

Sıkıştırma Oranının Artışının LPG ile Çalışan Buji ile Ateşlemeli Taşıt Motorunun Gücü ve Yakıt Ekonomisine Etkisi

Ali Akbaş
Araş. Gör.

Yakup Sekmen
Araş. Gör.

Perihan Erduranlı
Araş. Gör.

Gazi Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi,
Beşevler, Ankara

Dünya atmosferinde oluşan kirliliğin alarm düzeyine çıkması dünyadaki iklim koşullarına küresel ısınmanın artan etkisi ve belirli ülkelerde uygulanan sıkı anti-kirlilik yasaları benzine alternatif yakıtların araştırılması için temel sebepler arasındadır. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) buji ile ateşlemeli motorlar için yakıt olarak uygun özelliklerinden dolayı kısa sürede benzinin yerini alması için önerilen bir çok alternatifin arasındadır. Bu çalışmada, LPG ile çalışan buji ile ateşlemeli bir taşıt motorunun sıkıştırma oranı artırılarak özgül yakıt tüketimi ve motor gücüne etkileri araştırılmıştır. Sıkıştırma oranının 9,5:1'den 13:1'e artışıyla birlikte yakıt ekonomisinde ortalama %12 iyileşme, motor gücünde yaklaşık %7 artış elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İçten yanmalı motor, Buji ile ateşlemeli motor, Sıkıştırma oranı, LPG.

GİRİŞ

Artan hava kirliliği günümüzde gelişmiş ülkelerin en önemli sorunlarından biridir. Bu kirlenmede motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının önemli bir payı bulunmaktadır. Bu durum araştırmacıları çevreye zarar vermeyen alternatif yakıtların arayışına teşvik etmektedir. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) alternatif yakıtlar arasında dünya çapında ve uzun süreli rol oynayabilecek yegane yakıtlar olarak değerlendirilmektedir [1-3].

Dünyanın bir çok ülkesinde LPG bugün alternatif otomobil yakıtı olarak kullanılmaktadır. Otomotiv alanındaki LPG kullanımında İtalya ve Hollanda dünyada öncülük eden ülkelerin başında gelmektedir. Ayrıca Rusya, A.B.D., Avustralya, Japonya, Güney Kore gibi dünyanın bir çok ülkesinde beş milyondan fazla taşıtta sıvılaştırılmış petrol gazı kullanılmaktadır.

Ülkemizde de son yıllarda taşıtların LPG'ye dönüşümü önemli bir taleple karşı karşıyadır ve kullanımda ilk sırayı özellikle büyük şehirlerde ticari taksiler almaktadır. Başlangıçta denetimsiz ve kaçak olarak uygulanan LPG kullanımı 29 Haziran 1995'te Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik ile yasallaşmış ve uygulamalar hızlanmıştır. Türkiye'de LPG'nin %90'ı evlerde, %5'i sanayide ve %5'i de araçlarda kullanılmaktadır [4,5].

LPG kimyasal yapı ve özellikleri bakımından parafinler ve olefinler grubu içinde yer alır. Genellikle doğal gazdan ve ham petrolün kuyudan çıkarılması ve rafinerilerde tasfiye edilmesi sırasında ham petrolden ayrıştırılarak elde edilen ve kolayca sıvılaştırılabilen propan ve bütan gazlarının basınç altında sıvılaştırılmış halidir. Bu gazlar sıvılaştırıldıklarında hacimce 230 ile 267 kat küçülmektedirler [6]. LPG'de bulunan az miktardaki propilen ve bütilen ise, petrol rafinerilerinde diğer hidrokarbonların kreaking'i ile elde edilen iki önemli kimyasal hammaddedir. LPG havadan daha ağır, renksiz, kokusuz, parlayıcı ve patlayıcı bir gazdır. Oktan sayısı benzine göre daha yüksektir, ancak enerji yoğunluğu benzine göre kütleli olarak %11, hacimsel olarak %33 daha azdır. Setan sayısı düşük olduğu için dizel motorlarında kullanıma uygun değildir [7-11].

LPG yakıtı motorlarda kirlenici egzoz emisyonlarını önemli ölçüde düşürmektedir. LPG yakıtlı taşıtlarda CO, HC ve NO_x emisyonları benzine oranla düşük seviyelere indirilebilmektedir. Aynı teknoloji seviyesinde iki taşıtta kullanıldığında CO₂ dahil kirlenici emisyonlar önemli oranda benzinli çalışmaya göre azalmaktadır. Ayrıca, LPG kurşun ve sülfür bileşiklerini içermemekte, karışım teşekkülü, dolgu dağıtımı ve yanma özellikleri fevkalade iyidir. LPG ve temel taşıt yakıtlarının emisyon değerleri Çizelge 1'de verilmiştir [1,9,10].

Çizelge 1. Üç temel taşıyıcı yakıtın emisyon değerlerinin karşılaştırılması

Emisyonlar	Dizel (%)	Kurşunsuz Benzin (%)	LPG (%)
CO	0.2	6	0.3
HC	6	3	1.8
NO _x	25	50	40
SO ₂	3.25	0.39	0
Aldehit	7.8	2.6	0
Partikül	32.5	6.5	0

Herhangi bir alternatif yakıtın seçilmesi için temel kriterler şunlardır:

- Elde edilebilirlik: Yakıt bol olmalı veya tercihen yenilenebilir kaynaklardan üretilebilmelidir.
- Yüksek özgül enerji içeriği
- Kolay taşınma ve depolanma
- Minimum çevre kirliliği ve kaynak tüketimi
- Güvenlik ve kullanım özellikleri

LPG ile motorun daha fakir karışım ile çalışma eğiliminde olduğu ve motorun daha ekonomik çalıştığı bilinmektedir. Benzin ile karşılaştırıldığında, daha yüksek kalorifik verim değeri, daha düşük yoğunluk ve kaynama noktasına sahip LPG buhar formunda kullanıldığında motorun çalışması ve ömrü önemli derecede iyileşmektedir [12].

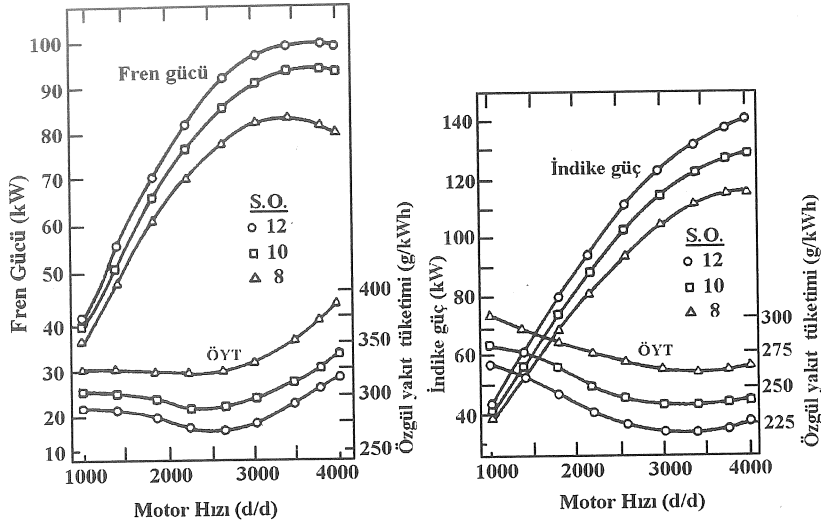
Sıkıştırma oranının artışı hem indike hem de fren özgül yakıt tüketimini azaltmaktadır. Genişleme kursunun son kısmındaki düşük sıcaklıklar sonucu soğutma kayıplarının azalmasıyla artan termal verimden dolayı soğutucuya olan ısı kaybı sıkıştırma oranı artışı ile azalmaktadır. Ayrıca, soğutmaya olan ısı kaybı motor hızıyla azaldığı için indike özgül yakıt tüketimi motor hız artışı ile azalmakta daha sonra bir miktar artmaktadır. Sıkıştırma oranı artışıyla birlikte artan sürtünme ve ısı kayıplarından

dolayı indike özgül yakıt tüketimi, fren özgül yakıt tüketiminden daha hızlı bir şekilde iyileşmektedir. Dolayısıyla her motor için optimum bir sıkıştırma oranı vardır. Şekil 1'de 4.7 litrelik V-8, buji ile ateşlemeli bir motorda tam yükte üç farklı sıkıştırma oranı için motor güç ve özgül yakıt tüketiminin motor hızı ile değişimi görülmektedir [13].

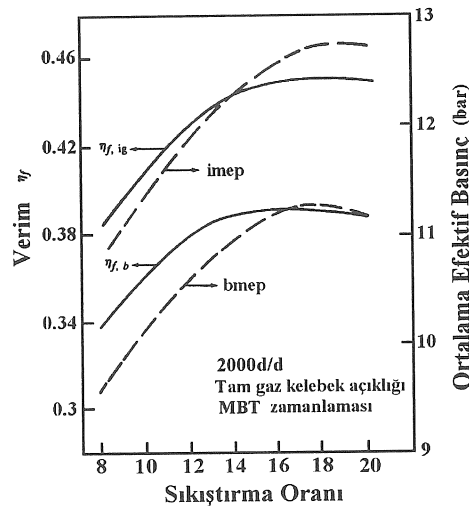
Şekil 2, 5.3 litre silindir hacimli 8 silindirli bir motorda tam gaz kelebek açıklığında ve 2000 d/d'da, sıkıştırma oranına bağlı olarak indike(η_i) ve fren termal verimi (η_b) ve ortalama efektif basınç değişimleri görülmektedir. İndike fren ortalama efektif basınç (imep), fren ortalama efektif basınca (bme_p) sürtünme ortalama efektif basınca eklenmesiyle elde edilmiştir. Deneyler sırasında hava-yakıt oranı ve ateşleme zamanlaması maksimum momenti (MBT) verecek şekilde ayarlanmıştır. 17:1'lik sıkıştırma oranında maksimumu göstermekte daha yüksek sıkıştırma oranları için verim ve ortalama efektif basınç hafifçe azalmaktadır. Bu eğilim yüzey/hacim oranının artışı ve yanmanın yavaşlaması ayrıca yarık-oyuk hacimlerdeki artışlar ile açıklanabilir. Sıkıştırma oranı ne kadar yüksek ise yanma odası yüksekliği o kadar küçük dolayısıyla da yanma odası yüzey/hacim oranı o kadar yüksek olmaktadır [14].

Çizelge 2 LPG ve benzinin özelliklerinin karşılaştırılması [12].

Özellik	Propan	Benzin	Bütan
Kimyasal formül	C ₃ H ₈	C ₈ H ₁₈	C ₄ H ₁₀
Kaynama noktası (°C)	-44	30-225	-0,5
Tutuşma noktası (°C)	470	400	390
Moleküler kütle(kg/kmol)	44,1	114,2	58
Yoğunluk (15 °C-kg/l)	0,507	0,75	0,58
Araştırma oktan sayısı	111	96-98	103
Motor oktan sayısı	97	85-87	89
Tutuşma sınırları (hacimsel %)	2,1-9,5	1,4-7,6	1,5-8,5
Stokiyometrik hava/yakıt oranı (kg/kg)	15,8	14,7	15,6
Alt ısıl değer (MJ/kg)	46,365	42,1	45,46



Şekil 1 Üç farklı sıkıştırma oranı (SO) için fren gücü ve özgül yakıt tüketiminin (ÖYT) motor hızı ile ilişkisi [13].



Şekil 2 İndike ortalama efektif basınç ve hava-yakıt çevrim verimine sıkıştırma oranının etkisi [14].

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, buji ile ateşlemeli LPG ile çalışan bir motorun sıkıştırma oranı yükseltilerek taşıt dinamometresi üzerinde belirli hızlardaki motor gücü, maksimum motor gücü, tekerlek gücü ve özgül yakıt tüketimine etkileri incelenmiştir. Tüketilen yakıt miktarı, ölçme hassasiyeti 0,01 g. olan OHAUS GT 8000 model terazi ile ölçülmüştür. Deney taşıtında kullanılan LPG'nin bildirilen araştırma oktan sayısı 105, stokiyometrik hava-yakıt oranı 15,55'dir.

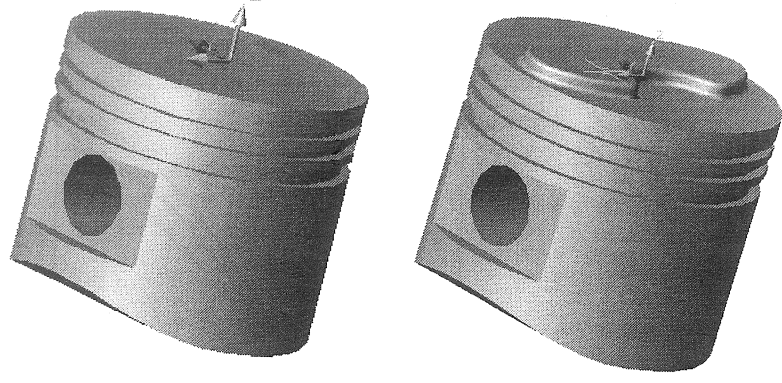
Deneylerde 1976 model Ford Granada marka taşıt kullanılmıştır. Taşıt motoru buji ile ateşlemeli 4 silindirli 1700 cm³. hacmindeki V tipi bir motordur. Taşıt ve motorun teknik özellikleri Çizelge' de verilmiştir.

Motorun pistonları üzerinde değişiklik yapılarak sıkıştırma oranı 9.5:1'den 13:1'e yükseltilmiştir. Standart pistonların tepesine 16 cm³ hacminde ve

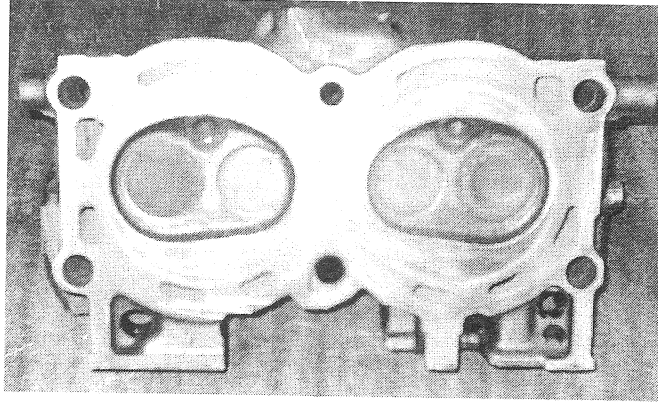
yanma odasına uygun yapıda piston malzemesinden yapılmış parçalar argon kaynağı ile kaynatılmıştır. Şekil 3'de standart piston ile parça ilave edildikten sonraki resimleri görülmektedir. Ayrıca, Şekil 4'de silindir kapağı ve yanma odası şekli görülmektedir.

Çizelge 3 Deney taşıtının teknik özellikleri [15].

Markası, Modeli	Ford Granada, 1976
Silindir sayısı	V 4
Silindir çapı	90mm.
Kurs	66,8mm.
Silindir hacmi	1700 cm ³
Taşıt ağırlığı	1300 kg.
Standart sıkıştırma oranı	9,5
Değiştirilen sıkıştırma oranı	13

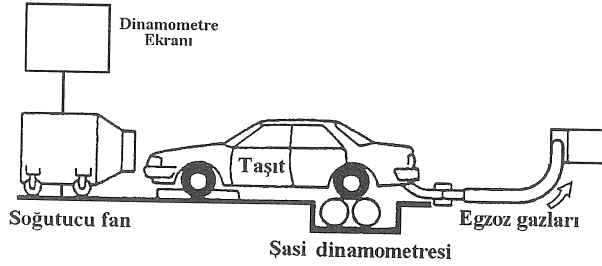


Şekil 3 Standart ve parça ilave edilmiş pistonlar



Şekil 4 Deney motorunun silindir kapağı ve yanma odası

Deneyler, SUN RAM 2000 Road-a-Matic taşıt dinamometresi üzerinde yapılmıştır, Şekil 5. RAM 2000 dinamometre renkli ekranlı bir iletişim kabini ve bilgisayar klavyesi, bir kızıl ötesi uzaktan kumanda ve bir makara setinden oluşmaktadır. İletişim kabiniye bağlı hava soğutma fanı uzaktan kumanda ile çalıştırılabilmektedir [16].



Şekil 5 Deney tesisatının genel görünüşü

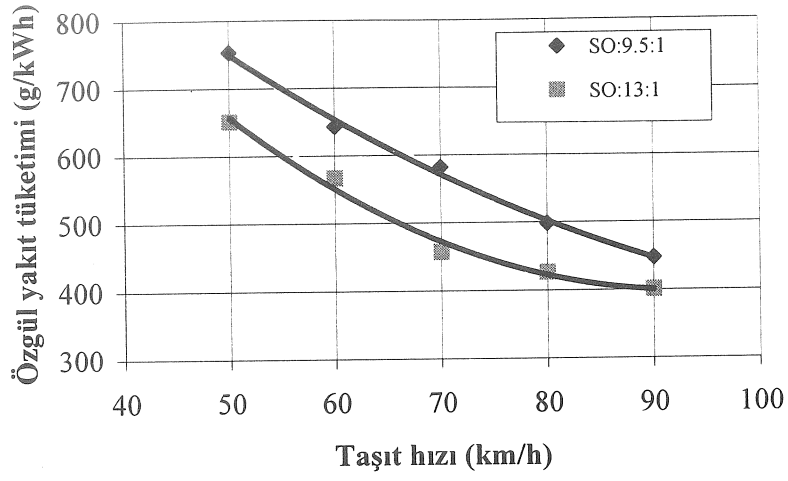
DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

LPG benzine göre daha yüksek oktanlı olduğundan benzinli bir taşıt motoru LPG ile çalıştırıldığı zaman sıkıştırma oranının da artırılması gerekmektedir. Aksi halde yanma hızı düşük olduğundan silindir duvarlarından olan ısı kaybı

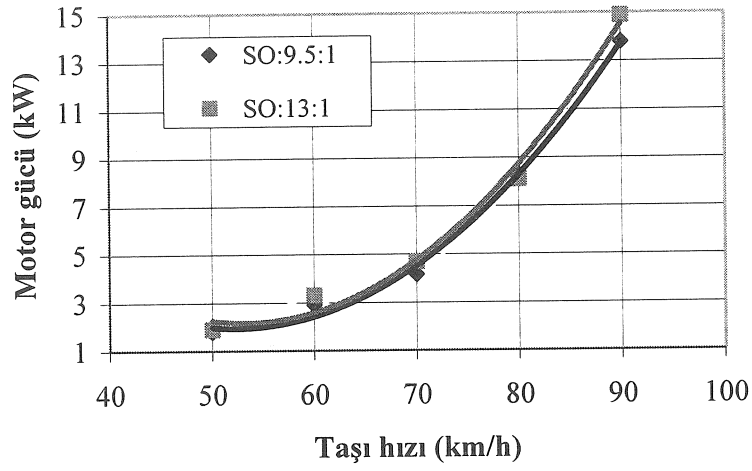
artmakta ve termik verim azalmaktadır. Bir başka ifadeyle güç kaybı meydana gelmekte, özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Ayrıca LPG'nin motorda sürüngen yanması sonucu supap yuvaları ve egzoz supapları zarar görebilmektedir.

Artan sıkıştırma oranı yüksek oktanlı LPG'nin daha verimli yanmasını sağlamış ve sıkıştırma oranı yükseltilmeden önce oluşan sürüngen yanmayı ortadan kaldırmıştır. Sıkıştırma oranının 9,5:1'den 13:1'e yükseltilmesiyle özgül yakıt tüketiminde % 11-14 arasında azalma olmaktadır. Çeşitli taşıt hızlarında yapılan deneylerde motor gücünde yaklaşık %7 artış olduğu belirlenmiştir. Maksimum motor gücünde ise %8,5 artış sağlanmıştır. Motorun sıkıştırma oranı artırıldıktan sonra maksimum güçte meydana gelen artış ve özgül yakıt tüketiminde meydana gelen azalma Şekil 6 ve Şekil 7'de açık bir şekilde görülmektedir.

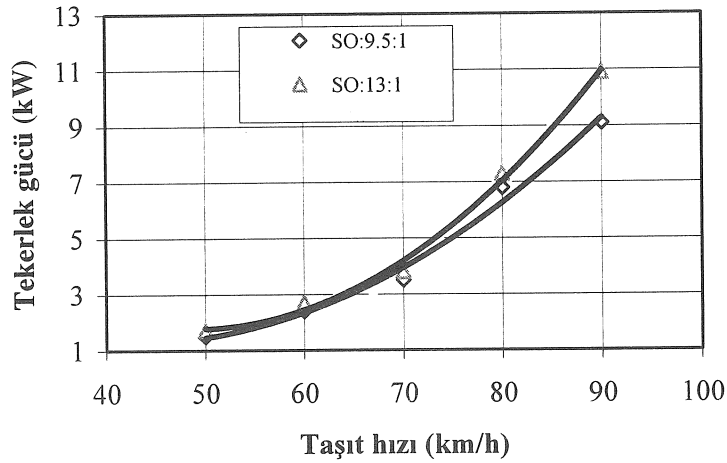
Sıkıştırma oranı 9,5:1 iken taşıt 43 kW maksimum güce 4640 d/d'de 121 km/h hızda, sıkıştırma oranı 13:1 iken ise 47 kW maksimum güce 5080 d/d'de 134 km/h hızda ulaşmıştır. Şekil 8'de standart ve sıkıştırma oranı artırılmış taşıt için tekerlek gücündeki değişim taşıt hızına bağlı olarak görülmektedir. Özellikle yüksek hızlarda sıkıştırma oranı artışıyla belirgin bir güç artışı tespit edilmiştir.



Şekil 6 Farklı iki sıkıştırma oranı için taşıt hızı ile özgül yakıt değişimi



Şekil 7 Farklı iki sıkıştırma oranı için taşıt hızı ile motor gücü değişimi



Şekil 8 Farklı iki sıkıştırma oranı için taşıt hızı ile tekerlek gücü değişimi

SONUÇLAR

LPG benzine göre daha yüksek oktanlı olduğundan benzinli bir taşıt motoru LPG ile çalıştırıldığı zaman sıkıştırma oranının da artırılmasıyla, özgül yakıt tüketimi azalmakta ve motor gücü artmaktadır.

Sıkıştırma oranının 9,5:1'den 13:1'e yükseltilmesiyle motorun özgül yakıt tüketiminde % 11-14 arasında azalma, motor gücünde yaklaşık %7, maksimum motor gücünde %8,5 ve tekerlek çıkış gücünde ise ortalama %6 artış elde edilmiştir.

Ek güvenlik düzenlemeleri gerektirmesi, basınç altında sıkıştırıldığından gaz tankının büyük bir hacim gerektirmesi ve sadece tank kapasitesinin %80'i gerçek kapasite olabilmesi LPG'nin dezavantajları olarak görülmeye devam etmektedir.

THE EFFECT OF INCREASING COMPRESSION RATIO ON FUEL ECONOMY AND POWER OUTPUT USING LPG IN A SPARK IGNITION ENGINE

The alarming rate at which the Earth's atmosphere is getting polluted, the increased impact of global warming on the weather conditions on Earth and the stringent anti-pollution laws imposed in certain countries are among the main reasons for the search for alternatives to gasoline. Liquefied Petroleum Gas (LPG) is among the many alternatives proposed to replace gasoline in the short term due to its excellent characteristics as a fuel for spark ignition engines. In this study, the effect of increasing compression ratio on fuel economy and power output in a spark ignition engine using LPG has been investigated. Improving fuel economy average 12% and increasing power output approximately 7% were achieved by increasing compression ratio from 9.5:1 to 13:1.

Keywords: Internal combustion engines, Spark ignition engines, Compression ratio, LPG.

KAYNAKÇA

1. Başer, A., *Benzin Motorlarında Kısmi Gaz Kelebek Açıklığında LPG Kullanımı Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1998.
2. Kaplan, C., Avcı, A., Sürmen, A., 1997, LPG Dönüşümü Yapılan Taşıtlarda

Karşılaşılan Performans Problemleri ve Öneriler, 5. *Yanma Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 88-95, Kirazlıyayla, Bursa. 21-23 Temmuz 1997.

3. Çetinkaya, S., Sıvılaştırılmış Petrol Gazı ve Özellikleri, *Taşıtlarda Yakıt Olarak LPG Kullanımı Paneli*, S.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Konya, 1998.
4. Salman, S., Batmaz, İ., Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG) Kullanan Taşıtlarda Performans ve Emisyonlar, *G.Ü.T.E.F. Politeknik Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1, Ankara, 1998.
5. T.C. Enerji Bakanlığı Yayınları.
6. Clarc, W., Gerpen, J.H., Proceeding of the 1996 International, Fuels and Lubricants Meeting and Exposition, Topics in Alternative Fuels and Their Emissions, *SAE Paper*, V.1208, U.S.A. , October 1996.
7. Tekgürler, M., *Motorlu Araç Teknolojisi*, Mobil Oil Türk A.Ş., 1982.
8. Thring, R., H., *Alternative Fuels, Automotive Engineering*, Vol, 91, Num, 12, 31-33, 1993.
9. Çınar, C., Sekmen, Y., Akbaş, A., Balcı, M., Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Kısmi Gaz Kelebek Açıklıklarında LPG Kullanımı Üzerine Deneysel Bir Araştırma, *Teknoloji Dergisi*, Sayı 1, Karabük, 2001.
10. Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A., *İçten Yanmalı Motorlar*, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Cilt 1., Ankara, 1995.
11. Schneider, D., Evaluating Propane-Powered Lift Trucks, *Plant Engineering*, (Barrington Illionis), V,49, n,9, 66-68, Caterpillar Lift Trucks, Houston, U.S.A. July 1995.
12. Yamin, J.A., Badran, O.O., Analytical study to minimise the Heat Losses from a Propane Powered 4-Stroke Spark Ignition Engine, *Renewable Energy*, Elsevier science Ltd., 2002.
13. Ferguson, C.R., *Internal Combustion Engines*, John Willey&Sons Inc.,Canada, 1986.
14. Heywood, John B., *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Book Co., New York, Jan. 1988.
15. *Ford Granada Taşıt Katoloğu*, 1976.
16. *Sun RAM-2000 Road a Matic Şasi dinamometresi kullanım kitapçığı*, 2000.