

KULLANILMIŞ BİTKİSEL YAĞ METİL ESTERİNİN TRAKTÖR MOTORUNDA PERFORMANS VE EMİSYON ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

*Yahya ULUSOY **

Alınma: 23.03.2016; düzeltme: 17.10.2016; kabul: 09.11.2016

Öz: Bu çalışmada, kullanılmış atık bitkisel yağ metil esterinin dizel yakıtı ile 3 farklı oranda karışımının (B25, B50, B75) 4 zamanlı, 4 silindirli, direkt püskürtmeli ve 62.5 kW gücünde bir dizel motorundaki performansı ve dizel yakıtı (B0) kullanma durumundaki performans sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma ISO 8178-C1 test metoduna göre 8-mod testinin yapıldığı deneysel ortamda gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bitkisel atık yağdan elde edilen biyodizelin performans ve emisyon değerlerinin, dizel yakıtına benzer özellikler taşıdığını göstermektedir. Bu bağlamda, çevre açısından ciddi risk unsuru olan ve yasal mevzuat ile toplanması gereken atık yağların biyodizele dönüştürülerek kullanımının motor performansı açısından önemli bir kayıp oluşturmadığı ve emisyon değerleri açısından ise ciddi avantajlar sağladığı söylenebilir. Bu sonuçlar, atık kızartmalık yağların çevre kirliliği açısından risk unsuru olmak yerine yakıt olarak değerlendirildiğinde ülke ekonomisine katma değer yaratacak bir boyutunun olduğunu da ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Atık kızartmalık yağ, Biyodizel, Alternatif yakıtlar, Emisyon

Investigation of Performance and Emissions Effects of Waste Vegetable Oil Methyl Ester in A Diesel Engine

Abstract: In this study engine and emission performance of a 4-stroke, 4 cylinder, direct injection 62,5 kW engine, with three different biodiesel blends (B25, B50, B75), was compared with those obtained with use of normal diesel (B0) through a 8-mode experimental test procedure, in convention with ISO 8178-C1. The results of the study showed that, performance and emission values of biodiesel fuels produced from vegetable oil and those obtained with diesel fuel (B0) are very close to each other. In this context, the waste cooking oil, which is a serious risk to the environment and should be collected according to related legislative measures, could be processed to and used as biodiesel without creating any significant loss in terms of engine performance, while providing significant advantages in terms of engine emissions. These results revealed that, waste frying oils can be used as diesel fuel and to create an adding value for the economy instead of being potential environmental risk.

Keywords: Waste Cooking Oil, Biodiesel, Alternative Fuels, Vehicle Emissions.

1. GİRİŞ

Günümüzde bir yandan ülkelerin artan enerji ihtiyacı enerji açığı oluştururken, diğer yandan mevcut enerjinin kullanımı çevreye olan olumsuz etkileri artırmaktadır. Dolayısı ile bu durum ülkelerin enerji politikalarının belirlenmesinde öncü rol oynamaktadır. Özellikle fosil kaynaklı yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımı sonucunda ortaya çıkan emisyonların çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri pekçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur, (Çanakcı ve Özsezen, 2005, Dilek ve diğ., 2016, Kaplan ve diğ., 2006, Ulusoy ve diğ., 2004). Son yıllarda, karayollarında seyir halindeki motorlu taşıtların artmasına paralel olarak artan kirlenici emisyonlar, bölgenin meteorolojik ve topoğrafik koşullarının da etkisiyle zaman zaman

* Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, 16059, Bursa,
İletişim Yazarı: Y. Ulusoy (yahyau@uludag.edu.tr)

insan sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşabilmektedir (Elbir ve diğ., 2010). Hava kirliliğinin en önemli sebepleri arasında yer alan trafik, endüstriyel faaliyetler ve ısınma kaynaklı enerji tüketimi sonucunda açığa çıkan emisyonlardaki ağır metallerin, solunum yoluyla vücuda girmesi durumunda kardiyolojik etkilerin açığa çıkabileceği, kalp hastalıkları, kanser, sinir sisteminde bozukluklar ve karaciğer hastalıklarına neden olabileceği bilinmektedir (Taşdemir ve Erbaşlar, 2007, Alkaya ve Yıldırım 2000). Ülkemizde, şehir merkezlerinde yaşanan hava kirliliğinin yaklaşık %40'ı taşıt kaynaklıdır (Karabulut ve Sayın., 2015). Taşıt kaynaklı bu emisyonlar ağırlıklı olarak CO, CO₂, NO_x, SO₂, HC ve CH₄ gibi kirleticilerdir (Arslan, 2011., Lapuerta ve diğ., 2008., Cherng-Yuan ve Lin., 2007). Trafığın yoğun olarak yaşandığı kent merkezlerindeki emisyonların %43,9'unu CO, %41,0'ini NO_x, %26,2'sini HC ve %16,4'ünü partikül madde (PM) emisyonları oluşturmaktadır (EEA, 2007).

Bu olumsuz etkilerin giderilmesinde biyoyakıtlar önemli bir alternatif olarak gündemdedir. Özellikle fosil yakıtlar ile biyodizel olarak adlandırılan bitkisel yağ metil esterlerinin karışım olarak kullanılması yaygın bir yöntem olarak benimsenmiştir (Eryılmaz T. ve diğ., 2010). Ancak yağlı tohum üretiminin sınırlı olması, biyodizel üretiminde alternatif olan atık kızartmalık yağların önemini artırmaktadır. Dolayısı ile bu yağların gerek toplanması ve gerekse toplandıktan sonra amaç dışı kullanılmaması için iyi bir organizasyon ile biyodizele dönüştürülmesi çok önemlidir. Böylece ülke ekonomisine katma değer oluşturulurken aynı zamanda çevre kirliliğini azaltma ve insan sağlığını koruma avantajları yakalanabilmektedir (Altınsoy, 2015). 2014 yılı verilerine göre tüm dünyada ve özellikle Avrupa da yaygın kullanım alanı olan biyodizel kapasitesi; AB ülkelerinde yaklaşık 20 milyon tondur. Bu ülkeler arasında en fazla üretim yapan Almanya 4 milyon ton kurulu ve 2,7 milyon ton üretim kapasitesine sahiptir. Yine Almanya'da biyodizel kullanımının toplam dizel yakıtı kullanımındaki oranının % 7-8 civarında olduğu görülmektedir (Bockey, 2014). 2016 verilerine göre, ülkemizde trafiğe kayıtlı araç sayısı 20 milyonu aşmış bulunmaktadır (TUİK 2016). Aynı yıl için petrol (dizel+benzin) tüketimi 20 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve bu tüketim içerisinde dizel yakıtı % 80,81'lik payla 16 milyon ton olmuştur. EPDK (2014) verilerine göre biyodizel karışımı yapılarak satılan dizel % 6,72 oranında ve toplamda 1,3 milyon ton olarak gerçekleşirken, dizel tüketimi toplamda % 87,53 oranına ve 17,4 milyon ton kullanım değerlerine ulaşmıştır. Ancak biyodizel karışım oranının %1-2 arasında olduğu dikkate alındığında sadece 13-26 bin ton biyodizelin 1 yıl içerisinde tüketildiği görülür ki ülkemiz üretim kapasitesi dikkate alındığında, bu çok düşük bir orandır.

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ve biodizele ilgi artarken, Avrupa Birliğince (AB) 8 Mayıs 2003 tarihinde yayımlanan 2003/30/EC Direktifi, petrol kökenli yakıtlara 2005 yılı sonu itibariyle %2, 2010 yılı sonu itibariyle ise %5,75 oranında biyoyakıt katılması şartını getirmiştir (Ulusoy, 2009). AB adayı ülke olarak Türkiye'de söz konusu Direktife uyumun sağlanmasında gerek ülkenin biyodizel üretim kapasitesinin kullanılmıyor olması ve gerekse ciddi manada çevre kirliliğine neden olan atık yağların kontrolü yönetmeliğine adaptasyonun sağlanabilmesi gereklidir.

Bu çalışmada yukarıda sıralanan yasal mevzuat ve öngörülere teknik açıdan katkı sağlaması amacıyla, kullanılmış bitkisel yağ metil esteri dizel yakıtı karışımlarının dizel motorda kullanımının performans ve emisyon değerleri dizel yakıtı ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA VE METO

2.1. Test Motoru ve Ölçüm Sistemi

Bu çalışmada kullanılan motorun özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Test motoruna ait özellikler (Ulusoy ve diğ., 2010)

Motor modeli	TTF 8000s Engine
Tip	85 HP TC/4 zamanlı
Silindir sayısı	4 silindirli
Yanma odası	Direkt-Enjeksiyonlu (DI)
Çap x Kurs	104mm x 115 mm
Silindir hacmi	3908 cm ³
Sıkıştırma oranı	18:1
Nominal devir	2500 d/d
Max. Güç	62.5 kW (2500 d/d)
Max. Tork	340 Nm (1500 d/d)
Yakıt pompası	BOSCH Distributor tip
Ağırlık	430 kg

Çalışmada, dizel yakıtı ile 3 farklı biyodizel-dizel karışımı (B25, B50, B75) kullanılarak yapılan motor performans testleri ve egzoz emisyonları ele alınmıştır. Ayrıca Euro I ve Euro II normları ile karşılaştırmasını yapmak üzere, 97/68/EC sayılı direktif doğrultusunda, traktör motorlarını da kapsayan ISO 8178 standardı çerçevesinde, belirlenmiş 8 mod testi uygulanmıştır.

Tablo 2. Performans ve emisyon ölçüm sistemine ait detaylar (Ulusoy ve diğ., 2010)

Dinamometre	A/C dinamometre (215 kW)
Tork ölçümü	Dijital çıkışlı load cell
Yakıt akış ölçümü	AVL 733 S dinamik akış ölçer
İs	AVL 415 is ölçer
Hava kütle ölçer	Cusson hava akış ölçer
Basınç	Dijital basınçölçer transducer
Sıcaklık	NiCr-Ni Thermocouples
Emisyonlar	HORIBA MEXA-7100D
Partikül ölçümü	HORIBA MDLT-1300

CO, CO₂, O₂, HC ve NO_x emisyon ölçümleri için HORIBA MEXA - 7100D emisyon ölçüm sistemi, PM ölçümleri için ise HORIBA MDLT -1300 kısmi akış mini seyreltme tüneli kullanılmıştır. Tablo 2’de HORIBA MEXA - 7100D cihazının teknik özellikleri verilmiştir. Ölçülen emisyon seviyelerine yakıt bileşiminin etkilerini ortadan kaldırmak için; deneylerde referans yakıt olarak piyasada EURO dizel olarak bilinen, düşük kükürtlü dizel yakıtı kullanılmıştır.

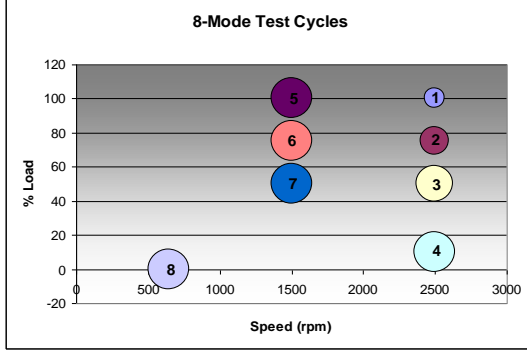
2.2. Test Metodu

Motor testlerine başlamadan önce motor rejim sıcaklığına ulaşmaya kadar dizel yakıtı ile çalıştırılmaktadır. Deneylerde kullanılan ISO 8178-C1 8-mod test metodu Tablo 3’te gösterildiği gibi motorun değişik hız ve yük şartlarında kararlı rejimde çalıştırıldığı bir test süreci tanımlamasıdır. Bu test çevrimi esasen, gerçek sürüş koşullarının sağlıklı temsili için, tekrarlanabilir emisyon ölçüm koşullarını içermektedir.

PM emisyonlarının belirlenmesinde mini tünel sistemi kullanılmıştır. Tartım kabini içerisinde yer alan hassas terazide temiz olarak tartılan florokarbon filtreler mini tünel sistemi üzerindeki bağlantı noktasına yerleştirilmiştir. Yüksek egzoz gazı sıcaklığı nedeniyle filtrelerin yanmaması için sistem tarafından %30 egzoz gazı ile %70 oranında ortam havası karışımı sağlanmış ve bu karışım tünele yerleştirilen filtre üzerinden 60 saniye süre ile geçirilmiştir. İşlem sonunda filtre tünelden alınarak tekrar tartılmış ve bulunan fark bilgisayara girilerek yazılım tarafından hesaplanmıştır.

Egzoz emisyonları normal olarak her test modu için hacim bazlı olarak ölçülmüş ve toplam emisyon sonuçları sekiz test modunun ağırlıklı ortalaması olarak, [g/kWh] biriminde hesaplanmıştır. Bu deney çevrimi için test modları ve hesaplamalarda kullanılan ağırlık faktörleri Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3: ISO 8178-C1 8-mod test sistemi, test mod ve ağırlık faktörleri (Ulusoy ve diğ., 2010)



Mod No.	Hız (rpm)	% Yük	Ağırlık faktörü
1	2500 rpm	100	0,15
2	Yüksek hızda	75	0,15
3		50	0,15
4		10	0,10
5	1500 rpm	100	0,10
6	orta hızda	75	0,10
7		50	0,10
8	Rölanti 650 rpm	0	0,15

2.3. Test Yakıtı

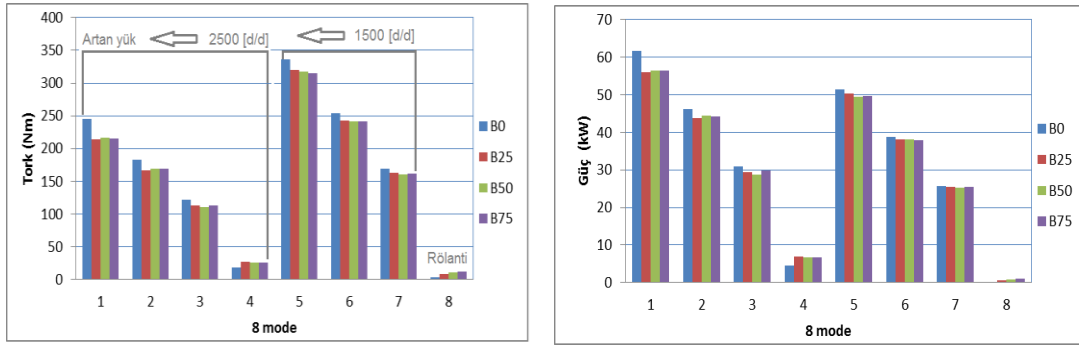
Çalışmada kullanılan ve atık kızartmalık yağlardan elde edilen 3 farklı biyodizel karışımının fiziksel ve kimyasal özellikleri ODTÜ Petrol Araştırma Merkezi laboratuvarlarında analiz edilmiş ve bu analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Denejde kullanılan atık kızartma yağı metil esterinin özellikleri (Ulusoy ve diğ., 2010)

İçerik	Test metodu	Bitkisel atık yağ metil esterini
Yoğunluk (15°C) (kg/m ³)	ISO 2185	884,8
Kinematik viskozite (mm ² /s)(40°C)	ISO 3104	5,605
Parlama noktası (°C)	ISO 3679	160,5
İyot değeri	EN 14111	54
CFPP, C	EN 116	-1
Fosfor (mg/kg)	EN 14107	<0,1
Metanol % (m/m)	EN 14110	0,01
Monoglisid % (m/m)	EN 14105	0,66
Diğlisid % (m/m)	EN 14105	0,62
Trigliserid % (m/m)	EN 14105	0,01
Serbest glierin % (m/m)	EN 14105	0,02
Toplam glierin % (m/m)	EN 14105	0,28

3. SONUÇLAR

Çalışmada ölçümler 8 mod test standardına uygun olarak iki farklı devir ve 4 farklı yüklenme ile yapılmıştır. Elde edilen performans ve emisyon sonuçları, biyodizel karışımlarının genel ortalamalarda dizel yakıtına yakın ve literatürlere benzer sonuçlar verdiği ancak karışımlar arasında farklılaşma olduğunu göstermiştir.

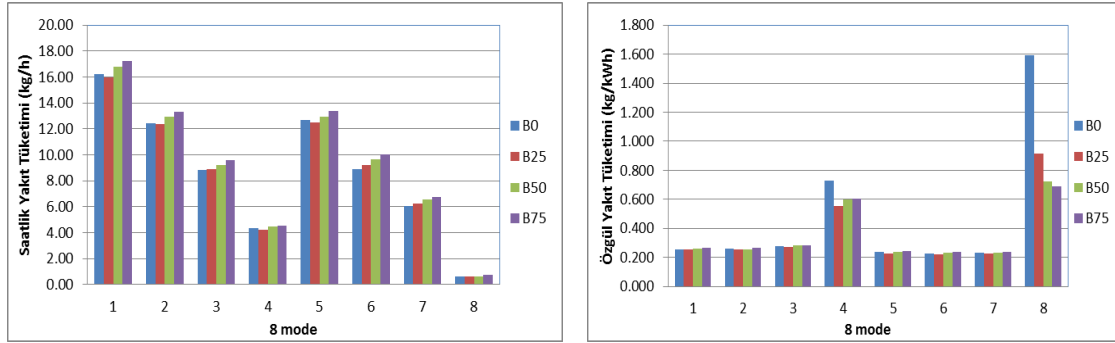


Şekil 1:

1500 ve 2500 devirde farklı yüklenme oranlarındaki motor torku ve gücü

Şekil 1’de görüldüğü üzere; gerek 2500 devir ve gerekse 1500 devirde elde edilen tork ve güç değerleri B0 yakıtına göre her üç yakıt karışımından elde edilen değerler bazında daha düşüktür. Tork ve güç değerleri yakıt karışımlarında, %100 yükleme oranında (1 ve 5 nolu), B0 yakıtına göre %12’lik bir düşüş gösterse de diğer yüklemelerde bu düşüş yaklaşık % 6-8 arasında kalmaktadır. Literatürlere uygun olarak görülen bu tork ve dolayısıyla güç azalmasının biyodizel oranının artmasına bağlı olarak düşmesi biyodizelin ısıl değerinin düşük olmasından kaynaklanan ve beklenen bir durumdur.

Şekil 2’de gösterilen saatlik yakıt tüketimlerine bakıldığında karışım yakıtlarının aynı kullanım şartlarında B0 yakıtına göre daha fazla tüketildikleri görülmektedir. Bu biyodizelin ısıl değerinin düşük olması nedeniyle beklenen bir durumdur. Ancak daha anlamlı olabilecek özgül yakıt sarfiyatı değerlerine bakıldığında, bütün çalışma şartlarında B25 yakıtının daha ekonomik olduğu, 4 modunda (%0-20 yükleme ile çalışmada) ise biyodizel karışımlarının normal dizele göre belirgin üstünlük sağladıkları görülmektedir.



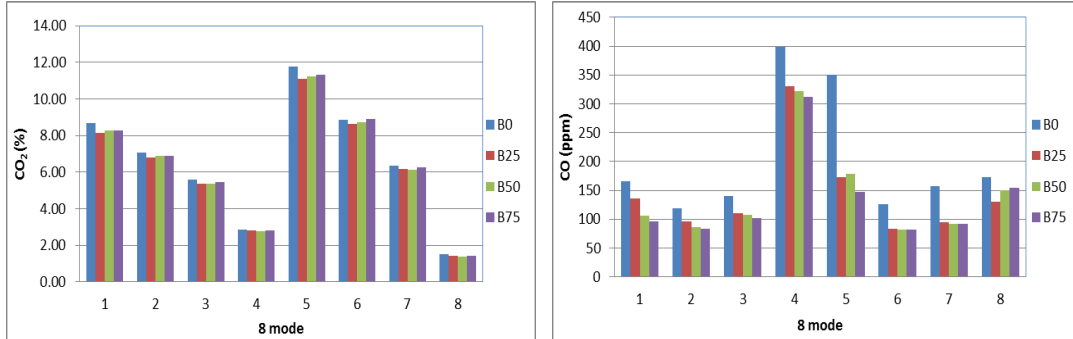
Şekil 2.

1500 ve 2500 devirde farklı yüklenme oranlarındaki saatlik ve özgül yakıt tüketimleri.

Yanmanın temel ürünlerinden olan CO₂’nin petrol kaynaklı yakıtların yanması sonucu oluştuğunda seragazi etkisi yaparken, biyodizel kullanımı sonucunda açığa çıktığında ise bitkilerin fotosentez çevriminde kullanıldığı düşünülmektedir. Ayrıca tamamlanmış yanma ($\lambda > 1$ iken tam yanma) sonucu açığa çıkan CO₂, B0 yakıtında fazla, karışım yakıtlarda ise yakıt tüketiminin fazla olmasına rağmen düşük olarak elde edilmiştir. Şekil 3’te hemen hemen bütün çalışma modlarında B0 yakıtının en yüksek CO₂ salımına sebep olduğu, genellikle B25 bazen de B50’nin en düşük CO₂ salımı oluşturduğu gözlenmektedir.

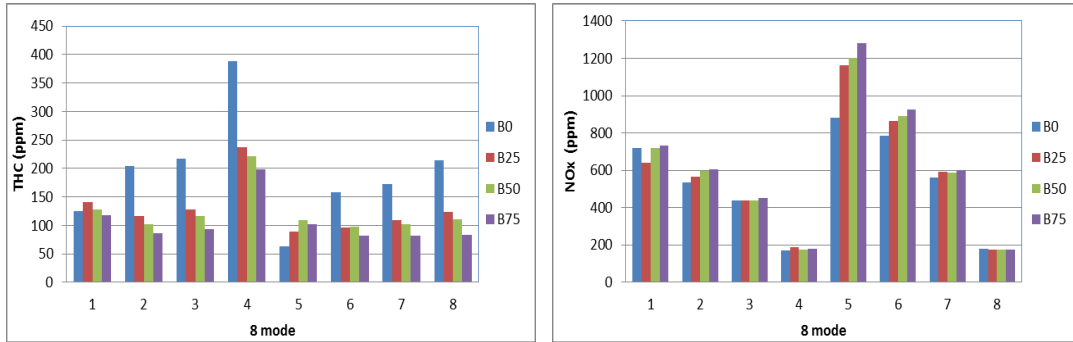
Şekil 3’te verilen emisyonlar açısından sonuçlara bakılırsa; her iki devir ve tüm yüklenme oranları için B0 yakıtının CO değerleri yüksek çıkmıştır. Karışımında biyodizel oranı arttıkça CO emisyonunda azalma olduğu görülmektedir. Bu oran tam yük konumunda karışım oranına bağlı olarak %18 den %41 oranına kadar düşmektedir. Bunun temel nedeni biyodizelin %10’luk oksijen içeriğidir. CO₂ değerleri içerisinde en düşük sonuç B25 yakıtından alınırken B0 yakıtına

en yakın değer ise B75 yakıtından elde edilmiştir. CO değerlerinde ise B0 yakıtı her iki devir ve her yükte en yüksek değerleri verirken 2500 devir içerisinde en az CO değerleri B75 yakıtından elde edilmiştir.



Şekil 3.

1500 ve 2500 devirde devrinde farklı yüklenme oranlarındaki CO₂ ve CO değerleri

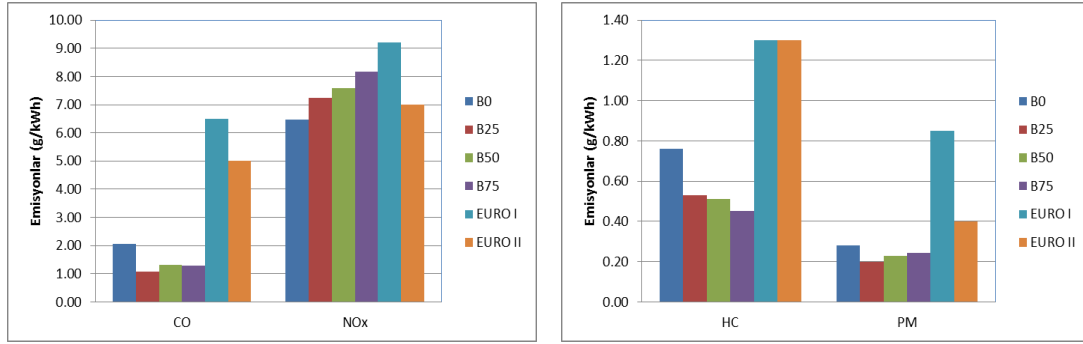


Şekil 4.

1500 ve 2500 devirde farklı yüklenme oranlarındaki THC ve NO_x değerleri

Şekil 4' te verilen toplam Hidrokarbon (THC) değerleri B0 yakıtında yüksek çıkarken, karışım oranı arttıkça elde edilen THC değerleri de oransal olarak düşmektedir. Sadece 1 ve 5 nolu %100 yüklemelerde karışımlardan elde edilen THC oranları yüksek çıkmıştır. HC emisyonları biyodizel oranı arttıkça azalmıştır. Biyodizeldeki oksijen fazlalığından dolayı hava yakıt karışımının iyi olması nedeniyle yanmamış HC'ların azalması görülmektedir, %100 yüklenmenin olduğu bölgede ısı değer düşüklüğü ile biyodizel yakıtlar yüklenmeyi yeterince karşılayamamış ve fazla yakıt tüketmesi sonucunda yanmamış HC'lar artmıştır.

Testlerin sonucunda elde edilen NO_x değerleri de B0 yakıtından yüksek çıkmıştır. NO_x değerlerinin 2500 devirde düşük, 1500 devirde ise yüksek çıkması, yüksek devirlerde silindir içerisinde havanın düşük devirlere göre daha az olmasından (volumetrik verimin düşmesinden) kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.

Birim saatlik üretilebilen güç başına ölçülen emisyon değerleri ve EURO norm değerleriyle karşılaştırılması

Şekil 5'deki kWh başına gram olarak toplanan emisyon değerleri incelendiğinde; CO değeri dizel yakıtında 2 g/kWh iken her üç karışım oranında elde edilen değerler 1 g/kWh civarındadır, yani % 50 daha düşük çıkmıştır. HC oranı karışım oranıyla düzenli bir düşüş göstererek yaklaşık % 45'lik oranla en iyi değeri B75 yakıtı vermiştir. PM oranlarında ise B0 yakıtına göre en düşük değeri B25 karışımı vermiştir. CO ve THC değerlerinde karışımlar içerisinde en yüksek değeri veren B25'in en düşük özgül yakıt sarfiyatına sahip olması gibi ilk bakışta çelişkili görünen durumu da, diğer karışım oranlarına göre kWh başına düşen CO emisyonunda en az değere sahip olmasıyla açıklanabilir. Bu demektir ki B25 yakıtı kullanıldığında egzozda giden kimyasal enerjinin fazlalığına karşılık, direkt ısı transferi ve sürtünme kayıplarında dikkate değer bir azalma vardır; öyle ki nihai verimlilik en fazla olmaktadır. Yakıt içerisindeki biyodizel oranı artışına bağlı olarak, NOx emisyon değerlerinde, dizele nazaran bir miktar artış olduğu görülmektedir. Örneğin; B25 kullanımı durumunda, NOx emisyon değerinin, B0 kullanımına göre %11 oranında artış gösterdiği de gözlenmektedir. Deneylerde kullanılan bütün yakıtların NOx emisyon değerlerinin, Euro I için belirlenmiş olan maksimum 9.2 g/kWh değerinden düşük fakat maksimum 7.0 g/kWh olarak belirlenen Euro II emisyon değerinden yüksek olduğu, bir başka deyişle, Euro II şartlarını sağlayamadığı görülmektedir. Bu durum, NOx emisyon değerlerini sınırlandıracak teknik donanımların araçlarda kullanımını zorlayıcı etken olarak ortaya çıkmaktadır.

4. TARTIŞMA

Atık kızartma yağından elde edilen biyodizel farklı bitkisel yağ metil esterlerinden daha düşük kalitede olmasına rağmen, bu çalışma sonuçlarına ve literatür değerlerine göre, atık kızartmalık yağlardan elde edilen biyodizelinde iyi performans sergilediği görülmüştür.

Kullanılmış bitkisel yağ metil esterinden elde edilen biodizel, dizel yakıtına %25 oranına kadar katıldığında, motor performans karakteristikleri üzerinde dikkate alınabilecek düzeyde olumsuz bir değişikliğe neden olmamakta ve NOx hariç diğer bütün egzoz emisyon değerlerinde düşüş sağlayarak dizel motorlarında kullanılmaya uygun, çevreye duyarlı alternatif bir yakıt olarak ortaya çıkmaktadır.

Yapılan motor denemeleri, dizel yakıtına %20-25 oranına kadar biodizel karıştırılmasının, motor performans karakteristiklerinde olumsuz etki yaratmadığını göstermiştir. Avrupa Birliğince 2003 tarihinde yayımlanan 2003/30/EC direktifinde, 2010 yılı sonu için ön görülen %5.75 oranındaki biyoyakıt karışımı şartlarının sağlanması ile dizel yakıtına karıştırılacak biodizelin petrole bağımlılığı da aynı oranda azaltacağı öngörülmüştü. Fakat Avrupada bu sınır değerlerin üstü kullanılmasına rağmen, Türkiyede uygulamaya aktarılmış değil.

Sonuç olarak bu çalışma; çevre açısından ciddi risk unsuru olan ve yasal mevzuat ile toplanması gereken atık yağların biyodizel dönüşürülerek kullanımının motor performansı açısından önemli bir kayıp oluşturmadığını, emisyon değerleri açısından ise ciddi avantajlar

sağladığını göstermektedir. Bu sonuç gerek AB biyoyakıt direktifleri ve gerekse ülkemiz de geçerli olan atık yağların geri kazanımı kriterlerinin karşılanmasında mevcut kapasitenin kullanımının artırılmasının, bunun için de biyodizel üretiminin teşvik edilmesinin gerektiği şeklinde de yorumlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Alkaya, B. ve Yıldırım, M. (2000), Taşıt Kaynaklı Kirlenmelerin Azaltılma Yöntemleri, ÇEV-KOR Ekoloji Çevre Dergisi, 9, 34, 2000, Pp 15 – 20.
2. Altınsoy, A. S. (2015). Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı Ve Türkiye'deki Kaynakların İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
3. Arslan R. (2011), Emission characteristics of a diesel engine using waste cooking oil as biodiesel fuel. African Journal of Biotechnology, 10(19):3790-3794. DOI: 10.5897/AJB10.2202
4. Bockey D. (2014) Biodiesel 2013/2014 Report on the Current Situation and Prospects – Abstract from the UFOP Annual Report <http://www.ufop.de>.
5. Çanakcı M. ve Özsezen A.N. (2005), Evaluating waste cooking oils as alternative diesel fuel. Gazi University Journal of Science 18.1 (2005): 81-91.
6. Cherng-Yuan L. ve Lin H.A. (2007), Engine performance and emission characteristics of a three-phase emulsion of biodiesel produced by peroxidation, Fuel Processing Technology, 88(1):35-41. DOI:10.1016/j.fuproc.2006.07.008
7. Dilek B., Can-Güven E., Gedik K., Ve Kurt-Karakuş P.,B., (2016), Yağ Sektörü Ürün Veya Atıklarının Alternatif Yakıt Olarak Kullanılmasının Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, U. Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, 2016, Bursa. DOI: 10.17482/uujfe.00346.
8. EEA(European Environment Agency) (2007), EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook–2006,
9. EPDK (2014) <http://www3.epdk.org.tr/>, Erişim Tarihi: 03.03.2016, Petrol piyasası sektör raporu.
10. Elbir T., Bayram A., Kara M., Altıok H., Seyfioğlu R., Erün P. ve Şimşir S., (2010), İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi. DEU Mühendislik Fak. Fen Mühendislik Dergisi 12.1 (2010): 1-17.
11. Eryılmaz T., Hüseyin, Ö., Hidayet, O., ve Bacak S., (2010). "Investigation of the performance and emission values of non-standard fuels at diesel engines." Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 6.1 (2010).
12. Kaplan C. Arslan R. ve Sürmen A. (2006). Performance characteristics of sunflower methyl esters as biodiesel. Energy Sources, 28(8), 751-755. DOI: 10.1080/009083190523415
13. Karabulut M. ve Sayın C. (2015), Üç Silindirli Motora Sahip Tarımsal Amaçlı Bir Traktörde Biyodizel Kullanımının Performans Ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi XIII. Otomotiv Ve Yan Sanayi Sempozyumu Ve Sergisi 13-14 Kasım 2015 Maltepe / İstanbul
14. Lapuerta M, Agudelo J.R. ve Rodríguez-Fernández J. (2008), Diesel particulate emissions from used cooking oil biodiesel. Bioresour Technol, 99: 731–740. DOI:10.1016/j.biortech.2007.01.033

15. Taşdemir Y. ve Erbaşlar T. (2007), The Association of Some Air Pollutants with the Meteorological Parameters in an Urban Atmosphere, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering* 12.2 (2007).
16. TÜİK 2015, <http://www.tuik.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 05.03.2016, Türkiye İstatistik Kurumu, haber bülteni.
17. Ulusoy Y., Tekin, Y., Çetinkaya, M. ve Karaosmanoğlu F. (2004), The Engine tests of biodiesel from used frying oil. *Energy Sources*, 26:927-93. DOI:10.1080/00908310490473219
18. Ulusoy Y., Arslan R. ve Kaplan C. (2009). Emission characteristics of sunflower oil methyl ester. *Energy Sources, Part A*, 31(11), 906-910. DOI: 10.1080/15567030802087528
19. Ulusoy Y., Arslan R., Tekin Y., Bolat A., Şahin R. ve Sürmen A. (2010), Investigation of Performance of waste frying Oil as a Biofuel in a Diesel Engine. 11. Uluslararası Yanma Sempozyumu 24 – 27 Haziran, SARAYBOSNA.
20. Ulusoy Y., Arslan R., Tekin Y., Sürmen A., ve Bolat A., (2010), Atık Kızartmalık Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Motor Performansına Etkileri. UTEG'10 – 8. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 1-3 Aralık 2010, Bursa.

