştırmaktır. Yapılan çalışmada motor performansı, egzoz emisyonları ve ısı kayıpları araştırılmış, deneysel ölçümleri yapılmış değişik meme çapları ile değişik enjeksiyon zamanlamasının performansa etkileri araştırılmıştır. Soya metil esterinin performans ve ısı kaybı açısından dizel yakıtı ile karşılaştırılabilir olduğu görülmüştür. Metil esterinin HC emisyonu ve duman koyuluğu bakımından dizel yakıtından daha iyi olduğu görülmüştür (3).

Thompson vd. tarafından 1998 yılında yapılan çalışmada Kolza yağı metil ve etil esterleri üretilmiş ve 24 ay bekletilmiştir. Motorlarda dizel yakıtı, yeni üretilmiş kolza yağı metil ve etil esterleri ve bekletilmiş kolza yağı metil ve etil esterleri kullanılmıştır. Testler direkt püskürtmeli turboşarjlı motorda yapılmıştır. Etil ve metil esterinin moment, güç, özgül yakıt sarfiyatı eğrileri birbirine yakın görülmüştür. Etil esterinin yoğunluğu daha düşük ölçülmüştür (4).

Işığür ve arkadaşları 1994 yılında, yaptıkları çalışmada ayçiçek yağından metil ester üretmede, bitkisel yakıt metanolün molar oranını 1/7 olarak kullanmışlardır. Yüksek verimde ve kısa süreli reaksiyonlarla metil ester üretmişlerdir. Reaksiyon sıcaklığı 69+1 °C ve reaksiyon zamanı 18 dakikadır. Özellikle bu molar oranda viskozitesi düşüktür ve dizel yakıtına yakındır. Ester verimi % 97,7 olmuştur. (5)

3. MATERYAL VE METOT

Ayçiçek yağından metil ve etil ester üretimi Anadolu üniversitesi Bilecik MYO Kimya bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Bitkisel yağlardan ester elde etmek prosesi Şekil 1'de verilmiştir. Esterleşme prosesinden elde edilen yağ esterlerinin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

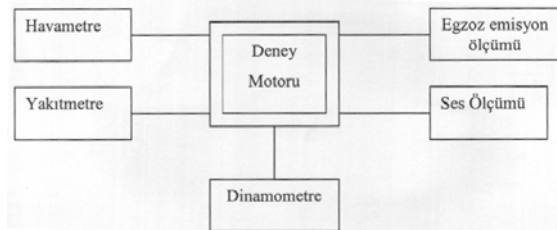


Şekil 1. Bitkisel yağlardan ester elde etme prosesi

Çizelge 1. Deneyde kullanılan yakıtların fiziksel özellikleri.

ÖZELLİKLER	Dizel Yakıtı	Ayçiçek yağı Metil Esteri	Ayçiçek yağı Etil Esteri
Kinematik Viskozite (40°C) (cSt)	3,9	6,53	7,48
Isıl Değer (kJ/kg)	43300	34385	30436
Yoğunluk (15°C) (kg/l)	0,8732	0,8898	0,8907
Alevlenme Noktası (°C)	63	24	26
Donma Noktası (°C)	-18	-3	-12
Setan İndeksi	54	44	40

Performans deneyleri Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde, tek silindirli direkt püskürtmeli "Ricardo-Hydra" marka dizel motoru kullanılmıştır. Motorun yakıt pompası ve enjektörü Bosch markadır. Deney düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney düzeneğinin şematik görünüşü
Deneylerde kullanılan motorun teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deney motorunun teknik özellikleri

Markası	Ricardo - Hydra
Silindir sayısı	1
Silindir çapı	80,26 mm
Kurs	88,9 mm
Sıkıştırma oranı	19,8/1
Supap düzenlemesi	Üstten kamlı, 2 supaplı
Maksimum motor devri	4500 1/min
Enjektör nozulu	4x0,21 mmx155°

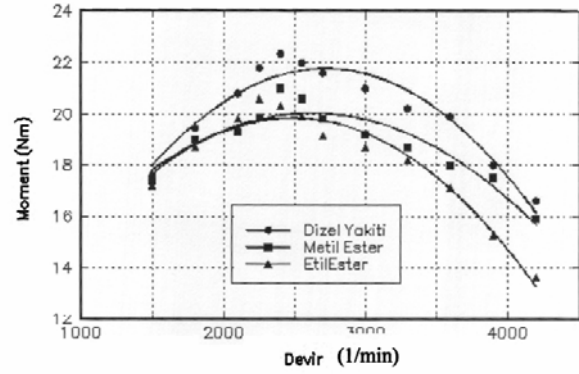
3.1. Deneyin Yapılışı

Motor performansını belirlemek amacıyla tam yük değişik devir testi yapılmıştır. Deney öncesi yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Motor, çalışma suyu sıcaklığına geldiği zaman ölçmelere başlanmış olup, deney tamamlandığında motor deney öncesindeki koşullara getirilerek bir sonraki deneye hazır hale getirilmiştir. İlk deneme dizel yakıtı ile yapılmış, daha sonra metil ester ve son olarak da etil ester kullanılmıştır. Deney öncesinde motor önce dizel yakıtı ile çalıştırılarak 10 dakika ısıtıldıktan sonra deney yakıtına geçilmiştir. Deneylerde kullanılan yakıtların fiziksel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Moment Değişimi

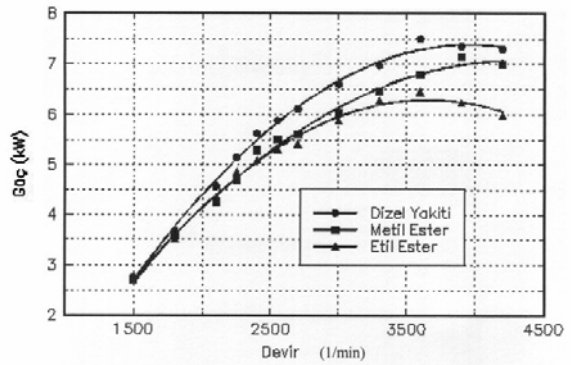
Dizel yakıtı ve ayçiçek yağı metil esteri ile ayçiçek yağı etil esterinin motor hızına bağlı moment değişimleri Şekil 3’de verilmiştir. Maksimum motor momenti dizel yakıtı ve ayçiçek metil esterinde 2400 1/min’ da ölçülmüştür. Bu değerler dizel yakıtında 22,35 Nm iken ayçiçek metil esterinde 21 Nm dir. Ayçiçek etil esterinde en yüksek tork 2250 1/min’de 20,6 Nm olarak ölçülmüştür. 1500 1/min da dizel yakıtı ile ölçülen değer 17,6 Nm iken ayçiçek metil esteri ile 17,4 Nm, etil esterinin verdiği tork ise 17,2 Nm olarak ölçülmüştür. Dizel yakıtı ile alternatif yakıtlar arasındaki momentlerin farklı olması yakıtların ısı değeri ile viskozitelelerinden kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 3. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin moment değişimleri

4.2. Efektif Güç Değişimi

Şekil 4’de tam yükte değişik devirde dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterinin motor devrine bağlı güç değişimleri görülmektedir. Maksimum güç dizel yakıtı ile metil ester ve etil esterde 3600 1/min’de sırasıyla 7,5 kW, 6,79 kW ve 6,45 kW olarak ölçülmüştür. Maksimum torkun ölçüldüğü 2400 1/min’de güç değerleri dizel yakıtında 5,62 kW, metil esterde 5,28 kW dir. Etil esterli çalışmada maksimum momentin ölçüldüğü 2250 1/min’de ölçülen güç ise 4,85 kW dir. Özellikle yüksek devirlerde hesaplanan güçler arasındaki farkın artmasının nedeni; viskoziteye bağlı olarak yüksek devirlerde püskürtmenin kötüleşmesi sonucu, yanmanın alternatif yakıtlarda kötüleşmesidir denilebilir.

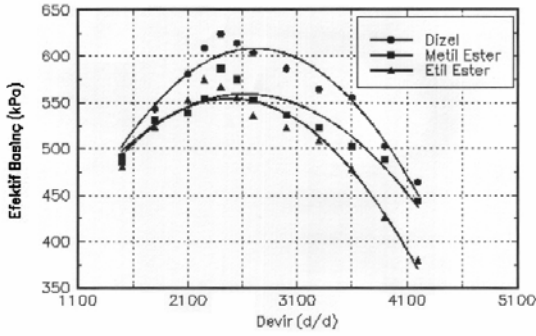


Şekil 4. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin güç değişimleri

4.3. Ortalama Efektif Basınç Değişimi

Dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil esteri ve etil esterinin tam yük efektif basınç değişimleri Şekil 5'de görülmektedir.

Ortalama efektif basınç; motorun gerçek çevrimindeki gücüne eşdeğer bir güç vermesi için bir çevrim boyunca pistonu etkilemesi gereken sabit basınç olarak tarif edilmektedir (6). Dizel yakıtı ve ayçiçek metil esterinde en yüksek efektif basınç değeri 2400 1/min'de sırası ile 624,13 kPa, 586,43 kPa olarak ölçülmüştür. etil esterinin en yüksek efektif basıncı ise 2250 1/min'de 575,26 kPa olarak ölçülmüştür. En yüksek momentin ölçüldüğü 3600 1/min'de ise dizel yakıtında 555,71 kPa, metil esterde 502,65 kPa ve etil esterde ise 477,52 kPa efektif basınç ölçülmüştür.

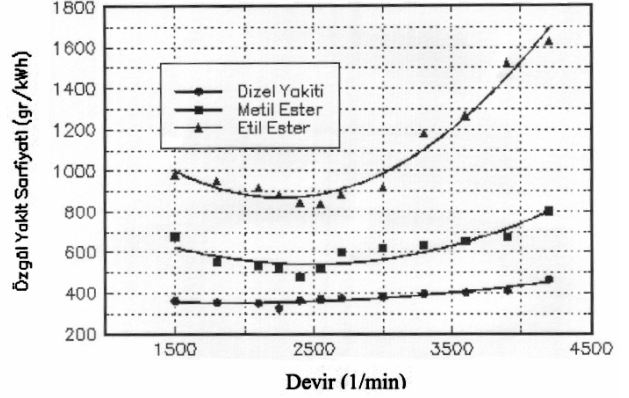


Şekil 5. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin efektif basınç değişimleri

4.4. Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi

Dizel Yakıtı İle Ayçiçek Yağı Metil Esteri Ve Ayçiçek Yağı Etil Esteri Tam Yük Devire Bağlı Değişimleri Şekil 6'te Görülmektedir. Özgül yakıt tüketimlerinde belirgin farkın oluşmasının nedeni olarak, alternatif yakıtların Isıl değerlerinin düşük olmasından dolayı, birim güç başına içeriye püskürtülen yakıt miktarının artması gösterilebilir.

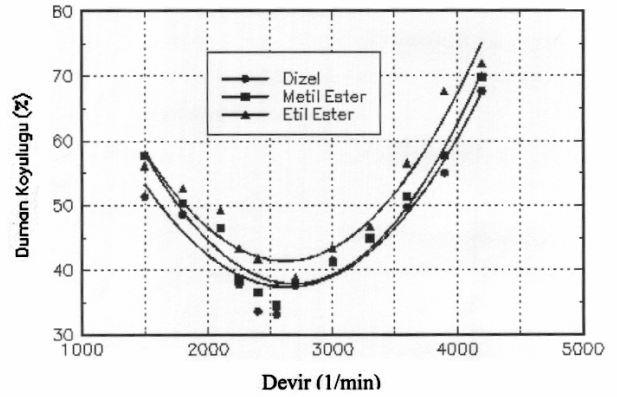
En düşük özgül yakıt tüketimi dizel yakıtında 2250 1/min'de 324,73 g/kWh olarak, ayçiçek yağı metil esterinde 2400 1/min'de 475,19 g/kWh olarak ve ayçiçek yağı etil esterinde ise 2550 1/min'de 835,33 g/kWh olarak ölçülmüştür. Maksimum güç devri olan 3600 1/min'de dizel yakıtı, metil ester ve etil esterinin özgül yakıt tüketimleri sırası ile 399,89 g/kWh, 654,3 g/kWh ve 1265,79 g/kWh olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin özgül yakıt tüketimi değişimleri

4.5. Duman Koyuluğu

Dizel yakıtı ve deneyde kullanılan alternatif yakıtların duman koyuluğu değerleri Şekil 7'da verilmiştir.

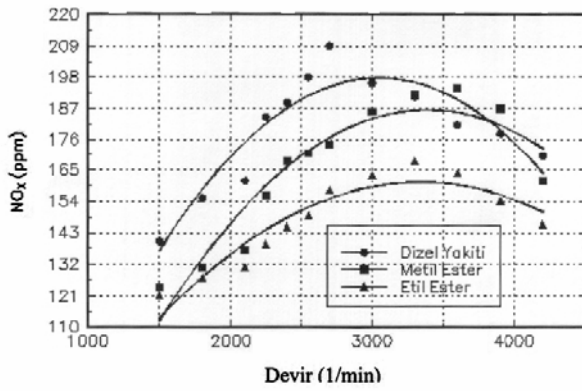


Şekil 7. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin duman koyuluğu değişimleri

Motorun dizel yakıtı ve metil esterle çalışmasında ölçülen en yüksek moment değerinin ölçüldüğü 2400 1/min'de ölçülen duman koyuluğu değerleri sırası ile % 33,6 ve % 36,6'dır. Etil esterinin en yüksek tork devri olan 2250 1/min'de duman koyuluğu değeri % 41,7'dir. Dizel yakıtı ve metil ester ile çalışmada motor TSE 11365'e göre 4200 1/min'de % 64 sınırını geçerek dizel yakıtında % 67,6 metil esterde % 69,8 değerine ulaşmaktadır. Etil esterde ise motor 3900 1/min'de % 64 sınırını geçerek % 67,6 ve 4200 1/min'de % 71,8 değerine ulaşmaktadır (7).

4.6. Azotoksit (NO_x) Değişimi

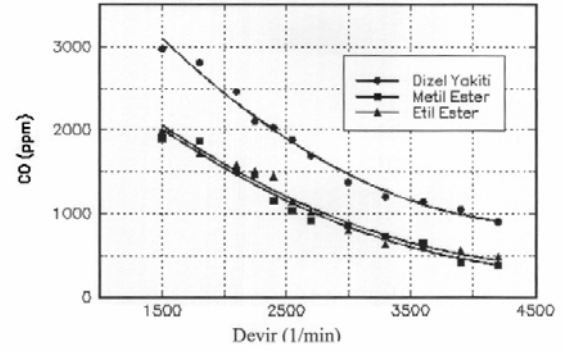
Dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil esteri ve ayçiçek yağı etil esterinin NO_x emisyonlarının değişimi Şekil 8'de görülmektedir. Dizel yakıtı ile metil esterin maksimum torkunun sağlandığı 2400 1/min'de NO_x emisyonu değeri dizel yakıtında 189 ppm, ayçiçek metil esterinde 168 ppm seviyesindedir. 2250 1/min'de ayçiçek etil esterinin NO_x değeri 139 ppm değerindedir. Maksimum motor gücünün ölçüldüğü 3600 1/min'de dizel yakıtı, metil ester ve etil esterin NO_x emisyonu değerleri sırası ile 181 ppm, 194 ppm ve 164 ppm olarak ölçülmüştür.



Şekil 8. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin NO_x emisyonu değişimleri

4.7. Karbonmonoksit (CO) Değişimi

Dizel yakıtı ile bitkisel yağ esterlerinin tam yük değişik devirde CO değişimleri Şekil 9'de görülmektedir. Dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil esteri ve etil esterinin tam yükte CO emisyonu değişimlerine bakıldığında maksimum moment devri olan 2400 1/min'de dizel yakıtının CO emisyonu 2020 ppm seviyesinde iken bu değer metil esterde 1150 ppm değerinde kalmaktadır. Etil esterin maksimum moment değeri olan 2250 1/min'de CO değeri 1500 ppm derişimindedir. Maksimum güç devri olan 3600 1/min'de ise dizel yakıtı, metil ester ve etil esterin CO seviyeleri sırası ile 1140 ppm, 650 ppm ve 600 ppm mertebesindedir. Alternatif yakıtlarda CO değerinin düşüklüğü, HFK'nın dizel yakıtına göre yüksek olmasıyla ilişkilendirilebilir.



Şekil 9. Değişik devir tam yükte dizel yakıtı ile ayçiçek yağı metil ve etil esterlerinin CO emisyonu değişimleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişmişliğin göstergesi olan enerji tüketimi ve tüketim için gerekli olan enerji talebi, günümüzde ve gelecekte artarak devam edecektir. Özellikle ülkemizde enerjiye olan talep yılda % 10 dolaylarında artmaktadır (8). Bu artış ülkemizin enerjide kaynak çeşitliliğinde sınırlı kaynaklara sahip olmasından dolayı karşılanamamaktadır. Enerjinin dünya üzerinde sınırlı oluşu, artan enerji ihtiyacı ile bir zıtlık oluşturmaktadır. Bu zıtlık ülkeleri yeni enerji aramaya itmiştir. Yeni enerji arayışları içinde yağ asidi esterleri (biyodizel) önemli bir konumdadır.

Kullanılan yakıtların moment ölçüm sonuçlarına bakıldığında, maksimum momentler arasındaki fark metil ester ile dizel yakıtı arasında % 6, etil ester ile dizel yakıtı arasında % 8 civarındadır. Dizel yakıtı ile diğer alternatif yakıtlarının güç değerleri bakımından karşılaştırıldığında metil ester ile dizel yakıtı arasındaki fark % 9, etil ester ile dizel yakıtı arasındaki fark ise % 14 civarında olmaktadır. Özgül yakıt sarfiyatı değerinde özellikle etil esterin özgül yakıt tüketimi değeri, dizel yakıtı ve ayçiçek yağı metil esterinden yüksek çıkmıştır.

NO_x emisyonları açısından ayçiçek yağı metil esteri, dizel yakıtından % 12, ayçiçek yağı etil esteri dizel yakıtından % 24 daha düşüktür. İş bakımından ise alternatif yakıtların ikisi de TSE 11365'e göre uygun yakıtlardır. Metil ester is sınırı değerleri dizel yakıtından % 10, etil ester is sınırı değerleri ise dizel yakıtından % 21 civarında daha fazladır. Tüm yakıtlar, maksimum devirdeki is sınırı olan % 64 değerini geçmektedir. Yapılan test

lerde emisyon sonuçları, esterlerde dizel yakıtlarına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. CO emisyonlarında etil ve metil esterler tam yükte bütün devir aralıklarında dizel yakıtından daha düşük değerler vermiştir. Maksimum moment devrinde tam yükte metil ester CO konsantrasyon değeri dizel yakıtından % 43 daha düşük, etil ester CO konsantrasyonu dizel yakıtından % 25 daha düşüktür.

Performans testleri bakımından etil ve metil ester, dizel yakıtına yakındır. Bu testlerde oluşan farkın, düşük ısıl değer ve yüksek viskoziteden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Bu nedenle ester üretiminde viskozitenin düşürülmesi için esterleşme reaksiyonlarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu özellikler artırıldığında performans değerleri dizel yakıtına yaklaştırılabilir.

Günümüz şartlarında esterler tamamen dizel yakıtı yerine kullanılamaz. Fakat özellikle kirletici emisyonlar bakımından dizel yakıtından daha iyi sonuçlar verdiği için alternatif olarak düşünülebilir.

Yakıtların kısa süreli testleri sonucunda alınan bu veriler dışında bitkisel yağ metil ve etil esterleri ile ilgili uzun süreli testler yapılarak motor parçaları üzerindeki etkileri ayrıca araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Culshaw, F., 1993, The Potential of Biodiesel from Oilseed Rape, IMechE, MEP, London.
2. Zang, Y. and Gerpen, J.H.V., 1996, Combustion Analysis of Esters of Soybean Oil in a Diesel Engine, SAE Tech Paper, 960765.
3. Scholl, K. Sorenson, S.C., 1992, Combustion of Oil Metil Ester in Diesel Engine, SAE Tech. Paper, 920934.
4. Thompson, J.C., Peterson, C.L. Reece, D.L. and Beck, S.M., 1998, Two-year Storage Study with Methyl and Ethyl Esters of Rapeseed, ASAE, Vol:41040:931-939.
5. Işığür, A., Karaosmanoğlu, F. ve Aksoy, A., 1994, Methyl Ester from Sunflower Seed Oil of Turkish Origin as a Biofuel for Diesel Engine, Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol: 45-46.
6. Borat, O., Balcı, M, Sürmen, A., 1992, İçten Yanmalı Motorlar Cilt-1, Tek. Eğt. Vakfı Yay., Matbaa Eğit. Böl., Ankara.
7. TSE, 1994, Egzoz Gazı Kirleticileri-Trafikte Dizel Motorlu Araçlar için Ölçüm Metodu ve Sınır Değerleri, TSE 11365, Ankara.
8. Enerji ve Çevre Komisyonu Özet Raporu., 1998, Türkiye 1. Enerji Şurası 9. alt komisyon İstanbul..