
Araştırma Makalesi / Research Article

Buji Ateşlemeli Motorlarda Yakıt Asetilen Gazı İlavesinin Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi

Erdoğan VURAL^{*1}, Salih ÖZER²

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bitlis

² Muş Alparslan Üniversitesi MYO, Otomotiv Tek. Muş

Özet

Artan enerji ihtiyacı ve çevre kirliliği nedeniyle buji ateşlemeli motorlarda benzin ve bunların yanında alternatif yakıt olarak LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı), CNG (Sıkıştırılmış Doğal Gaz), hidrojen ve alkoller kullanılmaktadır. Maliyetlerinin az olması, çevreye daha az kirlilik vermesi nedeniyle, gazlar alternatif yakıt olarak günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada asetilen gazının buji ateşlemeli bir motorda, egzoz emisyonları bakımından alternatif bir yakıt olabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Deneyin yapılması sırasında içten yanmalı benzinli, tek silindirli, dört zamanlı, sıkıştırma oranı 8/1, maksimum motor devri 3600 d/d olan bir motor kullanılmıştır. Deney ise; 1600 d/d ile 3200 d/d arasında, 400 d/d artırılarak, silindir içerisine kütleli olarak %20 ve %30 oranlarında asetilen gazı ilavesinin egzoz emisyonlarına etkisi araştırılmıştır. İncelemeler sonucunda, %20 ve %30 asetilen gazı ilavesinin yanmayı kötüleştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca egzoz gazı sıcaklığında, HC, CO, CO₂ ve NO_x emisyonlarında farklı oranlarda azalmalar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asetilen gazı, alternatif yakıt, egzoz emisyonları, çevre kirliliğinin azaltılması.

The Experimental Analysis of the Effect of Acetylene Gas Addition to the Fuel on Exhaust Emissions in Spark Ignition Engines

Abstract

Because of the increasing energy need and pollution in spark plug motors LPG (Liquefied Petroleum Gas), CNG (Combustion Natural Gas), hydrogen and alcohols as alternative fuels are used beside gasoline and other type of fuels. Today, gases have significant role as alternative fuels since they are less expensive and contaminating. In this study, the feasibility of acetylene gas in a spark ignition engine as an alternative fuel in terms of exhaust emissions is experimentally investigated.

A motor that is internal combustion gasoline, single-cylinder, four stroke, compression ratio, 8/1, and the maximum engine speed 3600 rev/min has been used during the experiment. However, in the experiment, between 1600 rev/min and 3200 rev/min, increasing 400 rev/min, addition of acetylene gas in exhaust emissions in proportion %20 and %30 percent has been researched.

At the end of the analyzing, it has been observed that %20 and %30 addition of acetylene gas has worsened the combustion. Besides, in exhaust gas temperature, in HC, CO, CO₂ and NO_x emissions various ratios of decreases have been resulted.

Keyword: Acetylene gas, Alternative fuel, Exhaust emissions, reducing pollution.

* Sorumlu yazar: erdinc009@hotmail.com

1. Giriş

İçten yanmalı motorlar genel olarak fosil kökenli yakıtlar ile çalışmaktadır. 2004 yılı istatistiklerine göre, toplam petrol rezervlerinin yaklaşık $1,54 \times 10^{11} \text{ m}^3$ olduğu ve bu rezervlerin ortalama 50 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir [1]. Üretilen petrolün 1/3'ü 185 kW'dan daha küçük güç kapasiteli taşıt motorlarında tüketilmektedir ve bu motorlar egzoz emisyonları ile çevre kirliliğinin temel nedenini oluşturmaktadır [2, 3]. Son yıllarda içten yanmalı motorların üzerinde yapılan çalışmaların büyük bölümü motor emisyonlarının azaltılmasına yöneliktir. Fakat hızla artan nüfus sayısı ulaşım sorununu ortaya çıkartmakta ve araç sayısını artırmaktadır. Artan araç sayısına bağlı olarak da kirli emisyonlar doğaya hızla yayılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı da temiz enerji kaynakları daha da önem kazanmaktadır.

Hidrokarbon esaslı yakıtların yanması sonucu açığa çıkan; CO_2 , CO , HC , SO_x , NO_x ve partikül emisyonları atmosferi kirleterek ciddi sağlık problemleri oluşturmaktadırlar. Karbon (C) ihtiva eden yakıtları yakan endüstriyel motorlar, evsel ve endüstriyel kazanlar gibi kaynaklardan çıkan atık gazların hava kirliliği oluşturmasındaki katkıları her ne kadar büyükse de, yapılan istatistikler sonucunda büyük şehirlerde taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin toplam hava kirliliği içindeki payının %50'lere ulaştığı bilinmektedir [4, 5, 6, 7].

Son yıllarda artan çevre bilincine ve mevcut enerji kaynaklarının biteceği kuşkularına paralel olarak özellikle gelişmiş ülkelerde hükümetlerin yaptırımları, üniversitelerin yönlendirmeleri üretici firmaları çevreyi kirletmeyen, alternatif yakıtlı ve tahrikli ürünlerin imalatına sevk etmiştir. Bu nedenle, otomotiv sektörü emisyonları azaltacak tedbirler almaya ve alternatif yakıtları kullanabilecek motorlar üretmeye başlamışlardır [8, 9].

Gazların çevreyi daha az kirletmesi, üretim maliyetlerinin düşük olması, benzin ve dizel yakıtına alternatif olarak kullanılacak bir yakıt olmalarını yaygınlaştırmaktadır. Bu sebeple içten yanmalı motorlarda (İYM), gazlarla ilgili yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. İYM'larda alternatif olarak kullanılmak istenilen gaz yakıtların başında hidrojen gelmektedir. Hidrojen buji ile ateşlemeli motorlar için oldukça ilgi çekici bir yakıttır. Hidrojen, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan, güneş enerjisi ve nükleer enerjiden, su gibi sonsuz bir kaynaktan elde edilebilmektedir. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında, yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkarması nedeni ile çevre kirliliğine neden olmamaktadır. Sınırsız kaynaklara sahip olan ve havayı kirletmesi açısından İYM'lar da kullanılan diğer alternatif yakıtlara göre daha iyi durumda olan hidrojenin, içten yanmalı motorlarda kullanımı çalışmalarına 1900'lü yılların başlarında başlanmıştır ve 1970'den sonra çalışmalar yoğunlaştırılmıştır [10, 11]. Hidrojen yakıtlı motorlarda yanma açısından ortaya çıkan en önemli iki sorun, geri tutuşma ve erken ateşleme olaylarıdır. Yanma odasına gönderilen yakıt/hava karışımının silindire girmeden önce tutuşması sonucunda motorun emme manifoldu içinde geriye doğru alevin ilerlemesi geri tutuşma olarak tanımlanmaktadır. Bu olay İYM emme sistemi elamanlarını tahrip etmekte ve emniyet açısından sorun oluşturmaktadır. Yanma odasına gönderilen karışımın bujide kıvılcım çakmadan önce sıcak odaklar tarafından tutuşturularak yanmayı istenilenden önce başlatması da erken tutuşma olarak tanımlanmaktadır. Hidrojenin tutuşma enerjisinin düşük olması bu iki sorunu ortaya çıkarmaktadır [12, 13, 14].

Changwei ve Shuofeng [15], 4 silindirli, 4 zamanlı, sıkıştırma oranı 10:1 olan buji ateşlemeli bir motorda benzin yakıtına ilave olarak hidrojen katkısının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. 1400 d/d'da değişik hidrojen gazı oranları ilavesini ve değişik motor sıkıştırma oranlarında gerçekleştirdikleri deneylerde, benzinin içerisine hidrojen ilavesi ile motor gücü arttığını ve motor sıkıştırma oranı ile hidrojen ilave edilmesi sonucunda motor gücünde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun yanında CO , NO_x , CO_2 , HC emisyonlarında olumlu yönde iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir.

Verhelst ve arkadaşları [16], benzinli 4 zamanlı, 4 silindirli bir motorda hidrojen/benzin karışımlarının ve hidrojen gazının yanmasının verimliliği üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada içten yanmalı bir motor, ilk olarak benzin ile çalıştırılmış, sonrasında %50 hidrojen gazı ilavesi yapılmış sonrasında da %100 hidrojen gazı ile deney yapmışlardır. Yapılan bu 3 deneydeki veriler grafik haline getirilerek karşılaştırılmışlardır. Hidrojen gazının %100 kullanımının, %50 hidrojen ilavesinden ve benzinin yanmasından daha verimli olduğu sonucunu bildirmişlerdir.

İsmail ve Mehta [17], yaptıkları çalışmada benzinin içerisine hidrojen ilavesinin motor performansına etkilerini matematiksel modelleme yöntemi ile araştırmışlardır. Değişik devir ve

sıkıştırma oranlarında yaptıkları çalışmada buldukları sonuçlar, benzinin içerisine değişik oranlarda ilave edilen hidrojen gazı ile motor performansını olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Aktaş ve Doğan [18], tek silindirli, sıkıştırma ile ateşlemeli, dört zamanlı bir motorda dizel yakıtına değişik oranlarda LPG ilavesinin motor performansına ve emisyonlarına olan etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada dizel motorunun maksimum torkunun elde edildiği devirde çalıştırılmış ve dizel yakıtı pilot yakıt olarak kullanılarak, silindir içerisine ağırlıkça değişik oranlarda LPG ilave etmişlerdir. Dizel yakıtına LPG ilavesi ile NO_x , is emisyonları iyileştiğini HC emisyonlarının ise arttığını gözlemişlerdir. Ayrıca dizel motorlarında değişik oranlarda LPG ilavesiyle yakıt tüketiminde azalma ve motor gücünde artma tespit etmişlerdir.

Lakshmanan ve Nagarajan [19], 4 silindirli, hava ile soğutmalı, sıkıştırma ile ateşlemeli, direk enjeksiyonlu, enjeksiyon püskürtme basıncı 200 bar olan bir motorda değişik motor güçlerinde, dizel yakıtına 0,20 kg/h, 0,29 kg/h, 0,39 kg/h oranlarında asetilen gazı ilavesinin emisyonlara ve motor performansına etkisini incelemişlerdir. Dizel yakıtına hacimsel olarak ilave ettikleri asetilen gazının miktarını bir akış debimetresi ile ölçmüşlerdir. Motor parametrelerinin sonuçlarını daha iyi görmek için silindir içi basınç-krank konumu grafiğinden de yararlanmışlardır. Dizel yakıtına asetilen gazı ilavesi sonucunda NO_x , CO, is, HC emisyonlarında olumlu gelişmeler olduğunu gözlemlemişlerdir. Dizel yakıtına ilave edilen asetilen gazı miktarı arttıkça emisyonlardaki iyileşmelerin arttığını bildirmişlerdir. Emisyonlardaki en iyi gelişme 0,39 kg/h ile elde etmişlerdir. Silindir içi ani basınç yükselmesinin ve düzensiz yanmanın olduğu karışım oranını 0,39 kg/h olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca dizel yakıtına ilave edilen karışım miktarı arttıkça kendiliğinden tutuşma oranının da arttığını tespit etmişlerdir.

Lakshmanan ve Nagarajan [20], 4 silindirli, 4 zamanlı 17,5:1 sıkıştırma oranına sahip enjeksiyon püskürtme avansı 27° olan ve enjeksiyon püskürtme basıncı 200 bar olan bir motorda dizel yakıtına hacimsel olarak asetilen ilavesinin egzoz emisyonlara ve motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarında dizel yakıtını silindir içerisinde ilk ateşlemeyi yapmak için kullanmışlar ve üst ölü noktaya yakın bir zamanda asetilen gazını silindir içerisine göndermişlerdir. Sabit devirde değişik motor güçlerinde yapılan bu çalışmada, düşük motor güçlerinde emisyonlarda gözle görülür iyileşmeler olurken, yüksek motor güçlerinde motor emisyonlarında bir düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Asetilen gazı ile ilgili yapılan çalışmalar genel olarak dizel motorlarla ilgilidir. Yapılan bu çalışma da literatürdeki eksik yanları doldurmak için yapılmıştır.

2. Asetilen Gazı

Asetilen gazı imalat sanayinde önemli bir yere sahiptir. Birçok fabrikada asetilen gazı oksijen ile karıştırılarak kesme ve kaynatma amaçlı olarak kullanılmaktadır [20,21,23]. Asetilen gazı; renksiz, sarımsak kokulu, şiddetli yanıcı, havadan hafif, zehirli etkisi olmayan fakat havanın oksijenini azaltarak boğucu etki yaratabilecek bir gazdır. Asetilen sanayide karpitin su ile reaksiyonundan elde edilmektedir. Asetilen gazı yanıcı bir gaz oluşunun yanı sıra, katı ve sıvı fazlarında iken oldukça kararsız bir özellik göstermektedir. Bu özelliğinden dolayı asetilen gazının yanlış kullanımda ya da yanlış depolamasında oldukça tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir. Asetilen gazı için kullanılan tüm malzemeler, asetilen gazının özelliklerine uygun olmalıdır. Bu nedenle ekipman ve malzeme seçilirken çok dikkat edilmelidir. Hatta giyilen giysiler dahi önemlidir. Asetilen yanma esnasında çıkardığı yüksek ısıdan dolayı endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Asetilen gazı, diğer yakıt-gazlarla karşılaştırıldığında en az oksijen tüketimiyle yüksek alev hızına (6.9 m/sn) ve alev ısısına ulaşan gazdır (3160 °C) [20,21,22]. Serbest asetilen gazı 15 psig (1.013 bar) basıncın üstüne kullanılması tehlikelidir. Asetilen tüpleri için 50 °C çok tehlikeli bir sıcaklıktır ve tüplerin bu sıcaklığa ulaşmaması gerekmektedir. Asetilen ticari olarak daha çok karpite su ilavesi veya suya karpit ilavesi ile elde edilmektedir. Asetilen, gaz halinde bir çözücü maddeye (genellikle aseton) yedirilmiş olarak tüp içinde ticari olarak bulunabilir. Asetilen tüpleri özel olarak hazırlanmaktadır. Kaynak alevinin sağlanabilmesi için yanıcı gaza ihtiyaç vardır. Yanıcı ve yakıcı gazların belli oranlarda karışımıyla elde edilen ve üfleçlerde yakılan gazlar,oksi-gaz için gerekli kaynak ısını sağlamaktadır. En yüksek alev gücüne sahip ve en yüksek alev sıcaklığı veren yanıcı gaz asetilendir. Asetilenin alev gücü 43 kw/cm² ve alev sıcaklığı 3200 °C olduğundan yanıcı gaz olarak tercih edilmektedir [13, 21, 23]. Renksiz, boğucu, sarımsak kokusuna benzer kokuda, oldukça parlayıcı, zehirsiz, çözülmüş bir gazdır. Karpitin suyla

temasından elde edilmektedir ve yoğunluğu $1,17 \text{ Kg/m}^3$ olup, havadan % 10 kadar daha hafiftir. Asetilen gazının basıncı 2 bar (Kg/cm^2)'a çıkarılırsa ayrışır ve patlar. Bundan dolayı basıncın 1,5 bar'ı geçmemesi gerekmektedir. Asetilen $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 48 bar altında sıvı hale geçmektedir. Karpitin tane büyüklüğüne bağlı olarak 1 kg'dan elde edilecek asetilen miktarı değişmektedir. 1 Kg karpitle 0,5 Kg su birleştirildiğinde pratik olarak 260 lt asetilen gazı elde edilmekte, artık madde olarak da kalsiyum hidroksit ve ısı oluşmaktadır [21,23].

Yakıtlar birbirleri ile kıyaslanırken belli başlı bazı özellikleri üzerine kıyaslamalar yapılmaktadır. Tablo 1'de motorlarda kullanılan gaz ve sıvı yakıtların özellikleri verilmektedir. Tablo 1'de açıkça görüldüğü gibi asetilen gazının ısı enerjisi günümüzde motorlu araçlarda kullanılan benzin ve dizel yakıtından daha yüksektir. Asetilen gazından elde edilen enerji yüksek olduğundan motorlarda kullanılmasının önünü açan bir özellik olarak görülmektedir.

Tablo 1. Yakıtların kimyasal ve fiziksel özellikleri

Özellikler	Asetilen	Hidrojen	Dizel Yakıtı	Benzin
Formül	C_2H_2	H_2	$\text{C}_8\text{-C}_{20}$	$\text{C}_8\text{-C}_{18}$
Yoğunluk ^a	1.092	0.08	840	732
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı	578	845	527	257
Stokiyometrik oran (kg/kg)	13.2	34.3	14.5	14,7
Yanma Limitleri (Hacimsel Olarak %)	2.5-81	4-74,5	0,6-5,5	
Yanma Sonu Sıcaklığı (K)	2500	2400	2200	
Isıl Enerjisi (kJ/kg)	48,225	1.20,000	42,500	
Isıl Enerjisi (kJ/m^3)	50,639	9600	-	
Alt Isıl Enerjisi (kJ/kg)	3396	3399	2930	

a: ($1.01325 \text{ bar ve } 293 \text{ K (kg/m}^3)$)

Asetilen içten yanmalı motorlarda ilk olarak, Gustave Whitehead 17 Aralık 1903'te Kitty Hawk kumsalında tarihin ilk insanlı uçuşunu gerçekleştirdiğinde kullanılmıştır. Bu uçuşta kullanılan uçak motoru asetilen gazlı bir motordur. Yaklaşık 21 beygir gücündeki motor yeterli gücü elde edilemediğinden, uçağı ancak 50 metre uçurup daha sonra yere çakılmasına neden olmuştur [24].

Üretilen asetilenin büyük kısmı (%85) kimya sanayinde; Vinil Klorür, Neopren, Akriilonitril, Trikloroetilen, Perkloroetilen ve diğer çeşitli asetilen türevlerinin imalatında tüketilmektedir. Geri kalan %15 kadarı da metal kaynak ve kesim işlerinde oksijen veya hava ile birleştirilerek kimyasal olmayan üretim uygulamalarında tüketilmektedir. Aydınlatmada asetilen, akkor lambalara yerini kaptırmadan önce temel kullanım alanlarından biriydi. Bunun yanında asetilen gazı halen denizcilikte aydınlanmada kullanılan lambalardan birisidir [13,23]. Ayrıca mağaracılıkta mağara aydınlatmasında güçlü bir alevi olduğu ve rüzgara karşı dayandığı için tercih edilen bir aydınlatma aracıdır. Yine çeşitli ülkelerde yasal olmayan şekilde balık avlama yöntemi olarak karpit bombaları şeklinde kullanılabilmektedir [13, 22, 23].

3. Materyal ve Metot

Motor deneylerinin gerçekleşmesi için Tablo 2'de özellikleri verilen motor kullanılmıştır. Motorun benzinli yakıt sistemine dokunulmamış, asetilen gazının ilave edilebilmesi için boru yardımı ile karbüratör ağzından önce bir vana takılmış ve kolay kontrol yeteneği sağlanmıştır. Karbüratörün hava filtresine takılan delik ile de silindire asetilen yakıtı girişi benzin ile eş zamanlı olacak şekilde sağlanmıştır. Deneylerde kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Motor deneyleri DC tip bir motor dinamometresinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan DC dinamometre 4000 d/d 'da 10 kW güç absorbe edebilmekte ve aynı zamanda deney motoruna ilk hareketi vermek için de kullanılabilmektedir. Dinamometre yükü, yük hücresi kullanılarak ölçülmüştür. Sıvı yakıt tüketimi, bir terazi yardımı ile ölçülmüştür. Asetilen gazı temininde RAL 1018 tipi, TSE 11169 normlarına uygun bir tüp seçilmiştir. Gaz yakıt (asetilen) yüksek basınçlı (15 bar) bir tüpten basınç regülatörü yardımı ile 1,5 bara düşürülerek ve sırası ile emniyet valfi, gaz debimetresi, ayarlanabilir hassas vana, sulu güvenlik, ikinci bir emniyet valfi ve vanadan geçirilerek motorun emme manifolduna verilmiştir. Egzoz gaz sıcaklık ölçümleri K tipi termokupul ve dijital termometre ile

gerçekleştirilmiştir. Egzoz emisyonlarının ölçülmesinde Tablo 3’de ölçüm aralıkları ve hassasiyetleri verilen MRU DELTA 1600L egzoz gaz analizörü ve MRU oprans 1600 duman ölçer kullanılmıştır. Deneyler başlamadan önce motorun gerekli olan parametreleri orijinal değerlerine getirilmiş ve gerekli düzenlemeler yapılarak deneylere başlanmıştır. Her bir deney verisi elde etmek için deneyler tekrarlanmıştır. Deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1’de verilmektedir.

Tablo 2. Deney motorunun teknik özellikleri

Markası	Honda marka, 4 zamanlı hava soğutmalı benzinli
Silindir sayısı	1
Silindir çapı	70 mm
Strok	55 mm
Sıkıştırma oranı	8:1
Supap düzenlemesi	Üstten kamlı, 2 supaplı
Maksimum motor devri	3600 d/d
Yakıt Sistemi	Karbüratörlü

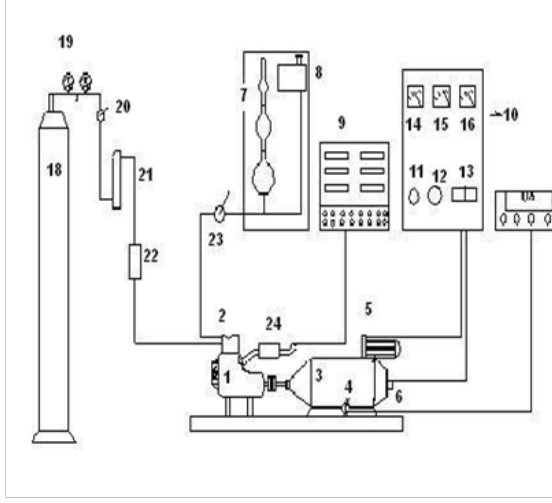
Tablo 3. MRU 1600-L egzoz gaz analizörü özellikleri

Ölçüm	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO (% vol)	0-15,00	±%0,01
CO ₂ (% vol)	0-20,00	±%0,5
NO _x (ppm)	0-2000	±5
HC (ppm)	0-20000 n-hexan	±1
O ₂ (% vol)	0-25	±0,1
Sıcaklık (°C)	40 ...+650	±1

Deneylerde kullanılan asetilen/benzin karışımı 1 nolu basit eşitlik ile verilmiştir. Denkleme ve grafiklerde AST, asetileni; B de benzini ifade etmektedir. Grafiklerde %100 benzin B ile; %80 benzin+%20 asetilen gazı karışımı, %20 AST ile ; %70 benzin+%30 asetilen gazı karışımı %30 AST ile ifade edilmiştir.

$$Z = \frac{m_{AST}}{m_B + m_{AST}} \quad (1)$$

Motor deneyleri tam gaz kolu konumunda değişik motor hızlarında gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikli olarak orijinal yakıt sistemi ve motor fabrika ayarlarınca verilen değerlerde ayarlanmış ve düzenli çalıştığı devir aralıkları belirlenmiştir. Deneyler motorun düzenli olarak çalıştığı 1600 d/d ile 3200 d/d arasında 400 d/d artırırlarak gerçekleştirilmiştir. Motor ilk olarak benzin ile tam gaz kolu konumunda 1600 d/d, 2000 d/d, 2400 d/d, 2800 d/d ve 3200 d/d çalıştırılmıştır. Özgül yakıt tüketimi terazi ve kronometre ile tespit edilerek elde edilen yakıt tüketimi baz alınarak benzin yakıtının içerisine %20 ve %30 asetilen gazı ilave edilmiştir. Sonrasında çift yakıtlı çalışmada her bir yükte tüketilen benzin ve asetilen yakıtları %1 gr hassasiyetinde ölçüm yapılabilen elektronik terazi ve kronometre yardımıyla belirlenmiştir. Gerekli benzin/asetilen yakıt oranı ise gaz kontrol valfi ve karbüratör kelebek konumu ayrı ayrı kumanda edilerek (örneğin Asetilen kontrol valfi ile bir miktar gaz verirken benzin yakıt sistemi kolu bir miktar stoba çekilerek) sağlanmıştır. Hem benzin yakıtlı hem de çift yakıtlı her bir çalışma durumunda motorun kararlı çalışması sağlandıktan sonra egzoz gazı sıcaklığı (EGS), CO, CO₂, HC, NO_x, is emisyonları kaydedilmiştir.

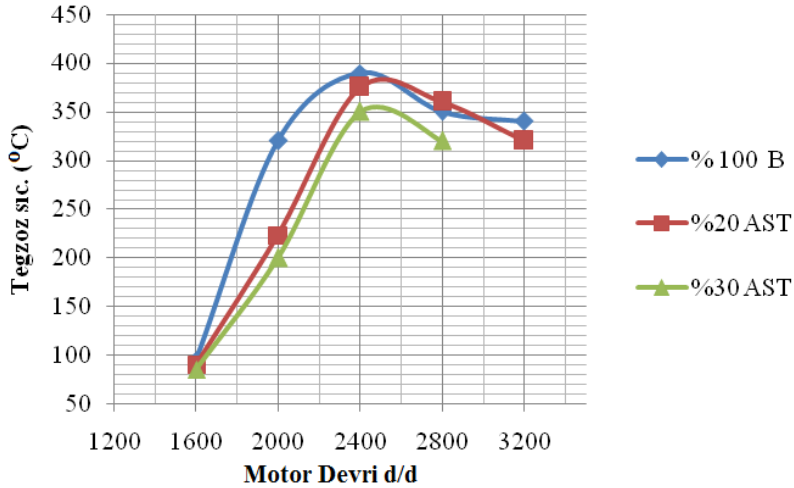


1. Benzinli Motor,
2. Karbüratör,
3. Dinamometre,
4. Load-Cell Sensörü,
5. Dinamometre Soğutucusu,
6. Hız Sensörü,
7. Yakıt Ölçme Düzeneği,
8. Yakıt Deposu,
9. Egzoz Gaz Analizörü,
10. Dinamometre Kontrol Paneli,
11. Mars ve Jeneratör Seçme Anahtarı,
12. Yük Kontrol Anahtarı,
13. Stop-Start Anahtarı,
14. Hız Göstergesi,
15. Voltmetre,
16. Ampermetre,
17. Kuvvet Göstergesi,
18. Asetilen Tüpü,
19. Manometre,
20. Gaz Vanası,
21. Sulu Güvenlik,
22. Kuru Güvenlik (tek yönlü gaz regülatörü),
23. Benzin vanası,
24. Egzoz borusu

Şekil 1. Deney tesisatının şematik görünüşü

4. Bulgular ve Tartışma

Asetilen/benzin yakıtı karışımlarının motor hızına göre EGS (Egzoz Gaz Sıcaklığı) değişimini gösteren grafik Şekil 2’de verilmektedir.

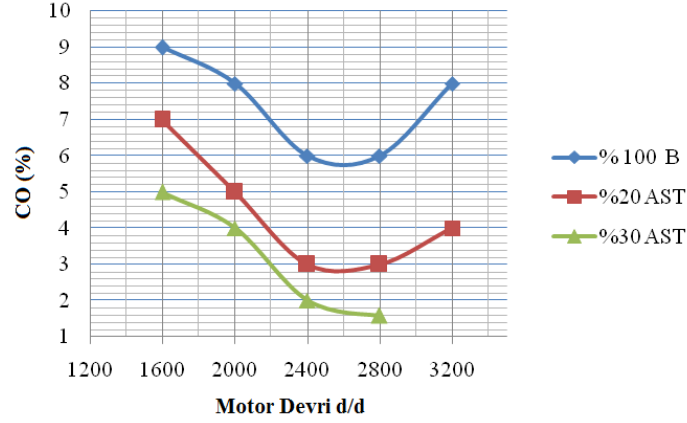


Şekil 2. Motor devrine göre egzoz gazı sıcaklığı değişimi

Egzoz gazı sıcaklığı yanmanın bir fonksiyonu ve yanma sonu sıcaklığının göstergesidir. Benzine asetilen gazı ilavesi ile her bir devirde ve karışmada egzoz gaz sıcaklığı düşüş göstermektedir. Daha önceki bölümlerde de bahsettiğimiz gibi asetilen gazı 3 bar’ın üzerinde kendi kendine

tutuşmakta ve patlamaktadır [21, 22]. Sıkıştırma sonunda basıncın 3 bar'ın üzerine çıktığı düşünülürse, buji ateşlemeden asetilen gazı kendi kendine tutuşmakta ve vuruntuya neden olmaktadır. Yakıtta %20 asetilen ilavesinde egzoz gazı sıcaklığında %8 ile %12, %30 asetilen ilavesinde ise egzoz gazı sıcaklığında %18 ile %21 arasında düşüş belirlenmiştir.

Asetilen/benzin yakıtı karışımlarının motor hızına göre Karbon monoksit (CO) emisyonlarını değişimini gösteren grafik Şekil 3'de verilmektedir. CO emisyonu, yakıt içindeki karbon (C) atomunun tamamen yanmadığında oluşan renksiz, kokusuz ve zehirli bir gazdır. Ülke çapındaki bütün CO emisyonlarının yaklaşık % 60'ını, şehirlerdeki CO emisyonunun % 95 kadarını da karayolu taşıtları sebebiyet vermektedir [25, 26, 27, 29, 32].

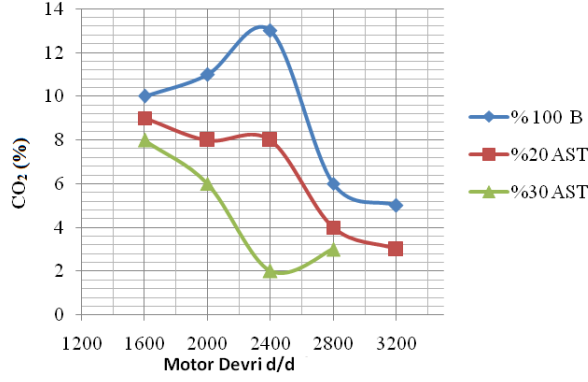


Şekil 3. Motor devrine göre CO emisyonlarının değişimi

Motor emisyonları içerisinde CO emisyonlarını etkileyen en önemli parametrelerden birisi hava/yakıt (H/Y) oranıdır. Karışım zenginleştiçe, yanma odasına alınan yakıtın içindeki karbonun tamamını CO₂ şeklinde yakacak oksijen bulunmadığından, CO oranı hızlı bir şekilde artmaktadır [22, 26, 30].

Şekil 3'de görüldüğü gibi CO emisyonları 1600 d/d en yüksek değerine ulaşmış, sonrasında artan devir ile birlikte bir düşüş göstermiştir. CO emisyonlarının oluşmasında içeriye alınan H/Y oranı yani hava fazlalık katsayısı (HFK) en büyük etkidir. Benzinli motorlarda düşük devirlerde HFK 1 den küçüktür dolayısı ile CO emisyonları bu aşamada en yüksek değerindedir. Rölanti devrinden yüksek devirlere çıkıldıkça HFK'da artma görülmektedir. Artan devir ile birlikte içeriye alınan H/Y oranı 1'e doğru yaklaşmaktadır. Dolayısı ile 2500 d/d'da CO emisyonları en düşük değerindedir. Burada içeriye alınan tüm yakıt ideal yanmaya yakın bir şekilde yakılmaktadır. Artan devir ile birlikte yanma hızı ve periyodu artmaktadır. İçeriye alınan yakıt dolgununun yanma süresi kısaltmakta ve yanma kısmen her bölgede eşit olamamaktadır. Bu da eksik yanma ürünü olan CO emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Benzin içerisine %20 asetilen ilavesinde %30 ile %36, %30 asetilen ilavesinde ise %50 ile %60 arasında CO emisyonlarında düşüş gözlenmiştir.

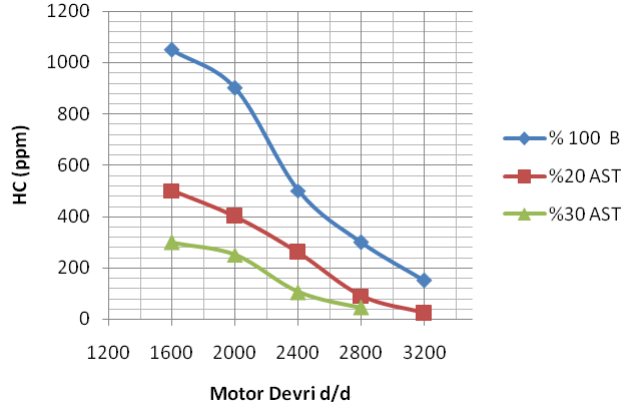
Asetilen/benzin yakıtı karışımlarının motor hızına göre CO₂ (Karbon Dioksit) emisyonlarının değişimini gösteren grafik Şekil 4'de verilmektedir.



Şekil 4. Motor Devrine Göre CO₂ Emisyonlarının Değişimi.

CO₂ emisyonları egzoz gazları arasında en çok etki alanı olan gazdır. Ayrıca küresel ısınmayı tetikleyen en etkili gazlardan biridir [31]. Benzin içerisine asetilen gazı ilavesi ile her bir motor hızı ve karışım oranlarında CO₂ gazı azalmaktadır. Asetilenin bünyesindeki C atomları sayısı benzininkinden azdır, dolayısı ile karışım oranlarında azalan C atomları yanma sonunda daha az CO₂ emisyonun azalmasına neden olmaktadır. Benzin içerisine %20 asetilen ilavesinde %25 ile %28, %30 asetilen ilavesinde ise %50 ile %55 arasında CO₂ emisyonlarında düşüş gözlenmiştir.

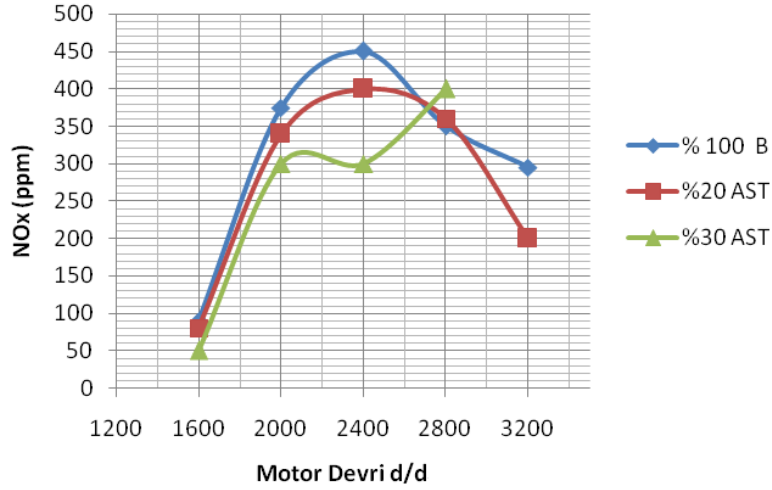
Asetilen/benzin yakıtı karışımlarının motor hızına göre HC emisyonlarının değişimini gösteren grafik Şekil 5de verilmektedir.



Şekil 5. Motor devrine göre HC emisyonlarının değişimi

Tüm motor hızlarında ve karışım oranlarında HC emisyonlarında azalma görülmektedir. Artan asetilen miktarı ile birlikte HC emisyonlarındaki azalma artmaktadır. Düşük devirlerde azalan emme periyodu ile birlikte silindir içerisine alınan H/Y oranı tam olarak ayarlanamamakta ve HFK sayısı 1'den küçük değerlere kadar düşmektedir. Bu da HC emisyonlarının artmasının temel sebeplerinin başındadır. Yüksek motor hızlarına çıkıldıkça HFK 1'e yaklaşmakta ve daha iyi bir yakıt hava dolgusu sağlamaktadır. Silindir içerisindeki iyi bir yakıt hava karışımı da kısmen yanmayı iyileştirmekte ve HC emisyonlarını azaltmaktadır. % 20 ve %30 asetilen karışımlarında HC emisyonları artan devir periyodu ile ters etki edecek şekilde düşüş göstermektedir. Düşük devirlerde HC emisyonlarında daha çok bir iyileşme görülürken yüksek devirlerde bu oran giderek düşmektedir. Bunun temel sebebi gaz yakıtların, sıvı yakıtlar gibi bir akış parametresi sergilememesidir. Yapılan bazı çalışmalarda, gaz yakıtların, silindir içerisinde daha çok türbülans etkisi yaparak düşük devirlerde yanmayı kısmen iyileştirdikleri fakat yüksek devirlere çıkıldıkça artan emme periyodu ve yanma hızı ile yanmanın kötüleştiği bildirilmiştir [17, 28, 30, 31]. HC emisyon oranlarındaki değişim ise, benzin içerisine %20 asetilen ilavesinde %40 ile %46, %30 asetilen ilavesinde ise %48 ile %56 arasında azaldığı gözlenmiştir.

Asetilen/benzin yakıtı karışımlarının motor hızına göre NO_x emisyonlarının değişimini gösteren grafik Şekil 6'de verilmektedir.



Şekil 6. Motor Devrine Göre NO_x Emisyonlarının Değişimi.

Yanma sonucu oluşan N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₅, N₃O₄, NO₃ emisyonlarına genel olarak azot oksitler (NO_x) denilmektedir. NO_x'ler büyük oranda silindir içerisinde oluşan sıcaklığa ve ortamdaki O₂ miktarına bağlıdır. Hava içerisindeki O₂, yakıt ile reaksiyona girerken N₂ gazı reaksiyona girmemektedir. Ancak sıcaklık yaklaşık olarak 1600 °C'yi geçtiğinde hava içerisindeki N₂, O₂ ile reaksiyona girmekte ve NO_x emisyonlarını oluşturmaktadırlar [33, 34, 35]. Her bir yakıt oranında ve motor hızına bağlı olarak kısmen de olsa bir düşüş gözlemlenmektedir. NO_x emisyonları 2400 d/d maksimum değerine çıkmaktadır ve yanmanın kötüleşmesi ile birlikte yanma sonu sıcaklığı düşmektedir. Şekil 2'de de egzoz gazı sıcaklığının düşmesinden anlaşılabilmektedir. Çalışmamızdaki NO_x emisyonları oranlarındaki değişim, benzin içerisine %20 asetilen ilavesinde %5 ile %8, %30 asetilen ilavesinde ise %12 ile %19 arasında azaldığı tespit edilmiştir.

5. Sonuçlar

Benzine %20 ve %30 asetilen gazı ilavesinde sabit gaz kolu konumunda ve değişik motor hızlarında, silindire alınan asetilen oranının emisyonlara ve egzoz gazı sıcaklığına etkisi incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Egzoz gazı sıcaklığında %8 ile %21, HC emisyonunda %40 ile %56, CO emisyonunda %30 ile %60, CO₂ emisyonlarında %25 ile %55 ve NO_x emisyonlarında %5 ile %19 oranında azalma tespit edilmiştir.
2. Benzine asetilen ilavesi arttıkça egzoz emisyonlarında gözle görülür bir azalma olduğundan çevreyi daha az kirleten, çevreci bir yakıt olduğu gözlemlenmiştir.
3. Asetilen gazının 3 bar basınçta kendi kendine tutuşması vuruntuya neden olmuştur. Bu yüzden yanmadan tam verim elde edilememiştir.
4. Asetilen gazı karpitten kolay ve ucuz yolla üretilebildiği için diğer fosil yakıtlara alternatif bir yakıt olarak kullanılabilir. Ancak motorlu taşıtlarda LPG, CNG ve diğer alternatif yakıtlar gibi kullanılabilmesi için depolanma sorunları çözümlenmelidir.
5. Kendi kendine tutuşma ve belirli basınçlar üzerindeki patlama etkisini önlemek için, motor üzerinde çift enjeksiyon, farklı zamanlanabilen püskürtme avansı vb. değişiklikler yapılarak incelenebilir.

Motor üzerindeki değişiklikler ile asetilen gazı alternatif bir yakıt olarak kullanılabilir. Çevreye sağlıklı daha az kirleten ve petrole bağımlılığı ortadan kaldıran bir yakıt olarak günümüz dünyasında yerini alabilir.

Kaynaklar

1. IEA. 2011. World Crude Oil and Natural Gas Reserves, International Energy Annual, March, <http://www.eia.doe.gov/international/reserves.html>, (Erişim Tarihi: 01.07.2014).
2. Yüksel F. ve Yüksel B. 2002. Engine Performance and Pollution Emission of an SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels, *Atmosferic Environment*, 10: 36-403.
3. Pulkrabek W. 2001. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, John Wiley & Sons, New York, ABD.
4. Wayne State University Resource Group. 2004. Cold Start Hydrocarbon (HC) Emissions in Gasoline Engines, <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/36191>, (Erişim Tarihi: 01.07.2014)
5. Karana S. 2003. The Effects of Cold Intake Temperatures on the Combustion of Gaseous Fuels in a Dual Fuel Engine, Ms Thesis, University of Calgary, Canada.
6. Ültanır M. Ö. 1997. Temiz Enerji Olarak Hidrojen Yakıtı ve Teknolojisi, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliği, Cilt:3, Ankara.
7. Şen Z. and Şahin A. 1996. Future Prospects of Fosil and Alternative Energy Sources, *Proceedings of the First International Energy and Environment Symposium*, 29-31, Trabzon.
8. Rahman A. 1998. On the Emissions from Internal-Combustion Engines, *International Journal of Energy Research*, 22: 483-513.
9. Nichols R. 1982. Application of Alternative Fuels, SAE Paper No:821573.
10. Rakopoulos C. D., Kosmadakis G. M., Demuyneck J., Paeppe M. D., Verhelst S. 2011. A Combined Experimental and Numerical Study of Thermal Processes, Performance and Nitric Oxide Emissions in a Hydrogen-Fueled Spark-Ignition Engine, *Fuel and Energy Abstracts*, 36(8):5163-5180.
11. Shudo T, Nabetani S. 2001. Analysis of Degree of Constant Volume and Cooling Loss in a Hydrogen Fuelled SI Engine. *Trans SAE. J Fuels Lubricants* .SAE Paper no. 01- 3561.
12. Rakopoulos C. D., Kosmadakis G. M., Pariotis E. G. 2010. Evaluation of a Combustion Model for the Simulation of Hydrogen Sparkignition Engines Using a CFD Code, *International Journal of Energy Research*, 35 (22): 12545-12560.
13. Knowles D. 1984. *Alternative Fuels*, Reston Publishing Company, Virginia.
14. Thiring R. H. 1996. *Alternative Fuels For Spark Ignition Engines*, SAE Paper No:831685.
15. Changwei J., Wang S. 2009. Effect of Hydrogen Addition on Combustion and Emissions Performance of a Spark Ignition Gasoline Engine at Lean Conditions, *International journal of hydrogen energy*, 34: 7823-7834.
16. Verhelst P., Maesschalck N., Rombaut R. 2009. Efficiency Comparison Between Hydrogen and Gasoline, on a Bi-Fuel Hydrogen/Gasoline Engine, *International journal of hydrogen energy*, 34: 2504-2510.
17. Saleel I., Mehta P. S. 2011. Second Law Analysis of Hydrogen Air Combustion in a Spark Ignition Engine, *International journal of hydrogen energy*, 36 (1): 931-946.
18. Aktaş A., Doğan O. 2010. Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorda LPG Yüzdesinin Performans ve Emisyonlara etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25 (1):171-178.
19. Lakshmanan T., Nagarajan G. 2010. Experimental Investigation on Dual Fuel Operation of Acetylene In a DI Diesel Engine, *Fuel Processing Technology*, 496–503.
20. Lakshmanan T., Nagarajan G. 2010. Experimental Investigation of Timed Manifold Injection of Acetylene in Direct Injection Diesel Engine in Dual Fuel Mode, *Energy*, 35: 3172-3178.

21. Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). 2011. Temel Kaynak 1, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/521MMI079.pdf, (Erişim Tarihi: 01.07.2014)
22. Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). 2011. Temel Oksi-Asetilen Kaynağı, http://cygm.meb.gov.tr/.../tesisat/.../temel_oksi_asetilen_kaynagi.pdf, (Erişim Tarihi: 01.07.2014)
23. Yıldırım D. 1964. Buharlı Oksijen Kaynağı Kitabı, Ajans Türk Matbaası, Ankara.
24. Alternative Fuels Data Center, Alternative Fuels Descriptions and Information. 2003. 2-4.
25. <http://www.mtbtr.com/haber/haber.asp?kayitno=169>, (Erişim Tarihi: 04.03.11).
26. Abdel-Rahman A. A. 1998. On The Emissions from Internal-Combustion Engines: A Review, International Journal of Energy Research, 22: 483-513.
27. Borman G. L. and Ragland K. W. 1998. Combustion Engineering, McGraw-Hill, New York.
28. Saraçoğlu S., Borat O., Gönülata B. 1977. Hava, Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği, Marmara Bölgesinde Çevre Kirlenmesi Semineri, İstanbul Ticaret Odası Seminerler Dizisi No:1, Ağaoğlu Kitabevi, 27-30, İstanbul.
29. Stone R. 1989. Vehicle Fuel Economy, Macmillan Educational Ltd., Houndsmills.
30. Sakarya Üniversitesi. 2011. Motorlu Taşıtlar ve Adapazarı'nda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonların Envanterleşmesi. <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.07.2014)
31. Kutlar A., Ergeneman M., Arslan H. 1998. İçten Yanmalı Motorlarda Egzoz Emisyonları, Birsen Yayınevi, 38-40, İstanbul.
32. Kodah Z., Soliman S. 2000. Combustion in a Spark Ignition Engine, Applied Energy, 66: 237-250.
33. Ashok V., Sikander M., Khan N. I. 2006. Experimental Investigation On Use Ofwelding Gas (acetylene) On SI Engine, Proceedings of AER Conference, IIT Mumbai, India, 422-427.
34. Sürmen A., Karamangil M. İ., Arslan R. 2004. Motor Termodinamiği, Aktüel Yayınları, 170-180, İstanbul.
35. Şen Z. and Şahin A. 1996. Future Prospects of Fosil and Alternative Energy Sources, Proceedings of The First International Energy and Environment Symposium, July 8-12, 29-31, Trabzon.