

MOTORUN BULUNDUĞU (ATMOSFERİK) YÜKSEKLİĞİN MOTOR PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yazan : B.A. Shannak, M. Alhasan
Çeviren : İsmet SEZER *

Bu çalışmada, 4 silindirli, 4 zamanlı bir benzin motorunun hava kapasitesi ve yakıt tüketimi ölçülmüştür. Deneyler 1000 , 4000 d/dak devir sayılarında, deniz seviyesinden 600 , 850 m yükseklikte ve 0.9 , 0.95 bar çevre basınçlarında gerçekleştirilmiştir. Düşük devirlerdeki motor performansı değerleri, yüksek devirlerdekinden farklı elde edilmiştir. 2500 d/dak'ya kadar olan düşük devir sayılarında motorun hava kapasitesi, yakıt tüketimi ve hacimsel verimi motorun yüksekliğinin artmasıyla atmosfer basıncının azalması nedeniyle azalmıştır. Bununla birlikte 3000 d/dak'dan daha yüksek devir sayılarında motor yüksekliğinin azalması ve bunun sonucu olarak atmosfer basıncının artmasıyla motor performansı azalmıştır. Motor yüksekliğindeki 200 m'lik bir değişim atmosfer basıncında yaklaşık 3000 Pa'lık bir değişime karşı gelmekte olup buna bağlı olarak yakıt tüketimi ve hacimsel verimde % 40'a varan bir değişime neden olabilmektedir. Deneylerden elde edilen sonuçlar, maksimum motor verimi ve minimum yakıt tüketimi elde etmek için hava-yakıt oranının motorun yüksekliğine bağlı olarak değiştirilmesi gerektiğini göstermiştir. Yükseklik etkisi ile ilgili sonuçlar motor performansını iyileştirmede ve tasarımda kullanılabilir.

Anahtar sözcükler : *Atmosferik yükseklik, hava kapasitesi, yakıt tüketimi, hacimsel verim, motor performansı*

The air capacity and fuel consumption of a four-cylinder four-stroke petrol engine have been measured. Tests have been conducted at engine speeds from 1000 to 4000 rpm and at atmospheric altitude from 600 to 850 m above the sea-level as well as at ambient pressure from 0.9 to 0.95 bar. The performance of the engine at low speeds is different from that at high speeds. At low engine speeds up to 2500 rpm the air capacity, the fuel consumption and volumetric efficiency decreases with increases of engine altitude by which the ambient pressure decreases. However at higher speeds engine than 3000 rpm the engine performances decreases of engine altitude and so with increases of atmosphere pressure. A 200 m change on the altitude of the engine, corresponding to a change in atmosphere pressure of about 3000 Pa, may lead to change fuel consumption and volumetric efficiency up to 40 %. It is shown that to obtain maximum engine efficiency and minimum fuel consumption, fuel mixture should be varied with respect to the altitude of engine. The knowledge about the altitude effect could therefore lead to improve the performances on engine development and design.

Keywords: *Atmospheric altitude, air capacity, fuel consumption, volumetric efficiency, engine performance*

* Arş. Gör., Makina Yüksek Mühendisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Durağan bir akışkan için akışkan içerisindeki basınç sadece yükseklikle değişir. Bu durum mühendislik tasarımı ve çözümlerinin çoğu alanında önemli bir rol oynar. Akışkan akışında ağırlık etkilerine ek olarak basınç değişiminin iki temel nedeni vardır. Bunlar ivme ve akışkan viskoz direncidir [1]. İçten yanmalı motorlarda yanabilir yakıt-hava karışımı silindirlerin dışında hazırlanır. Motorun yakıttan en üst düzeyde enerji açığa çıkarabilmesi için silindirlerde en fazla miktarda havaya gereksinim duyar [2, 3]. Motorun hava kapasitesi atmosfer koşullarına bağlıdır ve istenilen motor performansının sağlanması için önemli bir parametredir. İndike güç, ısıl verim, hacimsel verim, yakıt tüketimi, emme sistemi ve karbüratör tasarımı ve ekzoz emisyonları gibi motor performansı parametreleri de hava-yakıt oranına bağlıdır. Bazı araştırmacılar sözü edilen motor performansı parametrelerini incelemişlerdir [4, 9]. Bu çalışmalarda motorun dışındaki çevre havasının basıncı genellikle standart deniz seviyesindeki basınç olan 101 kPa olarak kabul edilmiştir [1]. Bu nedenle çoğu otomobil motorunun karbüratörü deniz seviyesi civarındaki yüksekliklere göre kalibre edilmiştir. Gerçekte atmosfer basıncı deniz seviyesinden aşağıda veya yukarıda yükseklikle değiştiğinden ventüri içindeki kütleli akış oranını ve yanma olayını buna bağlı olarak da motor performansını etkiler.

Bu çalışmanın amacı motor yüksekliği ve atmosfer basıncındaki değişimin hava kapasitesi, yakıt tüketimi, hava-yakıt oranı ve motorun hacimsel verim üzerindeki etkisini incelemektir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

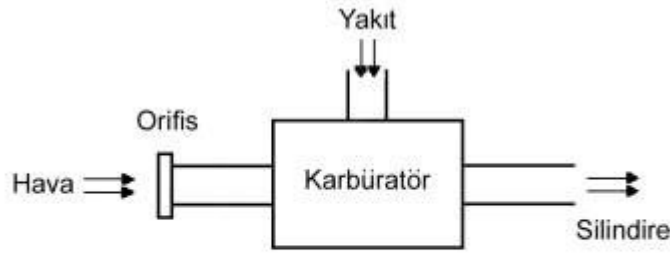
Deneylerde 4 silindirli bir benzin motoru kullanılmıştır. Deney motoruna ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney Motorunun Özellikleri

Motorun tipi	4 zamanlı
Silindir sayısı	4
Toplam silindir hacmi (cc)	1452
Sıkıştırma oranı	9.1
Maksimum devir sayısı (d/dak)	5600
Yakıt cinsi	Benzin

Silindirlere giden havanın karbüratör boğazındaki ventüriden geçmesi için karbüratör motorun üzerine monte edilmiştir. Karbüratör emme sistemine gönderilecek hava miktarını belirleyerek havanın içerisine gerekli miktarda yakıtın karışımını sağlar. Deneylerde motorun yüksekliğini ve çevre koşullarını

değiştirmek için değişik çaplarda (40, 35, 30, 25, 20 mm) orifisler kullanılmış ve bunlar 63 mm çapındaki hava giriş borusunun ucuna bağlanmıştır (şekil 1).



şekil 1. Deneylerde Kullanılan Motorun Emme Sistemi

Motor devrinin yanı sıra havanın ve yakıtın kütlelel debilerini, havanın sıcaklığını ve basıncını ölçmek için motor gerekli donanımla donatılmıştır. Giriş borusunun ucunda bulunan orifisten hava debisi ISO 5167'de belirtilen yöntemlere göre belirlenmiştir [10, 11]. Motorun kütlelel yakıt tüketimi verilen zaman aralıklarında belirlenen hacimsel yakıt miktarının yakıt yoğunluğu ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Hacimsel yakıt tüketiminin ölçülmesinde hacmi bilinen bir ölçekli kap kullanılmıştır. Bir kronometre yardımıyla ölçekli kaptaki yakıtın tüketilmesi için geçen süre ölçülmüş, ölçekli kap hacminin zamana bölünmesiyle hacimsel debi belirlenmiştir. Basınc ve basınc farkları ilgili parametrenin büyüklüğüne bağlı olarak Bourdon basınc ölçme cihazı ve civalı veya sulu U-manometresiyle ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümlerinde ısıl çiftler (thermocouple) ve civalı ısıl çiftler kullanılmıştır. Motorun devir sayısı elektrikli bir takometreyle ölçülmüştür. Deney parametrelerinin değişim aralıkları Tablo 2'de sıralanmıştır.

Tablo 2. Motor Performansının Belirlenmesinde Kullanılan Parametrelerin Değişim Aralıkları

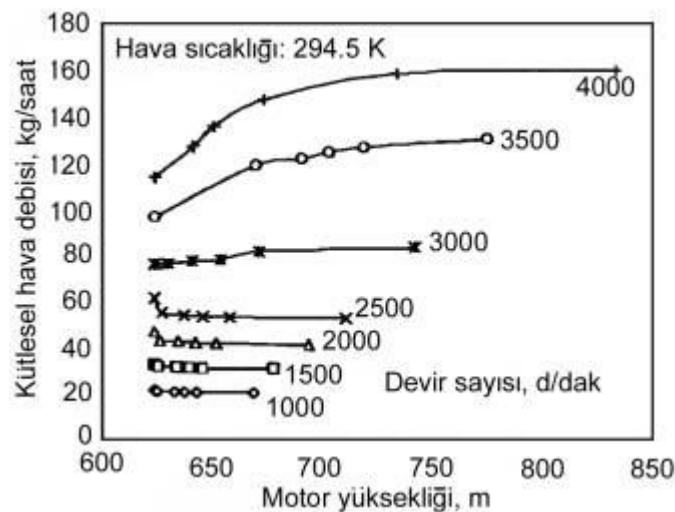
Giriş borusu çapı (mm)	20,63
Atmosfer basıncı (bar)	0.9,0.95
Motorun yüksekliği (m)	600,850
Motorun devir sayısı (d/dak)	1000,4000
Havanın sıcaklığı (K)	294,296

BULGULAR ve TARTIşMA

Motorun performansı, hava kapasitesini, yakıt tüketimini ve hacimsel verimini incelemek için tüm ölçümler değişken devir sayılarında ve farklı giriş havası basınçlarında (motor yüksekliklerinde) yapılmıştır.

Motorun Hava Kapasitesi

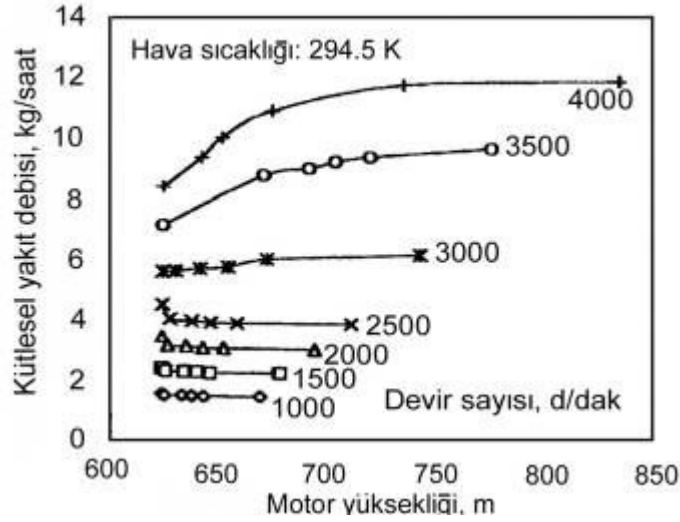
Motorun hava kapasitesi kütleli hava debisi veya birim zamanda motora (silindirlere) giren taze hava miktarı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2'de deneysel olarak belirlenen kütleli hava debisinin devir sayısına ve motor yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Şekilde hava debisinin artan devir sayısı ile arttığı açıkça görülmektedir. Motorun ürettiği güç kullanılan hava miktarına bağlıdır. Motorun devir sayısı arttığında ventüriden geçen hava miktarı artmakta bu nedenle motorun ürettiği güç de artmaktadır. 2500 d/dak'ya kadar olan düşük ve orta motor devirlerinde artan motor yüksekliği ile kütleli hava debisinin azaldığı görülmüştür. Atmosfer basıncı ve giriş havası basıncı artan motor yüksekliği ile azalmakta ve buna bağlı olarak havanın yoğunluğu da azalmaktadır. Bu nedenle gerçekte emilen hava miktarı da azalır. 3000 ÷ 4000 d/dak gibi yüksek devir sayılarında maksimum güç elde etmek için daha fazla havaya gereksinim vardır. Emme zamanında ventüriden daha fazla miktarda hava emilir ve atmosfer ile silindir basıncı arasında bir basınç farkı oluşur. Motorun yüksekliğinin artırılması azalan çevre basıncından dolayı daha yüksek basınç farkının oluşumuna neden olur. Yüksek devir sayılarında bu basınç düşüşü hava yoğunluğundaki azalmayı büyük ölçüde karşılar. Bu durumda basınç düşüşü akış hızıyla orantılıdır ve silindirlere daha fazla miktarda hava sağlar.



Şekil 2. Kütleli Hava Debisinin Devir Sayısı ve Motor Yüksekliği ile Değişimi

Yakıt Tüketimi

Şekil 3'te kütleli yakıt debisinin devir sayısı ve motor yüksekliği ile değişimi verilmiştir. 1000 ÷ 2500 d/dak devir sayılarında yakıt tüketimi artan motor yüksekliği ve azalan devir sayısı ile azalmaktadır. Fakat 3000 ÷ 4000 d/dak devir sayılarında kütleli yakıt debisi (yakıt tüketimi) artan devir sayısı ve motor yüksekliği ile artmaktadır.



Şekil 3. Kütleli Yakıt Debisinin Devir Sayısı ve Motor Yüksekliği İle Değişimi

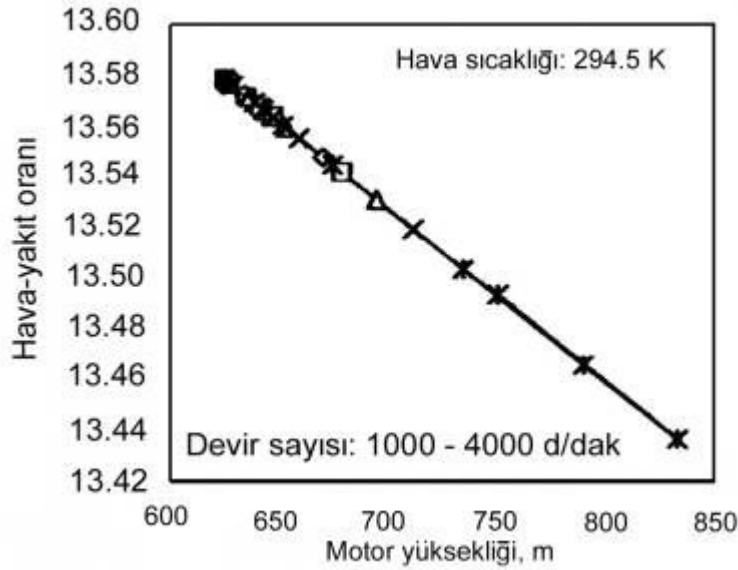
Bu durum şöyle açıklanabilir: Gaz kelebeği ventüriden geçen hava miktarını ayarlar ve boğazdaki vakum yardımıyla havanın içerisine karıştırılacak yakıt miktarını kontrol eder. Düşük devir sayılarında kısmi kelebek açıklığı ile çalışma durumunda, düşük hava debisi ve artan motor yüksekliğinde, karbüratör boğazındaki vakum düşüktür ve motor aşırı fakir karışımla çalışır. Yüksek devir sayılarında ve artan motor yüksekliklerinde boğazdaki vakum ve basınç düşüşü yükselir ve motor aşırı zengin karışımla çalışır. Çevre havası ile ventüri boğazı arasında var olan basınç farkı yakıtın emilen hava içerisine karıştırılması yanında hem silindirlere hava sağlar hem de bu basıncın bir kısmı yakıt sistemi için referans basınç olarak işlev görür. Deneylerde en yüksek yakıt tüketimi yaklaşık 11.86 kg/h olarak 4000 d/dak civarında ve 840 m motor yüksekliğinde elde edilmiştir. En düşük yakıt tüketimi ise yaklaşık 1.46 kg/h olarak 1000 d/dak civarında ve 620 m motor yüksekliğinde elde edilmiştir.

Güvenirlilik, toplu yapı ve birim güç başına daha az ağırlık gerekliliği motor üreticilerini tasarımlarını geliştirmeye yönlendirmiştir. Fakat son yıllarda yakıt

fiyatlarındaki artış belki de motorların gelişimi üzerinde diğer faktörlerden daha etkili olmuştur. Bu nedenle yükseklik etkisi ile ilgili bilgiler motorların geliştirilmesinde en az yakıt tüketiminin elde edilmesine yönelik kullanılabilir. Motor yüksekliğinde 200 m'lik bir değişim, 3000 Pa'lık bir basınç değişimine karşılık gelmekte olup 2500 d/dak altındaki düşük devir sayılarında yakıt tüketiminde yaklaşık % 10'luk ve 3000 d/dak'nın üzerindeki devir sayılarında ise yaklaşık % 40'lık bir değişime neden olmaktadır.

Hava-Yakıt Oranı

Motorun ürettiği güç kullanılan yakıt miktarına bağlıdır. Ancak bu yakıttan tamamen yararlanılabilmesi (yakıtın tamamen yanabilmesi) yeterli miktarda oksijen bulunmasına bağlıdır. Yakıtın yakılması için gerekli oksijen silindirlere alınan havadan sağlanır. Yakıt-hava karışımının bileşimi karışım oranı ile ifade edilir. Şekil 4'te motor yüksekliğinin hava-yakıt oranı üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekilde açıkça görüleceği gibi farklı motor devirlerinde oldukça benzer sonuçlar elde edilmiş ve artan motor yüksekliği ile hava-yakıt oranında azalma olmuştur.

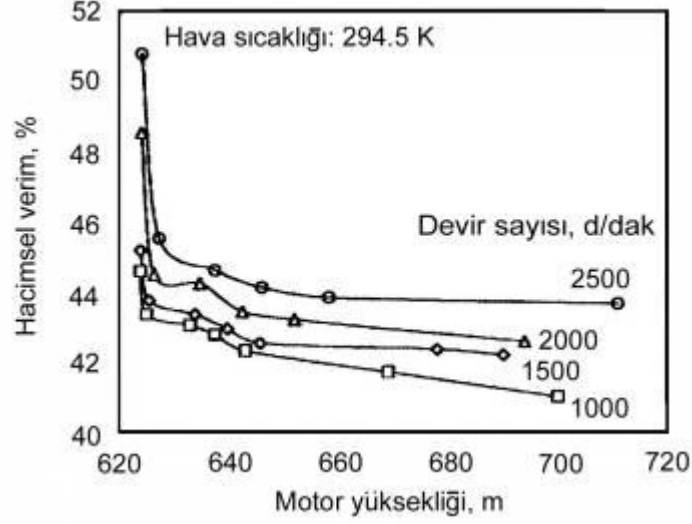


Şekil 4. Hava-Yakıt Oranının Devir Sayısı ve Motor Yüksekliği İle Değişimi

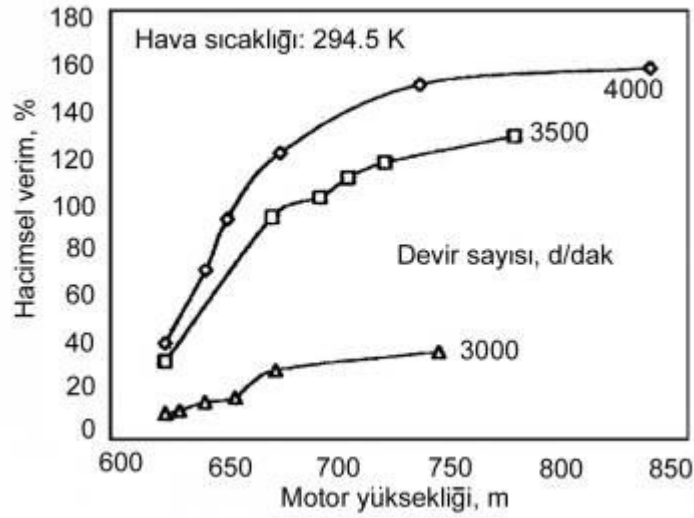
Hacimsel Verim

Hacimsel verim, silindire alınan hava miktarının toplam silindir hacmine (pistonun süpürdüğü hacme) oranıdır. Emme zamanında silindirlere giren havanın yoğunluğunun herhangi bir nedenle azalması hacimsel verimi önemli ölçüde azaltır. Şekil 5 ve 6'da hacimsel verimin devir sayısı ve motor yüksekliği ile değişimi verilmiştir.

1000 ÷ 2500 d/dak devir sayılarında hacimsel verim azalan devir sayısı ve artan motor yüksekliği ile azalmıştır. 3000 ÷ 4000 d/dak devir sayılarında hacimsel verim devir sayısı ve motor yüksekliği ile orantılı olarak artmıştır.



Şekil 5. Hacimsel Verimin Devir Sayısı ve Motor Yüksekliği İle Değişimi



Şekil 6. Hacimsel Verimin Devir Sayısı ve Motor Yüksekliği İle Değişimi

Bu durum, Şekil 3'te verildiği gibi kütleli hava debisinin devir sayısı ve motor yüksekliğine bağlı değişiminden kaynaklanmakta olup beklenen bir sonuçtur. Motor yüksekliğinde 200 m'lik bir değişim 3000 Pa'lık bir basınç değişimine karşılık gelmekte olup hacimsel verimde 2500 d/dak'nın altındaki devir sayılarında yaklaşık % 10 ve yüksek devir sayılarında yaklaşık % 40 bir değişim sağlamaktadır. En yüksek hacimsel verim değeri yaklaşık % 85 olarak 4000 d/dak

civarında ve 840 m motor yüksekliğinde, en düşük hacimsel verim değeri ise % 40 olarak 1000 d/dak civarında ve 620 m motor yüksekliğinde elde edilmiştir. Hacimsel verim değerleri % 40 , 85 arasında değişmektedir. Düşük hacimsel verim değerleri emme sistemi duvarlarındaki sürtünmelerden, emme manifoldundaki dirsek kayıplarından ve supaplardaki basınç düşüşünden kaynaklanmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma ile bağlantılı olarak daha ileri düzeyde deneyler yapılarak çevre basıncının ve buna bağlı olarak motor yüksekliğinin (atmosferik yüksekliğin) motor performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi gerekir. Bu çalışmada incelenmiş olan temel motor performans değerleri hava kapasitesi, yakıt tüketimi, hava-yakıt oranı ve hacimsel verimden oluşmaktadır. Sonuçlar düşük ve orta devir sayılarında kütleli hava debisinin, yakıt tüketiminin ve hacimsel verimin artan motor yüksekliği ile azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte yüksek devir sayılarında motor performansı değerleri artan motor yüksekliği ile artmıştır. Motor yüksekliğinde 200 m'lik bir değişim atmosfer basıncında 3000 Pa'lık bir değişime karşılık gelmekte olup etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Düşük ve orta devir sayılarında yakıt tüketimi yaklaşık % 10 değişmiştir.
- Yüksek devir sayılarında yakıt tüketimi yaklaşık % 40 değişmiştir.
- Düşük ve orta devir sayılarında hacimsel verim yaklaşık % 10 değişmiştir.
- Yüksek devir sayılarında hacimsel verim yaklaşık % 40 değişmiştir.

KAYNAKÇA

1. **Roberson, J. A., Crowe, C. T.**, "Engineering Fluid Mechanics", John Wiley & Sons, New York, (1997).
2. **Heywood, J. B.**, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, New York, (1988).
3. **Mathur, M. L., Sharma, R. P.**, "Internal Combustion Engines", Dhanpat Rai & Sons, New Delhi, (1996).
4. **Seirens, R., Rosseel, E.**, "Variable Composition Hydrogen /Natural Gas Mixtures for Increased Emissions", ASME Journal Engineering Gas Turbines and Power, Vol. 122, pp. 135-140, (2000).
5. **Loesing, K. H., Jordan, W., Gerards H., Henning M.**, "Mass Air Flow Meter-Design and Application", SAE Paper 890779, pp. 1332-1339, (1989).

6. **Klimstra, J.** "Carburetors for Gaseous Fuels on Air to Fuel Ratio, Homogeneity and Flow Restriction", SAE Paper 892141, pp. 2095-2111, (1989).
7. **Hill, P. G., Douville, B.**, "Analysis Of Combustion in Diesel Engines Fueled by Directly Injected Natural Gas", *ASME Journal Engineering Gas Turbines and Power*, Vol. 122, pp. 141-149, (2000).
8. **Ohsuga, M., Ohyama, Y.**, "High Performance Engine Control System", SAE Paper 881154, pp. 1356-1362, (1988).
9. **Nagaishi, H., Miwa, H., Kawamura, Y., Saitoh, M.**, "An Analysis of Wall Flow and Behavior of Fuel in Induction Systems of Gasoline Engines", SAE Paper 890837, pp. 1462-1468, (1989).
10. ISO 5167, "Measurement of Fluid Flow by means of Pressure Differential Devices", International Standards Organizations.
11. **Raymond, G., Ronald B.**, "New Orifice Meter Standards Improve Gas Calculations", Oil & Gas Journal, Vol. 11, pp. 40-42 (1993).