



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Buji ile ateşlemeli bir motorda sentetik mangan katkısı ile fuzel yağı-benzin karışımlarının performans ve emisyonlara etkilerinin incelenmesi

Investigation of the effects of synthetic manganese additive and fusel oil-gasoline mixtures on performance and emissions in a spark ignition engine

Yazar(lar) (Author(s)): Süleyman ÜSTÜN¹, Metin GÜRÜ²

ORCID¹: 0000-0001-8349-1236

ORCID²: 0000-0002-7335-7583

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Üstün S., Gürü M., “Buji ile ateşlemeli bir motorda sentetik mangan katkısı ile fuzel yağı-benzin karışımlarının performans ve emisyonlara etkilerinin incelenmesi””, *Politeknik Dergisi*, 25(1): 443-454, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1052100

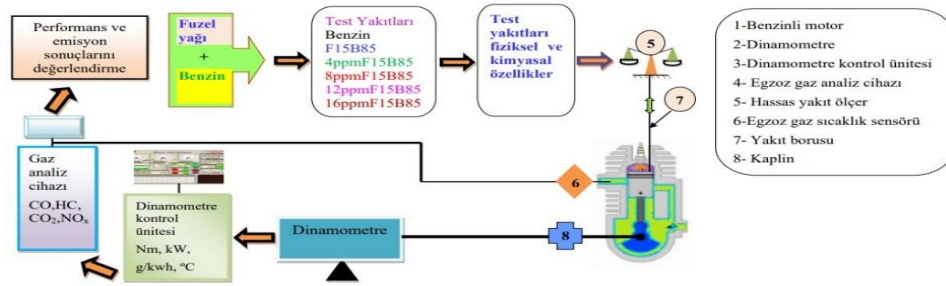
Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Sentetik Mangan Katkısı ile Fuzel Yağı-Benzin Karışımlarının Performans ve Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi

Investigation of the Effects of Synthetic Manganese Additive and Fusel Oil-Gasoline Mixtures on Performance and Emissions in a Spark Ignition Engine

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Benzin-Fuzel karışımı içerisinde organik reçine bazlı Mn ilave edilebilir/ Organic resin-based Mn can be added to the gasoline-Fusel mixture.
- ❖ 12ppm Mn ilavesinde en iyi sonuçlar elde edildi /Best results were obtained with the addition of 12ppm Mn,
- ❖ Mangan ilavesi tork ve güç artışı sağladı (Tork:%4,18, Güç:%5,04)/ The addition of Mn provided an increase in torque and power (Torque: 4.18%, Power: 5.04%),
- ❖ Mn ilavesi CO ve HC emisyonlarını azaltır (CO:%20,69, HC:%10,51)/ Addition of Mn reduces CO and HC emissions (CO: 20.69%, HC: 10.51%),

Grafik Özet (Graphical Abstract)



Şekil. Deneysel çalışma ekipmanları / Figure. Equipment for experimental setup

Amaç (Aim)

Bu çalışmada benzin-fuzel karışımı içerisinde Mn ilavesi sonuçları araştırılmıştır./In this study, the results of adding Mn to the gasoline-fusel mixture were investigated.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Tüm deneyler tek silindirli doğal şarjlı otto çevrimli benzinli bir motorda gerçekleştirildi./All experiments were carried out in a single-cylinder naturally charged Otto-cycle gasoline engine.

Özgünlük (Originality)

Otto çevriminde ilk kez organik reçine bazlı Mn ilavesi gerçekleştirilmiştir./Organic resin-based Mn addition was performed for the first time in the Otto cycle.

Bulgular (Findings)

Optimal Mn ilavesi 12ppm olarak tespit edilmiştir./The optimal Mn addition was determined as 12ppm.

Sonuç (Conclusion)

Otto çevrimi ile çalışan benzinli motorlara doğrudan 12ppm Mn ilavesi yapılabilir./12ppm Mn can be added directly to gasoline engines working with the Otto cycle.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Sentetik Mangan Katkısı ile Fuzel Yağı-Benzin Karışımlarının Performans ve Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Süleyman ÜSTÜN^{1*}, Metin GÜRÜ²

¹Akhisar Meslek Yüksek Okulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye

²Mühendislik, Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 01.01.2022 ; Kabul/Accepted : 16.02.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 10.03.2022)

ÖZ

İklim değişikliği, fosil yakıtların azaltılmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan, COVID-19 süreci dezenfektan ihtiyacını artırmış olup, alkolün yakıt olarak kullanımı yasaklanmıştır. Dezenfektan olarak kullanılmayan fuzel yağı, şeker fabrikalarında pancar melasından etil alkol üretimi sonrası geriye kalan çok kötü kokulu atık alkol karışımıdır. Bu çalışmada benzin içerisine farklı volumetrik oranlarda fuzel yağı ve sentetik mangan katkısı ilave edilerek motor performansı, özgül yakıt tüketimi ve emisyonlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Volumetrik yakıt karışımları olarak %5, %10, %15 ve %20 oranları belirlenmiştir. Karışımların viskozite, donma noktaları, parlama noktaları baz alınarak yapılan testlerde laboratuvar şartlarında benzin içerisine %15 fuzel yağı eklenmesi en uygun ideal karışım (F15B85) olarak belirlenmiştir. F15B85 test yakıtı içerisine sırasıyla 4-8-12 ve 16 ppm organik reçine esaslı mangan katkı maddesi ilave edilerek 4ppmF15B85, 8ppmF15B85, 12ppmF15B85, 16ppmF15B85 deneysel yakıtları oluşturulmuştur. Elde edilen deneysel yakıtlar atmosferik şarjlı benzinli bir motorda ölçüm testleri yapılarak motor performansı ve emisyon değerleri incelenmiştir. Deneysel sonuçlara göre 12ppmF15B85 yakıtı motor performans ve emisyonlar açısından diğer yakıt karışımlarına göre olumlu sonuçlar vermiştir. Motor performanslarında ortalama olarak torkta %4,18, güçte %5,04, BSFC (**Fren özgül yakıt tüketimi**)'de %3,12 artış, EGT (Egzoz gaz sıcaklığı)'de %2,48 azalma tespit edilmiştir. Egzoz emisyonları açısından bakıldığında CO (Karbonmonoksit) ve HC (Hidrokarbon)'de sırasıyla ortalama olarak %20,69, %10,51 azalma, CO₂ (Karbon dioksit) ve NO_x (Azotoksit) de ise %3,65, %5,10 artış tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mangan abietat, fuzel yağı, motor performans, egzoz emisyon.

Investigation of the Effects of Synthetic Manganese Additive and Fusel Oil-Gasoline Mixtures on Performance and Emissions in a Spark Ignition Engine

ABSTRACT

Climate change necessitates reducing fossil fuels and increasing renewable energy sources. On the other hand, the COVID-19 process has increased the need for disinfectants and the use of alcohol as fuel is prohibited. Fusel oil, which cannot be used as a disinfectant, is a very smelly waste alcohol mixture left after the production of ethyl alcohol from beet molasses in sugar factories. In this study, fusel oil and synthetic manganese additives in different volumetric ratios were added to gasoline and their effects on engine performance, specific fuel consumption and emissions were investigated. 5%, 10%, 15% and 20% were determined as volumetric fuel mixtures. In tests based on the viscosity, freezing points and flash points of the mixtures, adding 15% fusel oil to gasoline under laboratory conditions was determined as the most suitable ideal mixture (F15B85). 4ppmF15B85, 8ppmF15B85, 12ppmF15B85, 16ppmF15B85 measurement fuels were formed by adding 4-8-12 and 16 ppm organic resin-based manganese additives into F15B85 test fuel, respectively. The engine performance and emission values were examined by making measurement tests in an atmospheric charged gasoline engine with the measurement fuels obtained. According to the experimental results, 12ppmF15B85 fuel gave positive results in terms of engine performance and emissions compared to other fuel mixtures. An average of 4.18% increase in torque, 5.04% increase in power, 3.12% increase in BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) and 2.48% decrease in EGT (Exhaust Gas Temperature) were determined in engine performances. In terms of exhaust emissions, an average of 20.69%, 10.51% reductions in CO (carbon monoxide) and HC (hydrocarbon), respectively, and an increase of 3.65% and 5.10% in CO₂ (Carbon dioxide) and NO_x (nitrous oxide) were detected.

Keywords: Manganese abietate, fusel oil, engine performance, exhaust emission.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyayı saran enerji krizi ve yaşamı tehdit eden iklim değişikliği, mevcut kaynakların önemini artırmakta ve

çevre dostu alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmektedir. Paris antlaşmasına taraf bir ülke olarak karbon ayak izini düşürecek yenilenebilir enerji kaynakları arayışı ARGE merkezlerinde sürdürülmektedir. En büyük etken olarak fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanan karbon emisyon

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : suleyman.ustun@cbu.edu.tr

salınımları küresel ısınmanın en önemli tetikleyicilerinden olduğu düşünülmektedir. Son zamanlarda karbon ayak izini azaltmaya yönelik alternatif ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak biyoyakıtlar önerilmektedir. Toksik olmayan, vuruntuyu azaltan, yağlayıcı, biyolojik olarak parçalanabilen, atık yağlardan üretilen, şeker ve selülozik atıklardan fermente edilen, Otto, Dizel ve Brayton çevrimlerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan karışık veya saf halde kullanılabilen orta vadede fosil yakıtlara alternatif olabilecek yenilenebilir yakıtlar önemli hale gelmektedir [1-3]. Biyoyakıt kullanımı özellikle karbon çevrimi ile sera gazı etkisini ve emisyon kirleticilerini önemli ölçüde azaltır. Kentlerde, turistik ve tarihi yapıt bölgelerinde içten yanmalı motorlu taşıtların girmesi yasaklanmış ve kirliliği azaltmak üzere alternatif enerji kaynakları gündeme alınmıştır [4]. Biyokütle kaynaklarından elde edilen alkollerin içeriğindeki oktan değerlerinin yüksekliği sebebiyle alternatif yakıtlar içerisinde önemli bir yere sahiptir. Fuzel yağı, amil alkol ağırlıklı yüksek moleküler alkollerin kompozisyonu olan bir şeker melas prosesi atığıdır [5,6]. Petrol ürünlerine organik esaslı mangan dozlanması ile yakıtın akma noktası, parlama ve viskozite değerleri gibi şartname özellikleri iyileştirilebilmektedir. Metal esaslı katkı maddelerinin katalitik etkisi sebebiyle özgül yakıt tüketiminde azalma sağlanabilmektedir [7-10]. Dizel yakıtta %10 fuzel yağı ilave edilerek hazırlanan karışım içerisinde 4-8-12 ve 16ppm mangan ilavesi ile oluşturulan deneysel yakıtlar atmosferik şarjlı dizel bir motorda ölçüm testleri yapılarak motor performans ve egzoz emisyon değerlerindeki iyileştirmeler yayınlanmıştır. 12ppm mangan ilavesi ile NO_x ve CO₂ azalmasında önemli katkı sağlandığı rapor edilmiştir [11]. %10 ve %50 oranında fuzel yağı benzin içerisine karıştırılarak elde edilen deneysel yakıtlar kıvılcım ile ateşlemeli atmosferik şarjlı bir motorda denenmiştir. Yapılan test sonuçlarında fuzel yağı katkısı %21 oranında CO ve %25 oranında HC miktarını artırırken %31 oranında NO_x emisyonunu azaltmıştır [12]. Petrol orijinli bir damıtık yakıt olan benzin içerisine %10, %20 ve %30 oranlarında fuzel yağı ilavesi fren özgül yakıt tüketimini, karbon monoksit ve hidrokarbon miktarlarının artışına sebep olurken NO_x değerinin azalmasına katkı sağlamıştır. Benzin içerisine fuzel yağı ilavesi yakıtın oktan sayısını artırıcı etki yapmaktadır [13,14]. Tepki yüzey metodu (RSM) kullanılarak benzin içerisine %25, %50, %75 ve %100 oranlarında yapılan fuzel yağı ilavesi yapılarak 2500 motor devrinde, atmosferik şarjlı kıvılcım ile ateşlemeli bir motorda ve %20, %40, %60, %100 motor yüklerinde ölçüm testleri yapılarak optimize edilmiştir. Yapılan optimizasyona göre, %47,21 motor yüküne karşılık benzin yakıtı içerisine %25 fuzel yağı katkı maddesi uygun çıkmıştır. Deneysel çalışma şartlarına göre motor torku 16,49 Nm ve BSFC 326.024 g/kWh ve CO, NO_x ve UHC emisyonları sırasıyla %0,88, 568,3 ppm ve 165,49 ppm olduğu tespit edilmiştir. Bu şartlarda Fuzel yağı içeriğinin G80F20'den (%80 benzin-%20 fuzel yağı) G0F100'e (%0 benzin-%100 fuzel yağı) yükseltilmesiyle

NO_x emisyonları %41 azalırken UHC %39 ve CO emisyonları yaklaşık %22 arttığı tespit edildi [15]. Benzin içerisine %5, %15 ve %30 fuzel yağı ilave edilerek atmosferik şarjlı benzinli bir motorda denenmiştir. Yapılan test sonucunda motor torku ve özgül yakıt tüketimi arttığı, azot oksit, karbon monoksit ve hidrokarbon oranlarının fuzel yağı karışım oranlarına bağlı azaldığı tespit edilmiştir [16]. Fuzel yağı port yakıt enjeksiyon sistemine sahip bir silindirli kıvılcım ateşlemeli motordan dönüştürülmüş bir homojen dolgulu sıkıştırma ile ateşlemeli (HCCI) motor üzerinde deneyler yapılmıştır. HCCI motorlarında yüksek oktanlı yakıtlarla yanma sürecini kontrol etmek mümkündür. Yüksek oktan sayısına sahip olan fuzel yağının HCCI motorlarında yanma üzerine etkileri araştırılan çalışmada, F60 yakıtı kullanıldığında lambda 2,5 iken, 353 K sıcaklıkta CO %0,413 iken aynı şartlarda HC en yüksek 782 ppm olarak ölçülmüştür. Silindir içerisinde fuzel yağının zor buharlaşmasından dolayı silindir içerisindeki gaz sıcaklık azalmasına bağlı olarak NO_x emisyonları da azalmıştır. Fuzel yağı içerisinde barındırdığı su sebebiyle NO_x emisyonlarında düşüşe sebep olmaktadır. Fuzel içerisindeki su miktarı oranı motor performans ve emisyonları etkileyen önemli bir unsurdur [17-19]. Dizel yakıtı motorin içerisine sırasıyla %5, %10 ve %15 oranlarında fuzel yağı volumetrik olarak karıştırılmıştır. CO emisyonları %52, NO_x emisyonları fuzel yağı karışım oranları artışına bağlı olarak azalma eğilimi göstermesine rağmen HC emisyon oranları %40 artış göstermiştir. Benzer bir çalışmada volumetrik olarak fuzel yağı, biyodizel ve dizel yakıtı motorin karışımlarında F10B10 (%10 fuzel + %10 biyodizel + %80 motorin), F20B10 (%20 fuzel + %10 biyodizel + %70 motorin), F30B10 (%30 fuzel + %10 biyodizel + %60 motorin), F20B20 (%20 fuzel + %20 biyodizel + %40 motorin) yakıtları dizel yakıtı motorin DB100 ile 1800 rpm sabit devir ve %25, %50, %75 ve %100 farklı motor yüklerinde emisyon ve motor performans açısından karşılaştırılmıştır. Fren özgül yakıt tüketimi F20B20 yakıtında %12 oranında iyileşmiştir. F20B20 yakıtında NO_x değerleri %100 yüklemde %30 azalma göstermiştir. F20B20 yakıtında CO ve CO₂ değerlerinde artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir [20,21]. Benzin içerisine fuzel yağı katkısı dışında farklı alkol ve katkı maddeleri katılarak yapılan alternatif yakıt arayışları araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Biyodizel ve biyoetanölün Avrupa'da kısa ve orta vadede, özellikle sırasıyla dizel ve benzinle harmanlanmış formda en çok uygulanan biyoyakıtlar olması beklenmektedir. Benzin içerisine biyoetanol kullanımı zararlı emisyon CO ve HC'yi düşürmektedir [22-26]. Benzin içerisine etanol-bütanol [27-29], propanol ve camphor [30] ilavesi benzer sonuçlar vermiştir. Solketal, biyodizel üretimi sırasında ortaya çıkan ve gliserin ile aseton reaksiyonu sonucu üretilen bir kimyasaldır. Benzin içerisine %5, %10 ve %15 oranında solketal ilavesi ile yapılan araştırma sonucunda CO ve HC'de azalma sağlamıştır. HC'de %4,7 oranında maksimum azalma G90S10 yakıt karışımında elde edilmiştir [31]. Homojen şarjlı,

sıkıştırma ile ateşlemeli direkt enjeksiyonlu HCCI-DI motorda ön karışım yakıt olarak benzin, direkt enjeksiyonlu (DI) yakıtlar olarak dizel, B50 (hacimce %50 atık kızartma yağı (WCO) ve %50 dizel) ve WCO olmak üzere üç farklı yakıt kombinasyonu seçilmiştir. 100 ppm FeCl₃ nano katkı maddesi, uygun yakıt özelliklerini arttırmayı amaçlayan ve DI yakıtlarla karıştırılarak yapılan testlerde, dizel yakıtlı yanma ile karşılaştırıldığında, WCO yakıtlı DI yanması durumunda HC ve CO emisyonlarında sırasıyla %54,17 ve %50'lik bir azalma olduğu, FeCl₃ nano katkılı karışım yakıt kullanıldığında silindir değerlerinde önemli bir artış kaydedildi [32]. Literatür taramalarında görüldüğü gibi fuzel yağı farklı yakıtlarla harmanlanmış haliyle kullanımı araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Benzin-fuzel yağı karışımları içerisinde organik reçine bazlı mangan bileşiği sentezlenerek fuzel-benzin karışımına ilave edilmesi, motor performans ve emisyonlarına olan etkilerinin araştırılması ilk defa bu çalışmada yer almaktadır. Bu çerçevede yapılan çalışmada benzin içerisinde laboratuvar şartlarında ideal karışım oranı olarak belirlenen %15 oranında atık fuzel yağı ilave edilmiştir. Elde edilen F15B85 test yakıtı içerisinde sırasıyla 4, 8, 12 ve 16 ppm organik reçine bazlı mangan ilave edilerek 4ppmF15B85, 8ppmF15B85, 12ppmF15B85 ve 16ppmF15B85 deneysel yakıtlar hazırlanmıştır. Elde edilen deneysel yakıtlar, tam yük şartlarında atmosferik şartlı benzinli bir motorda ölçüm testleri yapılarak motor performans ve emisyonları açısından sonuçlar irdelenmiştir. Yapılan bu ilk çalışmada fuzel-benzin karışımına dozlanan ve tarafımızca sentezlenen mangan abietat çözeltisinin motor performans ve emisyonları üzerine etkilerinin ortaya konulması, yakıt ekonomisinin artırılması, toksik ve kirletici emisyonların azaltılması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Mevcut fosil yakıt olarak piyasadan akaryakıt istasyonlarından temin edilen TÜPRAŞ rafineri çıkışlı ticari benzin içerisinde volumetrik olarak %15 oranında atık fuzel yağı karıştırılarak F15B85 test yakıtı oluşturulmuştur. %15 fuzel yağı katkısı laboratuvar şartlarında viskozite, donma ve parlama noktaları baz alınarak ideal karışım oranı olarak daha önceden tespit edilen orandır.

2.1 Deneysel yakıt hazırlıkları (Experimental fuel preparations)

Deneysel yakıt hazırlıklarında öncelikle saf benzin içerisinde daha önceden volumetrik olarak ideal karışım oranı %15 olarak belirlenen atık fuzel yağı ilave edilerek F15B85 deneysel yakıtı elde edilmiştir. Tablo 1'de ticari benzinin özellikleri verilmiştir. Fuzel yağı Eskişehir'de faaliyet gösteren Şeker Fabrikası'ndan Alkol ve Tütün Piyasası Düzenleme Kurulu izni ile satın alınmıştır. Şeker pancarı atığı olan melastan etil alkol üretiminden sonra atık olarak çıkan sıvı fuzel yağı olarak adlandır Organik reçine bazlı mangan katkı maddesi elde edilmiş, %98 saflıkta MnO₂ (Mangan dioksit) kullanılmıştır. Organik yapı olarak çam reçinesini orijinali içerisindeki abietik asit ve spindle oil ortamında sülfürik asit katalizör varlığında 180 °C da bir geri soğutucu altında manyetik karıştırıcı ile katkı bileşiği maddesi sentezlenmiştir. Etil alkol ile ekstrakte edilerek F15B85 yakıtlarına katkılanmıştır [11]. Tablo 2'de fuzel yağı içerik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Physical and chemical properties of gasoline) [33,47]

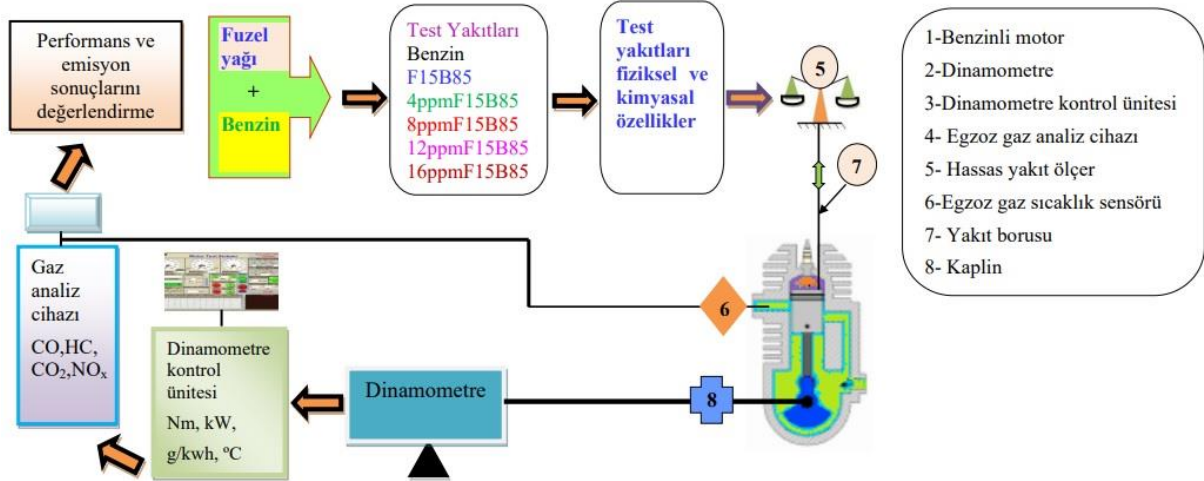
Özellikler	Birim	Sınır değerler		Test metodu
		Alt sınır	Üst sınır	
Araştırma oktan sayısı, RON	-	95,0	-	EN ISO 5164 ^{b)}
Motor oktan sayısı, MON	-	85,0	-	EN ISO 5163 ^{b)}
Yoğunluk (15°C) ^{c)}	kg/m ³	720	775	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kaynama aralığı	°C	25-210	-	-
Üst/Alt yamıcılık	%(V)	1	8	-
Buhar basıncı	kPa	45	90	TS EN 13016-1
Akışkanlık (Viskozite)	cSt(40°C)	0.5-	0.75	TS 1451 EN ISO 3104
Karbon içerik	%	85	88	-
Hidrojen içerik	%	12	15	-
Moleküler ağırlık	-	58	180	-
Kimyasal Formül	C ₄₋₁₂ Hydrocarbons			

Çizelge 2. Fuzel yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Physical and chemical properties of fusel oil) [34]

Amil Alkol	Kimyasal formül	Moleküler ağırlık (g/mol)	Yoğunluk (g/cm ³)	Kaynama noktası (°C)	Donma noktası (°C)	Hacim (%)	Viskozite (cp)	Özgül ısı (J/Kg°K)
2-Metill 1-Butanol	C ₅ H ₁₂ O	88,148	0,815	129	-70	0,22	4	2386,5
4-Metil2-Pentanol	C ₆ H ₁₄ O	102	0,8079	131,8	-90	0,27	-	-
i-amilalkol (3-Metil 1-Butanol)	C ₅ H ₁₂ O	88	0,809	132	-117,2	62,29	3,86	2239,9
n-Heksanol (1-Heksilalkol)	C ₆ H ₁₄ O	102	0,8186	157,2	51,6	0,51	-	-
n-Heptanol (1-Heptil Alkol)	C ₇ H ₁₆ O	116	0,824	175	-34,6	0,08	-	-
i-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	74	0,805	108	-108	8,71	3,5	2470,2
n-Butanol	C ₄ H ₁₀ O	74	0,81	117	-79,9	0,12	2,6	2876,3
n-Propanol	C ₃ H ₈ O	60	0,804	97,2	-127	0,738	2.256	2470.2
i-Propanol	C ₃ H ₈ O	60	0,789	82,5	-85,8	8,06	2.1	2763.3
Ethanol	C ₂ H ₆ O	46	0,789	78	-112	11,09	1.41	2847.1
Su	H ₂ O	18	1	100	0	10,3	1	4186,8

%15 fuzel yağı ve %85 benzin karışımı olan F15B85 test yakıtı içerisinde sırasıyla 4-8-12 ve 16ppm organik reçine bazı manganez ilave edilmiştir. Manganez ilavesi ile birlikte elde edilen 4ppmF15B85, 8ppmF15B85, 12ppmF15B85 ve 16ppmF15B85, deneysel yakıtlar tek silindirli atmosferik şarjlı benzinli bir motorda motor

performansı (Tork, güç, BSFC, EGT) ve egzoz emisyonları (CO, HC, CO₂, NO_x) açısından tam yük şartlarında test edilmiştir. Şekil 1'de deneysel çalışma ekipmanlarının şematik resmi görülmektedir.

**Şekil 1.** Deneysel çalışma ekipmanları (Equipment for experimental setup)

2.2. Ölçüm materyalleri hazırlıkları (Measuring materials preparations)

Motor testlerine başlamadan evvel motor yağı değiştirilmiştir. Hava filtresi temizlenmiş ve yakıt filtresi değiştirilmiştir. Hava basıncı 1003,4 hPa ve hava sıcaklığı 26 °C olarak ölçülmüştür. Motor testlerine başlamadan evvel kararlı durum ölçüm altyapısı için 300 °C sıcaklığa ulaşmaya kadar 1500 rpm'de çalıştırılarak

motor ısıtılmıştır. Motor testleri başlangıç sıcaklığı olarak bu değer baz alınmıştır. Her ölçüm öncesinde bu durum korunmuştur. Egzoz havalandırma sistemi çalıştırılarak egzoz gazlarının laboratuvar dışına defrost edilmiştir. Test motoru dinamometreye kaplin vasıtası ile bağlı vaziyettedir. Testlerden önce tüm motor ve dinamometre sabitleme bağlantıları tek tek kontrol edilmiştir. Tablo 3'te test motorunun teknik içerikleri verilmiştir.

Çizelge 3. Test motoru teknik içerikleri (Test engine specifications)

Özellikler	Teknik veriler
Motor Tipi	Tek Silindirli – 4 zamanlı – Hava Soğutmalı
Tork , Nm/d/dk	12,4 / 2500
Piston Çapı x Strok , mm	68 x 54
Silindir Hacmi, (cm ³)	196
Sıkıştırma Oranı	8,5:1
Maksimum Güç – kW (BG) @ rpm	15 (17) @ 3400

Testler tam yük şartlarında gerçekleştirilmiştir. Motor devri öncelikli olarak yüksüz şekilde tam gaz yapılmış ve dinamometre yüklemesi başlatılmıştır. Dinamometre olarak elektrikli bir dinamometre kullanılmıştır. Tam yük testi başlangıç devri olarak 3500 rpm alınmıştır. 500 rpm aralıklar ile yüklemeye devam edilmiştir. Motor devri 1500 rpm'ye gelinceye kadar yüklemeye devam edilmiştir. Bu devirden sonra motor titreşiminin artması ve laboratuvar güvenliği riskleri arttığından bu devirde testler sonuçlandırılmıştır. Tüm motor devirlerinde tam yük şartlarında motor toku, motor gücü, BSFC ve EGT verileri anlık bilgisayara kaydedilmiştir. Tablo 4'te motor dinamometresinin teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4. Motor dinamometresi teknik özellikleri (Engine dynamometer specifications)

Özellikler	Teknik veriler
Maksimum fren gücü	26 kW
Maksimum fren torku	83 Nm
Eksoz sıcaklık ölçüm aralığı	0 - 1000 °C (Termokupl)
Artırımlı enkoder	0 - 8000 rpm
Çalışma voltajı	380V, AC,
Kontrol ünitesi	Motor devri ve yük kontrolü, anlık hız, tork, güç, saatlik yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı

Egzoz emisyonları ölçümünde 72/306/AT Yönetmeliği'ne uygun şartlarda 3500-1500 rpm aralıklarında 500 rpm yüklemeye yapılarak elde edilen egzoz emisyon (CO, HC, CO₂, NO_x) verileri bilgisayara anlık data veri olarak kaydedilmiştir. Egzoz emisyon cihazı testlere başlamadan önce kalibrasyonu yapılmış ve tüm filtreleri değiştirilmiştir. Tablo 5'te egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5. Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri (Exhaust emission device technical specifications)

Özellikler	Değerler	Hassasiyet
CO	0-%10	%0,001
CO ₂	0-%20	%0,001
HC	0-10000	1 ppm
O ₂	0-%25	%0,01
CO Corr	0-%10	%0,001
NO _x (OPS.)	0-5000	1 ppm
Lambda	0,5-2,00	0.001
AFR	5-30	-
Motor Yağ Isısı (OPS.)	0-150 °C	1 °C
Devir (rpm) (OPS.)	0-9990 rpm	10 rpm
Opasite (Pusululuk Derecesi)	%0-100	%0,1

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1 Deneysel Yakıtlar (Experimental fuels)

Akaryakıt istasyonundan temin edilen kurşunsuz benzin içerisine volumetrik olarak %15 oranında atık fuzel yağı ilave edilerek F15B85 yakıtı elde edilmiştir. Bu test yakıtı içerisine 4ppm, 8ppm, 12ppm ve 16ppm organik reçine esaslı mangan ilave edilerek sırasıyla 4ppmF15B85, 8ppmF15B85, 12ppmF15B85 ve 16ppmF15B85 ölçüm yakıtları elde edilmiştir. Her bir test yakıtının fiziksel ve kimyasal özellikleri ASTM standartlarına göre ölçülerek değerler tablo halinde verilmiştir. Tablo 6'da deneysel yakıtlarının içerik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6. Deneysel yakıtlarının içerik özellikleri (Content properties of experimental fuels)

Özellikler	Metot	Benzin	Fuzel yağı	F15B85	4ppm F15B85	8ppm F15B85	12ppm F15B85	16ppm F15B85
Yoğunluk (kg m ⁻³)	ASTM D 4052	732	832	782	758,3	763	755,8	744,6
Viskozite, 40 °C, mm ² s ⁻¹	ASTM D 88	0,476	2,277	0,858	0,854	0,848	0,843	0,838
Donma noktası °C	ASTM D 97	-54,6	-91	-84	-86	-88	-93	-97
Parlama noktası, °C	ASTM D 93	-44	-62	-56	-54	-53	-49	-48
Alt ısı değer Mj kg ⁻¹	ASTM D 240	43160	31206	37311	37924	38132	38493	38884

3.2. Performans Grafikleri (Performance Graphs)

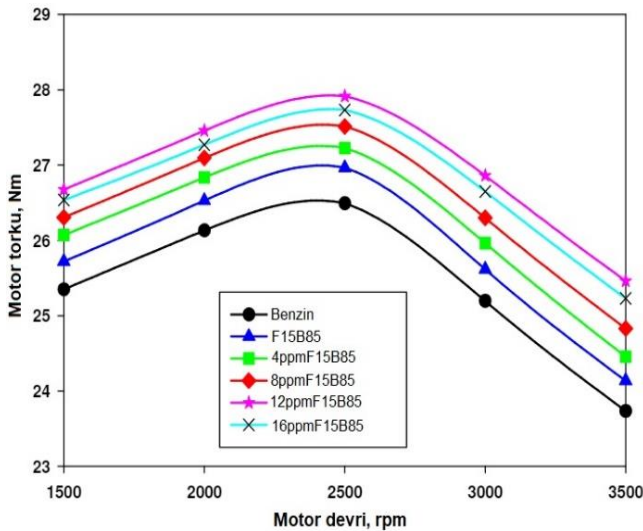
3.2.1 Tork ölçüm sonuçları (Torque measurement results)

Şekil 2'de deneysel yakıtlarının motor devri ve tork ilişkisi verilmiştir. Benzin yakıtına göre F15B85 test yakıtında ortalama olarak %1,63, 4ppmF15B85 test yakıtında %2,88, 8ppmF15B85 test yakıtında %3,06, 12ppmF15B85 test yakıtında %4,18 ve 16ppmF15B85 test yakıtında %4,01 tork artışı sağlanmıştır. En çok tork artışı 12ppmF15B85 test yakıtında gerçekleşmiştir. Yakıt içerisinde alkol esaslı yakıt kullanımı giriş karışım dolgu sıcaklığını düşürür. Bu durum volumetrik verimi artırır.

Bu durum tork ve güç artışına sebep olur. Yakıt içerisine mangan ilavesi, biyodizel yakıtların akma noktası ve viskozite değerleri gibi özelliklerini iyileştirmektedir [35,7]. 12ppm mangan ilavesinde en çok tork artışı sağlamıştır. Alkol esaslı yakıtların benzin yakıtına göre yüksek oktan ve oksijen içeriği tork ve güç artışını tetikler [36]. %15 fuzel yağı ve %85 benzin karışımından oluşan F15B85 test yakıtının tork değerleri benzin yakıtına göre yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi fuzel yağı içerisinde oksijen fazlalığından dolayı yanma veriminin iyileşmesi olarak görülebilir. Tablo 6'da görüldüğü gibi ölçüm yakıtlarının ısı değerleri benzin yakıtına göre düşüktür. Bu düşüklüğe rağmen ölçüm yakıtlarının tork değerlerinin benzin yakıtına göre yüksek çıkmasının sebebi mangan ilavesinin yakıt özelliklerini iyileştirmesi sonucu tork ve güç artışında tetikleyici bir rol oynadığı söylenebilir.

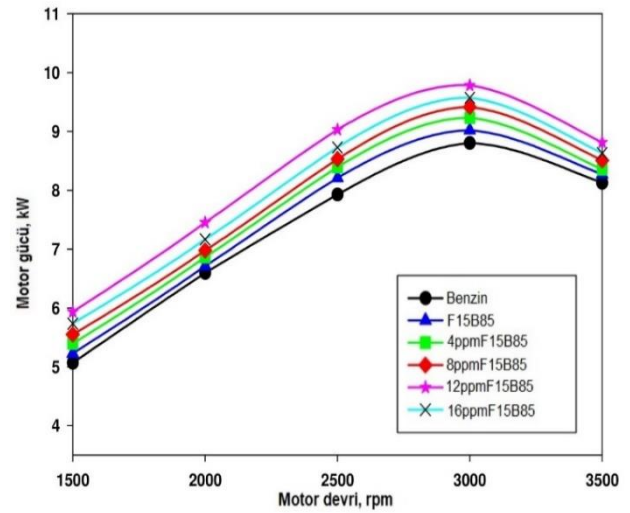
3.2.2 Güç ölçümleri (Power Measurements)

Şekil 3'te deneysel yakıtlarının motor devri ve güç değişimleri ilişkisi görülmektedir. Benzin yakıtına göre F15B85 test yakıtında ortalama olarak %2,12, 4ppmF15B85 test yakıtında %2,82, 8ppmF15B85 test yakıtında %3,21, 12ppmF15B85 test yakıtında %5,04 ve 16ppmF15B85 test yakıtında %4,21 güç artışı sağlanmıştır. En çok güç artışı 12ppmF15B85 test



Şekil 2. Deneysel yakıtlara Mn ilavesinin motor torku üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to experimental fuels on engine torque)

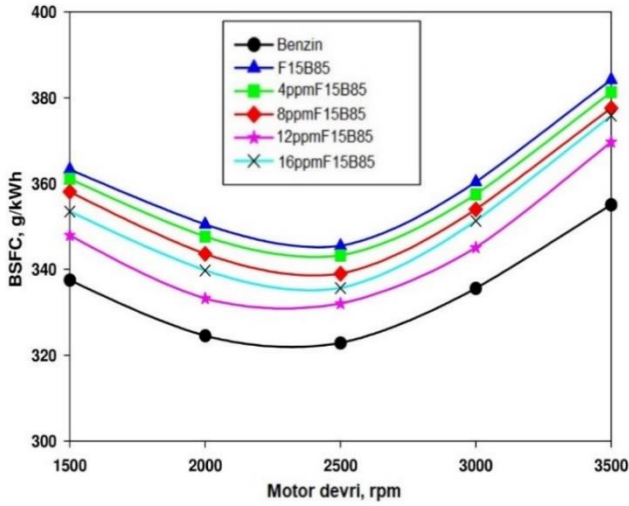
yakıtında gerçekleşmiştir. Deneysel yakıtlarının ısı değerlerine bakıldığında benzin yakıtına göre diğer ölçüm yakıtlarının ısı değerleri düşük olmasına rağmen güç artışı sağlanmasının sebebi F15B85 yakıt içerisine eklenen mangandan kaynaklandığı söylenebilir. F15B85 yakıtının güç değerleri tork değerlerinde olduğu gibi benzin yakıtından yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi fuzel yağı içerisindeki alkol çeşitliliği ve alkol esaslı yakıtların içerisinde benzin yakıtına göre fazla oksijen içermesi, oktan sayılarının yüksek olması yanmayı iyileştirmesi ve silindir iç basıncı etkilemesinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Güç ve tork değişimi büyük ölçüde silindir içi basıncına bağlı olarak değişim gösterir [13]. Tork ve güç artışında etkili olan mangan ilavesi 12ppmF15B85 yakıtında en çok artışa sebep olmuştur. Yakıt karışımlarında ideal karışım oranı 12ppm mangan ilavesinde elde edilmiştir. Diğer oranlarda 12ppmF15B85 yakıt karışımına göre düşük çıkmasının sebebi fuzel yağı ve benzin karışımları içerisindeki oktan sayısı üzerindeki baskın ısı değerinin etkisinin azalmasının etkisi olarak değerlendirilebilir [37].



Şekil 3. Deneysel yakıtlara Mn ilavesinin motor gücü üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to experimental fuels on engine power)

3.2.3 BSFC değişimleri (BSFC changes)

Şekil 4'te deneysel yakıtlarının motor devrine bağlı BSFC ilişkisi görülmektedir. BSFC, Benzin yakıtına göre F15B85 test yakıtında ortalama olarak %7,65, 4ppmF15B85 test yakıtında %6,04, 8ppmF15B85 test yakıtında %5,36, 12ppmF15B85 test yakıtında %3,12 ve 16ppmF15B85 test yakıtında %4,79 artış tespit edilmiştir. Mn ilaveli deney yakıtlarında Mn miktarı arttıkça BSFC artışı azalış eğilimindedir. En çok artış F15B85 yakıtında gerçekleşmiştir. En az artış 12ppmF15B85 test yakıtında gerçekleşmiştir.



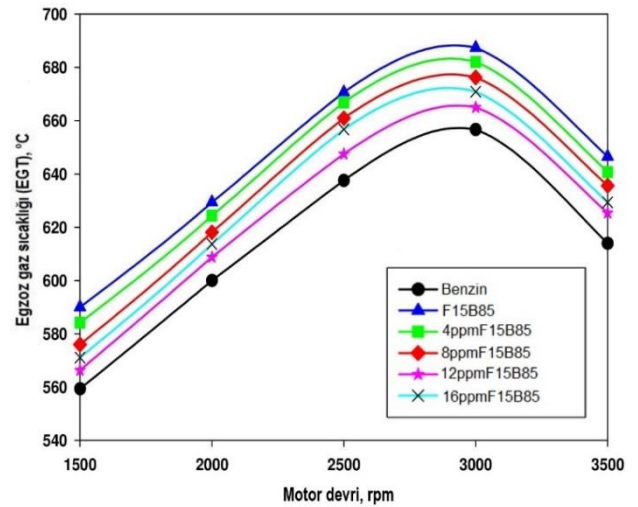
Şekil 4. Deneysel yakıtlara Mn ilavesinin BSFC üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to test fuels on BSFC)

Alkol içerikli yakıtların içeriğindeki oksijen değeri yüksektir. Bu durum yanma performansını iyileştirir. Bu durum BSFC azalmasını tetikler [38,39]. Diğer yandan Tablo 2 incelendiğinde fuzel yağının kalorifik değeri benzine göre düşük, yoğunluk ve viskozitesi ise yüksektir. Efektif motor gücünü elde etmek için silindir içerisinde daha fazla yakıtı ihtiyaç duyulur. Bu durum ise BSFC'yi artırır. Fuzel-Benzin karışımlarının yoğunluklarının yüksek olması birim hacim başına düşen kütle miktarını artırır ve BSFC artışını tetikler [41]. F15B85 yakıtına mangan ilave oranı arttıkça BSFC artışını aşağıya çekmiştir. Ancak 12ppmF15B85 test yakıtında en az BSFC artışını gerçekleştirerek en iyi performans gösteren test yakıtı olarak tespit edilmiştir. 4-8-12 ve 16 ppm Mn ilavesinde 12ppm ilave miktarı ideal oran olarak görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde F15B85 deneysel yakıtlara Mn ilavesi karışım yakıtlarının viskozite ve donma noktalarını iyileştirmiştir. Metal esaslı katkı maddelerinin katalizör etkisi sebebiyle BSFC'de azalmaya sebep olmaktadır. Bu sebeple Mn ilave oranına bağlı olarak BSFC azalmıştır. Yapılan araştırmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir [7-10,42].

3.2.4 EGT değişimleri (EGT changes)

Şekil 5'te Deneysel yakıtlarının motor devrine göre EGT değişimleri görülmektedir. Egzoz gaz sıcaklıklarında Benzin yakıtına göre F15B85 yakıtında ortalama olarak %5,11, 4ppmF15B85 yakıtında %4,30, 8ppmF15B85 yakıtında %3,92, 12ppmF15B85 yakıtında %2,48 ve 16ppmF15B85 yakıtında %3,041 artış tespit edilmiştir. En az sıcaklık artışı 12ppmF15B85 yakıtında

gerçekleşmiştir. Genel olarak, yük arttıkça, daha yüksek yakıt tüketiminin bir sonucu olarak daha yüksek yanma sıcaklığı nedeniyle egzoz sıcaklığı artar. F15B85 karışımının yakıt yoğunluklarının yüksek oluşu birim hacim yakıt miktarını artırır. Bu durum yanma sonucu sıcaklığını ve dolayısıyla EGT'yi yükseltir. Diğer yandan F15B85 yakıtına Mn ilavesi karışım yoğunluğunu etkiler [42]. Tablo 2 incelendiğinde Mn ilavesi arttıkça karışım yoğunluğu düşmektedir. Bu durum birim hacim başına düşen yakıt miktarını azaltır. 12ppmF15B85 yakıtında diğer Mn ilavelerine göre (4,8 ve 16ppm) en az EGT artışı sağlamıştır. 12ppm Mn ilave oranı diğer Mn ilave oranlarına göre optimal iyileştirme sağlamıştır.

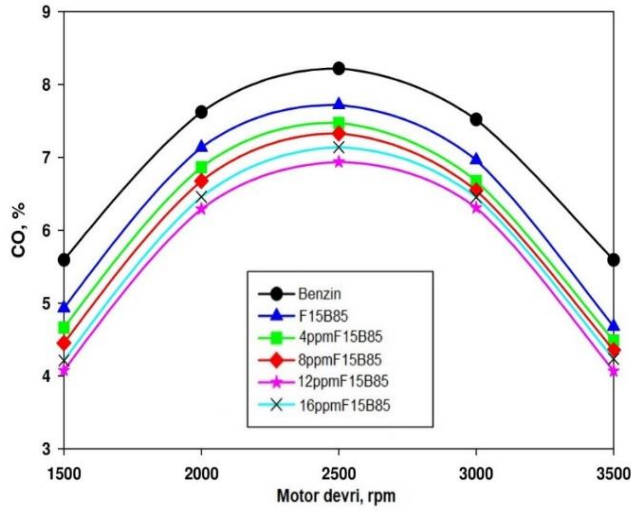


Şekil 5. Deneysel yakıtlara Mn ilavesinin EGT üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to test fuels on EGT)

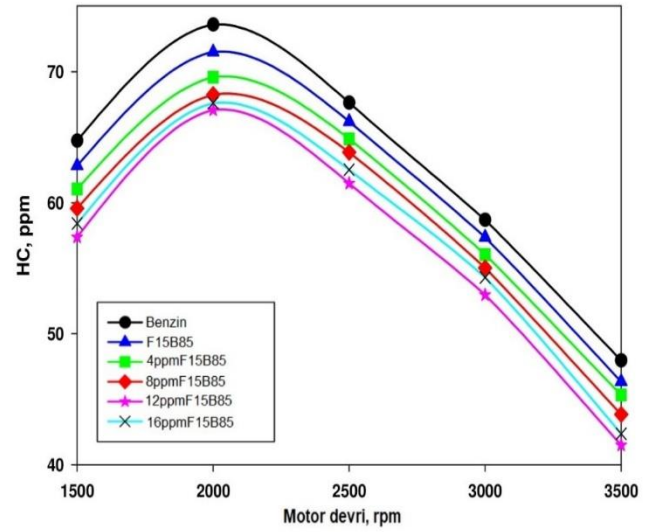
3.3. Emisyon grafikleri (Emission graphs)

3.3.1 CO değişimleri (CO changes)

Şekil 6'da deneysel yakıtlarının motor devrine göre CO değişimleri görülmektedir. Deneysel yakıtlarının CO değişimleri Benzin yakıtına göre kıyaslandığında ortalama olarak F15B85 yakıtında %9,61, 4ppmF15B85 yakıtında %13,33, 8ppmF15B85 yakıtında %15,75, 12ppmF15B85 yakıtında %20,69 ve 16ppmF15B85 yakıtında %18,32 azalma sağlanmıştır. En çok azalma 12ppmF15B85 yakıtında gerçekleşmiştir. CO emisyonları genel olarak eksik yanmanın bir ürünüdür [46]. Benzin içerisinde alkol esaslı yakıt karışımları CO emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir. Çünkü alkol esaslı yakıtlar içerisinde benzin yakıtına göre yüksek miktarda oksijen barındırır. Benzin içerisinde alkol oranı arttıkça karışım içerisinde oksijen miktarı artar ve bu durum yanmayı iyileştirerek önemli ölçüde CO emisyonlarını düşürür [48,38,40].



Şekil 6. Deneyel yakıtlara Mn ilavesinin CO üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to experimental fuels on CO)



Şekil 7. Deneyel yakıtlara Mn ilavesinin HC üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to test fuels on HC)

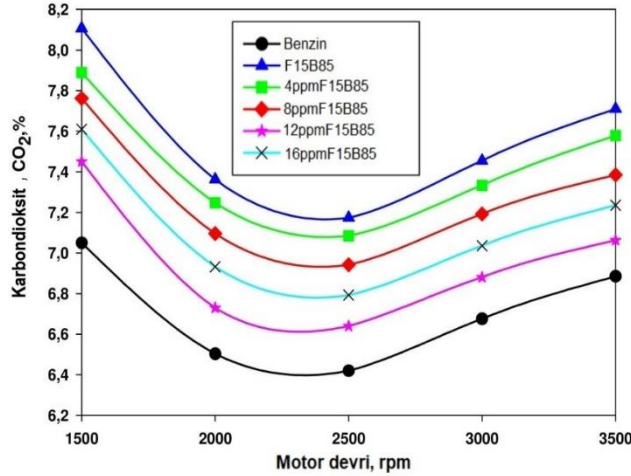
Şekil 6' da en fazla CO azalması 12ppmF15B85 yakıtında tespit edilmiştir. CO emisyonundaki düşüşün diğer bir sebebi yakıt içerisine eklenen Mn ilavesidir. Mn bazlı katkı maddeleri yanma süresini kısaltarak daha düzgün yanma sağlamak ve CO emisyonlarını düşürmektedir. [7,9,11,43]. Benzin yakıtına göre Mn ilavesine sahip yakıt karışımların tamamı CO miktarını düşürmüştür. Karışımlar içerisinde optimum düşme 12ppm Mn ilavesinde elde edilmiştir.

3.3.2 HC değişimleri (HC changes)

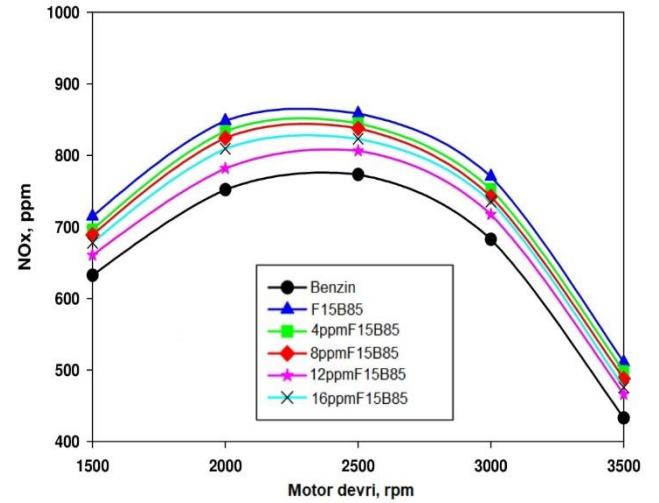
Şekil 7'de deneyel yakıtlarının motor devrine göre HC değişimleri görülmektedir. Deneyel yakıtlarının HC değişimleri Benzin yakıtına göre kıyaslandığında ortalama olarak F15B85 yakıtında %2,72, 4ppmF15B85 yakıtında %5,05, 8ppmF15B85 yakıtında %7,14, 12ppmF15B85 yakıtında %10,51 ve 16ppmF15B85 yakıtında %8,93 azalma sağlanmıştır. En çok azalma 12ppmF15B85 yakıtında gerçekleşmiştir. Benzin içerisindeki %15 oranında volumetrik olarak fuzel yağı eklenmesi HC miktarının düşmesinde etkili rol oynamıştır. Çünkü fuzel yağı içerisindeki oksijen miktarı fosil bazlı yakıt olan benzine göre yüksektir. Bu durum yanmayı iyileştirir ve sıcaklık artışına sebep olur dolayısıyla HC miktarının azalmasına sebep teşkil edebilir [16,23,24]. F15B85 yakıtı içerisine Mn ilave edilmesi HC emisyonlarının azaltılmasına etki etmiştir. F15B85 yakıtı içerisindeki Mn ilave oranına paralel olarak HC emisyonlarının azalma eğilimine gittiği görülmektedir. 4 ppm ve 8 ppm mangan ilave oranına bağlı HC miktarlarında düşüş gözlenirken 16 ppm Mn ilavesinde 12 ppm Mn ilavesine göre daha az HC düşüşü görülmüştür. 12 ppm Mn ilavesi sonucunda en fazla HC düşüşü sağlamıştır. F15B85 yakıtı için ideal Mn miktarı diğer grafiklerde göz önüne alındığında 12 ppm olduğu söylenebilir.

3.3.3 CO₂ değişimleri (CO₂ changes)

Şekil 8'de deneyel yakıtlarının motor devrine bağlı CO₂ değişimleri görülmektedir. Deneyel yakıtlarının CO₂ değişimleri Benzin yakıtına göre kıyaslandığında ortalama olarak F15B85 yakıtında %12,72, 4ppmF15B85 yakıtında %10,73, 8ppmF15B85 yakıtında %8,47, 12ppmF15B85 yakıtında %3,65 ve 16ppmF15B85 yakıtında %6,16 artış meydana gelmiştir. En az artış 12ppmF15B85 yakıtında gerçekleşmiştir. CO₂ yakıtların tam yanma süreçlerinde ait olup, içerisinde karbon atomu barındıran İYM'larda son yanma ürünü olarak bilinir. Silindir içerisinde yanma sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve yakıt içerisindeki oksijen miktarı CO₂ oluşumunu tetikler [18,31,44]. Literatürdeki benzer çalışmalarda CO₂ miktarının arttığı tespit edilmiştir [27,34,41,42]. Yapılan çalışmada %15'lik fuzel yağı katkısı yakıt karışımının içeriğindeki oksijen miktarının artışına sebep teşkil etmiş olabilir. Şekil 8 incelendiğinde, F15B85 yakıt karışımı içerisine Mn ilave miktarlarının artışına bağlı CO₂ miktarlarında da azalış gözlemlenmektedir. Organik reçine bazlı manganin donma noktasını düşürdüğü, viskozite ve parlama noktasını düşürdüğü ve zararlı egzoz emisyonlarının etkilerini azalttığı tespit edilmiştir [8,11,45]. En çok CO₂ azalışı 12ppmF15B85 yakıtında elde edilmiştir. Bilindiği üzere CO₂ sera gazı oluşumunu tetikleyerek küresel ısınmayı tehdit etmektedir. Yakıt karışımları içerisine Mn ilavesi CO₂ oluşumunun azalmasına katkı sağlamıştır.



Şekil 8. Deneyel yakıtlara Mn ilavesinin CO₂ üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to test fuels on CO₂)



Şekil 9. Deneyel yakıtlara Mn ilavesinin NO_x üzerine olan etkileri (Effects of Mn addition to test fuels on NO_x)

3.3.4 NO_x değişimleri (NO_x changes)

Şekil 9'da deneysel yakıtlarının motor devrine bağlı NO_x değişimleri görülmektedir. Deneysel yakıtlarının NO_x değişimleri Benzin yakıtına göre kıyaslandığında ortalama olarak F15B85 yakıtında %13,55, 4ppmF15B85 yakıtında %11,12, 8ppmF15B85 yakıtında %9,68, 12ppmF15B85 yakıtında %5,10 ve 16ppmF15B85 yakıtında %7,78 artış meydana gelmiştir. En az artış 12ppmF15B85 yakıtında gerçekleşmiştir. Alkol esaslı yakıtların içeriğindeki oksijen miktarının benzin yakıtına göre yüksek olması yanma verimini iyileştirmektedir. Yakıtın yoğunluğu, viskozitesi, birim kütle enerjisi, oktan sayısı gibi özellikler yakıtın silindir içerisindeki yanmayı etkileyerek yanma sonu sıcaklığını tetikler [6,10]. F15B85 yakıtı içerisinde %15 oranında fuzel yağı ilave edilmesi içerikteki oksijen miktarını iyileştirdiği, bu durumda yanmanın iyileştiği ve yanma sonu sıcaklıklarının artmasının NO_x miktarını artırdığı söylenebilir. Şekil 5'te EGT sıcaklıklarının artması da bu oluşumu doğrulamaktadır. Şekil 9 incelendiğinde benzin yakıtına göre diğer deneysel yakıtlar fazla NO_x üretmiştir. Ancak F15B85 yakıtı içerisinde Mn ilavesi ile birlikte 12ppmF15B85 yakıtında en az NO_x oluşumu gerçekleşmiştir. Bilindiği gibi NO_x zararlı bir egzoz gazı emisyonudur. Yakıt içerisinde Mn ilavesi NO_x oluşumunu azalttığı söylenebilir. Ancak ideal Mn ilavesinin tespiti önemlidir. Bu çalışmada 12ppm Mn ilavesinde diğer Mn oranlarına göre kayda değer bir NO_x azalımı sağlamıştır (ortalama %5,10).

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada benzin içerisine %15 oranında atık fuzel yağı ilave edilerek F15B85 yakıtı elde edilmiştir. Bu deneysel yakıt içerisine sırasıyla 4, 8, 12 ve 16 ppm organik reçine esaslı Mn ilave edilmiştir. Mn ilave sonucunda 4ppmF15B85, 8ppmF15B85, 12ppmF15B85, 16ppmF15B85 deneysel yakıtlar elde edilmiştir. Bu deneysel yakıtlar elektrikli bir dinamometreye bağlı atmosferik şarjlı benzinli bir motorda test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve ileriki çalışmalarda referans olabilecek öneriler sıralanmıştır.

- Benzin-fuzel yağı karışımları içerisine organik reçine bazlı Mn ilavesi tork artışı sağlamıştır. En çok tork artışı 12ppmF15B85 yakıtında ortalama olarak %4,18 olarak tespit edilmiştir. 12ppm Mn ilavesi diğer Mn ilaveli deneysel yakıtlara göre en iyi performans elde edilmiştir.
- Benzin-fuzel yağı karışımları içerisine organik reçine bazlı Mn ilavesi tork artışına benzer güç artışı sağlamıştır. En çok güç artışı 12ppmF15B85 yakıtında ortalama olarak %5,04 olarak ölçülmüştür. 12 ppm Mn ilaveli yakıt diğer yakıtlara göre en iyi performansı sergilemiştir.
- Tüm deneysel yakıtlarının BSFC değerleri benzin yakıtına göre artış göstermiştir. En düşük BSFC artışı 12ppmF15B85 yakıtında ortalama %3,12 olarak ölçülmüştür. Mn ilavesi BSFC artışını düşürmüştür. Bu düşüş en fazla 12ppm ilaveli yakıtta gerçekleşmiştir.
- Deneysel yakıtların EGT değerleri benzin yakıtına göre artış göstermiştir. En az sıcaklık artışı 12ppmF15B85 yakıtında %2,48 olarak tespit edilmiştir.
- Deneysel yakıtlarının CO değerleri azalış eğilimindedir. En az CO üretimi 12ppmF15B85 yakıtında %20,69 olarak ölçülmüştür.
- Deneysel yakıtların HC değerleri CO değerlerine benzer bir azalma eğilimindedir. En az HC ölçümü

12ppmF15B85 yakıtında %10,51 olarak ölçülmüştür.

- Deneysel yakıtlarının CO₂ değerleri benzin yakıtına göre artma eğilimindedir. En az CO₂ üretimi 12ppmF15B85 yakıtında %3,65 olarak tespit edilmiştir.
- Deneysel yakıtların NO_x değerleri benzin yakıtına göre artış eğilimindedir. En az NO_x üretimi 12ppmF15B85 yakıtında %5,10 olarak gerçekleşmiştir.
- Benzin-fuzel yağı karışımları içerisine 12ppm miktarındaki organik reçine bazlı Mn ilavesi tork ve güçte olumlu artış sağlamış, diğer deneysel yakıtlara göre CO ve HC değerlerini azaltarak daha az CO₂ ve NO_x üretmiştir.

Bu çalışmada fosil yakıt benzin içerisine farklı oranlarda Mn ilavesi yapılmıştır. Farklı alkol-benzin karışımları içerisine Mn ilavesi yapılarak farklı araştırma zeminleri oluşturulabilir. Diğer yandan fosil bazlı yakıt olan motorin içerisine de farklı oranlarda metilester eklenerek oluşturulan yakıt karışımları içerisine farklı oranlarda Mn ilavesi yapılarak araştırmaları genişletmek mümkündür.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasalözel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Süleyman ÜSTÜN : Motor deneyleri, sonuçların yorumlanması, makalenin yazımında görev almıştır.

Metin GÜRÜ : Organik reçine bazlı mangan hazırlığı, sonuçların yorumlanması ve yazımında görev almıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

SİMGELER VE KISALTMALAR (NOMENCLATURE)

F15B85	Hacimce %15 fuzel yağı %85 B karışımı olan test yakıtı
4ppmF15B85	Hacimce %15 fuzel yağı %85 B ve 4ppm mangan ilaveli test yakıtı
8ppmF15B85	Hacimce %15 fuzel yağı %85 B ve 8ppm mangan ilaveli test yakıtı
12ppmF15B85	Hacimce %15 fuzel yağı %85 B ve 12ppm mangan ilaveli test yakıtı,
16ppmF15B85	Hacimce %15 fuzel yağı %85 B ve 16ppm mangan ilaveli test yakıtı,

B	Benzin
BSFC	Fren özgül yakıt tüketimi
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
rpm	Dakikadaki devir sayısı
EGT	Egzoz gaz sıcaklığı
HC	Hidrokarbon
IYM	İçten yanmalı motorlar
Mn	Mangan
MnO₂	Mangan dioksit
MON	Motor oktan sayısı
NO_x	Azotoksit
RON	Araştırma oktan sayısı
ppm	1 milyon çözelti içerisinde çözünen madde miktarı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Haas, M. J., McAloon, A. J., Yee, W. C., & Foglia, T. A., "A process model to estimate biodiesel production costs," *Bioresource Technology*, 97(4): 671-678, (2006).
- [2] Apostolou, A. A., Kookos, I. K., Marazioti, C., & Angelopoulos, K. C. "Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils," *Fuel Processing Technology*, 90(7-8): 1023-1031, (2009).
- [3] Simsek, S., "Effects of biodiesel obtained from Canola, sefflower oils and waste oils on the engine performance and exhaust emissions," *Fuel*, 265: 117026, (2020).
- [4] Carraretto, C., Macor, A., Mirandola, A., Stoppato, A., & Tonon, S., "Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations," *Energy*, 29(12-15): 2195-221, (2004).
- [5] İçingür, Y., & Calam, A., "Fuzel Yağı Benzin Karışımlarının Buji İle Ateşlemeli Bir Motorda Performans Ve Emisyonlara Etkisi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1): 143-149, (2012).
- [6] Özer, S., "The effect of diesel fuel-tall oil/ethanol/methanol/isopropyl/n-butanol/fusel oil mixtures on engine performance and exhaust emissions," *Fuel*, 281: 118671, (2020).
- [7] Keskin, A., Gürü, M., & Altıparmak, D., "Biodiesel production from tall oil with synthesized Mn and Ni based additives: effects of the additives on fuel consumption and emissions," *Fuel*, 86(7-8): 1139-1143, (2007).
- [8] Gürü, M., Karakaya, U., Altıparmak, D., Alicılar, A., "Improvement of diesel fuel properties by using additives," *Energy conversion and Management*, 43(8): 1021-1025, (2002).
- [9] Keskin, A., Gürü, M., & Altıparmak, D., "Influence of tall oil biodiesel with Mg and Mo based fuel additives on diesel engine performance and emission," *Bioresource Technology*, 99(14): 6434-6438, (2008).

- [10] Gürü, M., Koca, A., Can, Ö., Çınar, C., Şahin, F., "Biodiesel production from waste chicken fat based sources and evaluation with Mg based additive in a diesel engine," *Renewable Energy*, 35(3): 637-643, (2010).
- [11] Üstün, S., "Atık fuzel yağı-motorin karışımı içerisinde organik esaslı mangan ilavesinin motor performansı ve emisyon karakteristiklerinin araştırılması," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3): 1515-1530, (2021).
- [12] Solmaz, H., "Combustion, performance and emission characteristics of fusel oil in a spark ignition engine" *Fuel Processing Technology*, 133: 20-28, (2015).
- [13] Calam, A., Solmaz, H., Uyumaz, A., Polat, S., Yılmaz, E., İçingür, Y., "Investigation of usability of the fusel oil in a single cylinder spark ignition engine," *Journal of the energy institute*, 88(3): 258-265, (2015).
- [14] Abdalla, A. N., Awad, O. I., Tao, H., Ibrahim, T. K., Mamat, R., Hammid, A. T., "Performance and emissions of gasoline blended with fusel oil that a potential using as an octane enhancer," *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 41(8): 931-947, (2019).
- [15] Ardebili, S. M. S., Solmaz, H., & Mostafaei, M., "Optimization of fusel oil-Gasoline blend ratio to enhance the performance and reduce emissions," *Applied Thermal Engineering*, 148: 1334-1345, (2019).
- [16] Simsek, S., & Ozdalyan, B., "Improvements to the composition of fusel oil and analysis of the effects of fusel oil-gasoline blends on a spark-ignited (SI) engine's performance and emissions", *Energies*, 11(3): 625, (2018).
- [17] Calam, A., "Effects of the fusel oil usage in HCCI engine on combustion, performance and emission," *Fuel*, 262: 116503, (2020).
- [18] Ağbulut, Ü., Yeşilyurt, M. K., Sarıdemir, S., "Wastes to energy: Improving the poor properties of waste tire pyrolysis oil with waste cooking oil methyl ester and waste fusel alcohol-A detailed assessment on the combustion, emission and performance characteristics of a CI engine," *Energy*, 222: 119942, (2021).
- [19] Awad, O. I., Mamat, R., Ibrahim, T. K., Ali, O. M., Kadirgama, K., Leman, A. M., "Performance and combustion characteristics of an SI engine fueled with fusel oil-gasoline at different water content," *Applied Thermal Engineering*, 123: 1374-1385, (2017).
- [20] Ağbulut, Ü., Sarıdemir, S., Karagöz, M., "Experimental investigation of fusel oil (isoamyl alcohol) and diesel blends in a CI engine," *Fuel*, 267: 117042, (2020).
- [21] Alenezi, R. A., Mamat, R., Norkhizan, A. M., Najafi, G., "The effect of fusel-biodiesel blends on the emissions and performance of a single cylinder diesel engine," *Fuel*, 279: 118438, (2020).
- [22] Pelkmans, L., Lenaers, G., Bruyninx, J., Scheepers, K., De Vlieger, I., "Impact of biofuel blends on the emissions of modern vehicles," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 225(9): 1204-1220, (2011).
- [23] Ribeiro, C. B., Martins, K. G., Gueri, M. V. D., Pavanello, G. P., Schirmer, W.N., "Effect of anhydrous ethanol/gasoline blends on performance and exhaust emissions of spark-ignited non-road engines," *Environmental Science and Pollution Research*, 25(24): 24192-24200, (2018).
- [24] Aydoğan, H., "An experimental study of the effects of bioethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and emissions," *World*, 10(20.37): 100-0, (2012).
- [25] Biswal, A., Gedam, S., Balusamy, S., Kolhe, P., "Effects of using ternary gasoline-ethanol-LPO blend on PFI engine performance and emissions," *Fuel*, 281: 118664, (2020).
- [26] Durão, L., Costa, J., Arantes, T., Brito, F. P., Martins, J., Gonçalves, M., "Performance and emissions of a spark ignition engine operated with gasoline supplemented with pyrogasoline and ethanol," *Energies*, 13(18): 4671, (2020).
- [27] Mourad, M., Mahmoud, K., "Investigation into SI engine performance characteristics and emissions fuelled with ethanol/butanol-gasoline blends," *Renewable Energy*, 143: 762-771, (2019).
- [28] Elfasakhany, A., "Experimental study on emissions and performance of an internal combustion engine fueled with gasoline and gasoline/n-butanol blends," *Energy Conversion and Management*, 88: (2014).
- [29] Li, Y., Ning, Z., Lee, C. F. F., Lee, T. H., Yan, J., "Performance and regulated/unregulated emission evaluation of a spark ignition engine fueled with acetone-butanol-ethanol and gasoline blends," *Energies*, 11(5): 1121, (2018).
- [30] Kaisan, M. U., Yusuf, L. O., Ibrahim, I. U., Abubakar, S., Narayan, S., "Effects of Propanol and Camphor Blended with Gasoline Fuel on the Performance and Emissions of a Spark Ignition Engine," *ACS Omega*, 5(41): 26454-26462, (2020).
- [31] Özer, S., "Effects of alternative fuel use in a vehicle with TSI (turbocharged direct-injection spark-ignition) engine technology", *International Journal of Green Energy*, 1-11: (2021).
- [32] Lionus, L.G., Subramani, S., Sundaraganesan, A., "Experimental investigation, ANN modelling and TOPSIS optimization of a gasoline premixed HCCI-DI engine with direct injection of FeCl₃ nanoddytve blended WCO," *Transactions of Famena*, 43(3): 83-100, (2019).
- [33] Li, Z., Zhang, S., Cao, F., "Analysis of Performance and Stability Factors of Vehicle Ethanol Gasoline for Motor Vehicle," In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 514: No. 4, p. 042025), (2020).
- [34] Şimşek, S., Saygın, H., Özdaylan, B., "Improvement of fusel oil features and effect of its use in different compression ratios for an SI engine on performance and emission," *Energies*, 13(7): 1824, (2020).
- [35] Uslu, S., Celik, M. B., "Combustion and emission characteristics of isoamyl alcohol-gasoline blends in spark ignition engine," *Fuel*, 262: 116496, (2020).
- [36] Musa, J. I., Eesaa, E. A., Ali, O. M., "Enhancement of SI engines performance operating with gasoline fuel using high octane additives from waste materials," In *AIP Conference Proceedings*, 2213(1), 020032. AIP Publishing LLC, (2020, March).
- [37] Ali, O. M., "Utilisation of Chemical Waste Additives with Low Octane Commercial Gasoline Fuel to Enhance the Performance of SI Engines," *International Journal*

- of Automotive and Mechanical Engineering*, 18(1): 8612-8620, (2021).
- [38] Najafî, G., Ghobadian, B., Yusaf, T., Ardebili, S. M. S., Mamat, R., "Optimization of performance and exhaust emission parameters of a SI (spark ignition) engine with gasoline-ethanol blended fuels using response surface methodology," *Energy*, 90: 1815-1829, (2015).
- [39] Ghazikhani, M., Hatami, M., Safari, B., Ganji, D. D., "Experimental investigation of performance improving and emissions reducing in a two stroke SI engine by using ethanol additives," *Propulsion and Power Research*, 2(4): 276-283, (2013).
- [40] Liu, G., Ruan, C., Li, Z., Huang, G., Zhou, Q., Qian, Y., Lu, X., "Investigation of engine performance for alcohol/kerosene blends as in spark-ignition aviation piston engine," *Applied Energy*, 268: 114959, (2020).
- [41] Sharudin, H., Abdullah, N. R., Najafî, G., Mamat, R., Masjuki, H. H., "Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends," *Applied Thermal Engineering*, 114: 593-600, (2017).
- [42] Keskin, A., Gürü, M., & Altıparmak, D., "Influence of metallic based fuel additives on performance and exhaust emissions of diesel engine," *Energy Conversion and Management*, 52(1): 60-65, (2011).
- [43] Uyaroğlu, A., Gürü, M., Kocakulak, T., Uyumaz, A., Solmaz, H., "Combustion, performance and emission analyses of organic Manganese-Added crambe abyssinica biodiesel in a direct injection diesel engine," *Fuel*, 297: 120770, (2021).
- [44] Nanthagopal, K., Ashok, B., Saravanan, B., Patel, D., Sudarshan, B., Ramasamy, R. A., "An assessment on the effects of 1-pentanol and 1-butanol as additives with Calophyllum Inophyllum biodiesel," *Energy Conversion and Management*, 158: 70-80, (2018).
- [45] Çelikten, İ, and Gürü, M., "Petrodizel Ve Kanola Biyodizeli Performans Ve Emisyon Kriterlerinin Mangan Esasli Katkı Maddeleriyle Geliştirilmesi." *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 26 (3): 643-648, (2011).
- [46] Calam, A., "Homojen Dolgulu Sıkıştırma ile Ateşlemeli Bir Motorda N-Heptan-Tetrahidrofurana Karışımlarının Yanma, Performans ve Emisyonlara Etkisi," *Politeknik Dergisi*, 24 (3): 1033-1043, (2021).
- [47] Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi (TÜPRAŞ), <https://tprstaticfilessa.blob.core.windows.net/assets/uploads/urunler/spek/urun-spesifikasyonu-kursunsuz-benzin-95-oktan.pdf>, Erişim tarihi Ekim 22, 2021.
- [48] Özer S., and Vural E., "Turboşarjlı enjeksiyonlu benzinli bir motorda LPG kullanımının emisyonlar ve motor performansı açısından incelenmesi." *Politeknik Dergisi* 24.1: 143-150, (2021)