

**ONBEŞ YAŞINDAN BÜYÜK BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLU
TAŞITLARIN ENERJİ ANALİZİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE
ETKİSİ**

Mehmet ZORKOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2010
ANKARA**

Mehmet ZORKOÇ tarafından hazırlanan “ONBEŞ YAŞINDAN BÜYÜK BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLU TAŞITLARIN ENERJİ ANALİZİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİSİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Kemal ERŞAN
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN
End. Teknoloji Enerji. Ulş., G.Ü. Endüstriyel Teknoloji Fak.

Prof. Dr. Kemal ERŞAN
Makine Eğt. Otomotiv, G.Ü. Teknoloji Fak. Mak. Böl.

Dç Dr. İsmet ÇELİKTEN
Makine Eğt. Otomotiv, G.Ü. Teknoloji Fak. Mak. Böl.

Dç. Dr. Can ÇINAR
Makine Eğt. Otomotiv, G.Ü. Teknoloji Fak. Mak. Böl.

Yrd. Dç. Dr. Tolga TOPGÜL
Makine Eğt. Otomotiv, G.Ü. Teknoloji Fak. Mak. Böl.

Tarih: 10/02/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet ZORKOÇ

**ONBEŞ YAŞINDAN BÜYÜK BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLU
TAŞITLARIN ENERJİ ANALİZİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE
ETKİSİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet ZORKOÇ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2010

ÖZET

Bu çalışmada; klasik benzinli motorların performans ve egzoz emisyonları, belirlenen tasarım ve çalışma parametrelerinin hem ayarlarının bozuk iken hem de bu ayarlar katalog değerlerine göre ayarlanmışken ölçümler yapılmıştır. Bu iki kategorideki ölçümlerden elde edilen sayısal değerler günümüzün modern motorlarından alınan performans ve emisyon değerleri ile karşılaştırılmıştır. Gelişen elektronik düzeneklerin motor teknolojisinde kullanılması ile motor performansında artış, zararlı emisyonlarda ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu iki sonuç taşıt kullanıcılarının temel beklentileri olan yüksek performans ve düşük yakıt sarfiyatı özelliklerini karşılamakla birlikte, taşıt kaynaklı çevresel sorunlarında azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal eden ülkemizde ayarsız araçların verimsiz çalışması, ülke bütçesine olan yükü arttırmaktadır. Bu kapsamda özellikle 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu (BAM) taşıtların iyi denetlenerek ayarlı hale getirilmesi veya trafikten çekilerek yeni taşıt kullanımına yönlendirilmesi ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayacağı görülmüştür. Sonuçta eski taşıtların trafikten çekilmesi ile ortalama yılda 15 000 km yol kat ettiği dikkate alınarak yapılan hesaplamada ülke ekonomisine bir yılda yaklaşık olarak 5 milyar TL katkı yapacağı deneysel ve teorik çalışmalar yapılarak belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 708.03.026
Anahtar Kelimeler : Benzinli motorlar, motor performansı, egzoz emisyonu, onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların ekonomik analizi, enerji verimliliği.
Sayfa Adedi : 92
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Kemal ERŞAN

**THE ENERGY ANALYSIS OF OVER FIFTEEN YEAR-VEHICLES WITH
SPARK IGNITION ENGINE AND THEIR IMPACT ON TURKISH
ECONOMY
(M.Sc. Thesis)**

Mehmet ZORKOÇ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

ABSTRACT

The performance and exhaust emissions of classical gasoline engines were measured when their adjustments were broken as well as they were fixed according to their catalog values in this research. Numerical values obtained from measurements in these two categories, were compared with the performance and emission values received from modern machines in our time. Along with the usage of developing electronic mechanisms in the machine technology, an increase in the machine performance and decrease in hazardous emissions has been found out. These two results one not only fulfill the high performance and low gasoline consumption which are the basic expectations of vehicle drivers, they also contribute to the decrease of vehicle originated environmental problems. The inefficient performance of the broken vehicles in our country which imports mostly her energy demand, increases the burden on the country budget. In this regard, it has been found out through experimental and analytical investigations that to have essentially over fifteen year-vehicles with spark-ignited engines (SIE) adjusted through tight inspection or their withdrawal from running by directing people to use new vehicles brings energy saving in a considerable extent and as a consequence the calculation done by taking old vehicles annually average travel distance as 15 000 km, reveals that they contributes 5 billion TL annually.

Science Code : 708.3.026
Key Words : Gasoline engines, engine performance, exhaust emissions, economical analysis of over fifteen years vehicles, energy efficiency.
Page Number : 92
Adviser : Prof. Dr. Kemal ERŞAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca, değerli vakitlerini harcayarak hiç bir desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Kemal ERŞAN'a, her zaman yanımda olan kıymetli oda arkadaşım Öğr. Gör. Arslan KAPTAN'a, tez yazımında emeği geçen mesai arkadaşlarım Öğr. Gör. İmdat KÖKSAL'a, Öğr. Gör. Okan ARSLAN'a ve deneylerin yapılmasında yardımcı olan tekniker Yaşar ÖZGAN' a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvii
SİMGELER VE KISATLMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. GENEL YAKIT SARFIYATI VE EKONOMİK ANALİZ İÇİN HESAPLAMA TEORİSİ.....	13
3.1. Motor Torku.....	13
3.2. Efektif Gücün Hesaplanması.....	13
3.3. Efektif Özgül Yakıt Tüketiminin Hesaplanması.....	14
3.4. Ekonomik Analiz.....	16
4. DENEY MATERYALİ VE METOD.....	20
4.1. Onbeş Yaşından Büyük Buji Ateşlemeli Bir Motorun Ayarsız Durumda Deneylerin Yapılması.....	20
4.1.1. Deney materyalleri ve düzeneyi.....	20
4.1.2. Deney Düzeneyi.....	21
5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ.....	29
5.1. Onbeş Yaşından Büyük Buji Ateşlemeli Motorun Deney Sonuçları.....	29

Sayfa

5.1.1. Motor katalog değerlerinde ayarlı iken motor karakteristiklerinin ve egzoz emisyonunun belirlenmesi.....	29
5.1.2 Supap boşluk ayarının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi.....	33
5.1.3. Buji tınak aralığı değişiminin motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi.....	41
5.1.4. Hava filtresi tıkanıklığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi.....	48
5.1.5. Avans ayarsızlığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi.....	52
5.1.6. Platin ayarsızlığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi.....	57
5.1.7. Motor ayarsızlığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisinin genel olarak karşılaştırılması.....	64
5.2. Yeni Taşıtlar İle Eski Taşıtın Yakıt Sarfıyatının Karşılaştırılması ve Ekonomik Analizi.....	73
6. SONUÇLAR.....	86
KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1.2006 yılı verilerine göre Türkiye’de otomobillerin yaş durumu [15].....	10
Çizelge 4.1.Deneyde kullanılan benzinli motorun teknik özellikleri [27].....	22
Çizelge 4.2.Sun MGA 1200 Egzoz gaz analiz cihazının teknik özellikleri [28].....	24
Çizelge 4.3.Eski taşıt sayılarının silindir hacimlerine göre tespit edilmesi.....	27
Çizelge 4.4.Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların motor hacimlerine göre toplam taşıt sayısındaki yüzdeler oranı.....	28
Çizelge 5.1.Motor katalog ayarlarında iken elde edilen deneysel sonuçlar.....	30
Çizelge 5.2.Supap boşluk ayarlarının % 25 artışı durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	34
Çizelge 5.3.Supap boşluk ayarlarının % 25 artışı durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	35
Çizelge 5.4.Supap boşluk ayarlarının % 25 azalması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	35
Çizelge 5.5.Supap boşluk ayarlarının % 25 azalması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	36
Çizelge 5.6.Buji tırnak aralığının % 20 azaltılması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	42
Çizelge 5.7.Buji tırnak aralığının % 20 azaltılması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	43
Çizelge 5.8.Buji tırnak aralığının % 20 artırılması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	43
Çizelge 5.9.Buji tırnak aralığının % 20 arttırılması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	44
Çizelge 5.10.Hava filtresinin kısmen tıkanıklığı durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	48

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.11.Hava filtresinin kısmen tıkanıklığı durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	49
Çizelge 5.12.Avans açısı % 60 fazla olması durumunda elde edilen deneysel Sonuçlar.....	53
Çizelge 5.13.Avans açısının % 60 fazla olması durumunda verilerin değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	53
Çizelge 5.14.Avans açısının % 60 az olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	54
Çizelge 5.15.Avans açısının % 60 az olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	54
Çizelge 5.16.Meme yapmış ve eksenden kaçık, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	58
Çizelge 5.17.Meme yapmış ve eksenden kaçık, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	58
Çizelge 5.18.Eğri basan, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	59
Çizelge 5.19.Eğri basan, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	59
Çizelge 5.20.Platin aralığının % 11 azalması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar.....	60
Çizelge 5.21.Platin aralığının % 11 azalması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri.....	60
Çizelge 5.22.Belirlenen motor ayarsızlıklarının şehir dışı yakıt tüketimine etkisi....	66
Çizelge 5.23.Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre yakıt tüketimine etkisinin değişim yüzdeleri.....	67
Çizelge 5.24.Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre şehiriçi yakıt tüketimine etkisi.....	70
Çizelge 5.25.Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre şehiriçi yakıt tüketimine etkisinin değişim yüzdeleri.....	70

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.26.Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre ortalama yakıt tüketimi.....	71
Çizelge 5.27.Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre ortalama yakıt tüketimine etkisinin değişim yüzdeleri.....	72
Çizelge 5.28.Fiat marka motorların teknik özelliklerinin karşılaştırılması.....	73
Çizelge 5.29.Farklı silindir hacmindeki benzinli taşıtların yakıt tüketim miktarı.....	74
Çizelge 5.30.Deney motorunun yakıt tüketimine göre silindir hacminin artması durumunda 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların yakıt tüketim miktarlarının oranlanmış değerleri.....	75
Çizelge 5. 31.Otomobillerin silindir hacimlerine göre oranları.....	78
Çizelge 5. 32.Ayarları yapılmış deney motoru ile modern bir motorun yakıt tüketim farkı.....	79
Çizelge 5. 33.Silindir hacmi ve taşıt adetlerine göre supap boşluk ayarı fazla iken yakıt tüketim farkının ekonomik maliyeti (100 km’de).....	80
Çizelge 5.34.Silindir hacmi ve taşıt adetlerine göre supap boşluk ayarı fazla iken yakıt tüketim farkı (100 km’de).....	80
Çizelge 5.35.Silindir hacmi ve taşıt adetlerine göre supap boşluk ayarı fazla iken kütleli olarak yakıt tüketim maliyeti (Her araç 15000 km yol kat ettiğinde).....	81
Çizelge 5.36.Avrupa Birliği ülkeleri emisyon sınırlamaları.....	83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.Yıllara göre benzin tüketimi dağılımı.....	3
Şekil 2. 2.Trafikte seyreden motorlu taşıt istatistikleri.....	11
Şekil 3.1.Deney düzeneği ve yakıt tüketiminin ölçülmesi.....	15
Şekil 4.1.Motor test düzeneğinin şematik görünümü.....	21
Şekil 4.2.Hidrolik dinamometre ile döndürme torkunun ölçülmesi	23
Şekil 5.1.Deney motoru katalog ayarlarında iken motor torku ve motor gücü değişimi.....	31
Şekil 5.2.Deney motoru katalog ayarlarında iken özgül yakıt tüketimi.....	32
Şekil 5.3.Deney motoru katalog ayarlarında iken CO ve HC emisyonları değişimi.....	33
Şekil 5.4.Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken motor torku değişimi.....	36
Şekil 5.5.Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken motor gücü değişimi.....	37
Şekil 5.6.Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken özgül yakıt tüketimi değişimi.....	39
Şekil 5.7.Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken CO değişimi.....	40
Şekil 5.8.Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken HC değişimi.....	41
Şekil 5.9.Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken motor torku değişimi.....	44
Şekil 5.10.Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken motor gücü değişimi.....	45
Şekil 5.11.Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken özgül yakıt tüketimi değişimi.....	46

Şekil.....	Sayfa
Şekil 5.12.Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken CO değişimi.....	47
Şekil 5.13.Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken HC değişimi.....	47
Şekil 5.14.Hava filtresinin tıkanmasının motor torkuna etkisi.....	49
Şekil 5.15.Hava filtresinin kısmen tıkanmasının motor gücüne etkisi.....	50
Şekil 5.16.Hava filtresinin kısmen tıkanmasının özgül yakıt tüketimine etkisi.....	50
Şekil 5.17.Hava filtresinin kısmen tıkanmasının CO emisyonu üzerine etkisi.....	51
Şekil 5.18.Hava filtresinin kısmen tıkanmasının HC emisyonu üzerine etkisi.....	52
Şekil 5.19.Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve artırılmasının motor torku üzerine etkisi.....	55
Şekil 5.20.Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve artırılmasının motor gücü üzerine etkisi.....	56
Şekil 5.21.Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve artırılmasının özgül yakıt tüketimi üzerine etkisi.....	56
Şekil 5.22.Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve artırılmasının HC emisyonu üzerine etkisi.....	56
Şekil 5.23.Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve artırılmasının CO emisyonu üzerine etkisi.....	57
Şekil 5.24.Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların motor gücüne etkisi.....	62
Şekil 5.25.Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların motor torkuna etkisi.....	62
Şekil 5.26.Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların özgül yakıt tüketimine etkisi.....	63
Şekil 5.27.Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların CO emisyonuna etkisi.....	63
Şekil 5.28.Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların HC emisyonuna etkisi.....	64
Şekil 5.29.Ayarsızlıkların motor torkuna etkisi.....	65
Şekil 5.30.Ayarsızlıkların motor gücüne etkisi.....	65

Şekil.....	Sayfa
Şekil 5.31.Belirlenen motor ayarsızlıklarının yakıt tüketimine etkisi.....	68
Şekil 5.32.Şehir dışı kullanımda (90 km/h hızda) 100 km yol alınışında motor durumuna göre yakıt tüketimi.....	69
Şekil 5.33.Şehir içi kullanımda (50 km/h hızda) 100 km yol alınışında motor durumuna göre yakıt tüketimi.....	71
Şekil 5.34.Ortalama 100 km yol alınışında motor durumuna göre yakıt tüketimi....	72
Şekil 5.35.Motor silindir hacmi artışının ortalama yakıt tüketimine etkisi.....	74
Şekil 5.36.Taşıtın şehir içi kullanımda silindir hacmine göre eski ve yeni taşıtların yakıt tüketimi.....	76
Şekil 5.37.Taşıtın şehir dışı kullanımda silindir hacmine göre eski ve yeni taşıtların yakıt tüketimi.....	76
Şekil 5.38.Emisyon gazlarının limitleri.....	84

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1.Emisyon ölçümünde kullanılan egzoz gaz analiz cihazı.....	24
Resim 4.2.Dijital terazi ile yakıt miktarındaki değişimin ölçülmesi	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar aşağıda gösterilmiştir.

Simgeler	Açıklama
B_e	Saatteki yakıt tüketimi, g/100 km
b_e	Özgül yakıt tüketimi, g/kWh
$^{\circ}C$	Santigrat
F	Kuvvet, N
G_m	Kütleli yakıt tüketimi, g/100 km
G_v	Hacimsel yakıt tüketimi, g/100 km
H / Y	Hava- yakıt oranı
L	Uzunluk, m
T	Tork, Nm
N	Motor devri, d/d
P_e	Efektif Güç, kW
r	Yarıçap, m
V	Taşıt hızı, km/h
ω	Açısal hız, 1/sn
ρ_b	Benzinin yoğunluğu, kg/lt

Kısaltmalar	Açıklama
AÖN	Alt ölü nokta
AR-GE	Araştırma-geliştirme
AO	Artış oranı, %
BAM	Buji ateşlemeli motorlar
DMSH	Deney motoru silindir hacmi, lt
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
ETDV	Eski taşıtların yakıt tüketimi, lt
EYM	Ek yakıt maliyeti, tl

Kısaltmalar**Açıklama****HC**

Hidrokarbon

CO

Karbonmonoksit

NO_x

Azot Oksitler

KMA

Krank mili açısı

LPG

Sıvılaştırılmış petrol gazı

OSD

Otomotiv Sanayicileri Derneği

PETDER

Petrol Sanayi Derneği

PIC

Programlanabilir entegre kontrol

SGI

Sıralı gaz enjeksiyonu

SH

Silindir hacmi, lt

SHF

Silindir hacmi farkı, lt

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

TS

Taşıt sayısı, Adet

TOMDER

Tüm Otogaz Montajcılar Derneği

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

ÜÖN

Üst ölü nokta

YEYM

Yıllık ek yakıt maliyeti TL

YF

Yakıt farkı, lt

YLÜ

Yakıt litre ücreti, tl

YT

Yakıt tüketimi, lt

YTKV

Yeni taşıtların katalog verilerine göre yakıt tüketimi, lt

1. GİRİŞ

Gelişen dünya teknolojisine paralel olarak içten yanmalı motorlarda gelişmelere ayak uydurmuştur. Günümüz taşıt motorları temel fonksiyon olarak ilk üretilen yapıda olmasına rağmen verimlerinde artışın sağlanması, yüksek performans beklentilerinin karşılanması, sessiz olması, düşük yakıt tüketimi gibi günümüz isteklerini gerçekleştirmektedir. Tüm bu gelişmelerin yanında artan çevre bilinci ile taşıt kaynaklı kirleticilerin oranının en alt seviyeye çekilme girişimleri oldukça hız kazanmıştır. Ülkeler çevre kirliliğinin önlenmesi için konuya çok önem vermekte, taşıt üreticileri motor veriminden bir kısım kayıpları göze alarak kirletici oranlarını minimum düzeye indirmeye çalışmaktadırlar. Bu yaklaşım çerçevesinde hükümetler tarafından kanuni zorunluluklar getirilmekte ve bu istekler doğrultusunda taşıt imalatçılarına yaptırımlar uygulamaktadırlar [1].

Bunun yanında gelişen teknoloji ile birlikte artan enerji talepleri zaten kısıtlı olan enerji kaynaklarını daha da önemli hale getirmektedir. Enerji ihtiyacının büyük bir kısmı petrol kökenli yakıtlar ile karşılanmaktadır. Bu tip yakıtlar taşınabilir, depolanabilir, birim kütlelerinde yüksek ısı enerjisi barındırmaları gibi temel özellikleri nedeniyle, içten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıt olarak da seçilmektedir. Bu yakıtların kullanımı yüksek maliyetlere ulaşmaktadır. Bu sebeple taşıt kullanıcıları motor tasarım ve imalatçıların ürettikleri düşük yakıt tüketimi ile yüksek motor performansına sahip taşıtları tercih etmektedirler. Böylece ülke ve fertler için büyük ekonomik maliyet getiren enerji verimliliği düşük taşıtlar yerine, enerji verimliliği yüksek taşıtların kullanımı daha ekonomik olmaktadır. Enerji verimliliği ve kirleticilerin azaltılması için yapılan çalışmaların yanında; ülkemizde çok sayıda kullanılan eski model taşıtların yüksek yakıt tüketiminin önüne geçilmesi gerekmektedir. Bu birçok alanda sanayi toplumunun ihtiyacını karşılayan petrolün daha tasarruflu kullanılmasını sağlayacaktır. Türkiye’de ülke bütçesinin önemli bir kısmı enerji ithalatına harcanmaktadır ve bu bütçenin büyük bir oranı petrol ithalatını içermektedir. İthal edilen petrolün büyük bir kısmının taşıtlarda kullanılması ve her geçen yıl taşıt sayılarındaki ciddi artış, petrol kökenli yakıtlara ödenen maliyetin giderek artmasına neden olmaktadır. Bu durumu önlemek amacıyla, taşıtlar

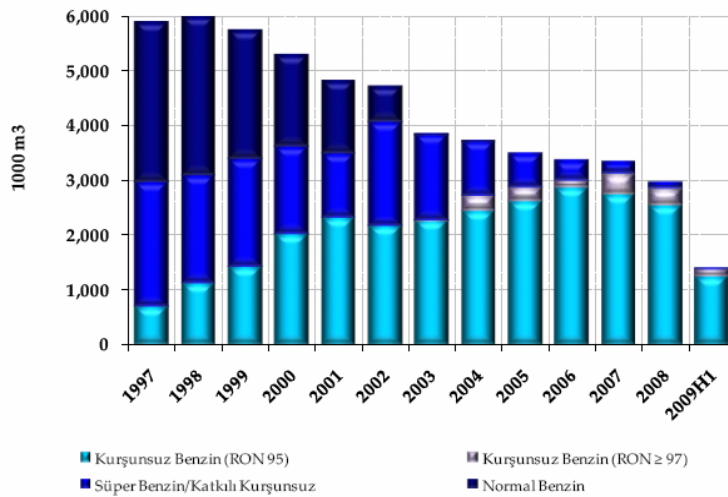
tarafından tüketilen petrol kaynaklı yakıtın verimli kullanılarak yüksek maliyetlere ulaşan enerji harcamalarının daha alt düzeye çekilebilmesi mümkündür. Bunu sağlamak için eski taşıtların enerji maliyetlerinin ve yakıt sarfiyatlarının ekonomiye etkisinin tanımlanması gerekmektedir. Eski taşıtlar genellikle daha ayarsız ve teknolojik olarak geri olmaları nedeni ile yakıt sarfiyatları artmakta, çevreyi kirletmekte ve ekonomik olmamaktadırlar. Bunların miktarlarının belirlenebilmesi için eski taşıtların ayarlı ayarsız olarak, yeni teknolojiye sahip taşıtlarla yakıt sarfiyatı, çevre kirliliği ve enerji maliyeti yönünden ekonomikliği analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada örnek olarak 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorun ayarlı ve ayarsız durumda yakıt sarfiyatı, çevre kirliliği ve enerji maliyeti deneysel olarak analiz edilerek, eski taşıtların ülke ekonomisine etkisinin incelenmesi düşünülmüştür. Sonuçta analizi yapılan eski taşıt için elde edilen verilerle yeni teknolojiye sahip benzer özellikteki taşıtların analizlerinin karşılaştırılması ve ülke ekonomisine eski taşıtların ekonomik yük getirip getirmeyeceği, getiriyorsa ne miktarda etkileyeceğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır

2. LİTARATÖR ÖZETİ

Ülkemizde petrol kökenli yakıtların kısıtlı kaynaklara sahip olması nedeni ile önemli bir kısmı ithalat yolu ile temin edilmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak da bu yakıtların fiyatları oldukça yüksektir. Bunların arasında ise benzinin litre fiyatının diğer yakıtlara oranla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Böylece benzinli taşıt kullanımı bütçeleri zorladığı için taşıt kullanıcıları daha ucuz yakıtlara yönelmektedir.

Petrol Sanayi Derneği (PETDER) raporunda yüksek vergiler ve yüksek petrol fiyatlarından en çok benzin tüketiminin etkilendiği belirtilmiştir. 2009 yılı Ocak Haziran döneminde toplam benzin tüketimi 2008 yılı aynı dönemine göre % 2,2 oranında azalarak yaklaşık 1,40 milyon m³ olarak gerçekleşmiştir. Eski teknoloji ile üretilmiş araçlarda süper benzine ikame olarak kullanılmakta olan katkılı kurşunsuz benzin tüketimi 2009 yılı ilk altı ayında % 42,5 ile azalarak sadece 34 bin m³ olarak gerçekleşmiştir [2]. Ülkemizdeki benzin tüketiminin yıllara göre dağılımı Çizelge 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Yıllara göre benzin tüketimi dağılımı [2]

Türkiye ve Avrupa’da son yıllarda dizel yakıtlı taşıtlar artmıştır. Bu artışın sebebi yukarıda da belirtildiği gibi benzinin maliyetinin yüksek olması tüketici ve ülke ekonomisine getirdiği mali yükü artırmıştır.

Buji ile ateşlemeli motorların performansının artırılması, yakıt tüketimi ve zararlı egzoz emisyonlarının azaltılması ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bir kısmında, yakıt maliyetini azaltmak için belirli oranlarda alternatif yakıt kullanımının motor çıktılarına nasıl etki ettiği araştırılmıştır. Diğer bir kısmında motor tasarım yapılarındaki değişikliklerin motor üzerinde ne gibi sonuçlara neden olduğu incelenmiştir. Bu çalışmalarda teorik analizlerin yanında deneysel bir takım uygulamalar da bulunmaktadır.

Birey ve ülke ekonomisi açısından taşıtlarda yakıt sarfiyatının azaltılmasına yönelik yeni taşıt teknolojisi kullanılması, taşıt ve motor bakımlarının yapılmış olması önemlidir. Diğer taraftan motor gücü, motor torku ve emisyon değerleri de beklentileri karşılayabilmelidir. Bu sebeple motorlarda yakıt tüketimini belirleyen testlerin yapılması gerekmektedir. Bu testler çeşitli araştırmacılar tarafından farklı motorlar için yapılmıştır. Literatürde bu çalışmaya kaynak teşkil edecek bazı araştırmalar şöyle sıralanabilir;

Akbulut (2001), yaptığı çalışmada; içten yanmalı benzinli motorlarda segman boşluğu ve yağ filminden kaynaklanan hidrokarbon (HC) oluşumunu teorik olarak incelemiştir. Bu incelemede yağ filmi tarafından emilen HC miktarı ve HC’ların bu ortamdan çıkarak yanma odasındaki hareketlerini modellemiştir. Motor çalışma parametrelerine ve konstrüktif parametrelere bağlı olarak supap kesitindeki ve çevrim boyunca silindir içindeki HC konsantrasyonlarının değişimini incelemiştir [3].

Akgün (2006), çalışmasında; buji ile ateşlemeli motorlarda supap zamanlamasının, motor performansını ve egzoz emisyonlarını etkileyen en önemli çalışma ve tasarım parametrelerinden birisi olduğuna değinmiştir. Supap kontrol sistemleri üzerinde yaptığı çalışmalarında, özellikle emme supabının kontrolü ile yakıt tüketiminde

azalma ve motor performansında artış sağladığını gözlemlemiştir. Çalışmasında, emme supabı kapanma zamanının standart zamanlamadan farklı olarak beş farklı zamanlama değerinde değişimini sağlayacak bir değişken supap zamanlaması mekanizmasının tasarımı ve imalatını yapmıştır. Değişken emme supabı zamanlaması ile motor torkunun düşük motor devirlerinde % 10, yüksek devirlerde % 4,6 arttığını gözlemlemiştir. Özgül yakıt tüketiminin ise, düşük ve yüksek motor devirlerinde % 6 azaldığını ve HC emisyonlarında azalma sağladığını ortaya koymuştur. Bu çalışma değişken supaplı motorların klasik motorlara göre verimlerinin yüksek olduğunu göstermektedir [4].

Balki (2005), yaptığı çalışmada; buji ile ateşlemeli motorda farklı sıkıştırma oranlarında LPG kullanımının performans ve emisyonlara etkisini incelemiştir. LPG, temiz ve ucuz bir yakıt olması nedeniyle buji ile ateşlemeli motorlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan LPG kullanıldığında, motor gücünde düşme olduğunu tespit etmiştir. LPG yakıtının oktan sayısının, benzine göre daha yüksek olması, yüksek sıkıştırma oranlarında LPG ile çalışıldığında motor gücünün arttığını ve yakıt tüketiminin azaldığını gözlemlemiştir. Bunun yanında egzoz emisyonlarındaki değişimleri de irdelemiştir. Araştırma ekonomik alternatif yakıtların kullanılmasının birey ve ülke ekonomisine, emisyon açısından da çevreye yararlı olduğunu göstermektedir [5].

Uzun (2005), yaptığı çalışmasında içten yanmalı motorlarda kullanılan kuru tip hava filtreleri için mikro denetleyici kontrollü tıkanıklık gösterge devresi tasarımı yapmıştır. İçten yanmalı motorlarda hava filtresi kullanımının temel amacı, motora giren hava içerisindeki kirleticileri tutmak ve motor parçalarında oluşabilecek aşınımların önüne geçilmesi olduğunu belirtmiştir. Hava filtresinin kirlenme süresi, taşıt ile kat edilen mesafeye ve çalışma süresine bağlı olmayıp, havada bulunan kirletici oranına bağlı olduğundan hava filtresi kirliliğinin zamanında tespit edilmesi gerektiğine değinmiştir. Bu çalışmada, bir Programlanabilir Entegre Kontrol (PIC) elemanı tarafından kontrol edilen iki basınç sensörü yardımıyla filtre tıkanıklığını tespit eden devre tasarlanmıştır. Ayrıca hava filtresi yüzey alanının etkinliğinin filtre çıkış basıncına, motorun hava tüketimine, volümetrik verime etkilerini deneysel

olarak incelemiştir. Çalışma hava filtresi tıkanıklığının zamanında tespit edilmesinin volümetrik verimin motor verimine ve emisyonu negatif etkisini önlemesi, yanmanın iyileşmesi sonucu oluşan yakıt ekonomisine katkısı modern taşıtların daha ekonomik olacağını göstermektedir [6].

Dinler (2000), benzinli motorlarda yakıt olarak LPG kullanılması ve katalitik konvertör uygulamasının motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkisini incelemiştir. Çalışmasında; buji ile ateşlemeli motorlarda egzoz azaltıcı çözümlerden alternatif yakıt (LPG) ve katalitik konvertör uygulamalarını incelemiştir. Deneylerde 4 zamanlı 4 silindirli buji ateşlemeli Ford marka motor kullanmıştır. Önce motora LPG dönüşümü yapılarak farklı ateşleme avansı değerlerinde motor performansı ve egzoz emisyonlarını incelemiştir. Benzinle yapılan deneylerde tork değerleri 4° ateşleme avansının düşük hızlarında azalmaktadır. 6°, 8° ve 10° ateşleme değerleri birbirlerine yakın olduğundan düşük ateşleme değerlerinde tam yanma gerçekleşmediğinden motor torku ve gücü azalmaktadır. LPG kullanımında maximum tork değerinde ve düşük ateşleme avansı değerlerinde düşme gözlemlenmiştir. Daha sonra egzoz sistemine katalitik konvertör monte edilip LPG ve kurşunsuz benzin ile deneyler yaparak tork değerinin ve gücünün azaldığını tespit etmiştir. LPG ile çalışmasında özgül yakıt tüketiminin benzine göre daha da azaldığını görmüştür. Emisyonların ise LPG kullanımında benzinli kullanıma göre daha azaldığını tespit etmiştir [7].

Yenitepe ve Akdeniz (2009), motorlu taşıtlarda yakıt ekonomisi ve işletme şartlarının motor performansına etkilerini incelediği çalışmalarında; motorlarda yakıt ekonomisini geliştirmeye yönelik yapılan çalışmalar ile yakıt ekonomisine etki eden faktörleri incelemişlerdir. Taşıtlarda yakıt ekonomisi geliştirmek amacıyla tasarım teknolojisi, malzeme ve elektronik sistemler, ağırlıktaki azalmalar, hava direncinin azaltılması gibi çalışmalar yapıldığına değinmişlerdir. Yakıt tüketimini azaltmanın bir yolu taşıtlardaki güç ihtiyacını azaltmak, diğeri ise gerekli gücü daha verimli bir şekilde sağlayarak etkin kullanmak olduğunu belirtmişlerdir. Otomotiv sektöründeki çalışmalarda araçlarda alternatif yakıt olarak LPG'nin kullanılmasına yönelme olduğunu gündeme getirmişlerdir. Deneysel çalışmada yeni nesil LPG dönüşüm

sistemlerinden Sıralı Gaz Enjeksiyon (SGI) sisteminin benzinli motorlara uygulanmasıyla elde edilen yakıt ekonomisi ve alternatif yakıt olarak LPG kullanan iki otomobilin motor performansı üzerine olan etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneylerde 4 silindirli, 4 zamanlı benzin ve LPG dönüşümlü motorların yakıt tüketimini ölçmüşlerdir. Yapılan deneylerde otomatik şanzımda over drive'ın ve klimanın, düz vitesli araçta ise klimanın yakıt tüketimine etkisini tespit etmişlerdir. Yapılan bu testlerle LPG'nin maliyet olarak % 40 yakıt ekonomisi sağladığı sonucuna ulaşmışlardır [8].

Daloğlu (2007), endüstriyel enerji verimliliği metodolojisi hakkında yaptığı araştırmada; Türkiye'nin günümüzde kullandığı toplam enerjinin % 70'ini ithalat yoluyla sağladığına değinmiştir. Toplam tüketimin içerisinde doğalgazın payı 2006 yılında % 44, elektrik üretimindeki payı ise % 43 olduğuna işaret etmiştir. Doğal gaz temininde ağırlıklı olarak tek kaynağa bağlı olunması, fiyatlarının aşırı artması, doğal gaz ve petrolün bir politik baskı aracı olarak kullanılması sürecinin başlatılması, ülke güvenliği ve ekonomisi yönünden çok önemli bir sorun olduğunu belirtmiştir. Enerji ve çevre sorunları bağlamında alınması gereken önlemlerin başında; enerji verimliliğinin artırılması alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiğini önermiştir. Endüstriyel tesislerde enerji verimliliği uygulamaları teknik ve ekonomik analiz için genel bir metodoloji izlemiştir [9].

Batmaz (1996), benzin motorlu taşıtlarda hız-yakıt ekonomisi ilişkisini deneysel olarak incelediği çalışmada; yakıt tüketimini etkileyen faktörleri ele almıştır. Uluslararası kuramsal esaslar, ayrıca Türk Standartları Enstitüsü'ne (TSE) göre yakıt ekonomisi ve egzoz emisyonlarını incelemiş ve ölçüm sisteminin kurulmasını açıklamıştır. Hazırladığı program aracılığıyla cihazlardan veri aktarımını sağlamıştır. Gerçek zamanlı olarak aldığı bu verileri bir grafik programı yardımıyla bilgisayarda değerlendirmiştir. Bu test ile gerçek yol koşullarında yapılması güç olan yakıt tüketimi, egzoz emisyonları ve taşıt performansı ölçümleri için, seyir çevriminin şasi dinamometresi üzerinde simülasyonunu gerçekleştirmiştir. Test sonucunda hız-yakıt ekonomisi, egzoz emisyonları ve taşıt performansı arasındaki ilişkileri tespit etmiştir.

Bu test yöntemi taşıtların hız yakıt ekonomisi testlerinin hangi sınırlar içinde olması ve ne tür yöntemin izlenmesi gerektiğini belirtmektedir [10].

Özen (2006), karayolu ulaşımının hava kirliliğine etkilerini incelediği çalışmasında; hava kirliliği, sanayileşen ve hızla kentleşen dünyanın en çok tartışılan küresel bir çevre sorunu haline geldiğine değinmiştir. Motorlu taşıtların % 47'lik payla hava kirliliğine neden olan en önemli etken olduğuna işaret etmiştir. Hava kirliliğinin insan sağlığına, doğaya ve iklime olumsuz etkileri olduğunu, küresel anlamda ise sera etkisi, ozon tabakasının delinmesi gibi çevresel etkilerine dikkat çekmiştir. Ülkemizde ulaşımın % 95 gibi büyük bir oranda kara yoluyla yapılması, hava kirliliğinin çok büyük bir kısmının kara yolu motorlu taşıtlarından kaynaklandığına vurgu yapmıştır. Çalışmasında Ankara kent merkezinde seçilen bir alanda trafik yoğunluğu ve taşıtların hızları dikkate alınarak hava kirliliği Visum programını kullanarak hesaplamış ve çıkan sonuçlar Sıhhiye ölçüm istasyonundan alınan verilerle kıyaslayarak, motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak için çözüm önerilerini vermiştir [11].

Arslan ve Ark. (1999), 1,6 lt motor hacmine sahip 1998 model TOFAŞ motoru ile yapmış olduğu çalışmada motor ayar ve bakımının egzoz emisyonlarını nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Motorun tüm ayarları katalog değerlerine uygun olarak yapılmış ve relanti çalışmasında emisyon değerleri kaydedilmiştir. İkinci aşamada diğer ayarlar sabit kalmak şartı ile avans ayarı ve supap ayarı bozulmuş, motor sıcaklığı normalden aşağı düşürülmüş, kirli filtre ve eski buji kullanılarak emisyonlar tekrar ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları, her bir ayar bozukluğu ve eski parça kullanımının HC ve karbonmonoksit (CO) emisyonlarını artırdığını göstermişlerdir [12].

Sekmen (2003), buji ile ateşlemeli motorda sıkıştırma oranının değiştirilebilir hale getirerek motor performansına etkisini incelemiştir. Çalışmasında, buji ile ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli ve sıkıştırma oranı 4,6/1 olan bir motorun sıkıştırma oranı değişken hale dönüştürmüş ve sıkıştırma oranı değişiminin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Standart motoru,

değişken sıkıştırma oranlı motora dönüştürmek için silindiri aşağı-yukarı hareket ettirmiştir. Sıkıştırma oranı değişken hale dönüştürülen motorun sıkıştırma oranı 5/1 ile 13/1 arasında değiştirilebilmiştir. Sıkıştırma oranının 5/1'den 11/1'e yükseltmesiyle kısmi yüklerde özgül yakıt tüketiminde % 39'a kadar iyileşme elde etmiştir. Aynı sıkıştırma oranı aralığında CO emisyonlarında % 29'a kadar azalma olduğunu tespit etmiş, HC emisyonlarında maksimum % 25 artış belirlemiştir [13].

Çınar ve Ark (2001), yaptıkları çalışmada, benzin fiyatlarının sürekli artması geliri sınırlı olan kesimi LPG dönüşümü yapmaya zorladığına değinmişlerdir. Bu çalışmada buji ile ateşlemeli, 4 zamanlı ve 4 silindirli bir motorda $\frac{1}{2}$ ve $\frac{3}{4}$ gaz kelebek açıklıklarında benzin ve LPG kullanılarak deneyler yapmışlardır. LPG'nin motor gücü, motor torku, özgül yakıt tüketimi, volumetrik verim ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılarak, LPG yakıtı ile elde edilen motor gücü ve tork değerleri benzin ile elde edilenden yaklaşık % 10 daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. LPG yakıtının gaz konumunda olması yanma odasındaki dolgu miktarını azaltmış, bu yüzden tork ve gücü düşük bulmuşlardır. Güç ve motor torkundaki azalma yalnızca dolgu miktarı ile düşmemekte, aynı zamanda yakıtın ısı değeri ile de alakalıdır. Özgül yakıt tüketiminin üretilen güç ve tüketilen yakıt dikkate alınırca en ekonomik çalışmanın LPG ile olduğunu belirtmişlerdir [14].

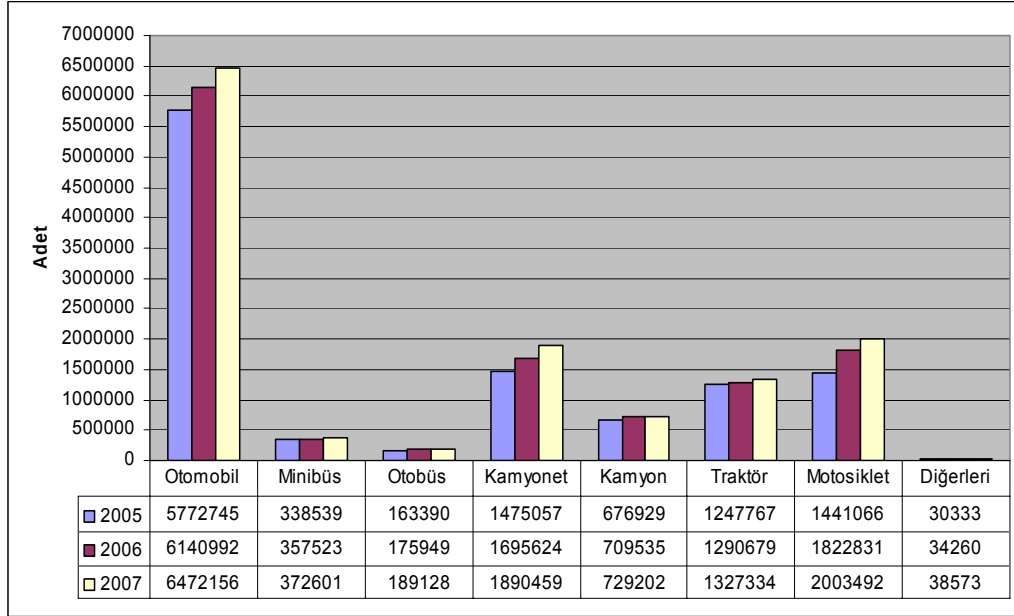
Öztürk (2009), yaptığı araştırma çalışmasında ülkemizde toplam araç parkının % 34'ünün 15 yaşın üzerinde olduğuna işaret ederek, 2,18 milyon eski araç olduğuna değinmiştir (Bkz Çizelge 2.2). Buna göre ülkemizde önemli miktarda aşırı yakıt tüketen otomobil olduğunu belirtmiştir. 15 yaşın üzerindeki yaşlı araçların çoğu yeni model araçlara göre yaklaşık olarak 2 kat daha fazla yakıt tükettiği ve buna göre yaşlı araçların yeni modelleri ile değiştirildiği zaman yakıt tüketiminde önemli düşüşler olacağından bahsederek, 2,18 milyon yaşlı otomobil yeni model araçlarla değiştirildiği zaman en az 1 milyon ton benzin ve benzine eşdeğer LPG' den tasarruf edileceğini belirtmiştir [15].

Çizelge 2.1. 2006 yılı verilerine göre Türkiye’de otomobillerin yaş durumu [15]

Otomobil yaş sınıfı	2006 yılı Park (adet)	Toplam içindeki payı (%)
1-3	1 040 552	16
4-6	865 637	13
7-11	1 260 647	20
12-15	1 092 768	17
+16	2 181 388	34
Toplam	6 440 992	100

Yaşlı araçlar yeni model araçlara göre birim kilometrede fazla yakıt tüketirler ve daha fazla sera gazı, karbondioksit gazı emisyonuna neden olmaktadır. Trafikten 2003 ile 2004 yılları arasında toplam 320 000 yaşlı aracın çekilmesine yönelik vergi indirimi uygulaması sonucunda sera gazı karbondioksit emisyonunda % 4,87’lik bir azalma sağlandığına değinmiştir. Hem yakıt ekonomisi hem de emisyon sakınınının azaltılması için eski taşıtların trafikten aşamalı olarak çekilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bu tür çalışmaların Avrupa ülkelerinde Almanya’da 9 yaş üzeri, Fransa’da 10 yaş üzeri araçların trafikten çekilmesi için İtalya’da ise çevresel bazlı bir teşvik uygulanarak bu araçların trafikten çekilmesi yönünde çalışmalar yapıldığını belirtmiştir [15].

Ülkemizdeki motorlu taşıtların istatistikleri Şekil 2.2’de görülmektedir. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Daire Başkanlığı yayınlarına göre 2007 yılı itibari ile trafikte seyreden otomobil sayısı 6 472 156 adet’tir [16].



Şekil 2.2. Trafikte seyreden motorlu taşıt istatistikleri

Yukarıda verilen çalışmalar literatürler taranarak özetlenmiştir.

Literatür kaynakları tarandığında çalışmalar arasında klasik buji ateşlemeli motorların belirlenen ayarsızlıklarında motor performansı, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları üzerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi ve günümüz modern motorların ekonomik analizinin yapılarak Türkiye ekonomisine etkisi ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Eski taşıtların ülke ekonomisine ve çevre üzerine olumsuz etkilerinin net olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda dünya genelinde enerji üretmenin yanında enerjiyi verimli kullanmanın en az yeni enerji üretmek kadar faydalı olduğu vurgulanmaktadır. Bu amaçla aydınlatmadan (led lambaların kullanımı), ısıtıcılara (yeni tür ısıtıcı üretimleri), yakma teknolojisi ile çalışan enerji dönüştürücülerde (yoğuşmalı kombi), daha verimli motorlara (homojen karışımli motorlar) ve taşıtın dinamik hareketi esnasında oluşan atalet kuvvetlerinden yararlanarak üretilen enerjiyi kullanmak (hibrit taşıtlar), kimyasal reaksiyon ile enerji üreten verimi % 80'lere ulaşan şu andaki en iyi teknoloji gözükken yakıt pilleri ve yakıt pilli taşıtlar enerji verimliliğinin ön planda olduğunu göstermektedir.

Bu tür yeni çalışmaların yanında; mevcut taşıtların analizi yeni üretilen teknolojilerle kıyaslanmaları ekonomik olma sınırını aştığında kullanımdan kaldırılması veya verimliliğini artırma çalışmaları yapılmaktadır.

Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok dünya devletleri önemli ölçüde maddi kaynaklarını, enerji kaynağı olan petrol ithalatına harcamaktadır. İthal edilen petrolün büyük bir kısmı taşıtlarda kullanılmaktadır. Bu kullanımın verimsiz motorlarla yapılması hem kullanıcıya hem de ülke ekonomisine ek yük oluşturmaktadır.

Avrupa da yürürlükteki kanunlara göre; standartlara uygun muayene kriterlerini sağlamayan taşıtların trafiğe çıkması ve kullanımı yasaktır. Ülkemizde mevcut kanunlar çerçevesinde muayene kriterlerini sağlayan onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtlar trafiğe çıkabilmekte ve kullanılabilmektedir. Bu araçlar kullanıcıya ve milli ekonomiye ek yükler getirmektedir. Bu araçlarda meydana gelen ayarsızlıkların, ayarlı iken oluşturduğu ekonomik ve enerji maliyeti ile karşılaştırılması yapılacaktır. Ayrıca aynı hacimdeki yeni taşıtların ayarlı iken enerji ve ekonomik maliyetleri onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların ayarlı ve ayarsız enerji maliyetleri ile karşılaştırılacaktır. Türkiye genelindeki taşıt sayıları dikkate alınarak 1.2 lt'den 2.0 lt'ye kadar belirlenen motor hacmindeki taşıtların Türkiye'ye yeni taşıtlara göre ek enerji maliyetlerinin katalog değerlerine göre ne kadar sapma gösterdiklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak; bu maliyet analizi eski taşıtların Türkiye'ye getirdiği ekonomik yükü tanımlayacak ve trafikten çekilmelerine yönelik ışık tutacaktır. Taşıt kullanıcılarının ve yetkililerin doğru karar vermelerinde referans teşkil edecektir.

3. GENEL YAKIT SARFİYATI VE EKONOMİK ANALİZ İÇİN HESAPLAMA TEORİSİ

Bir taşıtın yakıt sarfîyatının ve ekonomik analizinin yapılabilmesi için taşıtın tork, güç ve devrinin bilinmesi gerekmektedir. Bunun yanında seyir halinde kat ettiği yol ve sarf ettiği yakıt miktarının oranı, taşıtın diğer taşıtlarla ekonomik analizinin yapılmasında önemli kriterlerden biridir. Bu oran firmalar ve araştırmacılar tarafından taşıtın veya taşıt motorunun laboratuvar şartları altında dinamometrelerde denenmesi sonunda belirlenmektedir.

3.1. Motor Torku

Motorun verdiği tork (T) önce rotora tesir etmekte, daha sonra rotor ile stator arasında bulunan sıvı aracılığıyla stator dönmeye çalışmaktadır. Stator üzerinde bulunan kol yük hücrelerine baskı yaparak, bir devirde $2.\pi.r$ yolu boyunca kuvvet uygulamaktadır. Bu kuvvet motorun torku olarak ifade edilmektedir. Statoru döndürmeye çalışan F kuvvetinin oluşturduğu tork;

$$T = F.r \quad (3.1)$$

Buradaki (r) uzunluğu, kuvvetin etkideği nokta ile rotor merkezi arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.

3.2. Efektif Gücün Hesaplanması

Motorun yanma odasında birim zamanda elde edilen iş indike güçtür. İndike gücün bir kısmı egzoz gazlarını dışarı atmak ve taze havayı emmek için kullanılmaktadır. Bir kısmı yataklar, piston segmanları gibi mekanik elemanların sürtünmelerini yenmek, diğer bir kısmı ise döner elemanlar için harcanmaktadır [17]. Aşağıdaki formülde verilen efektif güç bir motordan elde edilen yararlı gücün göstergesidir. Efektif güç (P_e), tork ve açısal hızın ürünüdür [18]. ω

$$P_e = \omega.T \quad (3.2)$$

Motor devri (n) d/d cinsinden olduğundan açısal hız;

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} = \frac{\pi.n}{30} [1/s] \quad (3.3)$$

Açısal hızı, Eşitlik. 3.2’de yerine koyup birimi [kW] cinsine dönüştürsek;

$$P_e = \frac{\pi.n}{30} . T . \frac{1}{10^3} \quad (3.4)$$

$$P_e = \frac{n.T}{9549,58} [kW] \quad (3.5)$$

olarak elde edilir. Eşitlikte;

n : Motor devir sayısı [d/d]

T : Motor torku [Nm]

P_e : Motor efektif gücü [kW] ifade etmektedir.

3.3. Efektif Özgül Yakıt Tüketiminin Hesaplanması

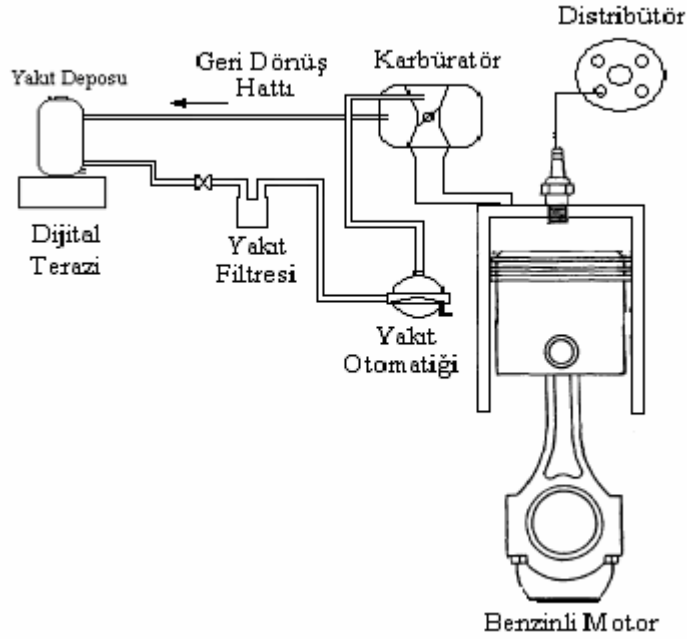
Özgül yakıt tüketimi, birim güç başına, birim zamanda tüketilen yakıt miktarı olarak tarif edilmektedir [18]. Şekil 3.1’de deneylerde kullanılan test düzeneğinde yakıt tüketiminin ölçülmesinde kullanılan sistem gösterilmektedir. Deneylerde yakıt tüketimi g/s cinsinden ölçüldüğünden, 3600 saniye ile çarpılarak, g/saat cinsine çevrilmiştir.

$$b_e = \frac{\dot{m}_y}{P_e} . 3600 \text{ [g/kWh]} \quad (3.6)$$

Burada;

$\dot{m}_y$: Yakıt debisi [g/s]

b_e : Özgül yakıt tüketimi [g/kWh]’ ile ifade edilmektedir.



Şekil 3.1. Deney düzeneyi ve yakıt tüketiminin ölçülmesi

Özgül yakıt tüketimi g/kWh biriminde alınmaktadır. Kütleli olarak yakıt tüketiminin hesaplanmasında [19].

$$B_e = P_e \cdot b_e [g/h] \quad (3.7)$$

Burada;

$$B_e = \text{Saatteki yakıt tüketimi [g/h]}$$

$$P_e = \text{Motor gücü [kW]}$$

$$b_e = \text{Özgül yakıt tüketimi [g/kWh]}$$

Bu şartlarda 100 km mesafedeki yakıt tüketimi kütleli olarak [19],

$$G_m = \frac{B_e}{V/100} [g/100km] \quad (3.8)$$

$$G_m = 100 \text{ km'de kütleli yakıt tüketimi [g/100 km]}$$

V =Taşıt hızı [km/h]

Hesaplamalarda kullanılan taşıt hızı (V) şehir içinde 50 km/h, şehir dışında ise 90 km/h sabit hızda ve bu hızların 4. vitesde 3 400 d/d'da olduğu kabulü ile yapılmıştır. Dolayısı ile motor testlerinde katalogdaki bu devirlerin saatteki yakıt tüketim (B_e) değerleri dikkate alınmıştır.

Hacimsel olarak hesaplanırken benzinin yoğunluğuna oranlandığında [19];

$$G_v = \left(\frac{B_e}{V/100} \right) / \rho_b [lt/100km] \quad (3.9)$$

Burada;

B_e = Saatteki yakıt tüketimi [kg/h]

G_v =Hacimsel olarak yakıt tüketimi [lt/100 km]

ρ_b =Benzinin yoğunluğu (0.76) [kg/lt]' dir.

3.4. Ekonomik Analiz

Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu benzinli taşıtların ülke bütçesine getirdiği ek yükü hesaplamak için belirli bir yol izlenmesi gerekmektedir. Ekonomik analiz gerçekleştirilirken ülkede halen trafikte seyreden benzinli taşıtların sayısı Tüm Otogaz Montajcıları Derneği (TOMDER)' den temin edilmiştir [20].

Ekonomik analizin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan diğer bir veride eski taşıtlar ile yeni taşıtların yakıt sarfiyatlarındaki fark ele alınmalıdır. Bu maksatla deney motorundan yakıt sarfiyatına ilişkin tespitler yapılmıştır. Diğer taraftan günümüz modern motorlarının da yakıt sarfiyatının belirlenmesinde taşıt imalatçılarının Araştırma geliştirme (AR-GE) laboratuvarlarında yapılan, kataloglarda verilen ve ayrıca otomotiv firmalarının resmi internet sitelerinden alınan değerler

kullanılmıştır. Farklı silindir hacimlerindeki taşıt kataloglarından alınan yakıt sarfiyatı verileri kullanılmıştır [21-25].

Deneyisel çalışmalarda 1,2 lt'lik silindir hacmine sahip benzinli bir motor kullanılmıştır. Ancak trafikte seyreden benzinli taşıtların farklı hacimlerde olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla yakıt sarfiyatı da artacaktır. Ekonomik analizin daha net yapılabilmesi için eski tip taşıtların motor hacimlerine göre yakıt tüketim değerlerinin bir kıyaslama ile elde edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla deney motorundan elde edilen sayısal veriler silindir hacimlerinin artış oranlarına eşit yakıt tüketim artışı olduğu kabul edilmiştir. Böylece ilgili yakıt tüketim değerleri farklı silindir hacimlerine göre ayrı ayrı belirlenme yoluna gidilmiştir. Silindir hacimlerine göre hem onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtlar hem de günümüz modern motorlu taşıtları için yakıt tüketim değerlerinin aralarındaki fark alınmıştır. Böylece eski araçların fazladan kaç litrelik yakıt sarfiyatına neden olduğu tespit edilmiştir.

Yakıt sarfiyatlarının neden olduğu ekonomik maliyetin hesaplanmasında gereken bir diğer veride benzinin güncel pompa fiyatıdır. Bu bilgi için Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK)'nın belirlemiş olduğu tavan fiyat baz alınmıştır.

Eski taşıtlar ile yeni taşıtların yakıt sarfiyat farklarının belirlenmesinde şu şekilde bir yöntem izlenmiştir.

YF: Yakıt farkı [lt/100 km]

ETDV: Eski taşıtların yakıt tüketimi (deney motoru) [lt/100 km]

YTKV: Yeni taşıtların katalog verilerine göre yakıt tüketimi [lt/100 km]

$$YF = ETDV - YTKV[lt/100 km]$$

Trafikte seyreden benzinli taşıt motorlarının farklı hacimlerde olduğu bilinmektedir. Silindir hacmi arttıkça yakıt sarfiyatı da artmaktadır. Bu nedenle deney motorunun yakıt sarfiyatının sabit olarak alınması hesaplamalarda güvenilir bir yöntem

olmayacaktır. Bu durum ise güvenilir sonuçlara ulaşılmasını zorlaştıracaktır. Silindir hacminin artış oranını, taşıtın tükettiği yakıt oranına eşit olarak değerlendirme işlemi aşağıdaki formüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney motorunun silindir hacmi 1.2 lt olduğu için hesaplamalarda bu silindir hacmi referans alınmıştır.

AO: Artış oranı [%]

DMSH= Deney motoru silindir hacmi [lt]

SHF: Silindir hacmi farkı [lt]

$$AO = \frac{SHF}{DMSH} * 100[\%]$$

Örneğin;

1.4 lt silindir hacmine sahip bir taşıt motoru için 1,2 lt'lik bir taşıt motoruna göre artış oranının hesaplanmasında;

DMSH=1.2 lt

SHF: 0.2 lt

$$AO = \frac{0.2}{1.2} * 100[\%] = \%16$$

şeklinde hesaplanmıştır. Benzer şekilde 1.6 lt silindir hacmine ait bir motorun artış oranını hesaplarken izlenen yol;

DMSH=1.2 lt

SHF: 0.4 lt

$$AO = \frac{0.4}{1.2} * 100[\%] = \%33$$

şeklinde hesaplama yapılmıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda belirli silindir hacmindeki eski ve yeni taşıtların yakıt sarfiyatı farkı yine aynı silindir hacmine sahip taşıt sayısı ile çarpılarak toplamda kaç litre yakıt sarfiyatı olduğu tesit edilmiştir. Ardından yakıtın litre fiyatı ile bu sarfiyat miktarı çarpılarak belirlenen silindir hacimlerindeki toplam maliyet elde edilmiştir.

Diğer silindir hacimlerine ait hesaplamalarda aynı yol takip edilerek belirlenmiştir. Tüm silindir hacimlerindeki yakıt sarfiyatı ile oluşan maliyetler toplanarak ülkedeki onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların ülke ekonomisine getirdiği nihai yük tespit edilmiştir.

Enerji alanında 2009 yılı ülke bütçesi değerleri dikkate alınarak ne kadar tasarruf edilebileceğine ilişkin sayısal sonuçlar ortaya konulmuştur [26].

Yakıt farkından yola çıkarak ekonomik maliyete etkisini tespit etmek maksadıyla; taşıt sayısı ve yakıt litre ücreti ile çarpılarak sonucun elde edilmesi yolunda gidilmiştir.

EYM: Ek yakıt maliyeti [TL]

YLÜ: Yakıt litre ücreti [TL]

TS: Taşıt sayısı [Adet]

$$EYM = YF * TS * YLÜ[TL]$$

Bir taşıtın yılda ortalama 15 000 km yol katettiği kabul edildiğinde; 90 km/h sabit hızdaki yakıt tüketimi;

YEYM: Yıllık ek yakıt maliyeti [TL]

$$YEYM = EYM * 150[TL] \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$

4. DENEY MATERYALİ VE METOD

Eski bir taşıtın performans karakteristiklerini, kendi katalog değerleri ile karşılaştırılması veya yeni modern bir taşıtın performans değerleri ile kıyaslaması için deneysel verilere ihtiyaç vardır. Katalog değerlerine göre ayarlanmış onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu motorun deney sonuçları ortaya konulmuştur. Deney çalışmasında kullanılan motorun supap ayarı, kam açısı, buji tırnak aralığı, hava-yakıt oranı, avans ayarı gibi motor verileri gerekli ayarlarına getirilmiştir. Deneylerden elde edilen verilerin yeni taşıtlar ile kıyaslanarak ekonomik analizlerinin tespitinde TS 1999/100 standartlarından alınan yakıt tüketim değerlerini hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Aşağıda deney düzeneği ve deney metodu ile kullanılan materyal tanımlanmıştır.

4.1. Onbeş Yaşından Büyük Buji Ateşlemeli Bir Motorun Ayarsız Durumda Deneylerin Yapılması

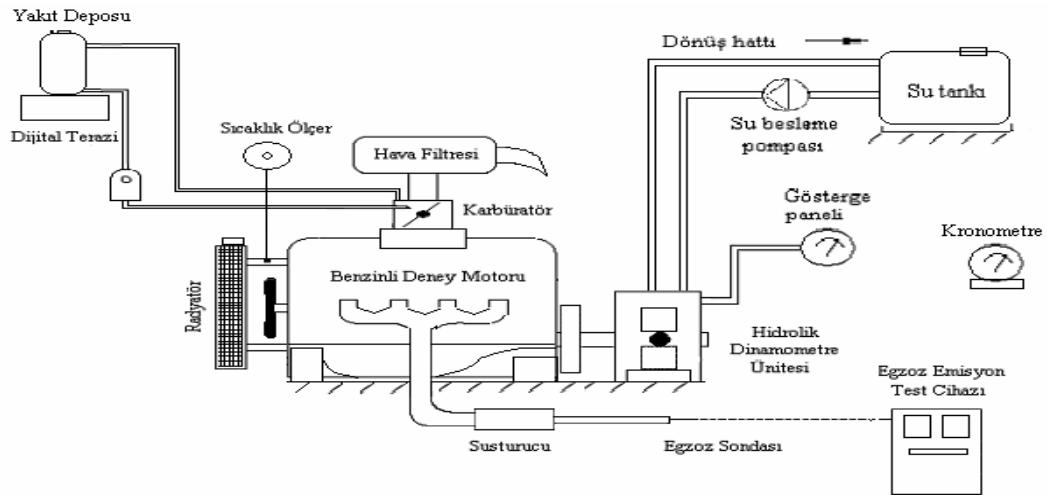
4.1.1. Deney materyalleri ve düzeneği

Tork; bir motorun iş yapabilme yeteneğini göstermektedir ve mekanik, hidrolik, elektromanyetik dinamometreler yardımıyla ölçülebilmektedir. Sunulan çalışmada tork ölçümü için hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre motorun çeşitli yük kademelerinde yüklenmesini sağlayarak, yük ve devir parametrelerine bağlı olarak performans özelliklerinin tespitini sağlar. Motor miline bağlı dönen bir çark ve ters yönde akan su, motorun dönmesini zorlaştırarak frenleme etkisi gösterir. Bir karşı ağırlıkla dengelenen terazi şeklinde oluşturulmuş düzenek su debisi ile dengeye getirilerek motor yüklenir. Hidrolik dinamometrelerde düşük sürtünmeli yatakla desteklenmiş rotor, hidrolik sürtünmeli olarak sabit olan statorla birleşiktir. Bu çalışmada, motor çıkış mili ile hidrolik dinamometrenin rotor flanşı arasına kardan mili monte edilerek motorun dinamometre ile irtibatı sağlanmıştır.

4.1.2. Deney düzeneği

Deney test düzeneğinin montajına motorun test sehпасına alınması ile başlanmıştır. Motorun yüklenmesinde Go-Power marka hidrolik bir dinamometre sisteme monte edilmiştir. Motorun yüklenmesi anındaki değerler, mekanik göstergeli yük hücresi kullanılarak okunmuştur. Motor devri bir devir algılayıcısıyla, yakıt tüketimi ise dijital terazi ile ölçülmüştür. Yakıt tüketim zamanını belirlemek için dijital süre ölçer kullanılmıştır. Motorun yakıt deposu yerine, başka bir yakıt deposu terazi üzerine yerleştirilmiş ve yakıt hortumları yardımıyla sisteme bağlanmıştır. Egzoz emisyon ölçümlerinde Sun MGA 1200 model dijital cihaz kullanılmıştır. Avans açısını ölçmek için Sun Test 45/3 Model avans tabancası kullanılmıştır. Motor test düzeneği temel olarak 1.2 lt'lik benzinli motor, hidrolik dinamometre, şasi düzeneği, yakıt ölçme terazisi, devir algılayıcısı ve egzoz emisyon test cihazlarından meydana gelmektedir. Şekil 4.1'de deney tesisatının şematik resmi gösterilmektedir.

Deney tesisatı, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Anabilim Dalı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1. Motor test düzeneğinin şematik görünümü
Deney yapılan motorun teknik özellikleri

Taşıtların ekonomik analizinin belirgin bir şekilde kıyaslanması için karbüratörlü ve bir taşıt motoru seçilerek deney düzeneğinde kullanılması düşünülmüştür. Bunun için

deneyde 4 zamanlı, dört silindirli, Fiat-Murat 124, buji ateşlemeli motor seçilmiştir. Karbüratörlü bir yakıt sistemine ve klasik tip ateşleme sistemine sahip olan bu motorun Fiat taşıt kataloğunda tanımlanan teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmektedir. Veriler Fiat taşıt kataloğundan alınmıştır. Motoru test şartlarına hazırlamak için silindir cidarları, piston yüzeyleri, segmanlar, silindir kapağı, buji yuvaları, emme ve egzoz supapları gibi motor parçaları ve kısımlar kontrol edilmiştir. Test için gerekli ayarların yapılabilmesi için motorun mekanik durumunun elverişli olduğu tespit edilmiştir. Gerekli görülen parçalar, fabrika montaj değerleri (civata sıkma torkları ve tolerans değerleri) esas alınarak uygun hale getirilmiştir. Motor deney şartlarına hazırlanırken, fabrikanın önerdiği tolerans değerleri dışında değişikliklerin olmaması için yukarda bahsi geçen gerekli kontroller yapılmıştır.

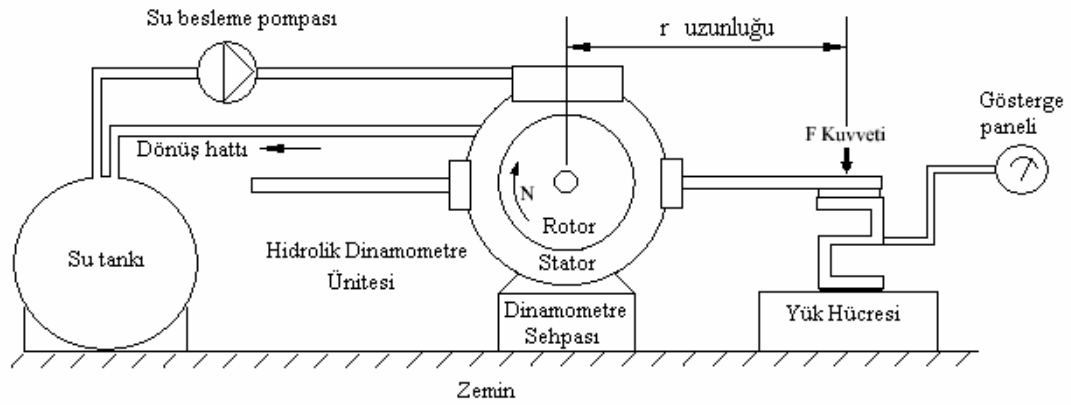
Çizelge 4.1. Deneyde kullanılan benzinli motorun teknik özellikleri [27]

Motor Cinsi	Fiat 124 B.00
Çalışma Türü	4 zamanlı, Karbüratörlü
Silindir Sayısı	4 silindirli, Sıra Tip
Toplam Silindir Hacmi	1197 cm ³
Rölanti Devri	750 d/d
Yakıt Tüketimi (ort) [lt/100 km]	8,7 lt
Silindir Çapı	73 mm
Piston Strok Boyu	71,5 mm
Kompresyon Basıncı	11,72 Bar
Sıkıştırma Oranı	8,8/1
Maksimum Tork	87 Nm (3400 d/d)
Maksimum Güç	44 kW (5600 d/d)
Maksimum Su Sıcaklığı	95 °C
Ateşleme Sırası	1-3-4-2
Yağ Basıncı	4,5 – 6 kg/cm ²
Supap Boşlukları (soğuk)	Emme ve Egzoz; 0,20 mm
Emme Supabı Açılması	ÜÖN’den 18° önce
Emme Supabı Kapanması	AÖN’den 48° sonra
Egzoz Supabı Açılması	AÖN’den 59° önce
Egzoz Supabı Kapanması	ÜÖN’den 8° sonra
Soğutma Şekli	Su Soğutmalı

Deneyde kullanılan cihazlar ve teknik özellikleri

Motorun performans özelliklerinin tespitinde kullanılan hidrolik fren dinamometresi olarak da ifade edilen bu cihaz, motorun çeşitli yük kademelerinde yüklenmesini sağlayarak, yük ve devir parametrelerine bağlı olarak performans özelliklerinin tespitini sağlar. Motor miline bağlı dönen bir çark ve ters yönde akan su, motorun dönmesini zorlaştırarak frenleme etkisi gösterir. Bir karşı ağırlıkla dengelenen terazi şeklinde oluşturulmuş düzene su debisi ile dengeye getirilerek motor yüklenir.

Deneyde kullanılan “Go-Power Dr Engine Dynamometer” marka dinamometre tesisatının şematik görünümü Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Hidrolik dinamometre ile döndürme torkunun ölçülmesi

Egzoz emisyonlarının ölçülmesinde kullanılan Sun MGA 1200 tipi gaz analiz cihazı Resim 4.1’de görülmektedir. Bu cihaza ait teknik özellikler ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Resim 4.1. Emisyon ölçümünde kullanılan egzoz gaz analiz cihazı

Çizelge 4.2. Sun MGA 1200 Egzoz gaz analiz cihazının teknik özellikleri [28]

	Ölçüm Aralığı	Hassasiyeti
Hava Fazlalık Katsayısı	0,80-2,00	0,001
CO (% Hacimsel)	0-% 10	% 0,01
CO ₂ (% Hacimsel)	0-% 20	% 0,01
HC (ppm)	0-20 000	1
O ₂ (% Hacimsel)	0-% 21	% 0,1

Deneylerde yakıt miktarının ölçülmesi için dijital göstergeli hassas bir terazi kullanılmıştır. Belirli kütlede tüketilen yakıtın tespit edilmesi ise bir kronometre vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. 5 kg'lık ağız kapalı, kapağında benzin hortumları için iki adet delik bulunan plastik bir kaba benzin doldurularak terazinin üzerine konulmuştur. Motorun devir sayısını ve yükleme torkunu istenilen konuma getirdikten sonra 50 gramlık yakıtı kaç saniyede yaktığı kronometre ile tespit edilmiştir. Resim 4.2'de bu ölçüm için kullanılan dijital terazinin bir resmi görülmektedir.



Resim 4.2. Dijital terazi ile yakıt miktarındaki değişimin ölçülmesi

Platinin kam açısını ayarlamak için motor test cihazı kullanılmıştır. Ayrıca manyetik alanın kesilmesi prensibinden hareketle sinyal üreten bu cihaz, motor devir sayısını da ölçebilmektedir. Cihazdan alınan bu değerler dijital göstergelidir. Kam açısı derece cinsinden, ortam sıcaklığı da $^{\circ}\text{C}$ cinsinden hassas bir şekilde ölçülebilmektedir. Kullanılan avans tabancası Sun markadır.

Deney metodu ve uygulanması

Eski model benzinli taşıtların yakıt tüketim miktarını belirlemek ve sonuçta ekonomik maliyetlerini tespit etmek amacıyla yapılan bu deneyde Buji Ateşlemeli Motor (BAM) kullanılmıştır. Kurulan deney düzeneğinde; motorun ayarları katalog değerlerinde yapılarak yakıt tüketimi ve emisyon değerleri sonuçları elde edilmiştir. Bunun yanında eski model taşıtlarda sıklıkla karşılaşılan ayarsızlıklardan dolayı meydana gelen yakıt tüketim miktarını da tespit etmek amacıyla, sırasıyla çeşitli ayarsızlıklar oluşturularak her bir ayarsızlığın yakıt tüketimine etkisi tespit edilmiştir. Deneyde; bir ayarsızlık sonucu değerler alındıktan sonra mevcut ayarsızlık düzeltilmiş ve yeni ayarsızlık oluşturularak motor üzerinde yalnız başına her ayarsızlığın yakıt tüketimine olan etkisi irdelenmiştir. Her ayarsızlık sonucu elde edilen değerler katalog değerleri ile karşılaştırılmak üzere çizelgeler oluşturulmuştur.

Deney ön hazırlığı ve deneyler

Deneyler motor üzerinde herhangi bir konstrüktif değişiklik yapılmadan gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce motor yağı ve radyatör su seviyesi kontrol edilmiştir. Motor çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra deney verilerinin kaydedilmesine geçilmiştir. Motor rejim sıcaklığına ulaşp, kararlı hale geldikten sonra sayısal değerler alınmıştır. Motorda yakıt olarak benzin kullanılmış, 1500 d/d'dan başlayarak 500 d/d aralıklar ile arttırarak 4500 d/d'ya kadar motor devirleri değiştirilerek, tam yük altında tork ve emisyon değerleri kaydedilmiştir.

Yüksek devirlerdeki yüklemekten sonra yeni deneme yapılmadan önce motorun yükü kaldırılarak motor rölanti devrinin üzerinde boşa çalıştırılarak dinlendirilmiştir. Önce motorun katalog değerlerindeki ayarları ile ölçümler yapılmıştır. Motorun devri 1500 d/d'da sabit tutularak, motor hidrolik dinamometre vasıtasıyla yüklenmeye başlanmıştır. Motor yüklendikçe devir düştüğü için motora gaz verilerek devri 1500 d/d sabit tutularak, gaz kelebeği tamamen açık konuma gelinceye kadar bu işleme devam edilmiştir. Tam gazda, 1500 d/d'da sabit tutulacak şekilde yükleme yapılmış, bu esnada rejim düzene girdiğinde egzoz gaz analiz cihazındaki emisyon değerleri kaydedilmiş, diğer taraftan dijital teraziden 50 gramlık yakıtın ne kadar zamanda harcandığı kronometre aracılığıyla tespit edilmiştir. Daha sonra motor devri 500 d/d eşit aralıklarla artırılarak bir önceki devirde olduğu gibi yükleme, işlemleri tekrarlanmıştır. Motorun çalıştırılmasına maksimum devir ve tork sınırına ulaşınca kadar devam edilmiştir. Ölçüm sonucu elde edilen değerler ve bunlardan hareketle hesaplanan değerler çizelgeler halinde sunulmuştur.

Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıt sayısının silindir hacimlerine göre tespit edilmesi

Trafikteki benzinli taşıt sayılarının yanında ekonomik analizin gerçekleştirilebilmesi için bu taşıtlardan ne kadarının onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu olduğunun da bilinmesi gerekmektedir. Bu veriye ulaşabilmek için Tokat ili merkezinde (Tokat-Niksar kavşağı) farklı tarihlerde üç gün içerisinde trafikte

bulunan benzinli taşıtların sayılarının tespit edilmesi için istatistiksel bir yol kullanılmıştır. Gün boyu belirlenen benzinli taşıtlardan kaç tanesinin onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu olduğu ve taşıt sayıları içindeki oranları ile elde edilmiştir. Ayrıca motor silindir hacimlerinin tespiti için de aynı sayısal veriler kullanılmıştır. Tokat ili baz alınarak yapılan sayımların bir örneklem oluşturarak ülke genelindeki taşıt sayısı içinde onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu sayısı ve bunların silindir hacimlerine yönelik yaklaşımda bulunulmuştur.

Trafikte seyreden taşıt sayılarının tespiti yapılırken günlük 1000 adet taşıt sayılmıştır. Toplamda 3000 adet taşıtın istatistiği çıkarılmıştır. Bunların dağılımları Çizelge 4.3’de verilmiştir. İstatistiksel çalışmalar kapsamında 3 farklı günde sayım gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıt sayısı % 45 olarak tespit edilmiştir. Bu oranın içinde silindir hacimlerine göre dağılımları yine istatistiksel metodun uygulanması esnasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Silindir hacminin artış oranını da dikkate alınması ile yakıt sarfiyat farkları tespit edilerek, toplam yakıt tüketim maliyeti elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Eski taşıt sayılarının silindir hacimlerine göre tespit edilmesi

Ölçülen Veri	1. Gün (01/09/2009)	2.Gün (05/09/2009)	3.Gün (10/09/2009)	Toplam	Ortalama
15> Benzinli taşıt sayısı	600	650	400	1650	55 %
(>15) Benzinli taşıt sayısı	400	350	600	1350	45 %
(>15) 1.2 lt silindir hacimli taşıt sayısı	40	30	105	175	13 %
(>15) 1.4 lt silindir hacimli taşıt sayısı	150	110	215	475	35 %
(>15) 1.6 lt silindir hacimli taşıt sayısı	110	140	155	405	30 %
(>15) 1.8 lt silindir hacimli taşıt sayısı	60	40	65	165	12 %
(>15) 2.0 lt silindir hacimli taşıt sayısı	40	30	60	130	10 %

Çizelge 4.4. Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların motor hacimlerine göre toplam taşıt sayısındaki yüzdeler oranı

Motor Silindir Hacmi [lt]	Yüzdeler Oranı [%]
1.2	13
1.4	35
1.6	30
1.8	12
2.0	10

5. SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ

Modern motorların gelişen teknoloji ile kazandıkları üstünlükler sonucunda eski model taşıtlara oranla yüksek ekonomi sağlamaktadırlar. Eski model taşıtlar özellikle ateşleme ve yakıt sistemindeki yetersizlikleri nedeniyle yüksek yakıt tüketimine neden olmaktadır. Mekanik sistemlerin eski taşıtlarda oluşturdukları eksiklikler, elektronik kontrol sistemleri ile giderilerek, modern taşıt motorları üretilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen eski taşıta ait veriler modern taşıtların katalog değerlerinden elde edilen veriler ile kıyaslanmasında kullanılmıştır.

Ekonomik analizlerde kullanılan Türkiye'nin benzin tüketim miktarı ile ilgili veriler Petrol Derneği'nden (PETDER) alınmıştır. Benzinli taşıt sayıları için "Tüm Otogaz Montajcılar Derneği" (TOMDER)'nin verileri esas alınmıştır. Buna göre 1 890 000 adet benzinli taşıt bulunmaktadır. Bunların içerisinde 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıt sayısının ve bu taşıtların silindir hacimlerinin tespit edilmesinde istatistiksel bir yöntem kullanılmıştır (Bkz Bölüm 3). Yine TÜİK verilerine göre 2008 yılı itibari ile 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu benzinli taşıt sayısı % 45 düzeyindedir [29]. Bunun yanında TBMM Çevre Komisyon Başkanlığı'nca yapılan araştırmalarda 2006 yılı verilerine göre trafikte seyreden 15 yaş üstü araçların toplam araç parkı içindeki oranı % 34'dür [15]. Eski taşıtların fazla yakıt sarfiyatlarından kaynaklanan maliyetin belirlenmesi ile bütçeye getirdiği yükün tanımlanmasında kullanılmıştır.

5.1. Onbeş Yaşından Büyük Buji Ateşlemeli Motorun Deney Sonuçları

5.1.1. Onbeş katalog değerlerinde ayarlı iken motor karakteristiklerinin ve egzoz emisyonunun belirlenmesi

Deney motoru tesisat üzerine yerleştirildikten sonra motorun tüm ayarları kontrol edilmiştir. Çalışmanın başlangıcında motor katalog ayarlarında iken deneyler yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel çalışmalardan devir sayısına bağlı olarak elde edilen motor torku, gücü, özgül yakıt tüketimi, HC ve CO verileri sayısal

olarak görülmektedir (Çizelge 5.1). Bu çizelgeden yararlanarak motor gücü ve torku (Şekil 5.1), özgül yakıt tüketimi (Şekil 5.2) ve HC ve CO (Şekil 5.3) emisyonların grafikleri oluşturulmuştur.

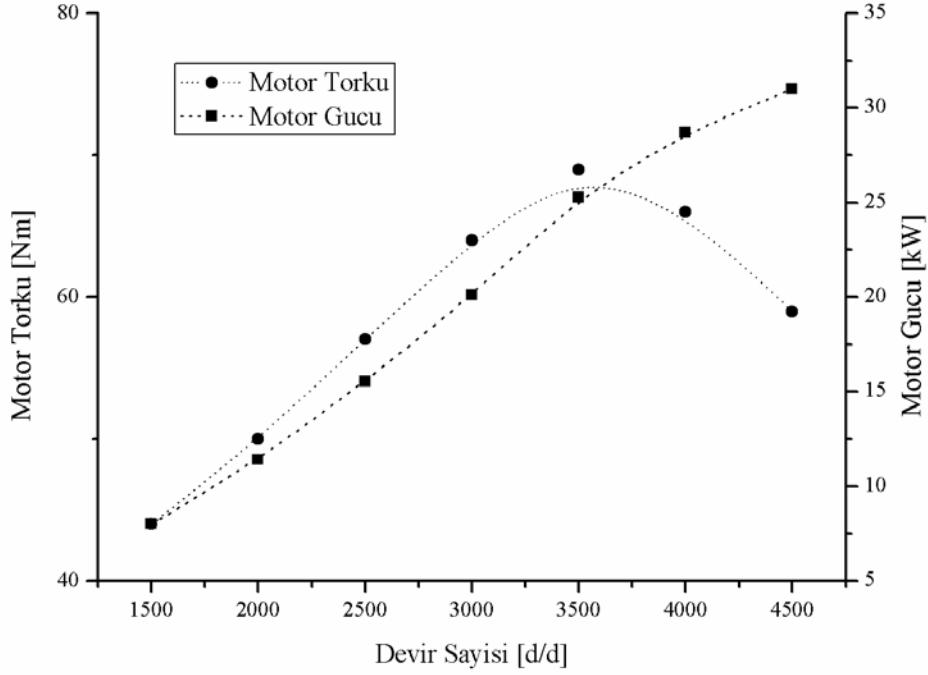
Çizelge 5.1. Motor katalog ayarlarında iken elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	44	6,91	384	5,5	125
2000	49	11,00	302	5,3	120
2500	54	14,13	278	4,9	112
3000	64	20,10	242	4,1	109
3500	69	25,28	210	3,6	102
4000	64	26,80	222	3,1	98
4500	59	31,00	224	2,2	95

Maksimum motor torku, 3 500 d/d'da olduğu gözlenmektedir. Motor gücünde ise 1 500 d/d'dan 4 500 d/d'ya kadar yapılan ölçümlerde motor devir sayısının artışı ile motor gücünün de artış gösterdiği gözlenmektedir. Çizelge 4.1'de verilen deney motorunun teknik özelliklerinde verilen 3 500 devirde maksimum tork değeri 87 Nm'dir. Deneysel çalışmalarda da 3 500 devirde maksimum 68 Nm motor torku elde edilmiştir. Diğer taraftan motor gücü teknik özelliklerde 5 600 devirde maksimum 44 kW olarak verilirken, deney motorunda çalışmalardan en yüksek 4 500 devirde gerçekleştirilmiş ve 32 kW değerine ulaştığı gözlenmiştir. Bu karşılaştırma neticesinde deney düzeneğinde kullanılan motorun yıpranmasının nedeni ile maksimum tork ve güç değerlerinin katalog değerlerinden düşük olduğu görülmüştür.

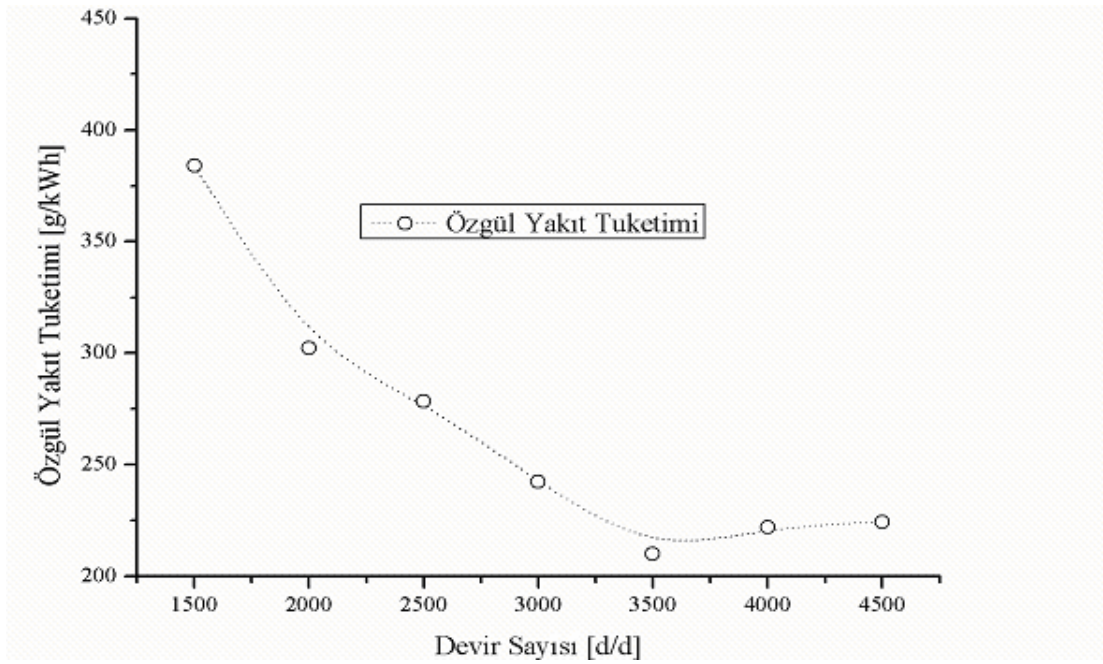
Katalog değerleri tespit edilirken motorun özellikle mekanik yönden kusursuz oluşu, ancak motor kullanıldıkça aşınması sonucunda tüm ayarları yapılsa dahi yine de yeni imal edilmiş motora göre tork ve güç değerlerinde azalma, yakıt sarfiyatında ise artış

olacağı açıktır. Deney motorunda aynı devir sayısında yapılan ölçümde motor torkunun katalog değerine göre yaklaşık % 21 daha düşük olduğu görülmektedir.



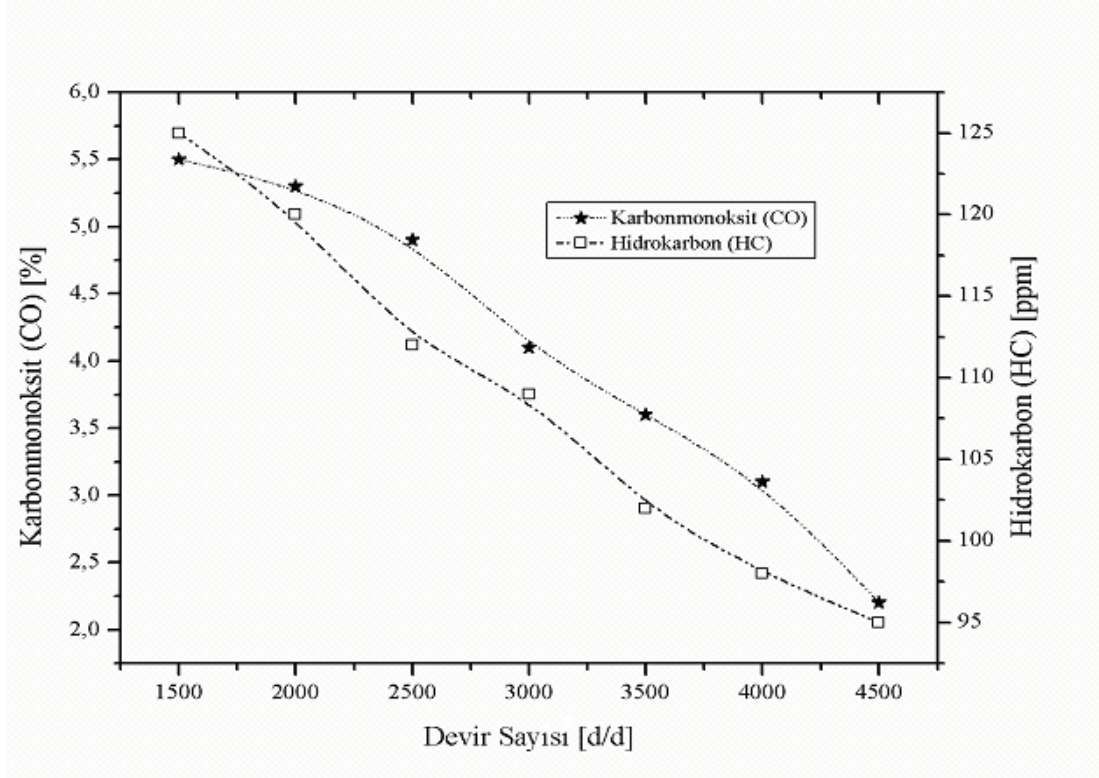
Şekil 5.1. Deney motoru katalog ayarlarında iken motor torku ve motor gücü değişimi

Motorun tüm ayarlarının katalog değerlerinde yapılmasındaki iki temel amaç; özgül yakıt tüketiminin ve emisyon değerlerinin minimum seviyeye çekilmesidir. Özgül yakıt tüketiminin motor devri 3 500 d/d'da minimum seviyeye ulaştığı (Şekil 5.2.) deney sonuçlarından alınan verilere göre 2 750 d/d ile 4 000 d/d arasında ekonomik bir bölge olduğu görülmektedir.



Şekil 5.2. Deney motoru katalog ayarlarında iken özgül yakıt tüketimi

Diğer taraftan egzoz emisyonlarının da minimum seviyeye düşürülmesi önemli çalışmalardan biridir. Deneysel çalışmalarda HC ve CO emisyonları ölçülmüş ve Şekil 5.3’de verilmiştir. Devir arttıkça HC ve CO miktarının azaldığı 4500 d/d’de minimuma ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.2. Deney motoru katalog ayarlarında iken CO ve HC emisyonları değişimi

5.1.2. Supap boşluk ayarının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi

Deneyde kullanılan ve teknik özellikleri (Bkz Çizelge 4.1) verilen supap boşluk değerleri, motor soğuk iken emme ve egzoz supaplarının her ikisi için de 0.20 mm'dir. Supap boşluk ayarlarının bozulması ile motor gücü, torku, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları üzerine nasıl etki edeceği incelenmiştir. Bu maksatla yapılan deneyde; supap boşluklarının katalog değerlerinden % 25 oranında (0,05 mm) arttırılması ve azaltılması ile motor karakteristiklerini tanımlayan değişkenlerdeki sapmalar irdelenmiştir.

Çizelge 5.2'de supap boşluk ayarlarının % 25 artışı durumunda Çizelge 5.3'de ise % 25 azaltılması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar verilmiştir.

Motor katalog değerlerinin dışına çıkıldıkça motor verilerinde meydana gelen değişiklikler çizelgelerde belirtilmiştir. Çizelge 5.2’de de görüldüğü gibi sayısal değerlerin daha anlaşılır olması maksadıyla motor çıktılarında yüzdelik değişimleri aşağıdaki eşitlik ile tüm değişiklikler için hesaplanarak çizelge halinde verilmiştir.

$$\%Degisim = \frac{(PD - KD) * 100}{KD} \quad (5.1)$$

PD: Veri değişimi ile elde edilen değer

KD: Kataloga göre ayarlanmış deney motoru değeri

Çizelge 5.2. Supap boşluk ayarlarının % 25 artışı durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	45,12	7,09	384,84	9	171
2000	54	11,30	319,17	9,2	164
2500	59	15,44	290,14	8,25	154
3000	60,82	19,10	278,01	9,5	137
3500	64	23,45	247,88	6	131
4000	66,7	27,89	223,99	4,3	123
4500	64	30,15	220,15	4,2	120

Çizelge 5.2. Supap boşluk ayarlarının % 25 artışı durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	2,5	2,5	0,2	63,6	36,8
2000	10,2	2,7	5,7	73,6	36,7
2500	9,3	9,3	4,2	68,4	37,5
3000	-5,0	-5,0	14,7	131,7	25,7
3500	-7,2	-7,2	18,0	66,7	28,4
4000	4,2	4,1	1,0	38,7	25,5
4500	8,5	-2,7	-1,9	90,9	26,3

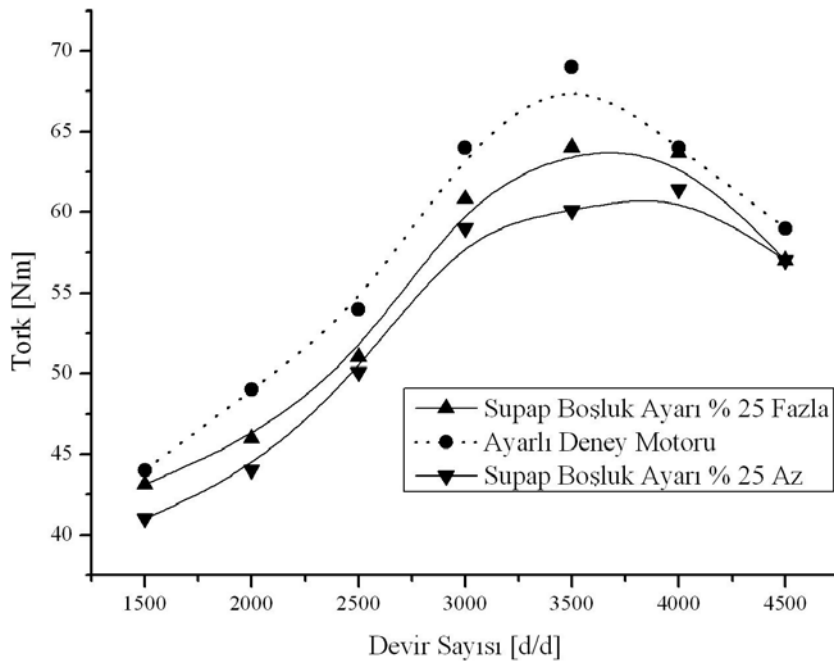
Çizelge 5.3. Supap boşluk ayarlarının % 25 azalması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	47	7,38	374,65	8,8	169
2000	51,5	10,78	334,53	9	161
2500	56,08	14,87	301,12	8	149
3000	59	18,53	286,56	9,2	135
3500	60,08	22,28	250,87	6	129
4000	64	26,80	240,60	4,2	120
4500	60,08	28,65	231,68	4,1	115

Çizelge 5.2. Supap boşluk ayarlarının % 25 azalması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	6,8	6,8	-2,5	60,0	35,2
2000	5,1	-2,0	10,7	69,8	34,2
2500	3,9	5,2	8,2	63,3	33,0
3000	-7,8	-7,8	18,2	124,4	23,9
3500	-12,9	-11,9	19,4	66,7	26,5
4000	0,0	0,0	8,4	35,5	22,4
4500	1,8	-7,6	3,3	86,4	21,1

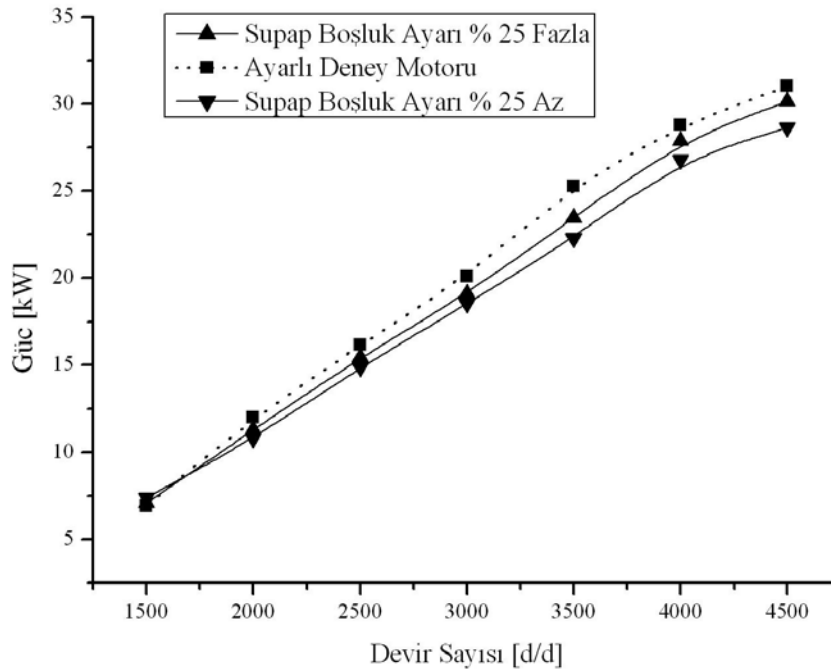
Supap boşluk ayarının değiştirilmesi ile elde edilen sayısal değerler grafiğe dönüştürülmüştür (Şekil 5.4).



Şekil 5.1. Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken motor torku değişimi

Maksimum motor torku 3 500 d/d de elde edilmiştir. Supap ayarı katalog değerlerinde iken maksimum motor torku 69 Nm, % 25 artış gerçekleştirildiğinde ise 64 Nm'ye düşmektedir. Bu durum motor torkunda maksimum % 7 azalmaya sebep olmaktadır. Supap boşluğunun % 25 azaltılması durumunda ise maksimum motor torku 60 Nm olarak tespit edilmiştir. Böylece % 13'lük bir azalma olduğu görülmektedir. Bu deney supap boşluğunun gereğinden az olmasının, motor torkunda supap boşluğunun fazla olmasına göre daha çok kayıp meydana getirdiğini göstermektedir.

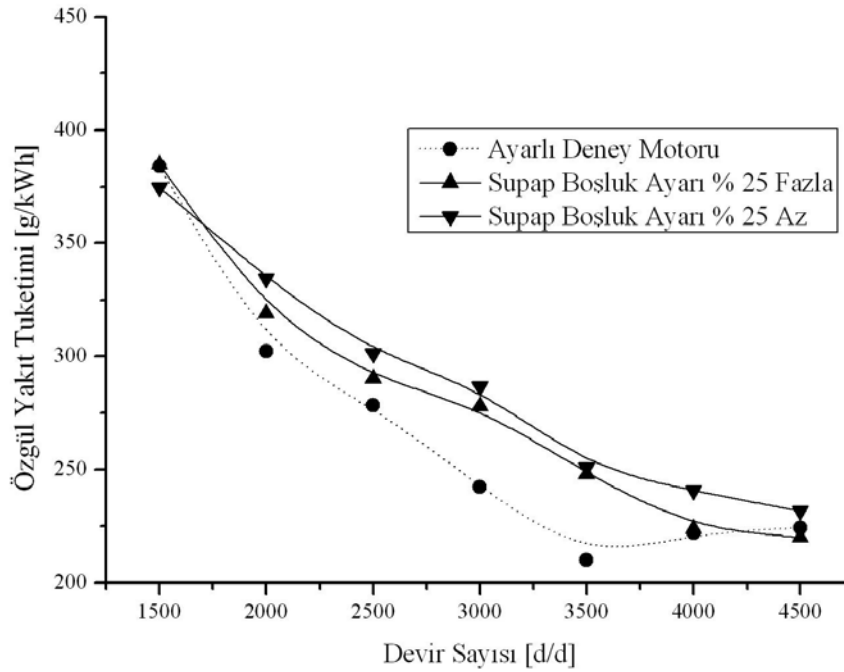
Bunun nedeni motor zamanı esnasında supapların gereğinden erken açılması ile silindir içinde bir miktar basınç kaybına sebep olmasıdır. Supap boşluğundan oluşan torkdaki azalma nedeniyle motor gücünde azalma oluşmakta (Şekil 5.5) ve özgül yakıt tüketiminde artış olduğu (Şekil 5.5) görülmektedir.



Şekil 5.2. Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken motor gücü değişimi

Deney motoru katalog değerlerinde ayarlı iken özgül yakıt tüketimi Şekil 5.6'da görülmektedir. Katalog değerlerinin dışına çıkıldıkça ister supap boşluğu artırılsın ister azaltılsın motor gücünde azalma meydana getirmektedir. Bunun bir sonucu olarak da özgül yakıt tüketimi artmaktadır.

Günümüz modern motorlarında düşük devirlerde supapların açılıp kapanma zamanları yüksek devirlerde yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple değişken supap zamanlaması düzenekleri geliştirilmiştir. Bu sistemde; motor performansının ve verimliliği belirlenmesinde, yakıt tüketiminde eksantrik önemli bir parametredir. Standart eksantrik kullanımının en büyük dezavantajı supapların açılma derecelerini ve zamanlamalarının değiştirilememeleridir. Bu noktada eksantrik düşük devir için uygun olduğu takdirde yüksek devirlerde performans düşmekte, tam verimli olarak çalışabilme aralığı ise ancak kısa bir devir aralığında mümkün olabilmektedir. Bunun tam tersi, yüksek devirlerde ki ideal supap açılımı, düşük devirlerde güç kaybına neden olmaktadır. Spor otomobillerde kullanılan yüksek dereceli eksantrikler motorun rölantide oldukça gürültülü ve sarsıntılı çalışmasına yol açarken, devir yükseldikçe normale dönmektedir. Motor devri arttıkça, emme ve egzoz zamanları azalmakta ve yanma odasına giren hava yavaşlamaktadır. Aynı durum atılan gaz için de geçerli olduğu söylenebilir. Emme supaplarının erken açılması ve egzoz supaplarının geç kapatılması, sorunun giderilmesine yardımcı olur. Diğer bir deyişle, geniş devir aralığında motorun nefes almasını en uygun hale getirmek için supapların açılmasının ve zamanlamasının değiştirilmesi gerekmektedir. Motorlarda hem düşük hem de yüksek devir aralığında daha yüksek bir verim elde edilebilmesi için birçok metot uygulanmıştır. Örneğin supapların elektrikle çalıştırılması düşünülmüş, ancak supap aksamının yüksek devirlerde 14,6 KW civarında güç çekmeleri nedeniyle güçlü bir elektrik donanımına gereksinim olacağından uygulamaya konulmamıştır. Denenen diğer alternatifler arasında hidrolik olarak çalışan değişken emme, egzoz sistemi en umut vereni olmuştur. Değişken sistemler mekanizmaları nasıl olursa olsun bir dereceye kadar rahatlama getirerek, sabit eksantrik kullanımında ortaya çıkan problemleri azaltmakta, rölantide sağladıkları düzgün çalışma durumunu yüksek devirlerde de sürdürmektedirler [30].

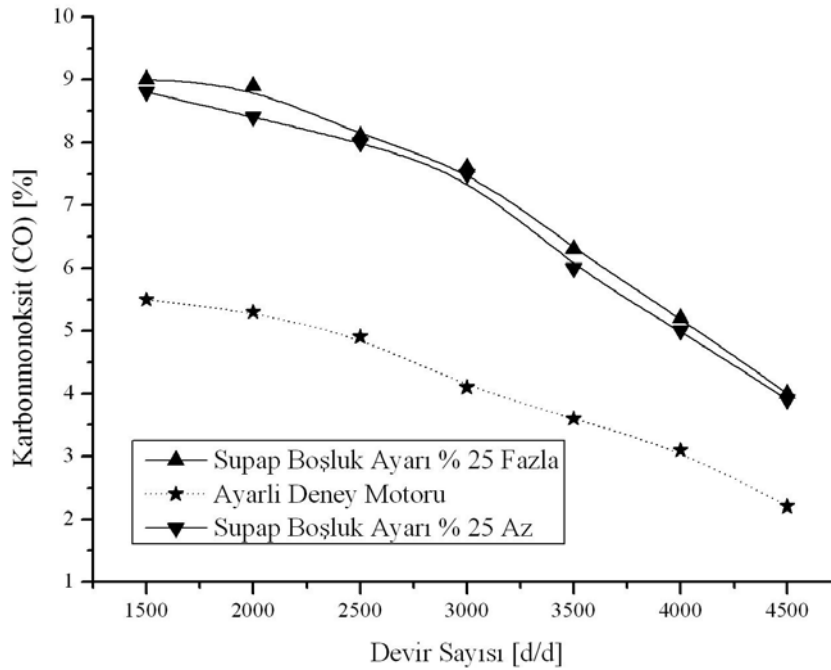


Şekil 5.3. Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken özgül yakıt tüketimi değişimi

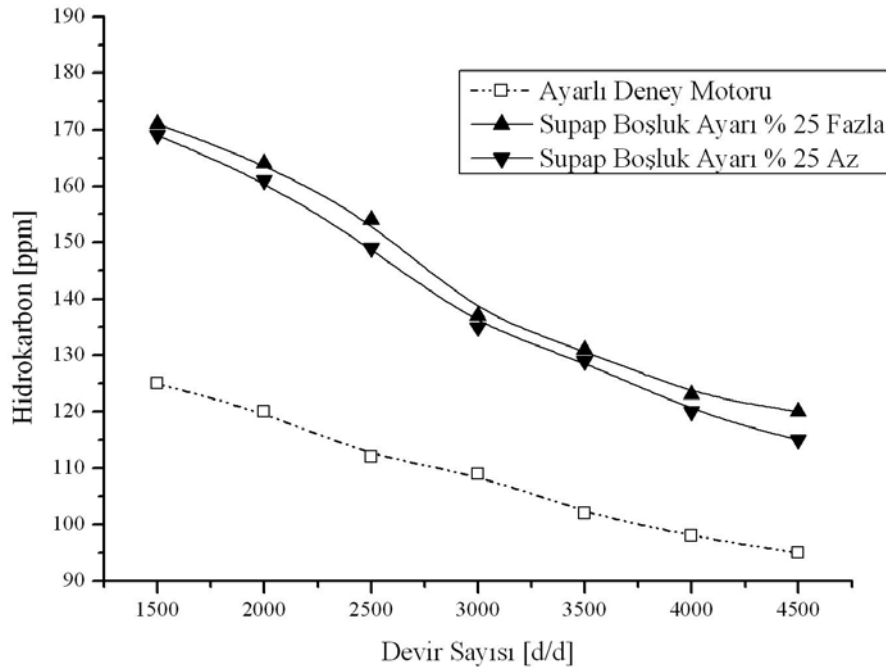
Supap ayarlarının motor imalatçısının verdiği değerlerin dışına çıktıkça egzoz emisyon değerlerinde de artış göstermektedir. Şekil 5.7’de supap boşluğunun değişimine göre CO değerleri, Şekil 5.8’de ise HC değerlerindeki değişimler grafiksel olarak görülmektedir. Buna göre hem CO hem de HC emisyonlarında artış olduğu görülmektedir. Silindir içerisinde yanma işleminin tam gerçekleşmemesi bu iki emisyonun artmasına neden olmaktadır. Bunun yanında emme supabının geç açılması emme zamanının ve supap bindirme süresinin azalmasına, sonuçta yanma odasına taze hava/yakıt karışımının girişi için yeterli zaman kalmamasına neden olur. Ayrıca emme supabının açılması ile supap bindirmesi esnasında silindirlerden atılması istenen yanmış gazların süpürülmesine yardımcı olan etkisi de ortadan kalkmaktadır. Bu durum silindirlerdeki artık gaz etkisinin artmasına neden olmaktadır. Emme supabının erken açılması ise supap bindirmesi süresinin olması gerekenden daha uzun süre almasına sebep olmasının yanında silindiri terk etmeye çalışan egzoz gazlarının bir kısmının da emme hattına yönelmesinden dolayı taze hava/yakıt girişine direnç gösterecek etki yapmaktadır. Her iki durumda da taze

dolgu miktarının azalmasına, artık gaz etkisinin artmasına, supapların üzerindeki ısıyı atamamasına ve motorun volümetrik veriminin azalmasına sebep olacak etkiler ortaya çıkmaktadır [31].

Egzoz supabının geç açılması ise egzoz zamanında silindirlerden atılması gereken yanmış gazların dışarıya atılması için yeterli süre bulamamaktadır. Egzoz supabının çok erken açılması ise piston henüz alt ölü noktaya (AÖN) ulaşmadan yani silindir içindeki basınç düşmeden supap açılacağından bir miktar basınç kaybına neden olmaktadır. Bu da motor torkunu olumsuz etkilemektedir. Bu durum silindirlerde artık gaz miktarının artışına da sebep olmaktadır. Supap boşluk ayarı olması gerekenden farklı değerlerde ise yanma işlemine olumsuz etkileri egzoz emisyonlarının artışından da anlaşılmaktadır. Günümüz modern motorlarında supap boşluk ayarlarının sistem içerisinde kendiliğinden otomatik olarak yapılması CO ve HC emisyonlarının azaltılmasında önemli bir paya sahiptir. Bunun yanında değişken supap zamanlama sistemleri ile motorun ihtiyacına göre hem performans hem de emisyon beklentilerini daha iyi karşılayan donanımlar geliştirilmiştir [30].



Şekil 5.4. Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken CO değişimi



Şekil 5.5. Supap boşluk ayarı katalog değerinden % 25 fazla ve az iken HC değişimi

5.1.3 Buji tırnak aralığı değişiminin motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi

Deney çalışmasına konu olan motorun katalogunda belirtilen buji tırnak aralığı 0,55 mm'dir. Bu aralığın değişiminin motor çıktı değerlerini nasıl etkileyeceğinin araştırılması için buji tırnak aralığı katalog değerlerinden % 20 oranında arttırılmış ve azaltılmıştır. Elde edilen deney sonuçları incelenerek yorumlanmıştır.

Benzinli bir motorda buji, ateşleme sisteminin en önemli parçalarından biridir. Silindir içerisindeki taze karışımın ateşlenmesi için bujinin görevini eksiksiz yerine getirmesi gerekmektedir. Buji tırnak aralığı yeterli kıvılcımın oluşturulabileceği kadar boşluklu olmalıdır. Söz konusu aralık değeri olması gerekenden fazla ise gerilim bu mesafeyi atlamakta zorlanacaktır. Bu durum karışımın düzenli olarak ateşlenememesi ve motorun teklemesi anlamına gelmektedir. Sonuç olarak motorun güç ve tork değerlerinde azalmalara neden olacaktır. Benzer şekilde bu değer düşük olması halinde ise iki elektrot arasında atlayan gerilim, yeterli enerjiyi deşarj

edemediğinden silindir içinde ilk alev çekirdeğinin küçük olmasına sebep olacaktır. Küresel boyuttaki alev çekirdeğinin büyümesi hacimsel olarak silindir içindeki yakıtın tam yanması için yeterli süre olmadığından yanma tamamlanmadan egzoz supabı açılacağından egzozdan yanmamış gaz atılmasına neden olacaktır. Bu durumda motor performansında azalma meydana gelmektedir. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da sırası ile motor torku ve motor gücündeki azalma görülmektedir. Diğer taraftan Şekil 5.12 de CO ve Şekil 5.13 HC emisyonlarında artış görülmektedir.

Çizelge 5.6'da buji tırnak aralığının % 20 azaltılması durumunda elde edilen sonuçlar sayısal olarak verilmiştir. Çizelge 5.7'de ise bu değerlerin yüzdelik değişimleri görülmektedir. Buji tırnak aralığının % 20 arttırılması ile yapılan deneylerden alınan veriler Çizelge 5.8'de, bu verilerin yüzdelik değişimi ise Çizelge 5.9'da görülmektedir.

Çizelge 5.3. Buji tırnak aralığının % 20 azaltılması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	47	6,38	395,57	8	155
2000	53	11,09	345,89	8,5	149
2500	58,86	15,41	297,51	8,1	141
3000	60,82	19,10	278,01	8,15	122
3500	63,7	23,36	239,27	5	112
4000	66,7	27,94	227,59	4,7	104
4500	64,74	28,50	229,62	4,5	100

Çizelge 5.4. Buji tırnak aralığının % 20 azaltılması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	6,8	-7,7	3,0	45,5	24,0
2000	8,2	0,8	14,5	60,4	24,2
2500	9,0	9,1	6,9	65,3	25,9
3000	-5,0	-5,0	14,7	98,8	11,9
3500	-7,7	-7,6	13,9	38,9	9,8
4000	4,2	4,3	2,6	51,6	6,1
4500	9,7	-8,1	2,4	104,5	5,3

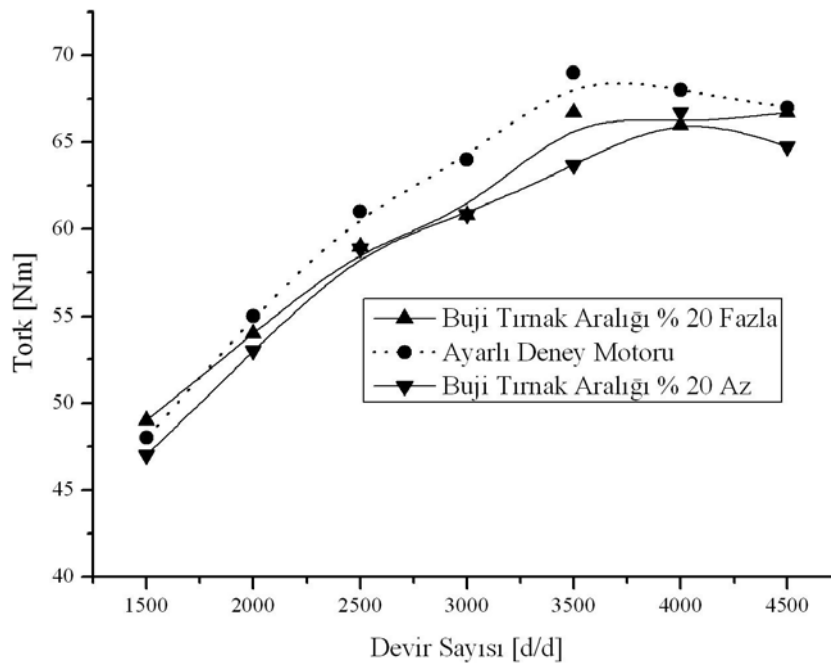
Çizelge 5.5. Buji tırnak aralığının % 20 artırılması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	49	6,69	381	7,3	143
2000	54	10,30	334	7,4	139
2500	59	14,44	288	7,1	135
3000	60,8	18,10	271	6,5	115
3500	66,7	23,44	229	4,5	106
4000	69	27,90	226	3,4	101
4500	66,7	29,43	231	2,9	98

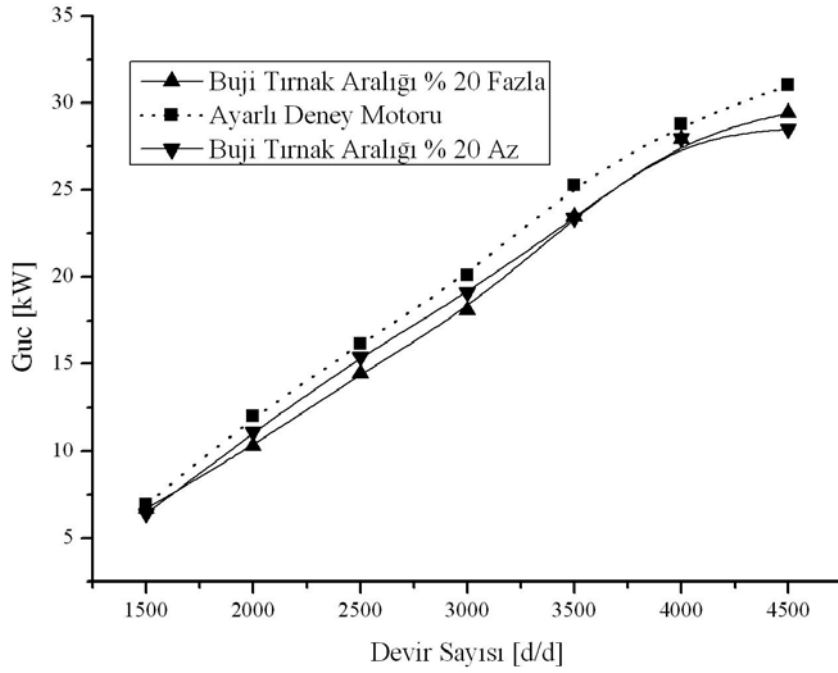
Çizelge 5.6. Buji tırnak aralığının % 20 arttırılması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	11,4	-3,2	-0,8	32,7	14,4
2000	10,2	-6,4	10,4	39,6	15,8
2500	9,3	2,2	3,5	44,9	20,5
3000	-5,0	-10,0	11,9	58,5	5,5
3500	-3,3	-7,3	8,9	25,0	3,9
4000	7,8	4,1	1,9	9,7	3,1
4500	13,1	-5,1	3,1	31,8	3,2

Şekil 5.9’da buji tırnak aralığının % 20 arttırılması ve azaltılmasında motor torkunda en fazla % 9 azalma meydana geldiği görülmektedir. Benzer olarak Şekil 5.10’da motor gücünde maksimum % 9,1 azalma olduğu görülmektedir.



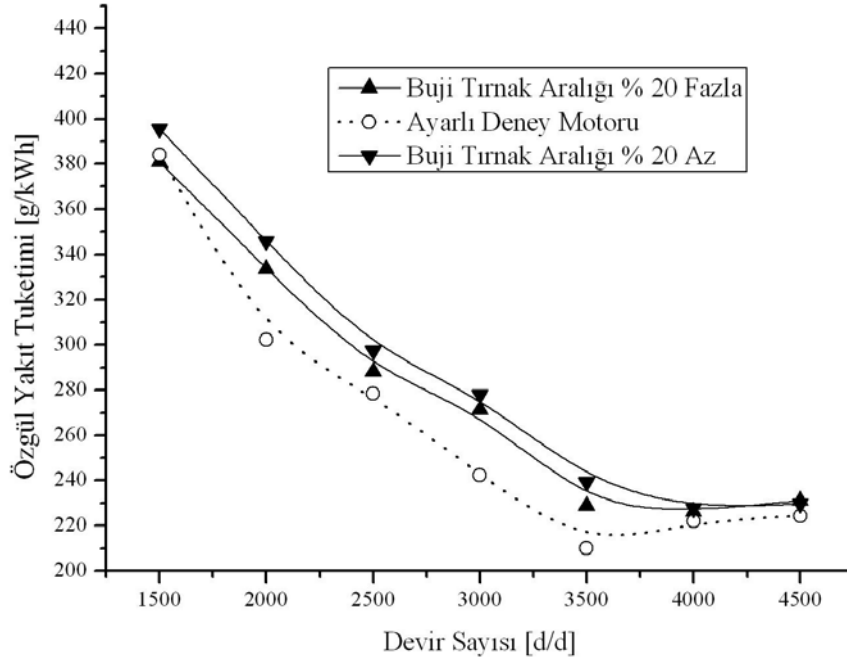
Şekil 5.6. Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken motor torku değişimi



Şekil 5.7. Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken motor gücü değişimi

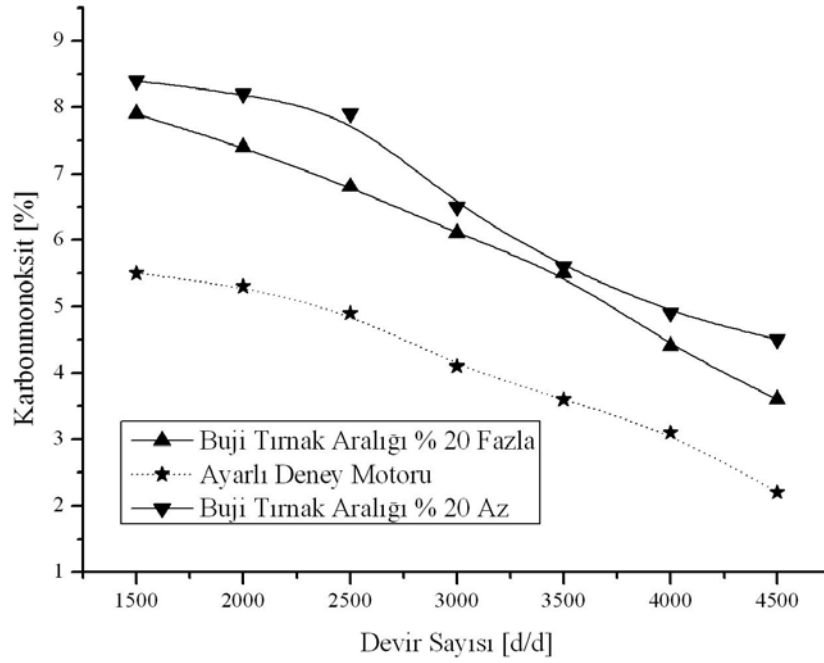
Buji tırnak aralığında katalog değerinin dışına çıkıldıkça özgül yakıt tüketiminin arttığı Şekil 5.11’de görülmektedir. Özgül yakıt tüketiminde de Şekil 5.11 deki gibi en fazla % 14,7 artış olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise tırnak aralığı fazla olduğunda bujinin elektrotları arasında meydana gelen kıvılcımın, atlaması gereken mesafe fazla olduğundan dolayı güçleşmesi söz konusudur. Kıvılcım yine de atlama yapmaktadır. Ancak kıvılcım karışımın düzenli ateşlenebilmesinde zayıf kalacaktır. Sonuçta yanma odası içerisindeki karışımın etkin bir şekilde yanamamasına sebep olacaktır. Tırnak aralığının az olması durumunda ise elektrotlar arasında atlaması gereken mesafe çok az olduğundan karışımın etkili bir şekilde ateşlenebilmesi için yeterli kıvılcım oluşmayacaktır. Böylece her çevrim başına silindir içerisine alınan yakıttan daha fazla güç elde edilebileceği halde bu güç azalmaktadır. Sonuçta yakıt tüketiminin artışına sebep olacaktır. Özellikle motor devri yükseldikçe zaten ateşleme zamanı da oldukça kısalmaktadır. Bunun yanında buji tırnak aralığının da uygun olmayışı bu kısa zamanda karışımın istenildiği gibi yakılıp güç elde edilmesi

de zorlaştırdığından Şekil 5.11’de de görüldüğü gibi yakıt tüketiminde artış meydana gelmektedir.

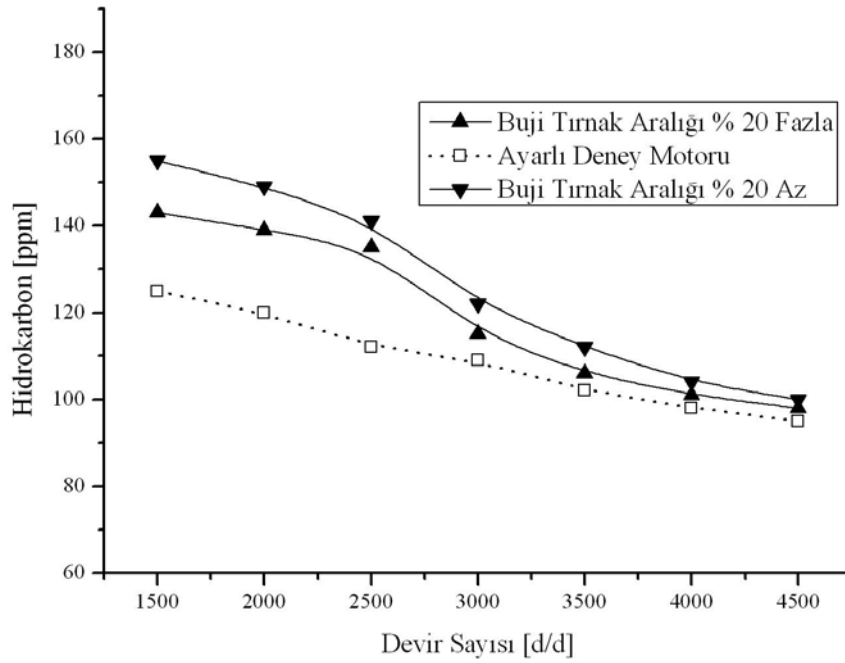


Şekil 5.8. Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken özgül yakıt tüketimi değişimi

Buji tırnak aralığının ayarsız oluşu motorun ateşleme sisteminde aksaklıklara neden olacağından, motor torku ve gücünün düşmesinin yanında egzoz emisyonlarında ciddi miktarda artışlar meydana getireceği açıktır. Şekil 5.12’de CO miktarında artış görülmektedir. Katalog değerlerinde ayarlı deney motorundan maksimum 125 ppm olan HC değeri, Şekil 5.13’de görüldüğü gibi buji tırnak aralığının uygun olmadığı durumlarda maksimum 155 ppm değerine kadar ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.9. Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken CO değişimi



Şekil 5.10. Buji tırnak aralığı katalog değerinden % 20 fazla ve az iken HC değişimi

5.1.4. Hava filtresi tıkanıklığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi

Hava filtresinin kısmen tıkanması, motorun ihtiyaç duyduğu kadar havanın silindir içine alınamaması demektir. Özellikle yüksek devirlerde silindir içerisine taze dolgunun alınması için ayrılan süre kısalmaktadır. Bu sebeple hava girişinin yetersizliği söz konusu iken filtrenin tıkanıklığı nedeniyle de yanma eylemine katılacak olan oksijen eksikliği ortaya çıkacaktır. Bunun tespit edilmesi için deney motoru üzerinde hava filtresinin tıkanması ile motor performans ve emisyonlar üzerine nasıl etkiler yaptığı irdelenmiştir.

Elde edilen deneysel veriler Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de verilmiştir. Şekil 5.14’de hava filtresinin kısmen tıkalı olmasının maksimum motor torkunu 69 Nm’den 62 Nm’ye kadar düşmesine sebep olduğu görülmektedir.

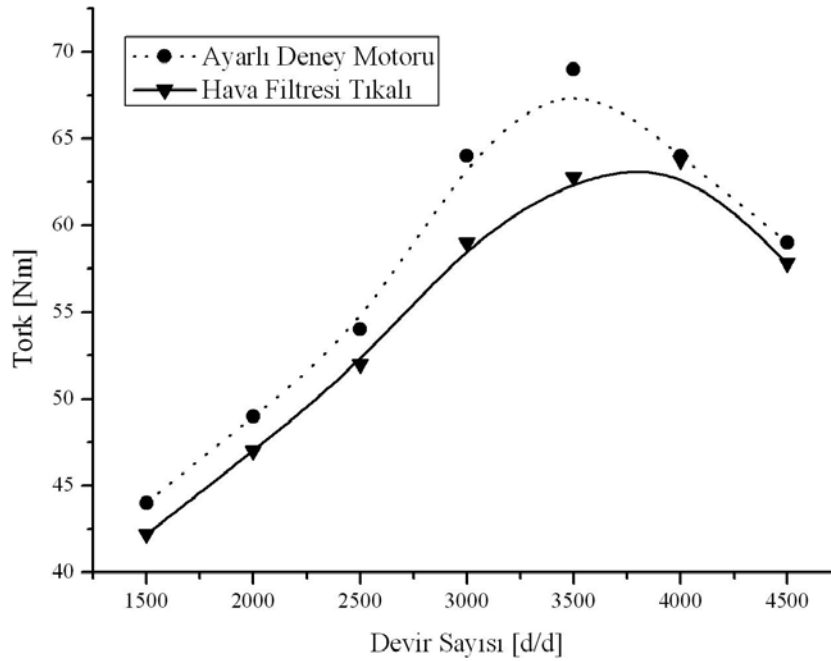
Çizelge 5.7. Hava filtresinin kısmen tıkanıklığı durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1 500	42,18	6,62	392,19	8,2	192
2 000	51	10,67	338,77	8,4	184
2 500	57	14,92	284,36	6,6	152
3 000	59	18,53	272,92	7,2	141
3 500	62,78	23,00	230,87	4,6	136
4 000	63,76	26,70	230,58	3,2	123
4 500	57,82	28,66	231,59	3	112

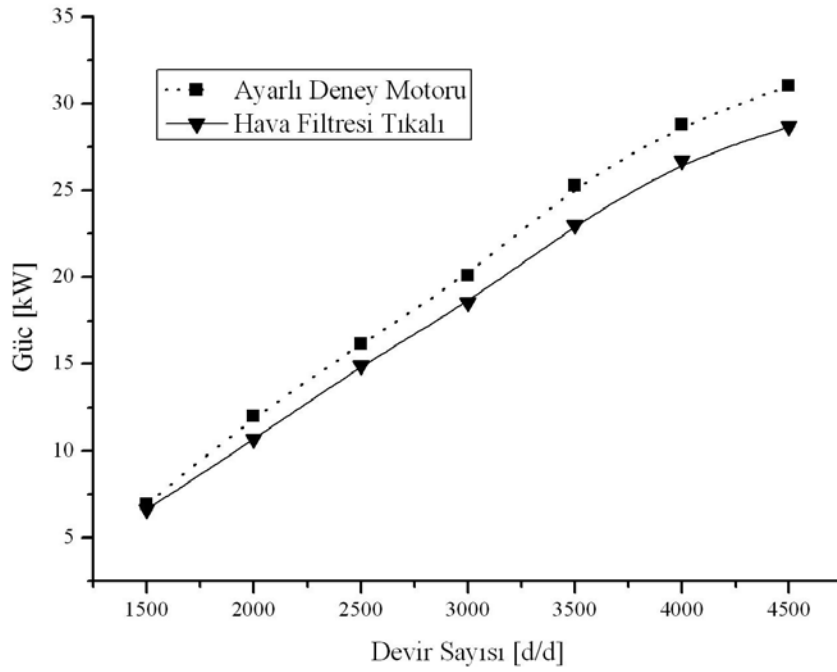
Çizelge 5.8. Hava filtresinin kısmen tıkanıklığı durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1 500	-4,1	-4,2	2,1	49,1	53,6
2 000	4,1	-3,0	12,1	58,5	53,3
2 500	5,6	5,6	2,2	34,7	35,7
3 000	-7,8	-7,8	12,6	75,6	29,4
3 500	-9,0	-9,0	9,9	27,8	33,3
4 000	-0,4	-0,4	3,9	3,2	25,5
4 500	-2,0	-7,5	3,2	36,4	17,9

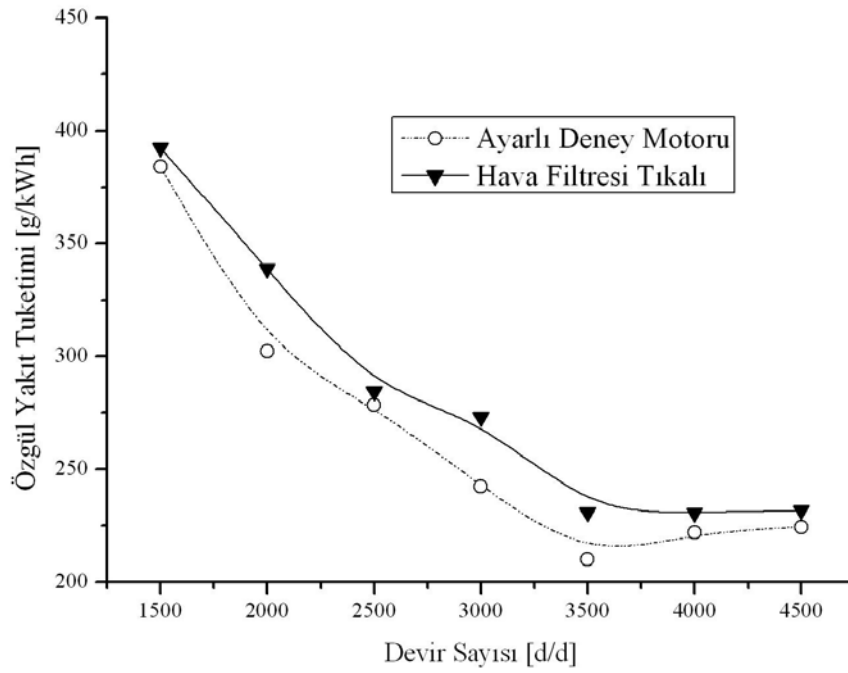
Hava filtresinin tıkanması ile motor torkuna ve gücüne olumsuz etkileri sırasıyla Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de görülmektedir. Hava filtresinde meydana gelebilecek tıkanmaların özgül yakıt tüketimine de olumsuz etki edeceği açıktır. Bu beklenti Şekil 5.16’da verilen grafikteki eğrilerde açıkça görülmektedir.



Şekil 5.11. Hava filtresinin tıkanmasının motor torkuna etkisi



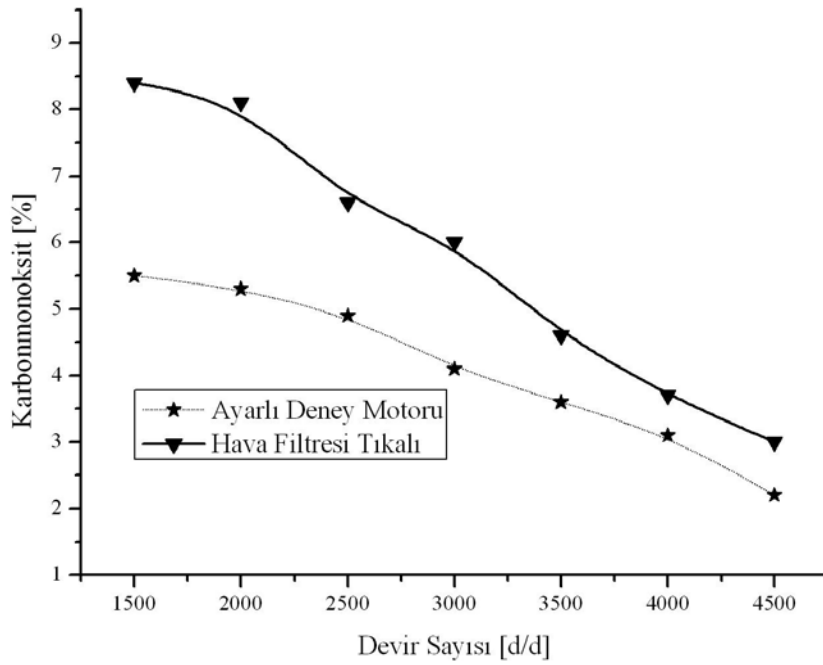
Şekil 5.12. Hava filtresinin kısmen tıkanmasının motor gücüne etkisi



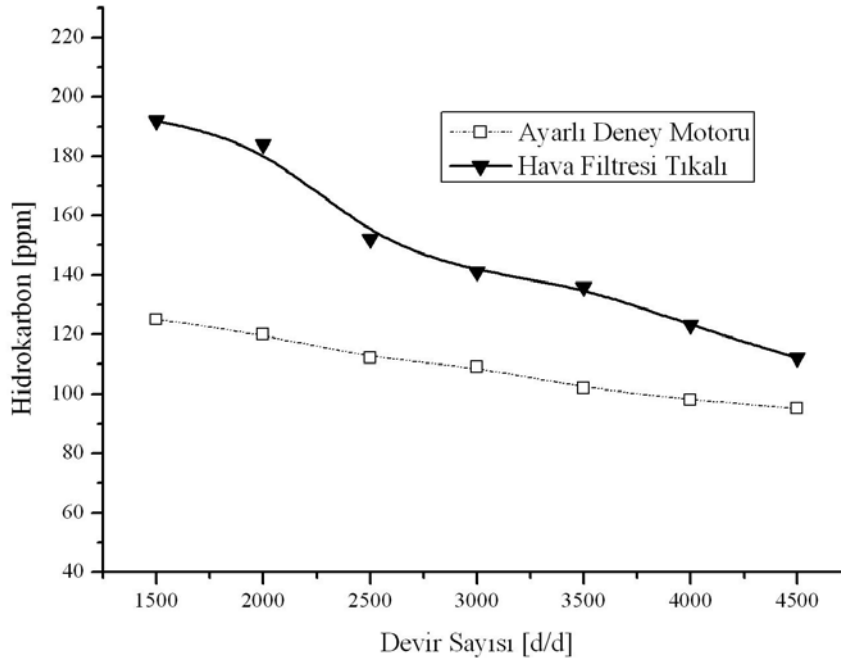
Şekil 5.13. Hava filtresinin kısmen tıkanmasının özgül yakıt tüketimine etkisi

Yanma işlemi esnasında yakıcı madde olarak belirli oranda silindir içerisine alınması gereken oksijen, yeteri kadar alınamadığında hava/yakıt oranının bozulacağı, bunun

sonucunda da zengin karışımın oluşacağı açıktır. Böylece yanma olayında yeterince oksijen bulamayan yakıt, tamamen yanmadan silindiri terk edecektir. Bu durum CO ve HC emisyonunu artıracaktır. Özellikle HC'lerden oluşan yakıt, yanma eylemine iştirak etmeden egzozdan atıldığı için HC emisyonlarında ciddi bir artış söz konusu olacaktır. Bunun yanında yanmaya katılamayan HC'ların silindir içerisinde oluşturacağı enerjide eksik olduğundan tork ve güçte azalma olacaktır (Bkz. Şekil 5.14 ve Şekil 5.15). Bu emisyonların değişimi Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de görülmektedir.



Şekil 5.14. Hava filtresinin kısmen tıkanmasının CO emisyonu üzerine etkisi



Şekil 5.15. Hava filtresinin kısmen tıkanmasının HC emisyonu üzerine etkisi

5.1.5. Avans ayarsızlığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi

Silindir içerisine alınan hava-yakıt karışımından maksimum faydalanabilmek için motorda tutuşma sonucu silindir içerisindeki maksimum basıncın piston üst ölü noktayı (ÜÖN) $3-7^\circ$ geçte oluşması istenmektedir. Böylece piston üzerinde oluşan maksimum basıncın artması ile biyel koluna etki eden kuvvet artacaktır. Bu ise motor torkunu ve gücünü arttıracaktır. Öte yandan ateşleme avansının gereğinden fazla olması piston üzerine negatif yönde (hareket yönüne ters) etki eden basınç oluşumuna ve negatif iş oluşmasına neden olacaktır.

Çizelge 5.12’de avans açısı % 60 fazla (5°) olması durumunda elde edilen veriler görülmektedir. Çizelge 5.13’de ise bu değerlerin yüzdelik değişimleri verilmiştir. Çizelge 5.14’de ise % 60 azaltılması (5°) durumunda elde edilen deneysel sonuçlar Çizelge 5.15’de ise yüzdelik değişimleri görülmektedir. Avansın az olması iş zamanında pistonun hareketi yönünde etki eden ortalama efektif basıncın düşmesine,

sonuçta motor torku (Şekil 5.19) ve gücünün düşmesine (Şekil 5.20), özgül yakıt tüketiminin artmasına (Şekil 5.21) neden olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.8. Avans açısı % 60 fazla olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	49	7,69	394,12	6,9	150
2000	54	11,30	335,12	7,5	144
2500	58	15,41	282,61	6,7	137
3000	63	20,00	257,24	5,5	129
3500	68,6	25,00	228,33	4,9	120
4000	63	26,70	233,64	3,3	117
4500	58	27,73	238,95	3,1	108

Çizelge 5.9. Avans açısının % 60 fazla olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	11,4	11,3	2,6	25,5	20,0
2000	10,2	2,7	10,9	41,5	20,0
2500	7,4	9,1	1,5	36,7	22,3
3000	-1,6	-0,5	6,1	34,1	18,3
3500	-0,6	-1,1	8,7	36,1	17,6
4000	-1,6	-0,4	5,3	6,5	19,4
4500	-1,7	-10,5	6,5	40,9	13,7

Çizelge 5.10. Avans açısının % 60 az olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

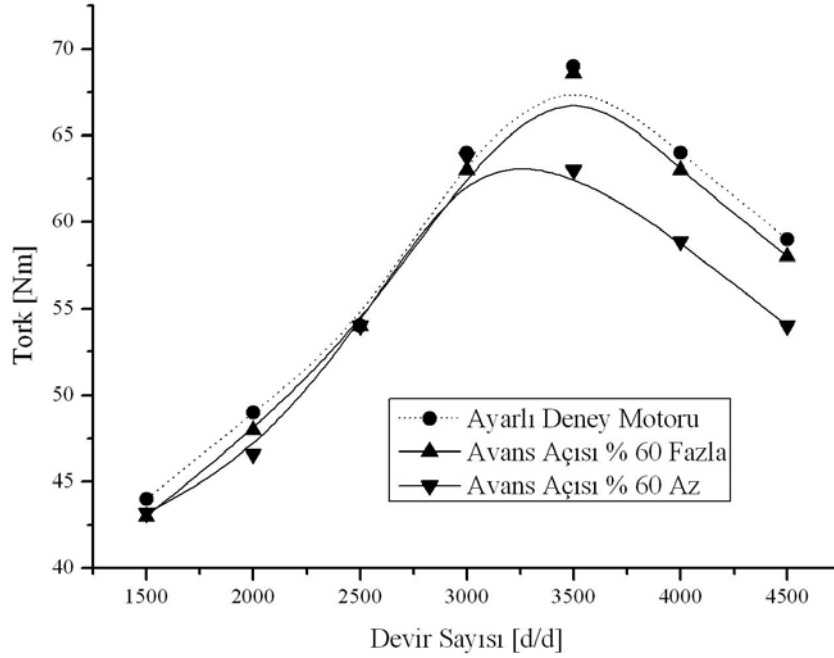
Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	43,16	6,77	387,63	6,6	145
2000	46,59	9,75	335,71	7	139
2500	54	14,13	293,23	6	126
3000	63,76	20,00	279,07	5,3	120
3500	63	23,00	239,54	3,8	113
4000	58,86	24,60	239,84	3,25	110
4500	54	25,40	246,03	2,8	104

Çizelge 5.11. Avans açısının % 60 az olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

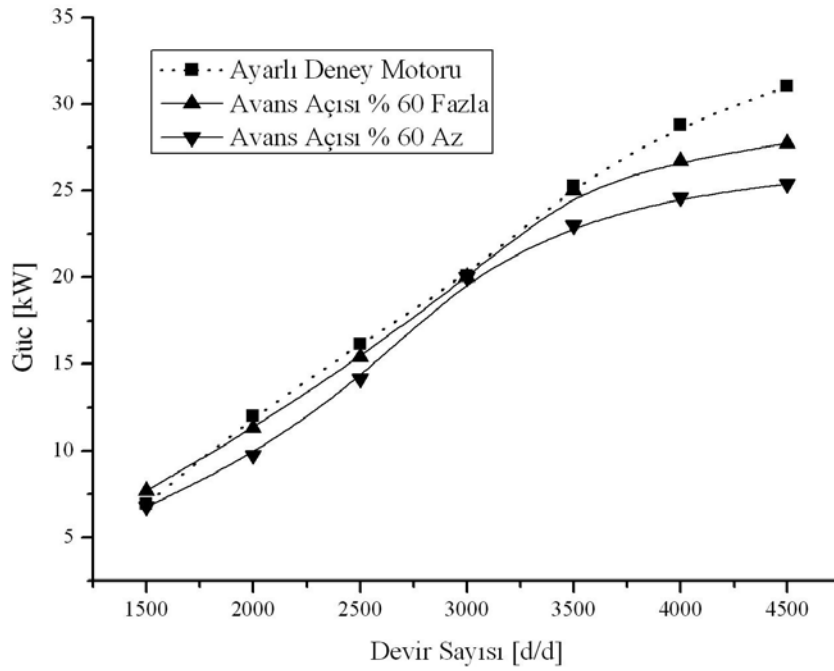
Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	-1,9	-2,0	0,9	20,0	16,0
2000	-4,9	-11,4	11,1	32,1	15,8
2500	0,0	0,0	5,3	22,4	12,5
3000	-0,4	-0,5	15,1	29,3	10,1
3500	-8,7	-9,0	14,0	5,6	10,8
4000	-8,0	-8,2	8,1	4,8	12,2
4500	-8,5	-18,1	9,7	27,3	9,5

HC emisyonunda 3500 d/d'ya kadar bir artış söz konusu iken bu devirden sonra önemli oranda azalma olduğu Şekil 5.22'de görülmektedir. CO değerlerinde ise 3500

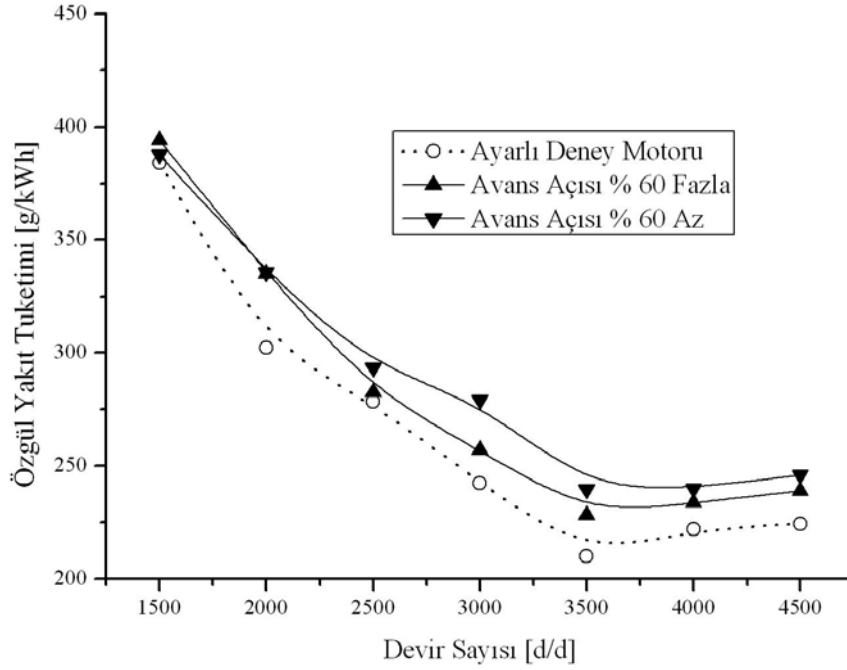
devir civarına kadar düşük olmasına karşın bu devirden sonra bir artış meydana geldiği gözlenmektedir.



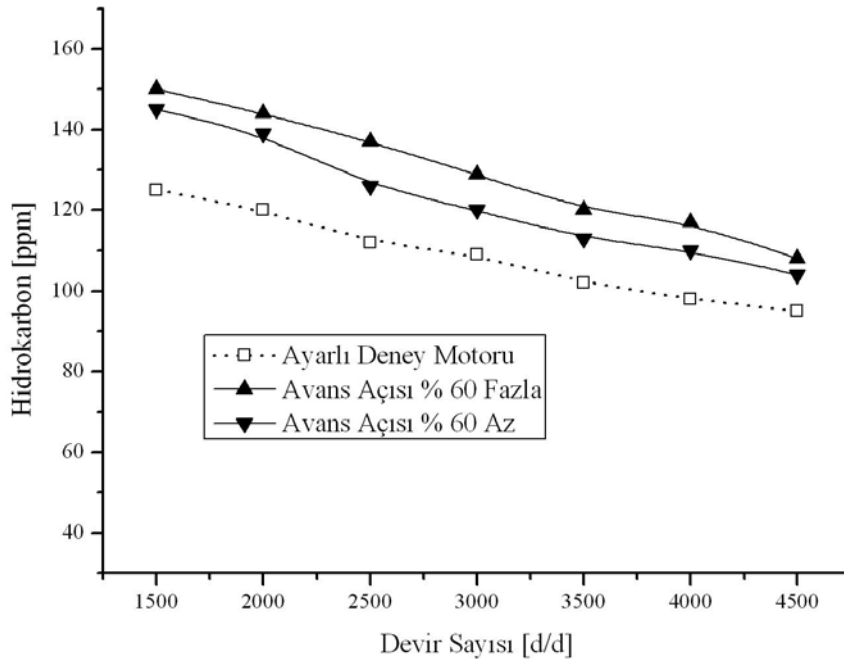
Şekil 5.16. Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve arttırılmasının motor torku üzerine etkisi



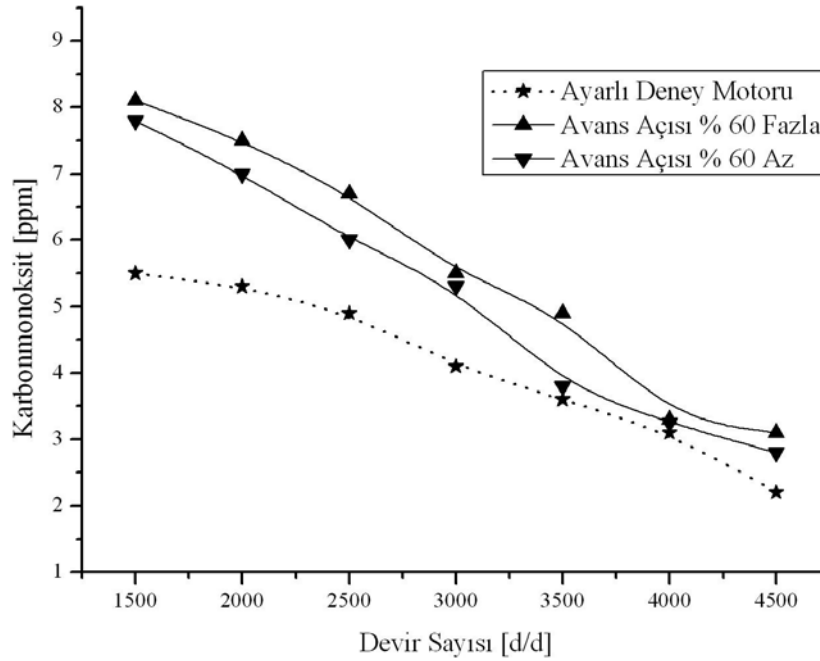
Şekil 5.17. Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve arttırılmasının motor gücü üzerine etkisi



Şekil 5.18. Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve arttırılmasının özgül yakıt tüketimi üzerine etkisi



Şekil 5.19. Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve arttırılmasının HC emisyonu üzerine etkisi



Şekil 5.20. Avans açısının % 60 oranında azaltılması ve artırılmasının CO emisyonu üzerine etkisi

5.1.6. Platin ayarsızlığının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisi

Ateşleme sisteminde platin aralık ayarının ateşleme üzerinde önemli etkileri vardır. Meme yapmış, eksenden kaçık, platin aralığı 0,45 mm iken ölçülen veriler Çizelge 5.16’da yüzdelik değişimleri Çizelge 5.17’de verilmektedir. Kontakları eğri basan, platin aralığı 0,45 mm iken elde edilen veriler Çizelge 5.18’de yüzdelik değişimleri Çizelge 5.19 da görülmektedir. Platin aralığının azaltılması ile elde edilen değerler ise Çizelge 5.20 ve bunların yüzdelik değişimi Çizelge 5.21’de görülmektedir.

Çizelge 5.12. Meme yapmış ve eksenden kaçık, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	46,59	7,31	380,55	8,1	152
2000	57,38	12,01	325,09	8	145
2500	54	14,13	315,65	8,1	140
3000	63,76	20,00	271,40	6,9	137
3500	66,21	24,26	230,10	5	139
4000	59	24,71	244,85	4,5	123
4500	57	26,86	247,21	3,2	112

Çizelge 5.13. Meme yapmış ve eksenden kaçık, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	5,9	5,8	-0,9	47,3	21,6
2000	17,1	9,2	7,6	50,9	20,8
2500	0,0	0,0	13,4	65,3	25,0
3000	-0,4	-0,5	12,0	68,3	25,7
3500	-4,0	-4,0	9,6	38,9	36,3
4000	-7,8	-7,8	10,4	45,2	25,5
4500	-3,4	-13,4	10,2	45,5	17,9

Çizelge 5.14. Eğri basan, platin aralığının 0,45 mm olması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	39,24	6,16	386,45	7,7	140
2000	46,1	9,65	372,88	8	134
2500	49	12,82	355,77	7	129
3000	59	18,53	286,15	5,5	125
3500	64	23,45	240,72	4	119
4000	59	24,75	253,70	3,2	116
4500	54	25,44	260,78	3,1	110

Çizelge 5.19. Eğri basan platin aralığının 0,45 mm olması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	-10,8	-10,9	0,6	40,0	12,0
2000	-5,9	-12,3	23,4	50,9	11,7
2500	-9,3	-9,3	27,8	42,9	15,2
3000	-7,8	-7,8	18,1	34,1	14,7
3500	-7,2	-7,2	14,6	11,1	16,7
4000	-7,8	-7,6	14,3	3,2	18,4
4500	-8,5	-17,9	16,3	40,9	15,8

Çizelge 5.15. Platin aralığının % 11 azalması durumunda elde edilen deneysel sonuçlar

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku [Nm]	Motor Gücü [kW]	Özgül Yakıt Tüketimi [g/kWh]	Karbonmonoksit [%]	Hidrokarbon [ppm]
1500	39,3	6,17	393,53	8	153
2000	46,15	9,66	347,51	6,8	143
2500	56,89	14,81	278,48	6,6	140
3000	58,86	18,49	286,74	5,1	134
3500	66,21	24,26	224,20	3,5	127
4000	64,54	27,00	231,28	3,2	115
4500	60,82	28,66	231,87	3	124

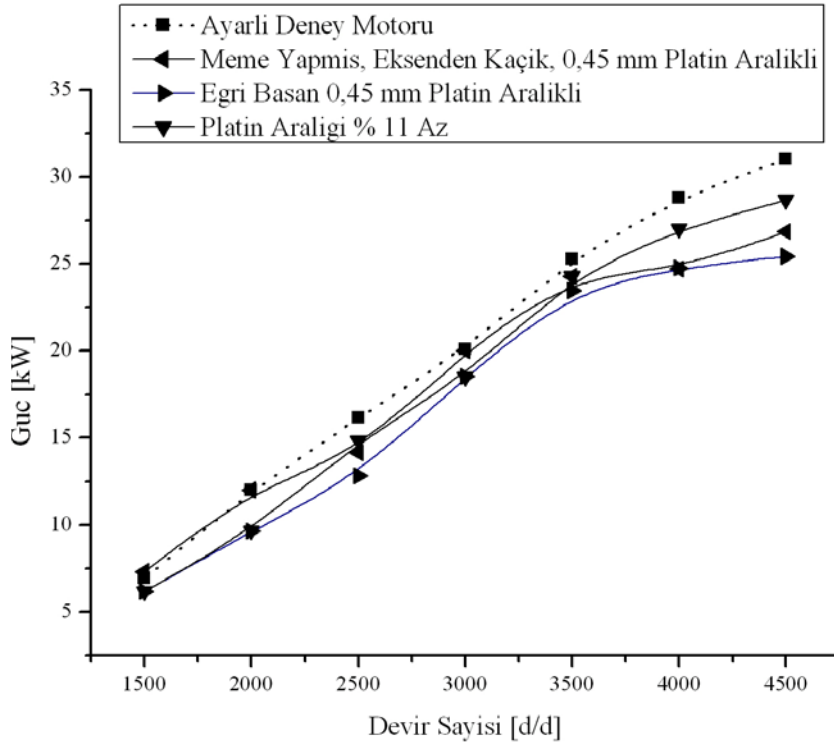
Çizelge 5.16. Platin aralığının % 11 azalması durumunda verilerin katalog değerlerine göre değişim yüzdeleri

Devir Sayısı [d/d]	Motor Torku Değişimi [%]	Motor Gücü Değişimi [%]	Özgül Yakıt Tüketimi Değişimi [%]	Karbonmonoksit Değişimi [%]	Hidrokarbon Değişimi [%]
1500	-10,7	-10,7	2,4	45,5	22,4
2000	-5,8	-12,2	15,0	28,3	19,2
2500	5,4	4,8	0,0	34,7	25,0
3000	-8,0	-8,0	18,3	24,4	22,9
3500	-4,0	-4,0	6,7	-2,8	24,5
4000	0,8	0,7	4,2	3,2	17,3
4500	3,1	-7,5	3,4	36,4	30,5

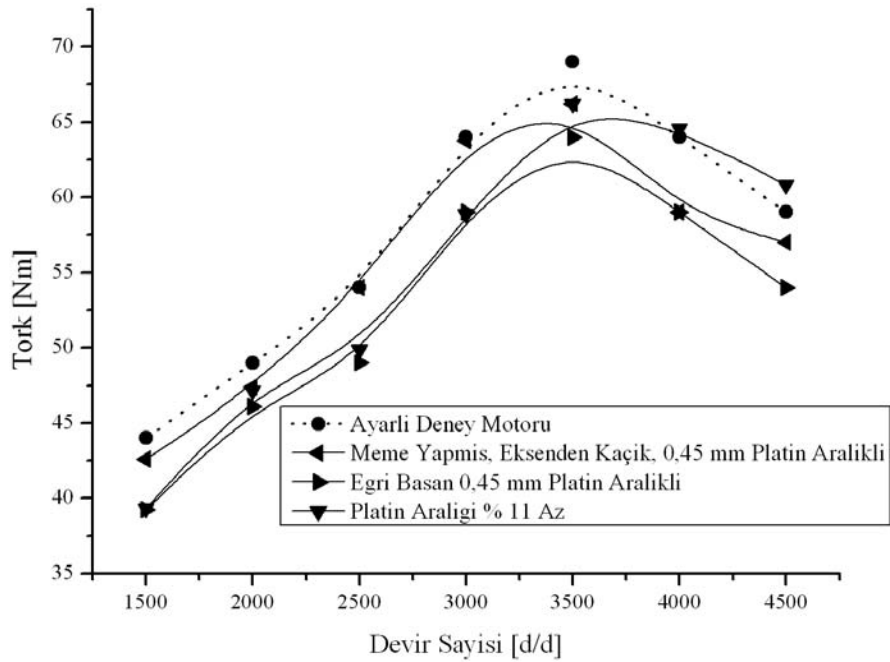
Motor katalog değerlerinde belirtilen aralık değerlerinin dışına çıkıldığında Şekil 5.24 ve Şekil 5.25’de görüldüğü gibi güç ve tork çıktılarında azalmalar meydana gelmektedir. Eski model taşıtların ateşleme donanımındaki mekanik bağlantılar ateşlemede birçok düzensizliklere neden olmaktadır. Platinin mekanik durumu ise ateşlemeyi etkileyen önemli sebeplerden biridir. Platinin meme yapmış olması,

kontakların birbirine düzensiz teması ve platin fiberinin kam çıkıntıları ile karşılaştığında meydana gelecek aralık değerlerinin değişmesi ateşleme sisteminde aksaklıkların kaynağı durumundadır. Deney motorunun katalog verilerine göre platin aralığı 0.45 mm olmalıdır. Bu değerin dışına çıkıldıkça motor verilerindeki değişimler gözlenmiştir. Bu olumsuzluğun Şekil 5.24’de motor gücünde de düşüşe neden olduğu açıkça görülmektedir. Bunun sebebi yanma işleminin ateşlemedeki olumsuzluklar nedeni ile istenen kalitede yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan Şekil 5.25’de meme yapmış eksenden kaçık (kontakları aynı hizada olmayan) 0,45 mm platin aralıklı olan deney motorundan alınan veriler ile 0,40 mm platin aralıklı (%11 iken) kontakları eğri basan (temas yüzeyi açılı basan) platinlerin motor torkuna etkisi karşılaştırılmıştır. Platin ile ilgili her türlü aksaklığın motor torkuna olumsuz etkisi bu şekilde görülmektedir. Şekil 5.26’da özgül yakıt tüketimine etkisi görülmektedir. Platin aralığının uygun olmaması doğrudan ateşleme sisteminin verimini düşüreceğinden dolayı motor gücünü de azaltıcı etki yapmaktadır. Böylece özgül yakıt tüketimi üretilen güç ile ilişkili olduğu için artış göstermektedir. Şekil 5.27’de CO emisyonuna etkisi, Şekil 5.28’de ise HC emisyonunun platin ile ilgili düzensizliklerde nasıl değişim gösterdiği verilmektedir. Bu durumda HC ve CO emisyonlarının artışı da yine ateşleme sisteminin verimsiz çalışmasından kaynaklanmaktadır.

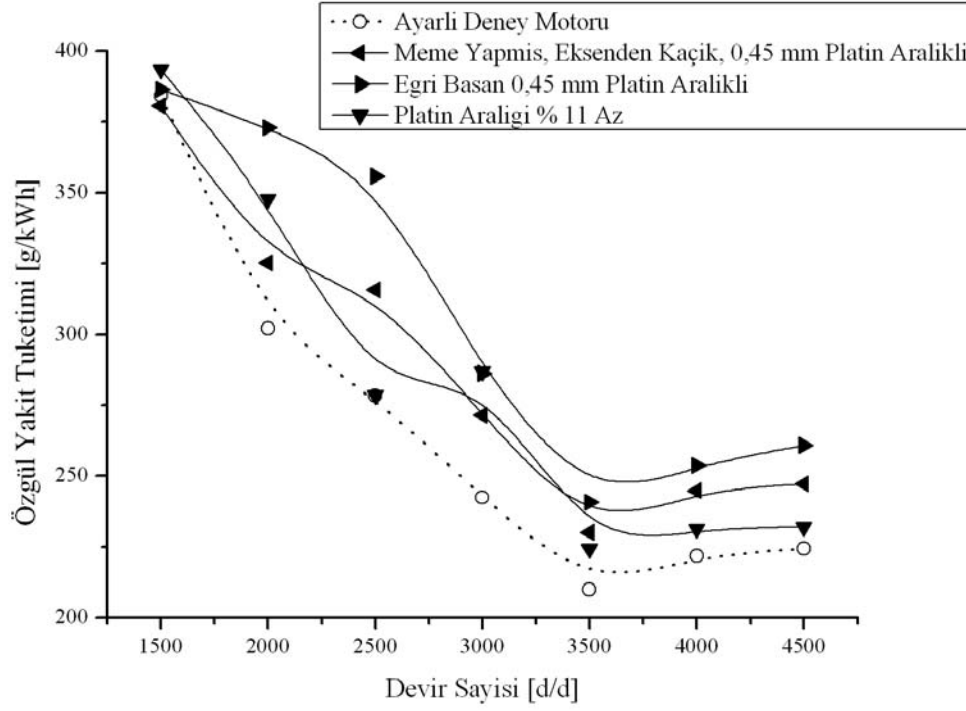
Eğri basan bir platinde primer devrede direnç oluşacağı için bobin primer devresinde akım maksimum değerine çıkamayacak ve daha düşük değerde kalacaktır. Bu ise primer devrede depolanan enerjinin azalmasına dolayısı ile sekonder devrede geriliminin istenen düzeye çıkamamasına sebep olacaktır. Sekonder devre geriliminin düşük olması buji tırnak aralıklarından deşarj olan enerjinin düşük olmasına ve ilk tutuşmada alev çekirdeğinin küçük olmasına sebep olacak veya tutuşmayı sağlayamayacaktır. Bu durum basıncın (ÜÖN) da yeterli düzeyde olmamasına ve gücün düşmesine sebep olacaktır.



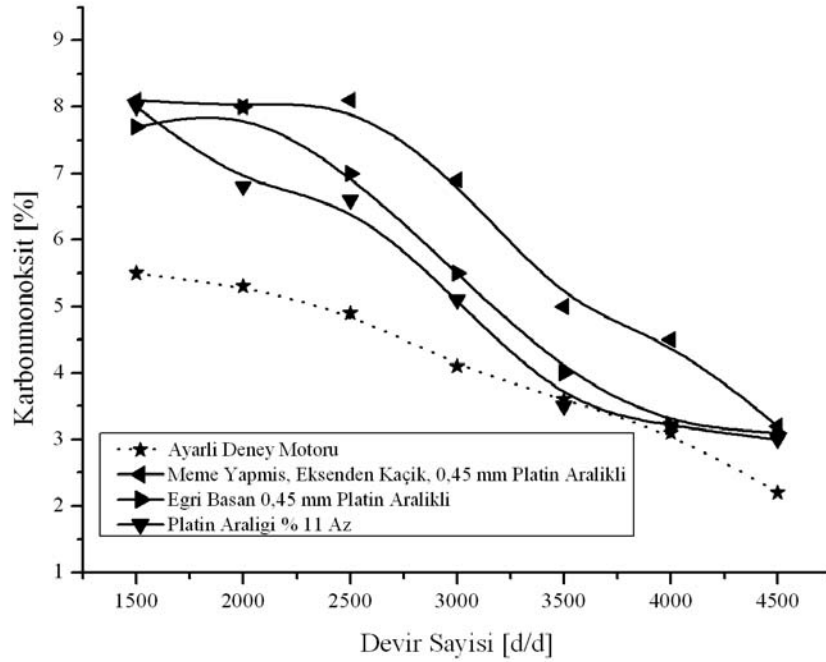
Şekil 5.24. Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların motor gücüne etkisi



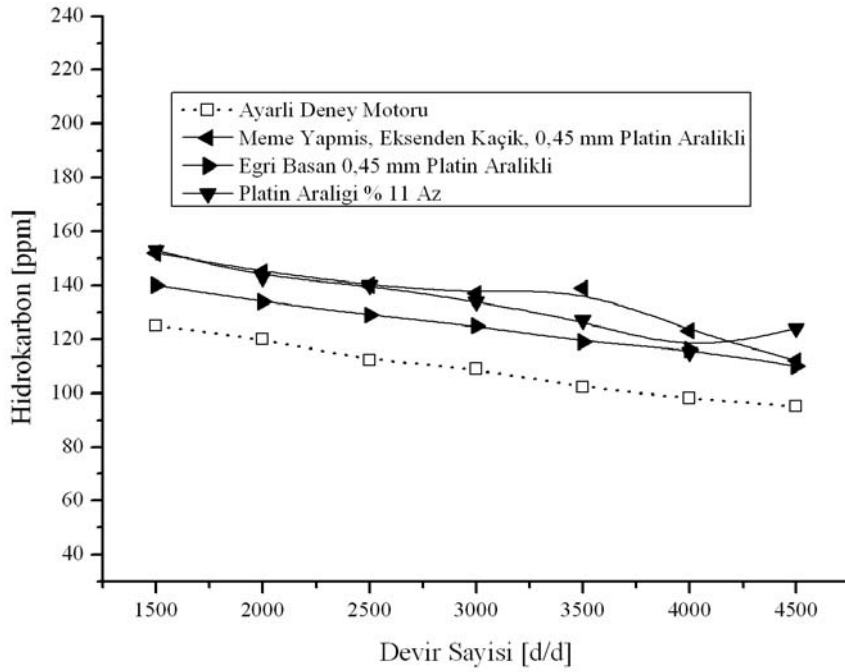
Şekil 5.25. Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların motor torkuna etkisi



Şekil 5.26. Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların özgül yakıt tüketimine etkisi



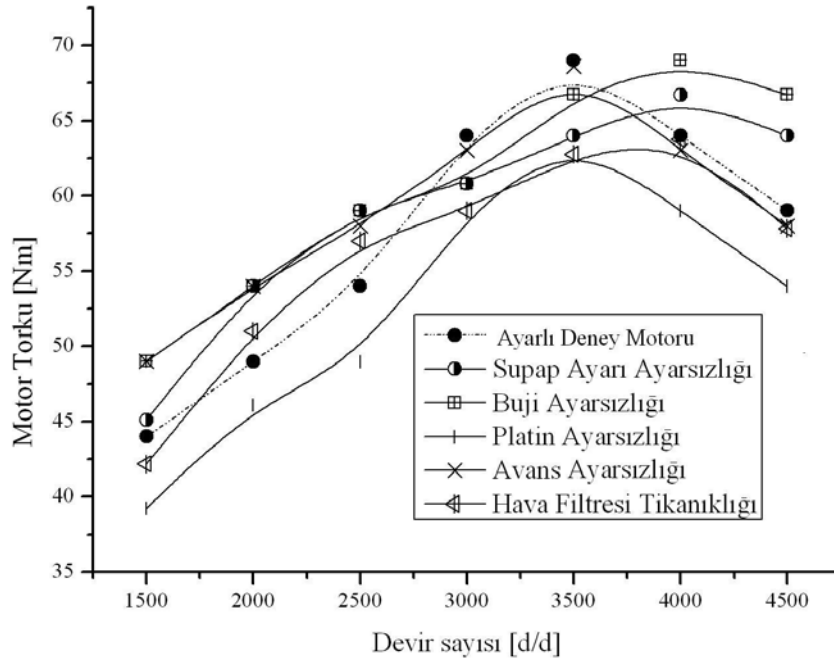
Şekil 5.27. Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların CO emisyonuna etkisi



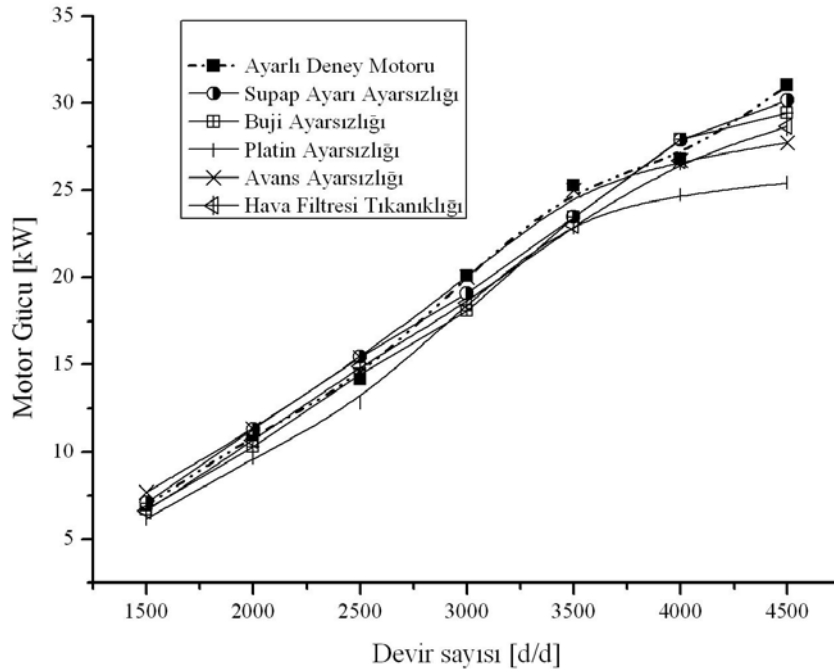
Şekil 5.28. Platindeki ayarsızlık ve bozuklukların HC emisyonuna etkisi

5.1.7. Motor ayarsızlıklarının motor karakteristiğine ve egzoz emisyonu üzerine etkisinin genel olarak karşılaştırılması

Taşıt motorlarının yüksek performansta çalışabilmeleri için mevcut sistemlerinin de problemsiz çalışıyor olması gerekmektedir. Her hangi bir donanımında meydana gelen ayarsızlık motor performansını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle taşıt tasarımcıları imal ettikleri taşıtların optimum çalışma koşullarını önceden tanımlayarak kataloglarında bu çalışma aralıklarına yer vermektedirler. Her taşıt modeline göre farklılık gösterebilen ayarlar söz konusu taşıttan, en iyi çıktıyı elde etmek maksadıyla taşıt motoruna uygulanmalıdır. Deney tesisatına bağlanan motorun ayarsızlıklarının artması ile motor torkunun düştüğü Şekil 5.29’da ve motor gücünün düştüğü ise Şekil 5.30’da görülmektedir.



Şekil 5.29. Ayarsızlıkların motor torkuna etkisi



Şekil 5.30. Ayarsızlıkların motor gücüne etkisi

Ayarsızlıkların çoğalması egzoz emisyon yüzdelerinin artışına neden olmaktadır. Özellikle yakıtın hava ile homojen bir karışım oluşturmaması ve ateşleme düzensizlikleri (buji tırnak ayarın uygunsuzluğu, platin ayarının bozukluğu, avans açısının ayarsızlığı vb.) yakıtın etkin olarak yakılmasına engel olan başlıca sebeplerdendir. Dolayısı ile bu ayarsızlıkların silindir içerisinde düzensiz yanmaya ve egzoz emisyonları içerisinde zararlı atıkların yüzdesini artırmaya sebep olduğu deneysel çalışmalar ile tespit edilmiştir.

Motor teknik özelliklerinde de belirtilen maksimum tork 3 400 d/d'da elde edilmektedir. Maksimum motor torkunun elde edildiği motor devrinde iken ayarsızlıkların yakıt tüketimini arttırdığı Çizelge 5.22'de görülmektedir.

Çizelge 5.22. Belirlenen motor ayarsızlıklarının şehir dışı yakıt tüketimine etkisi

Devir Sayısı	Motor Katalog Değerlerinde İken Yakıt Tüketimi	Supap Boşluğu Fazla İken	Buji Tırnak Aralığı Fazla İken	Platin Kontakları Eğri Basarken	Avans Ayarı Fazla İken	Hava Filtresi Tıkanıklığı
[d/d]	[lt]					
1500	3,9	3,99	3,73	3,48	4,43	3,80
2000	4,9	5,27	5,02	5,26	5,54	5,28
2500	5,8	6,55	6,08	6,67	6,37	6,20
3000	7,1	7,76	7,18	7,75	7,52	7,39
3500	7,8	8,50	7,84	8,25	8,35	7,76
4000	8,7	9,13	9,22	9,18	9,12	9,00
4500	10,2	9,70	9,95	9,70	9,69	9,70

Çizelge 5.17. Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre yakıt tüketimine etkisinin değişim yüzdeleri

Devir Sayısı	Supap Ayarsızlığı	Buji Ayarsızlığı	Platin Ayarsızlığı	Avans Ayarsızlığı	Hava Filtresi Tıkanıklığı
[d/d]	[%]				
1500	2,65	-4,18	-11,53	12,40	-2,26
2000	7,87	3,31	7,65	12,25	8,07
2500	12,20	5,47	13,76	9,68	7,29
3000	8,26	0,77	8,12	5,31	3,67
3500	8,65	0,95	5,94	6,98	0,00
4000	4,82	5,76	5,30	4,68	3,42
4500	-4,77	-2,21	-4,82	-4,95	-4,77

Katalog değerlerine göre gerekli tüm ayarları yapılan deney motorunun yakıt tüketimi TS 1999/100 standardında belirtilen hususlara göre yapılan hesaplamalarda Çizelge 5.22’de “motor katalog değerlerinde ayarlı iken yakıt tüketimi” başlıklı sütunda verilmektedir. Buna göre 100 km mesafede 90 km/h sabit hızda yol kat edildiğinde maksimum torkun elde edildiği 3400 d/d’da sayısal veriler alınmıştır. (Bkz Şekil 5.1). Buradan elde edilen veriler ile Eş 5.1’den faydalanarak hesaplama metodu uygulanmıştır. Buna göre, şehir dışı yakıt tüketimi [19];

$$G_v = \left(\frac{B_e}{V/100} \right) / \rho_b [lt/100km] \quad (5.1)$$

B_e = Saatteki yakıt tüketimi [kg/h]

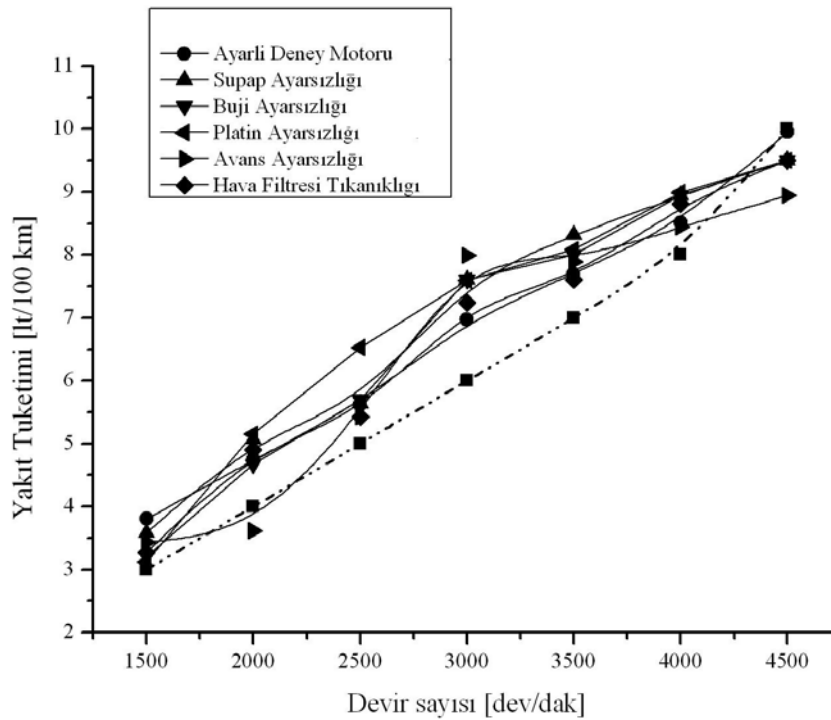
G_v = Hacimsel olarak yakıt tüketimi [lt/100 km]

ρ_b = Benzinin yoğunluğu (0.76) [kg/lt]’dir.

V = Taşıt hızı [km/h]

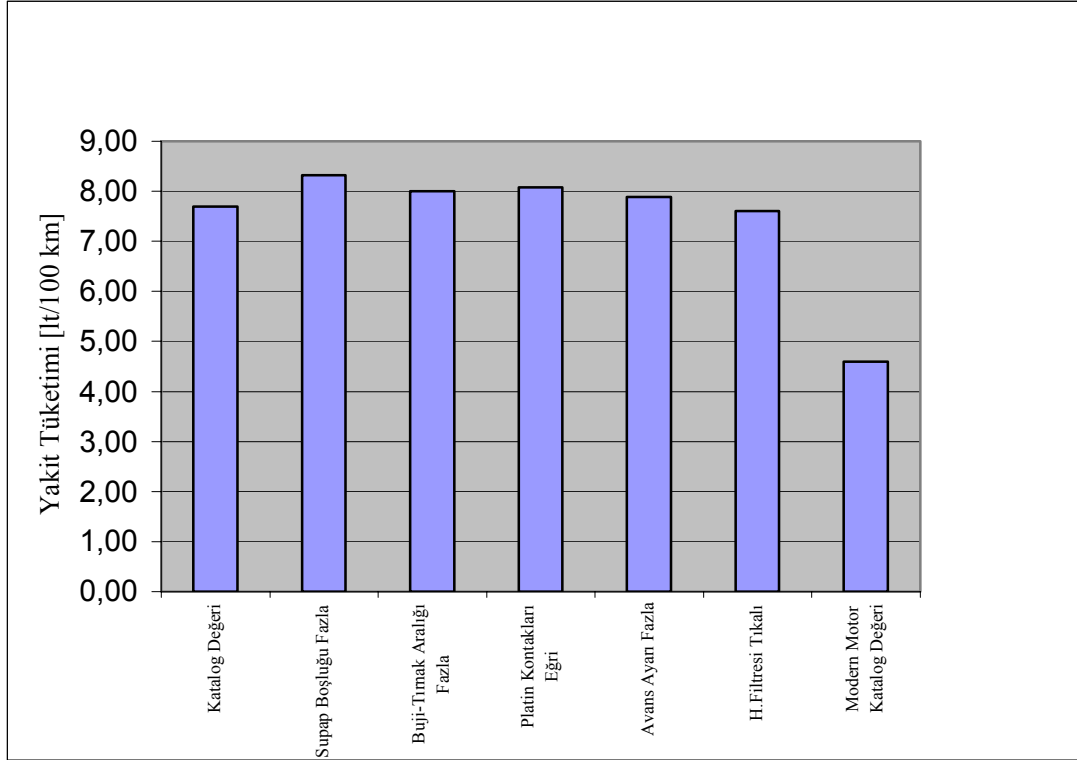
$$G_v = \left(\frac{0,21 * 25,2}{90/100} \right) / 0,76 = 7.7 [lt / 100km]$$

Şehir dışında 7,7 lt yakıt tüketimi meydana gelmektedir. Bunun yanında yukarıda bahsedilen motor ayarsızlıklarının her birinin yapılan deneylerde yakıt tüketimini artırıcı etkisi dikkat çekmektedir. Aynı silindir hacmine sahip ve teknik özellikleri Çizelge 5.24’de verilen modern bir benzinli motorun aynı standartlara göre 90 km/h hızda oluşan yakıt tüketimi Şekil 5.31’de verilmektedir [14]. Buna göre 4,6 lt’lik şehir dışı yakıt tüketimi ile modern motorların oldukça ekonomik düzeye ulaştıkları görülmektedir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında katalog değerlerine göre tüm ayarları yapılmış bir motordan 3,1 lt yakıt tasarrufu sağlandığı görülmektedir. Yeni nesil bir otomobilin eski bir otomobile oranla % 40 daha az yakıt yaktığı tespit edilmiştir. Bunun yanında eski taşıtların mekanik durumdan yıpranmışlıkları nedeniyle birçok ayarlarının tutmadığı da bilinmektedir.



Şekil 5.31. Belirlenen motor ayarsızlıklarının yakıt tüketimine etkisi

Şekil 5.32' de şehir dışı kullanımda sırasıyla katalog değerlerindeki motorun supap boşluk ayarındaki değişimin, buji ayarsızlığında avans ayarsızlığında, hava filtresi tıkanıklığında ve günümüz modern motorunda meydana gelen yakıt tüketimi görülmektedir.



Şekil 5.21. Şehir dışı kullanımda (90 km/h hızda) 100 km yol alınışında motor durumuna göre yakıt tüketimi [21-25].

Yakıt tüketim miktarını şehir içi kullanımda hesaplamak için taşıt hızını 50 km/h olarak alınmıştır [19]. Buna göre;

$$G_v = \left(\frac{0,21 * 25,2}{50/100} \right) / 0,76 = 13,9 [lt / 100km]$$

Yukarıda elde edilen değer deney motorunun katalog değerlerinde ayarlı iken şehir içi trafiğinde kullanıma durumunda yakıt tüketim değeridir. Şehir dışı yakıt tüketimi 7,7 lt ve şehir içi yakıt tüketimi 13,9 lt olan ve ayarları yapılmış deney motoru

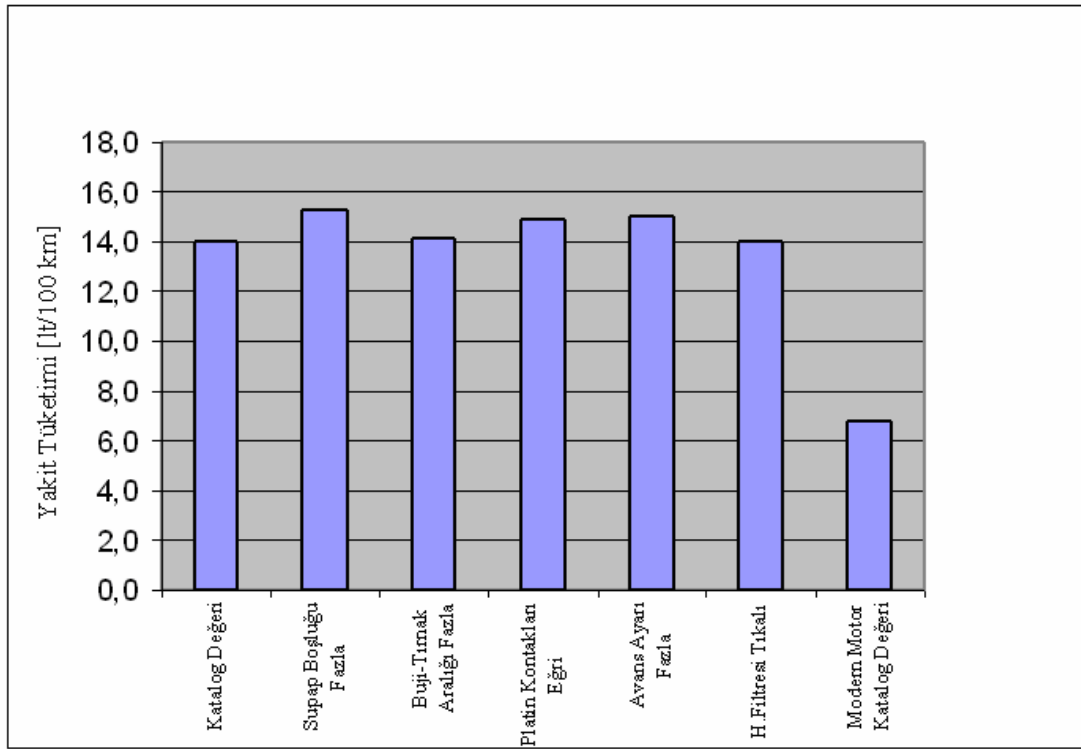
ortalama 10,8 lt yakıt tüketmektedir. Şekil 5.32’de sırasıyla şehir içi kullanımda ayarları yapılmış motor, supap boşluğu ayarsızlığı, buji tırnak aralığı ayarsızlığı, platin ayarsızlığı, hava filtresi tıkanıklığı ve modern bir otomobildeki yakıt tüketim miktarı gösterilmiştir.

Çizelge 5.18. Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre şehiriçi yakıt tüketimine etkisi

Devir Sayısı	Motor Katalog Değerlerinde İken Yakıt Tüketimi	Supap Ayarsızlığı	Buji Ayarsızlığı	Platin Ayarsızlığı	Avans Ayarsızlığı	Hava Filtresi Tıkanıklığı
1500	7,0	7,18	6,71	6,26	7,98	6,83
2000	8,7	9,49	9,04	9,47	9,97	9,51
2500	10,4	11,79	10,95	12,00	11,46	11,16
3000	12,8	13,97	12,92	13,95	13,54	13,31
3500	14,0	15,30	14,11	14,85	15,02	13,97
4000	15,6	16,44	16,60	16,52	16,42	16,20
4500	18,3	17,47	17,90	17,46	17,44	17,47

Çizelge 5.19. Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre şehiriçi yakıt tüketimine etkisinin değişim yüzdeleri

Devir Sayısı	Supap Ayarsızlığı	Buji Ayarsızlığı	Platin Ayarsızlığı	Avans Ayarsızlığı	Hava Filtresi Tıkanıklığı
[d/d]	[%]				
1500	2,65	-4,18	-11,53	12,40	-2,26
2000	7,87	3,31	7,65	12,25	8,07
2500	12,20	5,47	13,76	9,68	7,29
3000	8,26	0,77	8,12	5,31	3,67
3500	8,65	0,95	5,94	6,98	0,00
4000	4,82	5,76	5,30	4,68	3,42
4500	-4,77	-2,21	-4,82	-4,95	-4,77



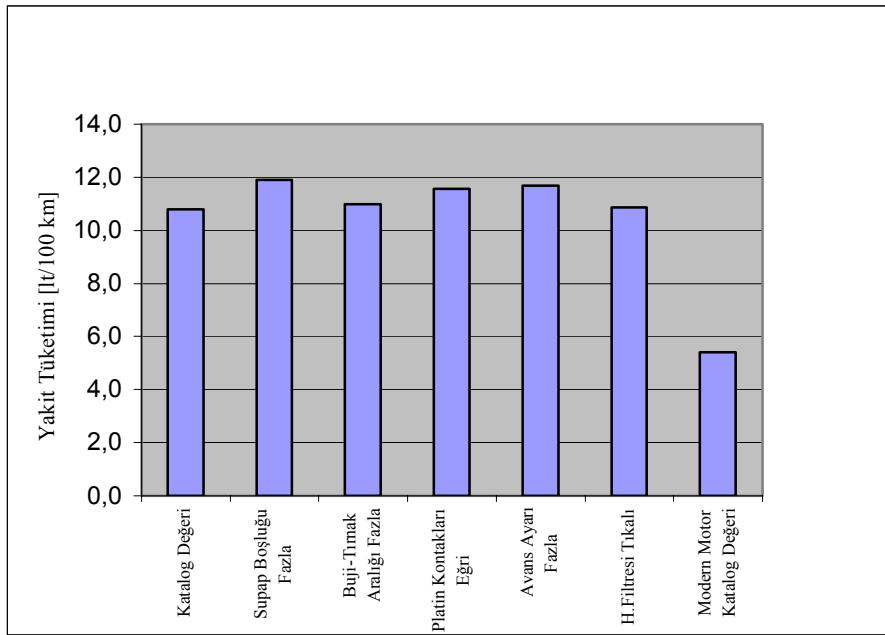
Şekil 5.22. Şehir içi kullanımda (50 km/h hızda) 100 km yol alınışında motor durumuna göre yakıt tüketimi [21-25].

Çizelge 5.20. Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre ortalama yakıt tüketimi

Devir Sayısı	Motor Katalog Değerlerinde İken Yakıt Tüketimi	Supap Ayarsızlığı	Buji Ayarsızlığı	Platin Ayarsızlığı	Avans Ayarsızlığı	Hava Filtresi Tıkanıklığı
1500	5,4	5,6	5,2	4,9	6,2	5,3
2000	6,8	7,4	7,0	7,4	7,8	7,4
2500	8,1	9,2	8,5	9,3	8,9	8,7
3000	10,0	10,9	10,0	10,9	10,5	10,4
3500	10,8	11,9	11,0	11,6	11,7	10,9
4000	12,2	12,8	12,9	12,9	12,8	12,6
4500	14,2	13,6	13,9	13,6	13,6	13,6

Çizelge 5.21. Motor ayarsızlıklarının katalog değerlerine göre ortalama yakıt tüketimine etkisinin değişim yüzdeleri

Devir Sayısı	Supap Ayarsızlığı	Buji Ayarsızlığı	Platin Ayarsızlığı	Avans Ayarsızlığı	Hava Filtresi Tıkanıklığı
1500	2,65	-4,18	-11,53	12,40	-2,26
2000	7,87	3,31	7,65	12,25	8,07
2500	12,20	5,47	13,76	9,68	7,29
3000	8,26	0,77	8,12	5,31	3,67
3500	9,22	1,57	6,52	7,56	0,63
4000	4,82	5,76	5,30	4,68	3,42
4500	-4,77	-2,21	-4,82	-4,95	-4,77



Şekil 5.23. Ortalama 100 km yol alınışında motor durumuna göre yakıt tüketimi [21-25]

5.2. Yeni Taşıtlar İle Eski Taşıtın Yakıt Sarfıyatının Karşılaştırılması ve Ekonomik Analizi

Bu bölümde aynı silindir hacmine sahip buji ile ateşlemeli modern motorlarla klasik motorlar birbiriyle kıyaslanmıştır. Modern motorların ateşleme ve yakıt sistemindeki gelişmelerle birlikte motor konstrüksiyonunda yapılan yeni tasarımlar, bu motorları motor performansı ve yakıt tüketimi açısından avantajlı duruma getirmiştir. Bu avantajın ne oranda olduğunun belirlenmesi için deney çalışmasında kullanılan 1.2 lt silindir hacimli Fiat-Murat 124 motorunun teknik özellikleri ile yine aynı marka ve silindir hacmine sahip Panda motorunun teknik özellikleri Çizelge 5.28’de birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.28. Fiat marka motorların teknik özelliklerinin karşılaştırılması

Motor Özellikleri	Fiat-Murat 124	Fiat-Panda (Dualogic Dynamic)
Silindir adedi, yerleşimi	4, Tek sıra önde boylamasına	4, Tek sıra önde enlemesine
Çap x Strok [mm]	73 x 71,5	70,8 x 78,9
Silindir hacmi [cc]	1197	1242
Sıkıştırma Oranı	8,8:1	9,8:1
Maksimum güç [kW/dd]	44/5600	44,16/5000
Maksimum tork [Nm/dd]	87/3400	102/2500
Yakıt besleme	Karbüratörlü	MPI, Elektronik
Ateşleme	Klasik ateşleme	Elektronik Statik avans, Enjeksiyon ile entegre
Yakıt Tüketimi [lt/100 km]	Şehiriçi: 13,9 Ortalama: 10,8 Şehirdışı: 7,7	Şehiriçi: 6,8 Ortalama: 5,4 Şehirdışı: 4,6

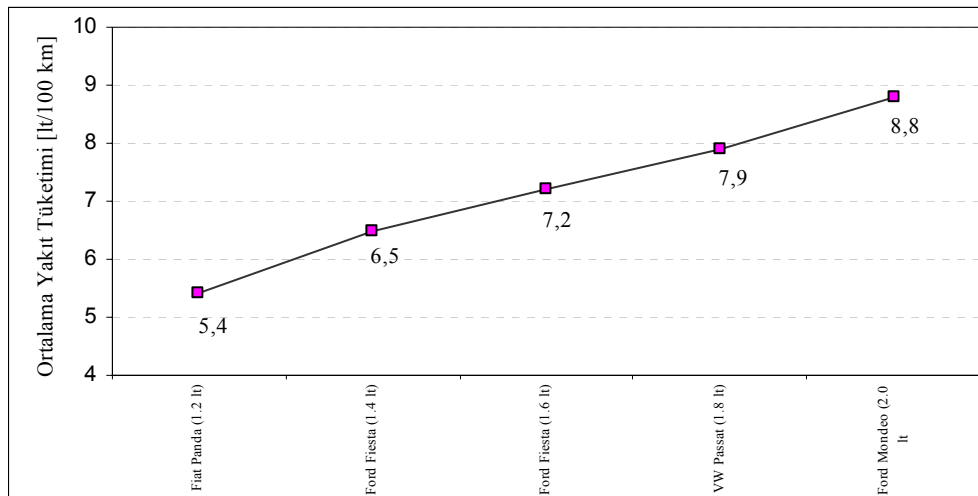
Deney motoru ve farklı hacimlerdeki taşıtların şehir içi, şehir dışı ve ortalama yakıt sarfıyatları Çizelge 5.29’da verilmiştir. Buna göre motor silindir hacmi arttıkça yakıt sarfıyatının da doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Deney motoru 1.2 lt

silindir hacmine sahiptir. Modern taşıtlarda motoru en küçük olan taşıtın şehir içi kullanımında yakıt sarfiyatında daha ekonomik taşıt olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.29. Farklı silindir hacmindeki benzinli taşıtların yakıt tüketim miktarı

Kullanılma Yeri	Fiat Murat 124 (1.2 lt)		Fiat Panda (1.2 lt)	Ford Fiesta (1.4 lt)	Ford Fiesta (1.6 lt)	VW Passat (1.8 lt)	Ford Mondeo (2.0 lt)
	Katalog Değerleri	Deney Motoru					
Şehir içi	-	13,9	6,8	8,6	9,1	10,4	11,6
Ortalama:	8,7	10,8	5,4	6,9	7,2	7,6	8,8
Şehir dışı:	-	7,7	4,6	5,1	5,2	6,0	6,5

Silindir hacimlerinin artışı ile motorların yakıt tüketimi de artmaktadır. Deney motorunun yanında farklı silindir hacimleri de motorlarda bulunduğundan dolayı istatistiksel çalışmadan elde edilen silindir hacmine göre taşıt sayıları da kullanılarak yakıt tüketimleri üzerine çalışma yapılmıştır. Şekil 5.35’da taşıtların katalog değerlerinden alınan ortalama yakıt tüketim miktarları görülmektedir. Grafik eğrisi incelendiğinde lineer denilebilecek bir artış olduğu belirlenmiştir. Böylece farklı motor hacimlerindeki yakıt tüketim üzerine hesaplama yapabilmek için gerekli veriler elde edilmiştir.

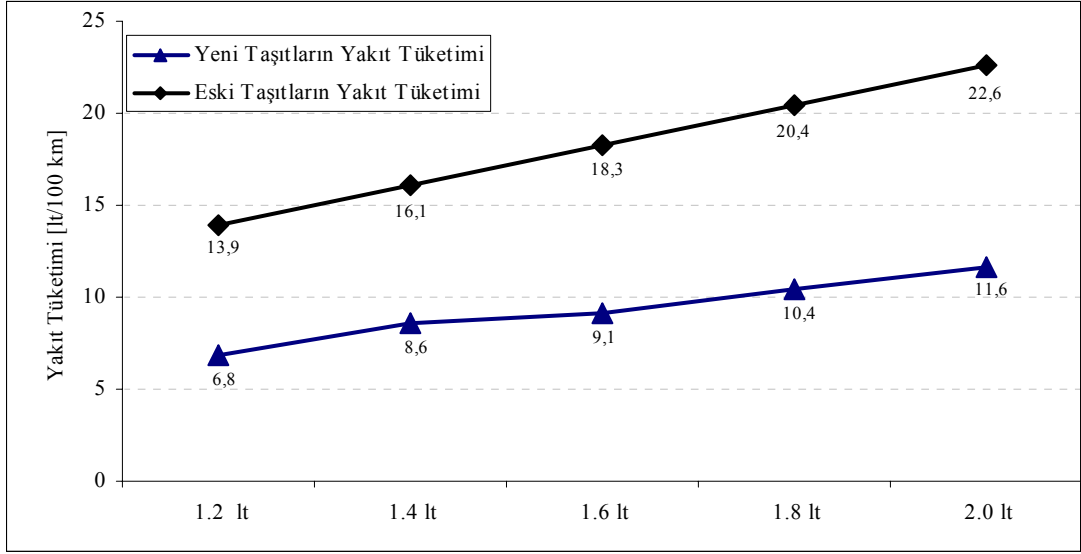


Şekil 5.35. Motor silindir hacmi artışının ortalama yakıt tüketimine etkisi

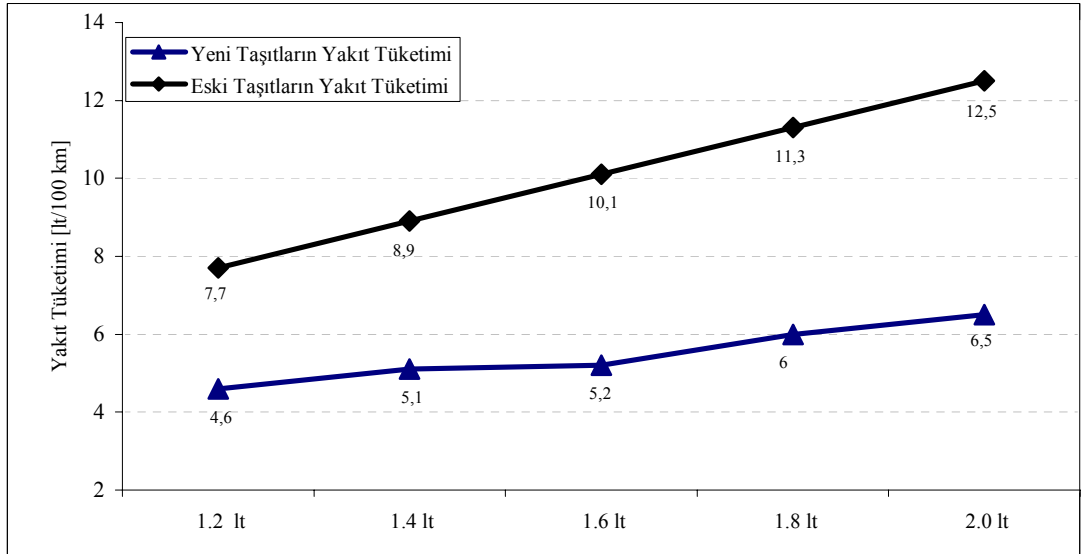
Deney çalışmasında kullanılan onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu motorun yakıt tüketimi baz alınarak, silindir hacmindeki artışların yakıt tüketimine etkisi üzerine bir yaklaşımda bulunulmuştur. Bu yaklaşımda silindir hacminin artışının yakıt tüketiminde de sabit oranlı arttığı kabul edilmiştir. Buna göre 1,2 lt silindir hacmine sahip taşıt şehir içi kullanımda 100 km de 90 km/h sabit hızda 13,9 lt yakarsa; 1,4 lt'lik taşıtın, silindir hacmindeki % 16' lık artışın yakıt tüketiminde de aynı oranı koruduğu kabulü ile 16,1 lt yakıt tüketimine ulaşacağı sonucuna varılmıştır. 1,6 lt'lik motorun ise 1,4 lt'lik motordan % 14, 1,8 lt'lik motorun 1,6 lt'lik motordan % 12, 2,0 lt'lik motorun 1,8 lt'lik motordan % 11 daha büyük silindir hacmine sahiptir. Silindir hacminin artmasıyla aynı oranda yakıt tüketiminin arttığı hesaplanarak Çizelge 5.30'da verilmiştir. Şekil 5.36'de taşıtın şehir içi, Şekil 5.37'de ise şehir dışı kullanımda silindir hacmine göre eski ve yeni taşıtların yakıt tüketimi değerleri grafik halinde verilmiştir.

Çizelge 5.30. Deney motorunun yakıt tüketimine göre silindir hacminin artması durumunda 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların yakıt tüketim miktarlarının oranlanmış değerleri

Kullanılma Yeri	Fiat Murat 124 (1.2 lt)	1.4 lt	1.6 lt	1.8 lt	2.0 lt
Şehiriçi	13,9	16,1	18,3	20,4	22,6
Ortalama:	10,8	12,5	14,2	15,9	17,6
Şehirdışı:	7,7	8,9	10,1	11,3	12,5



Şekil 5.24. Taşıtın şehir içi kullanımda silindir hacmine göre eski ve yeni taşıtların yakıt tüketimi



Şekil 5.25. Taşıtın şehir dışı kullanımda silindir hacmine göre eski ve yeni taşıtların yakıt tüketimi

Türkiye’de onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu araç sayısı diğer Avrupa ülkelerine oranla daha fazladır. Bu ise ülke ekonomisinde yer alan ulaşım sektörünün akaryakıt harcamasını artırmakta ve enerji kaybına neden olmaktadır. Yeterli enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkemizin ham petrolde dışarı bağımlı bir ülke olduğunu göz önüne alırsak gereken tedbirlerin alınması gerekmektedir. Emniyet Genel

Müdürlüğü'nün motorlu taşıt sayılarını belirlemek için yaptığı istatistiksel çalışmada 2007 yılında trafikte 6 472 156 adet otomobil bulunduğu tespit edilmiştir [16]. Diğer taraftan TOMDER verilerine göre 2008 yılında ülkemizde trafikte bulunan benzinli taşıt sayısı 6 400 000 adettir. Bu toplam taşıt sayısı içerisinde 2 200 000 adet LPG'li taşıt bulunmaktadır. Toplam benzinli taşıt adedinden LPG'li taşıtların sayısı çıkarılınca halen benzinle çalışan taşıtların sayısı 4 200 000 olarak tespit edilmiştir. Bu iki araştırmadan elde edilen veriler birbiri ile uyusmaktadır. Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıt sayısını belirlemek için ihtiyaç duyulan örneklem yerleşim yerlerinin birinde gün içerisinde geçen taşıtların sayısı baz alınarak tespit edilmiştir. Buna göre Tokat-Niksar kavşağında 3 farklı günde yapılan sayıma göre taşıtların % 45'inin onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu araç olduğu tespit edilmiştir. Bu oran ülke genelini kapsayacak şekilde genişletildiğinde 1 890 000 adet benzinli eski taşıtın trafikte bulunduğu yargısına varılmaktadır.

Literatürde belirtilen çalışmada 2007 yılında yapılan araştırmaya göre ülkemizde toplam otomobil araç parkının % 34'ü 15 yaşın üzerindedir [15]. İstatistiksel çalışmadan elde edilen veriler de yaklaşık % 45 olarak tespit edilmiştir. Literatür araştırmasındaki toplam benzinli taşıtlar içerisinde 15 yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların oranı ile istatistiksel çalışmadan elde edilen veriler birbirini desteklemektedir.

Yine aynı noktada yapılan sayımlara göre onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu otomobillerin silindir hacimlerine göre oranlarının tespiti istatistiksel çalışmadan yararlanılmıştır. Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların silindir hacimlerine göre dağılımı Çizelge 5.31'de verilmiştir. Böylece sırasıyla eski taşıtların motor silindir hacimlerine göre dağılımları 1.2 lt'lik 245 700 adet, 1.4 lt'lik 661 500 adet, 1.6 lt'lik 567 000 adet, 1.8 lt'lik 226 800 adet ve 2.0 lt'lik 189 000 adet taşıt bulunmaktadır.

Trafikte seyreden taşıtlar farklı silindir hacimlerine sahiptirler. Otomotiv Sanayi Genel ve İstatistik Bilgiler Bülteni'nde beş farklı otomotiv firmasının 2004-2008 yılları arasında üretimini gerçekleştirdiği otomobillerin silindir hacimlerini belirtecek

şekilde incelendiğinde Çizelge 5.31’de görülen oranlar elde edilmiştir. Diğer taraftan istatistiksel çalışmadan elde edilen veriler de bu çizelgede gösterilmiştir. Buna göre istatistiksel çalışma verileri ile TUIK ve OSD istatistiklerinden elde edilen veriler birbiriyle örtüşmektedir [29, 32].

Çizelge 5.31. Otomobillerin silindir hacimlerine göre oranları

Silindir Hacimleri	Otomotiv Sanayi Genel ve İstatistik Bilgiler Bülteni	İstatistiksel Çalışma
1,2 lt	% 16	% 13
1,4 lt	% 32	% 35
1,6 lt	% 34	% 30
1,8 lt	% 10	% 12
2,0 lt	% 8	% 10

Deneysel çalışmalardan elde edilen verilere göre şehir içi kullanımda 1.2 lt’lik silindir hacmine sahip taşıt 90 km/h sabit hızda 100 km’de 13,9 lt yakıt tüketmektedir. Aynı silindir hacmindeki yeni bir taşıt Çizelge 5.29’da görüldüğü gibi saatte 90 km/h sabit hızda 100 km’de şehir içi kullanımda 6,8 lt yakıt tüketmektedir.

Klasik bir taşıt ile modern bir taşıtın yakıt tüketim değerlerinin katalog değerlerine bakıldığında aralarında önemli bir fark olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra klasik taşıtlardaki ayarsızlıklar nedeni ile yakıt tüketiminin arttığı deneysel çalışmalardan da elde edilmiştir. Ayarsız bir motor ile modern motorun yakıt tüketim değerleri Çizelge 5.32’de görülmektedir.

Çizelge 5.32. Ayarları yapılmış deney motoru ile modern bir motorun yakıt tüketim farkı

Kullanılma Yeri	Ayarsız Deney Motoru (Yalnız supap ayarsızlığında) Fiat Murat 124 (1.2 lt)	Fiat Panda (1.2 lt)	Yakıt Tüketim Farkı [lt]
Şehiriçi	15,3	6,8	8,5
Ortalama:	11,9	5,4	6,5
Şehirdışı:	8,5	4,6	3,9

Ek yakıt maliyetini hesaplamak için 1.2 lt'lik motorda eski ve yeni taşıtlara göre ortalama yakıt tüketim farkını, taşıt sayısını yakıt litre ücreti ile çarparak hesaplama yapılmıştır.

YTF=Yakıt Tüketim Farkı [lt]

EYM: Ek yakıt maliyeti [TL]

YLÜ: Yakıt litre ücreti [TL]

TS: Taşıt sayısı [Adet]

$$EYM = YTF * TS * YLÜ \text{ [TL]}$$

$EYM = 6,5 * 245\ 700 * 3,6 = 5\ 749\ 380$ TL ortalama yakıt tüketimi olarak hesaplanmıştır.

Öte yandan; silindir hacmine göre yakıt tüketimleri yukarıda bahsedilen hesaplama yöntemi izlendiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.33'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Silindir hacmi ve taşıt adetlerine göre supap boşluk ayarı fazla iken yakıt tüketim farkının ekonomik maliyeti (100 km’de)

Silindir hacmi [lt]	1.2 lt	1.4 lt	1.6 lt	1.8 lt	2.0 lt	Toplam Yakıt Tüketimi [TL]
Taşıt Sayısı [Adet]	245 700	661 500	567 000	226 800	189 000	
Şehir içi	7 518 420	21 785 047	22 724 108	10 010 573	9 221 677	71 259 825
Ortalama	5 749 380	13 335 840	14 288 400	6 776 784	5 987 520	46 137 924
Şehir dışı	3 449 628	9 049 320	10 001 880	4 327 344	4 082 400	30 910 572

Çizelge 5.33’de görüldüğü gibi 100 km’lik yol kat edildiğinde 1 890 000 taşıtın eski model olması nedeniyle ortalama yakıt tüketiminde yeni taşıtlara göre 46 137 924 TL ek yakıt maliyeti getirdiği tespit edilmiştir. Çizelge 5.34’de litre cinsinden yakıt tüketim miktarı görülmektedir.

Çizelge 5.23. Silindir hacmi ve taşıt adetlerine göre supap boşluk ayarı fazla iken yakıt tüketim farkı (100 km’de)

Silindir hacmi [lt]	1.2 lt	1.4 lt	1.6 lt	1.8 lt	2.0 lt	Toplam Yakıt Tüketimi [kg]
Taşıt Sayısı [Adet]	245 700	661 500	567 000	226 800	189 000	
Şehir içi	2 088 450	6 051 402	6 312 252	2 780 715	2 561 577	19 794 396
Ortalama	1 597 050	3 704 400	3 969 000	1 882 440	1 663 200	12 816 090
Şehir dışı	958 230	2 513 700	2 778 300	1 202 040	1 134 000	8 586 270

Trafikte seyreden onbeş yaşından büyük taşıtların yıllık ortalama 15 000 km yol kat ettikleri düşünülürse Çizelge 5.34’de görülen ortalama kütesel yakıt tüketim miktarı yaklaşık 12,8 milyon ton olmaktadır.

Çizelge 5.24. Silindir hacmi ve taşıt adetlerine göre supap boşluk ayarı fazla iken kütleli olarak yakıt tüketim maliyeti (Her araç 15 000 km yol kat ettiğinde)

Silindir hacmi [lt]	1.2 lt	1.4 lt	1.6 lt	1.8 lt	2.0 lt	Toplam Yakıt Tüketimi [MilyarTL]
Taşıt Sayısı [Adet]	245 700	661 500	567 000	226 800	189 000	
Şehir içi (Milyar TL)	857 100	2 483 495	2 590 548	1 141 205	1 051 271	8 123 620
Ortalama (Milyar TL)	655 429	1 520 286	1 628 878	772 553	682 577	5 259 723
Şehir dışı (Milyar TL)	393 258	1 031 622	1 140 214	493 317	465 394	3 523 805

2009 yılı ülkenin genel bütçe büyüklüğü 248 milyar 759 milyon TL'dir. Sonuç olarak; eski model taşıtların ayar değerlerinin yalnız birinin ayarının uygun olmadığı durumda kütleli yakıt tüketiminin, genel bütçede enerji harcamaları arasında yer alan petrol ve petrol türevleri kalemini ortalama 5 milyar TL artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Başka bir ifadeyle; eski model taşıtlar genel bütçenin ortalama % 2 oranında enerji harcamalarını artırmaktadır. Ülke ekonomisi açısından önemli bir diğer husus yıllık ham petrol talebinin % 90 gibi büyük bir kısmının yurtdışı kaynaklardan temin edilmesidir. Enerji konusundaki bu derece fazla dışa bağımlılık ülke ekonomisini ve ülkeler arası ilişkileri olumsuz etkileyecektir. 2009 yılında genel bütçe rakamlarını inceleyecek olursak enerji harcamalarına ayrılan pay 44 milyar TL'dir. Bu payın yaklaşık % 12'si ek yakıt maliyeti olarak hesaplanmıştır.

Buna göre ortaya çıkan bu yüksek maliyet onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların trafikten çekilmesinin ne kadar gerekli olduğunu vurgulayan önemli bir bulgudur. Bu taşıtlar artık ekonomik olmaktan çıkarak yüksek maliyetlere neden olduğu deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Öte yandan yüksek yakıt tüketimi ve düzensiz yanmalar taşıt kaynaklı egzoz emisyonlarını da ciddi derecede artırmaktadır. Bu durum çevre kirliliği açısından büyük tehlike oluşturmakla birlikte, bu zararların giderilmesi için çevre kirliliğini azaltıcı yatırım

harcamaları yapılması ülke ekonomisindeki sınırlı sermaye stokunun rasyonel kullanılmasına engel olacaktır.

Ülkemizin enerji ihtiyacı, petrol, doğal gaz, kömür, güneş enerjisi ve elektrik enerjisi gibi kaynaklardan karşılanmaktadır. Türkiye'nin yıllık enerji talebi 100 milyon ton petrol eşdeğeri düzeyinde olup, ekonomik büyümeye paralel bir şekilde gelişmektedir. Bu talebin yaklaşık % 30'u petrol ve petrol ürünleri ile karşılanmakta, % 30'luk bölümü doğal gaz ile karşılanmakta, geriye kalan kısım ise kömür, güneş enerjisi, hidroelektrik ve jeotermal enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Rafinasyon sonucu oluşan orta destilat ürünleri ve benzinlerin nerede ise tamamı otomotiv ve jet yakıtları olarak ulaşım amaçlı kullanılmaktadır. Ülkemizin yıllık ham petrol talebinin 30 milyon ton olduğu düşünülürse, yurtiçi petrol üretiminin toplam ihtiyacın yalnızca % 10' luk bir bölümünü karşıladığını ve yurtdışı kaynaklardan karşılamamız gereken miktar 27 milyon ton ham petroldür. Ayrıca, ülkemizde işlenen ham petrolün yaklaşık % 80'inin ulaşım sektöründe otomotiv yakıtı olarak kullanıldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Son beş yılda Türkiye'nin toplam otomotiv yakıtı tüketimi yıllık 13,8 milyon tondan 17,5 milyon tona çıkmış bulunmaktadır.

Toplam otomotiv yakıt tüketiminin yaklaşık 3 milyon tonu ise, ham petrolün rafinaj işlemi uygulandıktan sonra sadece benzinli otomobillerin yıllık yakıt tüketimini meydana getirmektedir. Ekonomik analizde onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorların yakıt tüketimi incelenerek, yıllık 3 milyon ton ham petrolün ithalatı için 3 milyar \$ (4,5 milyar TL) ödenmektedir. İthalatı yapılan ham petrolün; ham petrol fiyatı, rafinaj giderleri, vergiler, depolama, taşıma ve dağıtım giderleri nihai tüketiciye yansıyan pompa fiyatını oluşturmaktadır.

Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların yakıt tüketimlerinin yanında egzoz emisyonlarının da yüksek olduğu deneysel çalışmalardan elde edilen veriler arasındadır. Emisyon değerleri arasında özellikle CO ve HC verilerinin kirlilik düzeyleri irdelenmelidir. Bu kapsamda Avrupa Birliği ülkeleri emisyon sınırlamaları Çizelge 5.36'da verilmiştir.

Çizelge 5.25. Avrupa Birliği ülkeleri emisyon sınırlamaları [19]

Standart	1. Kademe (EURO 93)	2. Kademe (EURO 96)	3. Kademe	4. Kademe
Uygulama yılı	1993	1997	2000	2005
CO	2.72 (g/km)	2.2 (g/km)	1.5 (g/km)	1.0 (g/km)
HC+NOX	0.97 (g/km)	0.5 (g/km)	0.2 (g/km)	0.1 (g/km)
Buharlaştırma testi (benzin)	2 (g/test)	2 (g/test)	2 (g/test)	2 (g/test)

Ülkemizde EURO 93 standardı karşılayacak şekilde çalışmalar sürmüş ve Avrupa Birliği standartları ve sınırlamaları getirilmiştir. Ayrıca yeni taşıtlarda kullanılan gelişmiş emisyon sistemleri günümüzde motorlu taşıtlardan kaynaklanan özellikle zararlı emisyonları % 50 oranında düşürmektedir. Uygulanabilir alternatif yakıt programları temiz hava ve enerji tasarrufları sağlayabilecek durumdadır [19].

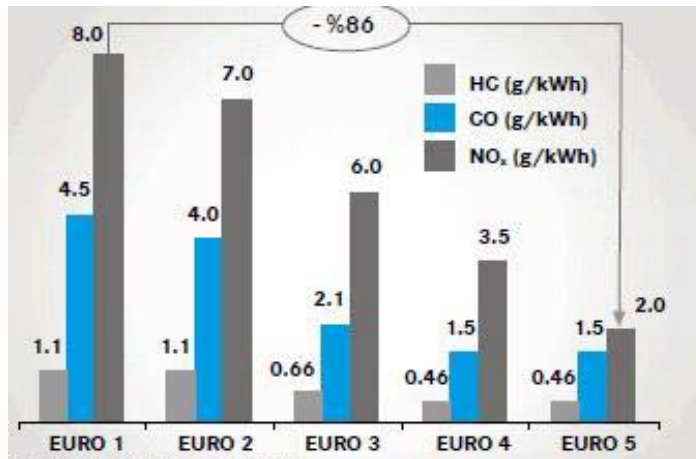
Trafikten 2003 ile 2004 yılları arasında toplam 320 000 yaşlı aracın trafikten çekilmesine yönelik hurda araç indirimi uygulaması sonucunda sera gazı karbondioksit emisyonunda % 4,87'lik bir azalma sağlanmıştır [15].

Tüm dünyada çevreyi korumak için motorlu araçların egzoz salınımlarını daha az zararlı hale getirmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla otomotiv firmalarına ürettikleri araçların egzoz gazlarındaki zararlı gazların azaltılması zorunluluğu getirilmektedir. Ülkemizde de 2008 yılında kullanılan egzoz normu EURO 1 olup Ocak 2009'dan itibaren EURO 4 normuna geçilmiştir. Bu tarihten itibaren Türkiye'de üretilen tüm araçlar EURO 4 normuna uygun olmak zorundadır.

EURO emisyon normları, üretilen her birim güç için motor tarafından salınabilecek azami kirletici madde düzeyini belirlemektedir. Üretici firmalar, araçlarının çıkardığı egzoz gazının EURO normlarına uygun olmasını sağlamak zorundadır.

2008 yılı sonu itibariyle 5 farklı EURO normu tanımlanmıştır. Şekil 5.36'da görülebileceği üzere EURO 5, en sıkı norm olup, EURO

Avrupa Birliği'nde EURO normları 1990 yılından beri uygulanmaktadır ve yürürlükte olan EURO normları giderek yükseltilmektedir. 2008 yılı sonu itibariyle Avrupa Birliği'nde geçerli olan norm EURO 4'tür. Ekim 2009'dan itibaren EURO 5 normu kullanılmaktadır.



Şekil 5.38. Emisyon gazlarının limitleri [33]

Ülkemizde uygulanan emisyon sınırlamalarında CO emisyonunda maksimum değer 1975 yılı öncesinde trafiğe çıkan taşıtlar için % 6'dır. Deney motorundan elde edilen verilerde ise tüm ayarlarının yapılmış olmasına karşın maksimum değeri % 5,5 civarındadır. Ancak deney motorunda meydana gelen ayarsızlıklar ile sınır değerini üzerine çıktığı gözlenmektedir. Standartlarda HC emisyonunda ise 500 ppm olarak belirlenmiştir. Deney motorundan alınan maksimum HC emisyonu 125 ppm'dir. Ayarsızlıklar ise HC emisyonunu da artırıcı etkiler ortaya çıkarmaktadır.

Kent içi ulaşımında yasa düzenlemesi ile çevre havasını ve sağlığı etkileyen egzoz emisyonlarının azaltılması için kontroller yapılmakta ve çevre pulu verilmektedir. Emisyon sınırlama yasaları taşıt üreticilerini taşıt motorlarında emisyonu azaltıcı yapısal değişiklikler yapmaya zorlamıştır. Bu değişiklikler sonucu kullanım

alanındaki taşıtlar emisyon kontrollü ve emisyon kontrolsüz taşıtlar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bu taşıtlara çevre pulu verilirken taşıt motorunun rölanti devrinde ölçülen emisyon değerleri dikkate alınmaktadır. Bu uygulama kent içinde taşıtların yoğun olduğu bölgelerde emisyon yoğunluğunun azaltılmasına bir çözüm getirememiştir [34].

Ekonomik analizin yapılması ile ülke bütçesinden enerji kaynaklarına harcanan payın önemli ölçüde azaltılarak enerji tüketiminde tasarruf sağlanacağı deneysel ve analitik çalışmalar ile tespit edilmiştir. Bunun yanında onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların önemli ölçüde çevre kirliliğine neden olduğu ve bu taşıtların trafikten çekilmeleri ile çevre bilinci kapsamında önemli bir aşama kaydedileceği sonucuna ulaşılmıştır.

6. SONUÇLAR

Ülkemizdeki benzin tüketiminin eski model otomobillerle önemli ölçüde arttığı aynı zamanda düşük motor performansı, yüksek yakıt tüketimi ve emisyonu tespit edilmiştir. Bunlara göre onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların ülkemizde enerji harcamalarında sahip olduğu payın belirlenmesine ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. Eski model otomobillerin trafikten çekilmelerinin önemine vurgu yapılmıştır.

Bu çalışmada onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların ülke ekonomisine etkisinin analizi yapılmıştır. Bu analizin yapılması için klasik benzinli bir motorun, kurulan deney düzeneğinde ayarlı ve ayarsız konumda, yakıt sarfiyatı ve egzoz emisyonları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları yeni taşıtların katalog verileri ile karşılaştırılmıştır.

Onbeş yaşından büyük buji ateşlemeli motorlu taşıtların ayar değerlerinden birinin ayarsız olması halinde ortalama kütleli yakıt tüketiminin, genel bütçede enerji harcamalarına ayrılan 44 milyar TL arasında yer alan petrol ve petrol türevleri kalemini ortalama 5 milyar TL artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. 2009 yılının ülke genel bütçesi ise 248 milyar 759 milyon TL'dir. Bu durumda eski model taşıtlar genel bütçenin ortalama % 2 oranında enerji harcamalarını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yeni nesil 1,2 lt silindir hacimli benzinli taşıtlar 100 km'lik yol kat ettiğinde ortalama 6 lt tüm ayarları yapılmış eski model taşıtlar ise 10 lt yakıt tüketmektedirler. Bu sonuç, yeni nesil araçların yakıt tüketiminin % 40 tasarruflu olduğunu göstermektedir. Eski model taşıtların özellikle ateşleme sistemi, supap boşluk ayarı, buji tırnak aralığı, hava filtresi tıkanıklığı ve avans ayarı ayarsızlığı gibi problemleri nedeni ile 100 km'deki 10 lt'lik yakıt tüketiminin % 30'a yakın arttırdığı görülmüştür.

Ülkemizde buji ile ateşlemeli motorlarda benzine alternatif olarak LPG kullanılmaktadır. Klasik taşıtlarda kullanılan LPG sistemi motor emme manifoldu girişine konulan bir mikser ile hava-yakıt karışımı oluşturulmaktadır. Yeni nesil LPG sistemleri elektronik kontrol ünitesi ile çalıştığından LPG yakıtlı araçlar açısından da modern taşıtların avantajı ortaya çıkmaktadır.

Günümüz motorlarının kullanıcıların taleplerine daha iyi cevap verdiği sonucuna varılmıştır. Düşük yakıt tüketimi piyasada daha az yakıt ihtiyacı doğuracağından, enerji piyasasında yaşanan ve bütün dünya ülkelerini derinden etkileyen petrol üretiminin ve petrol fiyatlarının arz-talep şoklarından etkilenmemesi sağlanacaktır.

Günümüz benzinli motorlarında, egzoz emisyonları miktarının düşük yakıt tüketimi ile azaldığı görülmüştür. Böylece çevre kirliliğini önleme çalışmalarında yapılması gereken harcamalarda azalmaya neden olacaktır. Taşıt kaynaklı kirletici emisyon düzeylerinin düşmesi sağlık harcamalarının azalması ve insanların daha kaliteli yaşam olanaklarına sahip olabileceklerdir. Sera etkisi ve küresel ısınma gibi tüm ülkelerin ortak problemlerinin de taşıt kaynaklı olan bölümünün azaltılması bu konuda yapılan çalışmaları destekleyici nitelikte olacaktır.

Eski taşıtlar yerine yeni taşıtlar kullanılması ile oluşan düşük yakıt tüketimi devletin bütçesine ek yük getiren ham petrol ithalatını azaltacağından bütçenin yatırımları finanse etmesi mümkün olacak böylece ekonomik büyüme ve kalkınma sağlanacaktır. Tüketicinin akaryakıtı harcadığı tutarın azaltılmasıyla bireylerin ekonomik durumunda göreceli olarak iyileşme sağlanacaktır. Enerji kaynaklarının alımına ayrılan ödenek azalacağından bütçe aracılığıyla gerçekleşen yatırımlar artacak, sonuçta bütçe açığının azaltılması sağlanacaktır.

Bütün bunların yanında enerji kaynaklarının ithalatı için yabancı ülkelere ödenen döviz kaynaklarının ülke dışına çıkmaması ve dış ticaret açığının azaltılması sağlanacaktır. Eski model taşıtların trafikten kaldırılması için yapılacak hurda araç indirimi gibi yasal değişiklikler bir yandan akaryakıt tüketimini azaltarak ülke ekonomisinde tasarruf sağlarken diğer yandan yeni model araçların alımına teşvik

etmesiyle teknoloji kullanımının yaygınlaşması ve ülkede yaşayan bireylerin hayat standartlarının yükseltilmesi sağlanacaktır.

Bunlara ek olarak, yakıt maliyeti dışında klasik benzinli motorlarda modern motorlardaki gibi motorun durumu ile ilgili uyarı sistemleri bulunmadığından, arıza başlangıçları denetlenememekte, bunun bir sonucu olarak da gecikmiş bakım-onarımın çok daha yüksek maliyetlere sebep olabilmektedir. İşçilik ve yedek parça maliyetlerinin yanında taşıtın kullanılamaması nedeni ile de zaman ve iş kayıpları oluşturduğu için ekonomik bir gider olacaktır. Eski taşıtların ekonomik maliyeti yakıt ve bakım masrafları ile çok daha büyük olacak fert ve ülke mali zarara uğrayacaktır.

KAYNAKLAR

1. “Trafikte seyreden motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarının kontrolüne dair yönetmelik”. *Çevre ve Orman Bakanlığı*, (2007).
2. “PETDER 2009 Petrol tüketim raporu”. *Petrol Sanayi Derneği*, (2009).
3. Akbulut, O., “İçten yanmalı benzin motorlarında segman boşluğu ve yağ filminden kaynaklanan hidrokarbonların oluşum mekanizmasını incelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2001).
4. Akgün, F., “Buji ile ateşlemeli bir motorda supap zaman değişiminin performans ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).
5. Balki, M.K., “Buji ile ateşlemeli motorlarda farklı sıkıştırma oranları kullanımının performans ve emisyonu etkisinin incelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, (2005).
6. Uzun, B., “Hava filtresi tıkanıklığının egzoz emisyonuna etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2005).
7. Dinler, N., “Benzin motorlarında LPG kullanılması ve katalitik konvertör uygulamasının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2000).
8. Yenitepe, R., Akdeniz, B., “Motorlu taşıtlarda yakıt ekonomisi ve işletme şartlarının performans etkileri ” *5. Uluslar arası ileri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’ 09)*, (2009).
9. Daloğlu, Ş., “Endüstriyel enerji verimliliği metodolojisi ve çimento sektöründeki uygulaması”. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
10. Batmaz, İ., “Benzin motorlu taşıtlarda hız-yakıt ekonomisi ilişkisinin deneysel olarak incelenmesi ” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (1996).
11. Özen, M., “Karayolu ulaşımının hava kirliliğine etkileri ve çözüm önerileri” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).
12. Arslan, R., Karamangil, M. İ. ve Avcı A. "Emisyon Ölçüm Cihazlarının Kullanımına Ait genel Problemler ve Çözüm Önerileri”, *6. Uluslararası Yanma Sempozyumu*, 389-394, (1999).

13. Sekmen, Y., “Buji İle Ateşlemeli Motorda Sıkıştırma Oranının Değiştirilebilir Hale Getirilmesi ve Performansa Etkisinin İncelenmesi”. Doktora Tezi **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2003).
14. Çınar, C., Sekmen, Y., Akbaş, A., “Buji ile ateşlemeli motorlarda kısmi gaz kelebek açıklığında LPG kullanımı üzerine deneysel bir araştırma” **Teknoloji Dergisi** Ankara, 69-74, (2001).
15. İnternet: Öztürk, M., TBMM Çevre Komisyonu Başkanvekili, “Bir Taşla İki Kuş”, http://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/komisyonlar_sd.komisyon_bilgi?p_kom_kod=10, (2009).
16. İnternet: www.sahakk.sakarya.edu.tr/.../tasarim-sunum-16-Ocak-2009.ppt.
17. Pulkrabek, W.W., “Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine”, **Prentice-Hall**, New Jersey, 35-55, (1997).
18. Borat, O., Sürmen, A., “İçten Yanmalı Motorlar”, **Teknik Eğitim Vakfı Yayınları**, Cilt 1, Ankara, 63-72, (1992).
19. Kutlar, O. A., Ergeneman, M., Arslan, H. ve Mutlu, M., “Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 88-104, (1998).
20. “TOMDER 2009 yılı taşıt sayıları” **Tüm Otogaz Montajcıları Derneği**, (2009).
21. Fiat Panda 1.2 lt Taşıt Kataloğu, **FIAT**, (2008).
22. Ford-Fiesta 1.4 lt Taşıt Kataloğu, **Ford Otosan**, (2009).
23. Ford Fiesta 1.6 lt Taşıt Kataloğu, **Ford Otosan**, (2008).
24. Volkswagen Passat 1.8 lt Taşıt Kataloğu, **Doğuş Otomotiv**, (2008).
25. Ford Mondeo 2.0 lt Taşıt Kataloğu, **Ford Otosan**, (2007).
26. İnternet: <http://www.bumko.gov.tr/TR/Genel/Default.aspx?F6E10F8892433CFFA AF6AA849816B2EFCAC44E48D9FD67C0> (2009).
27. Fiat 124 Taşıt kataloğu, **Fiat** (1985).
28. Sun MGA 1200 Egzoz Gaz Analiz Cihazı Kullanım Kılavuzu, **Sun MGA**
29. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, Model Yıllarına Göre Motorlu Taşıt Sayısı, http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=52&ust_id=15, Ankara, (2009).
30. Yüce N.A., “Modern Otomobil Teknolojisi”. **Shell Türkiye**, İstanbul, 49-52, (2006).

31. Özdoğan, A., “Supap Ayarları”, *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Ders Araç ve Gereçleri Makine Eğitim Merkezi Müdürlüğü*, Ankara, 15-20, (1988).
32. OSD, Otomotiv Sanayi Genel ve İstatistik Bilgiler Bülteni, İstanbul, 16-19, (2009).
33. **İnternet:** Çevre Mühendisleri Odası, “Euro Egzoz Emisyon Normları” e-kutuphane.cmo.org.tr/pdf/1248.pdf , (2010).
34. Erşan,K., “Taşıt Emisyonu ve Kontrolü”, *Ankara Trafik Vakfı Dergisi*, Ocak-Şubat, (2008).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ZORKOÇ, Mehmet
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20.12.1969, Zile
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (356) 317 50 78
Faks : 0 (356) 317 50 79
e-mail : m_zorkoc@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Fırat Üniversitesi / Makine Eğitimi	1992
Lise	Zile EML.	1986

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1993-2009	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce, Fransızca