

AYÇİÇEĞİ YAĞINDAN ELDE EDİLEN BİYODİZELİN MOTOR PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ

Doğan ŞİMŞEK

Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve
Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Bitlis Türkiye
dgnsimsek@gmail.com

Özet

Küresel endüstrinin gelişmesi ile yaşam standartlarının artması enerji tüketimini artırmaktadır. Ayrıca fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı olması da alternatif enerji kaynaklarının araştırılması zaruriyetini ortaya koymaktadır. Yıllardır bu kaynaklar araştırmacılar tarafından sürekli olarak irdelenmektedir. Yapılan bu çalışmada ayçiçeği yağından transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel elde edilmiş vetek silindirli dizel motorda test edilmiş, sonuçlar standart dizel yakıtı ile grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda; motor momentinde maksimum %11, motor gücünde maksimum %5 oranında bir azalma, ÖYT’de ise maksimum %5 oranında bir artış olduğu görülmüştür. HC, CO emisyonlarında azalma olduğu, buna karşın NOx emisyonunda %13 oranında artış ve is emisyonunda ise %18 oranında bir iyileşme olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, Motor Performansı, Egzoz Emisyonu, Alternatif Yakıtlar

EFFECTS OF BIODIESEL PRODUCED FROM SUNFLOWER OIL ON THE ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

Abstract

With developing industry increasing living standards increase energy consumption. Also depletion of fossil fuels forces the researchers to seek for alternative energy resources. These resources are studied for many years and one of them is transesterification of sunflower oil to produce biodiesel. It is tested in diesel engine and the results are compared with the diesel fuel as graphs. Results indicate a maximum

11% decrease in engine torque, 5% decrease in power and 5% increase in Break Specific Fuel Consumption. HC and CO emissions are observed to decrease while NO_x emissions increased by 13% and soot emissions improved by 18%.

Keywords: Biodiesel, Engine Performance, Exhaust Emission, Alternative Fuels

1. Giriş

Enerji krizi içten yanmalı motorlu araçlarda, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çünkü fosil kökenli yakıt kullanımında rezervlerin kısıtlı olması ve kirli emisyonları sınırlamak karşılaşılan ciddi sorunlardır [1].Günümüzde biodizel, CNG ve hidrojen gibi alternatif yakıtların içten yanmalı motorlarda kullanımının artmasına rağmen fosil kökenli yakıtlar hala hızla tükenmeye devam etmektedir[2,3].

Geleneksel petrol kökenli yakıtların rezervlerinin azalması, fiyatlarındaki artış, çevresel kaygılar nedeni ile tetiklenen egzoz emisyonları üzerindeki kısıtlamalar mevcuttur. Bu nedenle dizel motorlarda yenilenebilir yakıtların kullanılması son zamanlarda ivme kazanmıştır. Günümüzde, birçok ülkede yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynakları, konvansiyonel enerji kaynaklarının yerini almaktadır [3].

Petrol kökenli yakıtlardan kaynaklanan bu kaygılar bilim adamlarını yıllardır alternatif yakıt kaynakları ile ilgili çalışmalar yapmaya yöneltmiş, özellikle dizel motorları için bitkisel yağların kullanılması birçok araştırmanın içinde kendine önemli bir yer bulmuştur [4,5]. Ayrıca araştırmacılar tarafından günümüzde araştırmalar hala devam etmektedir.

Sugözü, İ. vd. yaptıkları çalışmada ayçiçeği yağından elde edilen biyodizeli B100 ve B50 oranlarında tek silindirli dizel motorda test etmişlerdir. Test sonuçlarında CO emisyonunda, motor gücü ve momentinde azalma, özgül yakıt tüketiminde ve NO_x emisyonunda artma olduğunu belirtmişlerdir [6].

Keskin, A. vd. mısır yağı biyodizeli ile yaptıkları çalışmada motor gücü ve momentinde azalma olduğunu, biyodizelin genel olarak alt ısı değerinin düşük olmasına bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin arttığını, CO ve is emisyonlarının azaldığını ve NO_x emisyonlarının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca yaptıkları çalışmada SO_x emisyonlarına rastlamadıklarını belirtmişlerdir [7].

Biyodizel, yağ bitkilerinden ve atık bitkisel yağlardan elde edilmektedir. Bitkisel yağların az oranda sülfür içermeleri, yapılarında oksijen bulunması, setan sayılarının yüksek olması ve yanmaları sonucunda daha az zararlı emisyon yaymaları, onların özellikle dizel motorlar için uygun bir alternatif yakıt olabileceklerini göstermektedir. Ayrıca, daha yüksek parlama noktasına ve daha iyi yağlama özelliğine sahip olmaları da olumlu özellikleridir [8]. Bitkisel yağların viskozitesinin yüksek, uçuculuğunun ise düşük olması bitkisel yağların dizel motorlarında yakıt olarak kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek viskozite, püskürtme işlemini olumsuz etkilediğinden yakıtın atomizasyonu kötüleşmektedir. Yüksek viskozite ayrıca enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikintisine ve yağlama yağının bozulmasına neden olmaktadır. Parlama noktasının yüksek olması, uçuculuk özelliğinin az olduğunu göstermektedir. Bu ise yanma odasında daha fazla birikintiye, enjektör ucunda karbonizasyona ve segman yapışmasına neden olmaktadır. Viskozitenin yüksek, uçuculuğun düşük olması soğukta ilk hareket zorluğuna, alev sönmesine ve tutuşma gecikmesi periyodunun uzamasına sebep olmaktadır [9].

Bitkisel yağların yol açtığı olumsuzlukları ortadan kaldırmak amacı ile piroliz, transesterifikasyon, mikroemülsiyon ve inceltme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan transesterifikasyon yöntemidir [10]. Transesterifikasyon yöntemi; bitkisel yağların monohidrik bir alkolle (metanol, etanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ve enzimler) varlığında esas ürünler olarak yağ asidi esterleri ve gliserin ortaya çıkartarak esterleştirilmesi işlemidir [11]. Transesterifikasyon sürecinde metanol, etanol, propanol, butanol ve amil alkoller kullanılabilmesine rağmen düşük maliyeti, kimyasal ve fiziksel avantajları nedeniyle metil alkol yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. Reaksiyon sırasında katalizör olarak sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, sodyum metoksit ve potasyum metoksit yaygın olarak kullanılmaktadır [13,14].

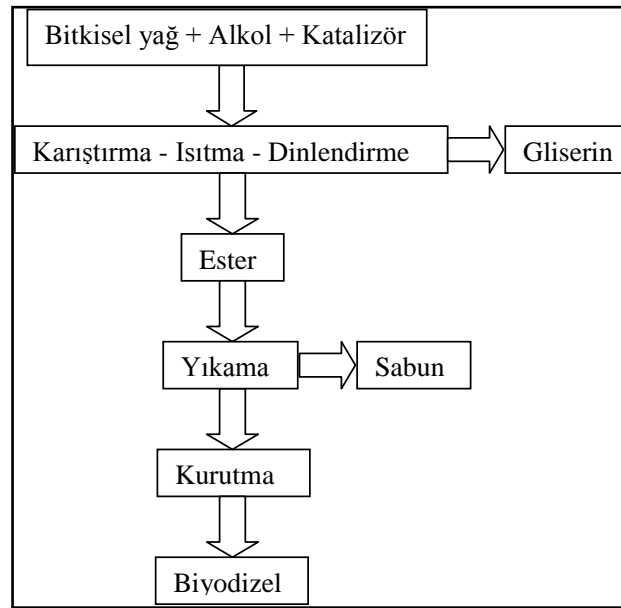
Ayrıca biyodizelin ağırlıkça karbon atomlarının az olması ve oksijen içeriğinin fazla olması yakıt olarak kullanımının olumlu bir yönüdür. Yapılan analizlerde biyodizel içerisindeki karbon oranının petrol kökenli yakıtta ASTM D975 standardına göre ağırlık olarak %87 iken, biyodizel yakıtında ise ASTM PS 121 standardına göre ağırlık olarak %77 olduğu belirtilmiştir. Oksijen içeriği bakımından aynı standartlara

göre petrol kökenli yakıtta 0 iken bitkisel kökenli yakıtlarda ağırlıkça %12 olduğu belirtilmiştir [15].

Yapılan bu çalışmada araştırmacılar tarafından sürekli irdelenen ancak ülkemizde kullanım yaygınlığı hala gerçekleşmemiş, hatta hiç olmayan bitkisel kökenli yakıtların küçük ölçekli olarak üretilebilirliği ve çevreye olan etkisi incelenmiş, sonuçlar tartışılabilir olarak verilmiştir. Ayrıca petrol kökenli yakıtlar yerine bitkisel kökenli yakıtların kullanımının daha çevreci olduğunu ortaya koymak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Ayçiçeği yağından elde edilen biyodizel Bitlis Eren Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu otomotiv laboratuvarında üretilmiş ve aynı laboratuvarında motor test standında test edilmiştir. Biyodizel üretimi akış şeması Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Biyodizel üretim akış şeması

Biyodizel olarak adlandırılan yağın esterleştirilmesi işlemi, etanol veya metanol kullanılarak yapılmaktadır. Bu reaksiyonda katalizör olarak asit yada alkali maddeler kullanılmaktadır. Ancak reaksiyon işleminde alkali katalizörlerin kullanılması durumunda reaksiyon süresinin kısalması bitkisel yağın biyodizel dönüşüm oranının artması gibi daha iyi sonuçların elde edildiği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur [12,16].

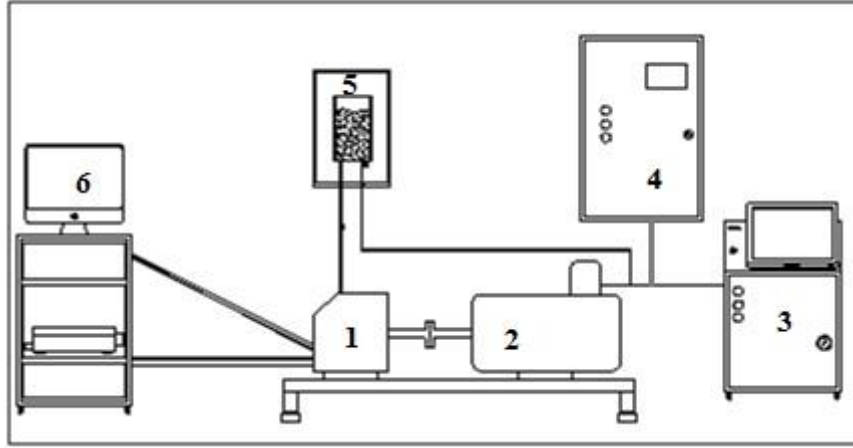
Kullanılan bitkisel yağpiyasadan temin edilmiştir. Esterleştirme sürecinde katalizör olarak sodyum hidroksit ve alkol olarak metil alkol (Metanol) kullanılmıştır. Küçük ölçekli üretim sürecinde bitkisel yağ 6:1molar oranında alkol ve (ağırlıkça) %5 oranında NaOH kullanılarak transesterifikasyon reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Ayçiçeği yağı içerisinde su bulunma ihtimaline karşın 100 °C'ye kadar ısıtılmış ve içerisinde olabilecek suyun buharlaşması sağlanmıştır. Metil alkol içerisinde katalizör çözdürülüp 60 °C'ye ısıtılmış bitkisel yağ üzerine ilave edilmiştir. Karışım 60 °C sabit sıcaklıkta 60 dev/dak'da 2 saat süre ile karıştırılmıştır. Dinlendirme hunisine alınan karışım 8 saatlik bir süre dinlenmeye bırakılmış ve fazların ayrışması beklenmiştir. 8 saatlik dinlendirme işlemi sonunda fazlar (gliserin / ester) ayrıştırılmış ve elde edilen ester 60 °C'ye ısıtılan su ile 1:1 oranında yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işlemi sonrasında ayrılan su alınarak ester içerisinde su kalabilme ihtimaline karşın 100 °C'ye kadar tekrar ısıtılıp suyun buharlaşması sağlanmıştır. Elde edilen biyodizel Ph metre ile kontrol edilip nötrüstasyon işlemi uygulanmıştır. Nötrüstasyon işlemi bazik katalizör kullanılması nedeniyle asit ilavesi ile sağlanmıştır.

Tablo 1. Ayçiçeği yağı biyodizeli ve dizel yakıtlarının özellikleri

Yakıt Tipi	Dizel Yakıtı	Ayçiçeği Yağ Metil Esteri
Yoğunluk (kg/m ³) (15 °C)	835	882
Viskozite (mm ² /sn) (40 °C)	2,60	4,78
Alt Isıl Değeri (kJ/kg)	42640	38388
Setan Sayısı	47	50
Akma Noktası °C	-15	-3,9
Alevlenme Noktası °C	58	136

Tablo 2. Test motoru özellikleri

Motor Tipi	ANTOR 3 LD 510
Silindir Sayısı	1
Silindir Çapıx Strok	85x90 mm
Silindir Hacmi	510 cm ³
Sıkıştırma Oranı	17:1
Maksimum Motor Devri	3200 dev/dak
Maksimum Motor Gücü	12Hp
Maksimum Motor Momenti	3,5 kg.m 1800 dev/dak



Şekil 2. Motor test cihazı şeması

(1. Test Motoru, 2. Dinamometre, 3. Test kontrol ünitesi, 4. Güç ünitesi, 5. Yakıt deposu, 6. Emisyon ölçüm cihazı)

Motor test standı Şekil 2’de görülmektedir. Test sisteminde 26 kW, 80 Nm tork ve max 5000 rpm hızında elektrikli dinamometre kullanılmaktadır. Test sisteminde yakıt tüketimi, motor momentini ve motor gücü verileri anlık olarak, kullanılan arayüz programı ile bilgisayara kaydedilmiştir. Testler tek silindirli dört zamanlı, sıkıştırma ile ateşlemeli motorda tam gaz konumunda altı farklı motor yükünde test edilmiştir. Egzoz emisyonları Mobydic marka gaz analiz cihazı kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Kullanılan cihazın ölçüm aralıkları Tablo 3’de verilmiştir.

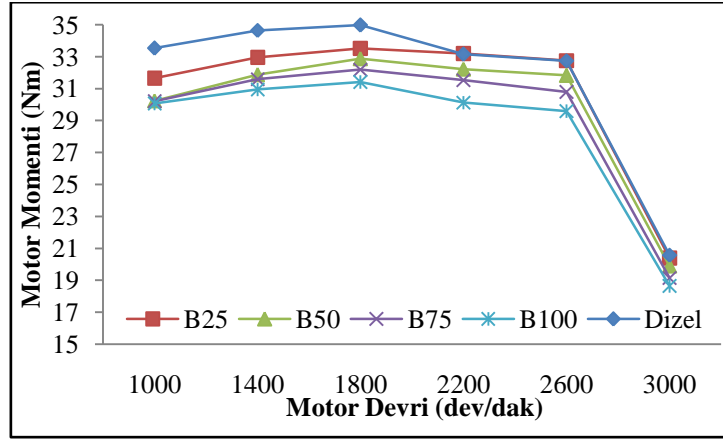
Tablo 3. Emisyon cihazı özellikleri

MOBYDIC 5000 GAZ ANALİZ CİHAZI		
CO	% Vol	0 - 10
CO ₂	% Vol	0 - 20
HC	ppmVol	0 - 20000
O ₂	% Vol	0 - 21
NOx	ppm	0 - 5000
Lambda		0 - 5
N	%	0 - 100
K	1/m	0 - 20
Partikül	mg/m ³	0 - 1000

3. Bulgular Ve Tartışma

Değişik oranlarda biyodizel kullanımının motor momentine Şekil 3’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde dizel yakıtı içerisindeki biyodizel oranı arttıkça motor

momentinde azalma olduğu görülmektedir. Kullanılan biyodizelin standart dizel yakıtına göre ısıl enerjisinin düşük olması motor momentindeki azalmanın temel sebebidir. Ayrıca kullanılan biyodizelin yoğunluğu ve viskozitesinin dizel yakıtına göre yüksek olması püskürtme sürecinde silindir içerisinde yakıtın nüfuzunu olumsuz yönde etkilemekte ve yanmayı kötüleştirmektedir [17]. Bu durum motor momentinde düşmeye neden olmaktadır.

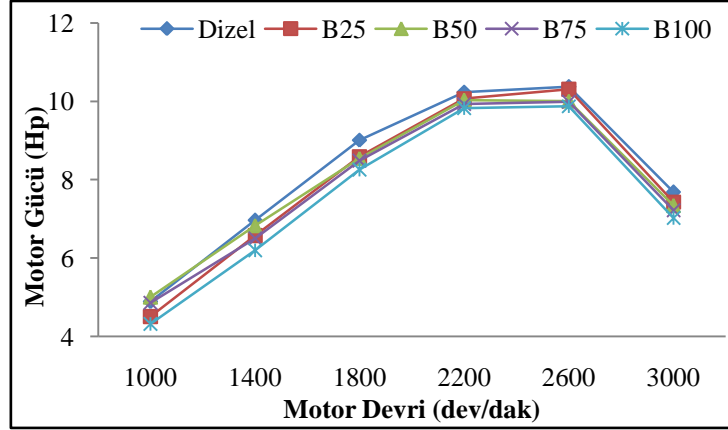


Şekil 3. Farklı oranda biyodizel kullanımının motor momentine etkisi

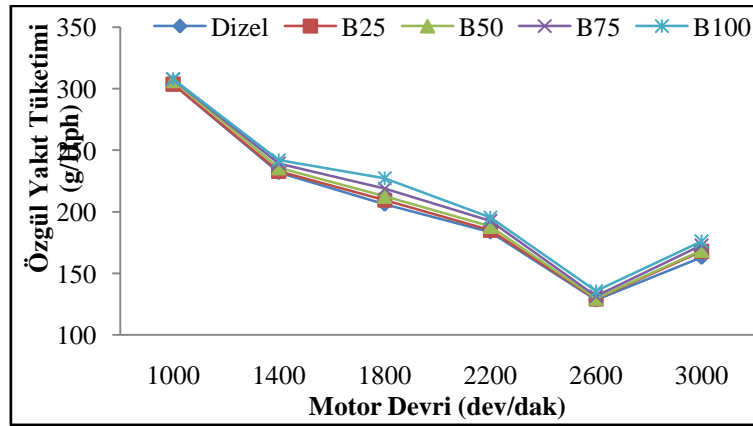
Değişik oranlarda biyodizel kullanımının motor gücüne etkisi Şekil 4’de verilmiştir. Standart dizel yakıtı içerisinde biyodizel oranı arttıkça ve saf biyodizel kullanımında motor gücünde azalma olduğu görülmektedir. Bu azalma maksimum gücünün elde edildiği motor devrinde (2600 dev/dak) B25 yakıtı ile yaklaşık %1, B50 yakıtı ile yaklaşık %3, B75 yakıtı ile %4 B 100 yakıtı ile yaklaşık olarak %5 oranında azalma olduğu kaydedilmiştir. Bu güç kaybının biyodizel yakıtının alt ısıl değerinin, standart dizel yakıtından düşük olması ve biyodizel yakıtının viskozitesinin ve yoğunluğunun yüksek olmasından kaynaklandığı literatürde açıklanmaktadır [3,6]. Kullanılan yakıtın viskozitesinin yüksek olması püskürtülen yakıtın atomizasyon çapını etkilemektedir. Atomizasyon çapının büyük olması silindir içerisinde hava/yakıt karışımını olumsuz yönde etkilemekte ve bu durumda yanma kötüleşmektedir. Yanmanın kötüleşmesi motor gücünde azalmaya sebep olmaktadır [18].

Değişik oranlarda biyodizel kullanımının özgül yakıt tüketimine etkisi Şekil 5’de verilmiştir. Biyodizel içerisinde biyodizel oranının artması ile özgül yakıt tüketiminde artma olduğu görülmektedir. Biyodizel yakıtının alt ısıl değerinin düşük olması aynı enerjiyi elde edebilmek için daha fazla yakıtın kullanılması ÖYT artışının temel sebebidir. Minimum ÖYT elde edildiği motor devrinde (2600 dev/dak) B25 yakıtı

kullanılması ile ÖYT’de yaklaşık olarak %0.5, B50 yakıtı ile yaklaşık olarak %1, B75 yakıtı kullanımında yaklaşık olarak %3, B100 yakıtı kullanımında ise yaklaşık %5 oranında bir artış olduğu görülmüştür. ÖYT’nin artışının diğer bir sebebi ise biyodizel yakıtının yoğunluğunun yüksek olması bütün karışım oranlarında yakıtın yoğunluğunun yükselmesi ile aynı hacimde daha fazla yakıt püskürtülmesidir [17].

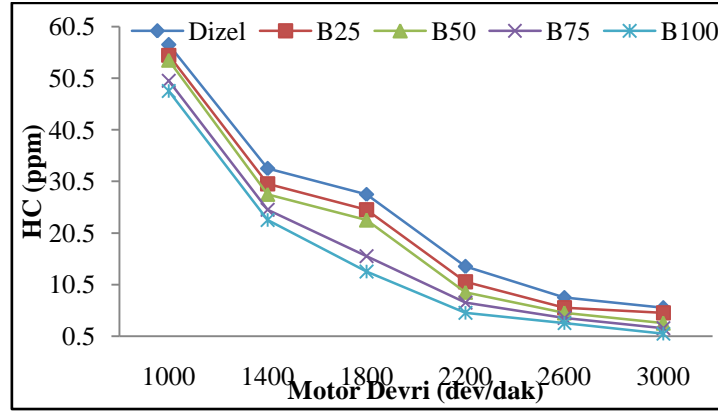


Şekil 4. Farklı oranda biyodizel kullanımının motor gücüne etkisi



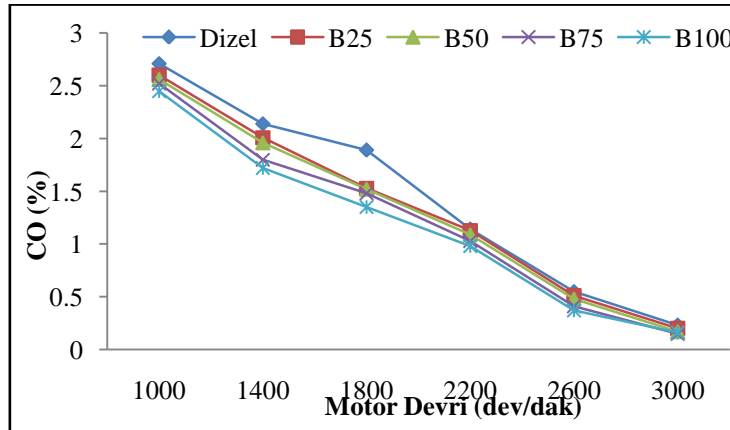
Şekil 5. Farklı oranda biyodizel kullanımının özgül yakıt tüketimine etkisi

Değişik oranlarda biyodizel kullanımının HC emisyonuna etkisi Şekil 6’da verilmiştir. Dizel yakıtı içerisinde biyodizel oranı arttıkça ve saf biyodizel kullanımında HC emisyonlarının azaldığı görülmektedir. Maksimum güç elde edildiği motor devrinde (2600 dev/dak) dizel yakıtı ile 8 ppm, B25 yakıtı ile 6 ppm, B50 yakıtı ile 5 ppm B75 yakıtı ile 4 ve B100 yakıtı ile 3 ppm emisyon ölçümleri kaydedilmiştir. Bu azalma biyodizel içerisinde standart dizel yakıtına göre, yapısında karbon (C) atomlarının az ve oksijenin fazla olmasından kaynaklanmaktadır [15].



Şekil 6. Farklı oranda biyodizel kullanımının HC emisyonuna etkisi

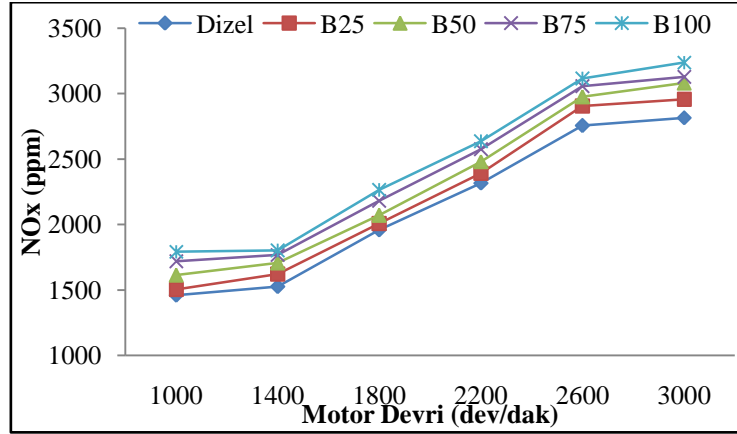
Değişik oranlarda biyodizel kullanımının CO emisyonlarına etkisi Şekil 7’de verilmiştir. Bütün motor devirlerinde yakıt içerisindeki biyodizel oranı arttıkça CO emisyonlarında azalma olduğu görülmüştür. Maksimum güç elde edilen motor devrinde (2600 dev/dak) dizel yakıtına göre B25 yakıtı kullanıldığında yaklaşık olarak %8 oranında azalma olduğu görülmektedir. Ayrıca saf biyodizel kullanımında bu oran yaklaşık olarak %30'lara kadar azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmanın temel sebebi biyodizelinyapısındaki karbon (C) atomlarının az, oksijenin ise fazla olmasındankaynaklanmaktadır [15].



Şekil 7. Farklı oranda biyodizel kullanımının CO emisyonuna etkisi

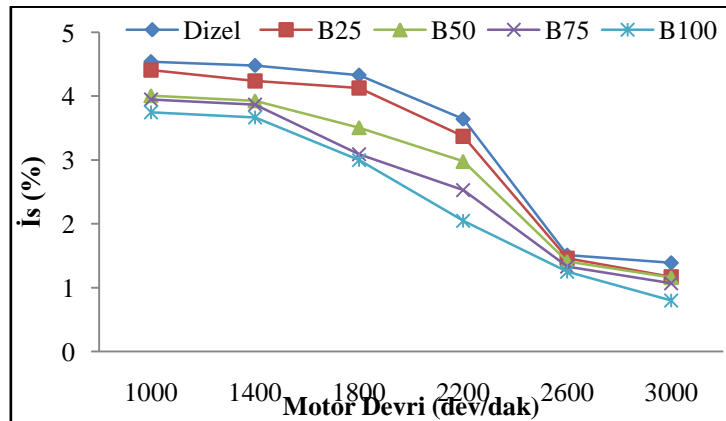
Değişik oranlarda biyodizel kullanımının NOxemisyonlarına etkisi Şekil 8’de verilmiştir. Bütün motor devirlerinde, dizel yakıtı içerisindeki biyodizel oranının artması ile NOxemisyonlarının arttığı görülmektedir. Maksimum güç elde edilen motor devrinde NOxemisyonlarında standart dizel yakıtına göre B25, B50, B75, B100 yakıtı kullanımında sırası ile %5, %8, %10, %13 oranında bir artma olduğu görülmektedir. İçten yanmalı motorlarda egzoz gazlarının içerisinde NOx oluşumunun temel sebebi

silindir içi yüksek sıcaklıktır [19]. Biyodizel yapısında oksijen bulunması silindir içerisinde yanma sonu sıcaklığı yükseltmektedir. Bu durum biyodizel yakıtı ve karışımları kullanılması durumunda NOx emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca silindir içerisinde biriken yanmayan yakıtın aniden yanması NOx emisyonunun artmasının başka bir nedenidir [18]. NOx emisyonu sonuçları daha önce yapılan çalışmalarla benzer sonuçlar göstermektedir [6,12].



Şekil 8. Farklı oranda biyodizel kullanımının NOx emisyonuna etkisi

Değişik oranlarda biyodizel kullanımının is emisyonlarına etkisi Şekil 9'da verilmiştir. Motor devri arttıkça is emisyonu azalmaktadır. Maksimum gücün elde edildiği motor devrinde (2600 dev/dak) yakıtların sırası ile B25 %4, B50 %7, B75 %12 ve B100 %18 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Yakıt içerisinde biyodizel oranı arttıkça bütün motor devirlerinde is emisyonu azalmaktadır. Bu azalmanın temel nedeni biyodizel içerisinde oksijen bulunmasıdır. Yapılan diğer çalışmalarda araştırmacılar tarafından benzer sonuçlar ortaya konulmuştur [20].



Şekil 9. Farklı oranda biyodizel kullanımının is emisyonuna etkisi

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada standart dizel yakıtı içerisine ayçiçeği yağından elde edilen biyodizel %25, %0, %5 oranlarında karışımları ve saf biyodizel, tek silindirli bir dizel motorda kullanılmıştır.

Yapılan testlerde standart dizel yakıtı içerisinde biyodizel oranı arttıkça motor momentini ve motor gücünde azalma, ÖYT’de ise artma olduğu belirtilmiştir. Maksimum momentin elde edildiği motor devrinde karışımlar ve saf biyodizel kullanımında standart dizel yakıtına göre %5 ile %11 arasında, motor momentinde düşme olduğu belirtilmiştir. Aynı şartlarda motor gücünde %1 ile %5 oranında bir azalma olduğu, ÖYT’de ise aynı şartlarda standart dizel yakıtına göre %0 ile %5 oranında bir artış olduğu ortaya konulmuştur.

Standart dizel yakıtı içerisinde biyodizel oranı arttıkça HC, CO ve is emisyonlarında azalma olduğu NOx emisyonlarında artış olduğu görülmektedir.

Biyodizel kullanımında emisyonların iyileştiği görülmektedir. NOxemisyonunun farklı kontrol yöntemleri kullanılarak NOxemisyonunun daha az salınımı sağlanabilir.

İçten yanmalı motorlarda fosil kökenli yakıtlara alternatif olarak biyodizel kullanılması motor performansında azda olsa bir kayıp olmasına rağmen daha çevreci bir yakıt olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

- [1] Banapurmath, NR, Tewari, PG, and Hosmath, RS, “Combustion an emission characteristics of a direct injection, compression-ignition operated on Honge oil”, HOME and blends of HOME and diesel. International Journal of Sustainable Engineering, 2008;2: 80-93
- [2] Murugesan A, Umarani C, Subramanian R, and Nedunchezian N., “Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines - A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009;13: 653-662.
- [3] Sugözü, B., “Influence of Diesel Fuel and Soybean Oil Ethyl Ester Blends on the Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine”, International Journal of Automotive Engineering and Technologies, 2016; 5: 1-7.

- [4] Aksoy, F., Bayrakçeken, H., Baydır, Ş., A., Yavuz, H., “Kanola Yağı Metil Esterine Ön Isıtma Uygulamasının Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisi”, *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2009; 1: 25-33.
- [5] Peterson, Charles, L., et al., “Ethyl ester of rapeseed used as a biodiesel fuel—a case study”, *Biomass and Bioenergy*, 1996, 10(5): 331-336.
- [6] Sugözü, İ., Aksoy, F., and Baydır, Ş., A., “Bir dizel motorunda ayçiçeği metil esteri kullanımının motor performans ve emisyonlarına etkisi”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2009; 6(2): 49-56.
- [7] Keskin, A., and Ekşi, A., K., “Dizel Motorlarda Mısır Yağı Biyodizelinin Yakıt Olarak Kullanımının Motor Performans ve Emisyonuna Etkisi”, *Celal Bayar University Journal of Science*, 2006; 2(1): 49-55.
- [8] Bayrakçeken, H., Yavuz, H., Aksoy, F., Baydır, Ş., A., “Soya Yağı Metil Esterinin Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisi”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- [9] Cesur, İ., Ayhan, V., Parlak A., “Bir dizel motorunda tavuk yağı metil esteri kullanılması performans ve emisyonlara etkisi”, 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 2008, 331-337.
- [10] Ramadhas, A., S., Jayaraj, S., Muraleedharan C., “Use of vegetable oils as I.C. engine fuels—A review”, *Renewable Energy*, 2004, 29, 727–742.
- [11] Karabektaş, M., Ergen, G., “Biyodizel Yakıt Kullanılan Bir Dizel Motorunda Isı Balansı Uygulaması”, 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 2008 424-429.
- [12] Fukuda, H., Kondo A., Noda H., “Biodiesel Fuel Production by transesterification of Oils”, *Journal Of Bioscience And Bioengineering*, 2001, 92(5), 405-416.
- [13] Raheman, H., Phadare, A.G., “Diesel engine emissions and performance from blends of karanja methyl ester and diesel”, *Biomass and Bioenergy*, 2004, 27, 393–397.
- [14] Leung, D.Y.C., Guo, Y., “Transesterification of neat and used frying oil: Optimization for biodiesel production”, *Fuel Processing Technology*, 2006, 87, 883–890.
- [15] Öner, Z., “Biyodizel üretiminde adsorban maddelerin rolünün incelenmesi”, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 2011.

- [16] Özer, S., Vural, E., ve Özdalyan, B., “Dizel Motorlarında Kanola Yağı Metil Esteri-Dizel Yakıtı Karışımlarının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkileri”, *Electronic Journal of Vehicle Technologies (EJVT)*, 2011; 3(1); 9-18.
- [17] Vural, E., Şimşek, D., Özer, S., “The Analysis of the Effect of Diesel Fuel Additive 5%, Compression Ratio and Injection Pressure on the Performance with Diesel-RK Programme”, *International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16)* March 19-20, 2016, Kilis 2125-213.
- [18] İlkılıç, C., Behçet, R., Aydın, S., Aydın, H., “Dizel motorlarında azot oksitlerin oluşumu ve kontrol yöntemleri”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, 2009; 2062-2066.
- [19] Xue, J., et al., “Effect of Biodiesel on Engine Performances and Emissions”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011; 15(2): 1098-1116.
- [20] Labeckas, G., Slavinskas, S., “The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions”, *Energy Conversion and Management*, 2006; 47 (13-14): 1954–1967.