

KANOLA YAĞI METİL ESTERİ VE KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANS VE EGZoz EMİSYONLARINA OLAN ETKİLERİ

* Suat Sarıdemir, Serdar Albayrak

* Duzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü,
81620, Düzce, TÜRKİYE

Özet- Biyodizel, bitkisel yağlar, atık kızartma yağları ve hayvansal yağların alkil esterler oluşturmak üzere bir alkol ile reaksiyona sokulması ile üretilen; oksijen içerikli, sülfür içermeyen, zehirleyici olmayan, bozunabilir, yüksek setan sayılı ve yağlayıcılık özellikli yenilenebilir alternatif bir dizel yakıttır. Bu çalışmada, alternatif yakıt olarak kanola yağından metil esterleştirme yöntemi kullanılarak biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kanola yağı metil esteri (KYME), standart dizel yakıtının içerisinde hacimsel olarak %20, %40 ve %60 oranlarında katılarak, tam yükte ve farklı motor devirlerinde motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, kanola yağı metil esteri ve standart dizel yakıt karışım oranı arttıkça, güç, tork, CO, CO₂ ve duman yoğunluğunda düşme, özgül yakıt tüketimi, HC ve NO_x emisyonlarında artma görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- Kanola yağı, Biyodizel, Motor performansı, Egzoz emisyonu

THE EFFECTS OF CANOLA OIL METHYL ESTER AND DIESEL FUEL MIXTURE ON ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

Abstract- Biodiesel is an alternative fuel for diesel engine that can be produced by chemically reacting a vegetable oils, waste cooking oils, and animal fats with an alcohol to form alkyl esters. It is an oxygenated, sulfur-free, non-toxic, biodegradable, and renewable fuel with a higher cetan number and lubricity. In this study, the production of biodiesel from canola oil is carried out by using of methyl esterification method. Standard diesel fuel mixed with the produced canola oil methyl ester(COME) by the volume of 20%, 40%, 60%. The effects of fuel mixture on engine performance and exhaust emissions were examined on the conditionals of full loads and variable speeds. The results showed that the when the canola oil methyl ester in standard diesel fuel is increase; reduction on engine power and torque, increase on specific fuel consumption, decreasing on CO, CO₂ and smoke density, increasing on HC and NO_x emissions has been observed.

Key Words- Canola oil, Biodiesel, Engine performance, Exhaust emissions

* suatsaridemir@duzce.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Petrol sektörü, gerek dünya ve gerekse Türkiye ekonomisinde çok önemli bir yere sahiptir. Ancak yakın gelecekte fosil kökenli yakıtların tükeneyeceği bilinen bir gerçektir. Fosil kökenli yakıtların yerini alabilecek, çevreye zararlı etkileri azaltılmış temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları elde etmeye yönelik araştırmalar; özellikle 1970’li yıllardaki petrol bunalımından bu yana sürdürülmektedir. Araştırmaları günümüze kadar uzanan alternatif yakıtlardan birisi de, yakıt olarak özellikle bitkisel ya da hayvansal kaynaklı yağlardan yakıt (biyodizel) eldesidir. Biyodizel yakıtı, normal dizel yakıtla benzer yanma özellikleri göstermektedir. Dizel yakıtlarda bulunan kükürt bileşikleri atmosfere yayılarak sülfürik asit yağmurlarına yol açarken, bitkisel yağların sülfür içerikleri sıfıra yakın olduğundan dolayı çevresel açıdan daha güvenlidir [1]. Yapılan çeşitli araştırmalara göre kullanılan bitkisel yağlardan dizel yakıtı özelliğine en çok yaklaşabilen bitkisel yağın seçimi, bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasında önem arz etmektedir. Bu amaçla bitkisel yağların yakıt özelliklerinin belirlenerek bu özelliklerin birbirleriyle ve dizel yakıtı ile karşılaştırılması gerekmektedir. Düşük donma noktası ve düşük akma noktası gibi özellikler mısır yağı, kanola yağı, susam yağı, pamuk yağı ve soya yağlarını dizel yakıtı alternatifi olarak ön plana çıkarmaktadır. Ayçiçeği ve yer fıstığı ise bu yağlardan sonra tercih edilmektedir [2].

Avrupa Birliği’nin 2003/30/EC direktifi ile 2005 sonunda piyasaya arz edilen fosil yakıtlara %2 oranında biyoyakıt eklenmesi zorunluluğu getirilmiştir [3]. Bununla birlikte EPDK’ nın yaptığı düzenleme ile (Ek RG: 27.09.2011 – 28067 m.1) piyasaya akaryakıt olarak arz edilen dizel yakıtların içeriğinde, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esterleri (içeriğinin 01.01.2014 tarihi itibarıyla en az %1 (V/V), 01.01.2015 tarihi itibarıyla en az %2 (V/V), 01.01.2016 tarihi itibarıyla en az %3 (V/V) olması zorunluluğu, 25.06.2013 tarih ve 28688 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [4].

Bu çalışmada, rafine edilmiş kanola yağından transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiş olan biyodizel yakıtın (KYME), standart dizel yakıtı ile farklı oranlarda karışımının tek silindirli, hava soğutmalı bir dizel motorun performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri tam yükte ve farklı devirlerde incelenmiştir.

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Kanola Yağı Metil Esterinin Üretimi (Production of Canola Oil Methyl Ester)

Kanola yağından biyodizel üretimi metil esterleştirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Esterleştirme sürecinde katalizör olarak potasyum hidroksit ve alkol olarak %99,5 saflıkta metil alkol kullanılmıştır. Küçük ölçekli üretim sürecinde 1 litre biyodizel üretimi için, 200 ml metil alkol ve katalizör olarak 3.5 gr potasyum hidroksit (NaOH) kullanılarak transesterifikasyon reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Metil alkol içerisinde katalizör 50°C’de 30 dak. boyunca ısıtıcı manyetik karıştırıcıda çözdürülüp, 55°C’ ye ısıtılmış bitkisel yağ üzerine ilave edilmiştir. Bu karışım yaklaşık iki saat süre ile sabit 55°C’de 600 d/d’da karıştırılmıştır. Daha sonra ayırma hunisine alınarak gliserin tabakasının çökmesi için 8 saat beklenmiştir. Gliserin tabakası metil ester tabakasından ayrıldıktan sonra metil ester tabakası 1/1 oranda saf su ile PH 7 olacak şekilde 2 saat yıkanmıştır. Daha sonra üretilen KYME iki saat boyunca ısıtıcı manyetik karıştırıcı ile 70°C’de ısıtılarak içeriğindeki su ve alkol kalıntıları yok edilmiştir. Üretilen KYME’nin ve dizel yakıtının bazı fiziksel özellikleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Biyodizel ve standart dizel yakıtın özellikleri (Specification of biodiesel and standard diesel fuel)

Yakıt tipi	Biyodizel	Dizel Yakıtı
Yoğunluk (kg/m ³)	840	837
Vizkozite (mm ² /sn)	10(40°C)	3.9
Parlama Noktası (°C)	89	63
Isıl Değer (kJ/kg)	38840	43300

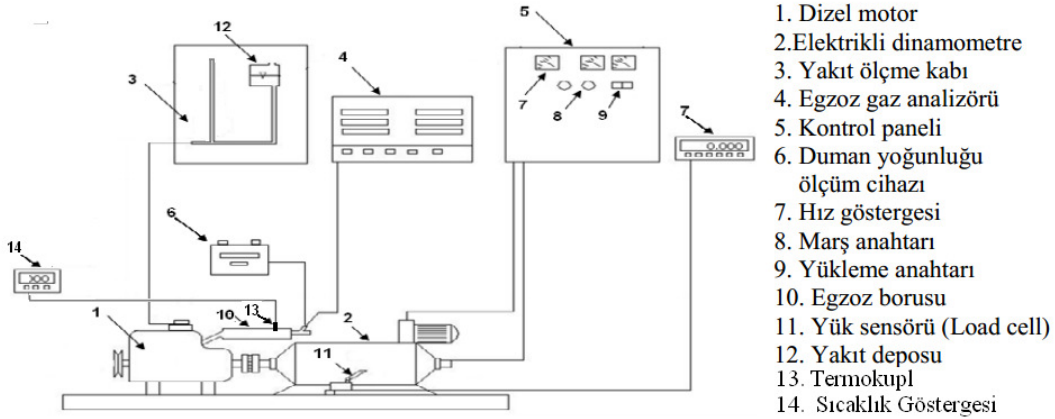
2.2. Motor Test Süreci (Engine Testing Process)

Motor performans ve emisyon testleri tek silindirli direkt enjeksiyonlu hava soğutmalı bir motorda yapılmıştır. Deney öncesi motorun yakıt pompası ve enjektör ayarları orijinal değerlere göre yapılmıştır. Deneyler motor çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra tam gaz konumunda ve 1400-3200 d/d aralığında 600 d/d aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Tork ve güç ölçümleri için 15 kW güç absorbe edebilen, 0.01 hassasiyetinde yük hücresine sahip Kemsan marka bir elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Deneyler 10 °C ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Yakıt tüketimi, motorun milimetrik ölçekli bir cam büret içerisinde 1 dakikada tükettiği yakıt miktarının ölçülmesi ile belirlenmiştir. CO, CO₂, NOX ve HC egzoz emisyonları, K test marka emisyon ölçüm cihazı ve is emisyonu test cihazı ile birlikte yapılmıştır. Önce standart dizel yakıtı, daha sonra standart dizel+KYME karışımları test edilmiştir. Deney motorunun teknik özellikleri Tablo 2’de ve deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 2. Deney motorunun teknik özellikleri (The technical specifications of test engine)

Motorun Markası ve Modeli	Antor 6LD 400
Silindir Sayısı	1
Kurs Hacmi	395cm ³
Sıkıştırma Oranı	18:1
Soğutma Sistemi	Hava Soğutmalı
Maksimum Motor Devri	3600 min ⁻¹
Maksimum Motor Momenti	2200min ⁻¹ 21Nm

...: Kanola Yağı Metil Esteri Ve Karışımlarının Motor Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Olan Etkileri:::



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü (Schematic view of the experimental setup)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

3.1. Motor Performans Değerleri Değişimleri (Change of Engine Performance Values)

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, standart dizel yakıtına, hacimsel olarak farklı oranlarda KYME katılarak elde edilen yakıtların motor torkuna, gücüne ve özgül yakıt tüketimine tam yük altında ve farklı devir aralıklarında olan etkileri belirlenmiştir.

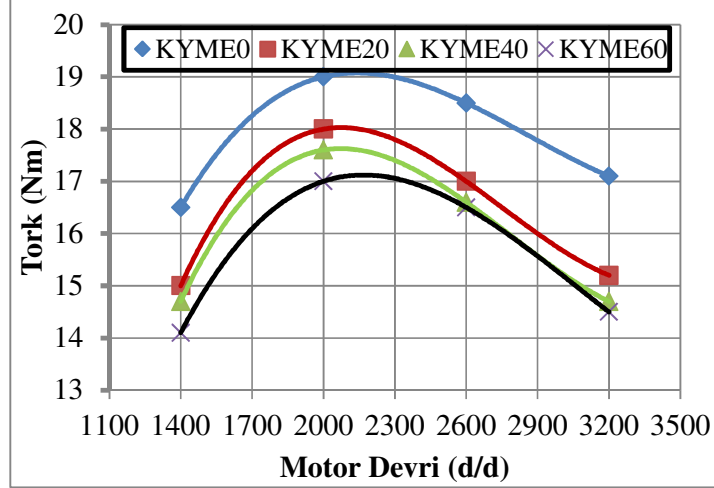
3.1.1. Moment Değişimleri (Change of Moment)

Motor karakteristik eğrilerinden momentin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri Şekil 2' de görülmektedir. En yüksek moment değerlerine standart dizel yakıtı kullanıldığında ulaşılmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi, karışımdaki biyodizel yüzdesi arttıkça motorun döndürme momentinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Bunun nedeni, dizel yakıtın ısıl değerinin biyodizel yakıtların ısıl değerinden yüksek olmasıdır. Bir diğer sebep ise KYME'nin yoğunluk ve viskozitesinin standart dizel yakıtından yüksek olmasıdır. Yüksek viskozite ve yoğunluk, KYME'nin silindir içerisindeki nüfuzunu kötüleştirmekte ve bu nedenle yanma kötüleşmektedir. Bu durum motor momentinde düşmeye neden olmaktadır [5].

Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere maksimum tork değeri tüm yakıtlar için volumetrik verimin en yüksek olduğu 2200 d/d' da meydana gelmiştir. Dizel yakıtı 2200 devirde 18,15 Nm moment geliştirirken, aynı devirde KYME20 yakıtı 16,5 Nm, KYME40 yakıtı 16,17 Nm ve KYME60 yakıtı 15,51 Nm moment geliştirmiştir. Düşük devirlerde yanma hızının düşük olması ve yüksek devirlerde volumetrik verimin düşük olması nedeni ile bütün yakıt karışımları için motor torku düşmektedir.

3.1.2. Güç Değişimleri (Change of Power)

Standart dizel yakıtı ve KYME karışımlarından elde edilen yakıt karışımlarının devire bağlı olarak motor gücüne olan etkileri Şekil 3'de görülmektedir. Devir sayılarının artmasıyla test yakıtların motor gücünde artış meydana gelmiş ve maksimum güç 3200 d/d'da dizel yakıtın kullanılması ile gerçekleştiği belirlenmiştir. Motor devri arttıkça hava hareketlerinin artması ve yanmanın iyileşmesi gücü artırmıştır [6].

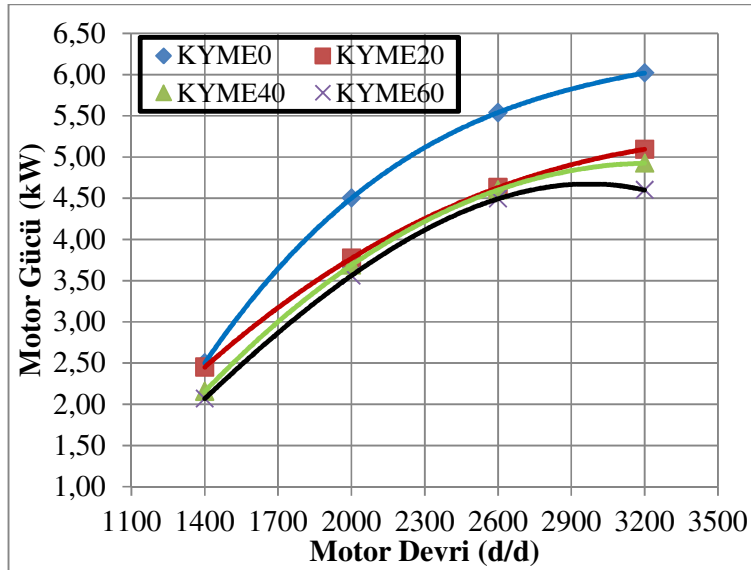


Şekil 2. KYME dizel yakıtı karışımlarının motor torkuna etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to engine torque)

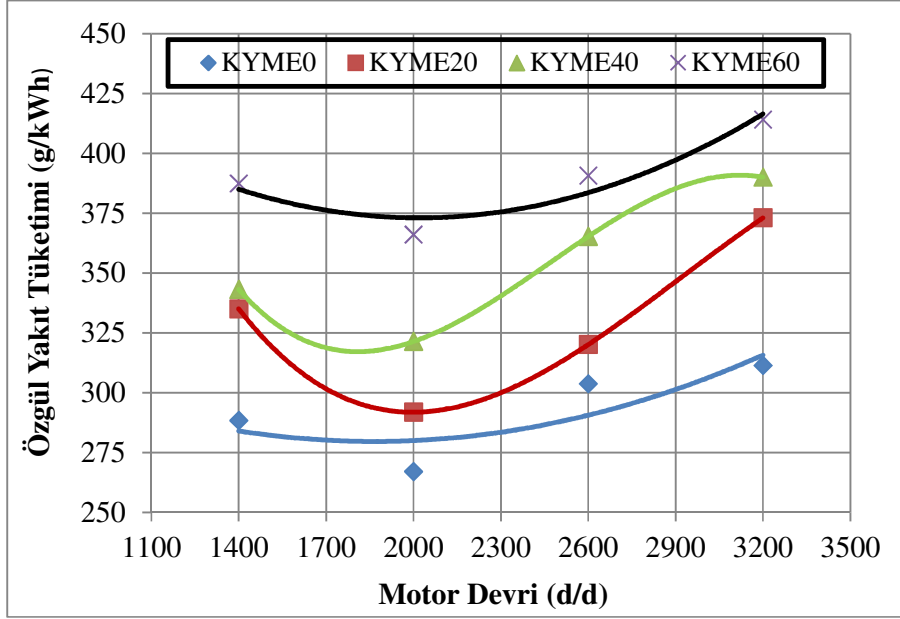
Dizel yakıtı ile yapılan denemelerde elde edilen maksimum güç 5,73 kW olarak elde edilmiştir. Diğer yakıt karışımlarına bakıldığında KYME20 yakıtı ile 5,09 kW, KYME40 yakıtı ile 4,93 kW ve KYME60 yakıtı ile 4,86 kW güç elde edilmiştir. Dizel yakıtına oranla KYME60 kullanımıyla maksimum güç azalması 3200 d/d' da % 15,1 olarak belirlenmiştir. Güçteki bu azalmanın nedeni KYME' nin standart dizel yakıtından daha yüksek yoğunluk ve ısı değeri standart dizel yakıtından daha düşük olması olduğu düşünülmektedir.

3.1.3. Özgül Yakıt Tüketimi Değişimleri (Change of Specific Fuel Consumption)

Standart dizel yakıtı ve KYME karışımlarından elde edilen yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketim değerlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 3. KYME dizel yakıtı karışımlarının motor gücüne etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to engine power)



Şekil 4. KYME dizel yakıtı karışımlarının özgül yakıt tüketimine etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to Specific Fuel Consumption)

Özgül yakıt tüketimleri düşük motor hızlarında yüksek değerde iken, motor hızının artışı ile 2200 d/d' ya kadar azalmakta ve bu devirden sonra artmaktadır. Bu durumun sebebi düşük devirlerde motor gücünün düşük olmasından dolayı üretilen güç ile kullanılan yakıt arasındaki orandan kaynaklanmaktadır. 2000 d/d' dan sonra özgül yakıt tüketiminin artmasının sebebi ise devir sayısının artması ile volumetrik verimin düşmesi ve sürtünme kuvvetlerinin artması ile motor gücünün düşmesidir. Şekilden de görüldüğü gibi, dizel yakıtı en düşük özgül yakıt tüketimine 2000 d/d' da 267 gr/kWh değeriyle sahip olmuştur. Aynı devir değeri ele alındığında, KYME20 ile 291,9 gr/kWh, KYME40 ile 321,4 gr/kWh ve KYME60 ile 366,03 gr/kWh değerleri elde edilmiştir. Dizel yakıtına göre karşılaştırılacak olursak özgül yakıt tüketimi miktarlarında sırası ile % 12,25, %21,15 ve %33,2 oranında artış olduğu belirlenmiştir. KYME karışimli yakıtların yoğunluğu, dizel yakıtından yüksek olması özgül yakıt tüketimini arttırmaktadır. Ayrıca ısı değerlerinin dizel yakıtından düşük olması nedeniyle, aynı miktarda enerji elde etmek için daha fazla yakıt kullanmak gerekmektedir. Bu durum KYME yakıt karışımları özgül yakıt tüketiminin, standart dizele göre daha yüksek olmasına neden olmaktadır [7].

3.2. Emisyon Değerleri Değişimleri (Change of Emissions Values)

Dizel motorlarından kaynaklanan CO, CO₂, HC, NO_x ve duman yoğunluğu (K) kirleticileri emisyon standartlarının temel parametreleridir. Bu emisyonların insanlar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Yapılan deneyler ile motor devir sayısına bağlı olarak CO, CO₂, NO_x, HC, duman yoğunluğu ve egzoz sıcaklık değerlerinin motor devir sayılarına bağlı olarak değişimleri belirlenmiştir.

3.2.1. Karbonmonoksit (CO) değişimleri (Change of Carbon monoxide (CO))

Şekil 5'te elde edilen CO değişimleri verilmiştir. CO emisyonları tüm yakıt karışımları için 2600 d/d' ya kadar artıp, daha sonra düşme eğilimine girmiştir. Düşük devirlerde CO emisyonunun düşük olması, hacimsel verimin yüksek olmasına ve yeterli yanma süresine bağlı

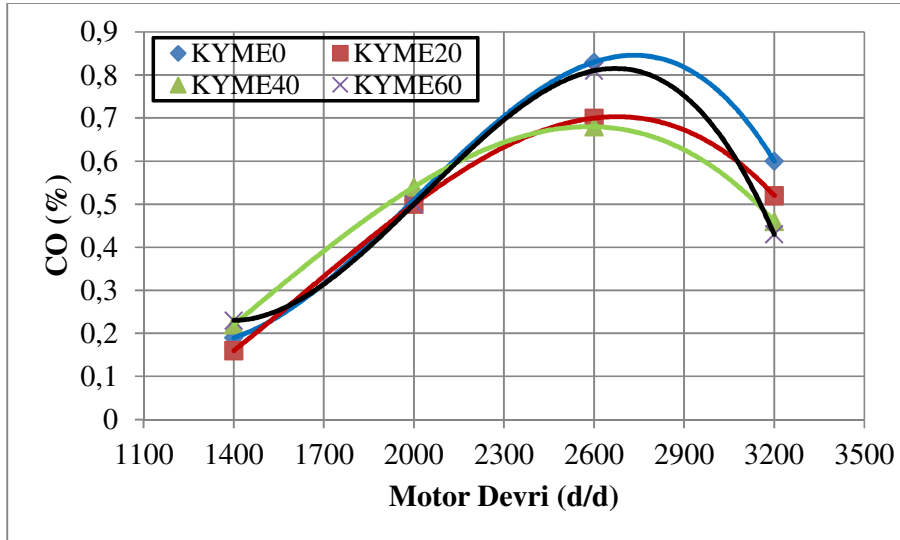
olarak yanma sıcaklıklarının yüksek olmasına bağlıdır. Devir arttıkça yanma süresi azaldığından dolayı 2600 d/d' ya kadar CO emisyonları artmıştır. 2600 d/d' dan sonra ise tüm yakıt karışımları için azaldığı görülmektedir. Bu azalmanın temel sebebi artan devir sayısı ile daha iyi homojen karışımın oluşması ve bunun sonucunda yanmanın iyileşmesidir [6, 8]. Dizel yakıtına oranla KYME kullanımıyla maksimum CO azalması 2600 d/d %18 olarak belirlenmiştir. Minimum azalma ise 2000 d/d % 2 olarak belirlenmiştir. Ayrıca 1700 d/d ile 2000 d/d arasında eğrilerin birbirine çok yaklaştığı görülmektedir. Ortalama CO düşme oranı da % 11,5 olarak gerçekleşmiştir. Biyodizel yakıtının oksijen içermesi, düşük hidrojen/karbon oranı ve yüksek setan sayısı bu azalmanın temel sebepleridir [9].

3.2.2. NO_x Değişimleri (Change of NO_x)

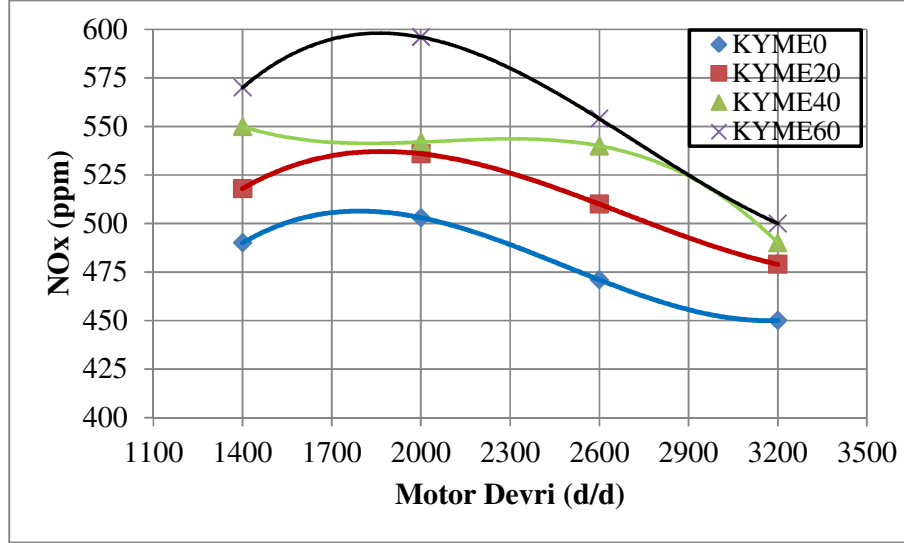
Şekil 6'da elde edilen NO_x değişimleri verilmiştir. NO_x emisyonları tüm yakıt karışımları için 2000 d/d' ya kadar artıp daha sonra düşme eğilimine girmiştir. NO_x emisyonlarının artmasının temel nedeni silindir içi sıcaklığı 1600 K'i aşması durumunda, yeterli oksijenin ve zamanın olması halinde, oksijen azotla reaksiyona girerek NO_x'leri oluşturmasıdır [10]. KYME yakıt karışımlarının özgül yakıt tüketiminin standart dizele göre daha yüksek olması ve içeriğindeki oksijenin yakıtça zengin bölgelerde gerekli oksijeni sağlaması, tam yanma (*stokiyometrik*) bölgelerinin sayısını artırmaktadır. Böylece, yüksek ortam sıcaklığının elde edildiği bölge sayısı arttığından, daha yüksek miktarda azot oksit oluşumu gerçekleşebilmektedir [10]. Bu nedenle NO_x emisyon değerleri, KYME yakıt karışım oranına bağlı olarak artmaktadır.

3.2.3. Karbondioksit (CO₂) Değişimleri (Change of CO₂)

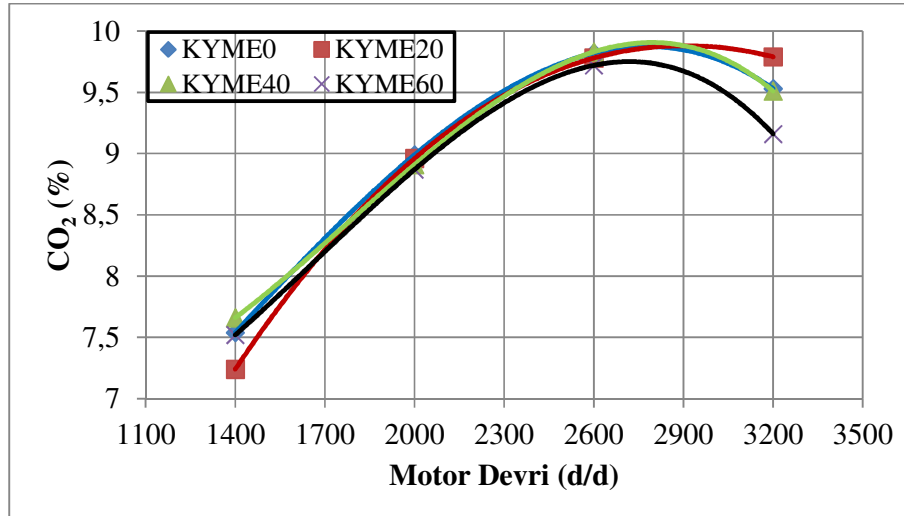
Şekil 7'de elde edilen CO₂ değişimleri verilmiştir. CO₂ emisyonu azalması, KYME60 kullanımıyla dizel yakıtına oranla 3200 d/d % 4 olarak belirlenmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi KYME yakıt karışımlarının CO₂ değerleri, dizel yakıtıyla yaklaşık olarak aynı olsa da bazı devirlerde kısmen düşük çıkmaktadır. KYME yakıt karışımlarının O₂ içeriği standart dizele göre daha fazla olduğu için CO₂ değerleri düşmüştür [12].



Şekil 5. KYME dizel yakıtı karışımlarının CO emisyonlarına etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to CO emissions)



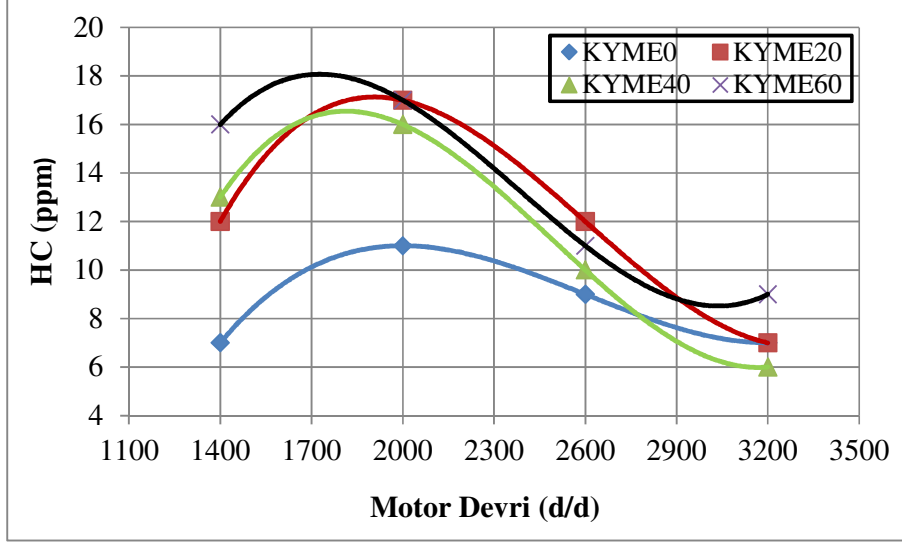
Şekil 6. KYME dizel yakıtı karışımlarının NOx emisyonlarına etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to NOx emissions)



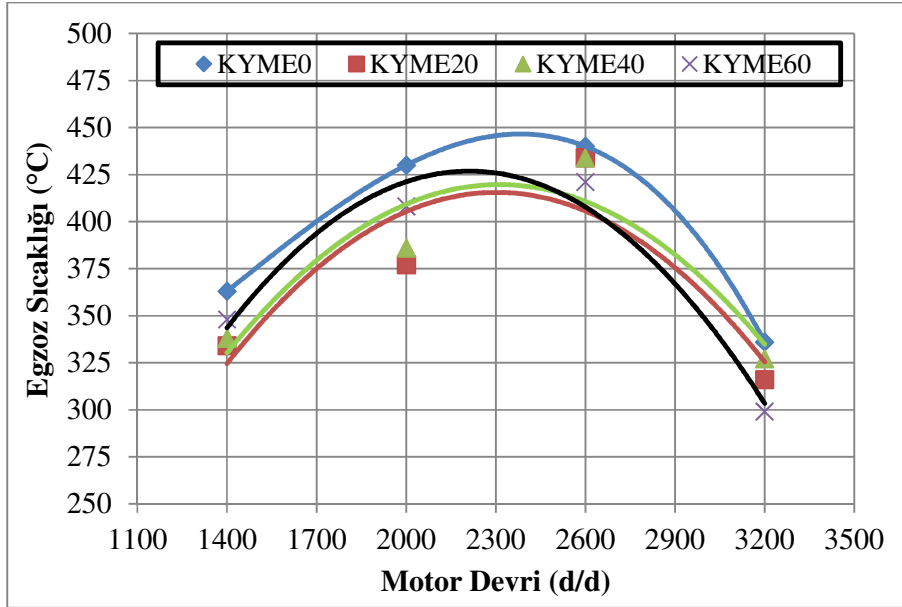
Şekil 7. KYME dizel yakıtı karışımlarının CO₂ emisyonlarına etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to CO₂ emissions)

3.2.4. Yanmamış Hidrokarbon (HC) Değişimleri (Change of Unburned HC)

Yanma ürünleri arasında yanmamış HC'lerin bulunmasının nedeni, yakıtın tutuşma sıcaklığına gelmemesi veya ortamda oksijenin yetersiz olmasından dolayı yakıtın okside olamaması veya yarı oksitlenmesidir [5]. KYME karışimli yakıtların kullanılmasıyla elde edilen yanmamış HC emisyonu, dizel yakıtına göre daha yüksektir. KYME karışimli yakıtların standart dizel yakıtına göre farklı olan özelliklerinden dolayı, yanma odasında hava ile yeterli bir karışım oluşturamamıştır. Bu nedenle KYME-standart dizel yakıt karışımlarının HC oranı, standart dizele göre daha yüksek çıkmıştır [8].



Şekil 8. KYME dizel yakıtı karışımlarının HC emisyonlarına etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to HC emissions)



Şekil 9. KYME dizel yakıtı karışımlarının egzoz sıcaklığına olan etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to Exhaust Gas Temperature)

3.2.5. Egzoz Gazı Sıcaklığı Değişimleri (Change of Exhaust Gas Temperature)

Yüksek egzoz gazı sıcaklıkları, silindir içerisinde yanma zamanında yanmanın tümüyle gerçekleşemediğinin ve egzoz sübapları açıldığında halen yanmanın devam ettiğinin bir göstergesidir [13]. Şekil 9'da görüldüğü üzere biyodizel karışımlarının yanması sonucu oluşan egzoz gazlarının sıcaklığı, dizel yakıtının yanması sonucu oluşan egzoz gazı sıcaklığına göre daha düşüktür. Bu sonuç, biyodizel karışımlarının, dizel yakıtına göre daha iyi bir yanma meydana getirdiğine işaret etmektedir. Biyodizel, dizel yakıtına göre %10 daha fazla O₂

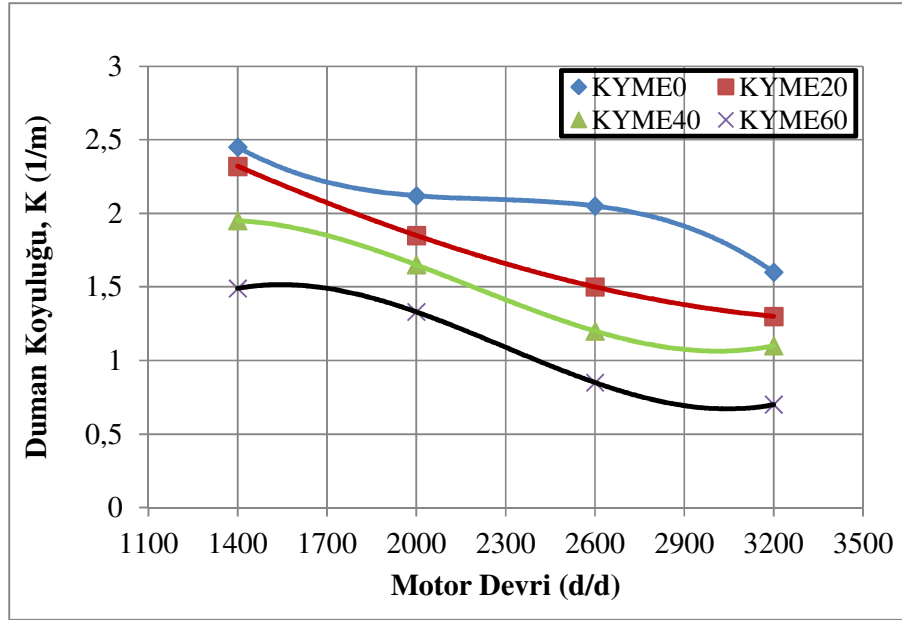
içermektedir. Bu nedenle biyodizel-dizel yakıt karışımları yanma zamanında daha hızlı yanmaktadır. Bununla birlikte, biyodizel karışimli yakıtların ısı değerleri dizel yakıtına göre düşük olduğundan dolayı, tüm devirlerde egzoz gazı sıcaklıkları dizel yakıtına göre düşük çıkmıştır [9].

3.2.6. Duman Yoğunluğu (K faktörü) Değişimleri (Change of Smoke Density (K factor))

Şekil 10'da KYME karışimli yakıtlar ile duman emisyonlarında, dizel yakıtı kullanımına göre tüm devirlerde önemli düşüşler olduğu görülmektedir. Motor devir sayısı arttıkça, yanma kalitesi artarak duman yoğunluğu azalmaktadır. KYME karışimli yakıtlar ile duman emisyonunda azalma, KYME'nin içerisinde bulunan oksijen nedeni ile, yakıtın zengin karışım bölgesinde daha verimli şekilde yanması ile açıklanabilir. Dizel yakıt kullanımı ile duman yoğunluğunun yüksek çıkmasının ana nedeni olarak da, yakıtın içeriğindeki aromatik bileşikler gösterilebilir. Metil esterin yok denecek kadar az aromatik ve sülfür içermesi ise emisyonlarında önemli azalmalar sağlamaktadır [14].

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

KYME karışimli yakıtların kullanılması ile elde edilen efektif moment ve güç değerleri, standart dizel yakıtın efektif güç ve moment değerinden daha düşük seviyede çıkmıştır. Maksimum moment değerleri, standart dizel yakıtı için 19 Nm, KYME20 için 18 Nm, KYME40 için 17.6 Nm ve KYME60 için 17 Nm'dir. Standart dizel yakıtına göre, KYME karışimli yakıtların ürettiği güç ortalama %12.25 daha düşüktür. Ayrıca, KYME karışimli yakıtların özgül yakıt tüketimi değerlerinin, standart dizel yakıtı değerlerine göre ortalama % 12 yüksek olduğu görülmüştür. KYME karışimli yakıtların ısı değerinin düşük olmasından dolayı, standart dizel yakıtına göre daha düşük moment değerleri elde edilmiştir.



Şekil 10. KYME dizel yakıtı karışımlarının duman yoğunluğuna olan etkisi (The effect of diesel fuel mixture with COME to Smoke Density)

Ayrıca, KYME karışimli yakıtların yüksek viskoziteye sahip olması, yakıtın enjektörden püskürtülmesini zorlaştırmakta ve yakıtın iyi atomize olamamasına neden olmaktadır. Bu durum yanma süresinin uzamasına ve dolayısı ile motor karakteristik değerlerinde düşümlere neden olmaktadır.

Karışımların içerdiği KYME oranlarına bağlı olarak tam yanmanın gerçekleşmemesi ve biyodizel yakıtların oksijen içermeleri neticesinde, yanma odasında oksidasyonun artması CO₂ ve CO emisyonlarını bir miktar düşürmüştür. Artan oksidasyonun silindir içi sıcaklığı artırması neticesinde, KYME yakıt karışımları ile daha yüksek NO_x emisyonlarının oluştuğu görülmüştür. Ayrıca, KYME karışimli yakıtların ısıl değerleri düşük olduğu için, egzoz gazı sıcaklıkları dizel yakıtına göre düşük çıkmıştır. KYME KYME karışimli yakıtlar ile yapılan deneylerde duman koyuluğunun, dizel yakıtına oranla daha düşük olduğu görülmüştür.

Bu araştırmanın sonuçları, ülkemizde standart olarak kabul edilmiş KYME'nin belli oranlarda standart dizel yakıtı ile karıştırılarak, uygun bir yakıt olarak kullanılabilceği sonucunu göstermiştir.

Teşekkür (Thanks)

Araştırmacılar Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğüne 2013.07.04.137 nolu proje ile verdiği desteklerden dolayı teşekkür eder.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Alpgiray, B., (2006). *Kanola Yağı Metil Esteri ve Karışımlarının Dizel Motoru Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2]. Mohammed, A.A., (1995). *Yakıt Olarak Bazı Bitkisel Yağların Dizel Motor Performansına Etkileri*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3]. İnternet: <http://www.eie.gov.tr/> erişim tarihi: 07.12.2014.
- [4]. İnternet: <http://www.epdk.org.tr/> erişim tarihi: 07.12.2014.
- [5]. Özsezen, A., Çanakçı, M., (2009). Atık palmye ve kanola yağı metil esterlerinin kullanıldığı direkt püskürtmeli bir dizel motorda performans ve yanma, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 24(2), 278-282.
- [6]. Behçet, R., Aydın, S., Çakmak A., (2012). Bitkisel ve hayvansal atık yağlardan üretilen biyodizellerin tek silindirli bir dizel motorda yakıt olarak kullanılması, *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. , Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 2(4), 57-59.
- [7]. Sugözü, İ., Aksoy, F., Baydır, Ş.A., (2009). Bir dizel motorunda ayçiçeği metil esterinin kullanımının motor performans ve emisyonlarına etkisi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 50-53.
- [8]. Altun, Ş., (2010). Dizel motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde biyodizel yakıtların etkisi, *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi (TATED)*, 2(1), 12-15.
- [9]. Sekmen, Y., Aktaş, A., (2008). Soya yağı metil esterinin dizel motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri, *Politeknik Dergisi*, 11(3), 249-254.
- [10]. Behçet, R , Çakmak A.V., (2011). Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılan Balık Yağı Metil Esteri Karışımlarının Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisi, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, 163-165.
- [11]. Özsezen, A.N., Çanakçı, M., (2008). Atık kızartma yağından elde edilen metil esterinin ön yanma odalı bir dizel motorda kullanımının performans ve emisyonlara etkisinin incelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 23(2), 399-401.
- [12]. Aydın, S., Aydın, H., İlkılıç, C., (2012). Biyodizelin Hava Kirliliğine Etkisi, *Batman Üniversitesi Uluslararası Katılımlı Bilim Ve Kültür Sempozyumu*, 18-22 Nisan 2012, Batman, Türkiye, 333-337.

::: Kanola Yağı Metil Esteri Ve Karışımlarının Motor Performans Ve Egzoz Emisyonlarına Olan Etkileri:::

- [13]. İingür, Y., ve Koçak, M., S., (2006). Fındık yağı metil esterinin dizel yakıtı alternatifi olarak performans ve emisyon parametrelerinin incelenmesi, *Politeknik Dergisi*, 9(2), 119-124.
- [14]. Kılıkan, A., Eliçin, A.K., Erdođan D., (2008). Pamuk yağı motorin karışımlarının ve pamuk yağı esterlerinin küçük gl bir dizel motorda yakıt olarak kullanımı, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3), 237-245.