

## PİSTON-PROPLAR'DA HİDROJEN KULLANIMININ PERFORMANS VE ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

**Önder Altuntaş<sup>1</sup>, T. Hikmet Karakoç<sup>2</sup>**

Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü Sivil Havacılık Yüksekokulu ESKİŞEHİR 26470.

oaltuntas@anadolu.edu.tr ; hkarakoc@anadolu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada, ticari hava araçlarında kullanılan piston-prop motorlarının dizayn analizinde farklı yakıt tipleri kullanılarak (*Benzin ve Hidrojen*) motor performansı teorik olarak incelenmiştir. Ölçülen özgül yakıt sarfiyatı ve ölçülen iş gibi bazı motor performans parametrelerinin değerleri hesaplandıktan sonra performans grafikleri elde edilmiştir.

Sonuç olarak hidrojenin ısı değerinden dolayı, üretilen güçte üç kat artış ve özgül yakıt sarfiyatının yaklaşık olarak üçte biri oranda düşüş görülmüştür. Bunun paralelinde aynı ısı değerlerinde kullanılacak iki yakıtın atmosfere bıraktığı etki de incelenmiştir. Bu noktada da sera etkisinin neden olduğu suyun hidrojen kullanımında fazla olduğu görülmüştür.

Yapılan bu incelemeler sonucunda, hem performans hem de çevresel açıdan piston-proplar'da yakıt olarak hidrojenin kullanılabilirliğinin uygun olduğu gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Piston-prop motorları, motor performansı, hidrojen.*

### ABSTRACT

In this study, on design analysis of piston-prop engines used in commercial aircrafts were investigated by using different fuel types (*Gasoline and Hydrogen*). Values of engine performance parameters such as indicated specific fuel consumption and indicated work were calculated and then performance chart were obtained.

In conclusion, due to the high heating value of the hydrogen, three times more indicated work and three times less indicated specific fuel consumption were seen. Hereafter, effects of the types of fuel on atmosphere which have same reaction heating values were analyzed. At this contest, using H<sub>2</sub>, it was seen that a higher amount of H<sub>2</sub>O which is one of the significant greenhouse gas constant, is produced.

As a result of this examinations, hydrogen fuel availability in piston-prop engines due to both performance and environmental effects were pointed out.

**Key Words:** *Piston-prop engines, engine performance, hydrogen.*

### 1- GİRİŞ

Hava taşımacılığı dünyanın büyük bir kısmında lüks olmasına rağmen, yakıt olarak hidrojen teknolojisinin kullanılabilirliğinin incelemesi önemli bir araştırma

konusu olmaktadır. Buna neden olarak, her bir yolcu ve kilometre başına hava taşımacılığı sonucunda oluşan kirliliğin yüksek çevresel etkilere neden olduğu gösterilebilir [1].

Hava araçlarında yakıt olarak benzin ve ürünlerinin dışında başka yakıtların kullanılması fikri ilk olarak 1970'lerin başlarında ortaya atılmıştır. Bunun nedeni fosil yakıtlarının azalmaya başlaması ve çevreye duyarlı sürdürülebilir yakıtların kullanılmasının istenmesi olmuştur [2].

1956 yılında başlanan hava araçlarında hidrojenin yakıt olarak kullanılması üzerine yapılan çalışmalar, son yıllarda hızla devam etmektedir. Yapılan geliştirmelerle 1988 yılında Amerikan Grumman AA-5A modeli pistonlu motorlu uçakta deneme uçuşu gerçekleştirilmiş. Sonrasında, 1999 yılında Alman-Rus ortaklığında Cryoplane projesi başlatılmıştır [3].

Tüm bu denge hesapları, hidrojenin kullanılabilirliği üzerine olmuştur. Çünkü, evrende bilinen toplam maddenin %80'ini hidrojen oluşturmakta ve yanma ürünü olarak  $H_2O$  ve havanın kimyasal reaksiyonu sonucunda da çok az miktarda  $NO_x$  gazı oluşmaktadır [4].

Oluşabilecek  $NO_x$  miktarı, yanma odasındaki sıcaklığın azaltılması veya yanma süresinin kısaltılmasıyla azaltılabilmektedir. Buna ek olarak yakıt-hava karışımının ayarlanmasıyla sağlanan oksijen konsantrasyonundaki azalma da  $NO_x$  miktarında düşüşe yardımcı olmaktadır [5].

Evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olmasına rağmen doğada saf halde bulunmazken, birçok yöntemle elde edilmesi mümkündür. Bu çalışmada ne hidrojen elde etme yöntemleri üzerinde, ne de mevcut motorlu sistemlerin modifikasyonu üzerinde durulmayacaktır.

Alevli yanmaya, katalitik yanmaya, direkt buhar üretimine, hidritleşme ile kimyasal dönüşüme uygun bir yakıt türü olan hidrojenin, alevli yanma özelliği ile içten yanmalı motorlarda ve gaz türbinlerinde yakıt olarak kullanılabilir [6].

Bu çalışmada piston-proplarda mevcut motor sistemi içinde yakıt olarak hidrojenin kullanılmasıyla elde edilebilecek performans ve çevresel değerlerin geleneksel benzin kullanımı sonucu elde edilen değerlerle kıyaslanması yapılacaktır.

## 2- PİSTONLU MOTOR KARAKTERİSTİKLERİ

Genel olarak piston-prop motorlarının seçiminde, kullanılacağı uçuş irtifası önemli bir esastır. Yaygın olarak kullanılan doğal emişli pistonlu motorlarının uçuş irtifaları sınırlıdır. Bu nedenle çoğu zaman seçim SI turboşarjlı bir motordan yana olur. Bu seçim sonucunda uçağın uçuş tavanında artış olur fakat buna ek olarak çeşitli emniyet tedbirlerinin ve sistemlerinde bulundurulması gerekliliği ise ek maliyet olarak  $f(\gamma) = \frac{k}{c} \left( \frac{v}{c} \right)^2$  ile yansıtılmaktadır. (1)

Bu bölümde, örnek sıkıştırma oranı değiştirebilme özelliğine sahip süperşarjlı bir pistonlu motor parametreleri ele alınarak, hidrojenin veya benzinin kullanılmasıyla elde edilen özgül yakıt sarfiyatı ve güç incelenecektir.

Belirlenmiş olan motor parametreleri hem benzin hem de hidrojen için aynı değerler olarak ele alınacaktır. Bunun için analiz yaparken kabullerimiz aşağıdaki gibi olacaktır [7].

- Hacmi 2.4 litre olan Otto çevrim esasına göre çalışan bir SI turboşarjlı piston-prop motoru incelenecek.
- İdeal gaz sabiti  $k=1.4$  olarak alınacak.
- Yakıtların ısı değerleri alt ısı değer olarak hesaplanacaktır. Benzinin alt ısı değeri  $Q_{LHV}=43,000$  kJ/kg ve hidrojenin alt ısı değeri  $Q_{LHV}=120,000$  kJ/kg olacaktır.
- Tırmanma ve Düz uçuş safhalarındaki gerekli motor verileri Tablo-1'deki gibi olacaktır.

	<i>Tırmanma</i>	<i>Düz Uçuş (5000 m)</i>
Motor Hızı	3600 RPM	2200 RPM
Sıkıştırma Oranı	8:1	14:1
Hacimsel Verim	%120	%88
Yakıt	Stokiyometrik	HY=22:1
Yanma Verimi	%97	%99

Tablo 1. Motor Parametreleri

$\eta_t$  ısı verim,  $\dot{m}_f$  bir çevrimdeki özgül yakıt miktarı,  $Q_{LHV}$  alt ısı değer ve  $\eta_c$  yanma verimi olmak üzere ölçülen güç değeri ( $\dot{W}_i$ );

$$\dot{W}_i = \eta_t \dot{m}_f Q_{LHV} \eta_c \quad (1)$$

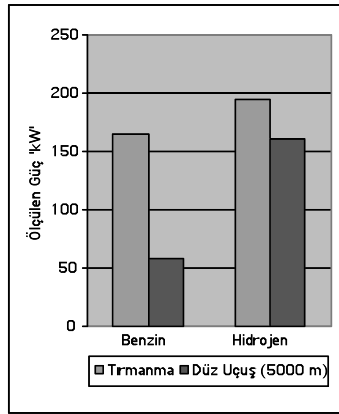
denklemleriyle ifade edilir. Bu denklemler kullanılarak ölçülen özgül yakıt sarfiyatı ise Denklem (2)'den elde edilir.

$$isfc = \dot{m}_f / \dot{W}_i \quad (2)$$

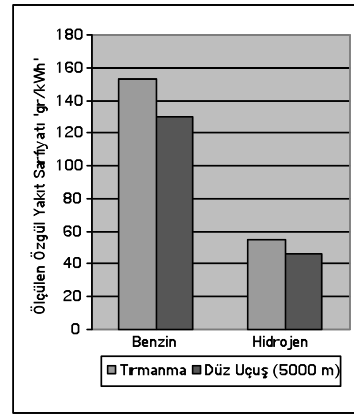
### 3- SÜPERŞARJ PİSTONLU MOTOR VERİLERİNİN ANALİZİ

#### 3.1. Performans Parametrelerinin İncelenmesi

Supersarjlı bir pistonlu motorun örnek olarak alınmasının sebebi irtifa ile azalan hava yoğunluğundan etkilenmemesidir. Verilen parametreleri incelemek için Excel'de oluşturulan tablolar yardımıyla hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen grafikler Şekil 3-1 ve Şekil 3-2'deki gibi olur.



Şekil 3-1 Benzine ve Hidrojen kullanılması sonucu ölçülen güç değeri



Şekil 3-2 Benzine ve Hidrojen kullanılması sonucu oluşan özgül yakıt sarfiyatı

Şekil 3-1'de görüleceği üzere, hidrojen kullanılmasıyla ölçülen güçte tırmanma esnasında 30 kW, düz uçuşta yaklaşık 100 kW'lık bir artış olduğu görülmektedir. Buna ek olarak şekil 3-2'de bakıldığında ölçülen özgül yakıt sarfiyatları açısından hidrojenin benzine oranla daha avantajlı olduğu görülmektedir. Hem tırmanma hem de düz uçuş safhasında tüketilen yakıt miktarında üçte bir azalma olduğu görülmektedir. Yakıtların litre başı fiyatlarında eklendiğinde bu farkın daha da artması kaçınılmazdır.

Verilen motor parametrelerine uygun olarak hesaplamalar yapıldığında, hidrojenin ısı değeri yüksek olmasının ne kadar önemli bir faktör olduğu görülmektedir.

### 3.2. Çevresel Etkilerin İncelenmesi

İçeriğinde karbon bulunan yakıtların yanması sonucunda, karbon ürünlerin üretilmesi kaçınılmazdır. Bu ürünlerin miktarının olabildiğince azaltılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Hidrojen'e bakıldığı zaman ürün olarak sadece hava içerisinde bulunan oksijen ile tepkimeye girmesi sonucu  $H_2O$  ve belli bir miktar  $N_2$  havaya geri verildiği görülmektedir. Buna ek olarak havanın kimyasal reaksiyonu sonucunda  $NO_x$  oluşmaktadır. Genel olarak bakıldığında ise, stokiyometrik karışımda bir yanma sonucunda daha az emisyon oluştuğu görülmektedir.

Hidrojenin karbon salınımına yol açacak olmaması elbette tercih sebebi için önemlidir. Bunun yanında bu incelemede dezavantaj olarak, oluşabilecek  $NO_x$  miktarını değil su miktarı incelenecektir. Çünkü, dünya genelinde varolan su konsantrasyonunda bir değişim olmadığı düşünülürse, sera etkisinin nedenlerinden birisi olarak düşünülmelidir. Bu noktada, troposfer içerisinde hareket edecek olan bir piston-prop uçağın ne kadarlık bir suyu ürün olarak bırakacağı önemlidir.

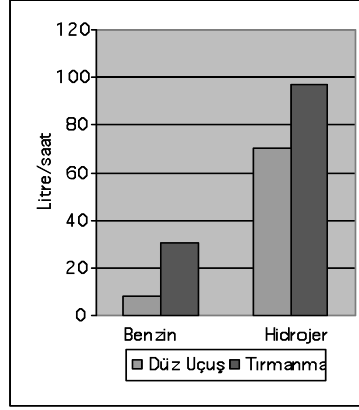
Tam yanma gerçekleşmesi sonucunda 1 kmol'lük benzin kullanılmasıyla elde edilecek olan enerji her uçuş şartı ve durumu için yeterli olacaktır. Bundan dolayı ne kadarlık bir hidrojenin yakıt olarak kullanılmasıyla, istenilen enerjinin elde edilebileceğinin hesaplanması gerekir.

İncelemede, tam yanma için kimyasal tepkimeler oluşturulup 1 kmol benzin sonucunda elde edilen ısı değeri belirlenmiştir. Bunun sonucunda bulunan bu enerjiyi elde etmek için ise 20 kmol hidrojen kullanılması gerektiğini görülmüştür.

Bizim için bu noktada önemli olan hidrojenin yakılmasıyla elde edilen suyun belirlenmesidir. Kimyasal tepkimeler, piston-prop uçağının tırmanma esnasında dakikada 0.42 kg benzin tüketilirken bunun sonucunda 0.51 kg  $H_2O$  ürettiğini göstermektedir. Belirtilen irtifada düz uçuşta ise dakikada 0.13 kg benzin tüketilirken bunun sonucunda 0.16 kg su üretilmektedir.

Aynı değerleri hidrojen kullanıldığı zaman bakılacak olunursa, tırmanma esnasında dakikada 0.18 kg hidrojen tüketilirken bunun sonucunda 1.62 kg su

üretilmektedir. Düz uçuşta ise dakikada 0.13 kg hidrojen tüketilirken 1.17 kg su üretilecektir.



Şekil 3.3. Farklı yakıt türlerinde saatte üretilen yakıt miktarı.

Şekil 3.3.'te de görüleceği üzere kullanılacak olan hidrojenin yakılması sonucunda düz uçuşta saatte 10 kat, tırmanmada ise saatte 3 kat daha fazla  $H_2O$  üretilmektedir. Uçuşun büyük bir çoğunluğunu düz uçuş olduğunda düşünülürse üretilen  $H_2O$  miktarının da incelemelerde dikkat edilmesi önemlidir.

#### 4- SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, piston-prop uçaklarda kullanılan süperşarj ile donatılmış olan bir pistonlu motorda, sistem aynı kalmak şartıyla yakıt olarak hidrojen kullanılması sonucunda oluşan bazı parametreler incelenmiştir. Sadece üretilen güç ve özgül yakıt sarfiyatı açısından bile seçim tercihi açısından öne çıkmaktadır.

Hidrojenin yakıt olarak kullanılması sonucu pistonlu motorlarda oluşan vuruntuların görülmeceği olması, düşük emisyonlara sahip olması ve oluşabilecek kaçaklar doğrultusunda çevreye bir zararı olmaması hidrojenin pistonlu motorlarda yakıt olarak seçilmesinde avantaj olarak söylenebilir. Bunun yanında depolanma problemlerinin olması, tekrardan dolununun yapılmasının zor olması, üretim tekniklerinden kaynaklanan nedenlerden dolayı maliyetinin yüksek olması ve parlayabilecek bir yakıt olması dezavantajlarıdır.

Benzin içerisinde bulunan katkı maddeleri ve karbonun yanma sonucunda çevreye vereceği zararlarda düşünüldüğünde, hidrojen kullanılabilirliği daha uygun

olarak görülmektedir. Benzin kullanımıyla oluşan emisyonlar çevreye zararları bilinmektedir. Fakat hidrojen kullanılmasıyla bu zararların azalacağı düşünüldükten sonra yanma sonucu oluşacak olan suyun belirli irtifalarda yayılım göstermesinden dolayı sera etkisinin artmasına neden olabilecektir.

Ayrıca bundan sonraki herhangi bir küresel anlaşmaya hava taşımacılığında kullanılan yakıtların da dahil edilmesi gerektiği görülmektedir. Uçaklarda kullanılan yakıtın 2050 yılına kadar karbon emisyonlarının %15'ini oluşturacağı tahmin edildiği bu günlerde bu konuda önlemlerin alınması gereklidir [8].

Gelecekte yapılacak çalışmalar hayatın her alanında olduğu kadar havacılıkta da alternatif enerji kaynağı olan hidrojenin kullanılabilirliği üzerine olacağı söylenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın sunulmasında vermiş olduğu katkıdan dolayı Anadolu Üniversitesi'ne çok teşekkür ederiz.

## 5- KAYNAKLAR

1. Winter, C. J., "Hydrogen Technologies for Future Aircraft", Proceedings of the International Seminary of DLE, Bonn, 15, 16 November 1990.
2. Brewer., G.D., Hydrogen Aircraft Technology, CRC Press. Boca Raton, FL, 1991.
3. Hoffmann P. ve Harkin T., "Tomorrow's Energy: Hydrogen, Fuel Cells, and the Prospects for a Cleaner Planet", MIT Press, ABD, 2002.
4. Bockris, J.M., Veziroğlu, N., Smith, D.L., "Geleceğin enerjisi: Güneş- Hidrojen", 2001.
5. Baker, R.E., Macpherson, I., "Future Transportation Fuels and the Environment," Automotive Engineering. 99(1), 27-29, 1981.
6. Ültanır., M.Ö., "21. yüzyıla girerken Türkiye'nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi", TÜSİAD yayınları, Aralık 1998.
7. Pukrabek, W.W., "Engineering fundamentals of the internal combustion engine", Upper Saddle River : Pearson Prentice Hall, 2004.
8. Web - www.bbc.co.uk Giriş: 10/08/2008

