

DİZEL MOTORLARINDA HİDROJENİN EK YAKIT OLARAK KULLANILIMININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

İhsan BATMAZ*, Ahmet MURCAK**

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

** Gölçük Mesleki Eğitim Merkezi 41650 KOCAELİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

ÖZET

Motorlu taşıtlarda kullanılan fosil kökenli yakıtların, mevcut rezervler bakımından yeterli olmadığı açıktır. Bu sebeple taşıtlarda kullanılabilir yeni alternatif yakıtlara ihtiyaç vardır. Bu alternatif yakıtlardan birisi de doğada bol miktarda bulunan, geleneksel yakıtlara göre motorlardan daha yüksek güç elde edilmesini sağlayan ve çevreye olumlu etkileri olan hidrojen. Bu çalışmada tek silindirli, dört zamanlı, hava soğutmalı bir dizel motoru üzerinde motorin ve motorin-hidrojen karışımları yakıt olarak denenmiştir. Hidrojen, karıştırıcı vasıtasıyla motorun emme manifoldundan belirli oranlarda verilmiştir. Deneyler tam yük şartlarında yapılarak, sonuçlar her iki yakıt için karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda, dizel motoruna hidrojen ilavesinin motorun volümetrik verimini kötüleştirdiği ve motorun vuruntulu çalışmasına sebep olduğu görülmüştür. Bu sebeple hidrojenin dizel motorlarında ilave yakıt olarak kullanılmasının uygun olmadığı kanaatine ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler:Hidrojen, Dizel motoru, Egzoz emisyonları, Alternatif yakıtlar

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE EFFECT OF USING HYDROGEN AS AN ADDITIONAL FUEL ON THE PERFORMANCE OF DIESEL ENGINES

ABSTRACT

Considering the current reservoirs it is clear that fossil based fuels used in motor vehicles would not satisfy the future needs. For this reason, new alternative fuels are necessary to be used in vehicles. One of these alternative fuels is hydrogen, Which is present widely in nature, at produces more power than the conventional fuels and has no negative effects on the environment. In this study, diesel fuel and diesel fuel+hydrogen mixture were tested in a single cyclinder, four stroke, air cooled diesel engine. Hydrogen was added at the engine's intake manifold at determined rates. The experiment were conducted at full load conditions and the results were compared for both of the fuels. As the result of the experiments, it was observed that the adding of hydrogen to diesel fuel worsenes the volumetric efficiency and causes knock. Consequently, it was concluded that, addition of hydrogen to diesel fuel was not suitable for use in diesel engines.

Key Words: Hydrogen, Diesel engines, Exhaust emissions, Alternative fuels

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi, ikinci büyük enerji geçişinin ortasındadır. Birinci geçiş ağaç kaynaklarından kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli yakıtlara olmuştur. Bu yakıtlar yaklaşık 150 yıl boyunca enerji üretiminde kütleli bir artış sağlamıştır. Böylece çok büyük gelişmeler kısa bir süreye sığdırılmıştır. İkinci enerji dönüşümü ise daha az karbon daha fazla hidrojen içeren temiz, güvenli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olacaktır (1).

Dünyadaki toplam enerji gereksiniminin artmasına karşın, günümüzde kullanılmakta olan enerji kaynakları hızla tüketilmektedir. Bilimsel tespitlere göre, rezervlerin üretime oranı baz alındığında 40 yıllık petrol rezervi bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen bu sebeplerden dolayı fosil kökenli yakıtların yerini alabilecek alternatif yakıtlara ihtiyaç vardır (1).

Elektroliz ile sudan elde edilebilmesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, yüksek güç sağlaması ve çevreye olumlu etkileri hidrojeni önemli bir alternatif yakıt durumuna getirilebilir. Motor yakıtı olarak hidrojen kullanımı 1920'li yıllarda başlamış ve günümüze kadar yapılan çalışmalarla kullanım aşamasına gelmiştir. Uygulamanın yaygınlaştırılmasının önündeki engeller; ekonomik faktörler, mevcut enerji sistemleri ve geleneksel motorların güncelliğini kaybetmesinin getirebileceği sakıncalardır. Ancak çevre koşulları hidrojenin bir an önce kullanımının başlamasını zorunlu kılmaktadır (2).

Hidrojen, fosil yakıtlara olan bağımlılığı ortadan kaldırarak kirliliğin önlenmesini sağlayabilir. Bu amaçla ülkeler engellerin aşılması için gereken teknolojilere ulaşabilmek için belli programlar oluşturarak bu yönde araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmaktadırlar. Hidrojen; içten yanmalı motorlarda petrol, etan, metan, doğal gazla birlikte yakıt olarak kullanılabilir. Böylece

hava kirliliği azaltıldığı gibi performans da artırılabilir (1).

Bu çalışmada, tam gazda ve değişik devirlerde, tek yakıtlı (motorin) ve çift yakıtlı (motorin+hidrojen) kullanımının motor performansı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, tek silindri direkt püskürtmeli bir dizel motoru motorin+hidrojen yakıtı ile çalışabilecek şekilde düzenlenmiştir.

2. HİDROJENİN ÖZELLİKLERİ

Atomik sembolü "H" olan hidrojenin atom ağırlığı 1,00797, atom sayısı 1'dir. Doğada bulunan en basit ve hafif elementtir. 0°C'deki yoğunluğu 0,08987 g/l ve havaya göre özgül ağırlığı 0,0695'dir. Hafifliği sebebi ile atmosferde yükselip orada serbest kaldığından, yeryüzünde serbest halde çok az bulunur ve diğer elementlerle bileşik yapmış halde rastlanır (3).

Hidrojen havayla % 4 – 75 hacimsel oranlarında yanar (Hava fazlalık katsayısı = 0,15 – 4,35). Çok geniş bir yakıt karışım oranı ağırlığını ifade eden bu değerler, hidrojenin motorlarda kullanımı için avantaj sağlayacak en önemli özelliklerdendir.

Hidrojen – hava karışımlarını ateşlemek için gerekli enerji miktarı da diğer yakıtlara oranla çok düşüktür. Bu durum tutuşma garantisi sağlaması açısından Otto ilkesi ile çalışan motorlarda avantaj sağlamakla birlikte erken tutuşma ve geri yanma gibi sorunları da beraberinde getirmektedir (1).

Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek olması (1 Atm basınçta 574 – 591⁰ C) ve oktan sayısının yüksek olması, hidrojenin Dizel motorlarından çok Otto ilkesi ile çalışan motorlar için daha uygun bir yakıt olacağını göstermektedir. Dizel motorlarında hidrojenin tek başına veya ilave yakıt olarak kullanımının gerçekleştirildiği örnekler de bulunmaktadır (1).

Hidrojenin yanma ısısı oldukça yüksektir. Yanma sonucunda ise sadece su buharı meydana gelir. Aynı ağırlıktaki benzine göre sıvı hidrojenin enerjisi 2,75 kat daha fazladır (4).

Hidrojenin alev hızı da oldukça yüksektir. Bu değer stokiyometrik benzin – hava karışımı alev hızının yaklaşık 4 katı kadardır. Alev hızının yüksek olması otto motorlarında ideale yakın bir yanmanın oluşmasını sağlayarak ısıl verimi artırır (5).

Hidrojenin yüksek sıkıştırma oranlarında, fakir karışımlarda yanabilmesi yakıt tüketimini

azalttığı gibi yanma sonucu oluşan maksimum sıcaklığı da azaltır. Alev parlaklığının düşük olması, diğer karbon esaslı yakıtlara göre radyasyon yolu ile ısı kaybını azalttığından daha yüksek verimde sağlar (2).

Akaryakıt ile çalışan motorlarda görülen buhar tıkaçı, soğuk yüzeylerde yoğunlaşma ve yeterince buharlaşmama gibi sorunlar hidrojenle çalışan motorlarda görülmemektedir (6).

3. HİDROJENİN DİZEL MOTORLARINDA KULLANIMI

Hidrojenin dizel yakıtıyla birlikte İçten Yanmalı Motorlarda kullanımı, dizel yakıtının kullanımına çok benzer şekilde uygulanabilir. Erken tutuşmaya sebep olmayacak bir orana sahip hidrojen – hava karışımı silindir içerisine alındıktan sonra piston Ü.Ö.N.'ya yaklaştığında normal püskürtme işlemi yapılarak karışım ateşlenebilir. Bu yöntem, klasik yakıt ekipmanlarının kullanımını da mümkün kılar. Dizel motorunun vuruntusuz çalışabilmesi için yakıtın ateşleme aralığı, dizel yakıt besleme çevriminin asgari % 20'si seviyesinde olmalıdır. (7).

Bir dizel motorunda, köklü değişikliklere gidilmeden, hidrojenin verimli kullanımı ilave edilebilecek hidrojen miktarı ile sınırlıdır. Hidrojen ilavesi ile ısıl değer düşmekte ve vuruntuya bağlı olarak güç artmaktadır. Ancak dizel yakıt tüketimi, duman yoğunluğu, NO_x, CO, HC emisyonları azalmaktadır (8).

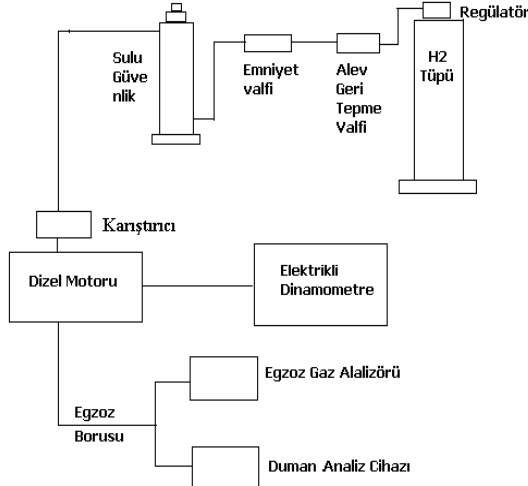
Dizel motorlarında hidrojenin kullanılmasında karşılaşılan başlıca problemler; dizel-hidrojen ve dizel seçeneklerinin uyumlu olarak ayarlanabilmesi ile hidrojen besleme sisteminin düzenlenmesi ve vuruntudur. Bu problemlerin en önemlisi vuruntudur. Sıkıştırma oranına bağlı olarak, vuruntu oluşumu silindir içerisine alınan hidrojen-hava karışımındaki hidrojen oranını sınırlamaktadır. Bu oranı artırmak için hidrojen-hava karışımı içerisine uygun oranda azot ve su ilavesi motordaki vuruntuyu azaltmakta, yanma verimini artırmaktadır (9).

4. DENEY DONANIMI VE YÖNTEM

Deney Donanımı

Deneysel Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinin şematik görünüşü Şekil 4.1' de, deneylerde kullanılan motora ait bilgiler Tablo 4.1' de verilmiştir.

Deneylerde, hidrojen motora emme manifoldunda bulunan bir karıştırıcı vasıtasıyla verilmiştir. Hidrojenin tehlikeli bir yakıt olmasından dolayı deney düzeneğine güvenliği artırıcı ekipmanlar konulmuştur. Bunlar sırasıyla alev geri tepme valfi, tek yönlü çek valf ve sulu güvenliktir.



Şekil 4.1. Deney düzeneğinin şematik görünüşü

Deneylerde devir sayısını ve kuvveti ölçen Cussons P8160 marka elektrikli dinamometre ile iki adet emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Egzoz emisyonlarının ölçümünde Gaco – SN marka analiz cihazı kullanılmıştır. Cihaz CO₂, CO, NO_x, O₂ ve SO₂ gazlarını mg/m³ ve ppm olarak ölçebilmektedir. Cihazın hassasiyeti NO_x için ± 1 ppm, CO₂ emisyonu için ise ± 0,01' dir. Cihaz ayrıca HFK ve yanma verimini de ölçebilmektedir. Duman koyuluğunun ölçülmesinde kullanılan OVL – 2600 tipi emisyon ölçüm cihazı duman miktarını k faktörü ve yüzde (%) olarak ölçebilmektedir, hassasiyeti ise ± 0,01' dir (10).

Yakıt sarfiyatı süresinin tespitinde kullanılan Robic Sports Sc – 700 marka kronometrenin hassasiyeti 1 salisedir.

Yöntem

Deneylerde çevre sıcaklığı ortalama 30 °C ve atmosferik basınç 91,6 kPa' dır. Deneylere başlamadan önce motor ayarları yapılmış, motor yağı değiştirilmiş, motorun regülötörü sökülmüştür. Deneyler süresince motor sıcaklığı kontrol altında tutulmuştur. Ölçümlere motor çalışma sıcaklığına ulaşıldığı zaman başlanmış, bir deney tamamlandığında motor bir sonraki deney öncesine kadar ara dinlenmeye bırakılmıştır.

Deneyler, motorun tam gaz durumunda değişik devirlerinde yapılmıştır. Ölçümler 1800

dev/dak' dan başlayarak 200'er devir artırılarak 2600 min⁻¹ e kadar 5 devirde gerçekleştirilmiştir.

Motorun öz değerlerinin tespiti için ilk denemeler dizel yakıtı ile yapılmış ve daha sonra çift yakıtlı (motorin+ hidrojen) deneylere geçilmiştir. Hidrojen, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında hava ile karıştırılarak motorun emme manifolduna verilmiştir. Motora verilen bu oranların tespitinde 4.1 denklemi kullanılmıştır.

Tablo 4.1. Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Marka ve modeli	Lombardini, 6LD400
Çalışma prensibi	Dört zamanlı
Silindir adedi	1
Silindir çapı (mm)	86
Strok (mm)	68
Silindir hacmi (cm ³)	395
Sıkıştırma oranı	18/1
Max. Tork	2200 min ⁻¹ de 20 Nm
Soğutma şekli	Hava ile
Yağlama şekli	Basıncılı besleme
Yağ kapasitesi (lt)	1,2
Max. Yağ basıncı (kg/cm ²)	1 –1,5
Boşta çalışma (min ⁻¹)	1200
Püskürtme basıncı (bar)	200

$$H_2(\%) = 1 - \frac{\lambda_h}{\lambda_m} \quad (4.1)$$

Elde edilen verilere göre hesaplamalar

Ölçüm yoluyla elde edilen verilerle, motor momenti, gücü, özgül yakıt tüketimi ve volümetrik verimi hesaplanmıştır.

Dizeller için düzeltme katsayısı bulunarak moment değerleri bu katsayı ile çarpılarak düzeltilmiştir.

Dizeller için düzeltme katsayısı ;

$$Kd = \left(\frac{100}{P} \right)^{0,65} \cdot \left(\frac{T}{298} \right)^{0,5} \quad (4.2)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır.

Buradan ;

$$Me = M \cdot Kd \quad (4.3)$$

Güç, düzeltilmiş moment değerinden ;

$$Ne = \frac{Me \cdot n}{9549} \quad (4.4)$$

Özgül yakıt tüketimi ;

$$be = \frac{B \cdot 10^3}{Ne} \quad (4.5)$$

ifadesi ile g/kWh olarak bulunmuştur.

Volümetrik verim ;

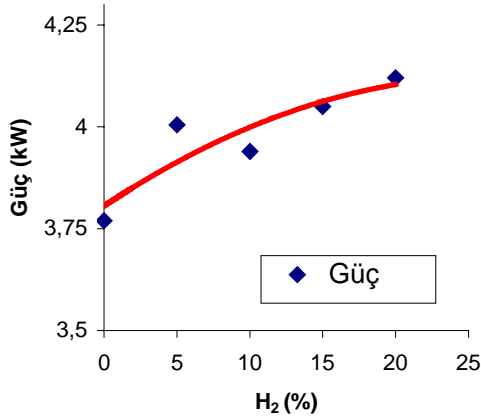
$$\eta = \frac{0,1123 \cdot d^2 \cdot \sqrt{h}}{V_h \cdot n / 2} \quad (4.6)$$

formülünden hesaplanmıştır.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

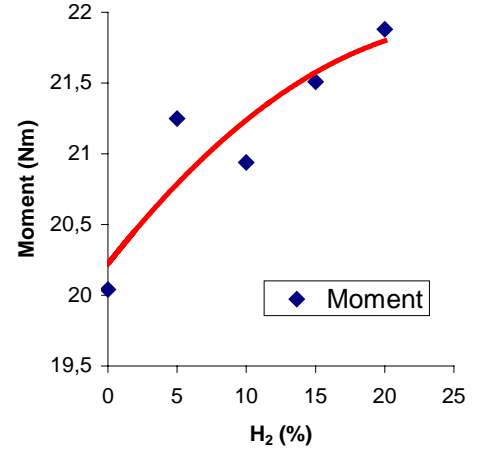
Gerçekleştirilen motor deneyleri sonucunda tam yük durumunda, H₂ oranına bağlı olarak, güç, moment, özgül yakıt tüketimi ve volümetrik verimdeki değişimler aşağıda grafiklerle gösterilmiştir. Ölçümler 1800, 2000, 2200, 2400 ve 2600 min⁻¹'de yapılmıştır. Dinamometre ile deney motorunu birbirine bağlayan milde, motor 1800 min⁻¹'in altına yüklendiğinde burulma meydana geldiğinden deneyler bu devrin altında gerçekleştirilememiştir.

Aşağıdaki grafiklerde değişik devirlerdeki güç, moment, özgül yakıt tüketimi ve volümetrik verim değişimleri görülmektedir.



Şekil 5.1 1800 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor güç değişimi

1800 min⁻¹'deki ölçümlerde H₂ oranının artmasına bağlı olarak güç artmıştır. Standart yakıtla elde edilen güç değeri 3,77 kW iken % 20 H₂ oranı için ise güç 4,12 kW olarak ölçülmüştür. Yaklaşık olarak hidrojen oranı artışına bağlı olarak güçte % 10' luk bir artış gerçekleşmiştir.

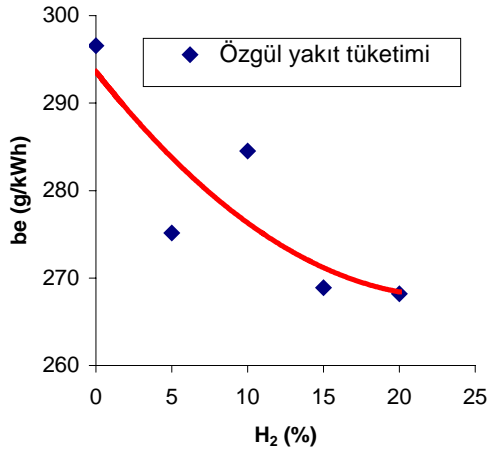


Şekil 5.2. 1800 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor moment değişimi

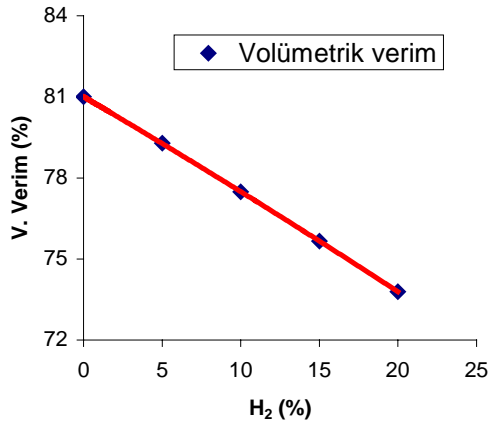
Motor momenti, grafikte de gösterildiği gibi, hidrojen oranının artışına bağlı olarak artmıştır. En yüksek moment % 20 H₂ oranında elde edilmiştir. Şekil 5.4' deki grafikte görüldüğü gibi, volümetrik verim hidrojen oranı artışına bağlı olarak azalmaktadır. Bu durum ilk başta motor momentinde hidrojen oranının artışına bağlı olarak bir azalma olmasını gerektirirse de motor devrinin düşük olmasından dolayı içeriye giren hidrojen, yanma için yeterli süreyi bulduğundan momentte bir artış görülmüştür.

Hidrojen oranının artışına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimi Şekil 5.3' de görülmektedir. 1800 min⁻¹ de ve farklı H₂ oranlarındaki özgül yakıt tüketimi standart yakıtla elde edilen özgül yakıt tüketiminden daha iyi gerçekleşmektedir. Özgül yakıt tüketimi en düşük düzeyine % 20 H₂ oranında inmektedir.

Volümetrik verim, deneyler sırasında havametre ile ölçülen hava tüketiminin, motorun çalışması sırasında tüketmesi gereken teorik hava miktarına oranı olarak belirlenmiştir. Volümetrik verim, yakıt cinsi, motor tasarımı ve motorun çalışma koşullarına göre değişim gösterir. Volümetrik verim; yakıt tipi, H/Y oranı, emme manifoldu sisteminde yakıt buharlaşma durumu ve yakıtın buharlaşma basıncı, ısı transferi sonucu değişim gösteren karışım sıcaklığı, art gazların basıncı, motorun sıkıştırma oranı, motor hızı, emme ve egzoz tasarımı ve supapların açılma zamanları ve açıklık pozisyonları gibi faktörlerden etkilenmektedir. Şekil 5.4' de motor devir sayısına bağlı olarak farklı H₂ oranlarındaki motor volümetrik verimi görülmektedir.

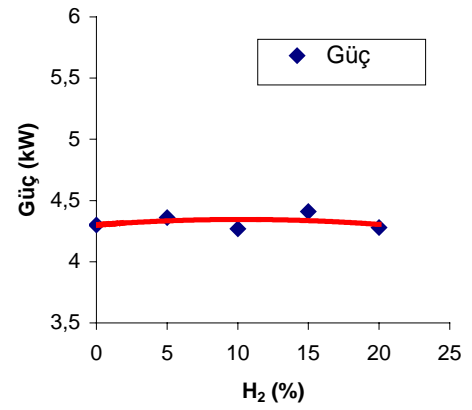


Şekil 5.3. 1800 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki özgül yakıt tüketimi değişimi



Şekil 5.4. 1800 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki volümetrik verim değişimi

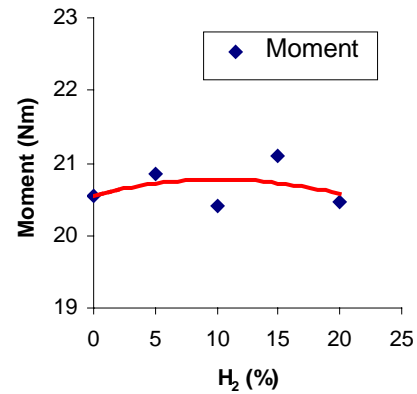
Karışımındaki H₂ oranı artışına bağlı olarak volümetrik verim kötüleşmektedir. Hidrojenin motora gaz halinde verilmesinden dolayı hidrojen silindir içinde çok yer kaplamakta, buna bağlı olarak da silindire yeterince hava giremediğinden volümetrik verim giderek bozulmaktadır.



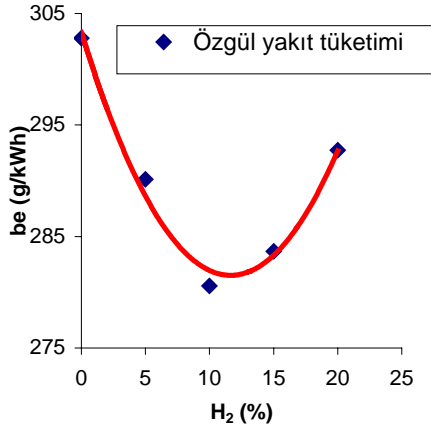
Şekil 5.5. 2000 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki güç değişimi

Motorun ürettiği güç, % 5 ve % 15 hidrojen oranlarında artmış, %10 ve % 20 hidrojen oranında ise standart yakıtın verdiği gücün altına düşmüştür. Bu durum volümetrik verimin kötüleşmesi ile açıklanabilir. Şekil 5.6' de görüldüğü gibi moment % 10 ve % 20 hidrojen oranlarında standart yakıtla elde edilen moment değerinin altına düşmüştür.

Şekil 5.7' de H₂ oranına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişim grafiği görülmektedir. Bütün hidrojen oranlarında elde edilen özgül yakıt tüketimi standart yakıtla elde edilen özgül yakıt tüketiminden daha iyidir. En iyi özgül yakıt tüketimi %10 H₂ oranında elde edilmiştir. Bu yanmanın en verimli olduğu hidrojen oranının %10 hidrojen oranında olduğunu göstermektedir.

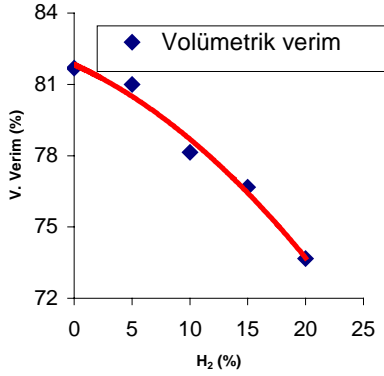


Şekil 5.6. 2000 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor moment değişimi

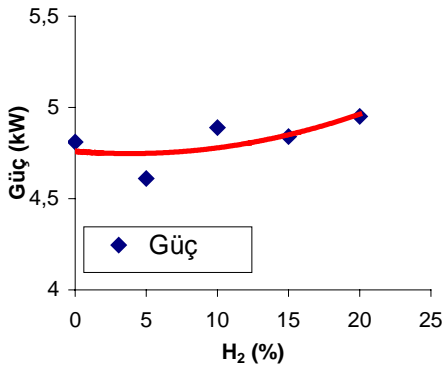


Şekil 5.7. 2000 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki özgül yakıt tüketimi değişimi

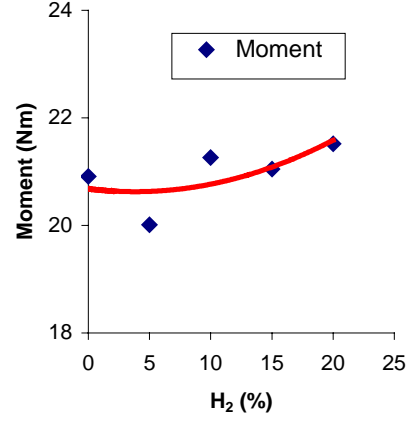
Şekil 5.8’de H₂ oranına bağlı olarak volümetrik verim değişim grafiği görülmektedir. Volümetrik verim hidrojen oranının artışına bağlı olarak gittikçe azalmaktadır. Hidrojenin motora gaz olarak verilmesi nedeniyle hidrojen çok yer kaplamakta ve içeriye yeterli havanın girmesine engel olarak volümetrik verimi kötüleştirmektedir.



Şekil 5.8. 2000 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki volümetrik verim değişimi

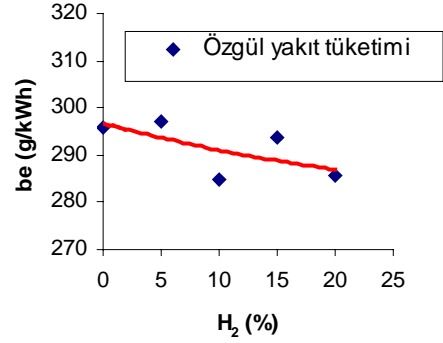


Şekil 5.9. 2200 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor güç değişimi

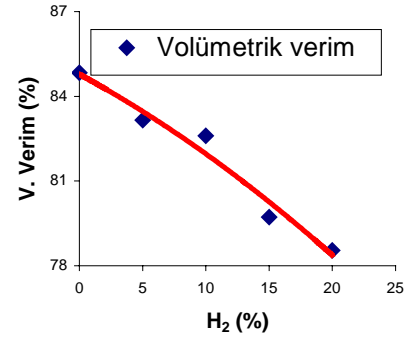


Şekil 5.10. 2200 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor moment değişimi

Şekil 5.9’ den görüldüğü gibi hidrojen oranı artışına bağlı olarak motor gücünde çok az bir artış olmaktadır. 2200 devri deney motorundan en fazla momentin alındığı devirdir. Şekil 5.10’ dan görüldüğü gibi hidrojen oranının artışına bağlı olarak motor momentini artmaktadır.



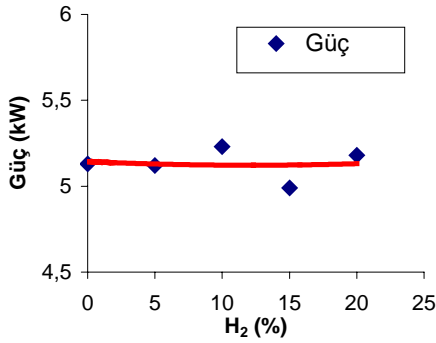
Şekil 5.11. 2200 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki özgül yakıt tüketimi değişimi



Şekil 5.12. 2200 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor moment değişimi

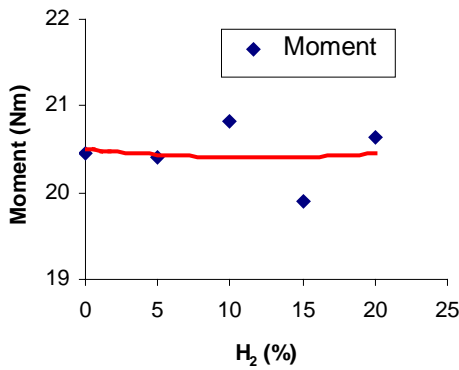
Şekil 5.11' de hidrojen oranının artışına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi standart yakıtın vermiş olduğu özgül yakıt tüketimi değerinin altına düşmektedir.

Volümetrik verim, şekil 5.12' de görüldüğü gibi hidrojen oranı artışına bağlı olarak gittikçe azalmıştır. En düşük volümetrik verim % 20 H₂ oranında elde edilmiştir. Hidrojenin emme manifolduna gaz olarak verilmesi içeriye girmesi gereken havayı azaltmış, bu da volümetrik verimin kötüleşmesine neden olmuştur.



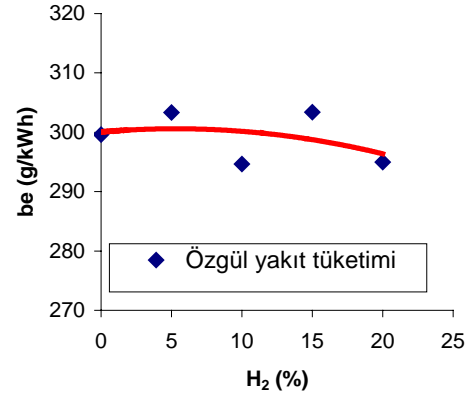
Şekil 5.13. 2400 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor güç değişimi

Devir arttıkça bazı hidrojen oranlarında, motor performans ve emisyon parametrelerinde dengesizlikler görülmüştür. Grafikte görüldüğü gibi hidrojen oranı artışına bağlı olarak, güç standart yakıtla elde edilen güçten biraz daha fazla olmuştur. En yüksek güç %10 hidrojen oranında elde edilmiştir.

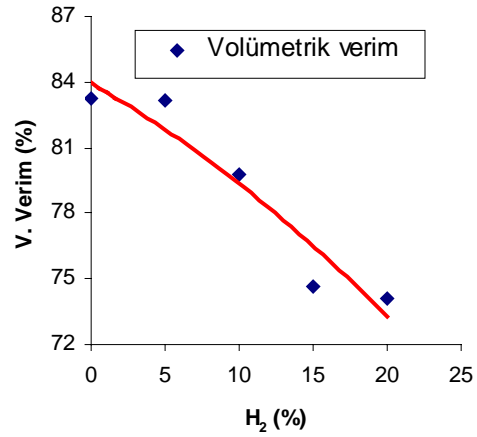


Şekil 5.14. 2400 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor moment değişimi

Şekil 5.13 ve 5.14'de görüldüğü gibi en yüksek moment ve özgül yakıt tüketimi değeri % 10 hidrojen oranında elde edilmiştir.



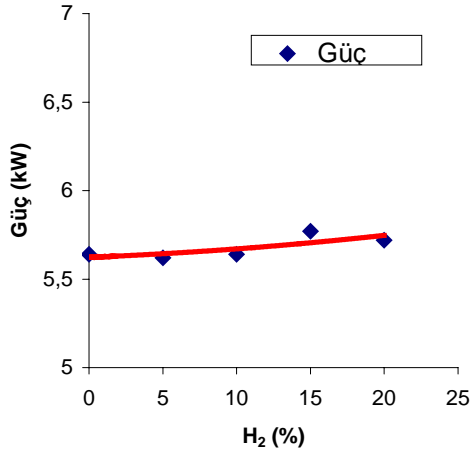
Şekil 5.15 2400 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki özgül yakıt tüketimi değişimi



Şekil 5.16 2400 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki volümetrik verim değişimi

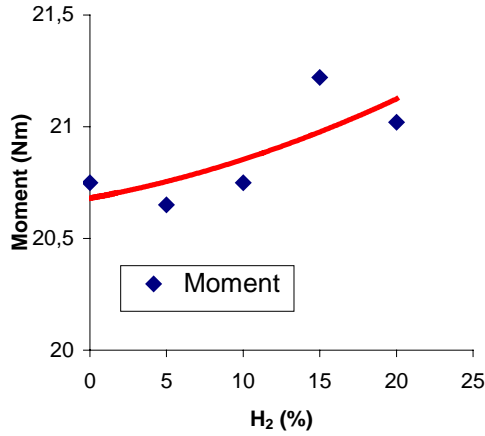
Şekil 5.16' da ki grafikte de görüleceği gibi, hidrojen oranının artışına bağlı olarak volümetrik verim gittikçe kötüleşmiştir.

Şekil 5.17' de görüldüğü gibi % 5 ve % 10 hidrojen oranlarındaki motor gücü hemen hemen standart yakıtla elde edilen güç değerine yakın olmaktadır. % 15 hidrojen oranında ise en yüksek güç elde edilmiştir. Bu oranda volümetrik verim diğer hidrojen oranlarının üzerine çıkmakta, bu da motor gücünün o oranda artmasına sebep olmaktadır.

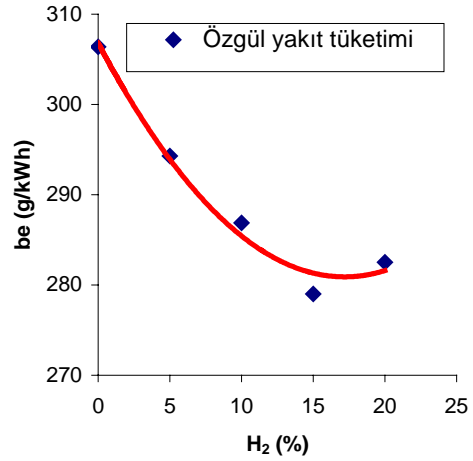


Şekil 5.17. 2600 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor güç değişimi

Şekil 5.18' den görüldüğü gibi % 5 ve % 10 hidrojen oranlarındaki moment değeri standart yakıtla elde edilen moment değerinin altında çıkmıştır. En yüksek moment değeri ise % 15 hidrojen oranında elde edilmiştir. Şekil 5.19' deki grafikte görüldüğü gibi özgül yakıt tüketimi hidrojen oranının artışına bağlı olarak gittikçe azalmıştır. En düşük özgül yakıt tüketimi % 15 hidrojen oranında elde edilmiştir.

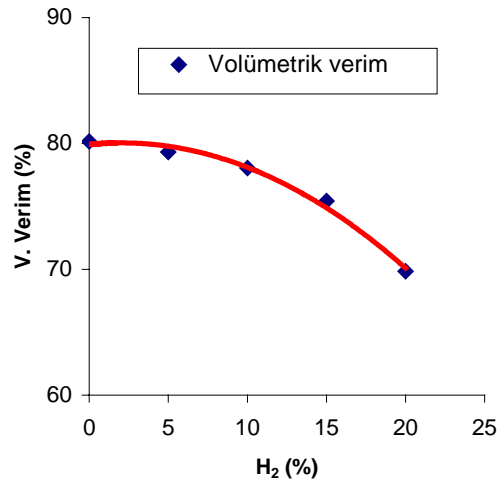


Şekil 5.18 2600 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki motor moment değişimi



Şekil 5.19 2600 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki özgül yakıt tüketimi değişimi

Şekil 5.20' de hidrojen oranını artışına bağlı olarak ve motor devrinin yüksek olmasından dolayı emme supabının açık kalma zamanının kısalması ve sürtünme kayıplarının artmasından dolayı volümetrik verim gittikçe kötüleşmiştir.



Şekil 5.20. 2600 min⁻¹ farklı H₂ oranlarındaki volümetrik verim değişimi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hidrojen çok uzun yıllardan bu yana enerji kaynağı olarak bilinmesine karşın petrol kökenli enerji kaynaklarının ucuz ve bol olması hidrojenin enerji kaynağı olarak kullanımı alanındaki çalışmaları uzunca bir süre aksatmıştır. 1970' li yıllarda ortaya çıkan petrol krizleri ve daha sonrasında yaşanan petrol temininde yaşanan problemler bilim adamlarını ve konuyla ilgili tarafları alternatif enerji kaynakları alanında çalışmalar yapmaya sevk etmiştir. Bu alternatif enerji kaynaklarından bir tanesi de yenilenebilir olan ve doğada bol miktarda bulunan hidrojenidir.

Hidrojenin içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımı alanında yapılan çalışmalar performans ve emisyonlar açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Petrol üretimi yönünden büyük oranda yurtdışına bağımlı olan ülkemiz için yenilenebilir enerji kaynağı olan hidrojenin içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılması hem stratejik açıdan hem de ülkemiz ekonomisi açısından çok büyük bir önem taşımaktadır.

Yapılan bu deneysel çalışmada, tek silindirli hava soğutmalı bir dizel motoru önce motorinle çalıştırılmış daha sonra ise değişik oranlardaki hidrojen ilaveli yakıtlarla çalıştırılarak motor performans ve emisyon değerleri belirlenmiştir.

Motor moment değerleri incelendiğinde, motorin ve % 10 hidrojen ilaveli olarak yapılan çalışmada maksimum moment değeri 2200 min^{-1} de elde edilirken, % 5, % 15 ve % 20 hidrojen ilaveli yakıtlarla ise maksimum moment 1800 min^{-1} de ölçülmüştür. Hidrojen oranı artırıldıkça volümetrik verim kötüleşmekte ve devir arttıkça moment azalmaya başlamaktadır. Aynı şekilde güç te, düşük motor devirlerinde artmış, devir yükseldikçe ise düşmeye başlamıştır. Çalışma ile belirlendiğine göre hidrojen ilaveli yakıtlar düşük devirlerde motor momentinde ve gücünde artışa yol açarken yüksek devirlerde ise olumsuz sonuçlar vermiştir.

Düşük devirlerde hidrojen ilaveli yakıtlarla elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri standart yakıtla elde edilen değerlerden daha iyi elde edilmiştir. % 20 hidrojen ilaveli yakıtla elde edilen özgül yakıt tüketimi değeri en düşük seviyesine inmiştir. Devir yükseldikçe ise özgül yakıt tüketimi kötüleşmiştir. Bulgular dikkate alındığında, hidrojen ilavesi düşük ve orta motor devirlerinde

özgül yakıt tüketimini iyileştirici yönde etki yapmıştır.

Volümetrik verim ise hidrojen oranı artışına bağlı olarak kötüleşmektedir. Bu hidrojenin motora havayla birlikte gaz halinde verilmesinden ileri gelmektedir. Bu kötüleşme devir artışı ile daha belirgin hale gelmektedir.

Denenen bütün hidrojenli karışım oranlarında, 2600 min^{-1} üzerinde şiddetli vuruntu olduğu görülmüştür. Bu nedenle yüksek motor devirleri için hidrojenli karışımların dizel motorları için uygun olmadığı kanaatine varılmıştır.

Hidrojen oranı % 20' nin üzerine çıkarıldığında motor momentinde aşırı derecede azalma görülmüştür. Bu nedenle kullanılan hidrojen yüzdesi % 20' yi geçmemelidir.

Hidrojen ilavesi durumunda motorun çalışmasında görülen vuruntu, volümetrik verim düşmeleri ve motorun aşırı ısınması gibi problemlerin motorda yapılacak bazı yapısal düzenlemelerle giderilebileceği düşünülmektedir.

Semboller

B	:Yakıt Tüketimi (kg/h)
be	:Özgül Yakıt Tüketimi (gr/kWh)
n	:Motor Devri (min^{-1})
D	:Venturi Çapı (mm)
H	:Flowmetre Su Sütunu (mm)
h	:Havametre su sütunu (mm)
K_d	:Moment Düzeltme Katsayısı
M	:Moment (Nm)
M_e	:Düzeltilmiş Moment (Nm)
N_e	:Güç (kW)
P	:Deneme Ortamı Basıncı (kPa)
T	:Deneme Ortamı Sıcaklığı (K)
V_h	:Motorun Silindir Hacmi (dm^3)
λ	:Hava Fazlalık Katsayısı
λ_h	:Hidrojenli Hava Fazlalık Katsayısı
λ_m	: Motorinli Hava Fazlalık Katsayısı
η_v	:Volümetrik Verim

KAYNAKLAR

1. Dıpioğlu, İ., “Hidrojenin Taşııt Üzerinde Üre-timi ve Petrol Kökenli Yakıtlarla Birlikte İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımının incelen-mesi”, Y. Lisans tezi., Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 8-118 (1988)
2. Murcak, A., Batmaz I., İçingür Y., “Hidrojenin İçten Yanmalı Motorlarda Alternatif yakıt Ola-rak Kullanılma Olanaklarının İncelenmesi”, 7. Uluslar arası Yanma sempozyumu, 2-8 (2002)
3. Haşımoğlu, C., Ciniviz, M., Uçar, G., “Günü-müzde içten yanmalı Motorlarda Hidrojen Ya-kıtının Kullanılması”, Selçuk Üniversitesi On-Line Dergisi,1-2(2000)
4. Stout, B. A., “ Energy Use and Management in Agriculture”,Breton Publishers, Massachusetts, USA (1984)
5. Homan, H. S., P. C. T.,DeBore and W. J. Mclean “ The Effect of Fuel Injection on NO_x Emissions and Undesirable Combustion for Hydrogen – Fueled Piston Engines “, SAE 780945, 1-17 (1978)
6. Ültanr, M. Ö., “21.Yüzyıla Girerken Tür-kiye’nin enerji Stratejisinin Deđerlendirilmesi “ , Tusiad-T/ 98 – 12/239, İstanbul (1998)
7. Serebrenikov, V.A. , Baturin, S.A., Rum Yant Sev, V.P., “Practice of The Use of Steam and Power Mixture Additions in Vehicular Diesel Engines”, Dviqatellestro Enie 2, 41-44 (1982)
8. Kolbanev, I. L.,“Hydrogen Fuel in Automobiles and Tractor. Int.” J. Hydrogen Energy, 18 (5) : 409-420 (1993)
9. Patro, T.N., “Burning Rate Assessment of Hydrogen Enriched Fuel Combustion in Diesel Engines. Int.” J. Hydrogen Energy, Vol. 19, No. 3 , pp. 275-284, 1993.
10. Haşımoğlu, C., “Dizel Motorlarında Egzoz gazları Resirkilasyonunun (EGR) Motor Per-formansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi”, Tübitak / 26, 127-135, (2002).