

Atmosferik Sıcaklığın ve Basıncın Taşıt Performansına Etkileri

Yazan : S.M.C. Soares, J.R. Sodre

Çeviren : İsmet SEZER

Arş. Gör. Makina Yük. Müh., KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Atmosferik koşulların içten yanmalı motorların performansını etkilediği bilinmektedir. Bu durum göz önüne alındığında taşıt tasarlanmış olduğundan farklı bir atmosferik koşul altında çalıştığında, taşıtın performansı üretici firma tarafından belirtilenden farklı olacaktır. Atmosferik koşullardaki değişimin taşıt performansı üzerindeki etkisi taşıtın ivmelenmeye cevap vermesi ve yakıt tüketimindeki değişim şeklinde kullanıcı tarafından hissedilebilir. Taşıt performansındaki bu değişimler yükseklik ve sıcaklıktaki büyük farklılıklar sırasında kolaylıkla fark edilebilir.

Atmosferik koşulların motor performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılmış olan çalışmaların çoğu havacılık uygulamalarına yöneliktir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, yükseklikteki büyük değişimlerin motorun ürettiği gücü önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Otomotiv endüstrisi ile ilgili çalışmalar ise genellikle dinamometre kullanılarak yapılan deneyler şeklindedir. Bu deneylerde nem, sıcaklık ve basınç gibi atmosferik koşulların her birinin ayrı ayrı değişiminin performans üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenebilmektedir. Ancak atmosferik koşulların gerçek yol şartlarında taşıt performansına etkisiyle ilgili literatürde oldukça az bilgi bulunmaktadır.

Bu çalışmada atmosferik koşullardaki değişiminin taşıt performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Performans parametresi olarak seçilen taşıt ivmelenme süresinin sıcaklık, nem ve basınç gibi atmosferik özelliklere bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Atmosferik basıncın artışı havanın yoğunluğunu artırması nedeniyle, motora emilen taze dolgu miktarı artırmaktadır. Bu durum ise motorun hacimsel verimini iyileştirerek motorun ürettiği gücü artırır [1].

Yüksek sıcaklıklar yanma odasına püskürtülen yakıtın kademeli olarak buharlaşmasını sağlamaktadır. Her bir yakıt bileşeninin farklı sıcaklıkta buharlaşması çevrimden çevrime farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan düşük sıcaklıklarda yakıtın sadece bir kısmı buharlaşabileceğinden yanmamış yakıt miktarı artar ve motor gücü düşer. Bunlara ek olarak dolgu havasının sıcaklığı yanma işlemi sırasında alevin hızını ve buna bağlı olarak motor gücünü etkilemektedir [2].

Düşük motor devirlerinde taze dolgunun ön-ısıtılması yanmayı olumlu etkilemektedir. Yüksek devir sayılarında ise taze dolgunun ön-ısıtılması hacimsel verimi düşürerek motor gücünü azaltmaktadır [3].

Havadaki nemin motor performansı üzerindeki etkisi atmosferik sıcaklık ve basınçla karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyededir [4]. Emilen havanın içerisindeki su silindir içerisinde yüksek sıcaklıklarda buharlaşarak yerel basınç artışına neden olmaktadır. Diğer taraftan havanın içerisinde yüksek miktarda nem bulunması yanma esnasında alev hızını düşürdüğü için yanmayı olumsuz yönde etkilemektedir [2].

DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneylerde, emme manifoldu uzunluğu ve emme supabı zamanlaması değişebilen, çok noktadan püskürtmeli, dört silindirli benzin motorunun bulunduğu bir taşıt kullanılmıştır. Atmosferik sıcaklık taşıtın tavanına yerleştirilen J tipi bir termo elemanla ölçülmüştür. Emme havasının sıcaklığı farklı noktalar yerleştirilen üç adet K tipi termo elemanla ölçülmüştür. Termo elemanlardan ilki hava filtresinden önce ikincisi hava filtresinden sonra üçüncüsü ise karbüratör boğazının önüne yerleştirilmiştir. Ayrıca soğutma sistemine (radyatörde soğutma

suyu giriş ve çıkışına), yakıt sistemine (enjektörlerin üzerine), ve yağlama sistemine termo elemanlar yerleştirilerek ölçümler alınmıştır. Emme sistemine basınç ölçümü için bir basınç algılayıcısı da yerleştirilmiştir.

Deneylerde emme havasının debisi, yakıt püskürtme zamanı, ateşleme zamanı, gaz kelebeğinin konumu, emme havası basıncı ölçülmüş ve lamda algılayıcı bilgileri kaydedilmiştir. Taşıtın hareketi sırasında gidilen mesafenin ölçümünde optik bir algılayıcı kullanılmış, taşıtın hızı ve gidilen mesafe için geçen süreler kaydedilmiştir. Ölçümlerdeki hata miktarı Kline ve McClintock [5] tarafından önerilen yöntemle belirlenmiş ve Tablo 1'de verilmiştir.

Öl.Büyükölük	Sembol	Hata Miktarı
Sıcaklık	T	$\pm 0.15 \text{ }^\circ\text{C}$
Basınç	P	$\pm 12.72 \text{ mbar}$
Nem	ϕ	$\pm \%0.75$
Zaman	t	$\pm \%0.22$

Tablo 1. Ölçümlerdeki Olası Hata Miktarları

Deneyler taşıtın 40 km/h hızda ve 4. viteste bulunduğu başlangıç noktası ile 1000 m mesafedeki bitiş noktası arasında ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Biri deniz seviyesinde diğeri deniz seviyesinden 827 m yükseklikte olmak üzere iki ayrı deney bölęesi kullanılmıştır. Deniz seviyesinde yapılan deneyler sırasında hava sıcaklığı günün farklı dilimlerinde 20 ve 25°C olarak ölçülmüştür. Deniz seviyesinden 827 m yükseklikte farklı günde deney yapılmış ve hava sıcaklığı 20, 25 ve 30 °C olarak ölçülmüştür. Rüzgarın deneyler üzerindeki etkisini en aza indirebilmek amacıyla taşıt bir yönde hareket ederken yapılan deneyler ve alınan ölçümler taşıt ters yönde hareket ettirilerek tekrarlanmıştır. Her bir yönde beş adet olmak üzere toplam on adet deney yapılmıştır.

Deneylerde, taşıtın 40 km/h hızdan 100 km/h hıza ve 80 km/h hızdan 120 km/h hıza, bunlara ek olarak taşıtın 40 km/h başlangıç hızıyla tam ivmelenme durumunda 400 m ve 1000 m mesafeye ulaşması için geçen ivmelenme süreleri belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIşMA

Bu kısımda her bir atmosferik koşul için on kez tekrarlanan deneylerden elde edilmiş olan sonuçların ortalama değerleri verilmiş ve irdeleme yapılmıştır. Tablo 2'de farklı yükseklik (rakım) değerleri için taşıtın tam ivmelenme durumunda 40 km/h hızdan 100 km/h hıza ulaşması için gerekli ivmelenme süreleri ve ölçülen diğer deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 2. Taşıtın 40 km/h Hızdan 100 km/h Hıza Ulaşması İçin Yapılan Deneylerde Elde Edilen Sonuçlar

Deney no	$T \text{ (}^\circ\text{C)}$	$P \text{ (mbar)}$	$\phi \text{ (}\% \text{)}$	$t \text{ (s)}$	Varış Mesafesi (m)
1	20	1026	95	14.80	165.4
2	25	1027	57	14.96	165.8
3	20	927	43	16.24	180.9
4	25	929	42	16.31	182.0
5	30	926	33	16.42	182.2

Not:

Tablo 2-
5
göst
erile
n 1
ve 2
num

aralı
dene
yer
deni
z
sevi
yesi
nde,
2, 3
ve 4
num
aralı
dene
yer
deni
z

seviyesinden 827 m yükseklikte yapılmıştır.

Tablo değerlerinden de görüleceği gibi taşıtın ivmelenme süresi artan sıcaklıkla artarken, artan basınca bağlı olarak azalmaktadır. 20 °C sıcaklıkta kaydedilen emme havası debi değerleri 25 ve 30 °C sıcaklıktaki değerlerle kıyaslandığında yaklaşık 200 g/dk daha yüksektir. Deniz seviyesinden 827 m yükseklikte ölçülen emme havası debi değerleri ise deniz seviyesinde ölçülen debi değerlerinden 100-350 g/dk daha düşük çıkmıştır. Bilindiği gibi motor silindirlerine gönderilen hava miktarının artması, yanmanın iyileşmesini sağlayarak motor gücünü artırmaktadır. Bu durum düşük sıcaklık ve yüksek basınç değerlerinde taşıtın ivmelenme süresinin kısılmasını da açıklamaktadır.

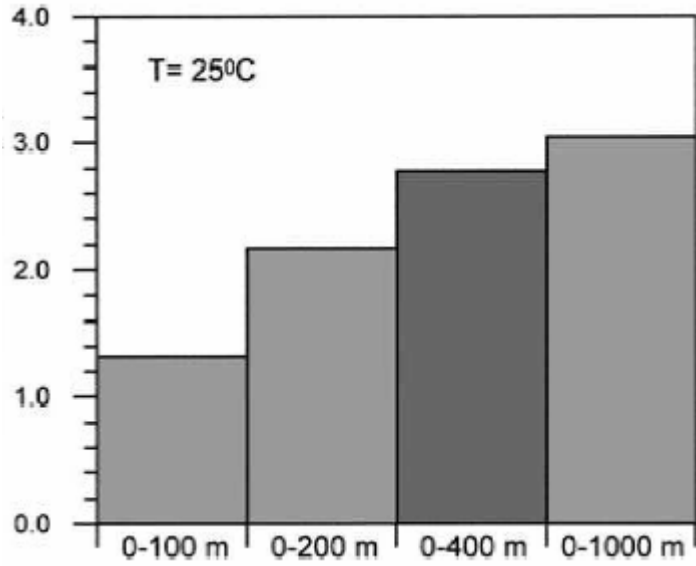
Bununla birlikte farklı ivmelenme sürelerinin ortaya çıkmasında motor silindirleri içinde gerçekleşen olayların yanı sıra taşıta etki eden sürtünme kuvvetleri (hava direnci) de etkili olmaktadır. Deniz seviyesinden 827 m yükseklikte taşıtın tam ivmelenme durumunda 40 km/h hızdan 100 km/h hıza ulaşabilmesi için 317.1 m mesafe gerekli iken deniz seviyesinde sadece 290.9 m mesafe yeterli olmaktadır. Bu durum hava direncinin başka bir ifade ile rüzgarın taşıtın ivmelenmesi üzerinde çok etkili olduğunu göstermektedir.

Deney no	T (°C)	P (mbar)	ϕ (%)	t (s)	Varış Mesafesi (m)
1	20	1026	95	10.05	278.7
2	25	1027	57	10.27	284.1
3	20	927	43	11.11	307.7
4	25	929	42	11.31	312.3
5	30	926	33	11.44	315.2

Tablo 3. Taşıtın 80 km/h Hızdan 120 km/h Hıza Ulaşması İçin Yapılan Deneylerde Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 3'te taşıtın tam ivmelenme durumunda 80 km/h hızdan 120 km/h hıza ulaşması için gerekli ivmelenme süreleri ve ölçülen diğer deney sonuçları verilmiştir.

Bu hız aralığında yapılan deneylerde artan güç nedeniyle taşıtın 40-100 km/h hız aralığında yapılan deneylere göre daha kararlı çalıştığı gözlenmiştir. Bir önceki deneyde elde edilen sonuçlara benzer şekilde farklı ivmelenme sürelerinin ortaya çıkmasında sadece motorun üretmiş olduğu güç değil, hava direnci de etkili olmuştur. Taşıtın tam ivmelenme durumunda 80 km/h hızdan 120 km/h hıza ulaşması için deniz seviyesinde 281.4 m, deniz seviyesinden 827 m yükseklikte ise 311.7 m lik bir mesafenin gerekli ölçümler sonucunda olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Farklı Mesafeler İçin 929-1027 mbar Atmosfer Basıncı Aralığında İvmelenme Sürelerindeki Farklılıklar

Şekil 1'de sabit bir sıcaklıkta, farklı atmosferik basınçlarda taşıtın belirli mesafeler arasında hareket etmesi durumunda ivmelenme süreleri arasındaki farklılıklar verilmiştir. Grafik incelendiğinde, atmosferik basıncın kısa mesafelerde daha az etkili olduğu görülmektedir. Bu durum motorun geçici durumlara uyum sağlaması ile ilgili olup motorun elektronik kontrol sisteminde atmosferik basıncın diğer parametrelerden daha az etkili olacak şekilde ayarlandığı şeklinde yorumlanabilir.

Deney no	T (°C)	P (mbar)	ϕ (%)	t (s)	Variş Mesafesi (m)
1	20	1026	95	18.63	400.0
2	25	1027	57	18.69	400.0
3	20	927	43	19.19	400.0
4	25	929	42	19.21	400.0
5	30	926	33	19.22	400.0

Tablo 4. Taşıtın 40 km/h Başlangıç Hızıyla 400 m Mesafeye Ulaşması İçin Yapılan Deneylerde Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 4'te taşıtın 40 km/h başlangıç hızıyla tam ivmelenme durumunda 400 m mesafeye ulaşması için gerekli ivmelenme süreleri ve ölçülen diğer deney sonuçları verilmiştir. Daha önceki deney sonuçlarına benzer biçimde bu deneyde de atmosferik sıcaklığın taşıt performansı üzerindeki etkisi atmosferik basınca göre daha azdır. Taşıtın tam ivmelenme durumunda 400 m mesafeye ulaşması için yapılan deneylerde ivmelenme süreleri artan sıcaklığa bağlı olarak artıp, artan basınçla azalma eğilimi göstermiştir.

Deney no	T (°C)	P (mbar)	ϕ (%)	t (s)	Variş Mesafesi (m)
1	20	1026	95	34.15	1000.0
2	25	1027	57	34.23	1000.0
3	20	927	43	35.20	1000.0
4	25	929	42	35.27	1000.0
5	30	926	33	34.31	1000.0

Tablo 5. Taşıtın 40 km/h Başlangıç Hızıyla 1000 m Mesafeye Ulaşması İçin Yapılan Deneylerde Elde Edilen Sonuçlar

Tablo 5'te taşıtın 40 km/h başlangıç hızıyla tam ivmelenme durumunda 1000 m mesafeye ulaşması için gerekli ivmelenme süreleri ve ölçülen diğer deney sonuçları verilmiştir. Beklendiği gibi bu deneyde elde edilen ivmelenme süreleri taşıtın 400 m mesafeye ulaşması için gerekli olan sürelerden büyüktür. Bu deneyde de daha öncekilere benzer bir eğilim görülmekte sıcaklık artıp basınç azaldıkça ivmelenme süreleri artmaktadır.

Tablo 2-5 değerler incelendiğinde atmosferik sıcaklıktaki artış, nemde düşüğe neden olmaktadır. Ancak buradaki sonuçlardan yola çıkarak nemin taşıt performansına etkisiyle ilgili kesin bir değerlendirme yapmak mümkün değildir. Nemin motor performansına etkisi ise silindir içerisindeki koşullara bağlı olup sıcaklık ve basınca göre daha azdır. Nem açık havada ölçülebilmesine karşın motorun emme sisteminde ölçülemediği için motorun ve taşıtın performansına etkisiyle ilgili kesin bir sonuç ortaya koyulamamaktadır.

DENEYLER SONUCUNDA GELİŞTİRİLEN BAĞINTILAR

Deneylerden elde edilen sonuçlardan yararlanılarak farklı atmosferik basınç ve sıcaklık değerleri için taşıtın ivmelenme süresini veren bağıntılar geliştirilmiştir. Deneyler farklı hız ve mesafe aralıklarında yapıldığından taşıtın ivmelenme süresinin tek bir bağıntı ile belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle farklı deney koşulları için aşağıdaki bağıntılar geliştirilmiştir.

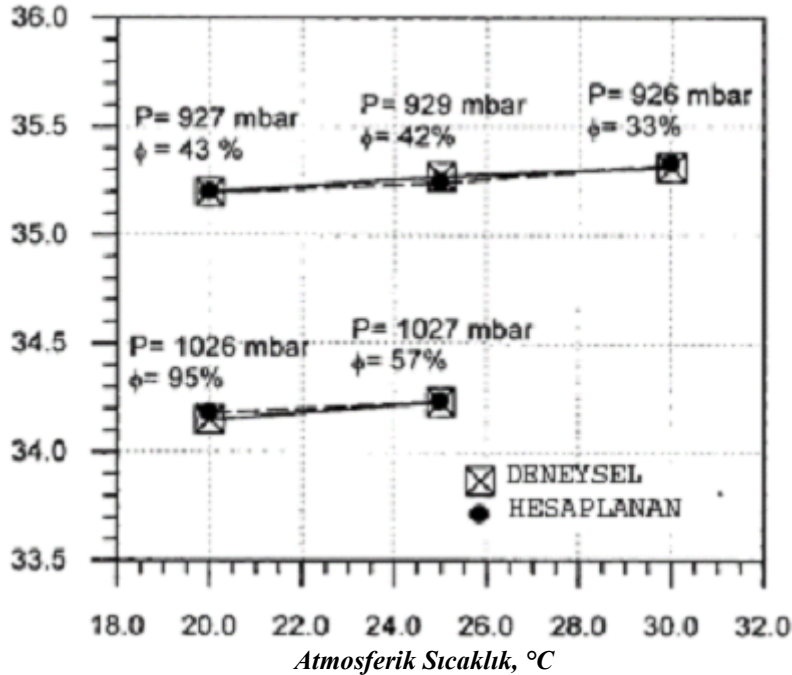
Taşıtın tam ivmelenme durumunda 40 km/h hızdan 100 km/h hıza ulaşması için ivmelenme süresi deney sonuçlarından yararlanılarak elde edilen (1) bağıntısı kullanılarak hesaplanabilir.

$$(1) \quad t = t_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{-0.88} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{0.026}$$

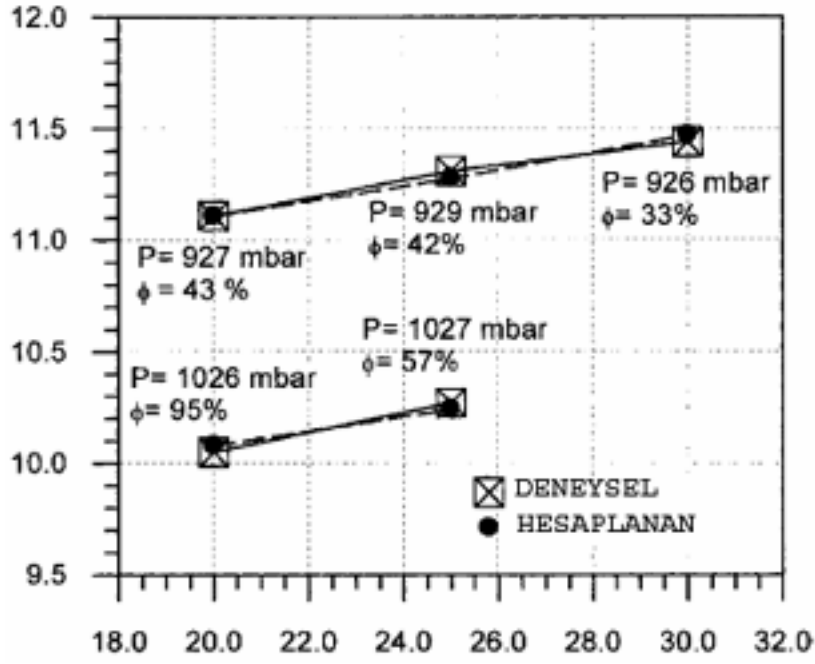
Taşıtın tam ivmelenme durumunda 80 km/h hızdan 120 km/h hıza ulaşması için ivmelenme süresi deney sonuçlarından yararlanılarak elde edilen (2) bağıntısından hesaplanabilir.

$$(2) \quad t = t_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{-0.96} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{0.076}$$

(1) ve (2) bağıntılarından hesaplanan ivmelenme sürelerinin deneysel sonuçlarla karşılaştırması Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. 40-100 km/h Hız Aralığı İçin Geliştirilen Bağıntıdan ve Deneylerden Elde Edilen İvmelenme Süreleri



Atmosferik

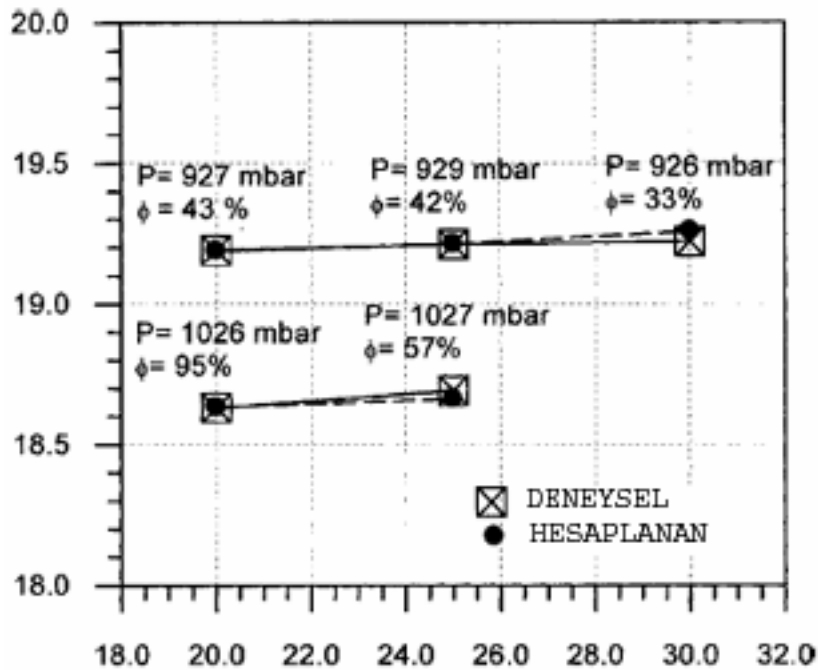
Sıcaklık, °C

Şekil 3. 80-120 km/h Hız Aralığı İçin Geliştirilen Bağlıntıdan ve Deneylelerden Elde Edilen İvmelenme Süreleri

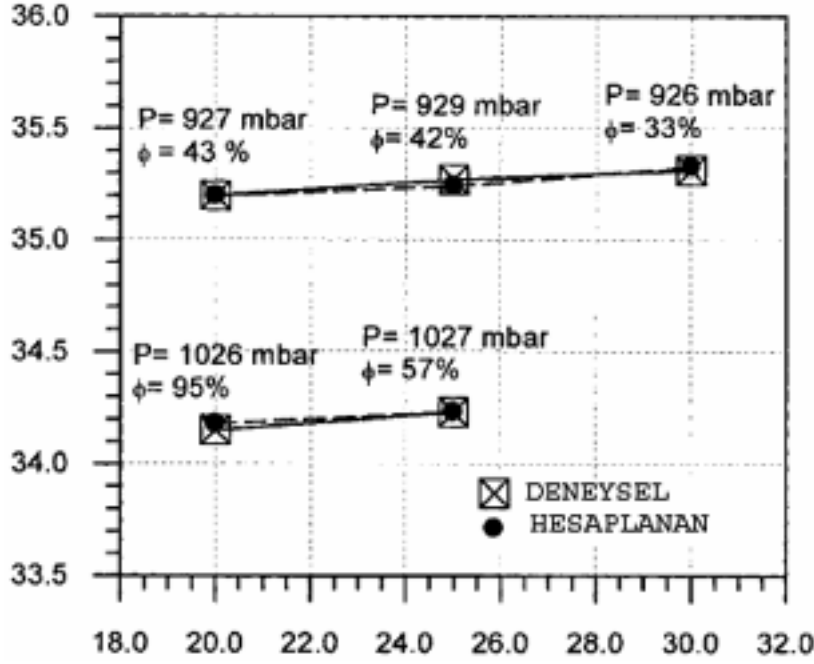
0-400 m ve 0-1000 m mesafe için yapılan deneylerden elde edilen veriler kullanılarak tek bir bağıntı elde edilmiştir. Aşağıda verilmiş olan (3) bağıntısı kullanılarak herhangi bir mesafe aralığı için taşıt ivmelenme süresi basınç ve sıcaklığın fonksiyonu olarak hesaplanabilmektedir.

$$(3) \quad t = t_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{-0.29} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{0.008}$$

(3) bağıntısından hesaplanan ivmelenme sürelerinin deneysel sonuçlarla karşılaştırması Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. 0-400 m Mesafe İçin Geliştirilen Bağıntudan ve Deneylerden Elde Edilen İvmelenme Süreleri



Şekil 5. 0-1000 m Mesafe İçin Geliştirilen Bağıntudan ve Deneylerden Elde Edilen İvmelenme Süreleri

Grafiklerde de görüldüğü gibi geliştirilen bağıntılar yardımıyla hesaplanan ivmelenme süreleri deneysel verilere oldukça yakın sonuç vermektedir. Geliştirilmiş olan bağıntılarda referans koşulları olarak $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $P_0 = 927 \text{ mbar}$ kullanılmıştır.

SONUÇLAR

1. Bu çalışma sonucunda taşıtın ivmelenme süresi üzerinde atmosferik basıncın diğer parametrelerden daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Taşıtın 0-400 m ve 0-1000 m mesafeye ulaşması için yapılan deneylerde deniz seviyesinde ve deniz seviyesinden 827 m yükseklikte ölçülen ivmelenme süreleri arasında yaklaşık % 3'lük bir fark olduğu görülmüştür. Bu durum tahmin edileceği gibi atmosferik basınçtaki değişimin bir etkisi olarak ortaya çıkmaktadır.
2. Deney sonuçları atmosferik sıcaklık yükseldikçe ivmelenme süresinin arttığını göstermiştir. İvmelenme süreleri arasında sıcaklığa bağlı en büyük fark 0-1000 m mesafede yapılan deneylerde % 0.4 olarak $5 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık farkında ortaya çıkmıştır. Ayrıca sıcaklığın taşıt performansı üzerindeki etkisinin atmosferik basınca göre daha az olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

1. Pulkrabek, W. W., "Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine", 1997 (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey).
2. Giacosa, D., "Motori Endotermici", 2nd Edition, 1986 (Ulrico Hoepli, Milano).
3. Chiu, C. P. and Horng, R. F., "Effects of Intake Air Temperature and Residual Gas Concentration on Cycle-to-Cycle Combustion Variation in Two-Stroke Cycle SI Engine Equipped With an Air-Assisted Fuel Injection System", JSME Int. J., 1992, 37(4), 957-965.
4. Redsell, M., Lucas G. G. and Ashford, N. J., "Factors Affecting Car Fuel Consumption", Proc. Inst. Mech. Eng., Part D, Journal of Automobile Engineering, 1993, 207, 1-22.

5. Kline, S. J. and McClintock, F. A., "Describing Uncertainties in Single-Sample Experiments", *Mech. Engng.*, January 1953, 75, 3-8.