

# BİYODİZELİN HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİ

Selman Aydın<sup>1\*</sup>, Hüseyin Aydın<sup>2</sup>, Cumali İlkılıç<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hakkâri Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hakkâri

<sup>2</sup> Batman Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Otomotiv Teknolojisi Bölümü, Batman

<sup>3</sup> Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Elazığ

\*s.aydin072@gmail.com,

**Özet:** Bu çalışmada aspir yağından transesterifikasyon (yağın yeniden esterleştirme-si) **yöntemi ile** biyodizel üretilmiştir. %20 aspir biyodizeli %80 dizel karışımli yakıt ile normal dizel yakıtı (D2) tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli ve hava soğutmalı **bir dizel** motorunda kullanılarak egzoz emisyonları karşılaştırmalı olarak incelendi. Yakıtların test sonuçları karşılaştırıldığında aspir yağı metil esterinin dizel yakıtına göre NO<sub>x</sub> ve O<sub>2</sub> emisyonlarında artış HC, CO<sub>2</sub> ve CO emisyonlarında ise azalmalar görülmüştür. Motor emisyonlarında metil ester karışımı (B80) genel itibari ile çevre açısından daha az zararlı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Metil ester, Egzoz emisyonları, Dizel motoru, Çevre kirliliği

## Effects of Biodiesel on Air Pollution

**Abstract:** In this study, biodiesel was produced from safflower oil by transesterification method. A blend of 80% biodiesel and 20% petroleum diesel fuels called here as B80 was used in a four strokes, direct injection and air cooled diesel engine in order to clarify biodiesel emission as compared with standard diesel fuel. As the test fuels were compared, B80 fuel was resulted in lower HC, CO<sub>2</sub>, and CO emissions while it was resulted in higher NO<sub>x</sub> and O<sub>2</sub> emissions than petroleum diesel fuel. It was concluded that biodiesel fuel has lower hazardous effects on environment that those of fossil based fuels.

**Keyword:** Methyl Ester, Exhaust Emissions, Diesel Engine, Environmental Pollution

## 1. GİRİŞ

**İçten yanmalı motorlarda yanma odasına alınan yakıtın yanması ile iş elde edilirken diğer taraftan insan sağlığı ve çevre açısından zararlı olan gazlar egzoz borusundan dış çevreye atılmaktadır.** Bu gazlardan özellikle CO<sub>2</sub> gazı sera etkisi yapmaktadır. Sera gazı etkisinden kaynaklanan küresel ısınma, günümüzde dünyanın en önemli ortak çevre sorunu olarak gösterilmektedir. CO<sub>2</sub>'in yanı sıra yanma sonucu ortaya çıkan, hidrokarbonlar, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> gibi gazların da artması sera gazı etkisini hızlandırmaktadır. Biyodizel kullanımının çevresel açıdan en önemli avantajı; açığa çıkan emisyonların normal dizel yakıtta göre az olması ve bununla beraber sera gazı etkisini azalması olacaktır.

Dizel motorların endüstride ve taşıtlarda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, petrol türevleri kullanılan dizel motorlar çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Avrupa Birliği komisyonu dizel motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarını sınırlamak için bazı direktifler (Euro 4/5 için 2005/55/EC vb. gibi) yayınlamıştır. Araştırmacılar bu direktifleri karşılayabilmek için yüksek performanslı düşük emisyonlu dizel motorlar geliştirmeye yönelmiştir. Günümüzde taşıt üreticileri, yüksek basınçlı yakıt püskürtme sistemleri, kademeli püskürtme, üç yollu katalitik konvektör, egzoz gazı geri dönüşümü, partikül filtreleri, dizel motor yönetimi tarafından püskürtme başlangıcının kontrolü gibi sistemlerden yararlanarak dizel motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarını kabul edilebilir sınırlar içerisine çekmeye çalışmaktadır [1].

Günümüz termik motor teknolojisinin de petrole bağımlı olarak gelişmesi, mevcut motor teknolojisinde fazla bir değişiklik yapmadan, dizel yakıtına alternatif olacak yeni yakıtların araştırılarak ortaya konmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu konuda, özellikle ülkemizde de olduğu gibi, tarımsal potansiyeli yüksek olan ülkelerde bitkisel yağlar ön plana çıkmaktadır [2].

Dizel motorlarında kullanılmak üzere bitkisel ya da hayvansal yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen, uzun zincirli yağ asitlerinin mono alkil esterleri biyodizel olarak tanımlanır. Bitkisel yağlardan biyodizel elde edilmesi konusundaki çalışmaların çoğunluğunu, yüksek viskozitenin azaltılması oluşturmaktadır [3]. Viskoziteyi azaltmada kullanılan en etkili yöntem transesterifikasyondur. Transesterifikasyon, bitkisel yağların monohidrik bir alkolle (metanol, etanol), katalizör (asidik, bazik katalizörler ve enzimler) varlığında esas ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek yeniden esterleştirilmesi işlemidir [4]. Biyodizel üretiminde bitkisel yağ olarak kolza, ayçiçek, soya ve kullanılmış kızartma yağları, alkol olarak metanol, katalizör olarak alkali katalizörler (sodyum veya potasyum hidroksit) tercih edilmektedir. Biyodizel olarak genellikle, bitkisel yağlardaki trigliseridlerin metanol ile transesterifikasyonu neticesinde elde edilen yağ asidi metil esterleri kastedilmektedir [5].

Schmidt ark. ile Marshall ark. biyodizelin çevre dostu bir alternatif yakıt olduğunu ve bir dizel motor biyodizel ile çalıştırıldığında oluşan egzoz emisyonunda, motorine oranla, yaklaşık olarak, CO %20, HC %30, partikül madde %40 ve duman koyuluğu %50 kadar azaldığını ve NOx emisyonlarının ise %15 kadar arttığını belirlemişlerdir [6,7]. Çanakçı ve Van Gerpen (2001), araştırmalarını direkt enjeksiyonlu turbo şarjlı motorlarda yapmışlar ve tüm biyodizel çeşitleri için HC emisyonlarında %50'lik bir azalma olduğunu bulmuşlardır [8]. Graboski ve McCormick (1998), %20, %35 ve %65 biyodizel içeren yakıtlarla yaptıkları testlerde biyodizel miktarıyla CO emisyonunun azalma oranı arasında doğrusal bir ilişki bulmuşlarken [9]; Last ve diğ. (1995) yaptıkları çalışmada bu doğrusal ilişkiyi tespit edememiş olup; %10, %20, %30, %50 ve %100 biyodizel-dizel karışımı için CO emisyonlarında tespit ettikleri azalmalar sırasıyla %10, %8, %18, %6 ve %14'tür [10].

Bu çalışmada, aspir yağından transesterifikasyon reaksiyonu kullanılarak elde edilen biyodizel yakıtı %80 oranında dizel yakıtı ile karışım oluşturularak tek silindirli direkt püskürtmeli ve hava ile soğutmalı bir dizel motorda kullanılmıştır. Üretilen karışımlarla motorun tam gaz ve değişik devir sayılarında egzoz emisyon değerleri alınmıştır. Tablo 1'de biyodizel ve dizel yakıtın yakıt özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 1: Biyodizel ve dizel yakıtının yakıt özellikleri

Özellikler	Biyodizel	Dizel Yakıtı
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0,897	0,8435
Viskozite (mm <sup>2</sup> /sn)(40°C)	5,23	3,6663
Isıl Değer (kJ/kg)	39348	43356
Parlama Noktası (°C)	107	60
Setan Sayısı	53,37	49

## 2. MATERYAL VE METOT

Deneyler, Batman Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Anabilim Dalı Motor Test Laboratuvarından yapılmıştır. Deneylerde motor olarak, maksimum gücü 10 HP, silindir hacmi 406 cc, tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı Rainbow marka bir dizel motoru kullanılmıştır. Deney motoruna ait teknik özellikler Tablo 2'de görülmektedir.

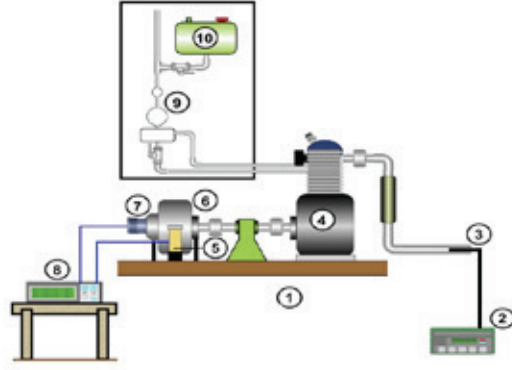
Tablo 2: Deney motorunun teknik özellikleri

Markası	Rainbow-186 Dizel
Püskürtme sistemi	Direkt püskürtmeli
Silindir sayısı	1
Strok hacmi	406 cc
Sıkıştırma oranı	18/1
Maksimum moment	25.21 Nm (1800 d/d'da)
Maksimum güç	10 HP
Maksimum motor devri	3600 d/d $\pm$ 20
Soğutma sistemi	Hava soğutmalı
Püskürtme basıncı	19.6 $\pm$ 0.49 Mpa (200 $\pm$ 5 Kg/cm <sup>2</sup> )
Ortalama piston hızı	7.0 m/sn (3000 d/d'da)

Motor deneylerinde motora bağlı olarak çalışan BT-140 model, maksimum gücü 50 KW, maksimum devri 7500 d/d olan hidrolik bir dinamometre kullanılmıştır (Şekil 1). İzleme cihazının üzerinde motor devrini rpm (d/dak.) cinsinden, motor gücünü beygir gücü (HP) ve motor momentini kg.m olarak gösteren ekranlar mevcuttur. Ayrıca motora uygulanan yük kademeli olarak %10'ar dilimler halinde değiştirilebilmektedir. Deneylerde egzoz gazlarının ölçümü için CAPELEC CAP 3200 marka gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Ölçüm cihazın probu egzoz borusuna yerleştirilerek motor çalışma sıcaklığına geldikten sonra, cihazın okuduğu değerler yine cihaz üzerinde bulunan bir yazıcı ile çıktı şeklinde alınabilmektedir. Bu cihazın teknik özellikleri Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3: Gaz analiz cihazın teknik özellikleri

Parametre	Ölçme Aralığı	Hassasiyet
HC	0-20000 ppm	1 ppm
CO <sub>2</sub>	%0-20	%0,1
CO	%0-15	%0,001
O <sub>2</sub>	%0-21,7	%0,01
Lamda	0,6-1,2	0,001
NO <sub>x</sub>	0-5000 ppm	1 ppm



Şekil 1: Deneylerde kullanılan BT-140 model hidrolik dinamometrenin şematik görünümü

- 1) Motor Test Yatağı Şasisi 2) Egzoz Emisyon Cihazı 3) Gaz Analiz Cihazın Sondası 4) Tek Silindirli Dizel Motoru 5) Yük Ayarı 6) Dinamometre 7) Takometre 8) Kontrol Ünitesi 9) Yakıt Ölçüm Ünitesi 10) Yakıt Tank

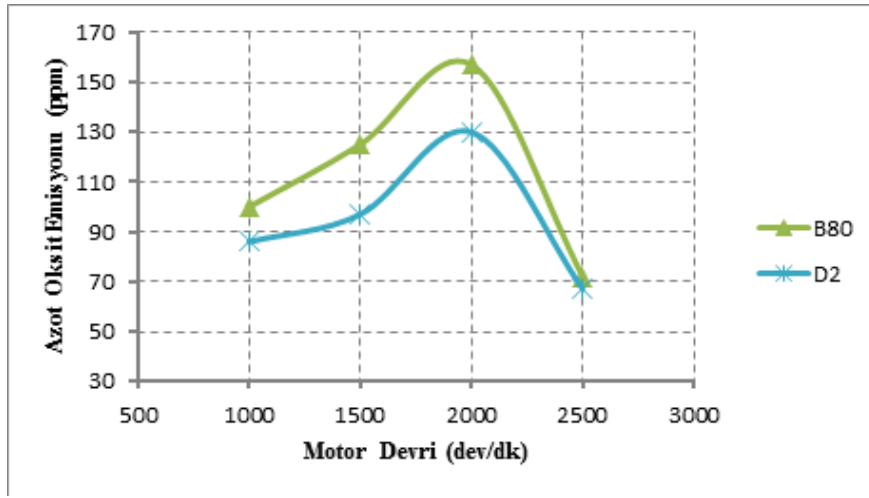
Deneye başlamadan önce yakıt enjektör püskürtme basıncı, püskürtme avansı ve supap ayarlarının motorun katalog değerlerine uygun olduğu tespit edilmiştir. Motor deneylerine başlamadan önce yağlama yağı ve hava filtresi değiştirilmiştir. Deney sırasında alınan veriler motor çalışma sıcaklığına (85-90 °C) ulaştıktan sonra kaydedilmiştir ve deney süresince bu sıcaklıkta tutulmuştur. Yeni bir deneye başlamadan önce motor soğumaya ve dinlenmeye bırakılmıştır. Ayrıca bir önceki deneyde test edilen yakıtın tamamen tükenmesi için motor stop edene kadar çalıştırılmaya devam edilmiş ve daha sonra yakıt deposu yeni yakıt ile doldurulmuş böylece deneylere başlanmıştır. Deneyler önce dizel yakıtı (D2) ve B80 yakıtı sırasına göre yapılmıştır. Bütün yakıtlar için egzoz emisyonlarının tespitinde motor tam gaz ve 1000, 1500, 2000 ve 2500 dev/dak'da devirlerde gerçekleştirilmiştir.

### 3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Azot Oksit Emisyonu (NO<sub>x</sub>)

Normal şartlarda havanın içindeki azot yanma reaksiyonuna girmez. Fakat yanma odasında ulaşılan yüksek sıcaklıklar havanın içerisindeki azotun oksijenle reaksiyona girmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir [11]. Azot oksit oluşumu silindirde oluşan yüksek sıcaklıklar, azot ile oksijenin

birlikte bulunma süreleri ve oksijen miktarına bağlı olarak arttığı bilinmektedir. Şekil 2’de dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre azot oksit emisyon değişimi görülmektedir. Düşük devirlerde emme zamanının uzun sürmesi ve silindir içerisine alınan hava miktarının az olmasından silindir içerisinde azot monoksit (NO) oluşumu düşük olmaktadır. Genişleme zamanında egzoz borusundan atılan NO’lar havanın oksijeni ile birleşerek NO<sub>x</sub>’lere dönüştüğü bilinmektedir. 1500 ve 2000 dev/dak.’da B80 yakıtı dizel yakıtından daha fazla azot oksit oluşturmuştur.



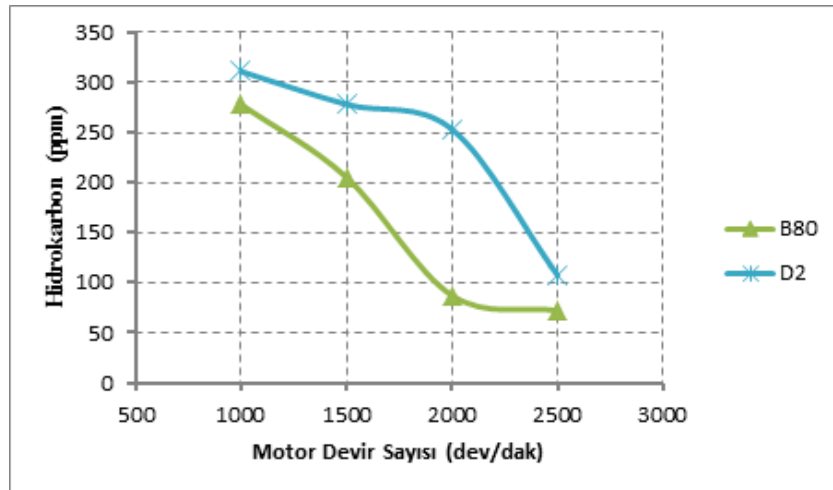
Şekil 2: Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre NO<sub>x</sub> emisyon değişimi

B80 yakıtı içerisindeki oksijen miktarının fazla olmasından silindir içerisindeki sıcak yüksek değere ulaşmakta ve bunun sonucunda egzozdan atılan azot oksit miktarı artmıştır. 2000 devirden sonra emme zamanının kısalması ile hava fazlalık katsayısı azalır ve havanın içerisindeki oksijen ile azotun birlikte bulunma süreleri ve sıcaklığın azalması ile silindir içerisindeki NO miktarı düşer. Bu nedenle tüm yakıtlarda 2000 devirden sonra azot oksit miktarında düşüş olmuştur.

### 3.2 Yanmamış Hidrokarbon Emisyonu (HC)

Yanma ürünleri arasında yanmamış hidrokarbonların bulunmasının nedeni, yakıtın tutuşma sıcaklıklarına gelmemesi veya ortamda oksijenin yetersiz olmasından dolayı yakıtın okside olamaması veya yarı oksitlenmesidir[12].

Şekil 3’de dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre yanmamış hidrokarbon emisyon değişimi görülmektedir. Motor devir sayılarına bağlı olarak düşük devirlerde HC emisyonları yüksek çıkmıştır. Bu durumun muhtemel sebebi yakıtların tam olarak yakılmadığı söylenebilir. Şekil 4’teki CO<sub>2</sub> grafiğinde düşük devirlerde CO<sub>2</sub> emisyonunun düşük çıkmış olması buna bir kanıt olarak ileri sürülebilir. Motor devri arttıkça B80 yakıtı ve dizel yakıtı için HC emisyonunda önemli bir azalma görülmektedir. Dizel motorların çalışma sistemlerinden ötürü hava fazlalığı ile çalıştığından motor devri arttıkça silindir içerisine alınan oksijen miktarı, enjektörden püskürtülen yakıt miktarı ve hava hareketleri artış gösterdiğinden silindirdeki basınç ve sıcaklıklarda artış olduğu söylenmektedir. Bu sebeplerden dolayı motorun devri arttıkça yakıtta Hidrojen ve karbon yüksek sıcaklıklarda havanın oksijen ile oksidasyonu sonucunda azalmaktadır. Biyodizel içerisindeki oksijen fazlalığı sebebi ile HC’lar bütün motor devirlerinde, B80 yakıtı dizel yakıtına kıyasla daha az çıkmıştır.

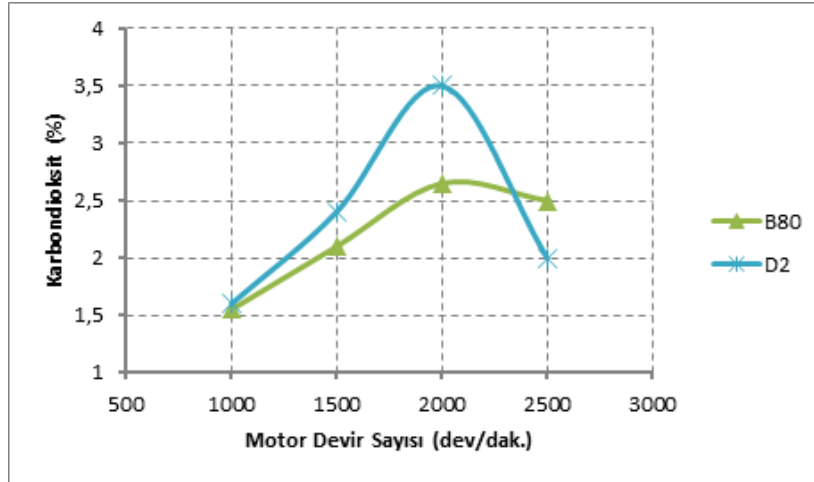


Şekil 3: Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre HC emisyon değişimi

### 3.3 Karbondioksit Emisyonu (CO<sub>2</sub>)

Egzoz ürünleri arasında bulunan CO<sub>2</sub> tam yanmayı ifade ettiğinden önemli bir parametredir. Bugün dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmada temel etkenlerden biri, artan CO<sub>2</sub> emisyonunun atmosferde sera etkisi göstermesidir [13]. Şekil 4’te Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre karbondioksit emisyon değişimi görülmek-

tedir. Düşük devirlerde CO<sub>2</sub> tüm yakıtlarda düşük çıkmıştır. Yakıtların 2000 devirlerinde CO<sub>2</sub> miktarı en yüksek seviyede çıkmıştır. Bu devirde yanmanın oldukça iyi olduğunu, şekil 5'te CO emisyonunun aynı devir değişimindeki azalmalar da göstermektedir.

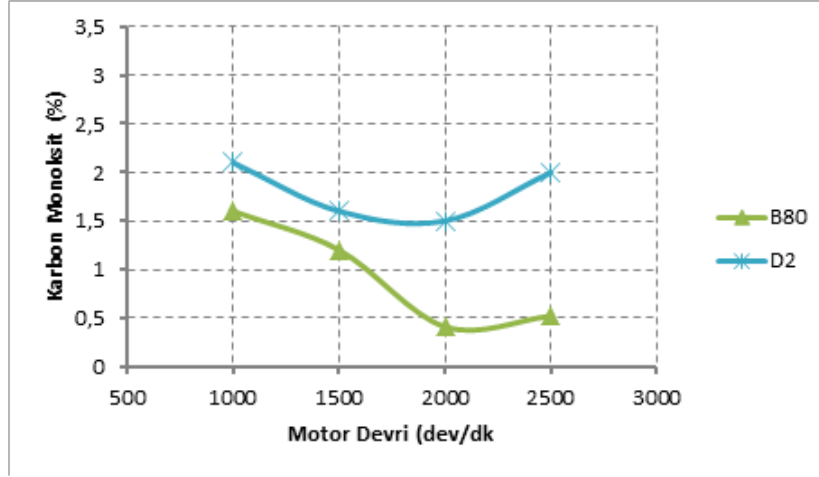


Şekil 4: Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre CO<sub>2</sub> emisyon değişimi

### 3.4 Karbon Monoksit Emisyonu (CO)

Şekil 5'te Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre karbon monoksit emisyon değişimi görülmektedir. Karbon monoksit oluşumunun temelinde yanmanın eksik olmasıdır. Dizel motorları çalışma sistemlerinden ötürü daha fazla hava iyi çalıştığına tüm test yakıtlarda genel itibari ile düşük çıkmıştır. Bütün devir sayılarında metil ester karışımı yakıt, dizel yakıtında daha düşük çıkmıştır. Bundan dolayı B80 yakıtı D2 yakıtından daha iyi yandığını söyleyebiliriz. Bunun muhtemel nedenleri biyodizelin kimyasal yapısında oksijenin olması ve B80 yakıtının setan sayısı D2 yakıtından fazla olmasıdır.

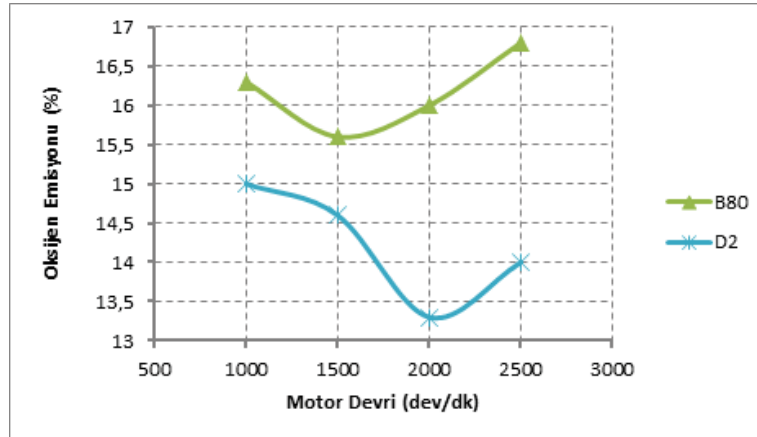




Şekil 5: Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre CO emisyon değişimi

### 3.5 Oksijen Emisyonu (O<sub>2</sub>)

Şekil 6'da Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre oksijen emisyon değişimi görülmektedir. B80 yakıtının içerisinde oksijen mevcut olduğundan bütün devirlerde normal dizel yakıtından daha fazla oksijen salınımı gerçekleşmiştir.



Şekil 6: Dizel yakıtı ile B80 yakıtının motorun tam gaz ve değişik devir sayılarına göre O<sub>2</sub> emisyon değişimi

#### 4. SONUÇLAR

Egzoz emisyon değerlerinde NO<sub>x</sub> ve O<sub>2</sub> metil ester karışımlarında dizel yakıtından daha yüksek çıkmıştır. HC, CO<sub>2</sub> ve CO emisyonları B80 yakıtında daha düşük seviyelerinde kalmıştır. B80 yakıtında elde edilen egzoz emisyon değerleri benzer biyodizel çalışmaları ile benzerlikler göstermektedir. Egzoz emisyonlarında aspir biyodizeli genel itibari ile çevre açısından, normal dizelden daha az zararlı olduğu belirlenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] Çanakçı, M., Özsezen, A.N., "Dizel Motorları Yardımcı Ekipmanlarındaki Gelişmeler" *Mühendis ve Makina*, Cilt 45, Sayı 530, 37-42, 2004.
- [2] Ulusoy, Y., Kullanılmış Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanım Olanağı. 3. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 15-17 Kasım 2000, İstanbul.
- [3] Krawczyk, T., "Biodiesel-Alternative Fuel Makes Inroads but Hurdles Remain", *Inform*, vol. 7(8), pp. 800-815, 1996.
- [4] Srivastava, A. and Prasad, R., "Triglycerides-based Diesel Fuels", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 4, pp.111-133, 2000.
- [5] Karaosmanoğlu, F., "Türkiye İçin Çevre Dostu-Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı: Biyomotorin", *Ekojenerasyon Dünyası-Kojenerasyon Dergisi*, ICC1 2002 Özel Sayısı, s. 50-56, 2002.
- [6] Schmidt, K., ve Gerpen, J. V., "The Effect of Biodiesel Fuel Composition on Diesel Combustion and Emissions". SAE Paper No: 961086, Warrendale, 1996.
- [7] Marshall, W. F., "Effects of Methyl Esters of Tallow and Grease on Exhaust Emissions and Performance of a Cummins L 10 Engine". Report Prepared for the Fats and Proteins Research Foundation by the National Institute for Petroleum and Energy Research (NI-PER), Report No: B 08861, 1993.
- [8] Canakci M, Van Gerpen J.H., 2001. Comparison of engine performance and emissions for petroleum diesel fuel, yellow grease biodiesel, and soybean oil biodiesel. ASAE Annual international meeting; 016050.
- [9] Graboski M.S., McCormick R.L., 1998., Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progr Energy Combust Sci*, 24 pp:125-64.
- [10] Last R.J., Krueger M., Durnholz M., 1995. Emissions and performance characteristics of a 4-stroke, direct injected diesel engine fueled with blends of biodiesel and low sulfur diesel fuel. SAE paper, 950054.
- [11] Borat, O., Balcı M., ve Sürmen, A., Hava kirlenmesi ve Kontrol Teknikleri, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları-3, Ankara, 25,1994.
- [12] Challen, B., Baranescu, R., Diesel Engine Reference Book, Second Edition, Butterworth Heinemann, 1999.
- [13] Peterson, C.L., Hustrulid, T., "Carbon Cycle for Rapeseed Oil Biodiesel Fuels" *Biomass and Bioenergy*, Vol.14 (2), 91-101,1998