



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Pirolitik Yakıt-Dizel-Alkol Karışımları ile Çalışan Bir Dizel Motorun HC ve NO Emisyonlarının Araştırılması

 Mustafa KARAGÖZ^{a,*},  Burak YANBULOĞLU^b

^a Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

^b Makine Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: mustafakaragoz@karabuk.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.735441

ÖZET

Dünya nüfusunun artması ile birlikte atık miktarında da hızlı bir artış meydana gelmektedir. Sürdürülebilir bir çevre, ancak kaynakların korunarak ya da tekrar değerlendirilerek etkili bir şekilde kullanımı ile mümkündür. Atıkların sürdürülebilir bir şekilde tekrar döngüye kazandırılması en etkin yöntemlerden birisi olarak kabul görmektedir. Bu bağlamda, son dönemlerde atıktan enerji elde edilmesi de popüler konular arasındadır. Bu çalışmada, atık araç lastiklerinden elde edilen pirolitik yakıt, saf dizel yakıtlarla belirli oranlarda harmanlanarak bir dizel motorda kullanılabilirliği test edilmiştir. Testler 250, 500, 750 ve 1000 W motor yüklerinde gerçekleştirilmiştir. Yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, dizel-pirolitik yakıt karışımlarına daha sonra n-bütanol ilave edilerek karışımın oksijen içeriği zenginleştirilmiştir. Sonuçta, HC ve NO emisyonlarında önemli düşüşler elde edilmiştir. Çalışma, atık araç lastiklerinin tekrar değerlendirilerek saf dizel yakıtı göre daha temiz bir şekilde yakılabileceğini ve böylece doğadan yok edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca bu çıktılar, sürdürülebilirlik, çevre bilinci, atık yönetimi ve hızla tükenen fosil yakıtlar için de oldukça umut vericidir.

Anahtar Kelimeler: Pirolitik yakıt, n-Bütanol, Emisyon

Investigation of HC and NO Emissions of a Diesel Engine Running with Pyrolytic Fuel-Diesel-Alcohol Blends

ABSTRACT

With the increase in the world population, there is a rapid increase in the amount of waste. A sustainable environment is possible only if it is used effectively by conserving or recycling resources. Recycling wastes in a sustainable way is considered as one of the most effective methods. With this viewpoint, achieving energy from waste in recent years is also among the popular topics. In this study, pyrolytic fuel obtained from waste vehicle tires was blended with pure diesel fuels in certain proportions and its usability in a diesel engine was tested. The tests were carried out at 250, 500, 750 and 1000 W engine loads. The oxygen content of the blend was enriched by adding n-butanol into diesel-pyrolytic fuel blends in order to improve fuel properties. As a result, significant reductions in HC and NO emissions were achieved. The study shows that waste vehicle tires can be recycled more cleanly than neat diesel fuel and thereby can be destroyed from nature. These findings are also very promising for sustainability, environmental awareness, waste management and rapidly depleting fossil fuels.

Keywords: Pyrolytic fuel, n-Butanol, Emission

Geliş: 08/04/2020, Düzeltme: 25/07/2020, Kabul: 27/07/2020

I. GİRİŞ

Dünyada artan hızlı nüfus ve artan hayat standartları kullanılan enerjinin hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuştur. Ulaşımında kullanılan enerji, enerji ihtiyaçları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Ulaşımında kullanılan enerji ihtiyacının birincil kaynağı fosil kaynaklı yakıtlardır. Fosil kaynaklarının azalması ve çevresel etkileri araştırmacıları sürdürülebilir ve çevreci yakıt arayışına zorlamıştır. Mevcut literatüre göre bazı alternatif yakıtlara hidrojen, biyo-dizel, etanol, elektrik, propan, doğal gaz, biyogaz ve metanol gibi örnek verilebilir [1-3]. Bunun yanında sürdürülebilir ve çevreci yakıt arayışında atıktan enerji konularında da çalışmalar vardır. Atıktan enerjiye örnek verilecek olunursa; hayvan gübrelerinin kısa vadede gübre olmaması, görüntü kirliliği, koku ve yer altı kaynaklarını kirlilemesi, hayvan gübrelerini istenmeyen atık konumuna getirir. Fakat hayvan gübrelerinin farklı yöntemler ile içerisindeki metan gazının alınması ile hem değerli gübre elde edilir hem de azımsanmayacak bir enerji üretilebilir [4-6]. Verilen örnekte de görülebileceği gibi çevreyi kirlileten, farklı problemlere yol açan atıkların bertaraf edilmesinin yansırı çevreci bir yaklaşım olduğu için atıktan enerji alternatif yakıtlar içerisinde daha faydalı olduğunun kabulü mümkündür.

Günümüzde çevresel problemlere yol açan atıklardan biri de atık araç lastiğidir. TÜİK verilerine göre sadece Türkiye’de 2020 yılında motorlu karayolu taşıt sayısı 23 milyonun üzerindedir [7]. Ortalama bir aracın ortalama dört lastiği olduğu düşünülüğünde ve lastik ömrünün beş yıl olduğu varsayıldığında yılda 18 milyonun üzerinde lastik hurdaya ayrılmaktadır. Sadece United States’de yılda 300 milyon lastik atılmaktadır [8]. Lastikler hurdalıklarda depo edilirler, depo alanlarında görsel ve çevresel kirliliğin yanı sıra yangın tehlikesini de barındırırlar. Hurdaya ayrılan lastiklerin adetlerinin devasa oluşu atık lastik probleminin çözülmesi gereken önemli bir problem haline getirmektedir. Atık lastikler piroliz yolu ile oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıkta termal olarak bozulabilir. Bu işlem sonrasında katı atık lastikten karbon karası, pirolitik yağ ve gaz elde edilir [9]. Elde edilen pirolitik yağ içten yanmalı bir motorda enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Karagöz ve arkadaşları saf dizel yakıt hacimsel olarak %10, %30 ve %50 oranlarında pirolitik yakıt ilavesi yaparak test yakıtları hazırlamıştır. Hazırlanan test yakıtları dizel bir motorda farklı motor yüklerinde, 2000 rpm sabit motor devrinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda test yakıt içeriğindeki pirolitik yakıt miktarı arttıkça özgül yakıt tüketimi artarken efektif verimin azaldığı belirtilmiştir. Öte yandan, silindir içi basınç hem motor yüklerindeki artışlara hem de karışımlardaki pirolitik yakıt içeriğine bağlı olarak önemli ölçüde artmıştır. Çalışmada CO hem de NO_x emisyonlarında kayda değer değişiklikler gözlemlenmediği belirtilirken, HC emisyonu, karışımlarda pirolitik yakıt içeriğinin artmasıyla önemli ölçüde azaldığı vurgulanmıştır [10]. Doğan ve arkadaşları, tek silindirli dört zamanlı modifiye edilmemiş bir motor da 1400, 2000, 2600 ve 3200 rpm motor hızlarında lastikten türetilmiş yakıt ile deneyler gerçekleştirmişlerdir. Lastikten türetilmiş test yakıtın motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisini incelemek üzere saf dizel yakıt hacim bazında %10, %30, %50, %70 ve %90 oranında lastikten türetilmiş yakıt ilavesi yaparak motor testleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada lastikten türetilmiş yakıt içeriğindeki artışa bağlı olarak HC ve CO emisyonları azalırken NO_x emisyonlarında artış olduğu belirtilmiştir. Yine söz konusu çalışmada BSFC ve BTE değerlerinde önemli bir değişim gözlemlenmediği bildirilmiştir [9]. Sharma and Murugan, hacim bazında %80 jatrofa metil ester ve %20 lastik piroliz yağı içeren karışımın dizel motorda 200, 210, 220, 230, 240 ve 250 bar enjektör basınçlarında motor performans ve emisyonlarını incelemiştir [11]. Bodisco ve ark. yaptıkları çalışmada atık lastikten üretilen piroliz yağını (TPO) dizel yakıt ile karıştırarak yolda çeşitli şartlar altında NO_x emisyonlarını incelemiştir. Test aracı olarak 2017 model Hyundai marka 2.5 L motor hacmine sahip bir minibüs kullanılmıştır. Test sonuçlarında aracın sürüş dinamiklerinin, karışım yakıt ile dizel yakıt arasında fazla fark olmadığını belirtmiştir.

Ayrıca NO_x emisyonları, standart dizel yakıt ile TPO / dizel karışımı arasında benzer olduğunu ifade edilmiştir [12]. Kalargaris ve ark. lastik kökenli piroliz yağı ile dizel yakıtı farklı oranlarda karıştırmıştır. Çalışmada PPO25 (%25 piroliz yağı %75 dizel yakıt), PPO50 (%50 piroliz yağı %50 dizel yakıt) ve PPO75 (%75 piroliz yağı %25 dizel yakıt) olmak üzere 3 farklı karışım ve ek olarak PPO100 (%100 piroliz yağı) yani sade piroliz yağı kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre motorun plastik piroliz yağı ile yüksek yüklerde çalışabildiğini ifade edilmiştir. Ancak düşük yüklerde ise uzun ateşleme gecikme süresi stabilite sorunlarına neden olduğu çalışmada belirtmişlerdir. Tam yükte plastik piroliz yağı için termal verimi, dizelden düşük olduğunu gözlemlemişler ve NO_x emisyonlarının oldukça fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuçlara göre plastik piroliz yağının, belirli çalışma koşullarında belirli motor uygulamaları için gelecek vaat eden bir alternatif yakıt olduğu vurgulanmıştır [13].

Tudu ve arkadaşları pirolitik yakıt-dizel yakıt karışımına ateşleme kalitesini artırmak için %1-4 Dietil eterin ilavesinin dizel motordaki etkilerini incelemiştir. Testler bir dizel motorda 1500 rpm motor hızında 4,4 kW motor gücünde yapılmıştır. Çalışmada test yakıtındaki Dietil eterin artışıyla birlikte NO_x emisyonlarında artış olduğu belirtilmiştir [14]. Atık lastiklerden üretilmiş yakıtların içten yanmalı motorlarda dizel yakıtıyla birlikte kullanımını test eden benzer çalışmalar mevcuttur [15-18].

Literatürde saf dizel kullanımı ile oluşan egzoz emisyon değerlerini düşürmek için yüksek seviyeli oksijen içeriği olan yakıtların saf dizel yakıtına eklenmesi ile emisyon değerlerinde iyileşme potansiyeli belirtilmiştir [19]. Dizel yakıtına bütanol ilavesi ile egzoz emisyonları iyileşmeler olduğu bildirilmiştir [19,20].

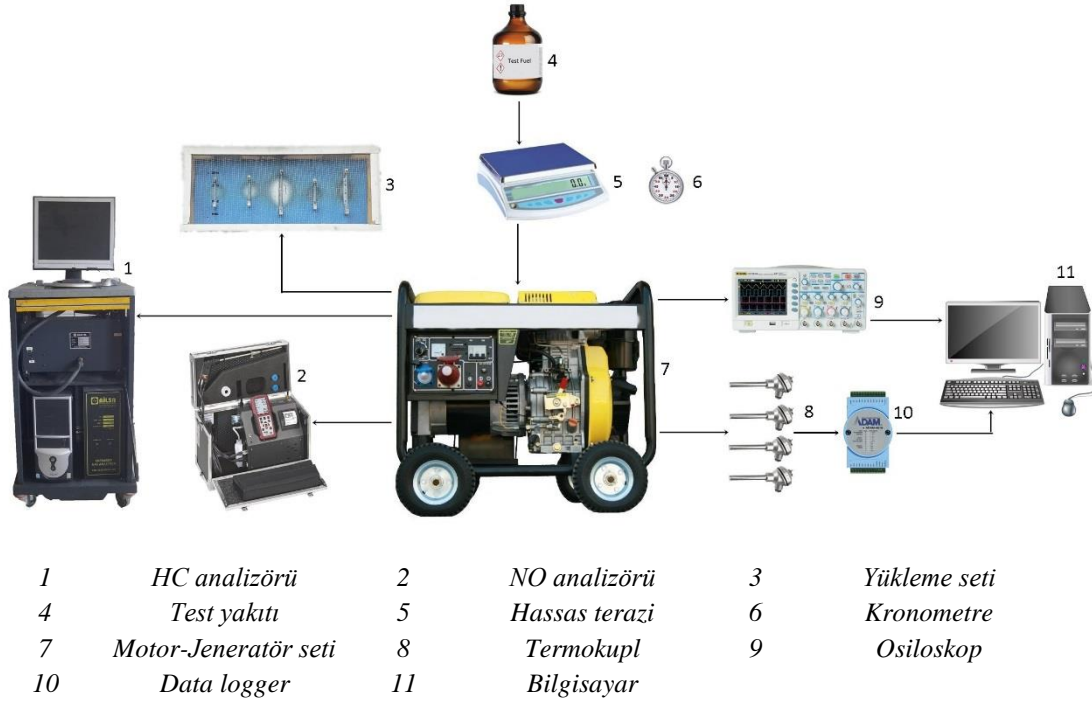
Açık literatür incelendiğinde Pirolitik yakıt- Dizel karışımına n-bütanol ilavesinin NO ve HC emisyonlarına olan etkilerini inceleyen çalışmaya rastlanmıştır. Literatürdeki açığı kapatmak için bu çalışmada tek silindirli, direk enjeksiyonlu dizel motor jeneratör ünitesinde kullanılan Pirolitik yakıt- Dizel yakıt karışımına n-bütanol ilavesi ile NO ve HC emisyonlarının değişimleri incelenmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

Deneylerde kullanılan test yakıtları ticari işletmelerden temin edilmiştir. Test yakıtları hacimsel olarak SD-PY yakıt karışımına %5, %10 ve %15 oranında n-bütanol (B) ilavesi ile oluşturulmuştur. Test yakıtında PY oranı sabit tutulup etkilerini incelemek için B oranları değiştirilmiştir. Tamamı SD'den oluşan test yakıtına SD100, hacimce %85 SD, %15 PY'den oluşan test yakıtına SD85PY15, hacimce %80 SD, %15 PY ve %5 B içeren test yakıtına SD80PY15B5 ismi verilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere SD100, SD85PY15, SD80PY15B5, SD75PY15B10 ve SD70PY15B15 olmak üzere beş farklı test yakıtı hazırlanmıştır. Test yakıtlarının özellikleri Tablo 1' verilmiştir [21]. Test yakıtları beher kullanılarak hazırlanmış ve homojenliğinin sağlanması için manyetik karıştırıcıyla karıştırılmıştır. Deneylerin kararlı olması için deney başlangıcında motor çalışma sıcaklığına getirilmiş ve daha sonra testler gerçekleştirilmiştir. Verilerin güvenilirliğini doğrulamak için her test için üç tekrar yapılarak ortalamaları alınmıştır. Deney düzeneğine ait şema Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan test yakıtlarının özellikleri

Test yakıtları	Yoğunluk (kg/m^3 @15°C)	Setan sayısı	Viskozite (cSt @40°C)	Alt ısı değeri (kJ/kg)	Parlama noktası (°C)	Oksijen içeriği (%)
Saf Dizel (SD100)	835	54.92	2.92	45940	60	0
n-Bütanol (B)	811	<25	2.2	33100	36	21.6
Pirolitik Yakıt (PY)	899	<40	2.15	40880	60.3	0



Şekil 1. Deney düzeneğine ait şema

Test yakıtları katana marka dizel motor-jeneratör ünitesinde kullanılmıştır. Test motoruna ait teknik özellikler Tablo 2’de verilmiştir. Deneyler sabit 3000 rpm motor hızında, 500’den 1250 Watt’a kadar 250 W artış olmak üzere dört farklı yükte gerçekleştirilmiştir. Farklı motor yüklerini elde etmek için motor yüklem seti kullanılmıştır. Yakıt tüketiminin ölçülmesi hassas terazi ve kronometre kullanılarak yapılmıştır. Her 5 gram yakıt tüketimi için geçen süre not alınarak yakıt tüketimi belirlenmiştir. Her yük için yakıt tüketim değeri alındıktan sonra ortalama değer not edilmiştir. Motor üzerinden alınan veriler data logger vasıtası ile bilgisayara kaydedilmiştir. Egzoz emisyonlarının ölçümünde Bilsa marka egzoz gaz analizörü ve MRU nova plus marka egzoz analizörü kullanılarak HC ve NO emisyonlarının ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan cihazlara ait özellikler ve hassasiyetleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2. Test motoru teknik özellikleri

Marka model	Katana-KM178F
Genel özellikler	Dizel, hava soğutmalı
Silindir sayısı	1
Güç	4 (kW @3000 d/dk)
Silindir hacmi	296 (cc)
Sıkıştırma oranı	18/1
Çap × Strok	78x62 (mm)
Pompa tipi	QLC tip
Enjeksiyon memesi	0.22 × 4 delik × 160°
Enjeksiyon memesi açılma basıncı	205 (bar)

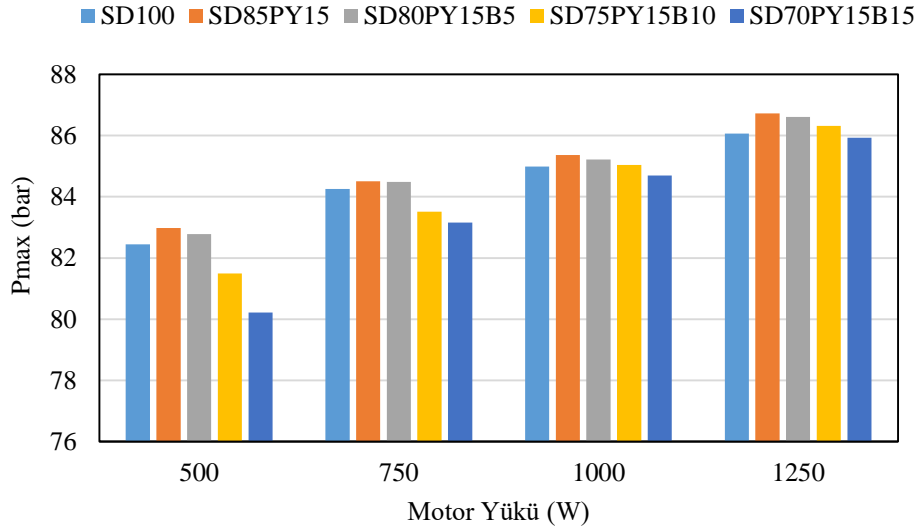
Sıcaklık ölçümleri K-type termokupl ile egzoz üzerinden alınmıştır. Termokupllar Adam marka data logger ile bilgisayara aktarılmış ve kaydedilmiştir. Silindir içi basınç Oprand marka basınç sensörü ile ölçülmüş, silindir içi pistonun konumunu belirlemek için bir enkoderden faydalanılmıştır.

Tablo 3. Kullanılan cihazların özellikleri ve ölçüm aralıkları

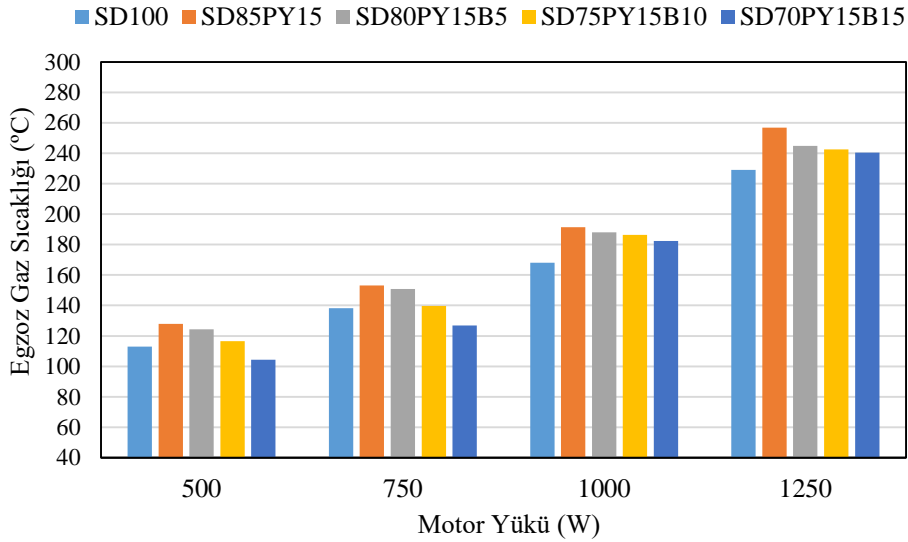
No.	Ölçüm Cihazı	Ölçüm Aralığı	Doğruluk
1	Hassas terazi (<i>gr</i>)	0-32000	±0.1
2	NO analizörü (<i>ppm</i>)	0-1000	±5
3	HC analizörü (<i>ppm</i>)	0-20.000	± 1
4	Termokupl (<i>K tipi</i>) (°C)	0-1200	±0.1
5	Encoder (°KA)	0-360	±0.1
6	Basınç sensörü (<i>psi</i>)	0-3000	±1

III. BULGULAR

Bu bölümde silindir içi maksimum basınç, egzoz sıcaklıkları, NO ve HC emisyonlarının değişimleri incelenmiştir. Şekil 2 ve 3'te sırasıyla Test yakıtları ve motor yüküne bağlı silindir içi maksimum basınçların değişimi ve test yakıtlarına ve motor yüküne bağlı egzoz gazı sıcaklığı değişimi verilmiştir.

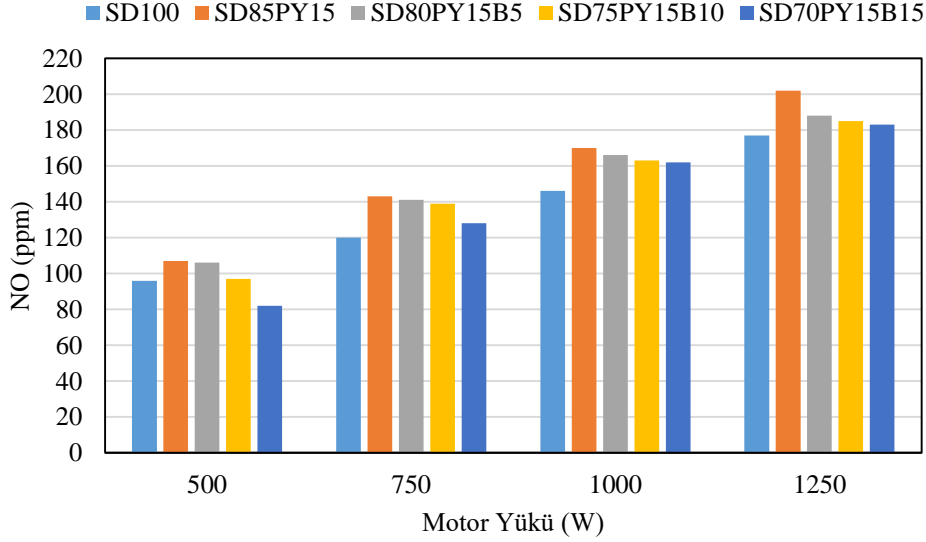


Şekil 2. Test yakıtı ve motor yüküne bağlı silindir içi maksimum basınçların değişimi



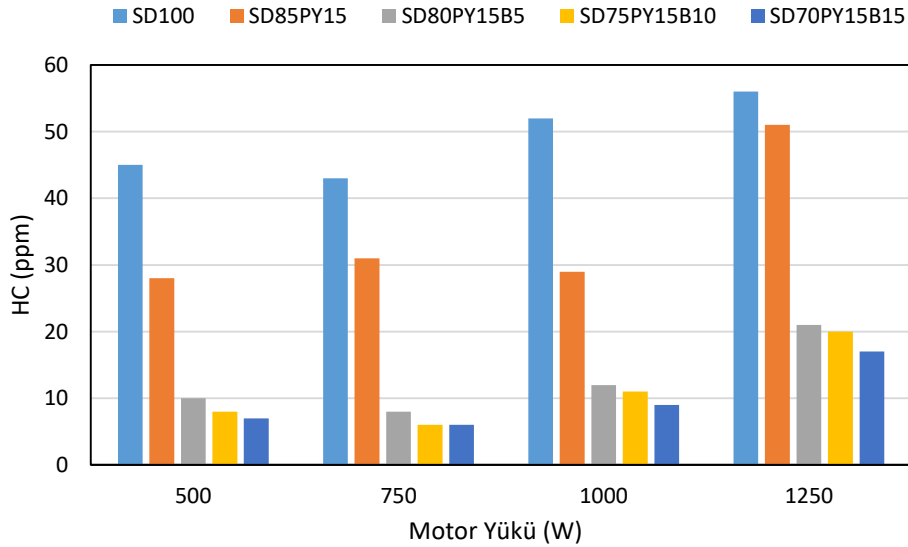
Şekil 3. Test yakıtı ve motor yüküne bağlı egzoz gaz sıcaklığı değişimi

SD yakıtına PY eklenmesi silindir içi maksimum basınç (Pmax) değerini tüm yükler için artırmıştır. Uçuculuk oranı yüksek yakıtlarda tutuşma gecikmesinin artışı, ani yanma periyodundaki yanacak yakıtın artışına sebep olur ve bu durum Pmax' ı artırır [10,22]. Maksimum silindir içi basınç SD85PY15 yakıtı için 1250 W motor yükünde elde edilmiştir. Bu motor yükünde SD85PY15 yakıtı SD100 yakıtı ile karşılaştırıldığında Pmax değeri SD100'e göre %0.77 artış göstermiştir. Test yakıtı içerisine eklenen B ile tüm yük değerleri için Pmax değerinde azalma gözlemlenmiştir. Pmax değerindeki bu azalma B yakıtının eklenmesiyle yakıt harmanlarının alt ısı değerindeki azalmayla açıklanabilir. Dizel motorlarda en önemli emisyon problemlerinden biri de Azot oksit emisyonlarıdır. İnsan sağlığı ve çevreye olan olumsuz etkileri tartışılmaz olan Azot oksit (NO_x), N₂O₂, NO, NO₂ ve benzeri bileşiklerin tümüne verilen genel bir isimdir. Şekil 4'te Test yakıtı ve motor yüküne bağlı NO emisyonlarının değişimi verilmiştir.



Şekil 4. Test yakıtı ve motor yüküne bağı NO emisyonlarının değışimi

İçten yanmalı motorlarda azot oksit emisyonlarını güçlü bir şekilde etkileyen faktör silindir içi sıcaklık ve silindir içi basınçtır [23-25]. Tüm yakıtlar için motor yükünün artışına bağı NO emisyonları artmıştır. Çünkü motor yükü ile birlikte artan silindir içi basınç ve sıcaklık NO oluşumunu arttırmıştır. Şekil 3’de görüleceğı üzere SD yakıt içeriğine PY eklemek NO emisyonlarını arttırmıştır. Bu artış test yakıtı içerisindeki pirolitik yakıt ihtivasının artışına bağı olarak artan tutuşma gecikmesi, yakıt yoğunluğu ve yakıt aromatik içeriğı ile açıklanabilir [10,19]. Dizel yakıt içerisine pirolitik yakıt eklenmesi ile artan NO emisyonları yakıt karışımına B ilavesindeki artışla azalmaya başlamıştır. Test yakıtına B ilavesi yakıtın gizli buharlaşma ısısını aratırken yakıtın düşük ısıtma değerini azaltır. Bu durum yanma sıcaklığını düşürerek NO emisyonlarının azalmasına neden olabilir [26]. Test yakıtı ve motor yüküne bağı HC emisyonlarının değışimi Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Test yakıtı ve motor yüküne bağı HC emisyonlarının değışimi

SD yakıtına PY eklenmesi HC emisyonları tüm yük durumlarında iyileştirmiştir. SD yakıtına PY eklenmesi test yakıtının viskozitesini ve uçuculuğunu artırmıştır. Bu durum hava ile yakıtın iyi karışmasını ve dolayısı ile HC emisyonlarının azalmasını sağlar. SD ve PY yakıt harmanına B yakıtının eklenmesiyle HC emisyonlarının azaldığı tespit edilmiştir. HC emisyonlarının azalması B yakıtının yakıt özellikleri ile açıklanabilir. Tablo 1’de görülebileceği üzere B yakıtının yüksek oksijen içeriği sayesinde HC oksidasyonunda iyileşme sağlandığı öngörülmüştür. Benzer sonuçlara literatürde de rastlanabilir [20, 27].

IV. SONUÇLAR

Atıktan enerjiye en güzel örneklerden biri olan atık lastiklerin yakıt olarak kullanılmasında en büyük engellerden biri de atık lastiklerden elde edilen pirolitik yakıtın kullanılması ile oluşan egzoz emisyonlarının kötü oluşudur. Bu çalışmada saf dizel ve pirolitik yakıt harmanına n-Bütanol ilavesinin HC ve NO emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlara ulaşılabılır:

SD ve PY yakıt harmanlarına B yakıtı ilavesi ile faz ayrımı olmaksızın homojen bir yakıt elde edilebilir.

SD ve PY yakıt harmanına B ilavesi ile oluşturulan test yakıtı dizel bir motorda modifikasyon gerekmeksizin kullanılabilir.

Test yakıtlarına B ilavesi ile Pmax değerinde azalma gözlemlenmiştir. Pmax değerindeki bu azalma B yakıtının eklenmesiyle yakıt harmanlarının alt ısıl değerindeki azalmayla açıklanabilir.

SD yakıt içeriğine PY eklemek NO emisyonlarını arttırmıştır. Dizel yakıt içerisine pirolitik yakıt eklenmesi ile artan NO emisyonları yakıt karışımına B ilavesindeki artışla azalmaya başlamıştır.

SD yakıtına PY ve B eklenmesi HC emisyonları tüm yük durumlarında iyileştirmiştir. Test yakıtında B oranının artışı HC emisyonlarının azalmasına katkı sağlamış SD70PY15B15 yakıtı için %86 ya varan oranla azalma sağlanmıştır.

V. KAYNAKLAR

[1] Ü. Ağbulut, S. Sarıdemir and M, Karagöz, “Experimental Investigation of Fusel Oil (İsoamyl Alcohol) and Diesel Blends in a CI Engine,” *Fuel*, vol. 267,no. 117042, 2020.

[2] Ü, Ağbulut, M, Karagöz, S, Sarıdemir ve A, Öztürk, “Impact of Various Metal-Oxide Based Nanoparticles and Biodiesel Blends on The Combustion, Performance, Emission, Vibration and Noise Characteristics of a CI Engine,” *Fuel*, vol. 270, no. 117521, 2020.

[3] Ü, Ağbulut, M, Ayyıldız ve S, Sarıdemir, “Prediction of Performance, Combustion and Emission Characteristics for a CI Engine at Varying Injection Pressures,” *Energy*, vol. 197,no. 117257, 2020.

- [4] Y, Kurtgoz, M, Karagoz ve E., Deniz, “Biogas Engine Performance Estimation Using ANN,” *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 20, no. 6, pp. 1563-1570, 2017.
- [5] M, Karagöz, S, Sarıdemir, E, Deniz ve B. Çiftçi, “The Effect of the CO₂ Ratio in Biogas on The Vibration and Performance of a Spark Ignited Engine,” *Fuel*, vol. 214, pp. 634-639, 2018.
- [6] M, Karagöz, B, Çiftçi, E, Deniz, ve AK, Binark, “Determination of The Potential of Biogas Production from Animal Waste in Karabuk City, and Building A Prototype Biogas Plant,” *14th International Combustion Symposium (INCOS2018)*, vol.1, nol.1, pp. 629-633, 2018.
- [7] TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), [Erişim tarihi: 14.03.2020], <http://www.tuik.gov.tr>
- [8] ETRMA (European Tyre And Rubber Manufacturers Association), Yıllık rapor. [Erişim tarihi: 27.02.2020], www.etrma.org.
- [9] O, Doğan, MB, Çelik ve B, Özdalyan, “The Effect of Tire Derived Fuel/Diesel Fuel Blends Utilization on Diesel Engine Performance and Emissions,” *Fuel*, vol. 95, no. 1, pp. 340-346, 2012.
- [10] M, Karagöz, Ü, Ağbulut ve S, Sarıdemir, “Waste to Energy: Production of Waste Tire Pyrolysis Oil and Comprehensive Analysis of Its Usability in Diesel Engines,” *Fuel*, vol. 275, no. 117844, 2020.
- [11] A, Sharma ve S, Murugan, “Effect of Nozzle Opening Pressure on The Behaviour of a Diesel Engine Running With Non-Petroleum Fuel,” *Energy*, vol. 127, no. 236-246, 2017.
- [12] TA, Bodisco, SMA, Rahman, FM, Hossain, and RJ, Brown, "On-road NO_x emissions of a modern commercial light-duty diesel vehicle using a blend of tyre oil and diesel", *Energy Reports*, c. 5, pp. 349–356, 2019.
- [13] I, Kalargaris, G, Tian, and S, Gu, "ScienceDirect ScienceDirect Investigation on the long-term effects of plastic pyrolysis oil usage The 15th International Symposium on District Heating and Cooling in a diesel engine Assessing the feasibility of Guohong using the heat temperature function", *Energy Procedia*, vol. 142 pp. 49–54, 2017.
- [14] K, Tudu, S, Murugan ve SK, Patel, “Effect of Diethyl Ether in a DI Diesel Engine Run on a Tyre Derived Fuel-Diesel Blend”, *Journal of the Energy Institute*, vol. 89, no. 4, pp. 525-535, 2016.
- [15] WC, Wang, CJ, Bai, CT, Lin ve S, Prakash, “Alternative Fuel Produced From Thermal Pyrolysis of Waste Tires And Its Use in a DI Diesel Engine,” *Applied Thermal Engineering*, no. 93, pp. 330-338, 2016.
- [16] A, Adam, NA, Ramlan, NF, Jaharudin, H, Hamzah, MF, Othman ve AAG, Mrwan, “Analysis of Combustion Characteristics, Engine Performance and Exhaust Emissions of Diesel Engine Fueled With Upgraded Waste Source Fuel,” *international journal of hydrogen energy*, vol. 42, no. 28, pp. 17993-18004, 2017.
- [17] S, Murugan, MC, Ramaswamy ve G, Nagarajan, “The Use of Tyre Pyrolysis Oil in Diesel Engines,” *Waste management*, vol. 28 no. 12, pp. 2743-2749, 2008.

- [18] S, Frigo, M, Seggiani, M, Puccini ve S, Vitolo, “Liquid Fuel Production From Waste Tyre Pyrolysis and Its Utilization in a Diesel Engine,” *Fuel*, vol. 116, pp. 399-408, 2014.
- [19] O, Doğan, “The Influence of n-Butanol/Diesel Fuel Blends Utilization on a Small Diesel Engine Performance and Emissions,” *Fuel*, vol. 90, no. 7, pp. 2467–2472, 2011.
- [20] IM, Yusri, R, Mamat, MK, Akasyah, MF, Jamlos ve AF, Yusop, “Evaluation of Engine Combustion and Exhaust Emissions Characteristics Using Diesel/Butanol Blended Fuel,” *Applied Thermal Engineering*, c. 156, ss. 209–219, 2019.
- [21] MERCK. Product specification, [Erişim tarihi: 27.01.2019], www.merckgroup.com > tr-tr.
- [22] MS, Kumar, A, Kerihuel, J, Bellettre ve M, Tazerout, “Ethanol Animal Fat Emulsions As a Diesel Engine Fuel-Part 2: Engine Test Analysis,” *Fuel*, c. 85, s.17, ss. 2646-265, 2006.
- [23] Ü, Ağbulut, S, Sarıdemir ve S, Albayrak, “Experimental Investigation of Combustion, Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fuelled With Diesel–Biodiesel–Alcohol Blends,” *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, c. 41, s. 9, ss. 389, 2019.
- [24] MK, Yesilyurt ve M, Aydın “Experimental Investigation on The Performance, Combustion and Exhaust Emission Characteristics of a Compression-Ignition Engine Fueled with Cottonseed Oil Biodiesel/Diethyl Ether/Diesel Fuel Blends,” *Energy Conversion and Management*, vol. 205, no. 112355, 2020.
- [25] S, Simsek, “Effects of Biodiesel Obtained from Canola, Sefflower Oils and Waste Oils on The Engine Performance and Exhaust Emissions,” *Fuel*, vol. 265, no. 117026, 2020.
- [26] Z, Şahin ve ON, Aksu, “Experimental Investigation of The Effects of Using Low Ratio n-Butanol/Diesel Fuel Blends on Engine Performance and Exhaust Emissions in a Turbocharged DI Diesel Engine,” *Renewable Energy*, vol. 77, pp. 279-290, 2015.
- [27] SE, Iannuzzi ve G, Valentino, “Comparative Behavior of Gasoline–Diesel/Butanol–Diesel Blends and Injection Strategy Management on Performance and Emissions of a Light Duty Diesel Engine,” *Energy*, vol. 71, pp. 321-331, 2014.