

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

792 33

TAŞITLARDA YAKIT EKONOMİSİNE BAĞLI
OLARAK HAVA KİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ VE
AZALTILMASININ ARAŞTIRILMASI

Makina Mühendisi İbrahim EREN

F.B.E.Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan DENİZ

Doç. Dr. Haban KALELİ

Y. Doç. Dr. Nurten Vardar

İSTANBUL, 1998

79233
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KURULUŞ BAKANLIĞI
KURULUŞ MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. BENZİNLİ MOTORLARDA YAKIT EKONOMİSİNİ KONTROL EDEN PRENSİPLER	7
2.1 Giriş	7
2.2 Tanımlar	7
2.3 Yakıt Isıl Değeri.....	8
2.4 Motor Verimi.....	9
2.4.1 Hava çevrimi.....	10
2.4.2 Yakıt hava çevrimi.....	13
2.4.3 Simulasyon motor çevrimleri	18
2.4.4 Gerçek çevrim ve eşdeğer yakıt-hava çevrimi arasındaki farklılıkların sebepleri.....	18
2.4.5 Gerçek çevrim ve eşdeğer hava çevrimi arasındaki farklılıkların diğer sebepleri.....	20
2.4.6 Pompalama kayıpları	23
2.4.7 Ateşleme zamanı	27
2.4.8 Motor haritası.....	28
2.5 Araç Verimi	29
2.5.1 Transmisyon verimi ve dizayn oranları.....	30
2.5.2 Araç yol yükü.....	33
2.5.3 Soğuk başlangıç (Soğuk ilk hareket).....	37
2.5.4 Aksesuar (Teçhizat).....	38
2.5.5 Emisyon kontrolleri.....	38
2.6 Seyir Anında Ortam Sıcaklığı.....	39
2.7 Yakıt Ekonomisi Kazancı İçin Potansiyel Nedir?	39
3. MOTOR BENZİNİ ve SIKIŞTIRMA ORANININ OKTAN GEREKSİNİMİ ve YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	42
3.1 Giriş	42
3.2 Motor Benzini ve Performans Üzerindeki Etkileri	42
3.2.1 Uçuculuk	42
3.2.2. Yakıt uçuculuğu ve uçuculuğun soğuk ilk hareket (başlangıç) üzerindeki etkisi.....	44
3.2.3 Sıcak yakıt kullanılması	44
3.2.4 Isınma.....	46
3.2.5 Karbüratör buzlanması.....	47
3.2.6 Yakıt ekonomisi	49
3.2.7 Genel uçuculuk değerlendirmeleri.....	49
3.2.8 Vuruntu önleyici performansı.....	50
3.2.9 Temizlik ve güvenilirlik.....	53
3.2.10 Egzost emisyonları.....	54
3.3 Oktan Sayısı, Sıkıştırma Oranı ve Ekonomi.....	55
3.4 Tek Ekonomik Bir Ünite Olarak Araç ve Rafineri.....	61

4. BENZİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	67
4.1 Giriş	67
4.2 Özgül Kütle ve Net Volumetrik Isıl Değeri.....	68
4.3 Yakıt Uçuculuğu.....	72
4.4 Yakıt Viskozitesi.....	75
5. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE, KATKI MADDELERİNİN ETKİLERİ ...	77
5.1 Giriş	77
5.2 Vuruntu Önleyici Katkı Maddeleri	79
5.3 Oksit Önleyiciler.....	79
5.4 Buzlanmayı Önleyici Katkı Maddeleri.....	80
5.5 Ateşleme Kontrol Katkı Maddeleri	81
5.6 Karbüratör ve Giriş Sistemi Temzileyici Katkı Maddeleri	83
6. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE KARIŞIM HAZIRLAMANIN ETKİSİ.....	89
6.1 Giriş	89
6.2 Günümüzdeki Karbüratörlü Motorlarda Karışım Kalitesi.....	90
6.3 Silindirler Arasında Karışımın Kötü Dağıtımı.....	93
6.4 Soğuk Başlama (ilk hareket) ve Jiglenin Kullanılması.....	100
6.5 Yol Şartlarında, Motor Gücünün Yakıt Ekonomisi Üzerindeki Etkisi.....	101
6.6 Karışım Kalitesi ve Kısmi Yükte Yakıt Tüketimi.....	106
6.7 Karışım Kalitesi ve Tam Gazda Yakıt Tüketimi.....	108
6.8 Motorun Zayıf Karışımlarla Çalışması	111
6.9 İyileştirilmiş Karışım Hazırlama İçin Pratik Sistemler	113
6.10 Yakıt Püskürtme Sistemleri	116
6.11 Sonuç İfadeleri.....	120
7. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE ARAÇ BAKIMININ ETKİSİ.....	121
7.1 Giriş	121
7.2 Thornton Araştırma Merkezi (TRC) Testleri	122
7.2.1 Maksatlı bozukluklar (İşleyiş aksaklıkları).....	122
7.2.2 Maksatlı bozuklukların (işletme aksaklıkları) sırası ile kaldırılması - Vauxhall Victor	125
7.2.3 Motor ayarlanması	125
7.2.4 Kullanımdaki araçların ayarlanması durumu	129
7.3 Diğer Benzer Çalışmalar	131
7.3.1 Champion buji şirketi.....	131
7.3.2 Rolantide karışım zenginliğinin önemi	133
7.3.3 Ayarlamalardan elde edilen yakıt ekonomisi kazançları: Amerika Tecrübesi	133
7.3.4 Lastik seçimi etkileri.....	134
7.4 Sonuç İfadeleri.....	136
8. EMİSYON KONTROLLERİNİN YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	138
8.1 Giriş	138
8.2 Araç Yakıt Ekonomisinin Tarihi Araştırması.....	139
8.2.1 Amerika deneyimi.....	139
8.2.2 Avrupa deneyimi	146
8.3 Sadece Egzost Emisyon Kontrol Önlemlerinin Yakıt Ekonomisi Üzerinde Etkisi	147

8.3.1 Egzost kirleticileri.....	147
8.3.1.1 Kurşun	147
8.3.1.2 Karbonmonoksit	148
8.3.1.3 Hidrokarbonlar.....	149
8.3.1.4 Nitrojen oksitler.....	150
8.3.1.5 Sülfat sülfürler	151
8.3.2 Egzost emisyon kontrol sistemleri.....	151
8.4 Sonuçlar	155
9. YAKIT EKONOMİSİNİN ÖLÇÜMÜ	157
9.1 Giriş	157
9.2 Kontrolsuz Yol Testlerinde Ölçüm	158
9.2.1 Tekrar üretilebilirlik (Tekrarlanabilirlik).....	159
9.2.2 Yakıt sağlanması.....	159
9.2.3 Maliyet	160
9.2.4 Doğruluk.....	160
9.3 Kontrollü Yol Testlerinde Ölçüm	161
9.4 Yolda Kullanılan Araçlarla Pist Testlerinde Ölçüm.....	164
9.4.1 Yol pist testleri.....	164
9.4.1.1 Üreticilerin testleri.....	164
9.4.1.2 Otomobil Mühendisleri Birliğinin Etkisi	165
9.4.1.3 Thornton araştırma merkezinde (TRC) yol testleri	167
9.4.1.4 Sabit hız yol testleri.....	168
9.4.2 Tüketilen yakıtın ölçümü	171
9.5 Şasi Dinamometresinde Kullanılan Araçlarla Yapılan Test Periyodlarındaki (çevrimlerindeki) Ölçüm	172
9.5.1 Şasi dinamometresi test çevrimleri (periyotları)	172
9.5.2 Şasi dinamometre testlerinde tüketilen yakıt ölçümü	176
9.5.2.1 Hacimsel (volumetrik) metodlar	176
9.5.2.2 Gravimetrik (ağırlıksal) metodlar.....	177
9.5.2.3 Karbon denge metodu	177
9.5.2.4 Metodların karşılaştırması.....	179
9.5.3 Yakıt ekonomi ölçümünde şasi dinamometresi	181
9.5.3.1 Test çevrimi.....	181
9.5.3.2 Yol şartlarının taklidi (simülasyon)	183
9.5.4 Şasi dinamometresi üzerinde ölçülen yakıt ekonomisi test çevrimleri farklılıkları ve yol ölçümleri ile bir karşılaştırma.....	186
9.5.5 Şasi dinamometresi ve yol pist testinin karşılaştırmalı avantaj ve dezavantajları.....	190
9.6 Tezgah Motor Testlerinde Yakıt Ekonomisi Ölçümü.....	192
9.7 Sonuç İfadeleri.....	194
10. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE KARTER YAĞLAYICILARININ ETKİSİ .	
10.1 Giriş.....	195
10.2 Saha Araştırması	197
10.2.1 Temel sıvıların viskozitesinin azaltılmasının etkisi	198
10.2.2 Sürtünme azaltıcı katkı maddelerinin kullanılmasının etkisi	202
10.3 Sonuçlar	203
11. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE TRANSMİSYON YAĞLAYICILARININ ETKİSİ	204

11.1 Giriş.....	204
11.2 Aks Yağlaması ile İlgili Yakıt Ekonomisi (Araç pist testi).....	204
11.3 Yağ Viskozitesi ve Performans Etkili Katkı Maddesi Seçiminin Aks Verimi ile İlişkisi (Ekipman Testleri).....	210
11.4 Otomatik Transmisyon Yağlayıcılarının Yakıt Ekonomisi ile İlişkisi (Araç Pist Testi).....	213
11.5 Araç Üreticileri Tarafından Yapılan Aks Yağlayıcıları ile İlişkili Yakıt Ekonomisi Üzerindeki Çalışmalar.....	217
11.6 Sonuçlar	217
12. MOTORLU TAŞITLARDAN OLUŞAN HAVA KİRLİLİĞİ ve GİDERME YÖNTEMLERİ.....	219
12.1 Giriş.....	219
12.2 Egzost Gazlarından Kaynaklanan Kirlilik	220
12.3 Egzost Gazlarından Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi.....	228
12.4 Sonuç.....	230
13. TAŞIT EGZOSTUNDAN KAYNAKLANAN KİRLETİCİLERE ETKİ EDEN FAKTÖRLER	232
13.1 Motor İçinde Oluşan Kirletici Maddeler ve Oluşum Nedenleri	232
13.1.1 Karbonmonoksit (CO).....	232
13.1.3 Hidrokarbonlar (HC)	233
13.1.4 Partiküller (İs)	233
13.1.5 Kükürtdiokit (SO ₂).....	234
13.1.6 Kurşun ve kurşunlu bileşikler.....	235
13.2 Motorun Yapısal Özelliklerinin Etkisi.....	235
13.2.1 Yanma odası şekli ve yüzey / hacim oranı	235
13.2.2 Sıkıştırma oranı (ε).....	239
13.2.3 Emme kanalı şekli.....	240
13.2.4 Sübap zamanlaması	241
13.2.5 Ateşleme sistemi (buji sayısı, konumu ve tipleri).....	241
13.2.6 Yakıt püskürtme şekli.....	246
13.3 Taşıt motorunun bakım ve ayarının egzost emisyonlarına etkisi	247
13.3.1.1 Hava yakıt oranı	250
13.3.1.2 Ateşleme avansı.....	252
13.3.1.3 Kesici kontak (platin) aralığı.....	253
13.3.1.4 Bujilerin ve yüksek gerilim kablolarının durumu	253
13.3.1.5 Piston silindir grubundaki aşınmalar	254
13.3.1.6 Yanma odası cidarlarındaki birikimler	254
13.3.2 Diesel motorlarında bakım ve ayarın egzost emisyonlarına etkisi.....	255
13.3.2.1 Hava yakıt oranı	255
13.3.2.2 Ağır hizmet taşıtlarında motordan hareket alan yardımcı elemanların bakımı	259
13.3.3 Taşıt aktarma organları ile ilgili bozukluklar	259
13.3.4 Kullanım şeklinin motorlu taşıtların yakıt tüketimine ve egzost emisyonlarına etkisi.....	260
13.3.4.1 Boşta çalışma rejimi (rölanti).....	261
13.3.4.2 Hız kesme rejimi	263
13.3.4.3 Sabit hız rejimi.....	264
13.3.4.4 İvmelenme (hız arttırma) rejimi.....	267

14. OTTO MOTORLARINDA EGZOST EMİSYONLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ VE KONTROL UYGULAMALARI	268
14.1 Giriş.....	268
14.2 Silindir İçi Kontrol	268
14.2.1 Kademeli dolgu yöntemi.....	268
14.2.1.1 Ön Yanma Odalı Motorlar.....	269
14.2.1.2 Bölünmüş yanma odalı motorlar.....	269
14.2.1.3 Açık yanma odalı motorlar.....	270
14.2.2 Azotoksit kontrolü	271
14.3 Katalizatörler.....	276
14.3.1 Katalizatörlerin yapısı.....	278
14.3.1.1 Seramik monoblok taşıyıcı matrisli katalizatörler	278
14.3.1.2 Küresel tanecikli katalizatörler	279
14.3.1.3 Metal Monoblok Taşıyıcı Matrisli Katalizatörler.....	282
14.3.2 Egzost gazlarının katalitik arıtılmasında kimyasal reaksiyonlar	282
14.3.3 Üç yollu katalitik konvertörler.....	285
14.3.3.1 λ Sensörü ve Çalışma Prensibi	285
14.3.3.2 Katalitik konvertör ve λ sensörünün bileşimi.....	287
14.3.3.3 Katalitik konvertör ve λ sensörünün montaj yerleri.....	289
14.3.3.4 Katalitik konvertör etkinliğini korumak için alınabilecek önlemler	289
14.3.4 Oksidasyon konvertörü	290
14.3.5 Çift yataklı konvertör.....	292
14.4 Otto Motorlarında Egzost Emisyonunu Azaltma Yöntemlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması	293
15. DİSEL MOTORLARINDA EGZOST EMİSYONLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ ve KONTROL UYGULAMALARI	295
15.1 Giriş.....	295
15.2 Silindir İçi Kontrol	295
15.2.1 Ön yanma odalı motorlar	296
15.2.2 Azotoksit kontrolü	301
15.2.3 Yakıtta su ilavesiyle isin azaltılması.....	301
15.2.3.1 Kimyasal kinetik etkiler	304
15.2.3.2 Fiziksel kinetik etkiler	305
15.3 Silindir Dışı İş Kontrolü	306
15.3.1 Rejeneratif iş filtreleri	309
15.3.1.1 Yekpare Yakıcı Sistem.....	310
15.3.1.2 Yekpare yakıt katkı sistemi	313
15.3.1.3 Katalitik kafes tel sistemi.....	314
15.3.1.4 Silis lifli silindirik yüzey katalizör sistemi.....	314
15.3.2 Topaklama filtreleri.....	317
15.3.2.1 Elektrostatik topaklama	317
15.3.2.2 Mekanik topaklama	320
15.4 Diesel Motorlarında Egzost Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerinin Karşılaştırılması	324
16. SONUÇLAR	326
KAYNAKLAR	328
ÖZGEÇMİŞ	329

ÖZET

Yakıt ekonomisi dünyada azalan petrol rezervlerinden dolayı çok önemli bir hale gelmiştir. Ayrıca hava kirliliğinde artışa neden olduğu için araçlardan kaynaklanan zararlı egzost emisyonlarının azaltılması da önem kazanmıştır. Yakıt ekonomisinin sağlanması ve zararlı egzost emisyonlarının azaltılması bazen birbirine ters düşmektedir. Bunun için bunlar arasında bir optimizasyona gidilmesi şarttır. Örneğin sıkıştırma oranı artırıldığında yüzey / hacim oranı ve alev sönüm bölgesi büyüyeceğinden HC emisyonları artacaktır. Ancak ısı verimi arttıracığından, NO_x emisyonları da artacaktır. Ancak ısı verimi arttıracığından, özgül yakıt tüketiminde bir düşme görülmektedir. Bu çalışmada görüleceği gibi; yakıt ısı değeri, motor verimi, pompalama kayıpları, ateşleme zamanı, araç verimi, transmisyon verimi, araç yol yükü, soğuk ilk hareket, aksesuar, emisyon kontrol sistemleri, ortam sıcaklığı yakıt uçuculuğu, temizlik, oktan sayısı, sıkıştırma oranı, yakıt viskozitesi, katkı maddeleri, yakıt karışım kalitesi, yakıt püskürtme sistemleri, araç ve motor ayarları, lastik seçimi, yağlayıcılar vb. gibi birçok faktör, hem yakıt ekonomisini hemde egzost emisyonlarını etkilemektedir. Ayrıca sübap bindirmesi, ateşleme sistemlerindeki bujinin yeri, silindir başına buji sayısı, bujinin cinsi (soğuk veya sıcak buji), hava fazlalık katsayısı, ateşleme avansı, kesici kontak aralığı, yanma odası şekli, motor, piston ve silindir aşınması ve yüzeylerde oluşan tortunun oluşturduğu etkiler, yakıt ekonomisi ve egzost emisyonlarını çok ciddi biçimde etkilemektedir. Mesela motorun aşınması (piston ve silindir grubu), sınır seviyeye geldiğinde zararlı egzost emisyonları % 50, yakıt tüketimi % 15 artmaktadır. Ateşleme avansı arttırıldığında motor gücü bir miktar artar, ancak yakıt tüketimi ve egzost emisyonlarında da artma artma görülür. Ateşleme avansı azaltıldığında, NO_x azalır ancak yakıt tüketimi artar. Diğer etkenlerde bu çalışma içerisinde detaylı olarak incelenmiştir. Oluşan egzost emisyonlarını azaltmak için; silindir içi kontrol uygulamak (kademeli dolgu, önyanma odalı motor, bölünmüş yanma odalı motor, açık yanma odalı motor kullanımı ile), katalizatörler ve katalitik konvertörler kullanmak mümkündür.

Anahtar kelimeler : Yakıt ekonomisi, egzost emisyonu, hava kirliliği, katalitik konvertörler, viskozite

ABSTRACT

Nowadays, fuel economy is getting important because of decreasing World petrol reserves. Besides, reducing exhaust emissions gets important from increasing air pollution. Sometimes, fuel economy and reducing exhaust emissions are against. That's why optimisation should be made. When compression ratio is increased, not only fuel heating value is increasing and specific fuel consumption is decreasing but also HC emissions is increasing and combustion chamber temperature is increased, so that NO_x emissions are increasing. It can seem from this study that fuel heating value, motor efficiency, pumping losses, spark timing, vehicle efficiency, vehicle road load, cold start, accessories, emission control systems, ambient temperature, fuel volatility, cleanliness and reliability, octane number, compression ratio, fuel viscosity, additives, mixture quality, use of the choke, fuel injection systems, vehicle and engine tuning, tyre selection, lubricants effect both fuel economy and exhaust emissions. In addition valve super position, space of spark plug in the ignition systems, number of the spark plug in each cylinder, kind of spark plug (hot or cold), air excess coefficient, spark advance (spark retard), contact breaker setting, shape of combustion chamber, engine, piston and cylinder wear, deposit influence exhaust emissions and fuel economy when engine wear reaches limited level, harmful exhaust emissions rises 50 %, and also fuel consumption rises 15 %. When spark advance increases, the engine power a little rises. However, both fuel consumption and exhaust emissions increase. If spark advance decreases amount of NO_x emissions will decrease but fuel consumption will increase. The other factors are examined in this study. It is possible that inside cylinder control and catalyst are used to decrease exhaust emissions.

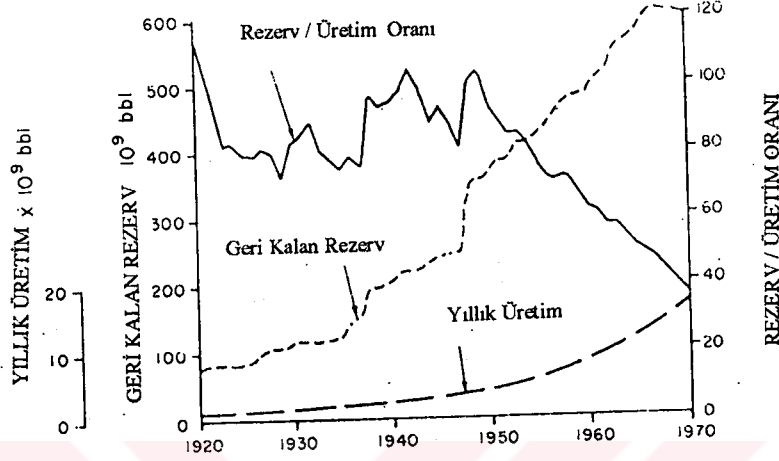
Key words : Fuel economy, exhaust emissions, air pollution, catalyst, viscosity.

1.GİRİŞ

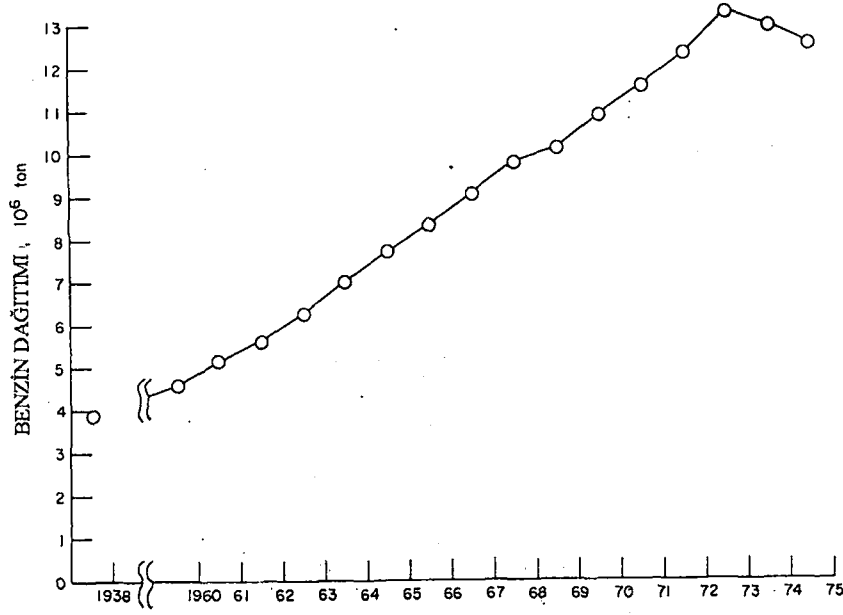
Araçlarda yakıt ekonomisi son zamanlarda çok önemli bir hale gelmiştir.1973 yılındaki savaştan sonra OPEC ülkelerindeki ham petrolün değeri artmıştır. Tüketime bağlı olarak 1949'dan bu yana petrolün yıllara göre rezerv oranında ciddi bir azalma olmuştur.Bu azalmanın gelişen teknoloji ve tüketime bağlı olarak keskin bir şekilde devam edeceği aşikardır. Artan talep üzerine 1975 li yıllarda rezerv / üretim oranı 30.5 seviyelerine kadar inmiştir. Ulaşım sektöründe kullanılan kömür ve gaz gibi yakıtların kullanımının azalması petrole olan talep ve bağımlılığı arttırmıştır. Endüstri ve ev sektöründe diğer yakıtların yerine petrol ve türevleri kullanılmaya başlayınca sınırlı olan rezervler göz önünde bulundurulunca her alanda özellikle motorlu taşıtlarda yakıt ekonomisi büyük önem kazanmıştır. Unutulmamalıdır ki yakıt ekonomisi motor - yakıt kombinasyonunda verim üzerinde oldukça etkilidir.

Geçmiş ile günümüz kıyaslanacak olursa taşıt motorlarında büyük gelişme yaşanmıştır. Bu gelişmelerin ilk basamağı 1885 yılında kıvılcım ateşlemeli motorların tahrik ettiği taşıtların görülmesi ile başlamıştır. 1915'te başlayan 1. Dünya savaşının getirdiği zorunluluk araçlarda büyük gelişmelere sebep olmuştur. Bütün sürüş şartlarında ciddi çalışmalar yapılmıştır. Sürüş keyfi ve rahatlık bu periyottan önce en fazla etki uyandıran objeydi. Savaşla birlikte araçların gücü çok önemli bir konuma gelmiştir. 1915 – 1965 yılları arasındaki dönemlerde güç arttırımı motor gelişme ve çalışmalarında en önemli konu olmuştur. 1960' lı yıllarda teknolojinin gelişmesi, kullanılan araç sayısının artması sonucu çevreye atılan atıklar ciddi bir hava kirliliğine neden olmuş bu yıllardan sonra araçlardaki çalışmalar, daha düşük zararlı gaz emisyonlarının araçlardan nasıl sağlanabileceği üzerinde yoğunlaşmıştır.Yaklaşık on yıllık sürenin en büyük çalışmaları ve gelişmeleri araçlardaki kirliliğe neden olan etmenleri azaltmak olmuştur. 1973 Ekim savaşlarından sonra ise taşıtlarda yakıt bulunamadığından, azalan rezervlerden dolayı taşıtlarda yakıt ekonomisi en önemli olay olmuştur. İleriki yıllarda anlaşılmıştır ki iyi bir araçta uygun bir sürüş için 4 şart aranmalıdır. Yüksek güç, ağırlık oranı (düşük ağırlık), düşük emisyon ve iyi yakıt ekonomisi. Bu öncüller paralelinde bu tezde; önce yakıt ekonomisini etkileyen faktörler, yakıt ekonomisini sağlamak için yapılması gerekenler, yakıt ekonomisini ölçmek için Amerika ve Avrupa'nın çeşitli yerlerinde değişik yol şartlarında yapılan çalışmalar ve

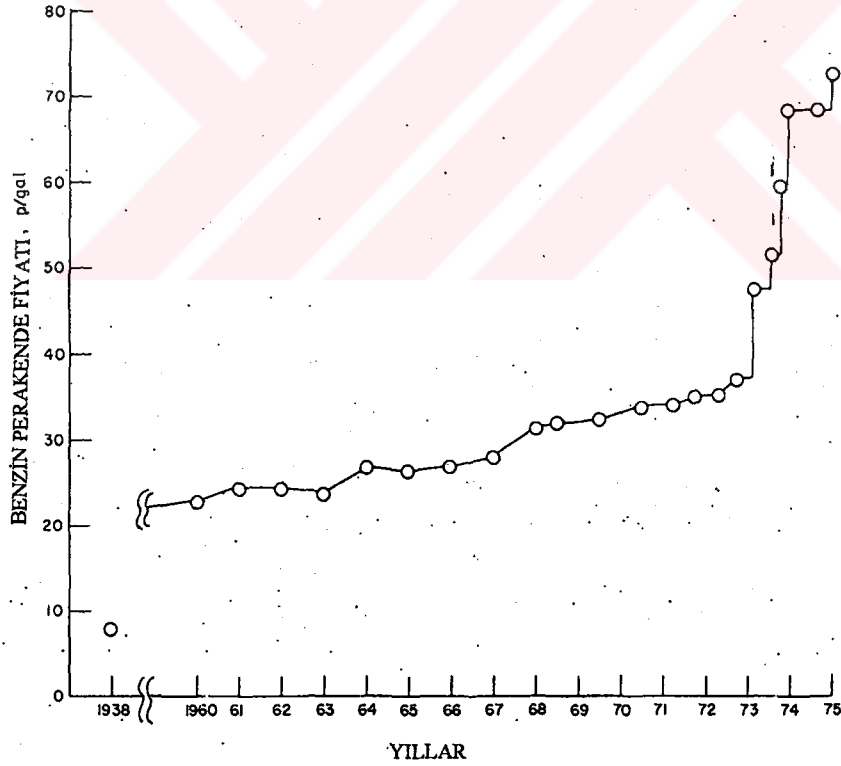
deneyler, egzost emisyonları ve yakıt ekonomisi arasındaki ilişki, otto ve diesel motorlarında oluşan egzost emisyonlarının nedenleri ve bunları azaltmak için kullanılan yöntemlere geniş oranda yer verilmiştir. Hem en düşük emisyon hem de en düşük yakıt ekonomisi sağlamak harzaman mümkün olmayacağından bunlar arasında bir optimizasyona gitmek en mantıklı yoldur.



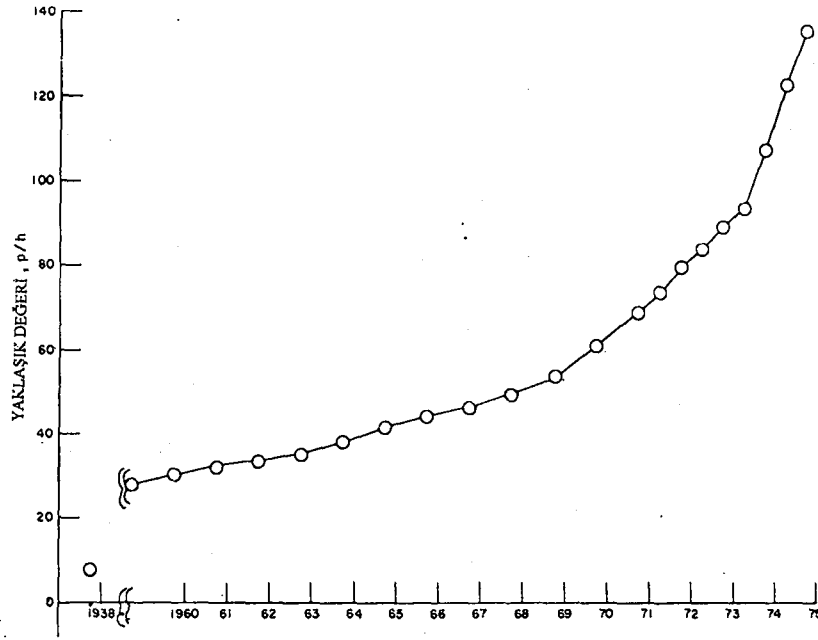
ŞEKİL 1.1 Yıllık üretim, geri kalan rezerv ve rezerv / üretim oranı (Geograph. J. 1972)



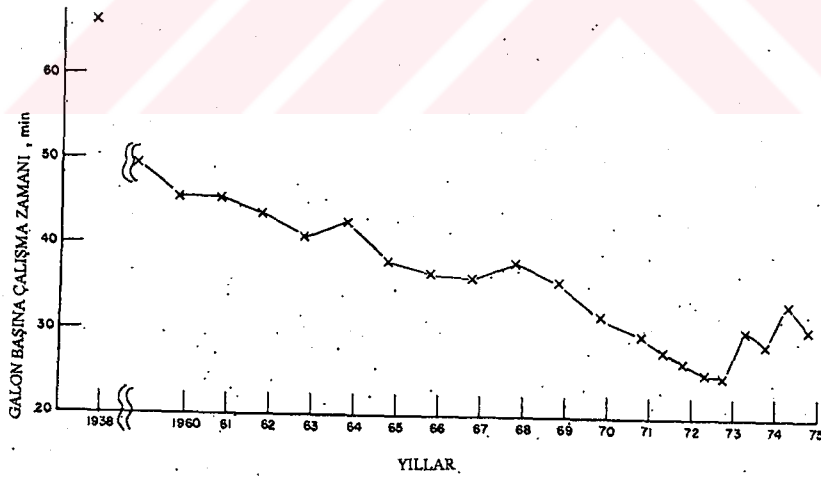
ŞEKİL 1.2 GB için benzinli motor ve motorsikletlerde yakıt harcamı
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



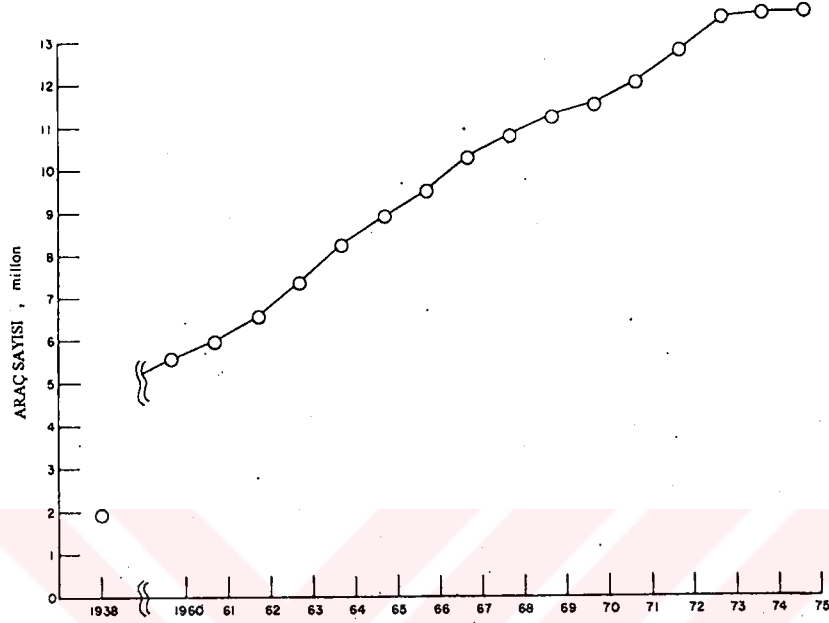
ŞEKİL 1.3 GB için benzin perakende satış fiyatı
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



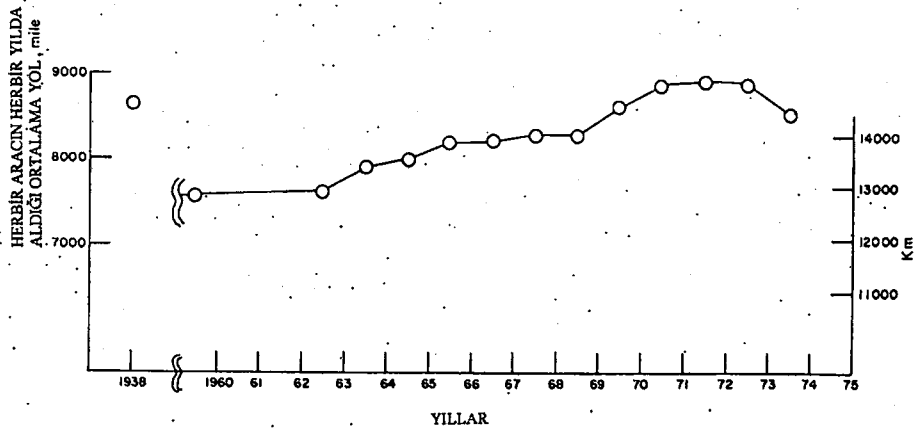
**ŞEKİL 1.4 GB (Britanya) için el işçilerine verilen yaklaşık ücret
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)**



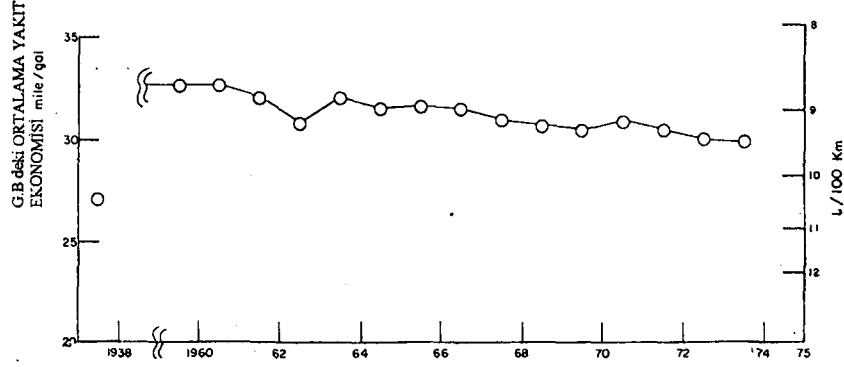
ŞEKİL 1.5 Bir galon (3.78 litre) benzin satın almak için GB'de gereken çalışma zamanı (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



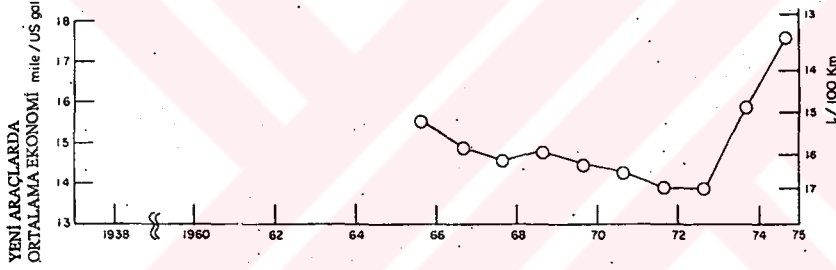
ŞEKİL 1.6 GB için kullanılan şahsi araç sayısı
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



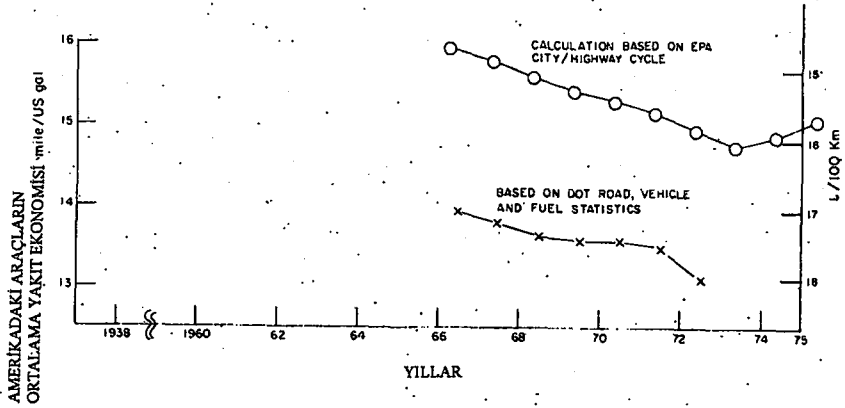
ŞEKİL 1.7 GB'de bir arabanın ortalama aldığı yol
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 1.8 GB'deki araçlarda yıllara göre ortalama yakıt ekonomisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 1.9 Amerikan araçlarında ortalama yakıt ekonomisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 1.10 Amerikadaki araçlarda ortalama yakıt ekonomisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

2. BENZİNLİ MOTORLARDA YAKIT EKONOMİSİNİ KONTROL EDEN PRENSİPLER

2.1 Giriş

Günümüzde yolcu vasıtalarının büyük kısmında güç ünitesi olarak hala benzinli motorlar kullanılmaktadır. Adının da çağrıştırdığı gibi motorun temel fonksiyonu kullanıcının istediği zamanlarda ona güç sağlamaktır. Halihazırdaki politik ve ekonomik etkenler güç ünitesinin verimli bir hale getirilmesine olan ilgiyi odak noktası haline getirmiştir.

Benzinli motorların yakıt enerjisini mekanik işe ne kadar iyi dönüştürebileceği bir çok pratik etkene bağlıdır.

2.2 Tanımlar

Sabit hız ve yükleme durumunda bir motorun yakıt tüketiminin ölçümünde kullanılan doğru ve yaygın birim, efektif özgül yakıt tüketimi (bsfc)'dir. Bu dinamometre freni ürünü üzerinde ölçülen güç (bsfc) ya da mekanik etkiyi göz önünde bulundurmeyen indike özgül yakıt tüketimi (isfc) ile irtibatlıdır. Buna göre,

$$bsfc = \frac{M_f}{P_b} = \frac{Sabit}{Q_c \times \eta_b} \quad (2.1)$$

M_f = Benzinin kütle akım oranı

P_b = Fren gücü

Q_c = Tüketilen yakıtın kütleli ısı değeri

η_b = motor çalışma sürecinde fren termal verimidir.

Bsfc bir motorun yakıt tüketiminin pratik ölçümü iken, aşağıdaki ifade de kullanılır:

$$isfc = \frac{M_f}{P_i} = \frac{Q_c}{\eta_i} \quad (2.2)$$

P_i = İndike güç

η_i = İndike termal verim

Yakıt tüketiminde daha yaygın bir ölçüt ise hacimsel olarak :

$$Yakıt ekonomisi = \frac{Mesafe}{Hacim} = \frac{P_b \cdot \rho_f \cdot K}{M_f} = K \cdot \rho_f \cdot Q_c \cdot \eta_b = K \cdot Q_{cv} \cdot \eta_b \quad (2.3)$$

ρ_f = Benzin özgül kütlesi

K = Taşıtın kullanımı tarafından belirlenen parametrelerdir

Q_{cv} = Tüketilen yakıtın hacimsel ısı değeri

Yakıt tüketimi; yakıt ısı değerine, motor verimliliğine ve kullanıma göre değişen araç verimliliğine bağlıdır.

2.3 Yakıt Isıl Değeri

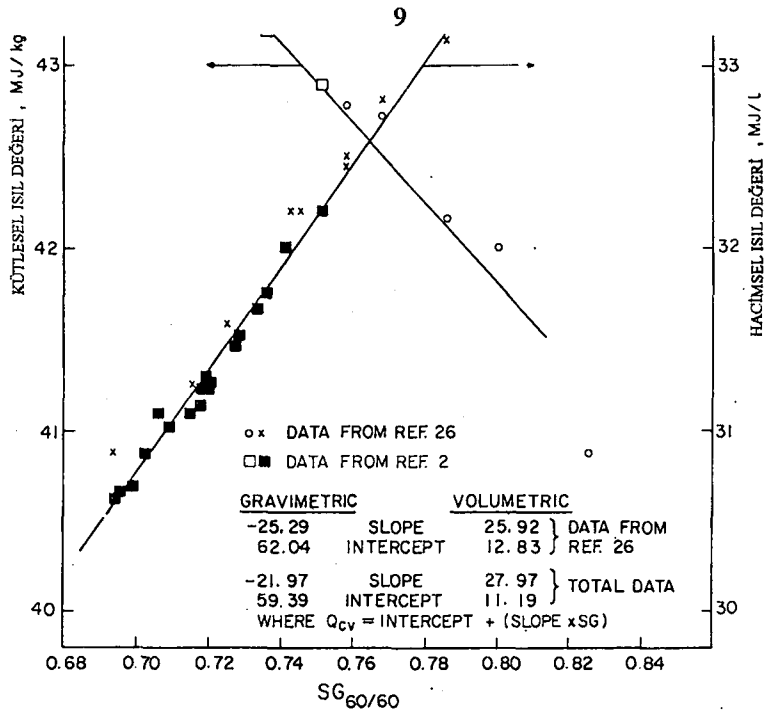
Tipik benzinler için hacimsel ısı değeri küçük miktarlarda değişir. Şekil 2.1, belirli bir özgül kütleye karşı farklı tipteki benzinler için alt hacimsel ısı değerlerinin grafiksel olarak gösterimidir. Aradaki lineer ilişki şöyle gösterilebilir :

$$Q_{cv} = 1.2 + (28.0 \times SG) \text{ MJ / l}$$

Özgül kütlesi büyük olan yakıtlar, daha yüksek hacimsel ısı değeri verirler. Gravimetrik ifadelerle Şekil 2.1 'deki ilişki yer değiştirmiştir. Bu değişim motor yakıt tüketimi bulgularını belirli yakıt özgül ağırlıklarına bağlı kılar. Bunun için bu tip motor bilgilerini eşdeğer hacimsel terimlere dönüştürürken dikkatli olunmalıdır.

Benzin ısı değerinin bu etkisi çok sık telafuz edilmesine rağmen ve tamamen ısınmış haldeki motorlardaki farklı yakıtlar için verilen yakıt tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmasına rağmen, bu kesinlikle aracın sahip olduğu tam gerçek ya da imkan dahilindeki yakıt etkisi değildir. Yakıt sıvılarının ve katkı maddelerinin etkileri bilinmektedir ve diğer yakıtla ilgili özelliklerden kaynaklanan küçük ama daha fazla etkenin özellikle de aracın ömrü boyunca yakıt tüketiminin zamana bağlılığı düşünüldüğünde anlaşılması mümkündür. Farklı yakıt tüketiminin etkisi ile yakından ilgili olan diğer bir etken karbüratörde yapılan ölçümlere yakıt özelliklerinin tesiridir. Bir çok karbüratör yakıt özelliklerine benzer tepkilerde bulunmasına rağmen farklı etkiye sahip olan istisnalar da vardır.

Bir yakıtın ısı değeri kavramı oldukça açık olarak anlaşılmasına rağmen onun ölçümü oldukça zordur. Bir bomba kalorimetresinin kullanımı bu noktada uygundur ve bir gazın renksel analizinin yapılması için aşağı yukarı 200 su bileşeninin bilinen değerlerinin toplamı ile elde edilen benzin ısı değerini elde etmek için bir çok farklı ve yararlı metod geliştirilmiştir. Şekil 2.1 'deki bilgiler bunun sonucu elde edilmiştir.



ŞEKİL 2.1 Bütün yakıt türlerinde benzinin özgül ağırlığı (SG)' na göre alt ısıl değer değişimi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

2.4 Motor Verimi

Benzinli motorlardaki dönüşüm, ideal hava ortamı üzerine bir kaç kabullenme yapılmış üzerine dayandırılmaktadır. Ve dolayısı ile motorun termodinamiği matematiksel olarak açıklanabilmekte ve motorun özellikle verimi ve güç üretimi açısından genel karakteristiği hakkında iyi bir fikir edinilebilmektedir. Ama bu kabullenmeler ve sonuç olarak ortaya çıkan analizler ne kadar basit olursa sonuçların hatalı olması ihtimali o kadar artar ve böylece işlemin termodinamiği üzerinde yakıt ve tüketim ürünlerinin etkilerinin kapsanması ile dönüşüm analizi yıllar içerisinde sürekli iyileşmiştir. Günümüzde yakıt tüketim sürecinin kinetiği üzerinde model çalışmaları yapılması araştırmacıları meşgul etmektedir ve ağırlıklı olarak da eksoz emisyonları tahminleri üzerinde çalışılmaktadır.

Benzin motorlarında sağlanan net verim % 20-28 diesel motorlarından sağlanan net verim % 30 – 33 mertebelerindedir. (Gemi Diesel motorlarında % 50.5'lere kadar ulaşmıştır.) Diesel motorlarında verimin daha yüksek olmasının nedeni daha yüksek sıkıştırma oranıyla çalıştırılabilmesidir. Sağladıkları yüksek verim nedeniyle diesel motorları taşıt tahrikinde benzin motorlarına göre tasarruf açısından mutlak üstünlük sağlamaktadır. (Yavaşlıol, 1984)

2.4.1 Hava çevrimi

Eğer çalışma ortamı oda sıcaklığında havanın moleküler ağırlığı ve özgül ısısı mükemmel bir gaz olursa ve ortamın sabit hacimde ünite başına hava kütesine belirli miktarda ısının eklendiği bir çevrimden geçtiği kabul edilirse ortaya çıkan verim şöyle olur: (*)

$$\eta_i = 1 - r^{1-\gamma} \quad (2.4)$$

r = sıkıştırma yada genişleme oranı γ = özgül ısı oranı (oda sıcaklığında 1.40'tır.)

$$\gamma = C_p / C_v$$

Bu çevrimin verimi sadece sıkıştırma oranına bağlıdır ve Şekil 2.3 'te belirtildiği gibi çevrim ilave ısı ve başlangıç basıncından, hacim ve sıcaklıktan bağımsızdır.

Bu çevrimdeki ortalama indike efektif basınç (imep) kolayca şöyle gösterilebilir:

$$\text{imep} = \frac{Q' \cdot p_i}{T_i(1-r^{-1})} \eta \quad (2.5)$$

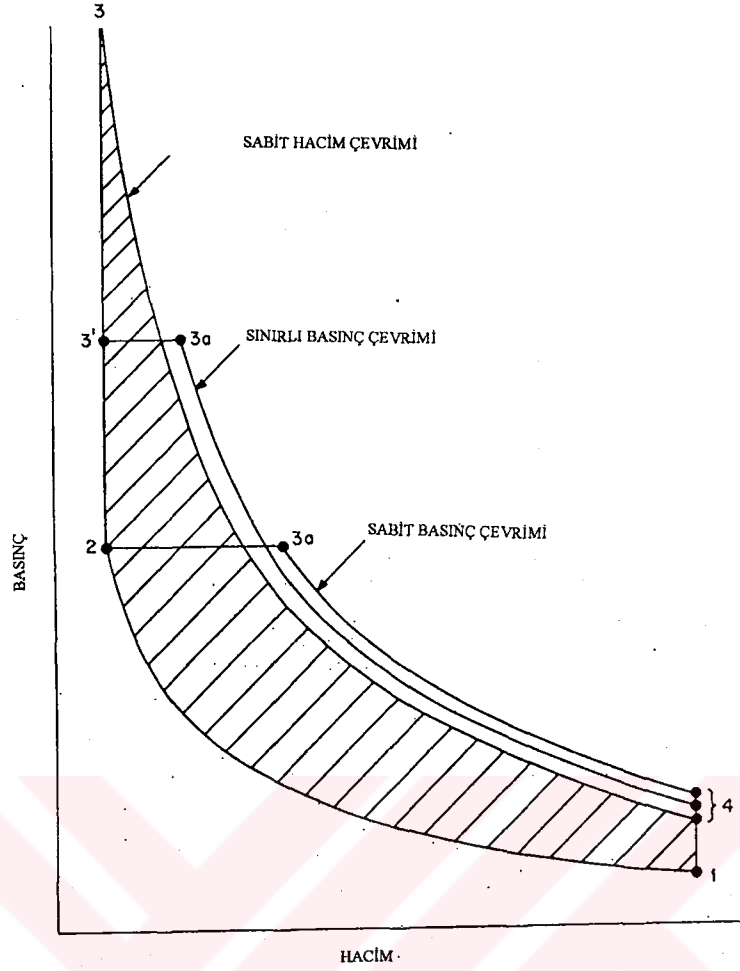
$$\text{imep} = \frac{Q' \cdot p_i(1-r^{1-\gamma})}{T_i C_v (\gamma - 1)(1-r^{-1})} \quad (2.6)$$

Q' = Birim gaz kütesi için eklenen ısı

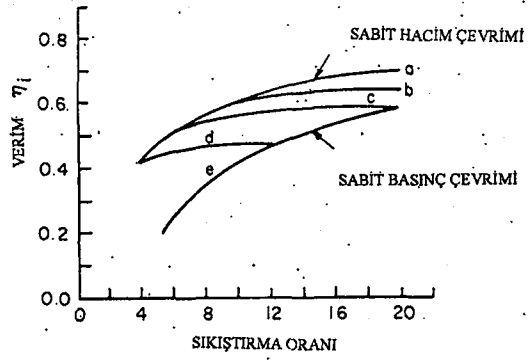
Sadece r yada γ ya bağlı olan verim formülünün tersine, bu formül imep'nin direkt olarak Q' , r , P_i (giriş basıncı) ve ilk formülün aksine C_v , γ , T_i (giriş sıcaklığı)'ye bağlı olduğunu gösterir.

Temel dizayn anlayışının çok önemli bir özelliği imep'in maksimum basınca olan oranıdır. (imep / P_3) Çünkü bu temel olarak verilen maksimum basınçta maksimum gücü belirler ve motor gücü, şekil olarak dayanması gerekli olan en yüksek basınçla ilgilidir.

* Böylesine bir analizin egzosta dışarıya atılan ısı enerjisi yada soğutucu tarafından kullanılmadığının göz önünde bulundurulmadığına dikkat edilmelidir. Genel olarak bu kullanım küçüktür ve araç ısıtma sistemi gibi yardımcılarla sınırlandırılmıştır. Ama bu enerjinin yanma işleminin verimini arttırmaya yardım etmek için kullanılabilmesi mümkündür. Örneğin turboşarjın egzost genişleticileri tarafından kullanım yaygınlaşmıştır. Ama sağlanan enerjinin araç motoruna tekrar yayılması oldukça zordur. Başka bir örnek egzost ısısının yakıt hava karışımı kalitesini arttırmak için kullanımıdır. Bir başkası ise ısıyı daha verimli motor ayarlanmasına imkan tanıyan gaz ürünlerin yakıt endotermik seviyesini arttırmak için kullanılmaktadır.



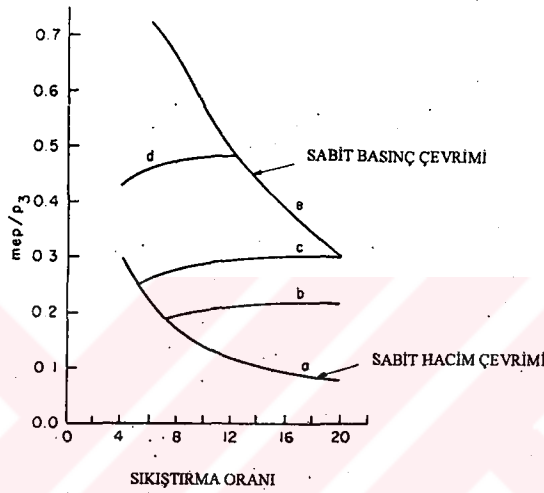
ŞEKİL 2.2 Sabit hacim çevrimi ile sabit basınç ve sınırlı basınç çevrimini karşılaştıran şematik P-V diagramı (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 2.3 Herbir sıkıştırma oranı için sabit hacim, sınırlı basınç ve sabit basınç hava çevriminin verimi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Eğri a: Sabit hacim çevrimi, Eğri b: Sınırlı basınç çevrimi $P_3 / P_1 = 100$, Eğri c: Sınırlı basınç çevrimi $P_3 / P_1 = 68$, Eğri d: Sınırlı basınç çevrimi $P_3 / P_1 = 34$, Eğri e: Sabit basınç çevrimi (Şekil 2.3 için)

Şekil 2.4 sıkıştırma oranı arttıkça $imep / P_3$ düşüşünü gösterir ve sıkıştırma oranı arttıkça bir motorun yapısının potansiyel maksimum gücünün nasıl önemli derecede azaldığını gösterir. Bu gerçek sıkıştırma oranı ile verim artımı olan pratik durumlarda göz önünde bulundurulmalıdır.



ŞEKİL 2.4 Şekil 2.3' teki çevrimler için ortalama efektif basınç maksimum basınca oranı (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Bu çevrim analizlerinin en önemli yanlarından biri farklı çevrimlerin kolayca karşılaştırılabilmesidir. Şekil 2.3 ve 2.4 sırası ile $imep$ 'yi sabit basınç çevrimi ve sabit hacim çevrimleri açısından gösterir. Açıkça, verilen bir sıkıştırma oranı için sabit hacim çevrimi sabit basınç çevriminden daha fazla verimlidir. Şekil 2.4 sabit basınç çevriminin oldukça büyük $imep$ oranına sahip olduğunu gösterir; yani bu herhangi bir motor yapısı için daha büyük güç üretim kapasitesi demektir.

Diesel motor çevrimi sınırlı basınç çevrimi ile daha iyi gösterilmesi sebebi ile bu durumda analiz edilmiştir.

İndike verim:

$$\eta_i = 1 - r^{1-\gamma} \frac{\alpha\beta^\gamma - 1}{(\alpha - 1) + \gamma\alpha(\beta - 1)} \quad (2.7)$$

$$\alpha = P_3 / P_2 \quad \beta = V_{3a} / V_3 \quad (\text{Şekil 2.2})$$

Bu verim Şekil 2.3 'te farklı P_3 / P_1 oranları için gösterilmiştir ve beklenildiği gibi aradaki eğriler sınırlı basınç çevrimi sabit hacime yaklaştıkça görülebilir. Bununla birlikte yüksek sıkıştırma oranlarında sınırlı basınç verimliliği r 'nin nasıl ortaya çıktığı kayda değerdir. Şekil 2.4 'te imep / P_3 ilişkisinde benzer ara eğrileri gösterir ki burada imep / P_3 sıkıştırma oranı ile orantılı olarak yavaş yavaş artar ve bu motor konfigürasyonu için sıkıştırma oranı ile küçük bir potansiyel güç kazanımını gösterir.

Tüm bu karşılaştırmalar eşit sıkıştırma oranlarında eşit miktarda ısı eklenmesi ile yapılmıştır. Eğer eşitlikler tersine çevrilir ve hesaplamalar denk maksimum basınçlarda eşit miktarda ısı eklenerek yapılırsa sabit hacim çevriminin daha düşük sıkıştırma oranına sınırlandığı ve aynı zamanda daha az verime sahip olduğu görülür. Sonradan sabit basınç çevriminde azalır. Benzer bir karşılaştırma eşit maksimum basınç ve çalışma ürünü olan durumda da görülmüştür. Yüksek sıkıştırma oranı olan diesel çevrimi, düşük sıkıştırma oranı olan Otto çevriminden daha fazla verimlidir. Ve karşılaştırma için başka bir temele, eşit maksimum sıkıştırma oranı ve basınç ile ulaşılmıştır. Bu kez sabit basınçta sabit hacim çevriminden daha fazla ısıya ihtiyaç duyulmuştur. Ama her iki çevrimde de aynı ısı çıkışına sahip olması sebebi ile sabit basınç çevriminin verim ve imep'si yine sabit hacim çevriminden fazla olmuştur.

Yukarıda bahsedilen üç temel karşılaştırma eşit sıkıştırma oranındaki bir karşılaştırmadan daha pratik bir noktaya yaklaşır ve bu da pratikte niçin diesel motorun iyileştirilmiş ekonomi önemli olduğunda daha tercih edilir olduğunu göstermektedir. Ama genel kullanım açısından dieseller yüksek sıkıştırma oranlarında çalışırlar (14:1 - 20:1) ve aynı zamanda daha yüksek maksimum basınçta - ve dolayısı ile gücünde - çalışır ve böylece motor ekstra üretim maliyeti dezavantajına rağmen benzinli motorla karşılaştırıldığında biraz daha verimlidir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

2.4.2 Yakıt hava çevrimi

Hava çevrimi simülasyonlarının önemli dezavantajlarından biri çalışan sıvının termodinamiğinin özellikle de özgül ısısı açısından oldukça basite indirgenmiş olmasıdır. Gerçekte bu büyük ölçüde sıcaklığa (Şekil 2.5) ve dolayısı ile γ 'e (Eşitlik 2.4) bağlıdır.

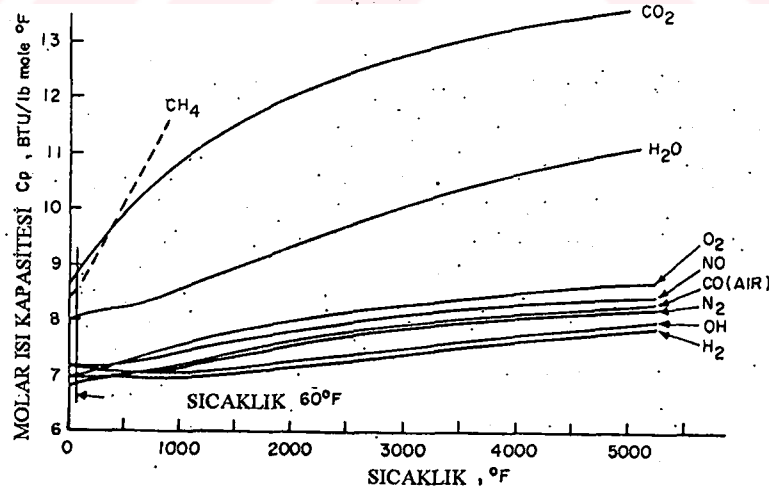
Şekil 2.6 havanın değişen özgül ısısı modele uygulandığı zaman 8:1 'lik bir sıkıştırma oranı ile indike verim 0.570'ten 0.494'e düşer.

Bununla birlikte simülasyonu daha ileri götürmek için çevrimin tüm kısımlarında çalışan akışkana yakıt ve onun ürünlerinin yaptığı termodinamik farkının göz önünde bulundurulması gereklidir. Yakıt hava çevrimi şu şekilde gerçekleşir.

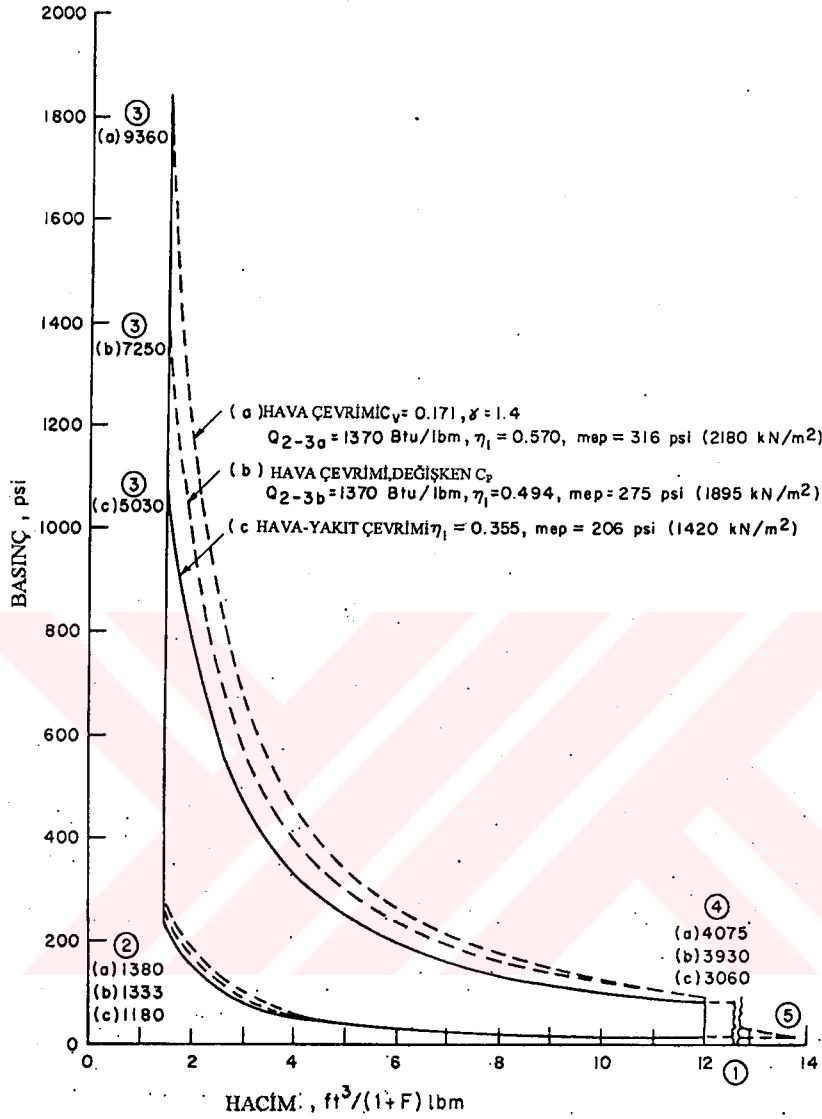
(i) Sıkıştırma stroku ile yanmamış hava, havadaki su buharı ve artık gazla karışır ve nokta 2'ye kadar adiyabatik olarak sıkışır. Bu hem yakıtın özgül ısısı, buharlaşmanın gizli ısısı hem de hava, artıklar ve su buharı gibi etkenlerde bileşenleri ve termodinamik özellikleri bilmeyi gerektirir. (1 → 2 Şekil 2.2)

(ii) Bu karışım sabit hacimde yakılır. (2 → 3 Şekil 2.2' deki) Sabit hacimde yanma ısısı, yanabilir karışımın her bir molekülü için ürün modelleri üretimini ve bu ürünlerin özgül ısısını bilmeyi gerektirir.

(iii) Yanmanın sıcak dengelenmiş ürünleri adiyabatik olarak genişler ve bu genişlemenin hesaplamaları da yapılmıştır. (3 → 4 Şekil 2.2)



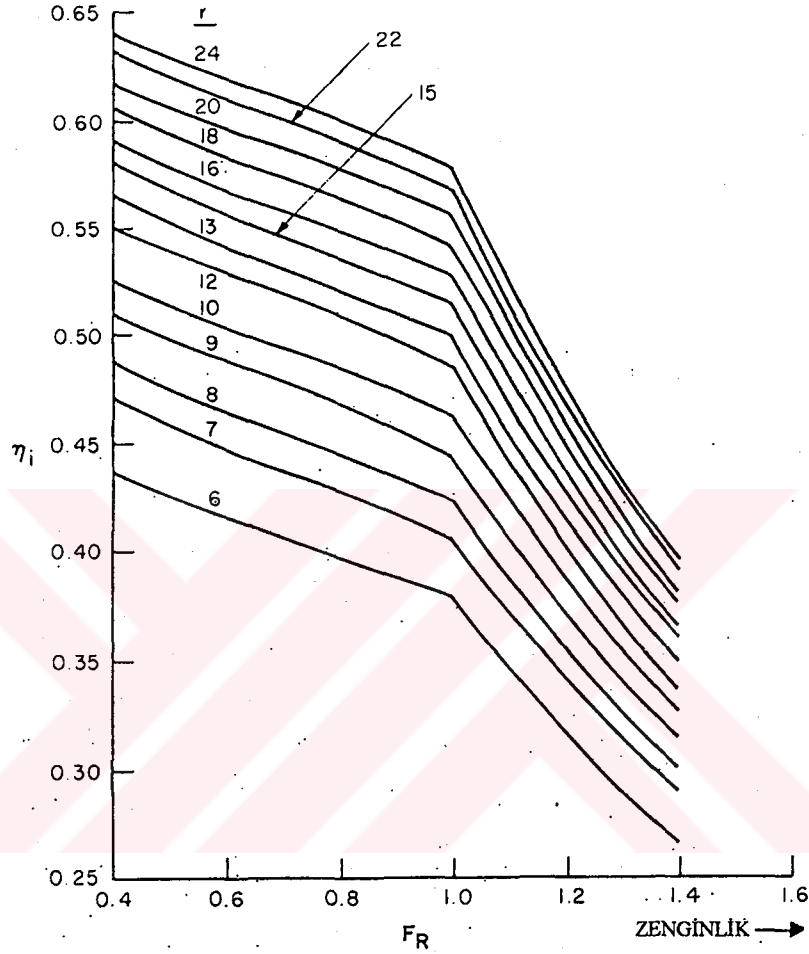
ŞEKİL 2.5 60 °F' nin üzerindeki gazların sabit basınçta molar ısı kapasitesi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
 (1 Btu / lb mol ° F = 1.292 Kj / mol K ; 1 °F veya 1 °R = 0.555 K)



ŞEKİL 2.6 Sabit hacimde yakıt hava çevrimi ve hava çevriminin karşılaştırılması
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
 ($r = 8$; $F_R = 1.2$; $p_1 = 14.7$ psi , $T_1 = 600$ °R , $f = 0.05$; yakıt oktani, C_8H_{16} ; her bir bölümdeki sayılar , °R cinsinden sıcaklık dereceleridir. 1 psi (lb / in²) = 6.89 kN / m² ; 1 ft³ = 2.83 × 10⁻² m³ ; 1 Btu / lb = 478 J / kg ; 1 °R = 0.555 K)

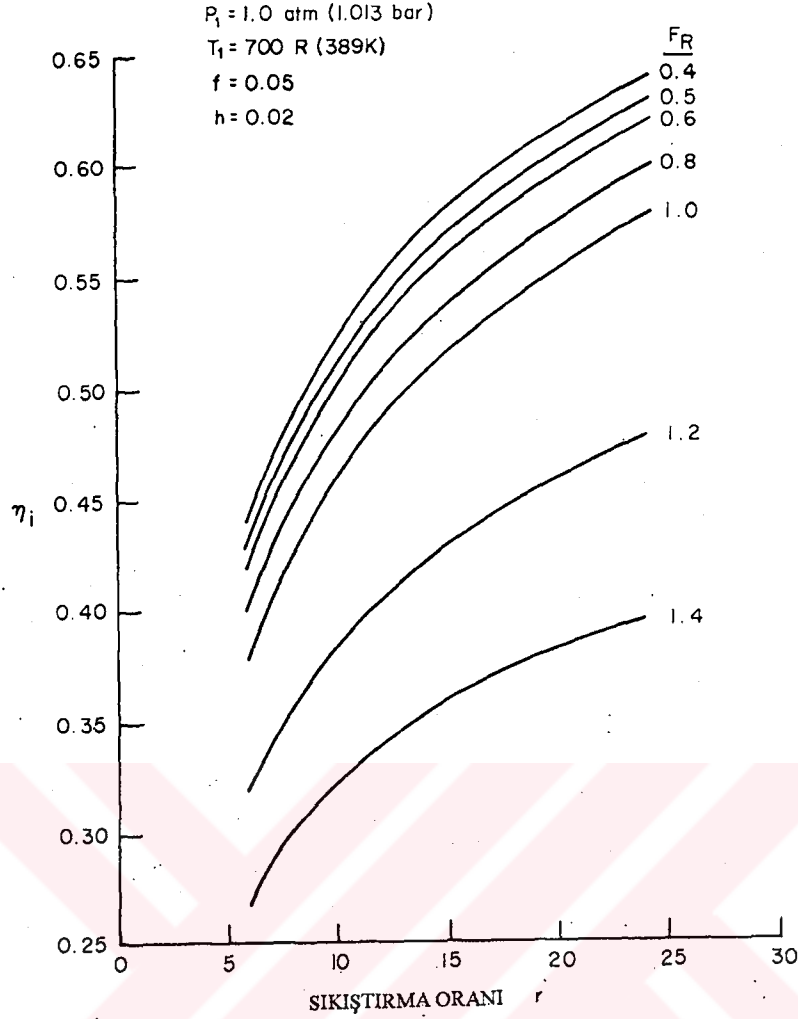
Bu uygulamanın bir termodinamik uygulama olduğu unutulmamalıdır. Bu uygulama ne reaksiyonun sınırlı oranlarını ne de boşluktaki etkilerin önemini dikkate alınmamıştır. Bu uygulama da merkezdeki ani yanma ve çevrim boyunca duvarlarda ısı kaybı olmadığı varsayılmıştır. Burada Taylors tarafından ; F : Hava / yakıt oranı , F_C = Hidrokarbonsuz yakıtta stokiometrik yakıt hava oranı, Karışım zenginliği $F_R = F / F_C$ olarak alınmıştır.

Şekil 2.6 indike verim üzerinde yakıt ile ilgili faktörlerin işaretlenmiş etkilerini gösterir. 8:1 ' lik sıkıştırma oranındaki verim; değişken özgül ısılu hava çevrimi için 0.494 'ten oktan ve havadan oluşan zengin karışımda 0.355'e düşer.



ŞEKİL 2.7 1 - Oktan yakıt için sabit hacim yakıt-hava çevriminde karışım zenginliği ile verim değişimi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

İndike verim üzerinde hem karışım zenginliği hem de sıkıştırma oranının güçlü etkilerinin önemi Şekil 2.7, ve 2.8 'de gösterilmiştir. Karışım bir tarafa meylettikçe sıkıştırma oranının tüm değerleri için verim artmaya devam eder, ve bu yakıt oranı sıfıra yaklaştıkça yakıt-hava çevriminin hava çevrimine doğru ilerleyen yaklaşımına bağlanabilir. Verim-sıkıştırma oranı bağlantısı karışım meylettikçe daha fazla etkilenir gözüksede oransal açıdan gerçekte bu bağlantı sabittir.



ŞEKİL 2.8 1 – Oktan yakıt için sabit hacim yakıt-hava çevriminde sıkıştırma oranına göre verimdeki değişme (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Tablo 2.1 Farklı sıkıştırma ve yakıt hava oranlarının, termal verim üzerindeki etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Sıkıştırma oranı	Hava çevrim verimi η_i	Yakıt-hava çevrim verimi $F_R =$				
		0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
7.0	0.540	0.448	0.428	0.403	0.340	0.287
8.0	0.565	0.470	0.449	0.423	0.357	0.300
9.0	0.585	0.488	0.467	0.442	0.372	0.312
10.0	0.602	0.503	0.483	0.459	0.385	0.322
11.0	0.617	0.517	0.496	0.473	0.396	0.330
12.0	0.630	0.530	0.508	0.486	0.406	0.338

Tablo 2.1, Şekil 2.7 ve 2.8'in kolay kullanım açısından sayısal bilgilerini açıklar. Tabloda 8:1 sıkıştırma oranındaki stokiometrik karışımda olan bağıl değişmeler de hesaba katılmıştır ki bu karışım zenginliği ya da sıkıştırma oranındaki değişimlerden elde edilecek teorik kazançların bağıl büyüklüğünü gösterir.

2.4.3 Simulasyon motor çevrimleri

Simulasyon motor çevrimleri alanında bilgisayarın kullanılmaya başlanması ile çok önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Özellikle alev yayılma oranı ve ısı transferi etkileri zamana bağlı olaylarda tatminkar sonuçlar elde edilmese de denenebilmiştir. Ve tüm etkenlerin hız, piston hareketi, yanma odası şekli, buji bağlantı yeri, ateşleme avansı, motor hacmi, strok çap oranı, mekanik sürtünme, pompalama kayıpları gibi motor değişkenleri ile ilişkisi anlaşılmıştır. Bu çalışmanın sonucu, motorların sayısal olarak verim, imep ve emisyon açısından daha iyi etüd edilebilmesi başarılmıştır. Ama verim, sıkıştırma oranı ve karışım zenginliği gibi yukarıda bahsedilenler açısından eğilimleri değiştirmemiştir.

2.4.4 Gerçek çevrim ve eşdeğer yakıt-hava çevrimi arasındaki farklılıkların sebepleri

Gerçek çevrimin karşılaştırmasının yapılabileceği teorik ölçüt eşdeğer yakıt-hava çevrimidir. Her iki çevrimde de benzer dolgu bileşenleri ve yoğunlukları sağlandıktan, gerçek çevrime eşdeğer bir çevrim kurulduktan sonra yakıt-hava çevrimi açısından hesaplamalar yapılır.

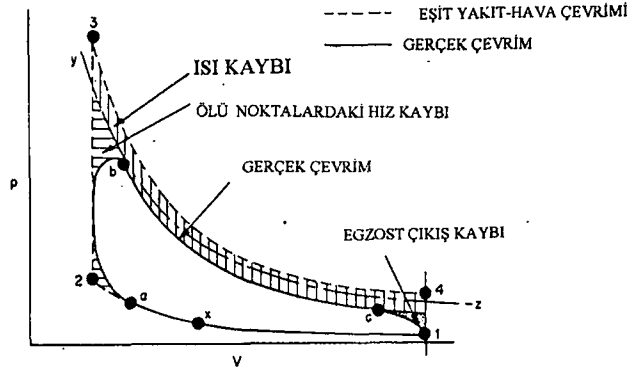
Şekil 2.9 Eşdeğer yakıt-hava çevrimleri ile gerçek çevrimlerin indikatör diyagramını ve olası kayıpları gösterir.

a) Eksoz kayıpları olur; çünkü eksoz sübabı eksoz atımını kolaylaştırmak için alt ölü noktadan önce açılır. Bu kayıp Taylor'a göre %2'dir.

b) Sınırlı piston hız kayıpları olur (Piston ölü nokta kayıpları); çünkü yanma işlemi daima zaman alır ve bu işlem boyunca piston üst yüzeyi, üst ölü noktadan uzaklaşmış olur. Yani ulaşılması gerektiği halde çalışma esnasında pistonun üst yüzeyinin ulaşamadığı noktalar güç kaybına neden olmaktadır. Bu p-v şemasının düzeltilmesine sebep olur.

Taylor bu kayıpları %6 olarak tahmin etmektedir. Taylor bu kayıpları yanmanın ilerlemesine atfeder ve ihmal edilebilir kayıplar olarak değerlendirir. Sonuç olarak tekrar sıkışma ve genişleme ile ilk yanma safhası tarafından yapılan iş biraz artmıştır. Ve son yanma safhası biraz düşük iş ile dengelenmiştir.

c) Çevrimin verimini etkileyen ısı kayıpları, sadece sıkıştırma ve genişlemede olur ve bu üst ölü noktaya yakın yerlerde en büyük halde olur.



ŞEKİL 2.9 Hesaplanmış eşdeğer yakıt-hava çevrimi ile gerçek bir çevrimdeki kayıpların karşılaştırılması
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Piston ölü noktalarındaki hız kaybı ile ısı kayıplarının paylarının gösterilmesi :

(b noktası y-z izentropik eğrisi içinde ; a – b eğrisi sınırlandırılmış piston hızından dolayı oluşan ideal olmayan eğri ; b – c eğrisi genişleme boyunca ısı kaybından oluşan ideal olmayan eğri ; c-1 eğrisi egzost gazları çıkış kaybından kaynaklanan ideal olmayan eğri.)

P-V diyagramı sayısal olarak bu kayıpların büyüklüğünü ölçmeye yardımcı olur. Taylor bir örnekle indike verim için kayıplarda %12'lik bir değeri ve bir başkası için (hava soğutmalı motor) hemen hemen % 0 'lık bir değer verir. Ricardo ve Hempton'a göre bu kayıplar telafi edilebilecek olmasına rağmen %12 değerini verirler ve yüksek çevrim sıcaklıklarının özgül ısı artımını ve verim kazanımını %1.5'a düşüren çözünme kayıplarına sebep olacağını söylemektedirler. Onlar böylesi kayıpların motor çevriminde nispeten küçük rol oynadıklarını ve soğutucu ısı dengesinin egzost safhasında kaybolan ısı ile büyük irtibatı olduğunu söylemektedirler.

d) Diğer olası kayıplar bilinmekle birlikte, motor işletme şartlarının uygun olduğu durumlarda ihmal edilebilir kabul edilmiştir. Üfleme kayıplarına pistona yayılan darbeler ya da emme veya egzost sübapları tarafından sebep olunabilir. Egzost sübapı açıldığında yakıtı yakamamaktan kaynaklanan kayıplar küçüktür ve bu modern motorlarda bile yanmamış hidrokarbonun düşük egzost yaymasından anlaşılır. Pistonlar tarafından üretilen sürtünme ısısı kompleks bir faktördür. Çünkü bu tip kayıplar gösterilen ısısal verimi etkilemez, bunun yerine fren termal verimine katkıda bulunur.
(Blackmore ve Thomas, 1979)

Bununla birlikte en azından silindir çevresinde kısmen dolaşan ısı (Ricardo ve Hempson'a göre yakıtın tüm ısısının %1.5'e kadar olan kısmı ya da indike verimin % 4.5'i) ikinci derecede ama çok az bir ölçüde duvar ısısını ve ana ısı kaybını etkileyecektir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

2.4.5 Gerçek çevrim ve eşdeğer hava çevrimi arasındaki farklılıkların diğer sebepleri

Gerçek çevrimin verimliliği, genelde eşdeğer hava çevrimi ile kolayca hesaplanabilmesi sebebi ile karşılaştırılmıştır. Bu eşdeğer yakıt-hava çevriminin oldukça kolay elde edilebilirliği düşünüldüğünde bu çok geçerli bir karşılaştırma değildir. Ama farklılıkların incelenmesi yakıt-motor sistemlerinin davranışları için bazı temel sebepleri ortaya çıkarmaya yardımcı olur.

a) Özgül ısı sıcaklıkla artar. (Şekil 2.5) ve bu en çok su buharı ile birlikte telafi edilebilir. Bu mümkün olan maksimum sıcaklıkta çalışmanın istenildiğini gösterir.

b) Yüksek sıcaklıklarda moleküllerin kimyasal çözünümü ve sonuçta ısısının çok miktarda absorbe edilmesi; sıcaklık ve basınçta düşme ideallüğün kaybolmasının başka bir sebebidir. Ricardo ve Hempson verim kaybı açısından bu etkinin büyük olmadığına ama bir etkinin olduğuna ve CO₂ ve H₂O'da bu etkiden önemli ölçüde bahsedilebildiğine işaret ederler. Bu sonuç H₂O'nun CO₂'ye göre özgül ısı dezavantajını dengeler ve geniş ölçüde bu termal veriminin yakıt bileşenlerinden neden az etkilendiğini açıklayan sebeptir.

c) Gerçek yakıt-hava sistemleri için ürün mole kazancı, (Product mole yield) tam birlik gösteremesede oldukça uyumludur. Karışım zenginliği arttıkça artar. Bu gerçek sistemler için biraz verim artışı ve güç üretimi meydana getirme etkisine sahiptir. Bir çok hidrokarbon yakıtları için ürün mole kazançlarında çok küçük farklılıklar vardır; yakıtın yanma odasına sıvı yada buhar şeklinde girmesine bağlı olan sadece küçük bir etkisi vardır.

Eşdeğer hava çevriminin verimi şu formülle hesaplanır:

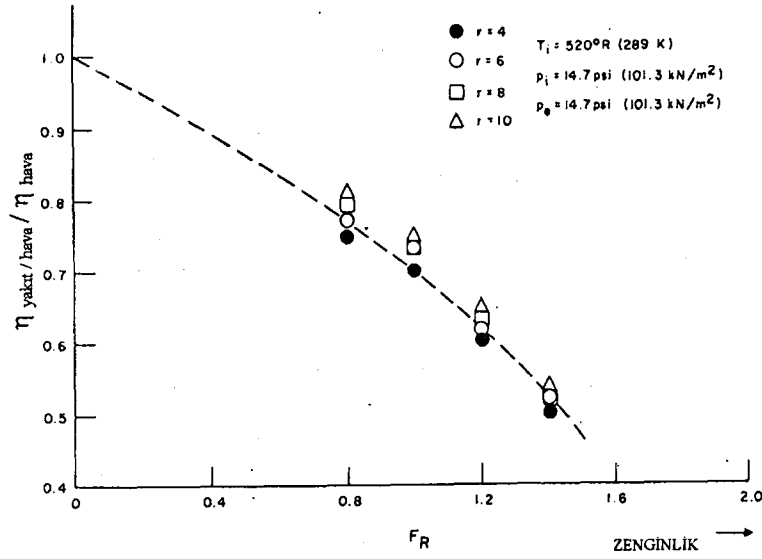
$$\eta_i = 1 - r^{1-\gamma} \quad (2.4)$$

Yanma işlemi ile alakalı tek değişken özgül ısı oranı γ olduğundan gerçek çevrimlerin verimini yukarıdaki eşitliklerle ama γ için biraz değişiklik yapılmış bir değerle tanımlamak uygun bulunmuştur. (Mesela oda sıcaklığında 1.21 yerine 1.396 değeri alınır.) Buna alternatif olarak yakıt-hava karışımının sıkışması esnasında bir γ (1.33) ve ürünlerin genişlemesi esnasında başka bir değer (1.55 – 1.25) kullanılarak işlemi tanımlamak için denemeler yapılmıştır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Bu yaklaşım nitelik olarak yararlı olsada onun sayısal bir tahmin için zayıf olduğu, egzost gazı resirkülasyonu (EGR) etkisi için yapılan iddialarda iyice gösterilmiştir. EGR gazlarının hava yada yakıt hava karışımından daha yüksek özgül ısı ve düşük γ değeri ve genişleme sürecinde yanmış akışkan ile aynı γ değeri alacak olmasına rağmen EGR'nin asıl etkisi maksimum çevrim sıcaklığını düşürmek; bu suretle γ 'e daha yüksek etki değeri vermek ve neticede iyileştirmiş verim sağlamak olduğu iddia edilmiştir.

Yakıt-hava çevrimleri üzerinde hesaplamalar yapılabilir. Taylor, %5 ile %10 arasındaki egzost artıklarının sadece küçük sıcaklık azalmasına ve η_i 'de sadece 0.355'ten 0.348'e küçük bir düşüğe sebep olduğunu söylemektedir. Açık bir şekilde asıl durum ateşleme hızındaki azalma gibi diğer faktörlerle beraber dönüşen gazın sıcaklığı tarafından kontrol edilmekte ve ekstra ısı kayıpları olmaktadır. Sadece daha hassas modeller bu çatışan etkenlerden hangisinin daha baskın olduğunu gösterecektir.

Hava çevrimlerinin kullanımının getirdiği bir özellik, Şekil 2.7 ve 2.8'den görüldüğü gibi sıkıştırma oranının artmasından kaynaklanan ciddi kazançtır. Caris ve Nelson 17:1' lik oranın en yüksek verim için sıkıştırma oranı olduğunu göstermiştir ve bu uygun yakıtın hazırlanması ile mümkündür. (Gerçekte bunu hazırlamak oldukça zordur.)



ŞEKİL 2.10 Sıkıştırma oranından bağımsız karışım zenginliği zayıfladıkça verimdeki kazancı gösteren hava çevrimi ile ilişkili yakıt-hava çevrimi veriminin karışım zenginliği ile ortaya çıkan değişimi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Bu kısıtlama sürtünmedeki artıştan değil, yanma oranından kaynaklanmaktadır. Bunun ısı kayıplarına, alevlerin sönmesinde artışa sebep olan artmış yüzey hacim oranı ile yakından ilgili olduğu tespit edilmiştir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Başka bir özellik yakıt-hava karışımı verimi, nihayette hava çevriminin verimine sürekli yaklaştıkça ortaya ciddi bir kazanç çıkar. Motor ve yakıt dizayncıları için bunun ne kadar imkan dahilinde olduğu, önemli bir sorundur, ama motorun zayıf yanma kapasitesi arkasında şu nedenler vardır:

(i) Karışımın hacimsel homojenliğinin önemi

(ii) Kontrollü karışım türbulansına gereksinim, Çünkü yüksek hız benzinli motorun varlığı, yüksek hız tarafında üretilen artan türbulansın alev üzerindeki hızlanma etkisine bağlıdır. Çok fazla miktardaki türbulans seviyesi kıvılcım ateşlenmesini etkileyebilir ve bu suretle motorda zayıf karışım yanma limitini kısıtlar.

(iii) İyileştirilmiş ateşleme sistemlerinin karışımın yanma kabiliyetine yardımcı olabileceği gerçeği.

(iv) Yanma odası dizaynı özellikleri, önemli ölçüde zayıf karışım yanma limitini, soğutulacak yüzeyler, HC ve NO emisyonları ve oktan gereksinimi gibi diğer özellikleri etkiler.

2.4.6 Pompalama kayıpları

Bir çok benzinli motorda zamanın önemli bir dilimi, kısmi açık gaz keleşi (kısmi gaz) durumunda harcanır. ve bu bölgedeki verim gerçekten önemlidir. Fren termal verimi η_b , indike verimden daha çok ilişkilidir.

$I_{mep} = b_{mep} + f_{mep}$ ve $f_{mep} = p_{mep} + r_{mep}$ olduğu zaman ilişkilidir.

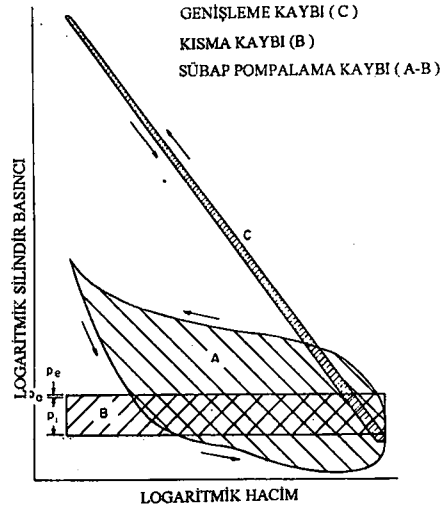
F_{mep} = sürtünme ortalama etkin basıncı

P_{mep} = pompalama ortalama etkin basıncı

R_{mep} = yardımcı ortalama etkin basıncı

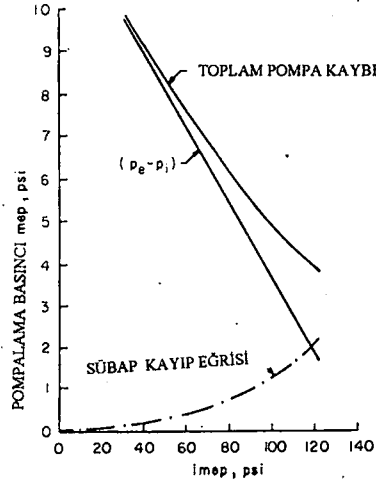
Pompalama kayıplarının giriş basıncı P_i 'den egzost basıncı P_e 'ye pompalamak için gerekli

şeklinde yazılır.



ŞEKİL 2.11 Motor çalışma şartlarında tek silindirin pompalama diyagramı
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

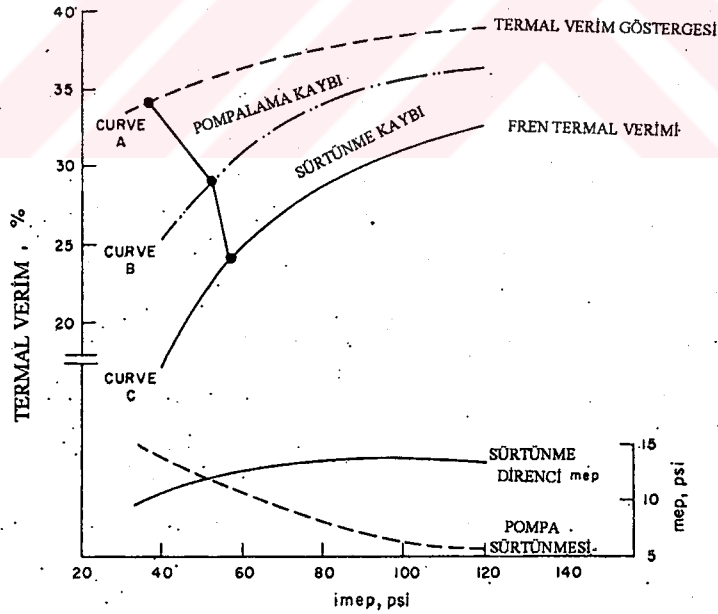
Bununla beraber, gerçek durumda süba kayıplarından kaynaklanan bir katkı daha vardır ve imep'e karşı pompalama kayıplarının grafiği, tüm pompalama kaybının büyüklüğü geniş açık gaz kelebeğinde (WOT = wide-open throttle) %3.5'ten, gaz kesmiş rolantideki motorda %100 farklıdır. Şekil 2.13, 10:1 sıkıştırma oranına sahip, saatte 40 mil/h ile giden bir Amerikan compact aracı için toplam pompalama kaybının indike termal verimi (η_i) nasıl etkilediğini gösterir. Verim tam olarak %5.5 ya da göreceli olarak %16 düşer. Özellikle WOT'da süba kayıpları olması sebebi ile kayıpların tekrar kazanılması mümkün değildir. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 2.12 Yük altında gaz kelebeği kısmi açık halde iken pompalama kayıplarının kaynağını gösteren p_{mep} 'nin değişimi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Sıkıştırma oranı = 7:1 Motor devri 1600 dev / dak olarak alınmıştır. 1 psi = 6.89 k N / m²

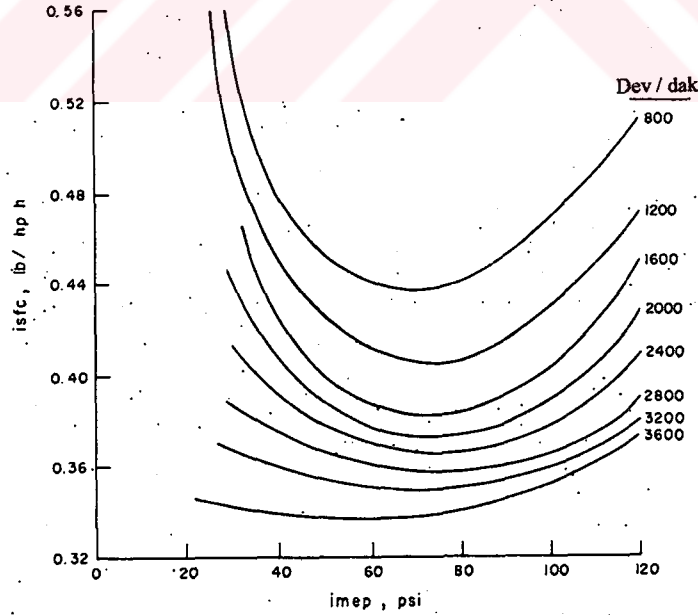
Mutlak % 2 bu koşullarda geri dönüşebilen toplam pompalama kaybıdır. (Şekil 2.13)



ŞEKİL 2.13 Yükle, verim ve ortalama efektif basınç değişimi (Pompa ve sürtünme kayıplarının bağlı etkisi de gösterilmiştir.)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Sıkıştırma oranı 10:1 devir sayısı 1800 dev / dak olarak alınmıştır.
 $1 \text{ psi (lb / in}^2 \text{)} = 6.89 \text{ k N / m}^2$

Kısmi gazda bsfc, isfc'den sadece pompalama kayıpları değil, aynı zamanda sürtünme kayıplarından dolayı da büyüktür. Cleveland ve Bishop'a göre sürtünme etkisi η_i 'de mutlak %5'lik bir kayba sebep olur ve bu büyük ölçüde geri dönüştürülemeyen piston sürtünmesinden kaynaklanmaktadır. Eğer sürtünme ve pompalama kayıplarının bir çok etkileri göz önünde bulundurulursa isfc tahmin edilebilir ve kısmi açık gaz keleşi (kısmi gaz) tam açık gaz keleşi (tam gaz) değerinden daha kötü olmadığı gibi tüm hız menzili boyunca oldukça sabittir. Bu yakıt-hava çevrimi hesaplamaları ile geniş bir uyum içindedir ve bu hesaplamalar kısmi gaz kesme (kısmi gaz) operasyonunun maksimum çevrim sıcaklığı ya da çevrim verimi üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahiptir. Düşük yüklerde kısmi gaz kesmede ortaya çıkan artmalar muhtemelen şarjın artık gaz inceltmesine bağlanabilir ki bu yanma veriminde azalmalara sebep olur. Fazla yüklerde artmalar, ekstra gaz türbulansından kaynaklanan ısı kaybına ve gücü artırmayı amaçlayan karbürasyondan gelen karışımın zenginleştirilmesine bağlıdır.



ŞEKİL 2.14 Farklı motor hızlarında imep ile kısmi gazda isfc'nin değişimi
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Tablo 2.2 Sabit hızda yükü termal verimin değişimi (Sayısal olarak pompa kayıplarına etkisi gösterilmiştir.) (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

imep ,maksimum %	ideal hal	Şekil 1.12 deki hal	bmep, maksimum %	Şekil 1.13 deki hal	
	bağlı net verim η_n / η_i	Bağlı net verim $\eta_n / \eta_n (1.0)$		Bağlı fren verim (1.00) η_b / η_b	Bağlı net verim(1.00) η_n / η_n
100	1.00	1.00	100	1.00	1.00
80	0.96	0.98	76	0.95	0.98
60	0.90	0.94	52	0.85	0.91
40	0.78	0.86	27	0.65	0.78
20	0.30	-	-	-	-
0	0	-	-	-	-

İdeal hal : $\eta_n = \eta_i \{ 1 + (p_i - p_e) / imep \}$, maksimum imep = 100 psi (689 kN / m²)

Şekil 2.12 deki hal : $\eta_n = \eta_i (1 - pmep / imep)$

Şekil 2.13 deki hal : $\eta_n = \eta_i \{ 1 - pmep + ramep \} / imep \}$

Tablo 2.2 kolay anlaşılabilmesi için pompalama kayıplarının sayısal etkilerini grafiğe dökmüştür. Grafikte basitçe $P_i - P_e$ faktörü üzerinde bina edilmiş basit hesaplamalar tam bir tahmini netice verir. Aynı zamanda tablo da motor yükü azaldıkça, pompalama kayıplarının artan bir şekilde etkisi de görülmektedir. Pratik ifadeler açısından eğer benzinli motor sürekli WOT'da çalıştırılırsa pompalama kayıpları en aza indirgenebilir. Güç çıkışının kontrolü diesel motorlarda olduğu gibi yakıt (karışım zenginliği) oranı kontrol edilerek başarılabilir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

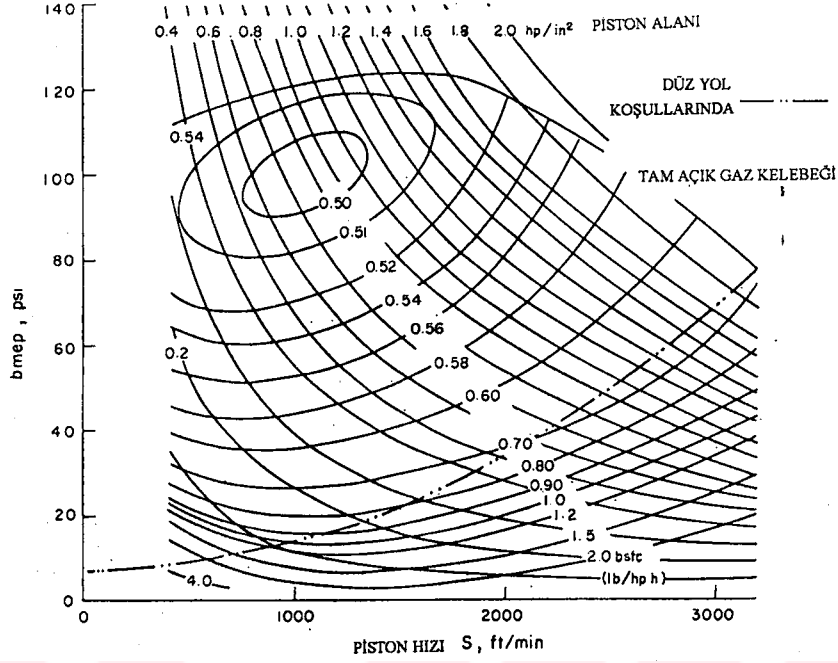
2.4.7 Ateşleme zamanı

Normal olarak bir motor yapımcısı, maksimum güç veren ateşleme zamanı ile bir motor üretmeyi yada daha kesin bir ifade ile motorun tüm çalışma şartlarında en iyi forku vermesi için minimum ateşleme avansını vermeye çalışırlar. Aynı ayarlar yakıt ekonomisi içinde optimum olanıdır. Ama dizayncının hareketini kısıtlayan faktörler vardır. Uzun bir süredir var olan bir faktör vuruntudan uzak durma ihtiyacı ve eğer diğer önlemler başarısız olursa tutuşma gecikmesinin belli bir kısmı bu durumu ortadan kaldırmak için yeterli olacaktır. Yakın zamanlardaki bir kısıtlama şartı da egzost emisyonunu kontrol etme ihtiyacıdır. HC ve NO yayılmaları tutuşma gecikmesi ile azaltılabilir. Sonuç olarak, modern motorlarda tutuşma gecikmesinin küçük ama önemli miktarı istenilerek yapılır ve bunun bazı durumlarda ölçülebilir yakıt sarfiyat kaybına sebep olduğu görülmüştür. 3 adet

1974 Amerika malı araçta % 8.4'lük yakıt ekonomisi kazancı; ateşleme avansının 10° CA (krank açısında)' da olduğunda sağlandığı görülmüştür. Gösterilen verim açısından son zamanlarda yapılan bir hesaplama 10° CA'da tutuşma gecikmesinin en elverişli olandan sadece %1.6 'lık bir kayba sebep olduğu görülmüştür. Taylor, 20° CA tutuşma gecikmesi için tek silindirli bir motorda η_i 'de nispeten %10'luk bir kaybın olduğu bir örnek vermiştir. Pratik durumlarda kayıplar tutuşma gecikmesinden kaynaklanır; teorik ve laboratuvar motor çalışmaları bunun beklenilenden büyük olduğunu göstermektedir.

2.4.8 Motor haritası

Motor yapımcıları motor verimini etkileyen faktörler, sıkıştırma oranı, karışım zenginliği, gaz keleşi pozisyonu ve diğer performansı etkileyen (güç çıkışı, başlama şekli, sürülebilme kolaylığı, vurutu direnci, egzost emisyonu gibi) faktörleri göz önünde bulundurduktan sonra motorun en azından sabit durumda eşit bsfc çizgilerinin eş yükselteleri ile bmep'in motor hızına karşı grafiği ile yapılmış performans haritası çizerler. (Şekil 2.15) Motorun tüm ayarlamaları tam olmalı ve bu diyagram dizayncıların tercihine göre hava-yakıt oranı, ateşleme zamanı gibi faktörler açısından değişikler içerir. Bundan dolayı herhangi iki motor aynı haritaya sahip değildir ve benzer olan iki motor dahi tamamen aynı haritaya sahip olamayacağı ihtimali de doğrudur. Şekil 2.16 ayarlı bir motor için aynı bilgiyi verir, ama bu seferde farklı eksenler (bhp'ye karşı grafiği çizilmiş bsfc) üzerine grafik çizilmiştir. Bu metod hafif yüklerde bsfc'deki kaybı vurgulamak için kullanılır.



ŞEKİL 2.15 Tipik bir Amerikan yolcu aracı için performans haritası

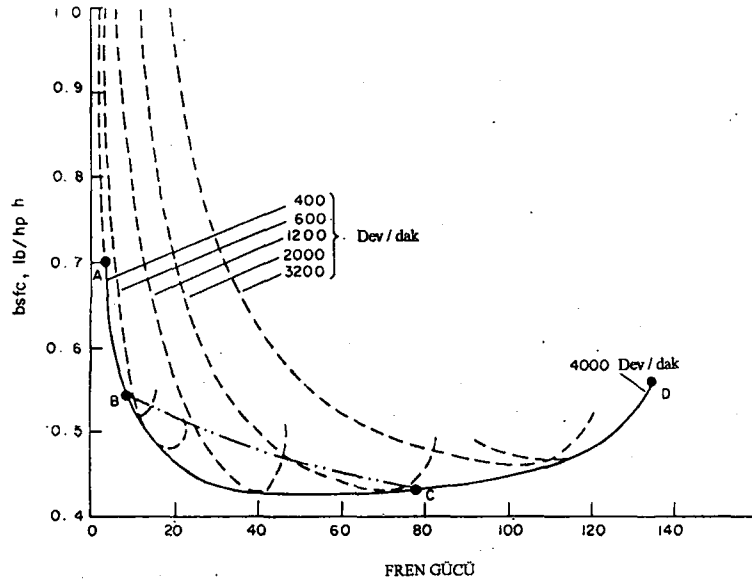
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

(1 psi (lb / in²) = 6.89 kN / m² ; 1 ft / min = 5.08 mm / s ; 1 lb / hp h = 0.169 kg / MJ ;
1 hp / in² = 1156 kW / m²)

2.5 Araç Verimi

Araç imalinin bir sonraki basamağı, aracı transmisyon açısından ihtiyaçlarına uygun donatmaktır. Eğer iyi bir ekonomi önemli bir amaç ise; araç dizayncısı uygun vites kutusu, vites kademesi, araç ağırlığı ve aerodinamik açıdan en iyi verimi sağlamak için motoru, yakıtı mümkün olduğunca yüksek verimle yakacak şekilde dizayn etmelidir.

(Şekil 2.15 ve 2.16)

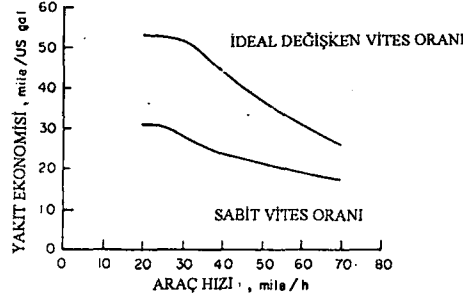


Şekil 2.16 Farklı hızlarda, efektif (fren) gücü ile bsfc'nin değişimleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

(Pompalama kayıplarından dolayı, düşük yüklerde şiddetli bir artış gösterir. Isı kayıplarından ve karışım zenginleşmesinden dolayı yüksek yüklerde az artış sergiler. Motor için en ekonomik şartı ABCD eğrisi gösterir. Noktalı BC eğrisi aracın sabit hızda gidebilmesi için yenmesi gereken yükür. $1 \text{ lb / hp h} = 0.169 \text{ kg / MJ}$; $1 \text{ hp} = 0.745 \text{ kW}$)

2.5.1 Transmisyon verimi ve dizayn oranları

Yakıt ekonomisinde önemli kazançlar viteste bir takım düzenlemeler yapılması ile sağlanabilir. Caris ve Richardson; transmisyonun aslında motoru daima en verimli halde çalıştırmak ve istenilen gücü vermesi için bir arabulucu gibi hareket etmesi gerektiğini belirtmişlerdir . Onların çalışmasından alınan Şekil 2.17 açıkça gösterir ki eğer ideal ve sürekli değişebilen vites oranı kullanıldığında standart vites oranı kullanılarak elde edilen yakıt ekonomisindeki artma, hızı 30 ile 70 mil / h olan bu motor için % 70 ile % 80 arasında olacaktır. Ama böylesine ideal transmisyonun yapılması için oldukça çok masraf edilmelidir ve maksimum güç ya da ekonomi arasında seçim yapılması gerekmektedir. Bu olay Şekil 2.18 de çok açık bir şekilde gösterilmiştir ve yakıt tüketimi ve hızlanma performansı arasında simulasyonla sabit araç ağırlığı ve farklı dingil oranları ile motor büyüklüğü için yapılan dengeleme gösterilmiştir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

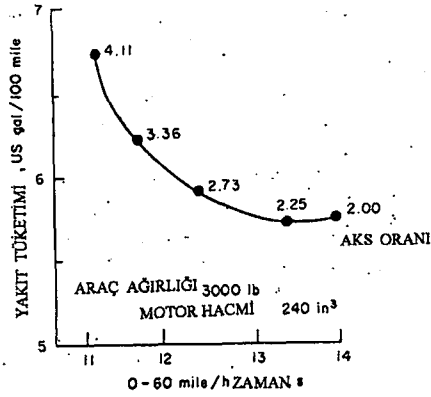


ŞEKİL 2.17 Araç hızı ile yakıt ekonomisi değişimleri

(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

(İdeal değişken vites oranı ile sabit vitesteki kıyaslama verilmiştir. $1 \text{ mile / US gal} = 0.425 \text{ km / l}$; $1 \text{ mile / h} = 1.609 \text{ km / h}$)

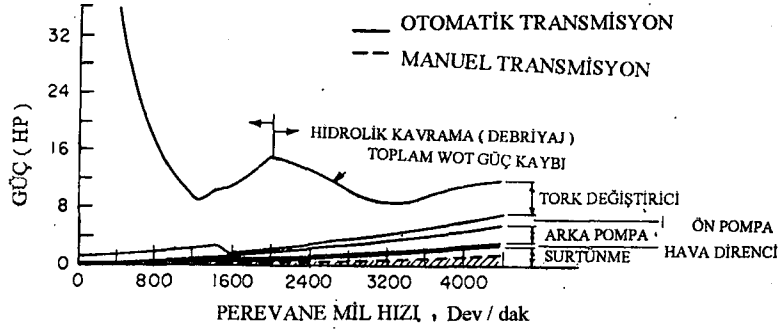
Minimum yakıt ekonomisine bu örnekte 2.25'lik aks oranı ile ulaşılmıştır. Bundan sonra aks oranındaki herhangi bir ekstra azalma, yakıt ekonomisi ve performansta kayıplara sebep olur ki bu muhtemelen karbüratör (karışım) zenginleştirilmesini ve sonuç olarak verim kaybını gerektiren, düşük motor hızlarındaki kötü yanma ve büyük gaz keleşliği açıklıklarından kaynaklanmaktadır. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 2.18 Farklı aks oranlarında yakıt tüketimi ve hızlanma performansı

arasındaki denge (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

($1 \text{ US gal / 100 mile} = 2.532 \text{ l / 100 km}$; $60 \text{ mile / h} = 96.5 \text{ km / h}$; $1 \text{ in}^3 = 0.0164 \text{ l}$)



ŞEKİL 2.19 WOT'da otomatik ve el vitesli araçlar için hız ile transmisyon güç kayıplarının değişimleri (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Pratikte vites kutusu, arka aks yada transmisyon sisteminde oluşan direk verim kayıpları vardır, ancak arka aks donanımı ve normal vites kutuları için çok büyük değildir.

(Şekil 2.19) Tork artmaları ve bunun neticesi düşük sayısal arka aks oranlarının (vites kademesinin) kullanılmasının sebep olduğu yakıt kazançlarını, potansiyel olarak gösteren otomatik transmisyonlar; aynı zamanda sürtünme bantları hidrolik debriyaj, pompalar ve yüksek sürtünmeden kaynaklanan güç kayıplarını da gösterir. Otomatik vites kutusunun daha iyi düşük hız torku ve daha iyi çalışma – ki her ikisinde motorun daha ekonomik olmasını sağlar- gibi diğer faydaları bu güç kayıplarını dengelemek ve üstün gelmek için yüksek hızlarda tork kilitlemesi ile birlikte yeterli değildir. Otomatik transmisyon yağlayıcılarında aracın verimi üzerinde bazı etkilere sahiptir.

Motor ve transmisyon sisteminin taşıta uyum düzeyi sağlanmalıdır. Motorun ekonomik çalışma bölgesi özgül yakıt harcamasının düşük olduğu devir sayısı aralığıdır. Vites kademe sayısının azaltılması ekonomik çalışma bölgesini genişletir. Her vites kademesinde motorun çalışması özgül yakıt harcamasının yüksek kaldığı devir sayılarına kayar. Motorun daha ekonomik bölgede çalışması için daha çok vites kademesi gerekmektedir. Yalnız bu durumda yapım maliyeti artmakta, vites kutusu hacmi büyümekte daha çok vites

$A' = \text{Ön alan, m}^2$

$S = \text{Hız, km / h}$

Araç ağırlığı ile doğrusal olarak orantılı olan lastik dönme direnci terimi $C_R W$ genelde radyal lastikler için ($C_R = 0.014$) çapraz kuşaklı (cross-ply) lastiklerden (0.019) daha azdır ve lastik basıncı arttıkça düşer.

Aerodinamik hava direnci katsayısı genelde 0.3 ile 0.5 arasında değişir ve bu v^2 ile orantılıdır. Araç kasa şeklindeki küçük dizayn değişiklikleri, yüksek hızlarda yakıt ekonomisini hassas olarak etkiler.

Taşıta etki eden hava direnci taşıt yüzeyinin hava ile sürtünmesi sonucu ortaya çıkar. Hava direncinin büyüklüğüne etki eden parametrelerden biri taşıt gövdesinin şekillendirilmesi yani aracın aerodinamik formudur. Bir taşıta etki eden hava direnci (W_L) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$W_L = (1/2) \cdot \rho \cdot A \cdot C_D \cdot V^2 \quad (\text{N}) \quad (2.11)$$

Burada ; ρ : Hava yoğunluğu (kg / m^3)

A: Taşıtın hareket doğrultusuna dik izdüşüm alanı (m^2)

C_D : Aerodinamik direnç katsa

V : Taşıtın durgun havaya göre hızı (m / s)

Hava direncinin azaltılması için taşıtın hareket doğrultusundaki izdüşüm alanı, aerodinamik direnç katsayısı ve taşıtın seyir hızı düşük değerlerde olmalıdır. Şehir içinde seyir hızları genelde düşük olduğundan yakıt harcamına hava direncinin etkisi pek fazla

değiştirme zorunluluğu oluşmaktadır. Transmisyon sisteminde güç iletiminde motorla tahrik tekerlekleri arasındaki yol ne kadar kısaltılırsa sistemin ataleti o kadar azalır. Dolayısı ile mekanik verimide artar. Ataletin fazlalığı ivme direncini yükseltir, ivmelenme için motordan daha çok güç sarfedilmesine neden olur. Yakıt harcamını etkileyen diğer bir husus, motorun hareketini vites kutusuna aktaran kavramanın özellikleridir. Hidrolik kavrama ve hidrodinamik moment transformatörlerinde sürtünmeli mekanik kavramalara göre bazı üstünlükler bulunmasına rağmen, en çok % 95 verimle çalışabilmeleri yakıt harcamını olumsuz etkiler. Aynı diferansiyel redüksiyonu için (2.71 / 1) otomatik hidrolik transmisyon ile güç iletilmesinin mekanik transmisyonla güç iletilmesine göre litre yakıt başına katedilen yoldaki neden olduğu azalma ; 112 km / h seyir hızında şehir dışı yolda 0.51 km / l , şehir içi kullanımda 0.81 km / l olmaktadır. (Yavaşlıoğlu, 1984)

2.5.2 Araç yol yükü

Sabit hızda bir aracı kullanmak için arka tekerlerde gereken çekme gücü uygun bir eşitlikle şöyle gösterilebilir:

$$\text{Çekme gücü, lbf} = \frac{bhp \times 375}{v} = C_R W + 0.0026 C_D A v^2 + GW \quad (2.9)$$

C_R ve C_D = Dönme ve hava direnci katsayıları

W = arabanın tüm ağırlığı, lbf

A = Ön alan, ft²

v = Hız (mil / h)

G = Meyil

SI metrik ölçülerle :

$$\text{Çekme gücü, N} = \frac{\text{Frengücü, kW} \times 3600}{Hu, km / h} = 9.808 C_R M + 0.0982 C_D A' S^2 + 9.808 GM \quad (2.10)$$

M = Tüm araç ağırlığı, kgf

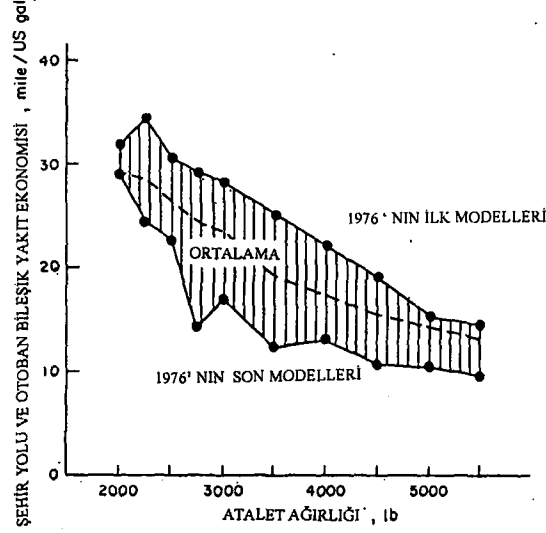
değildir.Şehir dışı yolda ise bu etki önemli düzeye yükselmektedir. En az hava direnci oluşturan form ise hava ortamında hareket eden damlanın aldığı şekildir.

Hava direncinin yenilmesinde harcanan gücün değeri öncelikle seyir hızından daha sonradan aerodinamik direnç katsayısından etkilenir.Taşıt gövdesinin şekillendirilmesine bağlı olarak değişen aerodinamik direnç katsayısının % 20 düşürülmesi ile şehir içinde seyirde % 3 şehir dışında seyirde % 10 mertebesinde yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir. (Yavaşlıol , 1984)

Araç ağırlığı sabit hız ifadesine iki kez girer; ilk olarak dönme direnci eşitliğinde, bu düşük hızlarda önemlidir ve meyilin etkisini tanımlayan eşitlikte de etkili bir şekilde yer alır. Araç ağırlığının yakıt ekonomisini güçlüce etkilediği başka bir nokta hızlanma eşitliğinde sonucu ortaya çıkarır.

$$\text{Çekme gücü} = W \times \text{Hızlanma} \quad (2.12)$$

Şehir içinde çeşitli yerlerde araba kullanımında araç ağırlığı, yakıtın önemli kısmının nasıl kullanıldığını açıklar ve bu da araç ağırlığının son zamanlardaki Amerikan Çevre Koruma Birliği'nin yakıt ekonomisi test bilgilerinde neden önemli bir faktör olduğunu belirtir. Son yıllarda önlenemeyen bir şekilde büyük araçlara doğru bir meyil vardır ve bu meyil daha güvenli olması ve eksoz emisyonu kontrolü ve daha çok rahatlık yada kolaylık sağlayan özelliklere olan gereksinimle birlikte artmaktadır. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 2.20 1976 Amerikan araçları için eylemsizlik ağırlığı ile araç şehir içi yakıt ekonomisi değişimleri (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
(1 mile / US gal = 0.425 km / l ; 1 lb = 0.454 kg)

Yukarıdaki etkenler yolda yakıt ekonomisini ölçmenin ne kadar zor olduğunu gösterir. Farklı hızları, farklı hızlanma oranları ve farklı arazi şartlarındaki sürme şekilleri günden güne, kullanıcıdan kullanıcıya çok değişir ve tekrarlanabilir sonuçların elde edilmesi çok zordur.

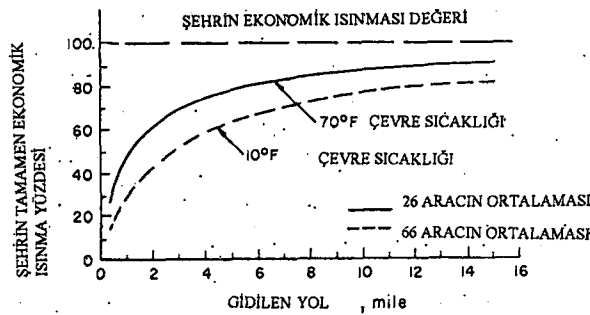
Taşıt ağırlığının artması seyir anında taşıta etkiyen yuvarlanma, yokuş ve ivme dirençlerini fazlaştırır. Daha büyük hareket direncinin karşılanabilmesi için daha büyük tahrik gücüne ihtiyaç duyulur. Motor gücünün artması katedilen km başına harcanan yakıt miktarını arttırmaktadır. Taşıt ağırlığının azaltılmasının, yakıt tasarrufunda etkinliği fazla olduğundan, günümüz taşıtları eskilerle kıyaslandığında gerek boyutlarının küçültülmesi gerekse konstrüksiyonda daha hafif yapıya kayıldığı göze çarpmaktadır.

Taşıt ağırlığının azaltılması yönünde yapılan çalışmalarda taşıt gövdesinde alüminyum malzeme kullanımının artırılması ve daha uygun dizayn ön planda tutulmaktadır. Taşıtın

kaporta kısmında alüminyum malzeme kullanımıyla 1634 kg olan taşıt gövdesi 1430 kg'a düşürülmüş ve ağırlıkta % 12.5 azalma sağlanmıştır. Bu azalma ile yakıt tasarrufu % 6 arttırılmıştır. Şasi, süspansiyon sistemi, fren sistemi vb. gibi elemanlarda yeniden dizayna gidilmesi toplam taşıt ağırlığını daha da azaltacaktır. (Yavaşlıol, 1984)

2.5.3 Soğuk başlangıç (Soğuk ilk hareket)

Soğuk ilk hareket durumundaki motorların yakıt ekonomisinin taşıtın tüm yakıt ekonomisi üzerinde oldukça zarar verici bir etkiye sahip olduğu artık iyice kabul edilen bir gerçektir. Amerikada ki taşıt sürme şekilleri hakkındaki bilgiler tüm benzinin en az % 50'sinin 10 mil yada daha az mesafede tüketildiğini göstermiştir. Şekil 2.21 mesafe uzunluğu ile orantılı olarak yakıt ekonomisi değişimini ve eğri üzerinde etrafını çevreleyen sıcaklığın güçlü etkisini gösterir. Daha çabuk ısınan bir motor ya da en azından daha hızlı duman serbest bırakan bir model dizaynı ile bu durumu düzeltme çalışmaları yapılabilir. İkincinin yapılmasına yönelik çalışmalar özellikle CO egzost gaz emisyonunu kontrolü ile giderilmeye çalışılmaktadır. Ama sürüş rahatlığı ve yayılan gaz azaltımı arasında bir denge kurulmalıdır. Bu noktada yakıt dizaynının yardımcı olabilmesi için bir fırsat doğar. Çünkü sürülebilirlik kolaylığı kaybedilmeden uçuculuğu daha hızlı duman serbest bırakımı için ayarlayabiliriz.



ŞEKİL 2.21 (Soğuk ilk hareketten) ısınma boyunca mesafe uzunluğu ile yakıt ekonomisi değişimi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
(Her ikisinde uzun mesafelerde ekonomik ısınma sınırına ulaşır. 1 mil = 1.609 km / h)

Araca daha iyi sürülebilirlik kazandıran iyileştirilmiş uçuculuğa sahip yakıtlardan küçük ama direk fayda sağlanabilmesi imkanı vardır. Tamamen ısınmanın olduğu durumlarda yağlayıcılar arasından seçim yapma şansı azalıyor olsa da motor yağlayıcıları

dizayncılarının soğuk başlangıçta yakıt ekonomisini iyileştirmek için önemli fırsatları vardır. Viskozite-sıcaklık ilişkisinin uygun hale getirilmesi oldukça büyük yararlar sağlayabilir.

2.5.4 Aksesuar (Teçhizat)

Modern motorlarda, araç teçhizatı tarafından kullanılan güç önemli ölçüde olabilir; jenaratör (0.5 – 2 hp), fan (0-7 hp), direksiyon gücü (0.5 – 2.5 hp), mekanik fren, elektrikli aletler (pencere ısıtıcıları gibi) , otomatik transmisyon (10 hp) ve klima (11 hp) kulanır ve sıcak iklimlerde bunların toplamı daha da artar.

Bu etkenlerin şehiriçi yakıt ekonomisi üzerindeki etkisi düşünülünce, bunların Amerikan araçları üzerindeki zararlı etkileri şöyle sıralanmıştır: Klima %7.7, % 8, ve % 13, otomatik transmisyon % 0-6, % 5-6 ve % 14-15, dinamolar % 7-8, fan % 15, direksiyon gücü % 1.

Günümüze kadar, müşteri bunları önemli etkenler olarak görmüştür ama enerjinin artan maliyeti bu trendde değişikliğe sebep olacaktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

2.5.5 Emisyon kontrolleri

Son 10 yılda özellikle Amerika'da ama Avrupa'da da artan miktarda emisyon kontrol teknolojisi açısından, oldukça mesafe katedilmiştir. Araçlar bu doğrultuda yeniden dizayn edilmiş ve motorların da bu ölçüde ayarlanması sağlanmıştır. 1970 'lerde gerçekleşen önemli bir değişim düşük sıkıştırma oranlarının tekrar kullanılmasıdır. (8:1 yada daha az) Tüm bu değişikliklerin yakıt ekonomisine tesiri üzerinde farklı tahminler yapılmıştır ve ortalama % 20'lik bir değer elde edilmiştir. 1975'te egzost oksidasyonu katalizörlerinin sektöre girmesi ile % 20 civarında yakıt ekonomisi kazancı da elde edilmiştir. Bu büyük ölçüde motor ateşleme avansının en optimum düzeye getirilmesinden kaynaklanmaktadır.

2.6 Seyir Anında Ortam Sıcaklığı

Ortam sıcaklığının düşmesi taşıtın yakıt harcamını hem ısınma sürecinde hem de rejim sıcaklığındaki çalışma koşulunda olumsuz etkiler. Düşük ortam sıcaklığı, ekonomik seyir sağlanamayan ısınma periyodunu uzatır. Motordan dış ortama ısı geçişi, ortam sıcaklığı düştükçe fazlalaşır. Emme manifoldunun çeper sıcaklıklarının düşmesi, benzin motorlarında emilen yakıtın buharlaşmasını zorlaştırır. Silindir içinde yetersiz buharlaşmanın oluşturduğu heterojen karışımın gerek ateşlenmesi gerekse yanmaya katılması güçleşir. Yanma verimi düşer. Yakıtın buharlaşması azaldıkça daha zengin karışıma ihtiyaç duyulur. Karışım zenginliği ve düşük verimle yanma özgül yakıt tüketimini artırır. Düşük ortam sıcaklığı yağ viskozitesinin artması ile sürtünmeye giden enerjinin artmasına neden olur. Bu durum genel mekanik verimi düşüreceğinden yakıt harcamını olumsuz etkiler. Isınma periyodunda ortam sıcaklığı 20 °C den -10 °C' ye kadar düşmesi halinde yola bağlı olarak % 25 – 30 mertebesinde yakıt harcamı olmaktadır. Rejim sıcaklığında çalışma koşulunda ise ortam sıcaklığının 20 °C'den -10 °C' ye kadar düşmesi yakıt harcamını % 6 arttırmaktadır. (Yavaşlıo, 1984)

2.7 Yakıt Ekonomisi Kazancı İçin Potansiyel Nedir?

Hem araç dizayncıları hem de kanun koyucular tarafından sürekli ve en çok sorulan soru, artık giderek artan ölçüde emisyon kontrolü ve güvenlik düzenlemeleri hakkında olmaktadır.

DOT – EPA tarafından Amerikan Kongre'sine sunulan bir raporda bu konu farklı büyüklükte araçlar açısından incelenmiştir. 1974'te yakıt ekonomisi performansındaki en büyük artış motorlarda yapılan bir takım düzenlemelerden kaynaklanmıştır. (%15-25) Ve bunun % 9'luk kısmı 4 hızlı kilitli otomatik transmisyon kullanımından, % 8-12'lik kısmı araç ağırlığı, aerodinamik direnç, dönme direnci ve yardımcı güç tüketiminden kaynaklanmaktadır. Compact büyüklüğünden daha büyük araçlar için motor büyüklüğünün azaltılmasından ekstra % 10-15 kazanılabilir ve daha sonraki yıllarda model hacmindeki değişiklikler ile yakıt ekonomisi açısından % 9'luk diğer bir azalma sağlanabilir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Avrupa yapımı araçlarda bu kazançların ne ölçüde olacağı tartışmalıdır. Motor büyüklüğünden ve model değişikliklerinden küçük kazançlar elde edilebilir; çünkü Avrupa araçları zaten küçük ve homojen bir yapıdadırlar.

Otomatik vitesli araçların kullanımı zaten azdır ve bu noktada kazançta az olacaktır. Bununla beraber yakıt ekonomisi için gücün ayarlanması ile ilgili motor değişiklikleri yapmak önemli kazanç sağlayabilir. Ama bu Amerikan merkezli tahminlerde, sıkıştırma oranları aynı ölçüde indirildiğinden dolayı ve ateşleme zamanlaması emisyon kontrol amacı için geciktirildiğinden daha küçük olacaktır. Yine de motor verim kazançları, karışım zenginliği, sıkıştırma oranı, pompalama kayıpları ve ateşleme zamanlamasına dikkat edilerek anlaşılabilir. Ve kazançların büyüklükleri de yine bu sıra ile azalır.

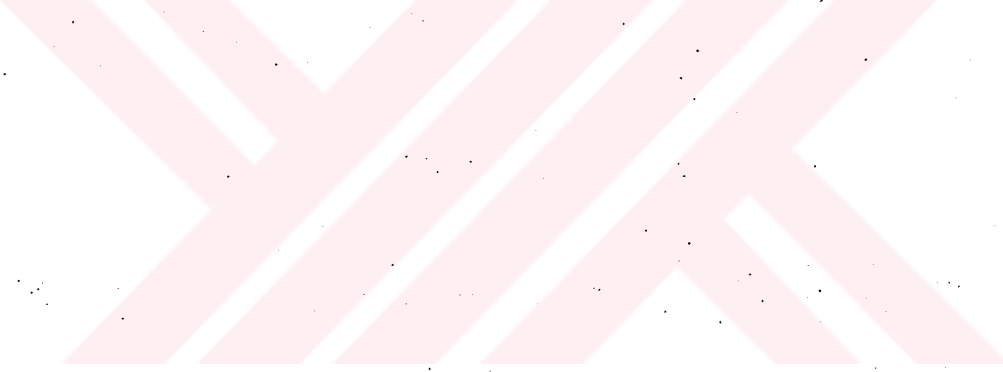
Avrupa'daki benzin motorlu araçların yakıt ekonomisi kazançları :

1. Motor dizayn değişikliklerinden, % 20
2. Kullanım koşullarına göre benzin tertibi değişikliklerinden, % 5-10
3. Motor yağlayıcı değişikliklerinden, % 3
4. Transmisyon dizayn değişikliklerinden, % 5-10
5. Transmisyon yağlayıcı değişikliklerinden, % 3
6. Araç ağırlığı, aerodinamik direnç, lastik, aksesuarlar (yardımcılar) açısından dizayn değişikliklerinden, % 10
7. Motor büyüklüğü ve model değişikliklerinden, % 10
8. Araç bakım işlemlerinden.% 5 elde edilir.

Bu farklı etkenler birbirine bağlı olması sebebi ile toplam kazanç ilginç bir şekilde % 50 'lilik potansiyel bir iyileşme anlamına gelmektedir ki bu da endüstri için oldukça büyük bir hedeftir. Giderek azalan petrol kaynaklarını düşününce bu hedefin

başarılmasının önümüzdeki 10 yılda şu an tahmin edilenden daha hızlı gerçekleştirileceği açıktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Diesel motorlarının benzin motorlarına göre yakıt harcamı yönünde daha olumlu sonuçlar vermeleri ağır hizmet uygulamalarında yaygınlıkla diesel motoru kullanılmasının nedenini oluşturmaktadır. Aşırı doldurma yapılmasına uygunluğu ve benzin motorlarına göre harcanan yakıt miktarı esas alındığında % 25 mertebesinde yakıt tasarrufu sağlaması nedeniyle diesel motorlar son yıllarda tercih edilmeye başlamıştır. (Yavaşlıol, 1984)



3. MOTOR BENZİNİ ve SIKIŞTIRMA ORANININ OKTAN GEREKSİNİMİ ve YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

3.1 Giriş

Bu bölümün amacı motor benzininin genel özellikleri hakkında bilgi vermek, sıkıştırma oranının oktan gereksinimi ve yakıt ekonomisi üzerindeki etkisini araştırmak ve araç ile rafinerinin tek bir ekonomik ünite olduğu düşünüldüğünde genel ekonomiyi değerlendirmektir.

3.2 Motor Benzini ve Performans Üzerindeki Etkileri

Bir motor benzininin sahip olması gereken temel özellikler:

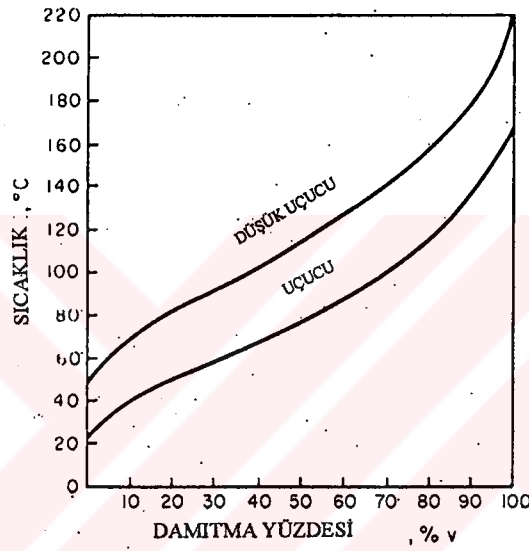
- a. Benzin tüm çalışma koşullarında yanıcı karışımlar için yeterince uçuculuk sağlamalıdır.
- b. Vuruntusuz ve iyi yanmalıdır.
- c. İyi yakıt ekonomisine sahip olmalıdır.
- d. Giriş sistemi ve yanma odası artıklarını en azda tutmalıdır.
- e. Temiz bir şekilde yanmalı ve hava kirliliğini düşük seviyede tutmalıdır.

3.2.1 Uçuculuk

Motor benzini temel olarak 30 ile 200 °C arasında kaynayan hidrokarbon karışımlarından oluşur ve benzinin uçuculuğu genellikle belli bir sıcaklıkta ya da üzerinde damıtılan hacim yüzdesi ile ifade edilir. Tablo 3.1'de iki farklı benzin için damıtılma oranları verilmiştir.

Sıcaklık °C	uzun uçucu uçucu	
	Uçucu	Düşük uçucu
48	18	1
70	42	10
100	70	38
120	82	55
160	98	80
170	100	87
210		

Bu benzinler arasındaki farklar için Şekil 3.1'de olduğu gibi benzinin damıtılma eğrilerinin grafiğe dökülmesi ile daha açık bir şekilde görülebilir. Ticari benzinlerin büyük kısmı için damıtılma eğrileri gösterilen 2 eğrinin arasında yer alır.



ŞEKİL 3.1 Tablo 3.1'deki benzinler için damıtılma eğrileri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Çoğu benzinler, bütan gibi gaz yapıda hidrokarbonların küçük miktarlarını ihtiva ederler ve bu gazların özellikleri benzinin Reid Buharlaştırma Basıncının ölçülmesi ile kontrol edilir.

3.2.2. Yakıt uçuculuğu ve uçuculuğun soğuk ilk hareket (başlangıç) üzerindeki etkisi
Motor soğukken sadece giriş manifoldundaki benzinin bir kısmı buharlaşır ve yanabilir bir karışımın silindirlere ulaştığını garantilemek için başlama karbüratörü ya da jigle yoluyla ekstra yakıt sağlanır. Gereken ekstra yakıt miktarı çevre sıcaklığı ve benzinin uçuculuğuna bağlıdır. Benzin uçuculuğu fazla ise, herhangi bir durumda daha fazla benzin buharlaşır ve gereken ekstra yakıt oranı da daha az olur.

Pratikte 70 °C'nin altında damıtılma oranı tarafından karakterize edilen benzinin daha uçucu oranları motorun başlama hızını etkiler. 70°C'nin altında damıtılma oranı arttıkça soğuk başlangıç performansı daha iyi olur. Bu etki, tam kısma (jigle) kullanılarak 5s'den daha az sürede çalışan istenilen bir başlangıcın gerçekleşeceği sıcaklığı ve 70 °C'nin altındaki damıtılma oranı ile bu durumun farklılaşmış hali, Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

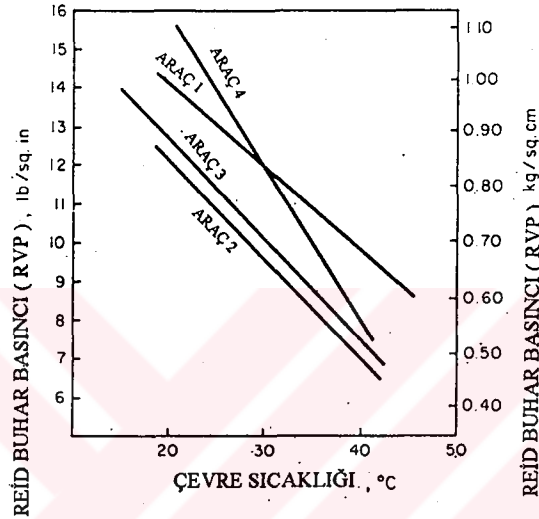
Tablo 3.2 En düşük ilk hareket (başlangıç) sıcaklıklarında 70 °C' nin altında damıtılan kısım yüzdesinin etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

70 °C nin altında %' lik destilasyon tipik değerleri	Dolaşan (çevre) sıcaklığı	
	°F	°C
30	0	17.8
25	10	12.2
15	20	6.7
10	30	1.1

3.2.3 Sıcak yakıt kullanılması

Bütan gibi hafif gazlar, motorda iyi ilk hareket vermek için etkindirler. Eğer herhangi nedenle yakıt ısınır, bu gazlar ve diğer hafif hidrokarbonlar kaynama ve yakıt sisteminde, buhar topakları oluşturma meyline girerler. Bu yakıt pompasının ya da karbüratörün düzgün çalışmasını engelleyebilir, motorun gürültülü çalışmasına ve güç kaybına sebep olabilir ya da motorun kısa bir süre durdurulmasından sonra tekrar çalışmasına engel olabilir. Üreticiler bu meyli yeterli kaporta altı soğutması sağlayarak, yakıt borularını egzost borusundan uzak tutarak ya da yakıt pompasını yakıt tankının yakınına koyarak azaltabilirler. Bu mekanik çözüm şekilleri araçta diğer bir takım üretim

kısıtlamalarına sebep olabilir, örneğin maliyet, araba stili, ve aracın kaporta altı boşluğunda teçhizatlara daha fazla yer ayrılması gibi. Sonuç olarak Reid Buhar Basıncı ve 70 °C'nin altında damıtılan yüzdesi üzerinde kısıtlamalar kullanılmazsa yakıt pompası buhar kilitlemesi ve bağlaşık karbürasyon zorlukları birçok arabayı etkileyen problemler olarak etkilemeye devam edecektir.



ŞEKİL 3.2 Dört araç için maksimum Reid buhar basıncı üzerinde çevre sıcaklığının etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Reid Buhar Basıncının kısıtlayıcı gücü, motor tipine ve benzinin satılacağı dönemde olması beklenen çevre sıcaklığına bağlıdır. Şekil 3.2 bunu 4 farklı araç için farklı çevre hava sıcaklıklarında gösterir.

Sıcak yakıt kullanımı problemleri yükseklikle artar ve yüksek yerlerde bu problemi telafi etmek için değişik yakıt karışımları kullanılmaktadır.

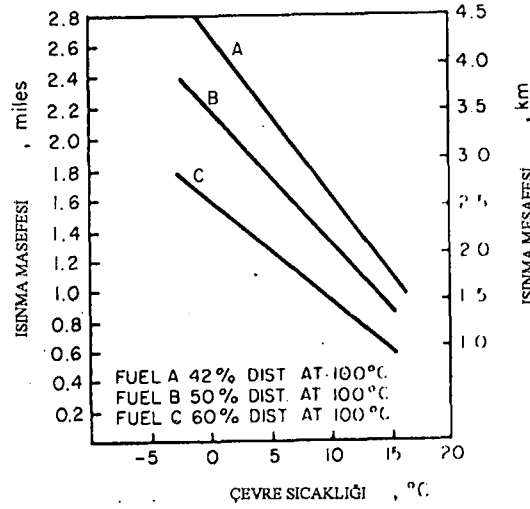
3.2.4 Isınma

Soğuk ilk hareketten sonraki birkaç dakika boyunca bir motor giriş manifoldu çalışma sıcaklığına ulaşmadığından ve motor vites kutusu ve arka aks yağları soğuk olduğundan hareketsizdir. İlk hareket düzenleri ile ekstra yakıt sağlanması performansı oldukça etkiler, ama bu israftır ve yanmamış fazla yakıt, motor yağının aşırı sıvılaşmasına ve artan egzost emisyonlarına sebep olabilir.

Egzost ve su ısıtmalı giriş manifoldlarının kullanımı ısınma süresini azaltır, ama dikkatli kullanılmazsa motor tam ısındığında elde edilebilecek maksimum gücü azaltabilir.

Benzinin uçuculuğunu artırmak da ısınma süresini azaltır. Bu durumda kontrol faktörünün, 100 °C'nin altında damıtılan yüzdenin karakterize ettiği orta mesafe uçuculuk olduğu bulunmuştur. Şekil 3.3 bu etkiyi grafiğe döker ve çevre sıcaklığının 0°C olduğu bir durumda belirli bir araçta 100 °C'de % 42 buharlaşmış yakıt kullanımının nasıl 4.3 km'lik bir ısınma mesafesini verdiğini, ve buna karşı 100 °C'de % 60'lık damıtılma ile bir yakıtın ısınma mesafesinin sadece 2.5 km olduğunu gösterir. Bazı arabalar çok bazıları daha az miktarda 100 °C'de damıtılma yüzdesine karşı hassastırlar. En az hassas olanlar da yakıt enjeksiyonlu araçlardır.

Uçuculuğun artacağı nokta ve dolayısı ile ısınma performansının iyileştirilebileceği nokta sınırlıdır ve sınırlayan bu faktörde karbüratör buzlanmasıdır.

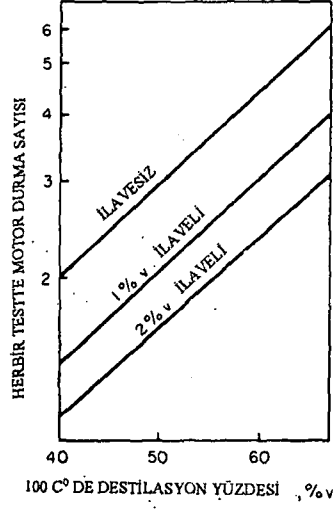


ŞEKİL 3.3 Isınma mesafesi üzerinde 100°C’de damıtılma yüzdesindeki değişikliklerin etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
(Isınma mesafesi ısınma performansının en azından % 70’e ulaştığı mesafedir.)

3.2.5 Karbüratör buzlanması

Karbüratörde yakıt buharlaştığında karbüratörden ısı çekilir ve sıcaklık düşer. Soğuk rutubetli bir günde sıcaklıktaki bu düşme havadaki nemin karbüratörde buz şeklinde yoğunlaşmasına sebep olur. Bu buzlanma; motor trafiğe yakalandığında, motorun sertçe durması , boşa gürültülü çalışmasına ya da arabayı tümten durma noktasına getirip ve buz eriyene kadar da çalışmamasına sebep olabilir.

Karbüratörün dizaynı karbüratör buzlanmalarında etkili bir faktördür. Yakıtın daha fazla püskürtülmesi karbüratörün daha kuvvetle donması ihtimali demektir. Bu iyi püskürtmenin gerekli olduğu durumlar düşünülünce kötü bir durumdur. Bu sebeple motor üreticilerinin soğuk havalarda, karbüratörün egzost borusundan sıcak hava alabileceği aletleri motora monte etmeleri giderek yaygınlaşan bir metoddur ve problemi tamamen ortadan kaldırmasa da azaltır.



ŞEKİL 3.4 100 °C'de damıtılma (destilasyon) yüzdesi ve buzlanmaya karşı katkı maddelerinin buzlanma üzerindeki etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Ama bu katkı maddeleri pahalıdır ve en ekonomik şekilde en üstün performansın elde edilmesi çok iyi karışımı ve beklenen hava şartlarının dikkatlice göz önünde bulundurulmasını gerektirir.

Şekil 3.4 kritik bir araçta durma-başlama sürmesinin ilk kilometrelerinde olan motor durmaları sayısının nasıl 100 °C'de damıtılan yüzde ve buzlanmaya karşı katkı maddelerinin varlığından etkilendiğini gösterir.

3.2.6 Yakıt ekonomisi

Farklı motorlar ve yakıt faktörlerinin motorun tüm ekonomisini nasıl etkiledikleri 3.3 ve bölüm 5, 6, 7'de açıklanmıştır.

3.2.7 Genel uçuculuk değerlendirmeleri

Benzin karışımının amacı, soğukta iyi ilk hareket, ısınma performansı ve yakıt ekonomisi sağlayıp karbüratörde buzlanma ya da sıcak yakıt kullanım problemlerine sebep olmayacak şekilde bir karışım sağlamaktır.

Önceki bölümden açıkça görülebileceği gibi, bu kolay bir iş değildir ve benzinin son bileşim durumu aracın tipi ve benzinin satıldığı çevre ve iklimde beklenen sıcaklığa bağlıdır. Bu, pazara yeni araçlar girdikçe bu araçların yakıt gereksinimlerinin sürekli izlenmesini ve herhangi bir değişikliği değerlendirmeye almak için yakıt özelliklerini sürekli gözden geçirilmesini gerektirir.

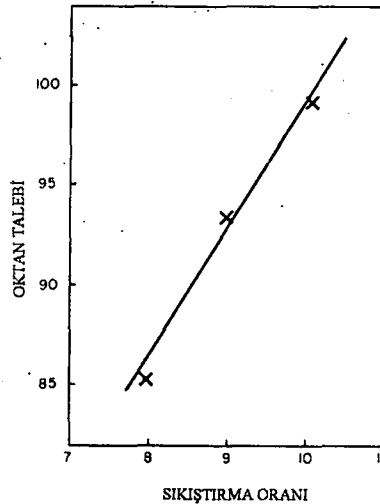
Birçok ülkede yaz ve kış ayları arasındaki sıcaklık farkı çok büyüktür ki bir benzin çeşidinin benzin üzerine yüklenecek çatışan gereksinimleri karşılaması imkansızdır. Bu sebeple yılın zamanına bağlı olarak iki ya da daha fazla çeşidin kullanılması gereklidir. Bu koşullarda yaz ayları benzin cinsi, genelde daha az uçucu olmalıdır, çünkü soğuk başlama bir problem değildir ve sıcak yakıt işleme ve iyi yakıt ekonomisi problemlerinden korunmuşluk en üst seviyededir. Kışın ise daha iyi soğuk başlama ve ısınma sağlamak için benzin daha uçucu olmalı ve benzin karbüratör buzlanmasını, önlemek için buzlanmaya karşı katkı maddeleri ihtiva etmelidir. Tablo 3.3 Reid buharlaşma basıncının ve damıtılma karakterinin ülkeden ülkeye, mevsimden mevsime çevre ısısına bağlı olarak nasıl değiştiğini gösterir.

Tablo 3.3 Çeşitli bölgeler için tipik uçuculuk karakteristikleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

	Kuzeybatı Avrupa		Orta Afrika
	Kış	Yaz	
Reid buhar basıncı lb / in ²	13.5	10.0	7.5
70 °C de % v destilasyon	35	25	10
10 °C de % v destilasyon	50	45	38
160 °C de % v destilasyon	95	80	80

3.2.8 Vuruntu önleyici performansı

Bir motorun sıkıştırma oranı arttıkça onun toplam verimi daha iyi olur ve elde edilebilir maksimum güç çıkışı daha yüksek olur. Sıkıştırma oranının yükseltilebileceği nokta vuruntunun başlangıcı tarafından yakıtın vuruntu önleyici özelliğine bağlı olarak kısıtlanır. Bir yakıtın vuruntu önleme kalitesi onun oktan sayısı açısından ifade edilir ve yakıt performansının standart laboratuvar testinde iso oktan (100-oktan sayısı) n-heptan karışım performansı ile karşılaştırılması ile ölçülür. (98-oktan sayılı benzin %98 oktan ve %2 n-heptan karışımının verdiği vuruntu önleme performansının aynısını verir.) Herhangi bir motor için gereken gerçek oktan oranı onun hem sıkıştırma oranı hem de belirli mekanik dizayn özelliklerine bağlıdır. Şekil 3.5'deki sıkıştırma oranı ile bir motorun oktan gereksiniminin nasıl farklılaştığı gösterilmiştir.



ŞEKİL 3.5 Sıkıştırma oranına karşı oktan gereksinimini
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Bu şekilde verilen oktan sayıları araştırma oktan sayılarıdır. (RONs) Bunlar nispeten orta şartlardaki test koşullarında yapılmıştır. Daha sert test koşullarında yakıtlar onların RONs'unun gösterdiği kadar olumlu vuruntu önleyici performansı göstermezler. Bu sebeple benzinlerin performanslarının motor oktan sayılarını (MONs) vermek için, araştırma metodları ve daha güç bir metod, 'motor metodu' ile yapılması gerekmektedir.

Tablo 3.4 Yol performansı üzerinde motor oktan sayısının etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

	BENZİN A	BENZİN B
RON	98.8	98.6
MON	84.8	91.7
Yol oktan sayısı Araç 1	96.0	93.8
(Sabit hızda) Araç 2	96.9	96.9
Araç 3	91.1	100.5

Anti-vuruntu performansında yol oktan sayısının aynı iso-oktan ve n- heptan karışım oranına bağlı olarak yol şartlarında araçlardan ölçümü

Pratikte bir aracın yoldaki çalışma koşulları RON testindekilerden biraz daha güç olabilir, böylece düşük motor metodu oranları olan benzinler, onların RON'larından beklenen performanstan daha iyi ya da kötü performans gösterecektir. Tablo 3.4'te bunu gösteren bazı değerler verilmiştir ve bu gösterir ki A benzini bir araçta B benzininden iyi ama Araç 3'te kötüdür. Araç 2'de her iki benzinde aynı performansa sahiptir.

Benzinin daha uçucu (100°C 'nin altında damıtılan kısımlar) kısımlarının RON (yol oktan sayısı)'u hızlanma durumlarında vuruntu performansının kontrolünde önemlidir.

Tablo 3.5 eşit RON ve MON'u olan iki benzinin 100°C 'ye kadar damıtılmış kısımlarının oktan kalitesi üzerinde nasıl farklı yol performansı verebileceklerini gösterir. Petrol rafinerileri benzin karıştırma bileşenlerini üretebilecekleri oldukça fazla işleme sahiptirler ve seçmek için çok farklı vuruntu önleyici katkı maddeleri vardır.

Tablo 3.5 Benzinin oktan niteliğinin yol performansına etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

	BENZİN C	BENZİN D
RON	95.6	95.5
MON	85.5	85.4
RON (100 ° C'nin altındaki destilasyon oranlarında)	85.7	94.6
Yol oktan sayısı Araç 4 (Hızlanırken)	88.9	91.9
Yol oktan sayısı Araç 5 (Hızlanırken)	91.2	93.5
Yol oktan sayısı Araç 6 (Hızlanırken)	88.5	94.7

Bu bileşenlerin farklı şekillerde ve farklı vuruntu önleyici katkı maddelerinin değişik yüzdelerde kullanımı ile 100°C'in altında kısmi distilasyon (damıtılma) RONs'lu, farklı RONs ve MONs'larda benzinler elde edilebilir. Bununla birlikte farklı karışım bileşenlerinin kullanımı üzerinde birçok kısıtlamalar vardır ve herhangi 2 rafineri bileşenlerin ve katkı maddelerinin tamamen aynı kombinasyonuna ulaşamazlar ve bu sebeple seçici bir şoför aynı RON numarasına sahip iki benzin arasındaki farkı genelde farkedebilir. Yani şoför daha uçucu kısımların MON ve RON'leri açısından farklı benzinleri ayırtedebilir.

Günümüzde oktan kalitesinin gereken seviyesine, rafineri işleminin bir kombinasyonu ve vuruntu önleyici kurşun katkı maddelerinin kullanımı ile ulaşılabilir. Kurşun alkaninin kullanımı belirli cins benzinlerde yasaklandığı zaman, Japonya ve Amerika'da olduğu gibi, aynı oktan sayılı süper kalite benzinin elde edilmesi mümkün değildir. Sonuç olarak kurşunsuz benzinler genelde normal ya da orta seviyede oktan kalitesine sahiptir. Hatta alternatif yüksek oktan bileşenlerinin kurşun yerine kullanılması gerekebilir ve bu bileşenleri sağlamak için para ve zaman gerektiren yeni rafineri işleme fabrikalarının kurulmasını gerektirmektedir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Kurşun alkalinin kullanımının yasak olmayıp kısıtlandığı ama oktan sayısının belirli ölçüde tutulmasının birçok ülkede olduğu gibi gerekli olduğu zamanlarda, alternatif yüksek oktan tamamlayıcıları muhtemelen zaruri olacaktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Kurşunsuz ya da az kurşunlu olan her iki durumda da yakıtların performansları, bu sebeple değişen yapı itibariyle farklı olacaktır ve sonuçta sıkıştırma oranında ve ateşleme zamanlamasında arabanın vuruşu yapmaması için değişiklikleri zaruri hale getirir.

3.2.9 Temizlik ve güvenilirlik

Bir araç ömrü boyunca yakıt sistemi ve karbüratörden yanma odasına binlerce litre benzin gider ve sonuçta yakıtta küçük miktarlarda aşındırıcı maddeler, katı yabancı maddeler ya da yapışkan maddeler motorun toplam ömrünü ve genel güvenilirliğini büyük miktarda azaltabilir. Yabancı maddeler ve su, benzinlerin rafineriden ayrılmadan önce ve depoya getirildikten sonra dinlendirme ve filtre etme yoluyla ayrıştırılabilir.

Yapışkan maddelerden temizlik düzenli olmayan maddeleri yok eden rafineri işlemlerinin kullanılması ile sağlanabilir ve uzun süreli depolama sırasında yapışkan madde oluşumu antioksidasyonlar ve metallerin aktifliğini giderici maddelerin kullanımı ile engellenebilir.

Geçmişte yeterli karbüratör ve giriş sistemi temizliği sadece yapışkan maddelerin oluşumunun engellenmesi ile sağlanmıştı, ama motor karteri gaz kaçaklarını giriş sistemlerine döndüren aletlerin kullanımı giriş sisteminde ekstra çökeltilere sebep olabilir, artmış egzost emisyonu ve düşük yakıt ekonomisine sebep olan zengin yakıt-hava karışımlarının üretimine yol açabilir. Emme sübaplarındaki çökelti güç kaybına ve sübap sıkışmasına (yapışmasına) sebep olabilir. Bu sebeple yakıt sağlayıcılar için karbüratörü ve sübap sistemlerini böyle çökeltilerden uzak tutmak için benzinlerine temizlik maddelerinin eklenmesi giderek yaygınlaşan bir yoldur. Bu katkı maddelerinin en iyileri ne sadece çökelti oluşumunu engellemekle kalmayıp aynı zamanda da emisyonları azaltır ve yakıt ekonomisinde iyileştirmeler sağlar.

3.2.10 Egzost emisyonları

Benzinli motordan yayılan egzost gazları, sadece yakıttan yanmamış ya da ismen yanmış hidrokarbonların izlerini değil aynı zamanda vuruntu önleyici kurşunlu katkı maddelerinden karbon monoksit, nitrojen oksitler ve küçük miktarda kurşun izleri taşırlar. Yüksek trafik yoğunluğunun ve diğer kaynaklardan hava kirliliğinin olduğu alanlarda egzost gazlarında bu maddelerin varlığı sakıncalı olabilir.

Dünyada iklimsel ve coğrafik sebeplerle hava kirliliğinin ciddi problem olduğu yerler vardır ve bazı ülkeler bu sebeple motorlu araçlarda CO, NO_x ve HC emisyonunu esaslı ölçüde düşüren kanuni düzenlemeler yapmışlardır.

Orta derecede zayıf karışımların kullanımı emisyonun kontrolü metodu olarak sadece kısmen etkilidir ve egzost gazı kullanımına ve karışım hazırlamanın özel tekniklerine, bu gereksinimleri karşılamak için ihtiyaç duyulmuştur. Egzostdaki CO ve HC ara ateşleme (temel reaktörler) yada katalitik reaktörler tarafından azaltılabilir ve NO_x katalitik işleme ya da egzost gazının motor girişinde tekrar dolaşımı ile kontrol edilebilir.

Genel olarak benzin yapısı, egzost emisyonları üzerinde nispeten büyük etkiye sahiptir. Ama vuruntu önleyici kurşun katkı maddelerinin varlığı birçok potansiyel egzost gazı katalizörünün kullanımını etkili bir şekilde azaltabilir ve Amerika ve Japonya da kurşunsuz benzinler, katalitik reaktörlerle uyumlu araçlar için sağlanmıştır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

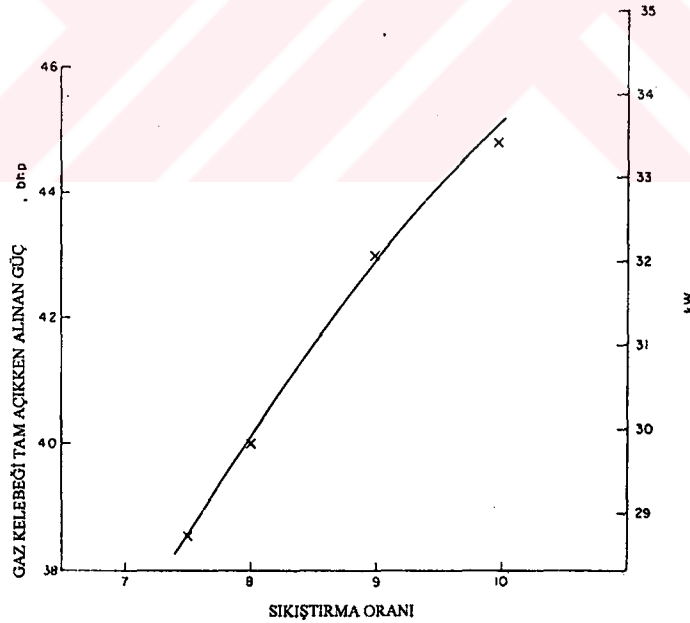
Bununla birlikte egzost emisyonlarının kontrolü etkili bir teknik probleme sebep olur ve emisyonu azaltmak için yapılan dizayn değişiklikleri yakıt ekonomisi üzerinde derin bir etkiye sahiptir, 8. Bölümde bu konuya detaylı olarak yer verilmiştir.

3.3 Oktan Sayısı, Sıkıştırma Oranı ve Ekonomi

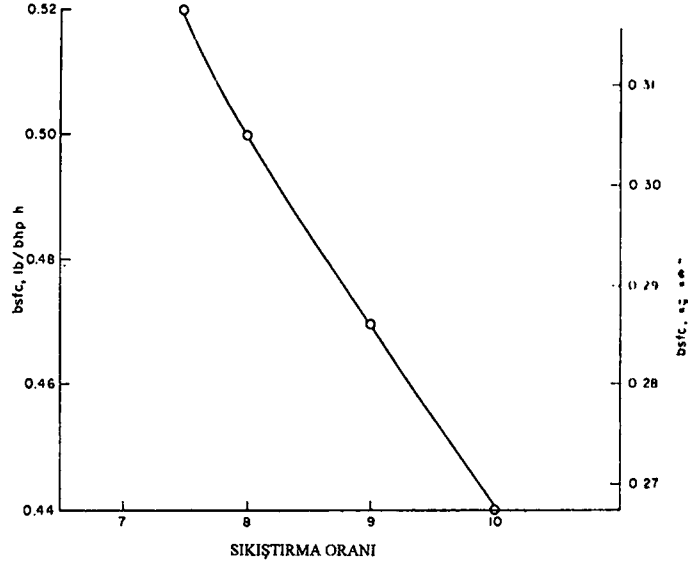
Benzinli bir motorun termal verimi artan sıkıştırma oranı ile birlikte artar. Pratikte verimdeki bu artışın güç üretimine yansımaları ve fren özgül yakıt tüketimi (bsfc)'deki düzeltme, (Şekil 3.6 ve 3.7) de gösterilmiştir.

Bsfc'deki iyileşme oranının derecesi, yolda sağlanan tasarrufun, artan gücün avantajının, ekonomide ekstra iyileşme sağlamak amacıyla vites kademesi değiştirmek için kullanılıp kullanılmadığının ya da vites kademesinin sabit tutulup ve ekstra gücün hızlanmada iyileşme için kullanılıp kullanılmamasına bağlıdır. (Şekil 3.8)

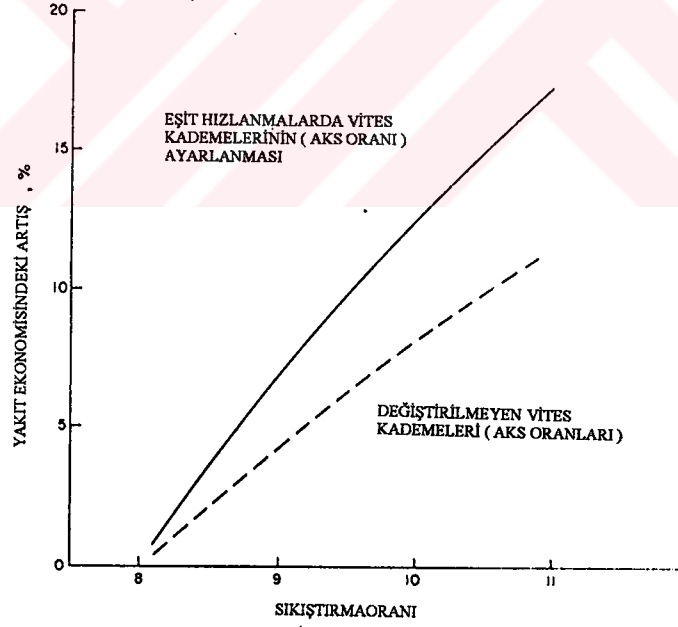
Yakıt ekonomisi üzerindeki sıkıştırma oranının etkisinin en kapsamlı çalışmalarından biri Caris ve Nelson tarafından 1950'li yılların sonunda General Motor için yapılmıştır ve onların temel bulgularından bazıları Şekil 3.9, 3.10 ve 3.11'de özetlenmiştir.



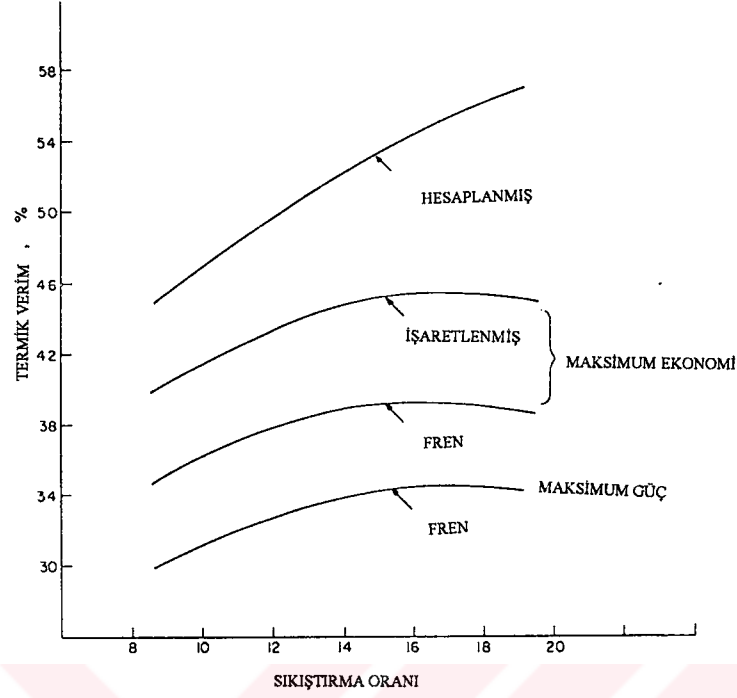
ŞEKİL 3.6 Güç üretimi üzerinde sıkıştırma oranının etkisi
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
 (2.2 l motor, 2500 dev / dak sabit hızda)



ŞEKİL 3.7 Ekonomi üzerinde sıkıştırma oranının etkisi
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
 (2.2 l motor, 2500 dev / dak sabit hız, 1 kg / kW h = 0.278 kg / MJ)



ŞEKİL 3.8 Ekonomi üzerinde aks oranındaki değişimin etkisi
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

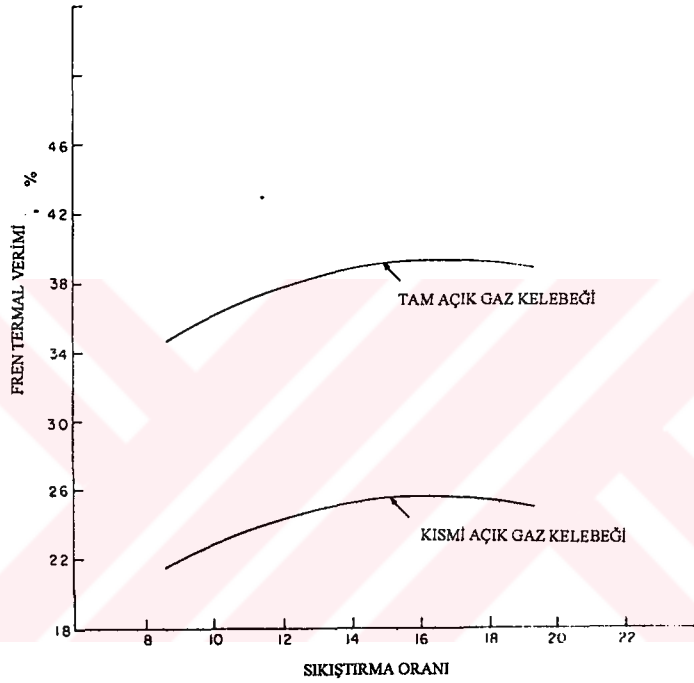


ŞEKİL 3.9 WOT ve sabit hızda termik verim üzerinde sıkıştırma oranının etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

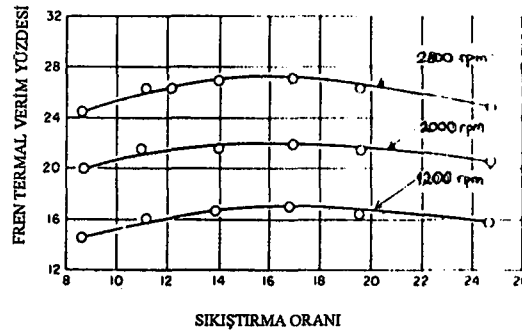
Şekil 3.9 Hem sıkıştırma oranı hem de karışım zenginliğindeki değişikliklerin etkisini açıklar ve yüksek sıkıştırma oranı ve maksimum ekonomi karışım zenginliğinin bir kombinasyonunun kullanımından elde edilen fren termik verim(bthe)'deki önemli kazançları gösterir. Bu şekilde görüldüğü gibi aynı zamanda sıkıştırma oranını 16:1 ya da 17:1'in üzerine yükseltmek verimde artmadan daha çok bir azalmaya sebep olur. Bu hiç beklenmeyen bir şeydir ve tam bir inceleme ile Caris ve Nelson bunun yüksek yüzey hacim oranından kaynaklanan yanma oranındaki bir azalma ve genellikle yüksek oranlarda zayıf yanma odası konsantrasyonundan kaynaklandığını tesbit etmişlerdir.

Şekil 3.10 ve 3.11 kısmi gaz kesmiş bir motorun nispeten zayıf termal verimini açıklar. İlk bakışta bunlar düşük yükte çalışan büyük motorların aksine geniş açıklıklı kelebek (WOT) ile çalışan küçük motorların kullanımı için karşı konulmaz bir durumu savunur gibi görülebilir. Ama şu hatırlanmalıdır ki eğer motor çok küçükse, motor gerekli güç üretimini sağlamak için maksimum güç karışım zenginliğinde çalışmalıdır. Eğer gerekli gücü

üretmek için motor yüksek hızda çalışmalı ise, motor sürtünmesindeki artış gibi diğer faktörler tarafından ekonomik kazançların bir kısmı, azalmış olacaktır. Bu bilgi üzerinde konuşulursa gelecekte sıkıştırma oranlarının iyileştirilmiş ekonomi uğruna artırılması halinde, bu artmaların yanma oranını artırmak için dizayn edilmiş yanma odası şeklinde değişikliklere, güçten çok verimi en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen karışım zenginliği değişiklikleri ve normal sürme koşullarında motorun en verimli bölgede çalışmasını garantileyen vites kademesi (aks oranı) dizaynı değişiklikleri tarafından eşlik edileceğini tahmin etmek mantıksız değildir. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 3.10 Tam ve kısmi gaz (maksimum ekonomi) durumlarındaki bthe (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 3.11 30, 50, 70 mil / h (48.3, 80.5, 112.7 km / h) hız şartlarında, yol yükü koşullarında bthe üzerinde sıkıştırma oranının etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979) (Tüm koşullarda aynı aks oranı kullanılmıştır.)

İngiltere motor endüstrisinden (Tablo 3.6) alınan son rakamlar 7:5 ile 9,5:1 arasında sıkıştırma oranı olan halihazırdaki motorlar için bir birimlik sıkıştırma oranı artışının ekonomiyeye % 4-12 arasında, ortalama olarak ta %7'lik bir artış getirdiğini göstermektedir. Bu rakam daha önce yayınlanmış çalışmalar ve muhtemel teorik iyileştirmelerle ve Thorton araştırma merkezinde yapılan bazı sınırlandırılmış test sonuçları ile karşılaştırılınca yüksek gibi gözükebilir. Tüm bunlar 7:5 ile 9,5:1 civarında sıkıştırma oranındaki her ünite artışı ekonomide aşağı yukarı % 4'lük bir iyileşmeyi gösterir. İngiliz araba üreticilerinin yaptığı testlerde olduğu gibi sıkıştırma oranındaki değişikliklere karbüratör ve ateşleme ayarları gibi diğer değişiklikler tarafından eşlik edilmiştir ve bunlar iyileşmeye katkıda bulunmuşlardır.

Bununla beraber ekonomi üzerinde sıkıştırma oranı değişikliklerinin etkisi hakkındaki yayınlanmış bilgiler tezgah motor testleri üzerinedir ve her zamanki sürüş koşulları altında yollarda yapılan testlerdeki etkinin durumu hakkında nispeten çok az bilgi vardır. Ama 12:1 sıkıştırma oranına kadar ekonomide önemli iyileşmelerin elde edilebileceği ve hatta daha yüksek sıkıştırma oranlarına çıkılarak ekstra iyileşmelerin elde edilebileceği açıktır.

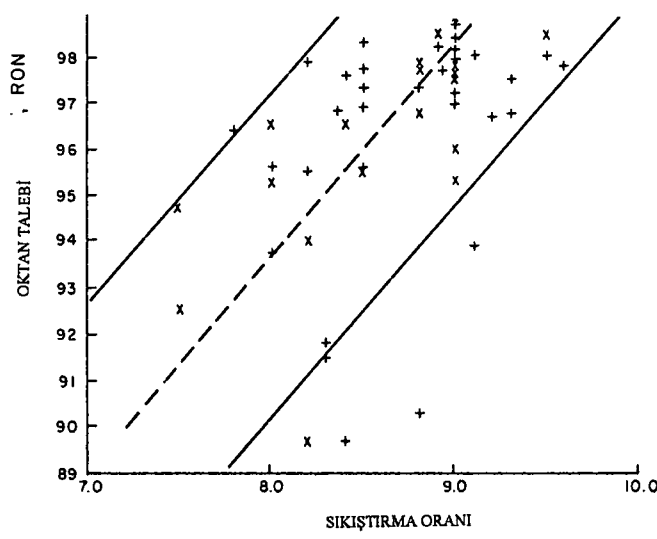
Fakat pratikte motorların çoğu vurunlu başlangıcı ve gürültü (rumble) ve işletme şartları (run-on) gibi etkenler ve diğer yanma anormallikleri tarafından daha düşük sıkıştırma oranlarına sınırlandırılmıştır. Tipik olarak 7.5:1'lik sıkıştırma oranı olan motorlar vurunluyu önlemek için aşağı yukarı 90 RON'a ihtiyaç duyarlar ve 9.5'tan 10:1'e kadar sıkıştırma oranı olanlar 99 ile 100 arası RON'u olan yakıtlara ihtiyaç duyarlar. Ama bu ihtiyaçlar açısından benzer motorlarla aynı sıkıştırma oranı olanla farklı dizaynlardaki motorlar arasında çok büyük farklar vardır. Örneğin Şekil 3.12'den görüldüğü gibi 9.0'lık sıkıştırma oranı olan motorlar 95 ile 101 arasında RON'u olan oktan gereksinimine ihtiyaç duyabilirler. Gereksinimdeki bu farklılıklar için silindir başı dizaynı, ateşleme sistemleri ve karbürasyondaki farklılıklarında kapsayan bir çok sebep vardır. Örneğin, bir motor hızlanma sürecinde düşük hızda iken vurunlu yaparsa giriş sisteminin dizaynı kritik rol oynar. Çünkü yakıtın bir kısmı buharlaşırsa, silindirler arasında hava-yakıt oranında büyük farklılıklar olacaktır ve bazıları sadece yakıtın kalanından daha küçük oktan sayısı olan uçucu

kısımlarını alabilecektir. Bunun aksine eğer bir motor yüksek hızda vuruşu yaparsa genelde RON'dan çok MON daha kritik rol oynar ve gereksinim hava giriş ve karışım sıcaklığına oldukça bağlıdır.

Genel olarak düşünülduğünde, halihazırdaki motorlar için sıkıştırma oranındaki birim artış oktan gereksinimini aşağı yukarı 4 oktan sayısı artırır. Eğer bu rakam sıkıştırma oranındaki ekonomi birim artışındaki % 4'lük iyileştirme oranı ile bir araya getirirse şu sonuca ulaşılabilir: Eğer şu anki motorlarda sıkıştırma oranı eldeki yakıtın en iyi kullanımını sağlamak için uygun hale getirilirse, oktan sayısındaki bir birimlik artış ekonomide % 1'lik bir iyileşmeye sebep olacaktır.

Tablo 3.6 Test sonuçları (tezgah testleri)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Motor						Yakıt tüketimindeki artış %v	
Kod	Kapasite cm ³	Sıkıştırma oran aralığı	Oktan aralığı	Oktan istek oranı	Oktan sayısı/ Sıkıştırma oranı	Sıkıştırma oranının etkisi	Oktan isteğinin etkisi
A	1800	6.9-9.5	10	87-97	3.8	-	-
B	1275	8.0-9.8	7	90-97	4.0	-	-
C	1275	7.9-9.4	8	88-96	5.3	6.0	1.1
D	1500	7.5-9.0	7	90-97	4.7	5.7	1.2
E	2000	8.0-9.3	7	90-97	5.6	7.3	1.3
F	2000	8.5-9.5	7	90-97	7.0	8.7	1.2
G	1600	7.5-8.7	7	90-97	5.8	8.3	1.4
H	1300	7.8-8.7	7	90-97	7.8	9.8	1.3
I	1498	7.5-9.6	10	86-96	4.8	3.4	0.7
J	1592	8.0-10.3	8	90-98	3.5	4.1	1.2
K	4235	7.6-10.0	8	90-98	3.3	5.1	1.5
L	1100	7.9-9.0	7	90-97	6.7	5.3	0.8
R	3442	7.7-8.4	2.7	94-97	3.9	12.0	3.1
S	4235	8.3-10.0	-	97-97	-	10.5	-



ŞEKİL 3.12 Oktan sayısı üzerinde sıkıştırma oranını etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

3.4 Tek Ekonomik Bir Ünite Olarak Araç ve Rafineri

Kurşun üretiminin yan ürünü olarak üretilen ilk motor benzinleri çok az oktan sayısına sahiptiler ve araç üreticilerinin sıkıştırma oranını artırarak güç üretimini yükseltme denemeleri, vuruntunun başlangıç zamanı tarafından kısıtlanmıştır. Otomobil endüstrisinin gelişmesi ile petrol şirketleri, motorlarının üretimi ve iyileştirilmesi için oldukça büyük miktarlarda fabrikalara yatırımlar yaptılar ve 70 yıldan fazla bir zamandır her iki endüstrinin gelişimi birlikte gerçekleşmektedir. 1973 sonlarında Ortadoğudan ham petrol sağlanmasının ani duruşu ve bunun neticesi fiyat artışı dünya enerji kaynaklarının korunması üzerinde ilginin odaklaşmasını ve ham petrolün en iyi kullanımını için birçok çalışmanın yapılmasını sağlamıştır. Bu çalışmaların bazılarının çok uzun vadeli bir takım çözümler önermişlerdir. Şehirlerin tekrar dizaynı, ve yolcu araçlarının toplu taşıma araçları ile muhtemel değişimi gibi... Diğerleri benzinin diesel ya da benzin ve diesel yakıtın büyük

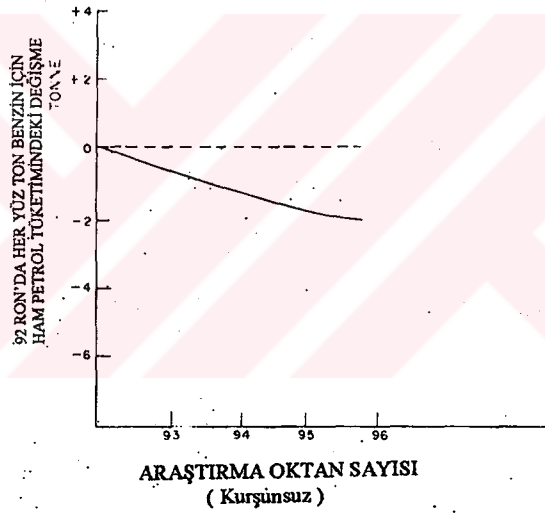
kısmını saran büyük miktarda yakıt kısıtlaması üzerine çalışan hibrid formları tarafından yer değiştirilmesini düşünmüşlerdir. Bunlar uzun vadede iyi niteliklere sahip olsa da daha kısa vadede önemli olan yol ve rafineri de toplam enerji tüketimi açısından bakıldığında halihazırdaki benzinli motorlarda sıkıştırma oranı ve oktan sayısının en üstün kombinasyonunun sağlanması meselesidir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Prensipde bu sorunun cevaplanmasında bir zorluk yoktur, sıkıştırma oranını artırma yolda ekonominin artmasına sebep olur, ama rafineride üretmek için daha çok enerjiyi gerektiren yüksek oktanlı benzinlerin kullanımını gerektirir. Pratikte genel olarak kabul edilebilir evrensel sonuçlara ulaşmak zordur, çünkü sadece sıkıştırma oranıyla ekonomi ve oktan gereksinimindeki değişiklikler açısından araç modelinden modeline büyük farklılıklar yoktur, aynı zamanda yüksek oktan kaliteli benzinler üretmek için ihtiyaç duyulan ekstra enerji miktarı açısından rafineriden rafineriye büyük farklılıklar vardır. Üstelik, ekonomi üzerinde sıkıştırma oranının etkisi ve rafineride enerji sarfiyatı üzerinde oktan sayısının etkisi kanunlar tarafından etkilenmektedir. Öncekinin üzerinde NOx emisyonu ve hidrokarbon kısıtlamaları ve sonraki üzerinde kurşun alkollerinin vuruşu önleyici katkı maddeleri olarak kullanılmasında kısıtlamalar vardır.

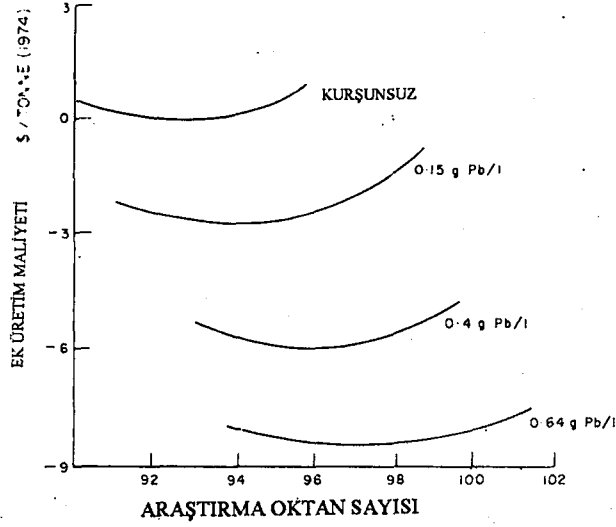
NOx ve hidrokarbonların, sıkıştırma oranı ve yakıt ekonomisi arasındaki ilişkiler üzerindeki etkisi meselesi General Motors'un gösterdiği gibi bu ilişkinin sadece konulan kısıtlamalar değil aynı zamanda emisyon kontrolü metodları tarafından da etkilenmesi sebebi ile zor bir problemdir.

Emisyon yasalarının çok büyük engel olmadığı. Avrupa'da oktan sayısındaki bir artışın yolda gravimetrik yakıt tüketimine %1'lik iyileştirme veren sıkıştırma oranına müsaade edeceği varsayımı üzerinde çalışan Van Gulick artan sıkıştırma oranı ve oktan sayısının rafineri ham petrol sarfiyatı, çalışma maliyeti ve para yatırımı üzerindeki ortak etkisini hesaplamıştır. Bu hesaplamaların sonuçları Şekil 3.13, 3.14 ve 3.15'de özetlenmiştir ve sonuçlar şöyledir:

1. Yüksek sıkıştırma oranını ve yüksek oktan sayısının bir kombinasyonu her bir 100 tonluk benzin için 2 ton ham petrolle, oktan sayısında 92 ile 96 arasında bir artış için enerjide küçük toplam bir kazanç sağlar.
2. Kurşunlu benzinler için 96-97 ve kurşunsuz benzinler için 92-93 oktan sayısı ile minimum üretim maliyeti elde edilmiştir. (Şekil 3.14)
3. Yüksek oktan sayılı benzinleri elde etmek için gerekli fabrikanın kuruluş maliyeti, petrol endüstrisi standartları açısından dahi yüksektir. (Şekil 3.15)



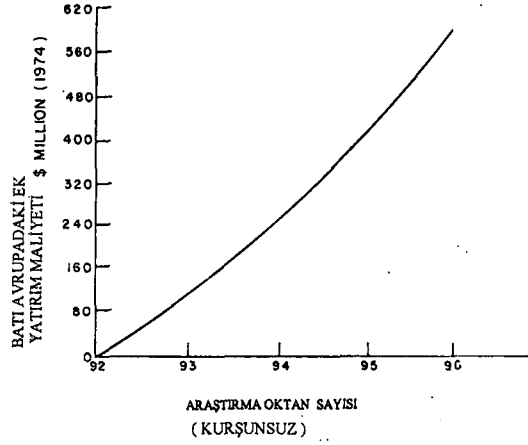
ŞEKİL 3.13 Her oktan sayısı için daha yüksek oktan sayısı ve daha yüksek sıkıştırma oranlarının yükselen ham petrol sarfiyatı üzerindeki etkisi
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
 (Her bir oktan sayısı için ekonomide % 1 iyileşme kabul edilebilir.)



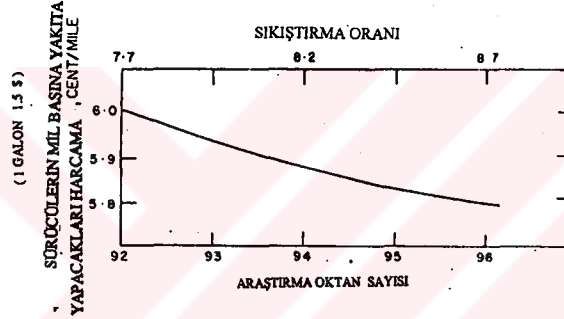
ŞEKİL 3.14 Yüksek sıkıştırma oranı sebebi ile daha az yüksek oktan sayısının gerektiğini varsayan farklı kurşun içeriklerinde artan oktan sayısının ek maliyeti (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yüksek sıkıştırma oranı yüksek oktan numarası şoförler tarafından kazançlarının, sadece temel yakıt fiyatı değil yakıt vergisi açısından da olması sebebi ile daima tercih edilecektir. Vergiler yükseldikçe şoför daha fazla miktarda yüksek sıkıştırma oranlarından faydalanmak isteyecektir. (Şekil 3.16)

Bu hesaplamalar tüm görüş açılarından bakılınca ideal bir çözüm öneren optimum sıkıştırma oranı ve yakıt ekonomisi kombinasyonunun olmadığını gösterir. Gelecekteki motor dizayncıları bu sebeple şoförün, galon başına yapılan mil açısından maksimum ekonomi arzusu ile petrol endüstrisinin gereken vuruntu önleyici kalitesini sağlamak için yaptıkları harcamayı haklı çıkarma kabiliyeti arasında bir uzlaşmayı yansıtacaktır. Gereken yatırım 1974 rakamları ile her yıl 1 ton ham petrol kurtarmak için 375 \$ dır. Ve bu günümüzün yüksek ham petrol fiyatlarında bile çekici ekonomikte değildir. Bu koşullar altında tüm taraflara çekici gelen tek yol, yüksek sıkıştırma oranı, düşük oktan numaralı benzinle çalışan yüksek verimlilikte motorların geliştirilmesidir. Motor dizayncıları bu hususta çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

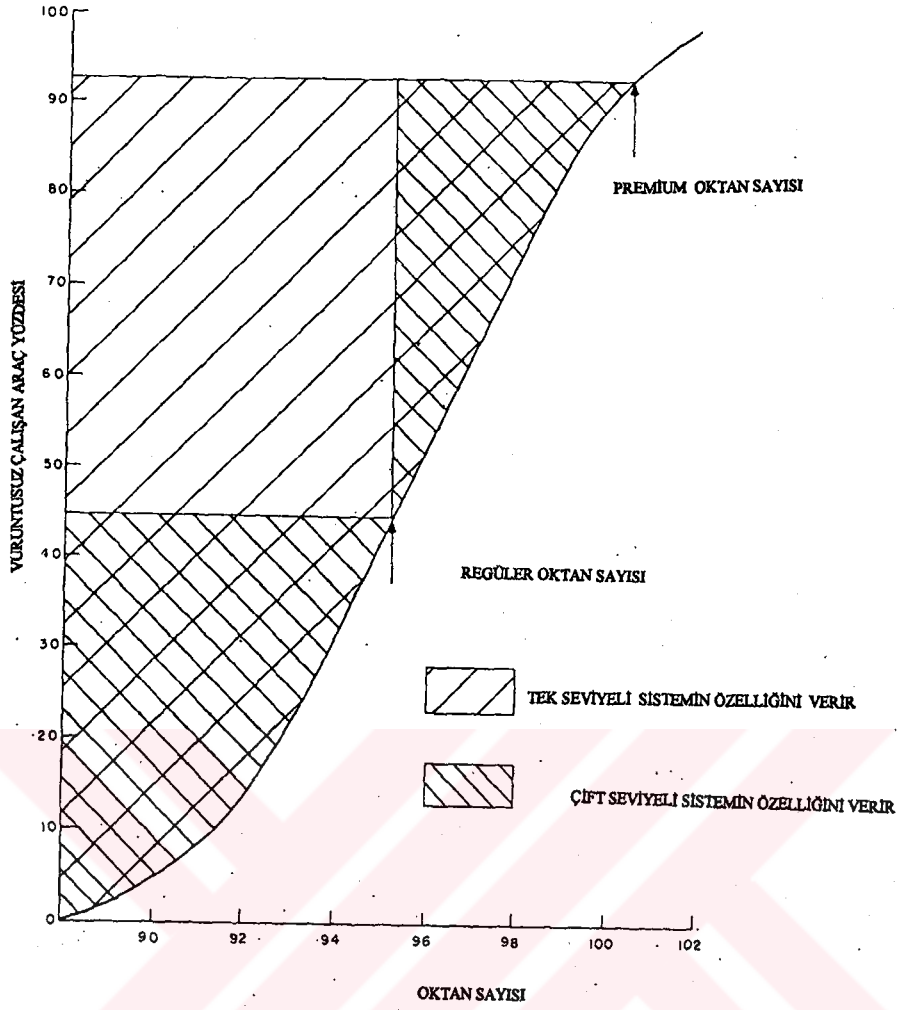


ŞEKİL 3.15 Batı Avrupa'da artan oktan sayısı için gerekli ekstra yatırım
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 3.16 Artan oktan numarası ve sıkıştırma oranının şoföre vergiyi de kapsayan maliyeti üzerindeki etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Bahsedilmesi gereken benzin kullanımının ekonomik ilkelerinden biri de birden fazla benzin cinsine olan ihtiyaç meselesidir. Eğer, daha önceki paragraflarda kabul edildiği gibi benzinin oktan kalitesi ve aracın oktan gereksinimi çok uyumlu ise, birden fazla cins ihtiyaç yoktur. Ama pratikte üretici motorunu ne kadar dikkatli üretirse üretsin gereksiniminde daima araçtan araca farklılıklar olacaktır. araçların yüksek gereksinimlerinin eldeki en iyi benzinler tarafından karşılanabilmesi için sıkıştırma oranı ayarlanmalıdır.



ŞEKİL 3.17 Tek bir cinsten 2 tür cins değişme sisteminde oktan kalitesindeki kazancı gösteren diyagram (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Tek cins sisteminde düşük oktan gereksinimleri olan diğer tüm araçlar gerekmeden yüksek kalitede bir yakıtı kullanmak zorunda kalacaklardır. Bu maliyet ve petrol sarfiyatı açısından israftır ve bundan düşük gereksinimli araçların ihtiyaçlarını tatmin etmek için düşük kalitede benzinler kullanılarak kaçınılabılır. Hemen hemen tüm pazarlarda en azından 2 cins benzin vardır. Basit hesaplamalar gösterir ki 2 cins sisteminde minimum üretim maliyeti ve ham petrolün en iyi kullanımı, ikinci cinsin pazardaki araçların %50'sinin ihtiyacını karşılaması halinde elde edilebilir. (Şekil 3.17) Maliyet ve enerji sarfiyatındaki ekstra küçük azalmalar 2'den fazla cins kullanılarak ya da karışım pompaları kullanmak suretiyle edinilebilir, ama bu kazançlar karşılığında ekstra depolama, işleme, dağıtım ve teçhizat maliyeti karşımıza çıkar.

4. BENZİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

4.1 Giriş

Benzinli motorlar çok yaygın kullanılan konfigürasyonlarında, gaz pedalı yoluyla uygulanan gaz kesmenin derecesine karşılık, hareketli hava akımına giren sıvı yakıtı ölçmek için, karbüratörü kullanmıştır. Bu yakıtın ölçüldüğü oran, şu gereksinimler arasında uygunluğu sağlamak amacı ile kullanılmıştır; a) maksimum güç sağlamak için, b) maksimum ekonomi sağlamak için, c) egzost emisyon seviyesine uyum sağlamak için.

Yakıt ekonomisinin incelenmesi sırasında, bir tek araç için belirli bir durumda elde edilebilecek ekonomiyi belirleyen faktörlerin çokluğu açık bir şekilde görülecektir. Örneğin bir arabanın sürüş şekli ve bir yerdeki çevre hava koşulları, motor kapasitesi, araç ağırlığı ve çekme kuvvet direnci gibi farklılıkları göz önünde bulunduran aracın temel dizaynı gibi farklılıkların büyük bir etkisi vardır. Halihazırdaki çalışmalar; araç dizaynı, sürme şekli ve çevre hava koşulları gibi yakıtın fiziki özelliklerindeki değişikliklerin etkisi ile yakından ilgili yönleri üzerinde dikkatleri yoğunlaştırmaktadır.

Teorik değerlendirmeler aşağıdaki fiziki özelliklerde olan değişikliklerin, uygun şartlarda yakıt ekonomisini etkileyeceğini göstermektedir.

- a) Net volumetrik (hacimsel) ısı değeri
- b) Özgül kütle
- c) Yakıt uçuculuğu
- d) Yakıt viskozitesi

4.2 Özgül Kütle ve Net Volumetrik Isıl Değeri

Shell laboratuvarındaki çalışma, yakıt ekonomisinin ısı değeri ve özgül kütle üzerindeki teorik bağımlılığını şu eşitlikle gösterir:

$$\text{mpg} = K(\text{md} + \text{c}) \quad (4.1)$$

mpg = Yakıt ekonomisi [sabit hızda motorun tamamen ısınması için (her bir galon başına mil hesabı ile)]

K = Araç ve hız için sabit bir değer

m ve c = Araç ve kullanılan benzinin özel grupları için sabitler

d = Yakıtın özgül kütlesi

Yakıt ekonomisinin özgül ağırlığa olan lineer bağımlılığı aşağıdaki eşitlikle gösterildiği gibi, hacimsel (volumetrik) ısı değeri etkisi ile ilişkilidir.

$$\text{mpg} = KQ_v\eta \quad (4.2)$$

K = Sabit değer

Q_v = Yakıtın hacimsel ısı değeri

η = Termik verim

Motor prosesinin termal verimi F / F_c olarak tanımlanan karışım zenginliği F_R 'ye bağlıdır.

Burada F : yakıt / hava ağırlık oranı, F_c : stokiyometrik yakıt / hava ağırlık oranıdır.

Böylece Eşitlik 4.2 tekrar şöyle yazılabilir:

$$\text{mpg} = f(Q_v, F_R) \quad (4.3)$$

Benzinler için Q_v ve d arasında amprik lineer bir ilişkinin olduğu şöyle gösterilmiştir:

$$Q_v = md + c \quad (4.4)$$

Bu ilişki, Şekil 4.1'deki grafikten edinilen bilgi tarafından şekillendirilmiştir. Bu önemli bir ilişkidir; çünkü farklı özgül ağırlıklarla yakıt ekonomisinde gözlenen farklılıklar gerçekten de Q_v 'deki farklılıklardan dolayıdır. Özgül kütleyle yakıt ekonomisinin lineer bağımlılığı Eşitlik 4.4'ün gereği Q_v 'nin ikincil ilişkisinden kaynaklanmaktadır.

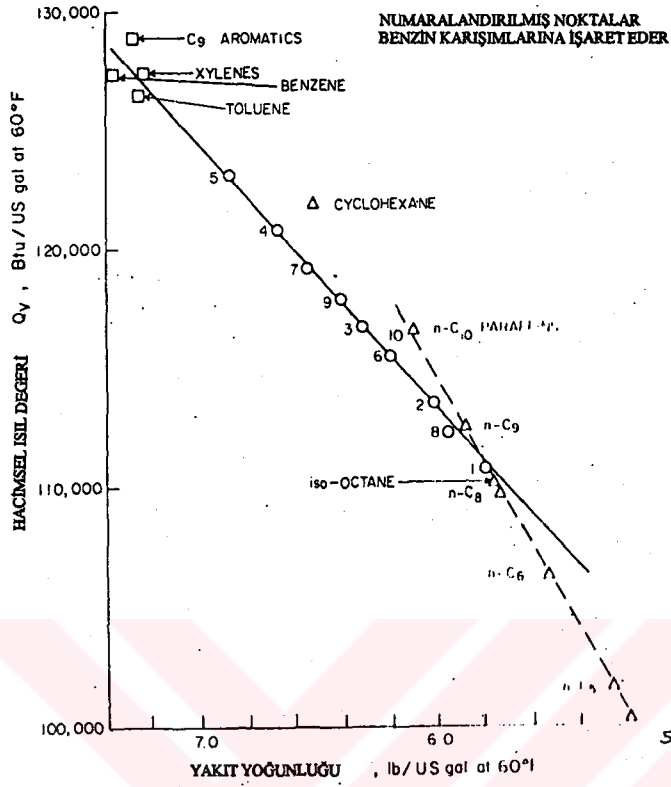
Eşitlik 4.3'ten karbüratör ölçüm işlemlerinde yakıt özgül ağırlığı etkisinin, yakıt sarfiyatı üzerinde F_R ' üzerindeki etkisi sebebi ile direk bir etkisi görülür. Çünkü basit karbüratör hidrolikleri, sabit motor hızında hareketli hava akımındaki yakıtın oluşması şu ilişkilerle belirlendiğini gösterir.

$$F = Kd^{1/2} \quad (4.5)$$

K, K' = Motor hızı ve nozul (meme) boyutlarının fonksiyonları

$$V = K'/d^{1/2} \quad (4.6)$$

V = Karbüratör ölçme memesindeki hacimsel akış



ŞEKİL 4.1 Yoğunluğun bir fonksiyonu olarak benzin ısı değeri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)
(1 Btu / US gal = 0.278 kJ / l ; 1 lb / US gal = 0.1198 kg / l)

Bununla birlikte F üzerinde özgül ağırlığın etkisinin, F_C üzerinde benzer bir etki tarafından telafi edilmesi bir rastlantıdır ve pratikte F_R 'nin temelde yakıt özgül ağırlığından bağımsız olduğu bulunmuştur. Böylece yakıt ekonomisi üzerinde yakıt özgül ağırlığının temel etkisi, onun Şekil 4.1'de gösterildiği gibi Q_v üzerindeki etkisine atfedilmiştir. Bu Eşitlik 4.1'in teorik temelidir.

Bu sebeple hacimsel yakıt ekonomisinde olumlu bir kazancın yakıt özgül ağırlığının bir sonucu olacağının gözlemlenmesi beklenebilir. Çok miktarda kanıt bunun gerçekte pratikte olduğunu gösterir ve tamamen ısınma koşullarında özgül ağırlığın yakıt ekonomisi üzerindeki etkisi birçok durumda gösterilmiştir. Ekonomi ve yakıt özgül ağırlığı arasındaki

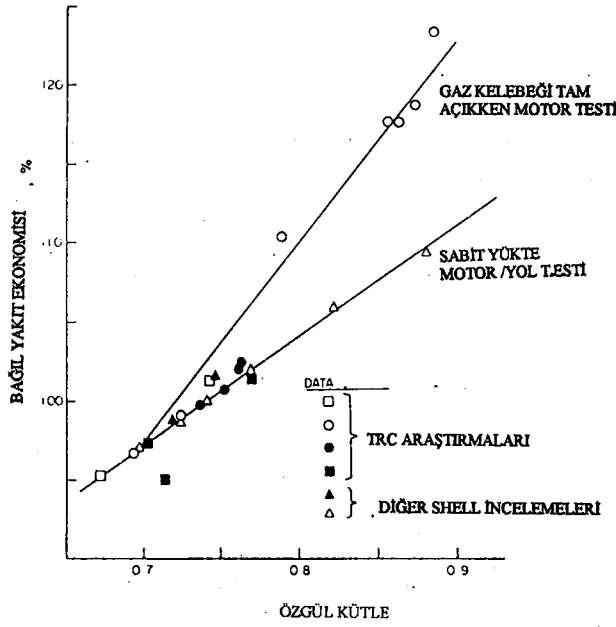
kesin ilişki, aracın dizayn özelliklerine bağlı olmasına rağmen TRC'de araç bilgileri ile tezgah motor testleri sonuçlarını ilişkilendirmek için bir çalışma yapılmıştır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Bir takım laboratuvar sonuçları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu bilgilerden % 7-10 arasındaki ekonomik kazanç; sabit yük koşullarında, 0.1'lik özgül kütledeki artışla sağlanabilir.

Takip eden çalışmalarda uzun mesafe yol şartlarında, % 7.5-8 arası bir kazancın pratikte 0,1'lik özgül kütle artışıyla sağlandığı gözlemlenmiştir. 1970'den beri emisyon kontrol kanunlarının araç dizaynı üzerindeki etkisi araç performansında genel bir düşüşe sebep olmuştur. Ama bu değişiklikler yakıt ekonomisi genel seviyesini etkilese de Amerikan araçlarının özgül kütledeki değişikliklere, önemli ölçüde karşılık vermediği görülmüştür.

Yakıt özgül kütlesi ile yakıt ekonomisi arasındaki karşılıklı ilişki hakkında elde edilen bilgiler, stokiyometrik karbürasyon rejiminin zenginliği ile ilişkilidir.

Daha iyi yakıt ekonomisi elde etmeye olan ilgi, karbürasyon iyileştirilmiş karışım hazırlama sistemi veya şarj ateşleme sistemlerinin kullanımı ile artmıştır. Modern araçlarda 1970'lerden beri yapılan yol araştırması, yakıt ekonomisi üzerinde özgül kütlenin etkilerinin ölçüleri üzerine yayınlanmış herhangi bir çalışmaya referansta bulunmamaktadır.



ŞEKİL 4.2 Bağlı yakıt ekonomisi ile özgül kütlenin karşılıklı ilişkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

4.3 Yakıt Uçuculuğu

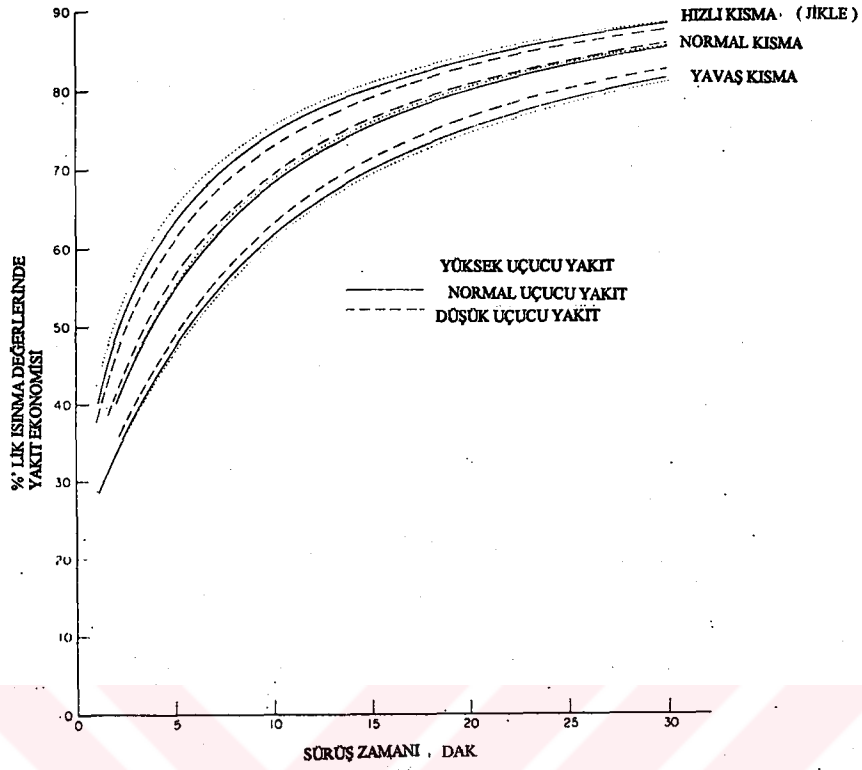
Özgül kütle uzun mesafede ekonomikliğini belirlemede yakıtın baskın, etkili fiziki özelliğidir. Ama yakıt uçuculuğunun ısınmış bir motorla verimli karışım hazırlanmasını ve dağıtımını elde etmek için yeterli olması şarttır. Yakıt özgül kütlesinde artışlar daha az uçucu olan bileşiklerin eklenmesi ile elde edilebilir. Fakat bu yolla yakıt sarfiyatında elde edilen kazanç sonuçta en üst noktaya ulaşacak ve sonra uçuculuğun giriş sisteminde yakıtın eksik buharlaşması ile yakıt kötü dağıtımına sebep olmaya başladığı noktaya gelmesi ile kazanç düşmeye başlayacaktır. Soğuk iklimlerde soğuk bir motor ile bu normal benzinlerle birlikte kabul edilmesi gereken bir problemdir ve bu sebeple motorlar karışımı, motor ısınırken zenginleştirmek için jikle çekmeleri (ilk hareket düzeneği) ile uyumlu hale getirilmiştir. Sabit çalışma koşullarında, jikle kullanımının yakıt sarfiyatını 2 kat ya da daha fazla arttıracığı gösterilmiştir ve bunu takiben yakıt tüketimindeki önemli bir artış, ısınma süresinde jikle kullanımının minimuma indirgenmesi ile azaltılabilir. İlk hareket düzeneğinin (Jiklenin) fonksiyonu, istenilen kullanım şeklini taşıtısınıırken devam ettirmektir; yani duraklamaları, tökezlemeyi, durmaları ve ateş almamayı soğuk bir başlangıcın ardından aracın sürülme şartlarında engellemektedir. Şasi dinamometresi üzerindeki ölçmeler sürülebilirliğin yakıt uçuculuğu ve çevre hava sıcaklığı ile bağlantılı

olduğunu; ama onun aynı zamanda test sırasında jikle kullanım modeline karşıda hassas olduğunu gösterir. Bundan dolayı jikle kullanım modelince belirlenen yakıt ekonomisi ve sürülebilirlik arasında bir denge vardır ve bu araçların otomatik jikle ile uyumunda ve yakıt uçuculuğundaki değişikliklere cevaplarında farklılıklara sebep olur.

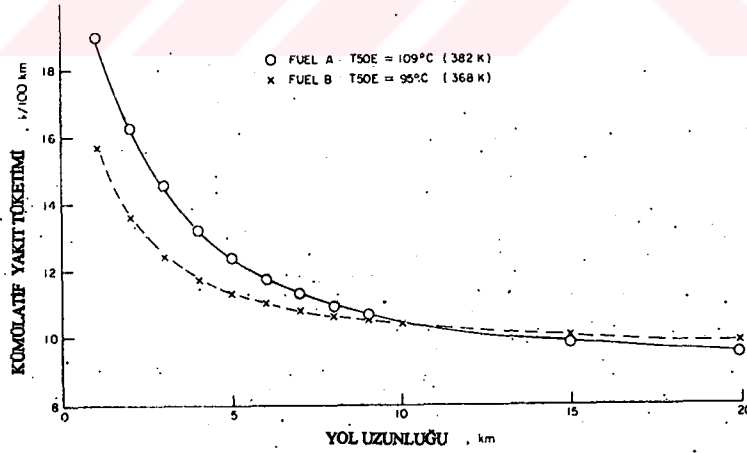
Keller ve Byrne ısınma periyodu sırasında yakıt ekonomisi üzerinde jikle kullanım modeli ve yakıt uçuculuğunun değişen etkisini göstermiştir ve TRC veya başka yerde yapılan benzer ölçmelere benzer olan sonuçlar Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Bu sonuçlar belirli jikle kullanım modeli (otomatik jikle) ile yakıt uçuculuğundaki değişiklikler, ısınma sürecinde yakıt ekonomisi üzerinde sadece küçük bir etkiye sahiptir; ama farklı jikle kullanım modellerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu belirli jikle kullanım modeli olan otomatik jikleli bir araç için uçuculuktaki değişikliklerin, büyük ölçüde yakıt ekonomisinden ziyade araç sürülebilirliğindeki değişiklikler tarafından yansıtılması demektir.

Ama eğer bir araç el ile kumandalı ilk hareket düzenli (el jikleli) ise, sürücü sürülebilirlik yada yakıt ekonomisinden birini en üst seviyeye çıkarma için jikleli bırakma şansına sahiptir. TRC'de el jikleli araçlarda yapılan deneylerde birikmiş yakıt sarfiyatı ve sürülebilirlik ölçümleri 95 °C (368 K) (yakıt B) ve 109 °C (382 K) (yakıt A)'nın orta noktasında olan iki yakıtla yapılmıştır. Morris Marina 1800 için elde edilen sonuçlar Şekil 4.4'te gösterilmiştir ve bu sonuçlar el jikleli bir araç için tipik sonuçlardır. Yakıt B ile tatminkar bir sürülebilirlik için daha az jikle kullanımına ihtiyaç duyulmuştur ve testin başlangıç safhasında yakıt A ile karşılaştırılan birikmiş (kümülatif) hacimsel yakıt tüketiminde bir kazanç görülmüştür. Bu kazanç motor ısındıkça daha az uçucu yakıtın yüksek özgül ağırlığının etkisi ile yavaş yavaş azalmıştır ve bu testte mesafenin 11 km'sinde bir çakışma (crossover) görülmüştür.

Soğuk motor koşullarında sürülebilirlik (kullanım rahatlığı) ve yakıt ekonomisi arasındaki ilişkinin yakıt uçuculuğundaki değişikliklerin etkisi ile ilişkili önemli bir neticesi yakıtın performansındaki karşılaştırmalar ile alakalıdır.



ŞEKİL 4.3 Otomatik ilk hareket (jikle) düzeni ve yakıt uçuculuğunun ısınma esnasında yakıt ekonomisi üzerindeki etkileri (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 4.4 El jikleli Martin Martina 1800 için ısınma esnasında yakıt ekonomisi üzerinde yakıt uçuculuğunun etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Isınma süresince, yakıt ekonomilerinin daha titiz bir karşılaştırması sabit kullanım koşullarında yapılmalıdır. Eğer performans üzerinde yakıt uçuculuğundaki değişikliklerin etkileşim kapsamlı bir dökümü elde edilmek isteniyorsa, performansın her iki yönünde eş zamanlı olarak ölçülmesi gerektiği açıktır. Özellikle el jikleli araçlarda, ama aynı zamanda otomatik jikleli araçlar da, bu konu da daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır

Uzun mesafe koşulları ile kısa mesafe koşulları arasında gereksinimler açısından zıtlıklar vardır. Soğuk iklimlerde kısa mesafeler için, yüksek uçuculuktaki yakıt, el jikleli araçlar için sürücünün iyi uçuculuğu, jikleli erken bırakmak şartı ile kullanması halinde yararlıdır. Uzun mesafeler için en iyi ekonomi daima yüksek özgül kütledeki yakıtla sağlanır.

4.4 Yakıt Viskozitesi

Geçmişte yakıt viskozitesi (yapışkanlığı), karbüratörlerde kullanılan yakıt orifisleri genelde büyük, benzinlerin hepsinin çok benzer, çok düşük viskoziteli olduğu için çok önemli bir şey olarak düşünülmemiştir. Birçok karbüratör dizaynı, hava köpüğünü (air entrainment) önemli derecede kullanır ve ölçme memesindeki sıvı akışı laminer şekilde değildir. TRC'de yapılan çalışma, ticari benzinler için viskozitedeki farklılığın az olduğunu göstermiştir. TRC'de Texaco tarafından yapılan deneysel çalışma, ekonomideki bir kazancı, katkı maddeleri ile benzinin viskozitesinde büyük artışlara meydan vermek için kalınlaştırma ile elde edilebileceğini göstermiştir. Ama bu kazanç motor dizayncısının niyetinden çok daha verimsiz durumlarda çalışması ile başarılabilir. Shell'deki çalışmada, normal benzinlerin viskozitesindeki farklılıklardan beklenen maksimum fark % 1'den çok büyük olmamıştır. Karbüratör ölçümleri, yakıt ekonomisini belirlemede açık bir öneme sahiptir ve konudaki birçok ampirik ifade, Eşitlik 4.5 ve 4.6'nın formunun deneysel eşitliğini, ölçülen yakıt / hava oranını tanımlamak için kullanır. Bu eşitliklerde yakıt sadece kendi özgül kütlesi açısından tanımlanmıştır ve viskozite ihmal edilmiştir. Ölçülen karışım zenginliğinin, özellikle araç rölantideyken çevre sıcaklığındaki değişikliklere karşı hassas olduğu deneysel bir gerçektir. Sıcaklığın artması daha zengin ölçmeye sebep olur ve karbüratör üreticileri, yakın zamanlarda sıcaklığı telafi eden cihazlarla bu etkiyi kontrol etmek için deneyler yapmaktadırlar. Tam bir ölçme emisyon kontrolünde olduğu kadar maksimum ekonomiyi elde etmek içinde kritik bir etkendir. Ve yakıt viskozitesinde

sıcaklığın etkisi ve yakıt özgül ağırlığında sıcaklıkla olan değişikliğin sebep olduğu değişim, gelecekte daha çok ilgi görecektir ve araştırılacaktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Araçların toplam yakıt tüketiminde yapılacak her türlü iyileştirme, ham petrol ihtiyacında, önemli bir etkiye sebep olacaktır. Yakıt özgül ağırlığının ve uçuculuğunun şoför etkisi ile birlikte önemli etkileri vardır. Benzin fiziki özelliklerindeki küçük değişikliklerin toplam etkileri, benzinin kullanım amacına bağlıdır. Şoför için sürüş maliyeti önemlidir. Kısa mesafeler için uygun yakıt tüketimi (yakıt tasarrufu) sağlanması için yüksek uçuculuk gerekmektedir. Uzun mesafeler için ise yüksek özgül ağırlık gerekmektedir. Çok değişik etkenin rol oynadığı bu alanda önce amaçların iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Kullanım şartlarında belirlenmesi ile benzinde gereken değişiklikler yapılmalıdır.



5. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE, KATKI MADDELERİNİN ETKİLERİ

5.1 Giriş

Ham petrol, temel olarak kaynama noktaları geniş sıcaklık aralığında olan değişik hidrokarbonlardan oluşur. Kıvılcım ateşleme motorunun ilk dönemlerinde bazı hafif kısımlarını yakıt olarak, herhangi bir değişiklik yapmadan kullanmak mümkün olmuştur. Benzer şekilde seçilmiş ağır kısımlarda karter yağlayıcısı olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte son yıllarda motor kullanımındaki artış ve petrol tüketimindeki ilerlemeler, daha kompleks yakıt ve yağlayıcılarla çalışmaları sağlanan daha verimli ve güçlü motorların geliştirilmesine sebep olmuştur. Petrol ürünlerinin performansı önemli bir ölçüde hidrokarbon yapıların seçimi ve değiştirilmesi ile artırılabilir. Ama sadece hidrokarbon işleme ile ulaşılabilecek performans seviyesinde bazı pratik ve ekonomik kısıtlamalar vardır.

Günümüzde, petrol endüstrisi ürünlerinin performansını iyileştirmek; bir ya da fazla önemli özelliği içeren katkı maddelerinin kullanımına bağlıdır. Katkı maddesi, düşük konsantrasyonda ya ürünün bazı özellikleri açısından performansını iyileştirmek ya da ürüne tamamen yeni bir özellik vermek için kullanılır. Önemli ölçüde katkı maddeleri, karbon ve hidrojenin başka elementlerde içerir. Oksijen, nitrojen, halojenler ve fosfor ihtiva eden bileşenler geniş uygulama alanına sahiptirler ve bronz, nikel, magnez, demir gibi elementler içeren katkı maddeleride kullanılmaktadır.

Benzin katkı maddelerini gruplara ayırmanın en uygun yolu onları amaçlarına göre sınıflandırmaktır. Tablo 5.1'de ana gruplar özetlenmiştir. Paslanmaya, aşınmaya karşı uygulamaları ve uzun ömürlü benzinlerde metal yatıştırıcıların kullanımı gibi küçük uygulamalar dahil edilmemiştir. Bu tablodaki günümüzde genel kullanımda olan önemli katkı maddesi gruplarının, hiç birinin temel amacı yakıt tüketiminin azaltılması değildir. Tamamen ısınmış motorlarda çok önemli bir yakıt faktörü olan yakıtın kalorifik değeri düşünülürse bu şaşırtıcı değildir. Benzin hidrokarbonları yüksek kalorifik değere

(aşağı yukarı 43 MJ / kg) sahiptirler ve %1-2 konsantrasyonunda kullanılan bir katkı maddesi yoluyla yakıtın kalorifik değerini büyük miktarda arttırma ihtimali zayıftır.

Benzin katkı maddesinin, yakıt ekonomisi açısından ilişkisi, yakıtın kimyasal enerjisinin yararlı işe dönüştürülme verimidir. Zaten ısı motorları bu konuda verimli değildirler ve benzin motorları da en verimli ısı motoru değildir. Örneğin Amerika'da emisyon sürme çevriminde (devresinde), benzin motorunun ortalama termal verimi yaklaşık % 10 bulunmuştur.

Bu verimi arttırmak için açık bir fırsat vardır ve bu yakıt katkı maddesinin rol oynayabileceği bir alandır. Yakıt ekonomisinde araç dizaynı ve çalışma şartları baskın faktörler olduğu için bu rol ikinci derecededir. Yine de burada katkı maddelerinin önemli payları vardır; a) temel motor dizaynı kriterlerinin sağlanmasına yardımcı olur. b) dizayn performansının geniş bir periyotta devamını sağlar.

Tablo 5.1 1975' te kullanılan benzin katkı maddeleri ana grupları
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Grup	Tarih	Karışımı	Biriken (ppmv)	Yorum
Vuruntu önleyici	1926	Tetraetil kurşun	2000 (0.6 g Pb / l)	Kurşun arttığı gibi alkali halides kullanımını gerektirir
Oksitlenme önleyici	1930	Alkali fenol	100	Olefinik benzinlerde kullanılır
Buzlanma önleyici	1952	Isopropil alkol	10000	Çok uçucu benzinlerde önemlidir
Ateşleme kontrolü	1954	Tritoli fosfat	200	Yüksek oranda kurşun içeren benzinde çok etkili
Temizlemesiz giriş sistemi				
1.tip	1956	Alkali amin fosfat	50	Karbüratörde etkili
2.tip	1971	Mineral yağ taşıyıcılı poli isobütan amin	500	Giriş sisteminin tümünde etkili

5.2 Vuruntu Önleyici Katkı Maddeleri

1922'de Midgely ve Boyd kurşun alkilerinin vuruntu önleyici olarak çok etkili olduğunu bulduklarında onlar yakıt ekonomisini iyileştirmeye çalışmıyorlardı. Onların problemi o zaman eldeki yakıtın düşük oktan kalitesi ve motor oktan gereksinimi

arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan motor arızalarını engellemektir. 70 yıldır kurşun alkileri motor benzinlerinde oktan kalitesini artırmak için hemen hemen evrensel ölçülerde kullanılmaktadır. Böylece bundan daha yüksek oktanlı benzin üretebilme teknolojisine sahip olsak da, kurşun alkilerinin kullanımı oktan kalitesini arttırmanın en ekonomik yoludur. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Halihazırdaki kurşun içerikleri tipik olarak 0.4 - 0.6 Pb / 1 aralığındadır ve oktan sayısında aşağı yukarı 5'ten 6 birime artışta payı vardır. Yüksek oktanlı benzin sıkıştırma oranında 1.5 birimlik bir artışa müsaade eder. Artırılan sıkıştırma oranından kaynaklanan iyileştirilmiş yakıt tüketimi toplamda % 6'ya eşittir. Böylece motor gereksinimi ve yakıt oktan seviyesi denkleştirilmesi şartıyla, vuruntu önleyici katkı maddelerini iyileştirilmiş yakıt tüketimine katkıda bulunuyor kabul edebiliriz. Verilen bir yakıtta vuruntusu olmayan bir motorda vuruntu önleyici katkı maddesinin eklenmesi bir kazanç sağlamayacaktır. Böylece eğer o yakıt oktan sayısını motor gereksinimine denkleştirmeyi sağlarsa vuruntu önleyici iyileştirilmiş yakıt ekonomisine katkıda bulunmuş sayılabilir. Günümüzün sıkıştırma oranlarında vuruntu önleyici katkı maddelerinin etkisi, her bir oktan sayısı artışı için yakıt ekonomisinde % 1'lik bir iyileşmedir.

5.3 Oksit Önleyiciler

Oksit önleyicilerin kullanımının yıllar içerisinde yakıt ekonomisini iyileştirmeye yardımcı olduğu söylenmektedir, ama bu vuruntu önleyici katkı maddeleri kadar somut değildir. Oksit önleyiciler benzin bileşenlerinin depolanmasında oksidasyonu önlemek için kullanıma konulmuştur. Tarihsel olarak temel ve katalitik ayrıştırma (cracked) işlemleri ham petrol varil başına benzin üretimini artırmak için kullanılmıştır. Ayrışmış bileşenler (olefinic hidrokarbonlar) normal parafin benzinlerinin sahip olduğundan daha yüksek oktan sayısına sahiptirler. Bu artan sıkıştırma oranlarının kullanımını sağlamıştır. Ama

olefinic bileşenler kolayca okside olur ve motorda vuruntu öncesi peroksitlerin ve yapıştırıcı oluşumunun artmasına sebep olmuştur. Böylece yakıt ekonomisini oksit önleyicilerin katkısı, motor benzinlerinde düşük stabilitede ama yüksek oktan bileşenlerinin ihtiva edilmesini sağlaması olmuştur.

Katkı maddesinin rolü sınırlıdır ve katalitik yeniden yapılanma ile üretilen benzinler oksit önleyicilere çok az ihtiyaç duyarlar. Oksit önleyici kullanımından ortaya çıkan yakıt ekonomisindeki iyileşmeyi sayısal olarak belirlemek mümkün değildir. Onların önemli bir faydası, benzin üretiminin esnekliğini arttırmaktır.

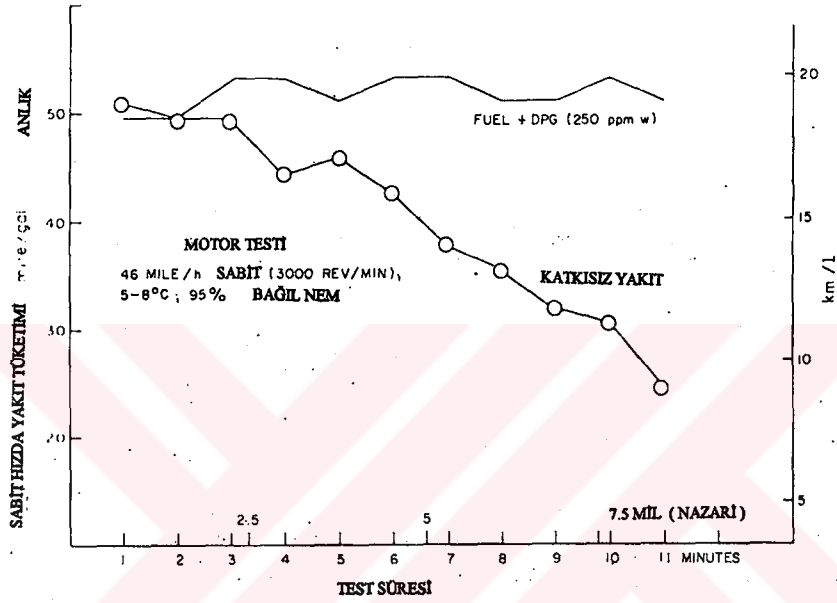
5.4 Buzlanmayı Önleyici Katkı Maddeleri

Motor karbüratöründe benzinin buharlaşması yakıt-hava karışımı ve karbüratörde sıcaklıkta bir düşmeye sebep olur. Eğer bu hava nemli ise ve sıcaklık azalması sıfırın altında bir sıcaklık üretmek için yeterli ise karbüratörde buzlanma olacaktır. En kötü durumlarla, hava sıcaklığının 5°C olduğu zamanlarda ve bağıl nemliliğin % 90'dan büyük olduğunda karşılaşmıştır.

Karbüratör buzlanmasının sebep olduğu kayıplar; sürülebilirlikteki (kullanımdaki) zararlarından başka, yakıt tüketiminde ekstra kayıplar olabilir. Karbüratör buzlanmasından yakıt tüketiminin etkileneceği nokta birçok faktöre bağlıdır. a) Karbüratör dizaynı, b) Giriş hava sıcaklığı, c) Giriş hava nemliliği, d) Yakıt uçuculuğu.

Karbüratör buzlanmasına netice verecek şartlarda, ekonomi üzerinde buzlanmanın kötü etkileri, Şekil 5.1'den kolayca görülebilir. Buzlanma önleyici katkı maddelerinin düzeltici etkileri (DPG) çok açıktır. TRC'de güçlü buzlanma şartlarında yapılan yol testlerinde sabit durumda yakıt tüketiminde % 20'lik bir iyileşme göstermiştir. Böylece, buzlanmaya uygun hava şartlarının olduğu yerlerde yaşayan ve karbüratör buzlanmasına karşı hassas bir sürücü yakıtında buzlanma önleyici katkı maddesinin kullanımından şüphesiz fayda

sağlayacaktır. Ama bu katkı maddesinin toplam katkısı muhtemelen çok küçüktür. Son birkaç yılda motor dizaynında yapılan değişikliklerin bir neticesi piyasada buzlanmaya karşı hassas arabalar giderek azalmaktadır. Bir çok yeni araç, karbüratöre gönderilen havayı önceden ısıtan bir sistemle uyumlu hale getirilmiştir. Bu egzost emisyonunu azaltan aynı zamanda buzlanmayı azaltma özelliğine de sahip fakir karışımlarla aracın iyi sürülebilirliğini sağlamak için yapılmıştır.



ŞEKİL 5.1 Ford 105E Tezgah motorunda buzlanma koşullarında yakıt tüketimi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

5.5 Ateşleme Kontrol Katkı Maddeleri

Zamanla benzinli motorların yanma odasında çökeltiler birikir ve bu motor performansını kötü etkiler. Bu etkilerden iki tanesi ateşleme kontrol katkı maddesi olarak bilinen fosforlu katkı maddeleri ile düzeltilmeye uygundur. Her iki problemin temelinde kurşunlu yakıtların yanmasının ardından kurşun tuzlarının çökeltilmesi vardır.

Vuruntu önleyici katkı maddesi olarak kullanılan kurşun alkiler değişmez bir şekilde alkil halojenür (dichloroethane yada dibromoethane) boşaltıcıları ile kullanır ki bunların amacı kurşunu yanma uçlarından kolayca atılan kurşun halojenüre dönüştürmektir. Halojen

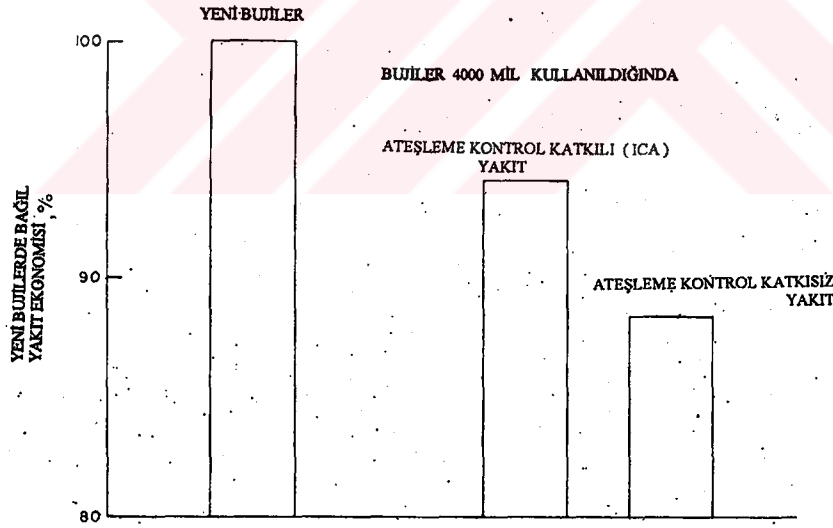
bileşenleri bu amaçla seçilmiştir, çünkü kurşun halojenürler yanma odası sıcaklıklarında nispeten uçucudurlar ve orada kurşunun çok azı kalır. Ama çok az dahi olsa kalan bu miktar çalışma problemlerine sebep olur. Sıcaklık artışı ile kurşun halojenlerinin elektriksel direncinin düşmesi sebebi ile bujilerin seramik izolatörleri üzerindeki kurşun klorid ve bromid çökmesi toprağa alternatif bir yol sağlayarak bujinin teklemesine sebep olabilir. Kurşun fosfatları kurşun klorid ve bromid bileşiklerinin sahip olduğundan daha fazla elektriksel dirence sahiptirler, 1950'li yılların ilk zamanlarında aril fosfatların benzine eklenmesinin buji teklemelerini hafifleteceği yada tamamen engelleyeceği bulunmuştur. Bu tarihten itibaren aril fosfatları daha düşük molar konsantrasyonlarda kurşun boşaltıcıya yardımcı olarak kullanılmıştır. Burada amaç halojenin bir boşaltıcı olarak rolünü oynaması ama herhangi bir şekilde kalan kurşunun tercihen fosfat formunda olmasıdır.

Halojenden ziyade fosfat formunda olan kurşun çökeltisinin kullanılması ile artan diğer bir kazanç yüzey ateşlemesindeki azalan meyildir. Kurşun halojenleri karbonlu çökeltileri katalize eder ve bu açıdan kurşun fosfatları nispeten durgundurlar. Avrupa'da daha az önemde bir problem olmasına rağmen, yüzey ateşlemesi birkaç yıl Amerika'da ciddi bir problem olmuştur, kendisini düşük çalışma periyodunun sonrasında hızlanma sırasında anormal yanma gürültüleri ile gösterir. Bu yakıt-hava şarjının akkor çökelti tarafından ani olarak ateşlenmesi ile oluşur ve gürültüde, basınç yükselmesindeki çok aşırı artıştan doğar. Bu problem genelde aşırı yanma gürültüsü ile sınırlıdır; ama bazı durumlarda yüzey ateşlemesi ön ateşleme ve motorun çalışmamasına da yol açabilir. Fosfor katkı maddeleri bu duruma oldukça hafifletirler ama problemleri bir motorda bunu tamamen önleyemezler.

Buji ateşleme teklemesi yakıt tüketimini artırır ve fosforlu katkı maddelerinin kullanımı temiz bujilerle elde edilen yakıt tüketimine motoru tekrar ulaştırabilir. (Şekil 5.2.) Ama, bu katkı maddelerinin kullanımı bugün azalmaktadır. Bu azalmanın önemli sebepleri şunlardır:

1. Benzin kurşun içerikleri azaltılmaktadır.
2. Fosfor egzost katalizörlerinin üzerinde kötü etkiye sahiptir.
3. Yeni buji dizaynları, yüzey kaplanmasına(tıkanmaya) karşı daha az yatkındır.
4. Günümüz motorları daha sağlamdır ve daha az anormal yanma gürültüsü çıkarırlar.
5. Buji ateşleme teklemesi ve yüzey ateşlemesi kısa periyotlu tam gaz operasyonu ile ortadan kıldırılabilir geçici problemlerdir.

Bu sebeple fosfor katkı maddelerinin bazı faydaları var gibi olsa da bu tip katkı maddelerine olan ihtiyaç azalmaktadır. Egzost katalizör ömrü motor benzinden kurşun, halojenler ve fosforun çıkartılması ile artmıştır.



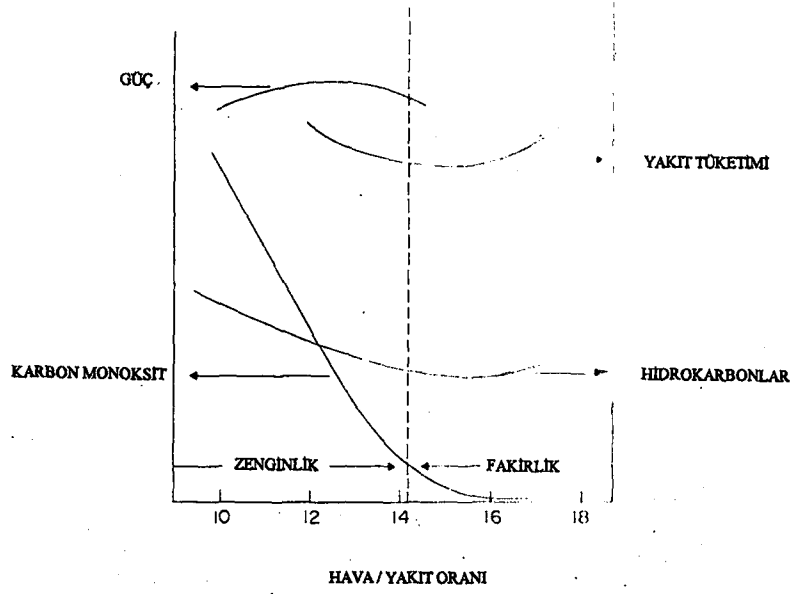
ŞEKİL 5.2 Ateşleme kontrol katkı maddeleri ile benzin ekonomisindeki iyileşme
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

5.6 Karbüratör ve Giriş Sistemi Temzileyici Katkı Maddeleri

Yanma odasında çökeltilerin zamanla arttığı gibi karbüratör ve benzinli motorların giriş sistemlemlerinde de çökeltiler birikir. Bunlar motorun normal çalışmasını engeller ve bu çökeltiler temizlenmelidir.

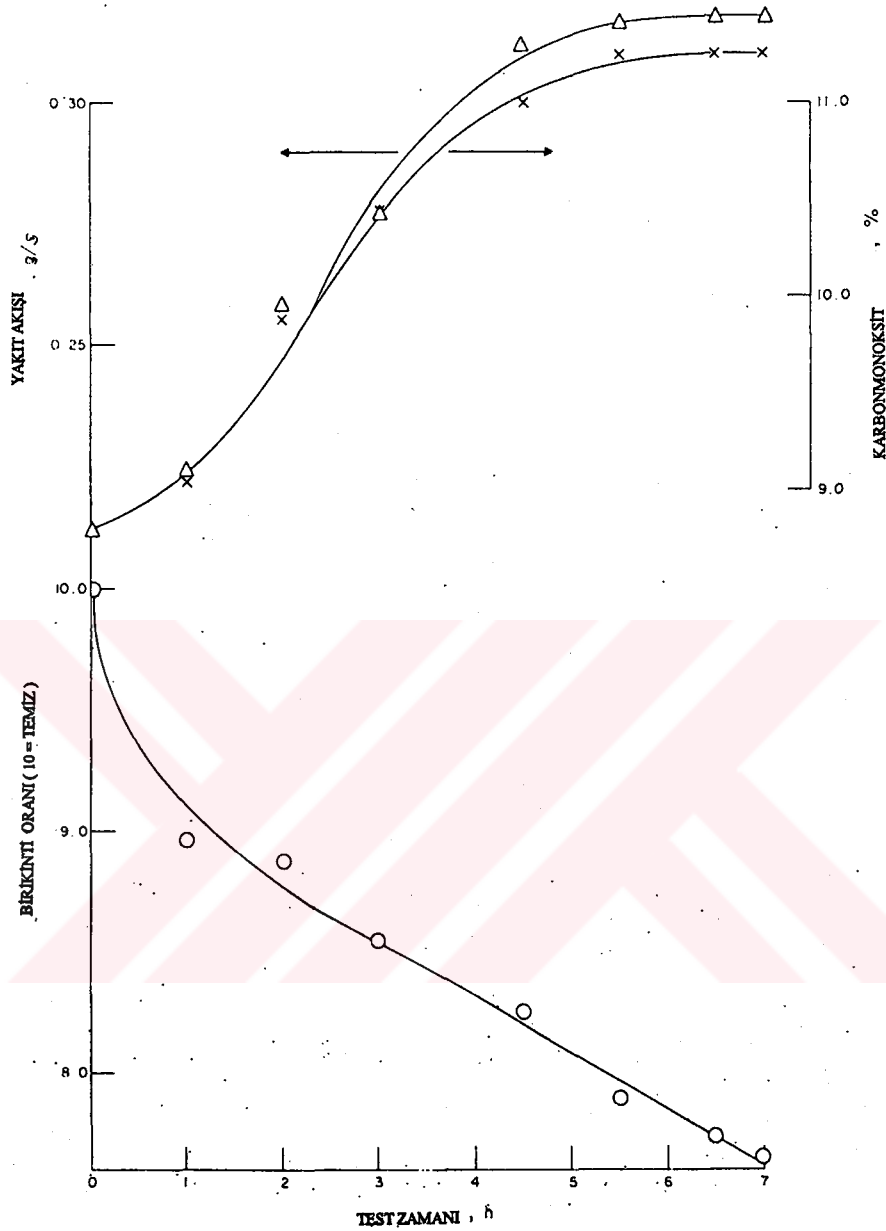
Bu katkı maddelerinin en yeni önemli gelişmesi, ikinci ve daha etkili giriş sistemi temizleyici katkı maddelerinin ortaya çıkışı ile olmuştur. Karbüratör temizleyicileri, Amerika'da 1950'lilerde kullanılmaya başlandığında az bir etkiye sebep oldular. Bunların kullanımı daha temiz karbüratörleri netice verdi ve belki de karbüratör buzlanması ve yakıt tankı paslanması ile ilgili olumlu sonuçlarda alınmıştır. Ama bu temizleyicilerin değeri, kullanıcı tarafından tam anlaşılmamıştır. Yolcu araçlarının bir hava kirliliği kaynağı olarak görülmeye başlaması ile giriş sistemi temizleyici katkı maddelerinin, daha temiz hava için bir katkıda bulunabileceği daha açık hale gelmiştir.

Yeni bir araç kendisine ait bir karbüratör dizaynına sahiptir ve üreticisi tarafından en iyi hava / yakıt oranını sağlaması için ayarlanmıştır. Ama zamanla karbüratörde çökeltiler oluşur ve hava / yakıt oranı dizaynı, şartlarından uzaklaşır. Genelde karbüratör çökeltilerinin etkisi, çözelti arttıkça karışımın daha zengin olmasını netice veren, hava akışını kısıtlamaktır. Sonuç olarak karbonmonoksit ve hidrokarbonların egzost emisyonları yakıt tüketimi ile birlikte artar. (Şekil 5.3) Bu sebeple yakıt katkı maddeleri ile çökeltilerin kontrolü, sadece kullanıcıya faydalar sunmayıp, aynı zamanda topluma da sunar. İşte bundan dolayı, çökelti oluşmasını hem engelleyen hem de önceden oluşmuş olanları temizleyen yeni bir sınıf temizleyici katkı maddesi üretilmiştir. Ayrıca, yeni üretilen (ikinci nesil) bir katkı maddesi giriş sübabı çökelti oluşumunu kontrol eder, bu konuda karbüratör deterjanları etkisizdir.



ŞEKİL 5.3 Hava yakıt oranının güç, yakıt tüketimi ve emisyonlar üzerindeki etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

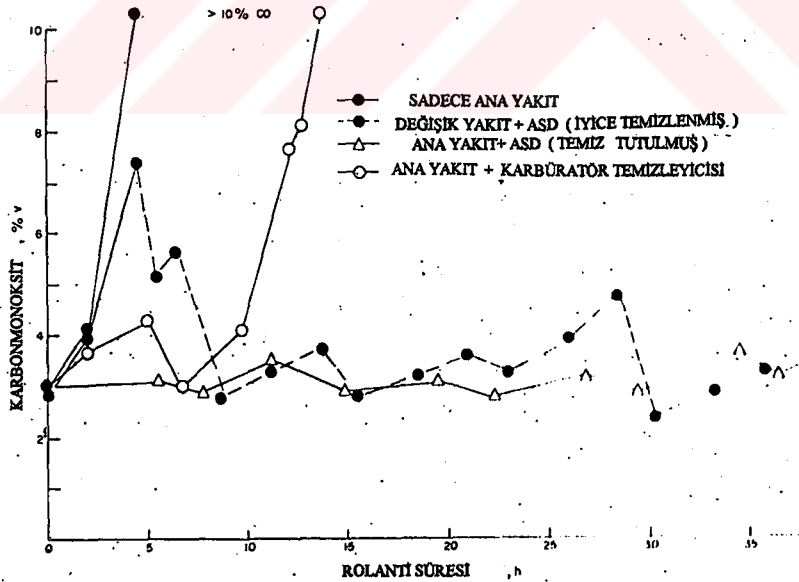
Çökelti oluşumu için hassas olan yerler, karbüratör kelebek kısımları, karbüratör boşa iken hava yatakları ve ilerleme sistemleri, pozitif karter havalandırma (PCV) vanaları ve egzost gazı resirkülasyon (EGR) sistemleridir. Bu alanların herhangi birinde olan çökelti, hava / yakıt oranında ve dolayısı ile yakıt ekonomisi ve emisyonlar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Karbüratör çökeltisinin kötü etkileri kolayca laboratuvar tezgah motor testlerinde gösterilebilir ki burada karter kaçak gazları ve egzost gazları çökelti oluşumunu arttırmak için karbüratöre tekrar geri gönderülür. Örneğin Ford Escort kullanılarak TRC'de standart karbüratör temizleyici testi ile yapılan bir testte, yakıt tüketimi ve egzost emisyonlarındaki artışı kolayca kelebek kısımlarında oluşan çökeltiyle ilişkilendirilebilmiştir. (Şekil 5.4)



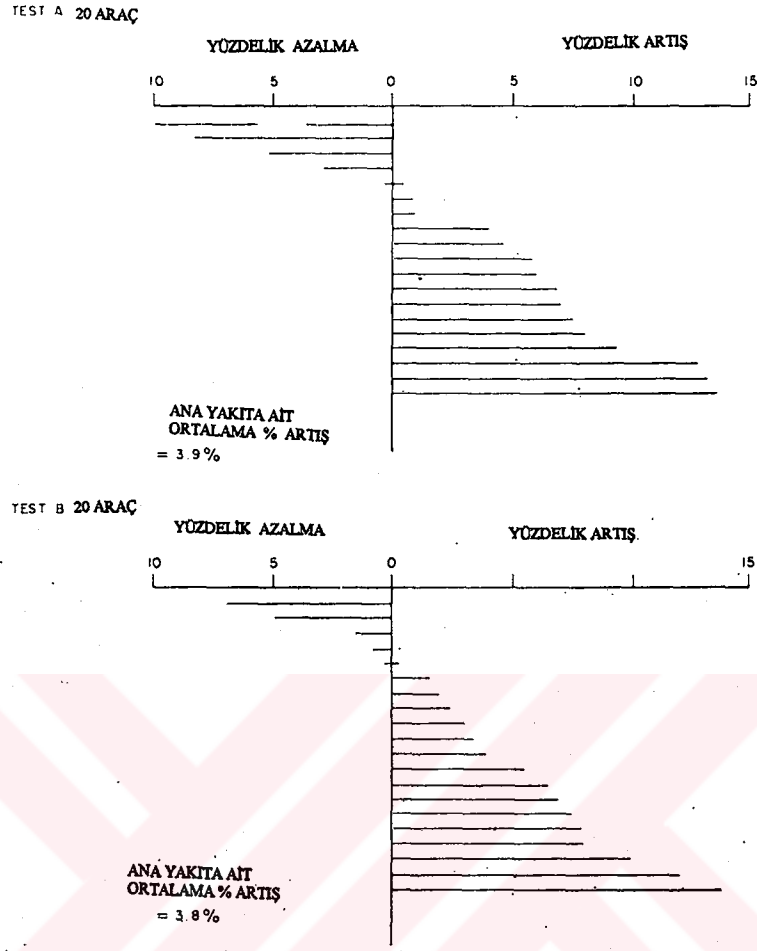
ŞEKİL 5.4 Yakıt tüketimi, emisyonlar ve karbüratör çökeltileri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Hava fırçası (air brush) çökeltilerinin etkisi bir Fiat 600 tezgah motor testinde gösterilebilir. Hızlandırılmış çökeltilme prosedürü kullanmak ile egzost CO konsantrasyonu (% 3'ten 6'ya) iki katına düşük oranlı yakıtla 4 saat gibi kısa bir zamanda ve iyi birinci nesil (first generation) katkı maddesi ile belkide 10 saatte çıkabilir. Bunun zıddına, ikinci

nesil katkı maddesi hava fırçasında çökelti oluşumunu en az 40 saat engeller (Şekil 5.5) Bu katkı maddesinin temizleme kapasitesi de bir testte görülebilir. (Şekil 5.5) Bununla beraber katkı maddesi etkilerinin laboratuvarında gösterilmesi, bu kazançların müşteri servisinde sebep olacağı kazancın derecesi hakkında çok az şey söyler. Chevron ve Shell uygun katkı maddelerinin kullanımından elde edilecek kazancı sayısal olarak belirlemek için yol testleri uygulamışlardır. Deney için, F-310 içeren benzinle çalışan 450 araçta, 2000 mil'lik bir çalışma ile yapılmıştır. Chevron, egzost hidrokarbonlarında % 13.9'luk ve karbon monoksitte % 11.6'lık bir azalmayı, yedi modlu emisyon çevrimi ile ölçerek bulmuştur. 30 araçta yapılan başka bir testte Chevron, yakıt tüketiminde (7 modlu emisyon çevrimi ile ölçülmüştür.) yakıt katkı maddeleri ile 2000 mil'lik bir çalışma sonrası, % 7.7'lik bir iyileşme olduğunu saptamıştır. Shell'in farklı ülkelerde, Avrupa ve Japon arabaları ile yolda yaptığı testler, rölantide iken CO'da %15'lik bir azalmayı ve normal sürücü kullanımında yol şartlarında iken, yakıt tüketiminde % 4'lük bir azalmayı gösterir. (Şekil 5.6) Böylece giriş sistemi temizleyici katkı maddeleri karbüratör ve giriş sisteminde çökelti oluşumunu büyük oranda engeller ve üreticinin amaçladığı hava / yakıt oranı ayarlarını (düzenini) korur.



**ŞEKİL 5.5 Araç rolantide iken, CO emisyonu üzerinde karbüratör katkı maddesi deterjanının etkisi (Fiat 600, Solex karbüratör)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)**



**ŞEKİL 5.6 6000 km çalışmadan sonra temel (ana) yakıtı göre ASD yakıtı üzerinde
mil başına tüketimdeki artış
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)**

Başka bir zorluk ise, tam gazda, yakıtın buharlaşma gizli ısısının bir kısmı motora giren karışımı soğutmak için kullanılmaktadır ve böylece maksimum güç artmaktadır. Pülverize olmuş yakıt sağlayacak mükemmel bir karışım hazırlama sisteminin eksikliğinde, motor giriş manifoldları sıvı ve buhar halindeki karışımlarla uğraşmak zorunda kalır. Bu ihtiyaçların birkaç fonksiyonu birleştirmesinin bir sonucu şudur ki, herhangi bir motor karışım hazırlama sistemi üreticinin güç, emisyonlar ve ekonominin çatışan gereksinimleri arasında yaptığı en iyi uzlaşmayı temsil eden bir pakettir. Sonuç, değişmez bir şekilde karbürasyonda ve giriş sistemi geometrisinde ki küçük değişikliklere karşı hassastır. Bu da bir motor tipi için iyileşme sağlasada, araçta performans kaybına sebep olur.

Direkt deneyle sadece iyileştirilmiş karışım hazırlamanın sonuçlarını tanımlama çalışmaları bu sebeple zorluklarla doludur ve bu tip deneylerin sonuçlarının yorumu da dikkatle yapılmalıdır. Yakıt ekonomisi kazançları, aslında sadece eğer karışım kalitesi tüm motor koşulları için iyileştirilebilir ve eğer karbüratör ya da enjeksiyon sistemi bu iyileştirilmiş karışımların en iyi kullanımını sağlamak için tekrar ayarlanabilirse, karışım hazırlama yoluyla yakıt ekonomisi sağlanabilir.

İyileştirilmiş yakıt ekonomisi ve ekonomik karışım zenginliği daha iyi karışım hazırlama sistemleri tarafından mümkün kılınmaktadır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Daha ekonomik karışım sağlayan fakir karışımın ateşlenmesinde güçlük ve yanma veriminde azalma olmaksızın yakılmasını kademeli dolgulu motor yapımı sağlayabilir. Temel prensipleri zengin karışımın kolay ateşlenmesi ve yüksek yanma hızı avantajlarından yararlanmak amacı ile buji tırnak bölgesinde zengin karışım oluşturmak yoluyla silindir içindeki genelde fakir olan karışımın yakılması temeline dayanmaktadır. Çift enjektörle benzin püskürtülmesi ve her bir silindirin çift karbüratörle beslenmesi yöntemleriyle silindirdeki dolgunun kademelendirilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede % 18 mertebesinde yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. (Yavaşlıol, 1984)

6.2 Günümüzdeki Karbüratörlü Motorlarda Karışım Kalitesi

Karbüratörden geçen yakıt ve havanın, silindirlere dağıtıldığında homojen bir karışım olarak ortaya çıkması beklenir. Ama pratikte bu böyle değildir ve Skripkin ve arkadaşlarının belirttiği gibi, giriş sistemindeki hava ile yakıtın çok düşük türbülanslı karışımı vardır. Gaz kelebeği (plakasının) sapma etkisinden yada yakıt memesinin karşı pozisyonundan ortaya çıkan, artan yakıt konsantrasyonları giriş manifoldu kısmında sürdürülmektedir. Bir karıştırma aleti, karbüratör karışımının homojenliğini artırdıktan ve silindirler arasında daha iyi yakıt dağılımına müsaade ederse iyidir; ama bu motorda güç kaybına sebep olur. Normal olarak motorun silindirlerine giden yakıt, 3 rota izler; buhar olarak, karbüratörde üretilen damlacıkların dumanları ile ve giriş manifoldu yüzeyine bağlanmış sıvı bir film olarak. Madeni bir manifold olması durumunda film daha ince olacaktır; çünkü sıcak bölgeden ve silindir başından geçen ısı, yakıtın buharlaşmasına yardımcı olacaktır. Yine de bu tip sıvı film herhangi bir giriş manifoldunda şartlar uygun olduğunda ortaya çıkar. Motor hızlandıkça ve çalışma koşulları değiştikçe, film kalınlığı ve yakıt sıvısının silindirler arasında dağılımı da değişecektir. Manifold yüzeyinde tutulan yakıt miktarı motorun önemli bir özelliğidir; çünkü gaz kelebeği yavaşlama sırasında aniden kapatılırsa, yakıtın büyük kısmı aniden yanar ve söner ve motordan çok zengin bir karışım yanmamış halde geçer. Manifold böylece aşırı yüklenmeden tamamen kurur ve bunu takiben kelebek açıldığında, silindirler eşit miktarda yakıt alabilirler. Bu olurken,

zayıf silindirler tekleyebilir ve motor durabilir. Bu olaylar zinciri Şekil 6.1'de gösterilen hava / yakıt oranı ve giriş manifoldu basıncının karma izlenmesi ile açıkça tanımlanabilir. Şekle göre sağ el tarafından başlanıldığında, gaz kelebeği kapalı halde 1100 dev / dak rölantidedir ve hava / yakıt oranı aşağı yukarı 11.2 / 1'dir. A noktasında kelebek aniden açılır ve motorun hızlanmasına izin verilir. Karışım ani olarak 14 / 1 hava-yakıt oranına B'de düşer ve sonra motor 1900 dev / dak' a hızlandıkça karışım daha zengin olur. C'de kelebek aniden kapatılır ve hava / yakıt oranı 11.9'dan 5.0'a giriş manifold basıncı düşükçe hareket eder. Sonuçta motorun 2040 dev / dak'dan 1550 dev / dak'a D'de yavaşlamasına izin verildikçe karışım zayıflar.

Değişen derecelerde, bu tip karışım zenginliği denemeleri, tüm karbüratörlü motorlarda, sabit ayarlı jet karbüratörlerinde ve küçük değişken jet karbüratörleri kullanılarak yapılmaktadır. Motorun herbir silindiri karışım zenginliği farklılıklarına maruz kalır. B noktasında, daha hızlı karışım zenginliği değişimine maruz kalan zayıf silindirlerde bu farklılık daha çok göze çarpar. Herhangi bir motorda sıvı film varlığı iki tür probleme yol açar; yan yana silindirler arasında karışım zenginliği farklılığının olması, ve ikinci tarafı ise hızlanma sırasında sıvı filmin tekrar oluşturulmasının bir sonucu olarak, bazı silindirler motor çalışmasının geçici koşullarında, kötü çalışabilir.

Tam yükte motorun $my / mh = 1 / 9 - 1 / 18$ mertebelerindeki karışım oranlarında çalıştırılması mümkün olmaktadır. Bu sınırların dışında aşırı zenginlik veya aşırı fakirlik nedeniyle karışım tutuşturulamamaktadır. Bu sınırlar maksimum ekonomikliği ve maksimum gücü gerçekleyen karışım oranlarıdır. Motorlarda ekonomik çalışmanın ölçüsü ; birim güç için birim zamanda harcanan yakıt miktarını veren özgül yakıt harcamasıdır. (be: $g / kw-h$) Karbüratörlerde, motorun emdiği havaya bağlı olarak istenilen karışım oranının sağlanabilmesi için emilmesi gereken yakıt miktarı esas olarak ana yakıt memesinden etkilenir. Bu yüzden motorun tasarruflu çalışması ana yakıt memesi kesitinin maksimum ekonomiye uyan karışımı sağlayabilecek büyüklükte olması ile mümkün olur. (Yavaşlıol, 1984)

6.3 Silindirler Arasında Karışımın Kötü Dağıtımı

Bir motorun giriş manifoldunda sıvı yakıtın bulunmasının iki sebebi vardır: Birincisi yakıtı buharlaştırmak için yetersiz ısı verilmiştir, İkincisi homojen bir karışım üretmek için yakıt ve havanın karışımı yetersizdir.

Motor üreticileri tarafından, silindirler arasında yakıtın eşit dağıtımını sağlamak için, homojen karışım meydana getirecek, sıcak bir alan oluşturmaya yardımcı olacak şekilde egzost manifoldundan giriş havasının bir kısmı motora çekilerek, egzost ısısı kullanılır. Giriş manifoldu, silindirlere sıvı yakıtın belirli miktarının serbestçe akmasını sağlamak için dizayn edilmiştir. Bu uygulamalar normalde çok etkili değildir, ve değişmez bir şekilde bazen kötü yakıt dağılımları söz konusu olur. (Blackmore ve Thomas, 1979)

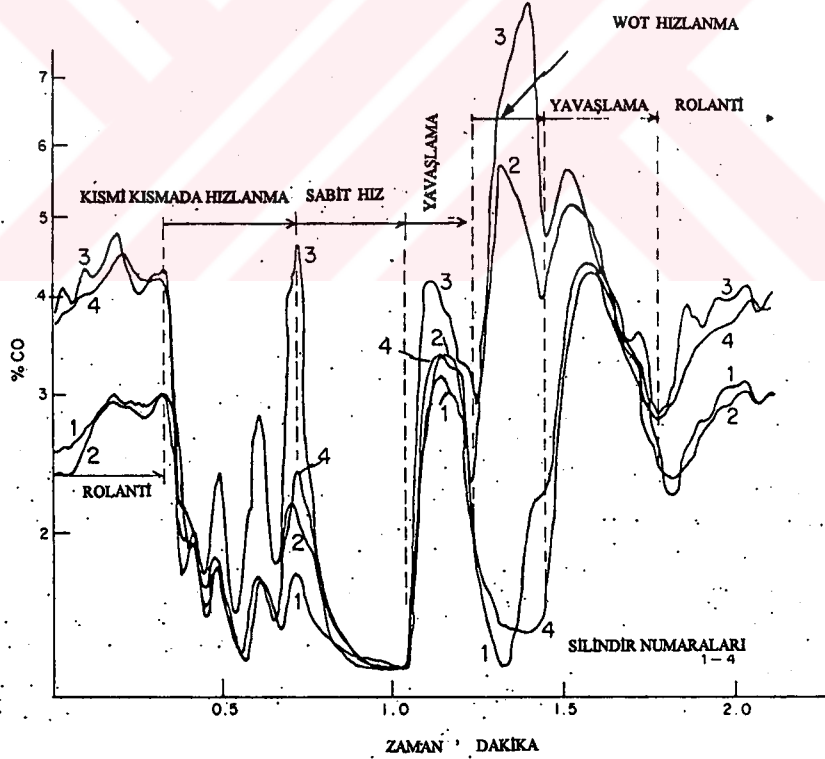
Tablo 6.1'de Tam gaz halinde ve yol yükünde çalışan bazı 4 silindirli araçlar için silindirler arasında ölçülmüş hava / yakıt oranı verilmiştir. Yol yükü durumuna büyük önem verildiği açıktır, özellikle 2.0 l ve 1.9 l no'lu araçlar iyidir. Tam gazda 1.6 l nolu araç dışında yakıt kötü dağıtımı motor hızı ile farklılaşır, ve yol yükünde tam gaz şartları iyi karışım dağılımını garantilemek için feda edilmiştir. Bir motordaki geçici işlemler, bazı problemleri ortaya çıkarır ve Şekil 6.2'de gösterilen 1.5 l motorunun tek silindirlerinin CO

emisyununun karma izlenmesi gösterir ki sabit durum karışım dağılımı iyi olmasına rağmen, motor hızlandıktan sonra silindirlere biri (No. 3) diğerlerinden daha zengin olur.

Tablo 6.1 Standart yol araçları için silindirler arasındaki yakıt-hava oranlarının tipik dağılımı (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

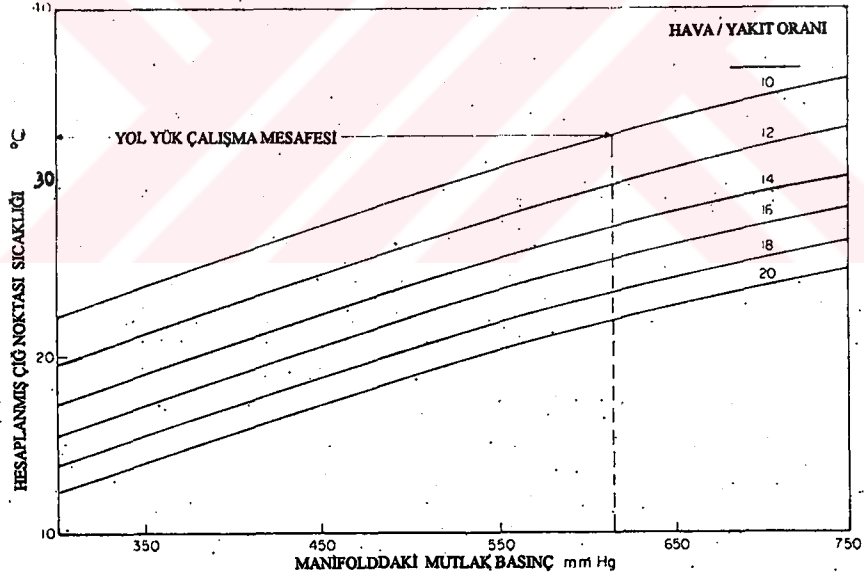
Motor modu	Maksimum yakıt -hava oranlarının silindirler arasındaki dağılımı						
	1.3 l make A	1.8 l make A	1.5 l make B	1.6 l make B	2.0 l make C	1.9 l make D	2.3 l make E
Rolanti		0.4	1.7	0.3	0.3	1.1	0.4
30 mile / h RL	0.4	0.4	0.5	0.8	0.2	0.4	0.4
50 mile / h RL	0.7	0.9	0.8	1.5	0.7	0.5	0.6
70 mile / h RL	2.8	1.1	1.6	0.8	0.3	0	1.5
30 mile / h FT	2.2	1.5	2.5	1.0	1.6	1.8	3.5
50 mile / h FT	1.5	3.2	1.9	1.0	2.2	2.9	0.9
70 mile / h FT	2.0	2.5	2.2	1.1	1.6	3.4	1.6

RL = Yol yük şartlarında FT = Tam açık gaz keleşi 1 mile / h = 1.609 km / h



ŞEKİL 6.2 Silindirlerdeki egzost CO seviyeleri
 [sabit durum (genel durum), şartlarında mükemmel bir dağılım gerçekleşirken, değişen şartlarda geçici bir fakirlik oluşur.]
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Motor benzini, büyük kısmı 30 - 200 °C arasında kaynayan hidrokarbonların bir karışımıdır. Daha düşük sıcaklıklarda kaynayan bileşenler (bütan b.p., - 0.5 °C) ve daha yüksek sıcaklıklarda kaynayan (örneğin tetradecane b.p., 253.6 °C) maddelerin çok küçük miktarında bu karışımda bulunur. Tam buharlaşmanın elde edilmesi için karışımın kaynama noktasına kadar ısıtılması gerekli değildir. Eğer karışımın hava / yakıt oranını, yakıt bileşenleri ve giriş manifoldu basıncını bilirsek, buharlaşmanın teorik olarak tamamen gerçekleşeceği en düşük sıcaklığı hesaplayabiliriz. Bu çığ (yoğunlaşma) noktası olarak isimlendirilir. Karışım sıcaklığının çığ noktasının iyice üzerinde olması şartı ile tüm yakıt buharlaşmalıdır ve silindirler arasında çok az kötü dağıtılmış (pülverize olmamış) yakıt olmalıdır. Şekil 6.3'te iyi kalite benzin için tipik çığ noktası eğrileri verilmiştir. Şekil 6.4, modern bir araç için ortalama hava / yakıt oranı, çığ noktası üzerinde karışımın en son ısıtılacağı nokta (kızdırma derecesi) ve yol yükünde, farklı hızlarda karışım kötü dağıtımının derecesi arasındaki ilişkiyi gösterir.



ŞEKİL 6.3 Mutlak basıncın farklı değerleri için süper benzinin hesaplanmış çığ noktaları.

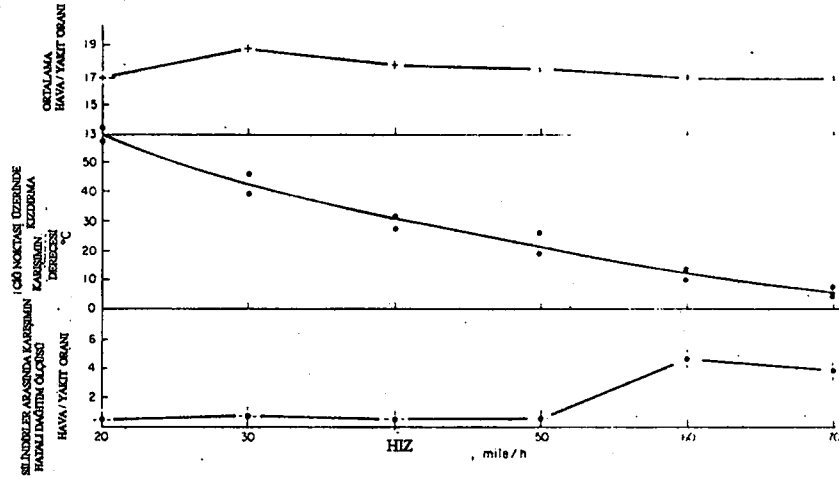
(1 mm Hg = 0.133 k N / m² , Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

50 mil / h (80.5 km. / h)'a kadar karışım sıcaklığı, yoğunlaşma noktasının çok üzerindedir ve önemli derecede yakıt kötü dağılımı yoktur. Tüm pratik sebeplerle karışım

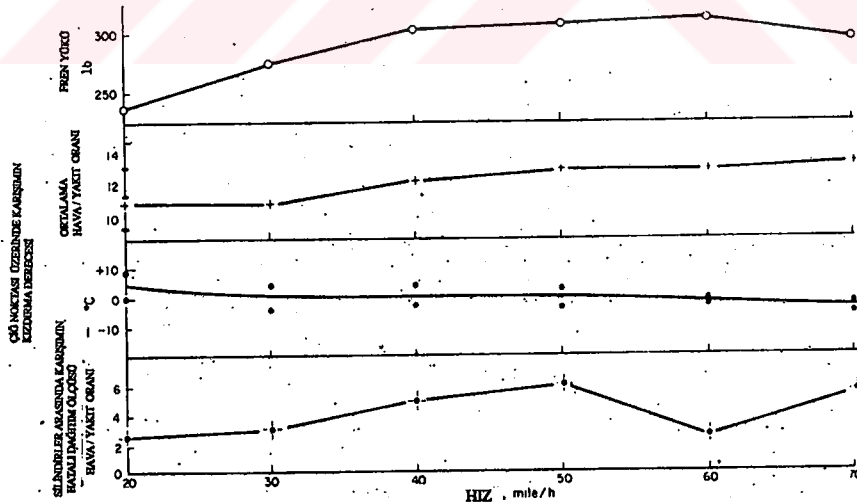
hazırlanılmasını uygun kabul edebiliriz. Ama 50 mil / h' in üstünde karışım sıcaklığı çığ noktasına yaklaşır ve silindirler arası yakıt kötü dağılımı yakıt / hava oranının 4 birim üzerine çıkar. Eğer bu kötü dağılım sabit durum hallerinde fazla ise, yolda geçici durumlarda çok daha kötü olabilir. Bazı silindirlerdeki karışım zenginliği, zayıf-karışım limitini aşabilir ve sonrada motor tekler.

Motor kötü çalışma durumunda iken karışımın zenginleştirilmesi kötü karışım hazırlanmasının veya dağılımının, etkisini azaltmanın yaygın bir yoludur. Şekil 6.5' te gösterildiği gibi tam gaz durumunda bu oldukça açık görülür. Burada bazı motorlar için karışım zenginliği, çığ noktası üzerindeki karışımın kızdırma derecesi, silindirler arasındaki hatalı dağılımın ölçüsü, tam gazda yol hızının bir fonksiyonu olarak grafiğe dökülmüştür. Karışım sıcaklığı daima çığ noktasına yakındır. Karışım zenginliği de oldukça fazladır. (13:1 hava / yakıt oranı) Düşük şarj sıcaklığı üreticiler tarafından daima aranmıştır, çünkü böylece tam gaz araç gücü maksimuma çıkarılır. Ama neticede çok daha fazla sıvı manifolda bulunur ve silindirler arası yakıt dağılımı zayıftır.

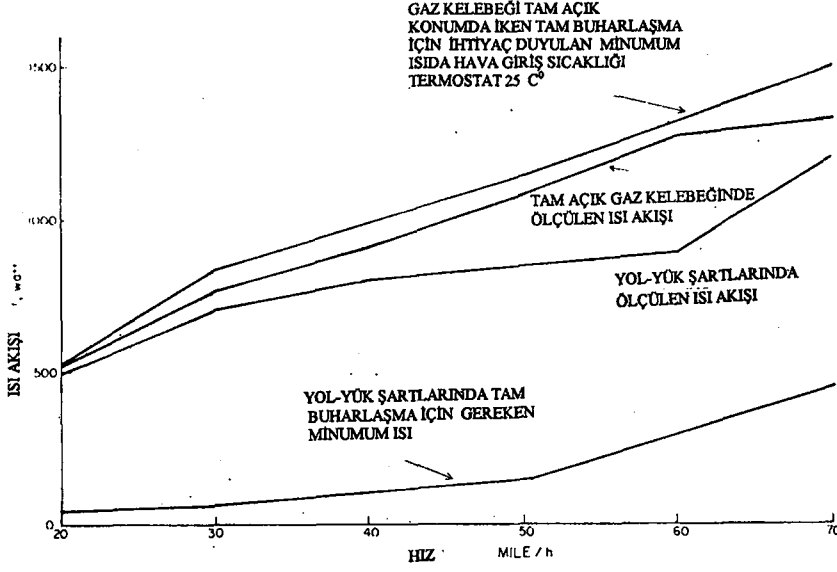
Ölçülen yakıtın motorda buharlaşması için gerekli ısı miktarını hesaplayarak ve bunu gerçekte manifoldun sıcak bölgesi tarafından sağlanan ısı ile karşılaştırarak bu ulaşımın ne kadar yakından uyumlu olduğunu tahmin edebiliriz ve Şekil 6.6'da bu gösterilmiştir. Yol yükü şartlarında, yeterli ısı sıcak bölge tarafından sağlanır; problem sadece yetersiz karışımdır. Tam gazda, karışıma yeterli ısı sağlanamazsa, problem hem ısınma hem de karışım olur. Tam gazda ısı sağlanması ve Şekil 6.6'da gösterilen ihtiyaç eğrisi, üretici tarafından düşük gücü artırmak için kabul edilen şarj soğutulmasının derecesini gösterir.



ŞEKİL 6.4 Yol yükü halinde ortalama hava / yakıt oranı, karışım kızdırma derecesi ve karışım kötü dağılımının derecesinin değişimleri (1.7 l motor, 1 mil / h = 1.609 km / h, Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.5 Tam gazda fren yükü, ortalama hava / yakıt oranı, karışım kızdırma derecesi ve karışım kötü dağılımının derecesinin değişimleri (1.7 l motor, 1 mil / h = 1.609 km / h, 1 lb = 0.454 kg), (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.6 Karışımda yakıtı buharlaştırmak için teorik olarak ihtiyaç duyulan minimum ısı miktarı ile giriş manifoldu tarafından transfer edilen ısının karşılaştırması (1.6 l motor, 1 mil / h = 1.609 km / h), (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Motorda, yakıt ve giriş manifoldundaki havanın yeterli karışmasının garantilemesi probleminin, basit bir çözümü yoktur ve her bir motor üreticisi maliyeti temel alan bir anlayışla bu problemi çözmeye çalışır. Yeni motorlarla keşfedilen birçok palyatifler vardır. Üreticiler, ayrıca yakıt dağıtım problemini, yakıt enjeksiyonu (son zamanlarda oldukça yaygınlaşan ve aranan bir özellik olmuştur.) ve özel çabuk ısınan manifoldlar kullanarak çözmeye çalışmışlardır. Bununla birlikte bazı etkiler vardır ki; onlar motorun giriş sisteminde dengeli bir karışım hazırlamanın ne kadar zor olduğunu gösterirler.

Bunlar şöyle ifade edilebilir:

a) Karbüratör dizaynı ve uyumu:

Bir karbüratörün memesinden ya da emülsiyon borusundan ortaya çıkan, sıvı akımı üzerindeki polarizasyon gerilimi, manifoldun uzunluğu boyunca gözlenir. Gaz kelebeği plakasının açıklığının yönü, bir motorun ön iki silindirin arkadakilerden en az % 30 daha zengin olmasını sağlar. Karbüratörü 180 °C çevirmek etkiyi diğer yönde yapar. Eğer bu

olursa karbüratör püskürtülmesi değiştirilmeli ya da farklı bir karbüratör dizaynı denenmelidir.

b) Giriş Susturucuları (dengeleyicileri) :

Giriş susturucusundaki hava girişi kritiktir. Karbüratörde ölçülen karışım zenginliği, ve aynı zamanda hava temizleyicisinde ya da hava temizleyecisini karbüratöre bağlayan boruda küçük değişikliklerle karışım dağılımı değiştirilebilir. Karbüratörün motorla son ayarlanmasını, hava temizleyicisindeki denge boşluklarını değiştirerek yapmak kullanıla gelen bir yoldur. Günümüzde karbüratör ayarlanmasının bu yönü tamamen belli amaçlar temelinde yapılır.

c) Manifolddar:

Silindirler arasında yakıtın homojen dağılımını sağlamak için belirli monifold dizayn kriterleri geliştirilmiştir. Yaygın bir özellik gaz hızını belirgin ölçüde düşürmeden karbüratörden manifolda giriş noktasında küçük bir havuz ayarlamakla sağlanır. Bu havuzun amacı ağır benzin ürünlerini bir havuzda toplamak ve daha sonra onları ıslak karışım olarak her bir bölmeye ataktır.

Eğer iç silindirler için, kısa bölümlerde çok zengin karışım olursa, küçük havuzlar, akıcı silindirlerin sonuna doğru yönlendirmek için kurulabilir. Yatay bölmeler genelde simetriktir ve karbüratörde önden arkaya doğru dağılım normal olarak yapılır. Ön silindirlerin arka silindirlere % 5 daha zengin olmasına düşük devirde tepe tırmanmaları için müsaade edilir. Son dönüşler monifoldda daima problem üretirler ve karışımı son bölmelere itmek için değişik metodlar kullanılır. Manifolda düzeltme yapmaksızın normal meyil, zengin iç silindirler ve zayıf dış silindirlere doğrudur. Uygun spiraller ya da setlerle bu düzeltme yapılabilir. Başka bir metod ağır uçların sonlarının eylemsizliğini ıslak yakıtı karışım akıntısından manifoldun dış yüzeyine atmada kullanmaktır. Bu yüzeyde ıslak yakıt açıklığa ulaşana kadar, manifold duvarının etkisinde

kalması için zorlanır. Birçok motor geliştirme problemleri basitçe dizayncının yakıt-hava karışımını tek basamaklı bir sistem olarak ele alamamalarından kaynaklanmaktadır. Yıllar içerisinde oldukça tatminkar teknikler, yol yükünde silindirler arasında kabul edilebilir karışım dağıtımını garantilemek için egzost ısısının doğru miktarını kullanmak suretiyle, denenmiştir. Motordaki aksaklıklar mutlak gerekenden daha zengin karışımlarda motoru çalıştırarak telafi edilebilir. Ama tam gaz operasyonlarında maksimum güç durumu; sıvı yakıtta, buharlaşma soğukluğunu sağlamak için ihtiyaç duyar ve yakıtın zengin olmasında bir gerekliliktir.

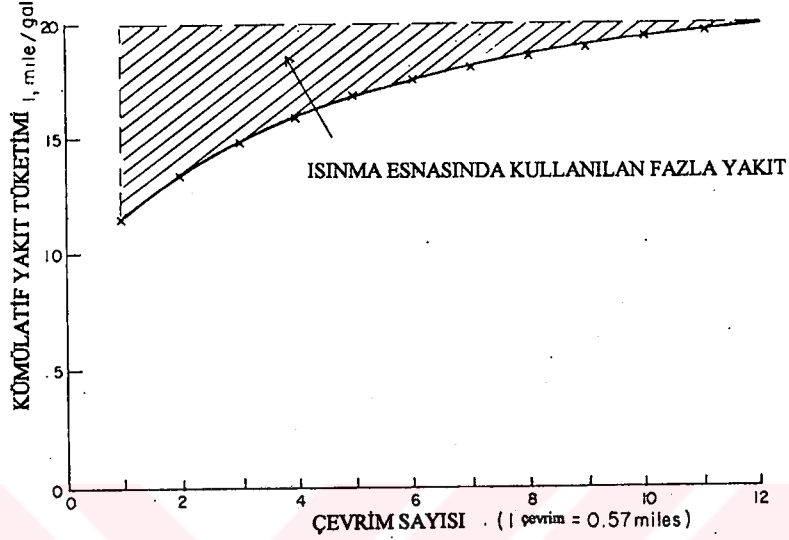
6.4 Soğuk Başlama (ilk hareket) ve Jiglenin Kullanılması

Soğuk başlama sırasında tüm karışım kötü dağılımı problemlerinin, normal olarak bulunduğu bilinmekte ve sebepleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Manifold nispeten sıvının büyük miktarı ile uğraşmak zorundadır.
- Düşük motor hızı sebebi ile karbüratördeki gaz hızları düşüktür ve karışım normalden daha zayıftır.
- Yine düşük ilk hareket hızı sebebi ile yakıt buharlaşmasını artıracak düşük manifold basıncı vardır. Bunun bir sonucu olarak çok zengin karışımlar başlama ve soğuk

çalışma için kullanılmalıdır ve bu zengin karışımlar motor yakıt ekonomisi üzerinde oldukça ciddi bir etkiye sahiptir. Tipik olarak, hava / yakıt oranlarına (1/1 ya da 2/1) güvenilir soğuk bir başlangıcı garantilemek için ihtiyaç duyulur ve bunlar jikle ile elde edilir. Motor ısındıkça jikleyle duyulan ihtiyaç azalır ve tamamen bundan vazgeçilebilir. Isınma sırasında jiklenin yakıt ekonomisi üzerindeki etkisinin bir örneği Şekil 6.7'de verilmiştir. İlk çevrim sırasında motor soğuktur ve jikle tamamen çekilmelidir ve bu 11 mil / gal'luk bir yakıt tüketimine sebep olur. (27,7 l / 100km) Motor tamamen ısındıkça, yakıt buharlaşması yavaş yavaş artar ve jikleden (karışımı zenginleştirmeye yarayan alet) tamamen vazgeçilebilir. Sonuç olarak 12 çevrim sonrasında yakıt ekonomisi aşağı yukarı 20 mil / gal iyileşir. Bu etki hemen hemen tamamen motora sağlanan düşük kalite karışımdan dolayıdır. Eğer çabuk ısınma aletleri kullanılırsa tamamen ısınmış yakıt ekonomisini elde etmek için gereken çevrim sayısı oldukça azalacaktır. İdeal olarak

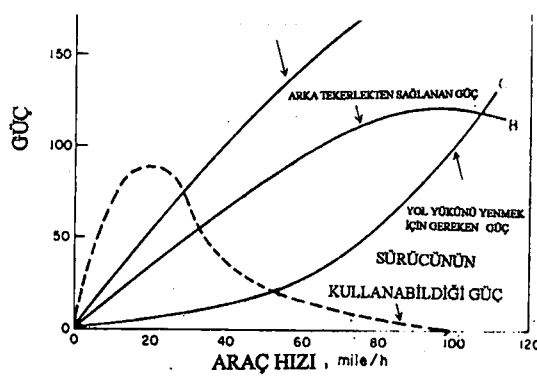
mükemmel bir karışımla, tamamen ısınmış ekonomiye ilk çevrim sonrasında ulaşılabilir.
(Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 6.7 - 10 °C hava şartlarında, ısınma esnasındaki yakıt tüketimi.
(1 mil / gal = 0.354 km / l, 1 mil = 0.609 km),
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

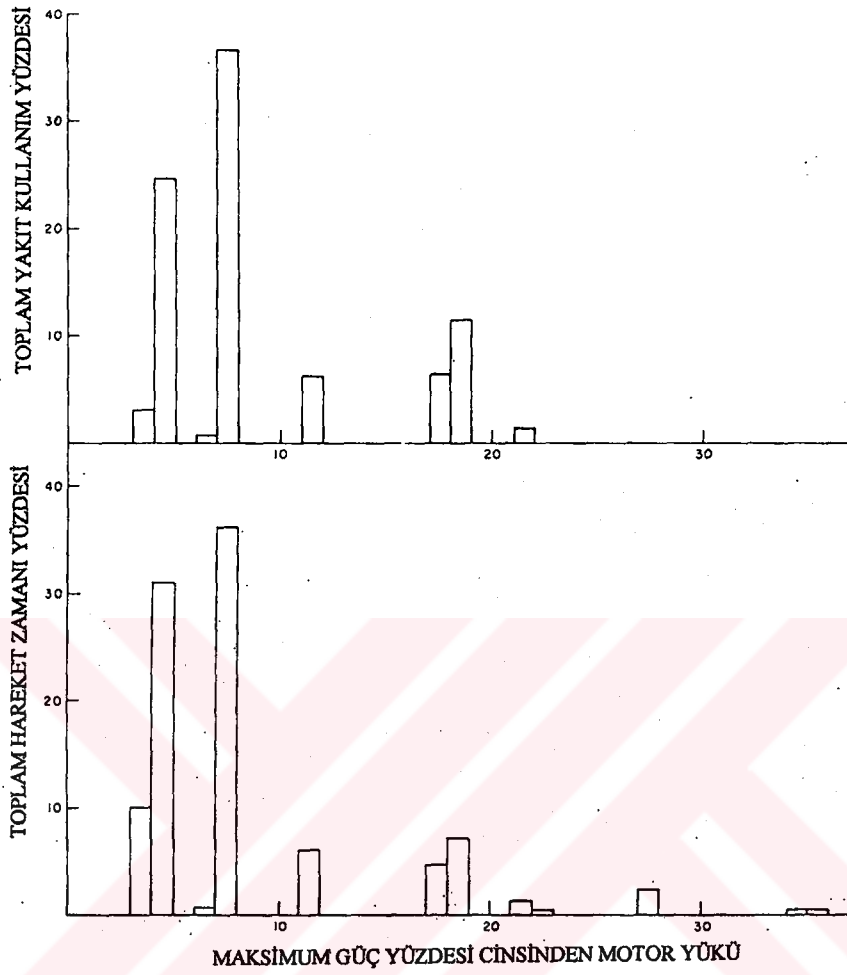
6.5 Yol Şartlarında, Motor Gücünün Yakıt Ekonomisi Üzerindeki Etkisi

Tipik bir benzinli motor tam gazda ve maksimum hızda 50 bhp / l güç oluşturacaktır. 2 l'lik bir motor, 5000 dev / dak'da 90 mil / h (145 km / h)'a karşılık gelen yol hızı ile 100 bhp (74.6 kW) güç gerçekleştirebilir. Bu tip hızlar birçok ülkede halka açık yollarda kanuni olarak yapılamaz ve sonuçta ömrünün büyük kısmında bir motor çok daha yavaş kullanılır ve daha az güç üretir.



ŞEKİL 6.8 Farklı hızlarda kullanıcının elde edebileceği güç
 (1 hp = 0.746 kW, 1 mil / h = 1.609 km / h)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

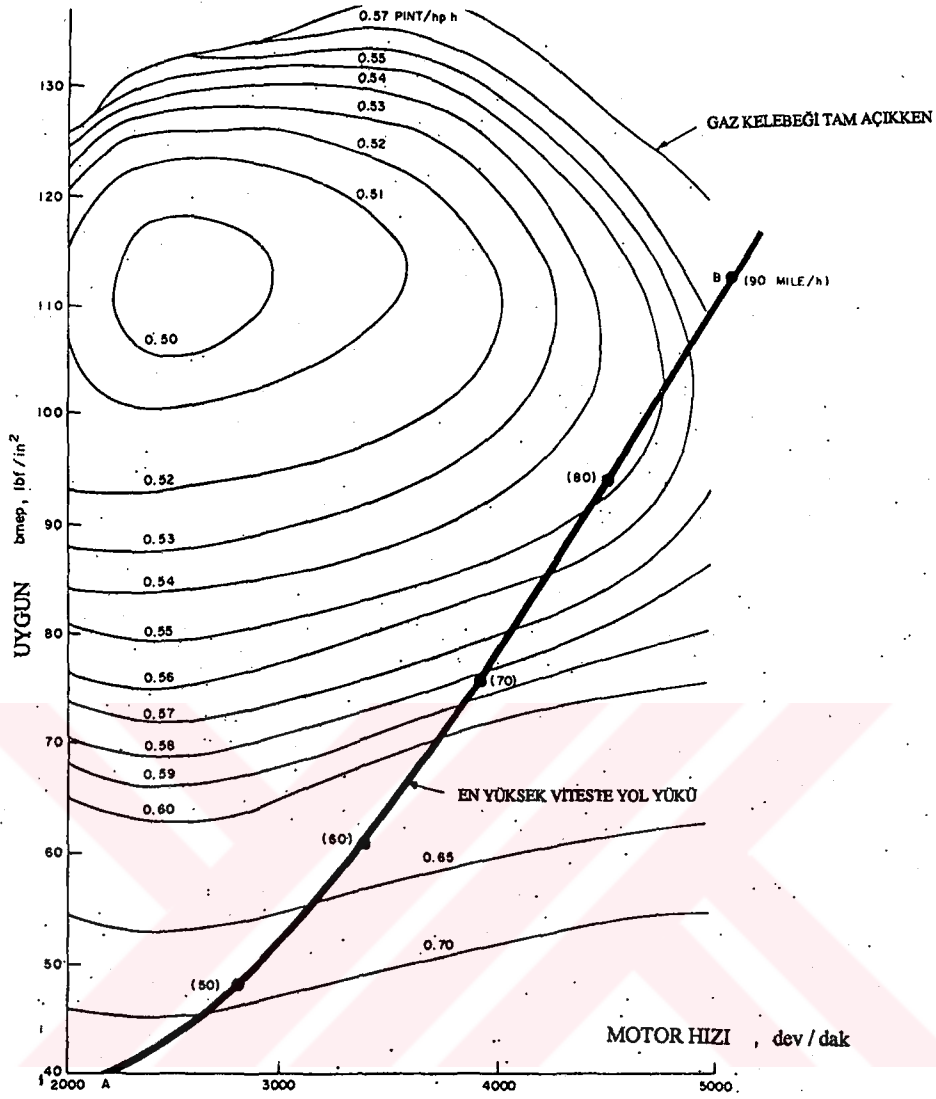
A eğrisi, motorun tam gaz da sağlayabileceği gücü gösterir ve B eğrisi, transmisyon kayıplarını çıktıktan sonra, tekerleklerden sağlanan gücü gösterir. Her hızda, B eğrisi A'nın %65'ine karşılık gelir ve transmisyon ve diğer kayıpların tam gaz motor gücünde %35'e denk geldiğini gösterir. Yol yükü, C eğrisi olarak gösterilmiştir ve C eğrisi ile B eğrisi arasında herhangi bir yol hızında farklılık, hızlanma için gerekli artı güçtür. Aynı zamanda eğride farklı hızlarda elde edilebilecek güç, gösterilmiştir. ve böylece yakıt tüketimi için, çalışan motorun en önemli bölümleri 15-30 mil / h yol hızında ve aşağı yukarı 30 bhp (22.4 kW) fren gücünde çalışılan yolculuk için tanımlanabilir. Bu tekerleklerde teorik olarak bulunan, 125 bhp (93 kW)'lık maksimum güç ile farklılık gösterir. Bu örnek bir Amerikan aracı için alıntılanmışken, şoför kullanımı hakkındaki aynı tür bilgi motor servis analizi için kullanılan herhangi bir araç için elde edilebilir ve Şekil 6.9 normal servisteki bir 1.8 l araç için elde edilen tipik güç ve yakıt kullanım modelini gösterir. En önemli çalışma modunda, harcanan zaman ve yakıt tüketimi düşünüldüğünde, motorun maksimum güç üretiminin çok altındadır. Bu birçok şoför için tipik bir kullanım modelidir.



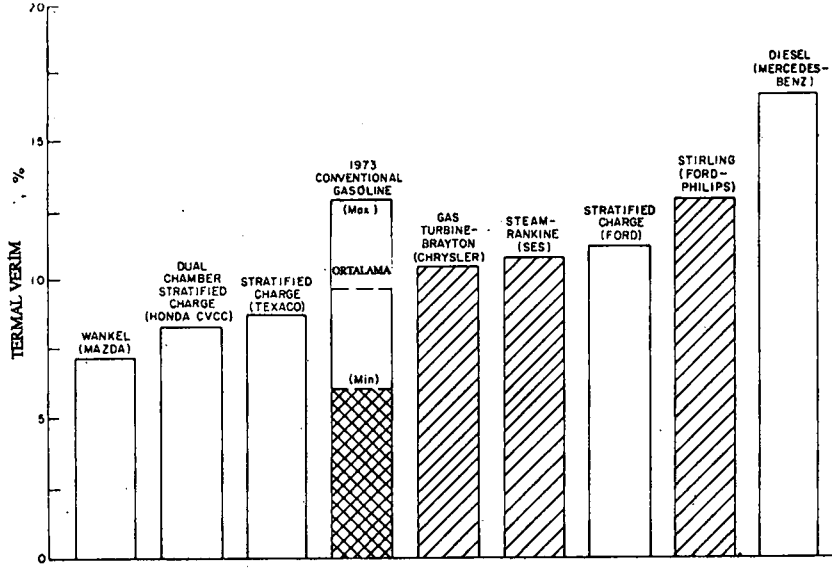
ŞEKİL 6.9 Normal servisteki bir 1.8 l motorlu yolcu aracı için elde edilen tipik güç ve yakıt kullanım modeli (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Şu ana kadar yakıt ekonomisi ele alınmıştır, bizler kritik olarak az yol yükünde çalışma şartlarına bağımlıyız ve özgül yakıt tüketiminin motor yükü ile nasıl farklılaştığını bilmek zorundayız. Bu ilişki çok komplekstir ve bir harita ile gösterilir ki bu haritada fren ortalama efektif basıncı (bme_p), fren özgül yakıt tüketimi (bsfc)' nin sabit değerlerinin motor hızı ile nasıl değiştiğini bilebiliriz. 2.1 l'lik bir motor için tipik bir harita, Şekil 6.10'da gösterilmiştir ve motorun uyumlu hale getirildiği yol yükü eğrisi haritada, AB eğrisi ile gösterilmiştir. Düşük yol yüklerinde motor daima bsfc'nin yüksek değerlerinde çalışır ve daha etkili motor çalışma modülleri sadece yüksek yüklerde kullanılır.

ise, motorlar bu şekilde çalışmazlar ve bu geniş ölçüde karışım hazırlama problemlerinden kaynaklanır. MAN L 9204 FMV motorunun, süper benzin ve diesel yakıtta eşit derecede çalışması ve her biri için aynı kısmi yük ekonomisini üretmesi ilginçtir. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 6.10 2 l' lik motorda yol yük eğrileri çakıştırılmış, tipik yakıt tüketimi haritası
 (1 lbf / in² = 6.89 kN / m² ; 1 pint / hp h = 0.211 l / MJ ; 1 mil / h = 1.609 km / h)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



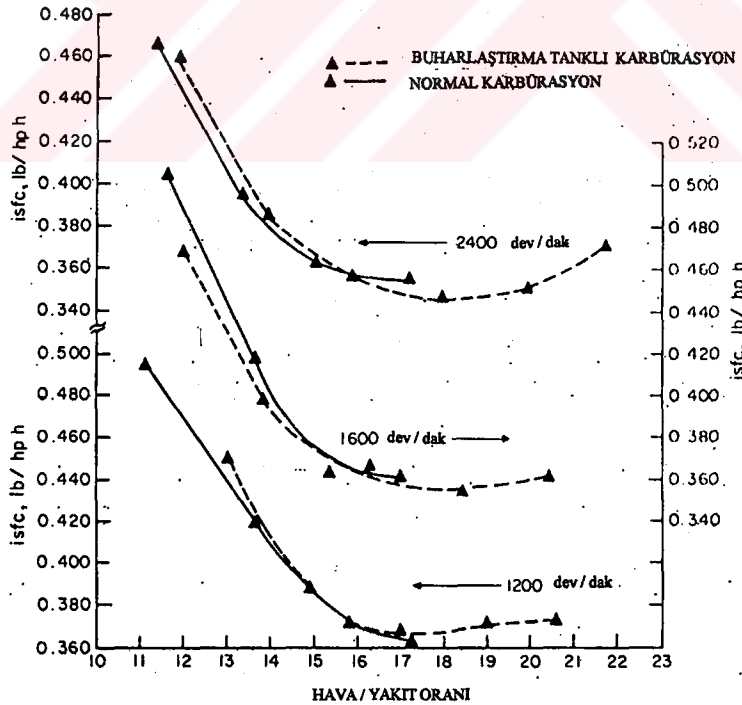
ŞEKİL 6.11 Çeşitli araçların termal verimleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Motor gücü arttıkça taşıtın ivme hız ve yokuş tırmanma yeteneklerinde kazanç sağlarken, yakıt harcamında artma görülmektedir. Fakat yakıt harcamında ortaya çıkan artış motor gücü ile aynı oranda seyretmemekte daha düşük düzeyde olmaktadır. Bunun nedeni ise daha güçlü motorun sağladığı, yüksek ivme ve seyir hızı sonucu birim zamanda katedilen yolun artmasıdır. Strok hacmi % 10 arttığında 1 litre yakıtla katedilen yol, şehir dışında 0.042 km şehir içinde ise 0.085 km azalmaktadır. Motor gücü % 100 arttırıldığında şehir içinde ortalama 2.3 km / 1 litre şehir dışında ortalama 4 km / 1 litre katedilen yol azalmaktadır. (Yavaşlıol, 1984)

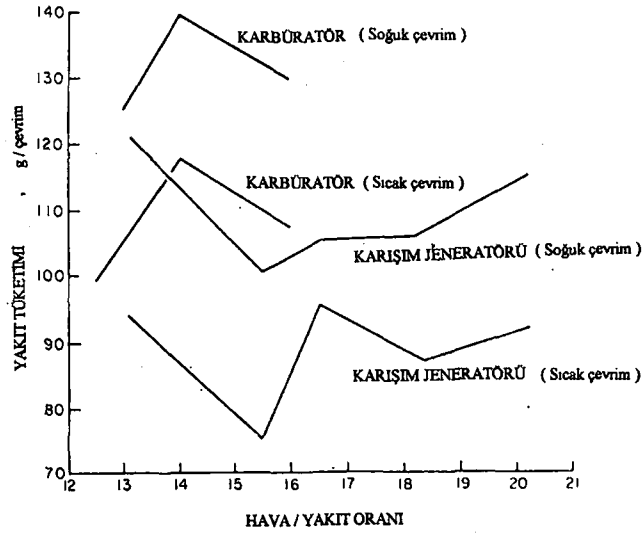
Yakıt tasarrufu yönünden uygun olan küçük güçlü motor kullanılarak gerektiğinde aşırı doldurma yapılarak motor fren gücünün artırılması yoluna gidilmesi daha fazla tasarruf için, çözüm alternatifidir. Aşırı doldurmanın sağladığı üstünlük ise silindir içindeki fren ortalama basıncının artmasıyla aynı motordan daha fazla güç alınmasına olanak sağlamasıdır. Bununla birlikte benzin motorlarında aşırı doldurmada vuruntu olasılığı arttığından daha yüksek oktanlı yakıt kullanımı ve su - alkol karışımının manifolda püskürtülmesi gibi önlemlerin alınması gerekmektedir. Benzin motorlarında aşırı doldurma yoluyla motorun gücü % 20 mertebesinde arttırılabilir. (Yavaşlıol, 1984)

6. 6 Karışım Kalitesi ve Kısmi Yükte Yakıt Tüketimi

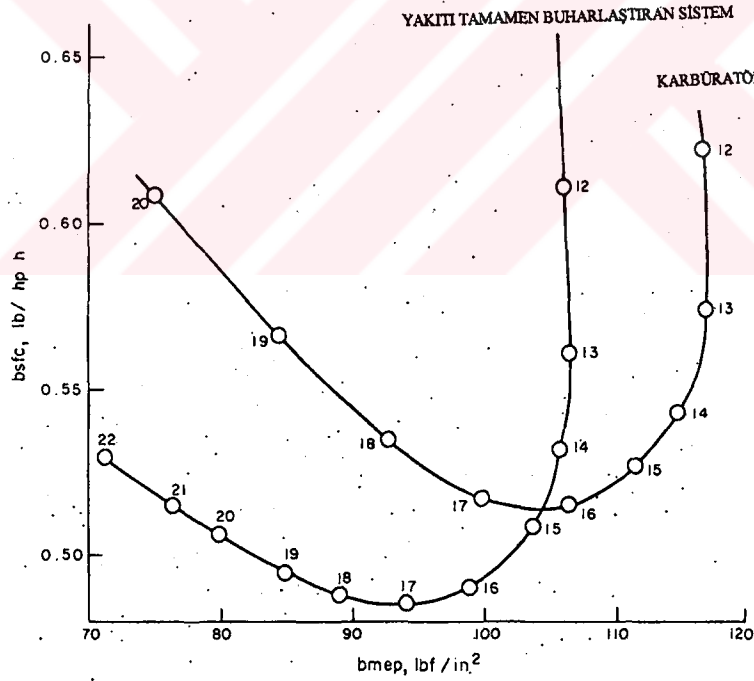
İyi hazırlanmış karışımlarla çalışan motorların etkileri, yakıtı tamamen buharlaştırarak ve onu sabit hava / yakıt oranında, karışmış halde motora göndererek anlaşılabilir. Bu tip çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Robison ve Brehop motorunun hem normal karbürasyonlu, hem de tamamen buharlaşmış yakıtla çalışan 6 silindirli bir test motorunun, gösterilen özgül yakıt tüketiminin, (sfc) karşılaştırmalı bir çalışmasını yapmıştır. En çok göze çarpan sonuç hava / yakıt oranlarının oldukça geniş aralıktır ki bu aralıkta motor çalışır ama yine de düşük sfc'ye sahip olur. Şekil 6.12' de yakıt / hava oranının yol yükünde buharlaştırma tankı kullanılarak veya normal karbürasyonda isfc' ye etkisi gösterilmiştir. Ama test motoru çalışmaları bu işin sadece bir kısmını gösterir ve Şekil 6.13'te standart bir test çevriminde normal karbürasyonlu karışım ve karışım jeneratörü (üreticisi) tarafından sağlanan sabit zenginlikte karışım ile çalışan bir araçla elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar gösterilmiştir. Bu durumda toplam yakıt ekonomisi kazançları, karışım jeneratörü tarafından yapılan daha iyi karışım zenginliği kontrolü ile sağlanan bir katkıyı da içerirler. (Soğuk çalışma testlerinde ve başlama sırasında jigle eksikliğinde olduğu gibi.) Açıkça ifade edilecek olursa ciddi yakıt ekonomisi kazançları, hareket daima, iyi hazırlanmış karışımın özelliklerinden sağlandığıdır.



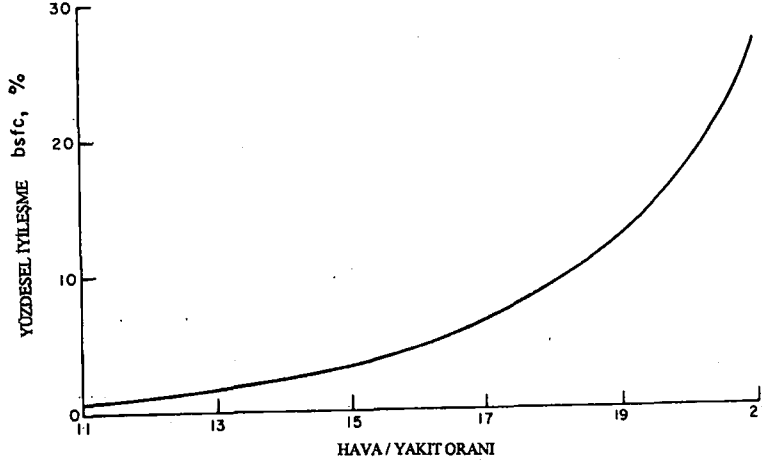
ŞEKİL 6.12 Buharlaştırma tankı ve normal karbüratör için yol yükünde isfc üzerinde hava / yakıt oranının etkisi (1 lb / hp h = 0.169 kg / MJ; 1 dev / dak = 0.1047 rad / s)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.13 Karbüratörde homojen karışım halinde soğuk ve sıcak Californian 7 modlu çevrimi ile yakıt tüketiminin karşılaştırılması (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.14 Tamamen yakıtı buharlaştıran yakıt hazırlama sistemi ile normal karbürasyon sisteminin karışım halkaları (rakamlar hava / yakıt oranını gösterir) (1 lb / hp h = 0.169 kg / MJ ; 1 lbf / in² = 6.89 kN / m²) (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.15 Yakıtın buharlaştırılması ile bsfc'de yüzdesel iyileşme
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

6.7 Karışım Kalitesi ve Tam Gazda Yakıt Tüketimi

Karışım kötü dağılımının etkilerini ortadan kaldırmak için tek silindirli motor kullanarak Dodd ve Wisdom tam gazda bsfc'de karışım kalitesinin etkilerini araştırmışlar ve 4 yakıt hazırlama sistemi kullanılmışlardır; bir normal karbüratör, bir yakıt buharlaştırıcı ve 2 farklı tipte yakıt enjeksiyon sistemi. Aşırı uçlar arasındaki (yani normal karbüratör ve yakıt buharlaştırıcı) karşılaştırma Şekil 6.14'te verilmiştir. Bu karışım hazırlama sistemleri için karakteristik yakıt halkaları şeklini alır. Yakıtın tamamen buharlaşması tüm eğriyi aşağıya doğru ve sola çevirir ve bu da 3 farklı etkiyi ortaya çıkarır.

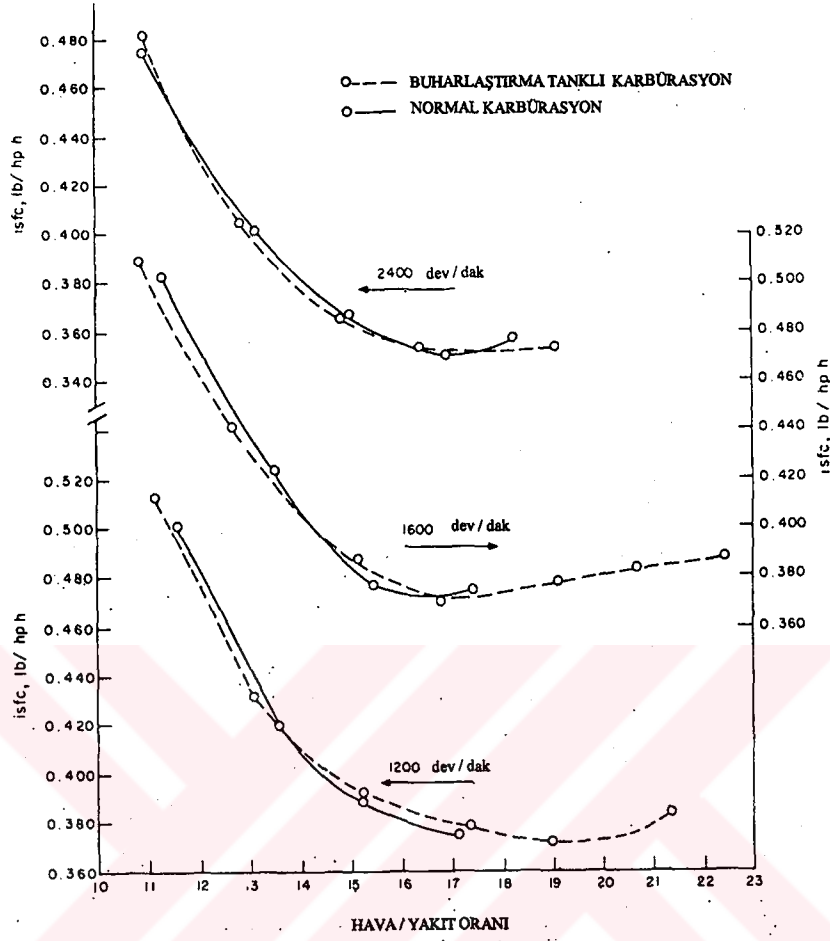
- 1) Minimum bsfc'de bir düşme, karışım daha zayıf oldukça bu daha belirgindir.
- 2) Zayıf karışımlarda çalışma kabiliyeti (şekilde zayıf karışım limiti 20 / 1'den 22 / 1, hava / yakıt oranına yükseltilmiştir.)
- 3) Maksimum güçte bir düşme.

Yakıt ekonomisi kazançları, karbüratörlü motor üzerinde yüzdesel iyileşmeler şeklinde gösterilince Şekil 6.15 ortaya çıkmıştır. Zayıf karışımlarla iyi yakıt buharlaşmasının önemi

açıkça gösterilmiş ve karışım daha zayıfladıkça iyileşmeler sürekli artmıştır. Bunun zıddına, zengin karışımlarla iyileştirilmiş buharlaşma çok az fayda sağlar. Tam gaz koşullarında benzer gözlemler Robison ve Brehob tarafından yapılmıştır. Ama onlar çalışmalarında 6 silindirli bir motorun 17 / 1'den daha zayıf hava / yakıt oranında bir karbüratörle çalışmayacağını görmüşlerdir. Şekil 6.16 onların bazı ölçümlerini gösterir. Bu sonuçları şöyle özetleyebiliriz:

- a) Zengin karışımlarla bsfc, kritik olarak karışım kalitesine bağlı değil gözükmektedir.
- b) Zayıf karışımlarla karışım kalitesi artan bir önem kazanır ve çok zayıf karışımlarla tamamen buharlaşmış yakıt bsfc'de %25'lik ya da daha fazla iyileştirmeyi normal karbürasyonla karşılaştırıldığında sağlayabilir.

Test edilen iki tip yakıt enjeksiyon sistemi ile benzer kazançlar elde edilmiştir. Bu örnekte olduğu gibi tamamen buharlaşmış bir yakıtla şarj yoğunluğunu azaltarak kaçınılmaz bir şekilde güç kaybı olur. Şekil 6.14 tamamen buharlaşmanın olduğu zaman maksimum gücün %9 düştüğünü gösterir. Motorun tekrar ayarlanması kabul edilmezse, motorun potansiyelini daha büyük termal verimlilikte daha zayıf karışımlarla çalıştırmak için kullanmakla mümkün olan yakıt ekonomisi kazançlarını elde edemeyiz.



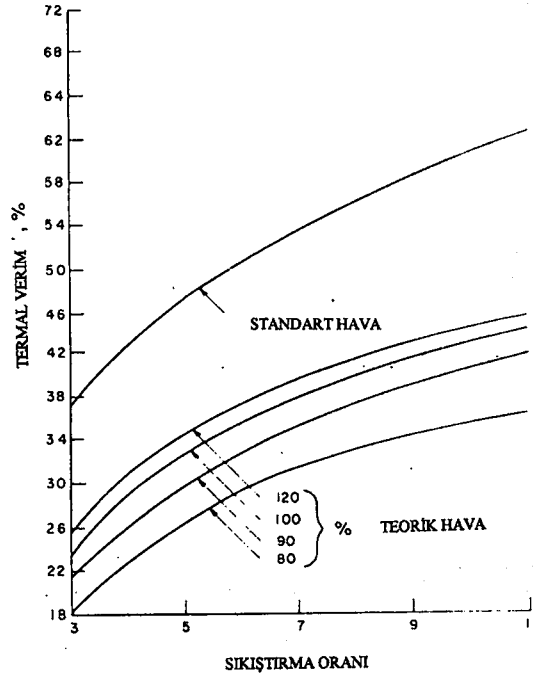
ŞEKİL 6. 16 Buharlaşma tankı ve normal karbürasyon için (WOT)'da (geniş açık (3 / 4) gaz keleşi durumu) isfc üzerinde hava / yakıt oranının etkisi (1 lb / hp h = 0.169 kg / MJ; 1 dev / dak = 0.1047 rad / s)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Tamamen buharlaşmış yakıt ve zayıf karışımlar kullanarak tam gazda motorun tekrar ayarlanması gaz keleşini kapatarak motoru tekrar ayarlamaktan çok farklıdır. Tamamen buharlaşmış zayıf karışımları kullanarak, bsfc'de gerçek bir iyileşme elde edebiliriz ve karbüratör dizaynının iyi püskürtme için gerekli kısıtlamalardan kurtulmuş olması sebebi ile daha az basınç düşürme aleti kullanarak gücün bir kısmını tekrar kazanabiliriz. Eğer bir motoru gaz keleşini kapatarak tekrar ayarlarsak, yüksek pompalama kayıpları ve zayıf yanma sebebi ile sfc'nin daha kötüleşmesi beklenir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

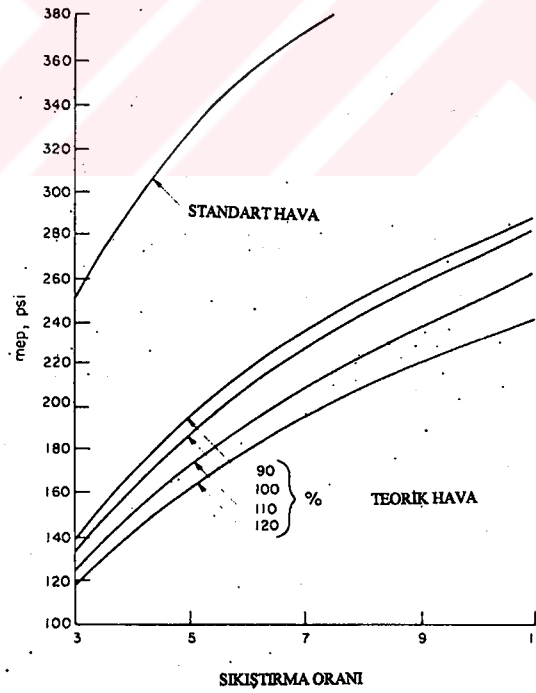
6. 8 Motorun Zayıf Karışımlarla Çalışması

Şekil 6.17 benzin çevrimli (Otto) motorların, fren termal veriminin (bthe) farklı sıkıştırma oranlarında karışım zenginliği ile nasıl farklılaştığını gösterir. En üstteki eğri standart hava çevrimi ile alakalıdır ve aşağıdaki eğriler yakıt hava karışımlarını içeren daha klasik çalışma çevrimleridir. En düşük termal verim, zengin yakıt / hava karışımları ile ve en yüksekte zayıf karışımlarla elde edilmiştir. Önemli termal verim iyileşmeleri bu sebeple zayıf yakıt-hava karışımları kullanılarak elde edilebilir. Bunu yapmanın bir maliyeti vardır. Şekil 6.18 en yüksek motor gücünün karışım zenginliği ile nasıl değiştiğini gösterir. Karışım zayıfladıkça güç üretimide düşer. Ama yolda maksimum gücü genelde kullanmadığımızdan dolayı, kısmi yüklerde daha iyi termal verim ve yakıt ekonomisi sağlamanın bir yolu olarak zayıf karışımların kullanılması gerekliliğini bilmeliyiz. Bunun engeli ise; temel problem, zayıf karışım limitinin motorun herhangi bir silindrinde aşılmasının gerekliliği, hatta geçici durumlarda bile ve yeterli tork gücünün ihtiyaç duyulduğunda motordan elde edilebilmesinin garantilenmesi ihtiyacından doğmaktadır.

Şekil 6.17 ve 6.18'in hesaplanmış çevrimler üzerine yapıldığı unutulmamalıdır. Bu çevrimler yanma işlemini lokal şekli ile ele alır ve ateşleme zamanlaması, ateşleme hızı gibi etkenleri göz önünde bulundurmaz. Eğer ateşleme zamanlaması ya da kıvılcım enerjisi optimize edilmezse ise motorlarda kötü sonuçlar elde edilecektir, özellikle de motor zayıf karışımla çalışıyor ise buna daha çok rastlanır. Kıvılcım enerjisini artırmak için pratik bir takım önlemler alınmalıdır, böylece zayıf karışım limitini belirleyen bir faktör olmaktan çıkar. Kıvılcım zamanlamasını (ateşleme zamanı) optimize etmek için kullanılan karışım hazırlama sistemi, motorların yakıt ekonomisinin iyileştirilmesi denemelerinin başarısı için çok gereklidir.



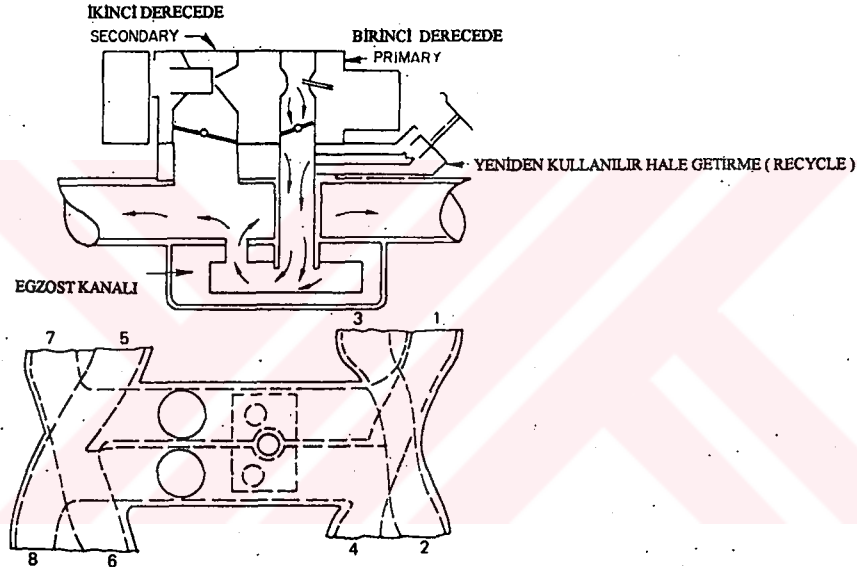
ŞEKİL 6.17 İçten yanmalı motor Otto (benzinli) çevimli motor için hesaplanmış termal verim (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.18 İçten yanmalı motor Otto (benzinli) çevrimi için hesaplanmış ortalama efektif basınç , mep , 1 psi = 6.89 kN / m² (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

6. 9 İyileştirilmiş Karışım Hazırlama İçin Pratik Sistemler

Motorun zayıf karışımlarla güvenilir şekilde çalışmasını sağlayacak karışım hazırlama sistemlerini geliştirmek oldukça fazla deneme yapılmıştır. Bu konu Schweitzer tarafından ele alınmıştır. Klasik karbüratörlü sistemler ve indüksiyon sistemleri, 17 / 1' lik hava / yakıt oranı ve zayıf karışımlar için yeterli değildir bunun için özel sistemlere ihtiyaç duyulur. Bilinen en iyi sistemler the Ethyl Corporation'un hot box (sıcak oda) manifoldu, 'Vapıpe' ve 'Dresseratör' üdür.

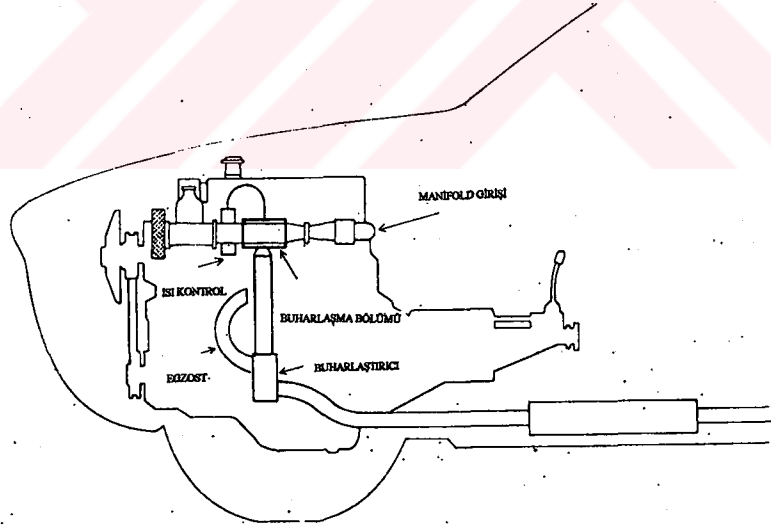


ŞEKİL 6. 19 Ethyl Corporation'un dikdörtgen hot box (sıcak oda) manifoldu
 (Plymouth 360 in³ (CID), 1 in³ = 16.39 cm³)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Şekil 6.19'da Ethyl Corporation'un hot box sistemi şekil olarak gösterilmiştir. Motor üst geçişindeki egzost manifolduna saplanmıştır. Primer uçtan çıkan yakıt / hava karışımı tüm çalışma koşullarında sıcak odadan geçer. Sekonder uçtan geçen yüksek hava hızı buharlaşma olmaksızın iyi dağılım vermek için kullanılmaktadır, ortaya çıkan karışım dağılımının tüm çalışma şartları için iyileştirilebileceği iddia edilmiştir. Ana hava akışı bu sistemle ısıtılmaz ve bu sebeple motorun tam gaz volumetrik verimi aynen sağlanmaktadır.

Bu sistem için iddia edilen karışım dağılımında yakıt ekonomisinde iyileşme, rölantide % 3 ve 30 mil/h (48.3 km / h)'da %1.6'dır. Bu orijinal motor üzerinde %2'lik bir iyileşme demektir.

Vapipe'de bir ısı pompası, eksoz sisteminden ısıyı motorun tüm çalışma koşullarında tüm yakıtı buharlaştırmayı sağlamak üzere kullanır. Bu sistemin genel bir düzenlemesi Şekil 5.20'de gösterilmiştir. *Vapipe* ile karışım dağılımı değişmez bir şekilde mükemmeldir ve Tablo 5.2 değişik *Vapipe* dönüşümleri ile elde edilen karışım dağılımı sonuçlarını özetler. Bu sonuçlar *Vapipe* çevrimi yapılmadan önce aynı araçlar kullanılarak elde edilmiş olan Tablo 5.1'deki sonuçlarla karşılaştırılmalıdır. Buharlaştırıcı şarj soğutması *Vapipe* sisteminde olmadığı için tam gaz gücünde bazı kayıplar olur. Ama bu gücü daha büyük karbüratör kullanımı ile veya motor havalandırmasını daha iyi karışım dağılımı potansiyelini kullanmak için iyileştirerek geri kazanmak bazan mümkündür.



ŞEKİL 6.20 Vapipe düzeniği
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Tablo 6.2 Vapıpe dönüşümü için silindirler arasındaki hava-yakıt oranının tipik dağılımı
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

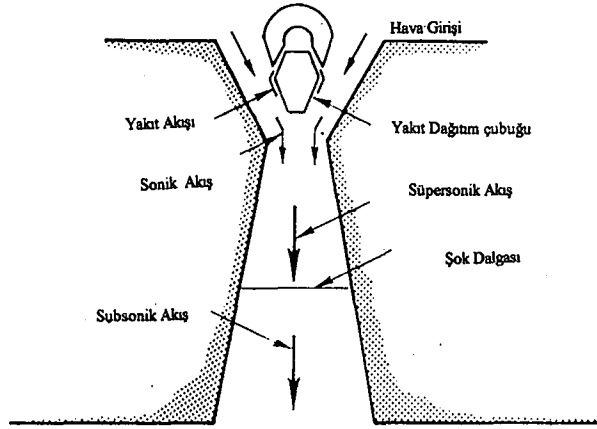
Motor modu	Maksimum yakıt -hava oranlarının silindirler arasındaki dağılımı						
	1.3 l make A	1.8 l make A	1.5 l make B	1.6 l make B	2.0 l make C	1.9 l make D	2.3 l make E
Rolanti	0.5	0.8	0.8	0.3	0.6	0.1	0.1
30 mile / h RL	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3
50 mile / h RL	0.3	0.1	0.5	0.1	0.3	0.1	0.5
70 mile / h RL	0.3	0.3	0.7	0.2	0	0.1	0.2
30 mile / h FT	0.3	0.2	0.5	0.3	0.4	0.3	0
50 mile / h FT	0.3	0.6	0.6	0.3	0.1	0.3	0.3
70 mile / h FT	0.3	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	0.6

RL = Yol yük şartlarında

FT = Tam açık gaz keleşi 1 mile / h = 1.609 km / h

Dresserator, mekanik olarak işletilen yakıt dağılımı çubuğu ile değişken bir venturi karbüratördür. Şekil 6.21'de bu aletin prensibi gösterilmiştir. Bu alet hala geliştirilmesinin ilk basamaklarında olsa da püskürtmeyi, karışım kalitesini hava yakıt dağılımını ve kontrolünü iyileştirdiği iddia edilmektedir. Bunlar şu şekilde elde edilmiştir.

- 1) Tamamı sonik akımına maruz kalacak yakıtı, geniş bir yüzey alanına geçirmek,
- 2) Kısmen hazırlanmış karışımı, yakıtı püskürtmek ve karışımı iyileştirmek için şok dalgasından geçirmek,
- 3) Aşağı akışta gaz keleşinin sebep olduğu akım bozukluklarını ortadan kaldırmak,
- 4) Keleşi sabit hava / yakıt oranı elde etmek için lineer yakıt kontrol vanası ile bağlamak

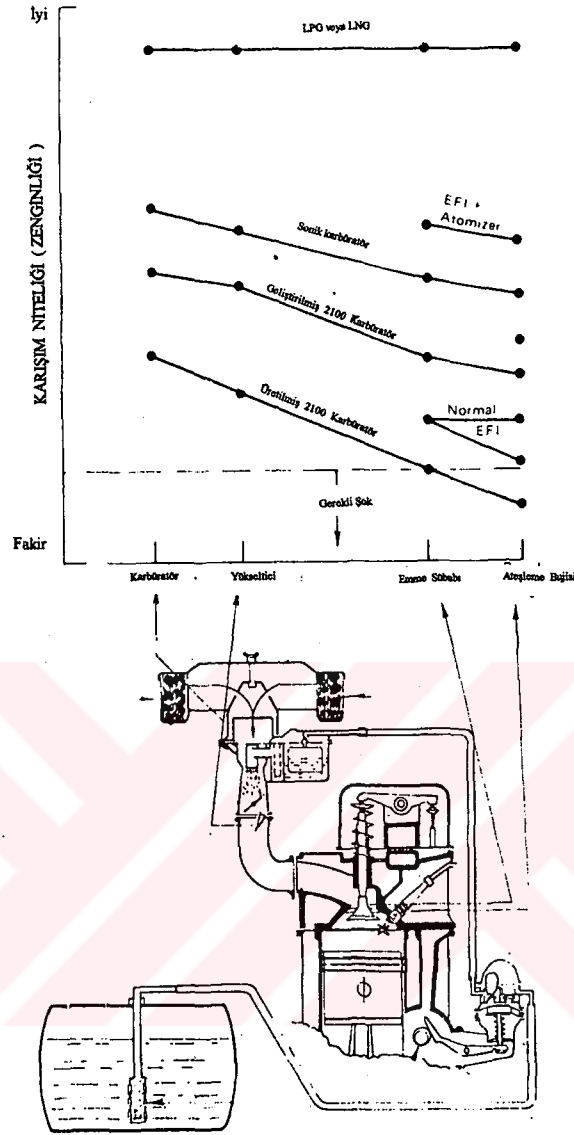


ŞEKİL 6.21 Sonic karbüratör prensibi (Dresserator)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

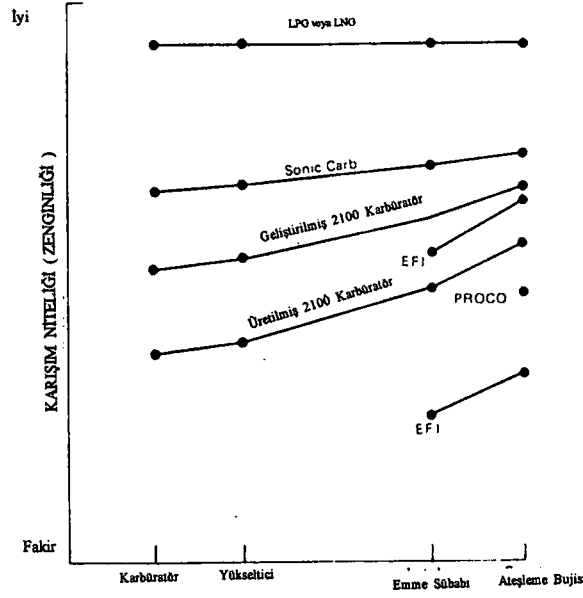
The Ford Motor Company sonic karbüratörü diğer karışım hazırlama sistemi çeşitleri ile karşılaştırmıştır ve bunlar Şekil 6.22 ve 6.23'de giriş sisteminin farklı parçaları için gösterilmiştir. Burada tamamen yakıt buharlaşmasından sonra sonic karbüratörün en homojen karışımı hazırladığı düşünülmektedirler.

6.10 Yakıt Püskürtme Sistemleri

Benzinli motorlar için yakıt enjeksiyon sistemlerinin faydaları hakkında birçok tartışma vardır. Bu sistemlerin birçoğunda yakıt giriş manifolduna püskürtülür ve sadece düşük püskürtme basınçları kullanılır. Silindirlere direk bir püskürtmenin yapılması oldukça pahalı olduğu için pek kullanışlı değildir. Verilen bir motor için maksimum güç üretimi püskürtme ile iyileştirilebilir; örneğin elektronik püskürtme sistemi ile (EFI) Bir Daimler-Benz 2.8 l benzinli motoru tam gazda 185 bhp (138. kW) verirken karbüratörle motor sadece 150 bhp (112 kW) verir. Bu avantaj daha iyi volumetrik verimden ve EFI ile tam gaz güç arttırımından kaynaklanmaktadır.



ŞEKİL 6.22 Ford Motor Company'nın soğuk başlama ve hareket koşullarında indüksiyon sistemi karışım kalitesi meyillerinin tahmini (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 6.23 Ford Motor Company'nın sıcak çalışma koşullarında indüksiyon sistemi karışım kalitesi meyilleri tahmini (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

EFI manifoldu karbüratör manifoldundan daha iyi aerodinamik şekle sahiptir. EFI kötü dizayn edilmiş giriş manifoldları ya da çözülmesi zor indüksiyon problemleri olan motor dizaynları için daha iyi karışım dağılımı sunar. Bunun bir örneği V12 Jaguar motoru ve diğeri de hava soğutmalı 4 silindirli Volkswagen motorudur. Bu motorlar uzun giriş manifoldlarına ve her biri silindirin doğru şarjı almasını zorlaştıran bir ateşleme sırasına sahiptir. Klasik olarak motorlar tüm silindirlerin yeterli karışımı almasını sağlayacak şekilde karbürasyon zenginliğindedir. Elektronik püskürtme, problemi her bir silindirin gerekli miktarda yakıt sağlamasını garantileyerek çözmektedir.

EFI soğuk başlama performansını iyileştirir ve fazla yakıtı olan ihtiyacı en aza indirir. Karışım zenginliği maksimum ekonomi değeri için ayarlanmadıkça uygun şekilde ayarlı bir karbüratörle dahi yakıt ekonomisi kazancı olmayacaktır. Hatta yakıt enjeksiyonu direkt motora uygulansa bile, yakıt kötü dağılımının derecesi oldukça büyük olur. Bu problem Borrmeister ve arkadaşları tarafından ele alınmıştır. Yüksek basınç yakıt enjeksiyon sistemi için tipik bir spesifikasyon, beslenme hacimindeki sapmalara pompa ve

enjektörlerde tam yol yükünde % 4, yarım yükde % 6 ve rolantide %10 müsaade eder. Bu sebeple silindirlerdeki hava / yakıt oranları limitleri basitçe pompadaki mekanik tolerans payları sebebi ile farklılaşır. Borromeister ve arkadaşlarının yaptığı pratik bir araştırmada tipik bir üretim pompası, bu tolerans paylarının sürekli aşıldığını göstermektedir. Düşük basınç sistemleri kullanıldığında ekstra zorluklar yakıt sirkülasyon sistemindeki gaz değişimlerinden kaynaklanır. Genelde EFI ile püskürtülen yakıtın miktarı, püskürtme aralığı farklılaştırarak ayarlanmıştır. Bu atma süresi kısa ise, Bosch D Jetronik sisteminde (tam yükte 4ms) olduğu gibi, enjektörde elektriksel atma zamanı tüm enjeksiyon periyodunun büyük bir kısmını oluşturabilir (yaklaşık 1.6 ms), ve enjektörün elektriksel özellikleri arasındaki küçük farklılıklar ölçülen yakıtın miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Enjeksiyon atımının her bir silindire göre zamanlandırılmadığı ve tüm enjektörlerin aynı anda ateşlendiği bu tip sistemlerde enjeksiyon atım mesafesi üzerindeki daha doğru bir kontrol mümkündür, ama bazı silindirler için bu enjeksiyonun giriş vanası kapalı olması anlamına gelir ve bu koşullar altında mükemmel karışım dağılımının ihtimali mümkün değildir.

Bazı motorlarda, hava kötü dağılımı da olabilir ve genelde direkt motora yönelik yakıt enjeksiyon sisteminin uygulanması bir karbüratöre uygulamak kadar zordur.

6. 11 Sonuç İfadeleri

- 1- Yakıt ekonomisi üzerinde karışım kalitesinin etkisi önemlidir ve karışım zenginliği zayıfladıkça da önem olarak daha da artar ve geçici koşullarda düzenli çalışan motorlar için özellikle önemlidir.
- 2- Çok silindirli araçlarda iyi karışım kalitesi silindirler arası yakıt kötü dağılımını ortadan kaldırır ve karbüratörün maksimum ekonomik karışım zenginliğine ayarlanmasını sağlar.
- 3- Soğuk çalışma koşullarında iyi karışım kalitesi Jiklenin en az derecede kullanımını sağlar ve bu suretle kısa mesafe yakıt tüketimini azaltır.
- 4- Mükemmel bir karışım hazırlama sistemi ile motor gücünün en azından bir kısmı sadece karışım zenginliği ile kontrol edilebilir. Bu kısmi yük yakıt ekonomisini önemli ölçüde etkileyecektir.
- 5- Karışım kalitesini artırmak için bir çok alet vardır. karışım zenginliği ve ateşleme zamanı aletlerin üretecekleri faydaları kullanabilecek şekilde ayarlanır ise yakıt ekonomisi iyileştirilebilir.

7. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE ARAÇ BAKIMININ ETKİSİ

7.1 Giriş

Yakıt ekonomisi tartışmalarında ilgi, kullanım alışkanlıkları üzerinde yoğunlaşır ve bu faktörlerin ekonomik kazançlara yol açacağı konusunda çok az şüphe vardır. Bununla birlikte bir arabayı oluşturan mekanik parçalar kullanım sonucu bozulma ve aşınmaya maruz kalırlar ve dikkat, araç bakımına verilecek önemle elde edilecek oldukça iyi kazançlar üzerinde yoğunlaşmalıdır.

Dikkat gerektiren önemli hususlardan bazıları şunlardır:

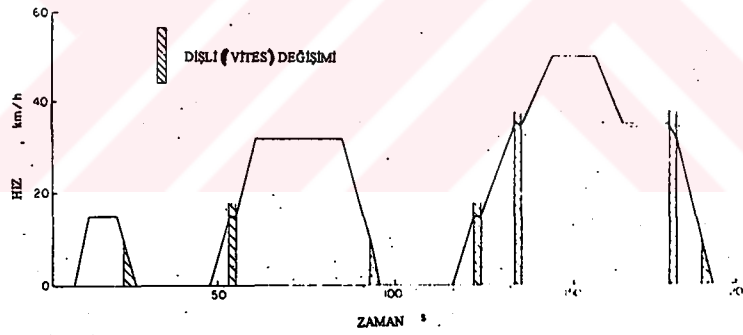
- a) Ateşleme zamanı (statik, vakumsal ve merkezkaç)
- b) Kontak anahtarı ayarları
- c) Buji elektrodu boşluğu
- d) İtme çubuğu ayarları, sübap ayarları
- e) Motor rölanti hızı
- f) Rolantide karışım zenginliği
- g) Frenler
- h) Fan kayışı, alternatör kayış ayarı
- i) Yağlayıcılar
- j) Termostatın çalışması
- k) Klima

Yukarıdaki maddelerin yakıt tüketimi üzerinde bir etkiye sahip olduğu iddia edilmekte ve kanıtların büyük kısmı tartışılmaktadır. Günümüze kadar bu gerçekler üzerine inşa edilmiş çok az bilgi yayınlanmıştır. Eldeki bilgilerin büyük kısmının 2 eksikliği vardır. İlk olarak

bilgi, direk yakıt ekonomisinden çok emisyonların kontrolüne uygulanır, ikinci olarak ki bu daha yaygındır, bilgi belirli bir aletin ya da bakım prosedürünün iddialarını doğrulamak için düzenlenmiştir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

7.2 Thornton Araştırma Merkezi (TRC) Testleri

Yukarıdaki durumu düzeltmeye yardımcı olmak için, TRC'de geçmiş dönemlerde araç eksikliklerinin yakıt ekonomisi üzerinde bazı belirgin etkilerini değerlendirmek için dizayn edilmiş, bir seri deney uygulanmıştır. Bu çalışma için bir şasi dinamometresi kullanılmıştır. Ayrıca şoförün önceden belirlenmiş sürüş şekillerine uyması için elektrikle çalışan sürüş yardım aletide kullanılmıştır. Avrupa Ekonomik Komisyonu (ECE) sıcak başlangıç çevrimi (ECE 15, Şekil 7.1) kullanılmıştır ve yakıt tüketimi ölçümleri gravimetrik (ağırlıkla) olarak yapılmıştır. Her bir test, her bir çevrim için 0.65 mil'lik (1.04 km), 4 çevrimde ve araç dinamometresi tamamen ısınmış bir halde yapılmıştır. (termostat testi, ayrı tutulmuştur.)



ŞEKİL 7.1 ECE 15 egzost emisyonu test çevrimi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

7.2.1 Maksatlı bozukluklar (İşleyiş aksaklıkları)

Bu testte 6 araç yakıt ekonomisi üzerindeki aşağıdaki özelliklerin, etkisini ölçmek için ayarlanmıştır.

a) Elektrod boşluğunu kapatarak, elde edilen kısaltılmış bir buji,

- b) Rölantıda % 2'den (zayıf) yaklaşık % 8.5'e kadar (zengin) CO emisyonları aralığında karışım zenginliği,
- c) 650 dev / dak (düşük) ve 850 dev / dak (yüksek), arasında karşılaştırılan rolanti hızı
- d) Etkisiz bir santrifüj avansı,(avans mekanizmasının göbek ağırlıklarını (bob weights kilitleyerek elde edilir.)
- e) Vakum avansı kaybı, (vakum avansı borusunu karbüratörden kapatarak elde edilir.)
- f) Termostat, (soğutma sisteminde termostatlı ve termostatsız soğuk başlama testleri)
- g) Kısılmış hava temizleyicisi (Hava temizleyicisinin enine kesitinin kapatılması ile elde edilir.)
- h) Frenlerin bağlanması (manivela (kol) ve pistol kavrama için 2 çentikli ve 5 testere dişli, el frenli araç ile elde edilmiştir.)
- i) Fan kanadı çıkarılması
- j) Düzgün çalışan araçların ECE 15 kullanılarak elde edilen test sonuçları (Tablo 7.1), motor dergisi- (Motor Magazine) tarafından yayınlanan, toplam yakıt tüketimi değerleri ile uyumludur.
- k) Fan kanadının çıkarılması dışında Tablo 7.1'den görülebileceği gibi uyumsuzlukların büyük kısmı yakıt ekonomisinde azalmalara sebep olur, yani galon başına daha az mil yapılabilir.
- l) Vauxhall Viva'da elde edilen sonuçlar en çarpıcı olanlardır ve bu konuda iki önemli yorum yapılabilir.
- 1) Test edilen tüm araçlar içerisinde, 4000 dev / dak'da en üst ölü noktadan önce (btcd) 28° den 33 ° olmak üzere Viva en büyük ateşleme avansını kullanmıştır, bu da motorun, otomatik ateşleme avansına bağlılığını gösterir ve bunun kaldırılması tüm araçlar arasında en büyük etkiye sahiptir.

2) Viva, kısılmış hava girişine karşı oldukça duyarlı olan sabit meme (fixed – jet) atmosferik havalandırılmış karbüratörü kullanır ve bu hava temizleyicisi kısıldığı zaman, göze çarpan karışım zenginleşmesi etkisini açıklar.

Tablo 7.1 Yakıt ekonomi testleri : Kullanılan test araçları ve elde edilen sonuçlar
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç verileri		Chrysler Avenger	Vauxhall Viva	Ford Granada	Vauxhall Victor	Rover	Austin
Kapasite	cm ³	1498	1159	2994	1975	1978	1088
Mesafe	mil	40600	50000	6500	50000	49000	45000
Yakıt ekonomisi	mil / gal	24.27	27.09	18.68	19.34	20.74	25.67
ECE çevrimi	km / l	8.59	9.59	6.61	6.85	7.34	9.09
Faktör	Yakıt ekonomisindeki değişim , %						
Arızalanmış bujilerden biri		-18.45	-15.02	-4.60	-14.47	-12.29	-10.59
Zayıf karışımın zenginleşmesi		-9.43		-7.20	-18.92	-6.56	
Rölanti hızı 650'den 850 dev / dak devrine çıkarıldığında		-8.48	-2.87		-5.06	-3.95	
Takılan santrifuj arttırıcı mekanizma			-30.86	+2.40	-17.52	-10.27	-10.82
Bozulmuş vakum artırma aleti			-3.83	-0.16	-7.29	-0.24	-2.26
Isınma esnasında termostatın çıkarılması		+0.49	-4.94		-1.8		
Sıyrı hava temizleme elemanı			-30.15	-0.53	-0.56	-15.67	-10.59
Fren kasnaklarının bağlanması			-15.5		-12.87		
Fan kanatlarının çıkarılması			+ 5.24		+3.92	+2.41	

7.2.2 Maksatlı bozuklukların (işletme aksaklıkları) sırası ile kaldırılması -Vauxhall Victor

Bir Vauxhall Victor'la, önce maksatlı olarak aynı anda bazı bozukluklara sebep olunarak ve sonrada bunlar sırası ile düzeltilerek bir dizi testler yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 7.2 de gösterilmiştir. Şekilden test çevriminde tüm bozukluklar aynı anda var iken yakıt ekonomisinin 19.34 mil / gal'dan 11.94 mil / gal'a düştüğü görülmüştür. Sonra, bozukluklar düzeltildikçe ekonomi hemen hemen eski haline gelmiştir. Şekil aynı zamanda ekonomik açıdan düşünüldüğünde merkezkaç avansı ile karşılaştırılan vakum avansının nispeten daha büyük önemini ve karışım zenginliğinin ayarlanmasının daha önde gelen etkisini gösterir. Fren sürtünme kuvvetinin, açık etkisi de gösterilmiştir. Bu araçta fren sürtünmesi oldukça şiddetlidir ve gerçek bir kullanım durumunda, rastlanılan uyumsuzluğun derecesini yansıtabilir.

7.2.3 Motor ayarlanması

Maksatlı bozuklukların araç ve yakıt ekonomisi üzerindeki etkilerini gördükten sonra dikkat motor ayarlanmasının etkilerine çevrilmiştir. Bu amaçla 1967 ile 1973 modelleri arasında 9 araç seçilmiştir. Tüm araçlar daha önceki araştırma programlarında kullanılıp ve oldukça fazla mil (> 50000) katetmişlerdir, son zamanlarda da ayarları yapılmamıştır.

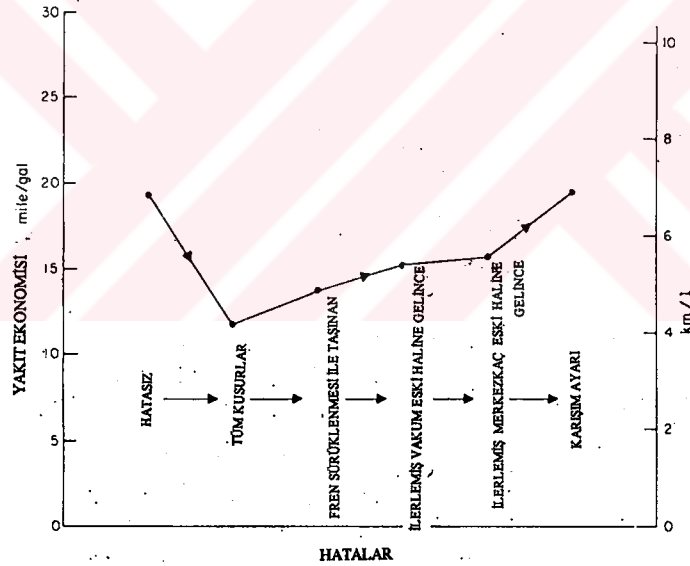
Yakıt tüketimi ölçüleri aşağıdaki maddelere dikkat edilmesinden oluşan ayarlar öncesi ve sonrasında yapılmıştır.

- a) Ateşleme zamanı (temel ayarlar)
- b) Dwell açısı (Durma açısı), kontak anahtarı boşluğu
- c) Buji ayarları (buji boşluğu)
- d) Sübap toleransı (avans kolu itici toleransı)

- e) Rolanti hızı ve karışım
- f) Hava temizleyicisi temizliliği

Aşağıdaki farklı test şartları karşılaştırma için kullanılmıştır:

- i) ECE 15 sürme çevrimi (sıcak başlangıç)
- ii) Üretici tavsiyesi rolanti hızı
- iii) Yol yükünde 50 ve 100 km / h'lık sabit hız
- iv) 60 km / h'dan 100 km / h'a tam gazda hızlanma



ŞEKİL 7.2 Yakıt ekonomisi testi – Vauxhall Victor
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yakıt tüketimi gravimetrik olarak doğru bir şekilde ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Tablo 7.2'de verilmiştir. Bu tablo, sonuçları yüzde temelli verir. Ekonomide, uygulanan ayarlardan kaynaklanan toplam bir iyileşmeye karşı meyil vardır. Fakat bazı olumsuz sonuçlar, ayarlamayı takiben artan tüketim miktarını gösterir.

Tablo 7.2 Farklı motor ayarlarında yakıt ekonomisindeki değişme yüzdesi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç	Karbüratör tipi	Yakıt ekonomisindeki değişme, %				
		ECE Çevrimi	Rolantide	Sabit hızda 50 km / h	Sabit hızda 100 km / h	60'dan 100 km / h hıza çıkıldığında
Ford Cortina 1600	Sabit nozul	-0.23	-21.3	+3.77	+5.05	-1.37
Vauxhall Viva 1200	Sabit nozul	+3.92	-2.25	+0.77	0	+6.98
Hillman Hunter DL	Değişken nozul	+5.19	+5.05	-2.33	+16.63	+13.98
Ford Cortina 2000	Sabit nozul	+0.96	+2.32	+4.26	+0.14	+6.85
BLMC Austin 1800	Değişken nozul	+9.65	+19.42	+4.38	+14.52	+18.75
BLMC Austin 1100	Değişken nozul	+5.88	+12.5	+2.58	+3.06	+5.45
Datsun 160B	Sabit nozul	-3.83	-6.97	+1.62	-0.87	+5.44
Mazda RX2	Sabit nozul	-0.36	0	0	+1.37	-4.44
Hillman Hunter GL	Değişken nozul	+2.34	+15.2	-1.38	-3.86	+7.89

Farklı karbüratör tipleri ve ayarlama teknikleri sebebi ile rölanti hızında yapılan ayarlamalar farklı toplam yakıt ekonomisi sonuçlarına yol açar. Örneğin sabit memeli karbüratörlü araçlarda, yapılan ayarlamalar sadece rölanti yakıt tüketimi rakamlarını etkiliyor gözükürler ki bu bazen yetersizdir. Bunun aksine değişken nozullu karbüratörlü araçlar, rölanti hızı ayarlamalarının dışında çalışma spektrumunun diğer kısımlarında karşılık veriyor gözükmektedir. Tablo 7.2'de ayarlamanın bir sonucu olarak, yakıt ekonomisindeki oldukça büyük iyileşmeleri gösterir.

Toplam yakıt ekonomisi üzerinde, rölanti karışım ayarlarının önemini saptadıktan sonra bunu takip eden bir araştırmada rolantide, % 4'ten daha düşük % CO oranı içerecek şekilde karışım zenginliği ayarlanan, rölanti ayarlı nispeten daha yeni araçlarda bir Sun 1160 yanma verimi analizi ile uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 7.3'te verilmiştir ve bu sonuçlar yapılan ayarlamalardan kaynaklanan sabit ekonomi kazançlarını gösterir.

Yüzde kazançlarının büyüklüğünden anlaşılacağı gibi, ekonomideki en büyük iyileşme, rölanti hız aralığında yapılmıştır. Bu uygulanan teknikle direkt alakalıdır, yani optimum rölanti hızı ayarından çok, rölantide minimum CO vermek için yapılan ayardır.

Morris motorlarına takılan SU karbüratörlerindeki ayarlama araç test çalışma aralığı boyunca, yakıt tüketimi kazançlarının izlerini göstermektedir ve bunlar test edilen diğer marka araçlardan çok daha yüksektir.

Ateşleme zamanı, itici çubuklar, hava temizleyicisi ya da buji ayarları gibi uygulanan diğer ayarlamalarla ilgili olarak, bunlar birlikte yapıldığı için daha önde gelen bir yakıt ekonomisi etkisini tek bir ayarlamaya atfetmek mümkün değildir.

Bu tip ayarlamalardan kaynaklanan etkiler başlama, vuruntu direnci ya da çalışma davranışlarında, muhtemelen yakıt ekonomisindeki değişikliklerden daha çok kendisini gösterecektir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Tablo 7.3 Yeni araçlarla ilgili denemelerde yakıt ekonomisi ile ilgili yüzdeler
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç	ECE çevrimi	Rolantide	Sabit hızda 50 km / h	Sabit hızda 100 km / h	60'dan 100 km / h'a hızlanırken
Morris Marina 1.8	18.9	44.9	12.42	15.08	6.67
Hillman Hunter	7.2	20.13	1.66	1.6	6.68
Citroen GS 1220	8.4	16.39	7.7	8.9	5.0

Yukarıdaki bilgileri rapor eden TRC çalışması, yakıt ekonomisini etkileyen önemli faktörleri, aşağıdaki önem azalma sırası ile göstermektedir:

- 1- Rolanti karışım ayarı,
- 2- Temel ateşleme zamanlaması / Dwell açısı
- 3- Vakum ateşleme avansı,
- 4- Merkezkaç ateşleme avansı,
- 5- Buji durumu.

7.2.4 Kullanımdaki araçların ayarlanması durumu

Yukarıda bahsedilen faktörleri gerçek bir durumda değerlendirmek için TRC otomatik bakım laboratuvarındaki motor performansı testlerinde kullanılan 72 aracın bakım kayıtlarını incelenmiştir. Araçların, üreticinin spesifikasyonları ile uyumlu hale gelmesi için bazı düzeltmeler yapılması gerekmektedir ve düzeltme ihtiyacı duyulan numunelerin oranları Tablo 7.4'te gösterilmiştir.

Tablo 7.4 Thornton Araştırma Merkezinde araç servislerinde ihtiyaç duyulan düzeltmeler
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Düzeltilme ihtiyacı	Örnek yüzdesi
Rolantide CO	83.4
Asıl ateşleme zamanı	75
Dwell açısı	40.6
Süba ayarı	29.2
Ateşleme bujisi yerleştirme	23.6
Kesici platin yerleştirme	20.8
2000 dev / dak'da CO	18.1
Silindir sızıntısı	16.7
Hava temizleyicisi yerleştirme	5.6

Karışım teşkilinin yakıt tasarrufunu bozucu etkisi, karbüratörden fazla yakıt emildiğinde ortaya çıkar. Bunun için şamandıra seviyesi ve rolanti düzeninin zamanla ayarlanması gerekmektedir. Bu ayarların dışında karbüratörün ilk hareket düzeni, ekonomi düzeni ve tam güç düzeninin fonksiyonlarının yerine gelip gelmediği kontrol edilmelidir. Karbüratör

ayarı bozuk ise gereğinden fazla yakıtla zengin karışımla çalıştırılması yanma odasında tortu birikip kontrolsüz ateşleme olasılığını artırır. Ayrıca HC ve CO emisyonlarını artırıp hava kirliliğine neden olur.

Silindirde sağlanan kompresyon düzeyi yanma odasındaki sızdırmazlık yönünden önemlidir. Sızdırmazlığın bozulmasıyla silindir cidarından veya sübap oturma yüzeylerinden kaçan gaz miktarı artar. Gaz kaçaklarının artmasıyla motorun net verimi düşer.

Silindire taze dolgunun alınmasında servis ve ayar yönünden önem taşıyan hususlar hava filtresinin minimum basınç kaybıyla görev yapması ve sübap boşluk ayarlarının uygunluğunun sağlanması gereklidir. Egzost karşı basıncını arttırıcı gaz akışını engelleyici herhangi bir aksaklık olmamalıdır. Dolgu değişiminin gerektiği biçimde sağlanması gereklidir.

Ateşleme sistemi benzin motorlarında bakım ve ayar yönünden en fazla dikkat gerektiren kısımdır. Karışımın yeterli enerji düzeyiyle ateşlenememesi yanma verimini, ateşlemenin gerektiği anda yapılmaması ise, silindirdeki basınç değişim seyrini olumsuz etkiler. Sonuçta iki durumda motor verimini düşürür. Bu olumsuzlukların önlenmesi için ateşleme sisteminde yeteri kadar ateşleme voltajı sağlanmalı, ateşleme avansı uygunluğu temin edilmelidir. Kontrolsüz ateşlemeye neden olmamak için yanma cidarındaki tortular temizlenmelidir. (Yavaşlıol, 1984)

Diesel motorlarında silindirdeki yanmanın bozulmasının işareti olan isli yanma püskürtme sisteminden kaynaklanıyorsa pompa ve enjektör elemanlarının ayarları enjektör meme deliklerinin genişleyip genişlemediği çevrim başına silindire sokulan yakıt miktarı, püskürtmenin zamanında yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir.

Motor soğutma sisteminin görevini gerektiği şekilde yerine getirip getiremediğinin yakıt harcamasına etkisi, ısınma periyodu ve rejim sıcaklığında ayrı ayrı düşünülmelidir. Motor ilk harekete geçildikten sonra kısa sürede rejim sıcaklığına ulaşmalıdır. Bu olay sürtünmeye giden enerjinin azalması, zengin karışımla çalışma sürecinin kısılması, silindirdeki aşınmanın yoğun olduğu sürecin kısa sürede tamamlanması ile ekonomik işletme koşullarına erken geçebilme açısından önemlidir. Isınma süreci termostatik kontrolla motor soğutma sisteminin devre dışı bırakılması veya egzost gazlarının ısısından yararlanılarak silindire gönderilen dolgunun ısıtılması ile sağlanır. Rejim halinde çalışmada fazla soğutma sonucu çeper sıcaklıklarının düşük olması soğuk motor mahzurlarını ve yanma odası cidarlarında tortu birikimini hızlandırır. Yetersiz soğutma sonucu motorun aşırı ısınması ise ; karışımın kontrolsüz ateşlenmesi, volumetrik verimin düşmesi ve yakıt sisteminde buhar tıkaçı oluşması gibi performansı bozucu eğilimleri artırır. (Yavaşlıol, 1984)

7.3 Diğer Benzer Çalışmalar

7.3.1 Champion buji şirketi

Champion Spark Plug Company (Champion buji şirketi) (CSPC) , İngiltere ve Avrupa'daki ayarlama bakım kliniklerinde 1973-4 serisinin bulgularını rapor etmiştir.

Tablo 7.4 ve 7.5 'te sunulan bilgilerin büyük kısmı ilk bakışta uyuşmaz gözüksede, TRC, rakamlarının verilen bir düzeltmenin tüm yüzdede bulunma oranını gösterirken, Champion'un bilgilerinin belirlenmiş parçalar üzerindeki bilinen maksimum ölçü ile ilgili, olduğuna dikkat edilmelidir.

Tablo 7.5 Champion Sparking Plug Tarafından 14 Avrupa ülkesinde yapılan incelemelerde rastlanan hataların tesbiti
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

		Lille	Brussels	Eindhoven	Copenhagen	Malmö	Hamburg	Milan	Barcelona	Athens	Oslo	Helsinki	Vienna	Zürich	UK
Hatalı kontak anahtar aralığı	%	60.2	51.0	38.6	43.8	51.0	35.8	52.8	31.7	50.2	64.0	49.6	50.4	47.5	57.0
Asıl ateşleme zamanı hatası	%	59.2	39.6	52.3	43.8	32.0	15.8	54.7	51.7	58.2	58.3	37.5	50.4	27.7	25.0
CO > % 4.5	%	54.1	46.2	50.0	56.2	38.9	40.0	68.9	48.0	58.5	52.0	57.4	42.5	38.6	57.2
Ateşleme bujisi hassasiyeti	%	15.0	12.6	27.3	21.9	38.9	8.4	28.3	25.5	3.3	23.4	37.6	10.8	5.9	27.5
Rolantide zengin karışım	%	57.6	44.5	37.5	21.9	37.4	42.1	40.6	37.6	52.5	46.9	26.2	30.6	29.7	59.6
Yüksek hızda zengin karışım	%	15.3	44.0	46.6	21.9	17.6	41.0	24.5	26.6	39.5	51.0	48.2	35.6	33.6	57.9
Araç Başına ortalama hata sayısı		4.7	3.9	3.9	4.0	3.8	2.9	5.0	3.1	4.6	5.7	4.3	4.1	3.1	3.5
Toplam araç sayısı						5321									

Tablo 7.6 İngiltere kasabalarında CSPC şirketi tarafından yapılan incelemeler sonucu 5000'den fazla araçta teşhis edilen hataların özeti
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

		Crawley	Gillingham	Southampton	Newport	Coventry	Nottingham	Stroke	Liverpool	Paisley	Stockton
Otomobil sayısı		339	516	471	552	546	443	617	608	561	736
Hatalı kontak anahtar boşluğu	%	50	61	55	64	57	57	57	66	58	58
Ateşleme bujisi hassasiyeti	%	31	32	36	16	22	28	28	28	26	30
İleri ateşleme avansı	%	29	30	23	23	27	28	22	25	29	22
Gecikmiş ateşleme zamanı	%	9	13	11	16	9	11	11	13	12	14
Hareket esnasında karışım zenginliği	%	57	60	71	67	56	45	49	49	59	49
Rolantide karışım zenginliği	%	50	62	62	63	61	58	62	52	44	53

İngiltere'de etüd edilen araçlarla ilgili Champion tarafından yayımlanan başka bir tabloda (Tablo 7.6) servisteki benzer ayarsızlıklar tarif edilmiştir. Bu sonuçlar gösterir ki, ateşleme ve karbürasyon ayarı ile ilgili detaylara gösterilecek hassasiyet, etüd edilen (incelenen) araçların büyük kısmında gerekli bir şeydir. Bu sebeple ekonomiyi etkileyen

farklı faktörler arasında bir uyumsuzluk yoktur ve Tablo 7.4'te yapılan liste, maksimum yakıt ekonomisini elde etmek için gerekli, en önemli faktörlere aittir.

7.3.2 Rolantide karışım zenginliğinin önemi

TRC ve Champion Spark Plug Company'de elde edilen bilgiler, ayarlama için getirilen araçların büyük kısmında, rolantide iken karışım zenginliğini, düzeltmenin önemli olduğunu gösterir. Rolanti hızında karışım zenginliğinin yol yakıt ekonomisi üzerinde sadece küçük bir etkisinin olduğu düşünülmesine rağmen TRC'de yapılan diğer çalışmalara başvurmak yararlıdır. Oldukça ölçülü bir araç kullanarak rolantide tüketilen yakıt kullanım (çalışma) koşullarında üç farklı rotada ölçülmüştür. (Tablo 7.7)

Tablo 7.7 Çalışma koşullarında rolantide tüketilen yakıt oranları
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Test yolu	Rolantide harcanan toplam yakıt yüzdesi		
	Maksimum	Minumum	Ortalama
Chester şehri yol 1	35	13	17.5
Chester şehri yol 2	33	11	15.7
Kente ait değişik yollar	40	4	8.7

Bu sonuçlar rolanti karışım zenginliğinin derecesine önem verilmesinin gerekliliğini gösterir. Ayarlı araç üzerinde, TRC'de yapılan çalışma tam olarak değerlendirildiğinde, rota (güzergah) özelliklerinin bazen yakıt tüketimi üzerinde, sürüş alışkanlıklarından daha çok etkiye sebep olduğu görünür. (Blackmore ve Thomas, 1979)

7.3.3 Ayarlamalardan elde edilen yakıt ekonomisi kazançları: Amerika Tecrübesi

Amerika'da Champion Spaking Plug Company yakıt ekonomisi üzerinde motor ayarlamasının etkilerini bulmak için, birçok pratik arazi testleri organize etmiştir. California Riverside'da 230 in³ Checker aracında, 6 silindirli Chevrolet motorunda ayarlamadan sonra ekonomideki toplam yüzdesel iyileşme % 7.5 bulunmuştur.

New Jersey, Sparta'da kış ayında araçlar üzerinde, yapılan bir testte ayarlanmış araçların ayarlanmamışlara karşı yakıt ekonomisinde % 5'lik bir iyileşme gösterdikleri görülmüştür. Bu testteki araçlar 4 yaşındadır ve son ayarlanmalarından beri 10 000 mil ya da 1 yıldır kullanılmaktadırlar.

Champion, araçlarda yoğun şasi dinamometre testlerini, ayarlanmanın etkisini belirlemek için uygulamıştır. (Emisyon kontrollü) CO ve HC emisyonlarında önemli azalmalar elde edilmiştir ve yakıt ekonomisinde % 20'lik iyileşmeler kaydedilmiştir.

Shell Oil Company, 1970 model bir yolcu aracı, yol performansını ve egzost emisyonlarını ölçmek için kullanmıştır. Şasi dinamometresi üzerinde sabit-durum koşullarındaki testte 30 mil/h test hızı yakıt ekonomisi açısından en büyük etkiyi göstermiştir. Sonuçta şu bilgiler elde edilmiştir. 1) Rölantideki karışım zengin olacak şekildeki ayarlamalar yakıt ekonomisine % 5.5'lik bir kayıp vermiştir. 2) Karter havalandırma vanası (PVC) tıkanıklığı yada kısılması yakıt ekonomisine %3.7'lik bir kayıp vermiştir. 3) 5° ateşleme gecikmesi, kısılmış PVC vanası ve rölantide zengin karışımın bileşik etkisi yakıt ekonomisinde % 12.1'lik bir kayıp vermiştir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

7.3.4 Lastik seçimi etkileri

Yakıt ekonomisini etkileyecek bakım sahaları düşünülünce, motor ayarlanmasının tamamen dışında ama kesinlikle ihmal edilmeyecek bir etki vardır, bu verilen bir araç için lastik tipi seçimine verilecek olan önemlidir. Amerika'da Crum ve McNall'ın yaptığı çalışma, yakıt ekonomisindeki % 10-12'lik bir kazancın çapraz kuşaklı lastik (cross – ply) radyal tabanlı lastik kullanımı ile nasıl elde edilebileceğini gösterir. Aynı zamanda TRC'de geçmiş dönemlerde yapılan bazı şasi dinamometre çalışmalarında Ford Corsair araçlar için çapraz tabanlı lastikler yerine radyal tabanlı lastikler kullanmanın fren beygir gücü ve hızlanma performansı üzerindeki yararlı etkilerini göstermektedir. Tablo 7.8 bu bulguların tabloya dökülmüş halidir. Yakıt tüketimi ölçümleri bu testte özel olarak yapılmamış olsa da güçteki artma ve 30 mil / h'dan 60 mil/h'a hızlanırken tam gazda harcanan zamandaki

azalma, lastik sürtünmesinde ite olan kaybın derecesini gösterir. Benzer şekilde İngiltere’de Michelin Company Cortina ve Marsina araçlarında yakıt tüketiminde % 8,5 - 9’luk bir iyileşmenin sadece çapraz tabandan, radyal tabana lastik değişimi yapmakla mümkün olduğunu bulmuştur.

Araç lastik basıncının sürekliğini düşününce, lastik hava basıncının az olması yakıt ekonomisine ve lastik aşınmasına çok kötü etkileri olur. Bu sebeple lastik basıncındaki % 25’lik azalma yakıt ekonomisindeki önemli bir azalmaya ve lastik ömründe % 25’lik bir kayba sebep olur. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Lastik hava basıncı lastiklerde meydana gelen deformasyonu ve seyir anında taşıta etki eden yuvarlanma direncinin mertebesini belirler. Lastik hava basıncının azalması, yuvarlanma direncini arttırır. Dolayısıyla laştığın maksimum yük taşıma kapasitesini azaltır. Yuvarlanma direncinin artması belirli seyir şartlarında motordan daha fazla g çekilmesini gerektirdiğinden yakıt harcamını olumsuz etkiler. Taşıt ağırlığına bağlı olarak değişen optimum lastik hava basıncının üzerine çıkılması halinde yakıt harcamında sağlanan kazançta gittikçe önemsizleşir. (Yavaşlıol, 1984)

Tablo 7.8 Fren gücü ve hızlanma zamanı üzerinde radyal tabanlı ve çapraz kuşak tabanlı (cross – ply) lastiklerin etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç	Lastik tipi	60 mil / h tam gazda maksimum güç	30’dan 60 km / h hıza tam gazda ulaşma süresi
Ford Corsair (Araç 1)	apraz taban	40	26.5
	çapraz taban	42	24.6
	Radyal taban	45	22.8
Ford Corsair (Araç 2)	Radyal taban	41	26.2
	çapraz taban	42	24.6
	Radyal taban	43	23.6
Gerekli Spesifikasyonlar		40	27.9

7.4 Sonuç İfadeleri

1- Shell Araştırma Şirketi tarafından ve diğerleri tarafından yapılan çalışmalar motor ayarlama faktörlerinin yakıt ekonomisi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve doğru karışım zenginliği ayarları ve motor üreticilerinin ateşleme spesifikasyonlarına uyumluluğun özellikle önemli olduğunu gösterir. Yakıt ekonomisini etkileyen önemli bakım faktörleri aşağıdaki azalan önem sırasında verilmiştir.

- a) Rolanti karışım zenginliği ve motor rölanti hızı,
- b) Temel ateşleme zamanlaması / Dwell açısı
- c) Vakum ateşleme avansı
- d) Merkezkaç ateşleme avansı
- e) Buji durumu.

2- Yakıt ekonomisi açısından tüm kazançlar, sadece motor bozukluklarının, aksaklıklarının sistematik ve kesin teşhisi ve bunun neticesi yapılan düzeltmelerle elde edilebilir. Bu amaç için modern teşhis araçları ateşleme ayarını tam yapabilecek aletler ve CO, HC emisyonlarını ölçebilen aletler kullanılmalıdır.

3- Herbir motorun kendisine ait tahmin edilemez motor hata ve bozukluk modeli (paterni) vardır. Farklı hataların görülme oranı aşağıdaki azalan sıklıktadır.

- a) Rolanti karışım ayarı
- b) Temel ateşleme zamanı
- c) Dwell açısı (Platin ayağının, kesici kamın köşesine göre yaptığı açı)
- d) Sübap (itici) ayarları
- e) Buji değiştirilmesi

Bu aksaklıkların düzeltilmesi daima aynı yakıt ekonomisi kazancını vermez.

4- Herbir bakım maddesinin kullanım sıklığı hakkındaki detaylı bilgi aracın mekanik durumuna bağlıdır. Birçok bozuklukları olan bazı araçlar doğru düzeltmeler yapıldıktan sonra en az % 20'lik yakıt ekonomisi kazancı gösterirler. Ama yayınlanmış çalışmalar % 6'lık bir kazancın normal olduğunu söylemektedir.

5- Giderek gelişen araç dizaynları, yeni aletlerin, özellikle de emisyon kontrolü için kullanılacak aletlerin, araçlara eklenmesine sebep olmuştur. sübaplardaki, eksoz gazı resirkülasyon (EGR) sisteminde, ısıtılmış hava almadaki bozukluklar yakıt ekonomisi ile ilgili araç bakımının, yeni ve önceden bulunmamış problemlerinin ortaya çıkmasına neden olur.

8. EMİSYON KONTROLLERİNİN YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

8.1 Giriş

Son yıllarda araçlarda izin verilen emisyon seviyesinde, sürekli bir azalma trendi görülmektedir. Bu gerçekleşirken araç endüstrisindeki bilim adamları performansta ne gibi fedakarlıklarla bu emisyon seviyelerini elde etmenin mümkün olduğunu araştırmaktadırlar. Bunlardan biride yakıt ekonomisidir. 1973'te petrol krizi olduğunda emisyon kontrolünün, yakıt ekonomisi üzerindeki zararlı etkisi meselesi daha öncelikli olarak ortaya çıkmıştır ve Amerika'da bir kamuoyu tartışmasında başlamıştır. Tartışmanın bir tarafında en kısa müddette yeni uyulması zorunlu emisyon standartlarını karşılamaya itilmenin zorluklarını göstermek isteyen ve bu durumun yakıt ekonomisinde nasıl kaçınılmaz kayıplara sebep olacağını ifade eden motor endüstrisi vardır. (Örneğin 1967 ve 1973 yılları arasında tipik bir Ford da yakıt ekonomisindeki % 22'lik kaybın % 60'ı emisyon kontrollerine bağlanmıştır.

Diğer tarafta ise motor endüstrisini tenkit edenler vardır. Örneğin Amerika Çevre Koruma Örgütü (EPA) sözcüsü: 1968 öncesi ve 1973 model araçlarda yakıt ekonomisindeki azalmaların sadece % 10,1'i satış sonuçlarına göre emisyon kontrollerine bağlanabilir ve küçük araçların [13500lb (1590kg)] aşılarında bir iyileşme gösterdiklerini ifade etmiştir ve emisyon kontrol seviyeleri ve yakıt ekonomisi arasında yapısal bir ilişki yoktur ya da termodinamiğin hiçbir kanunu motor verimi ile egzost emisyonu arasında bir ilişki kurmamaktadır, şeklinde ifadelerde bulunmuşlardır.

Bu tartışmaya petrol şirketleri ve kurşun katkı maddeleri üreten şirketler, motor endüstrisininin 91 (RON) araştırma oktan sayılı kurşunsuz benzinin kullanımını sağlamak için sıkıştırma oranlarını gönüllü düşürme hareketi ile ilgili bu tartışmaya katılmışlardır. Bu değişikliğin, yakıt ekonomisinde Ford tarafından %3-5, Du Pont tarafından % 8 ve EPA tarafından da % 3'ten az bir azalmaya sebep olacağı söylenmektedir.

**Tablo 8.1 Amerikada Hafif motorlu araçlar için egzost emisyon standartları
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)**

	49 Federal eyalet standardı			Kaliforniya standardı		
	HC, g/ mil	CO, g/ mil	NO _x , g/ mil	HC, g/ mil	CO, g/ mil	NO _x , g/ mil
1967	15	90	4-6	-	Federal ile aynı	-
1968	6.3	52	-	6.3	52	-
1969	6.3	52	-	6.3	52	-
1970	4.1	34	-	4.1	34	-
1971	4.1	34	-	4.1	34	4.0
1972	3.0	28	-	2.8	28	3.2
1973	3.0	28	3.1	2.8	28	3.0
1974	3.0	28	3.1	2.8	28	2.0
1975	1.5	15	3.1	0.9	9	2.0
1976	1.5	15	3.1	0.9	9	2.0
1977	1.5	15	2.0	0.41	9	1.5
1977-9	1.5	15	2.0		Federal ile aynı	
1978	0.41	3.4	0.4		Federal ile aynı	
1980-1	0.9	9.0	2.0		Federal ile aynı	
1982	0.4	3.4	0.4		Federal ile aynı	

Bu konudaki çalışmalar 2 gruba ayrılır: (a) Eğilim ve etkili faktörler seçimi faaliyetlerinde araç performansının tahlili araştırması, b) Yakıt ekonomisi kazanç ya da kayıplarını sadece egzost emisyon kontrolü ölçümlerine bağlama denemeleri. İkinci kesim farklı kontrol ölçümleri arasındaki, birçok karşılıklı etkileşim sebebi ile çok kompleksdir.

Tartışmanın düğüm noktası, bir yakıt ekonomisi ölçümünün ya da emisyon kontrol aletinin eldeki sınırlı gelişme zamanında çalıştırmayı deneme ve müşterinin maliyeti finans ve performans açılarından karşılamaya hazır olup olmadığı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

8.2 Araç Yakıt Ekonomisinin Tarihi Araştırması

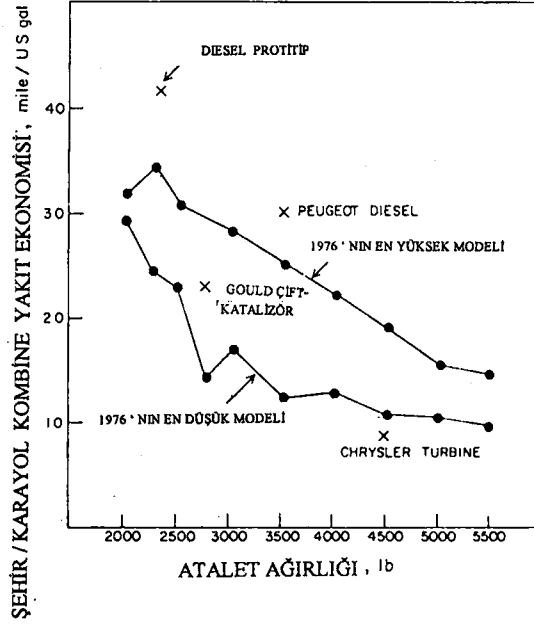
8.2.1 Amerika deneyimi

Şu anda sürekli oluşturulmaya devam edilen temel bilgi kaynağı EPA'nın tüm yeni araçlar için yıllık yakıt ekonomisi araştırmasıdır. Bu bilgiler temelde aynı şasi dinamometre testi ve egzost emisyon belgelerindeki bilgilerinden gelmektedir. 1974, 1975 ve 1976 model araçlar için 3 yıllık rapor vardır ve EPA kontrol raporu 1975 öncesi yıllarıda kapsayacak şekilde kullanılmıştır. Yakıt ekonomisini kontrol etmede araç büyüklüğü ve ağırlığı oldukça önemli faktörler olarak tanınmışlardır. Şekil 8.1, 1976 model bir araç için yakıt ekonomisinin eylemsizlik ağırlığı ile nasıl değiştiğini gösterir. İki özellik göze çarpmaktadır. (1) Verilen bir eylemsizlik ağırlığında, yakıt ekonomisindeki yayılma çok

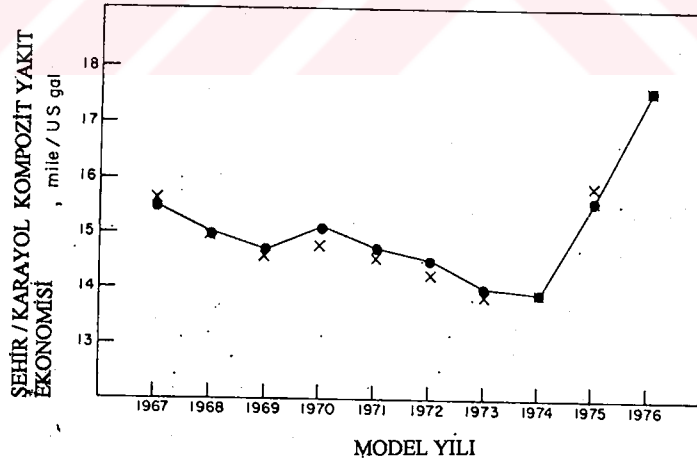
büyüktür ve bu diğer faktörlerinde güçlü etkilerini gösterir. (2) Alternatif teknolojinin (diesel ya da gaz türbini) kullanımı benzin motorlu araçlarının limitlerinin dışında bilgi verir.

Eğer tüm elde edilen bilgiler birleştirilirse, ortalama yakıt ekonomisi meyilinin yıla karşı grafiği çizilebilir. Şekil 8.2, 1967 ve 1974 arasındaki yavaş düşmenin 1975 ve 1976 model araçlar için nasıl keskince arttığını gösterir. General Motors, 1976'da % 39'luk bir kazanç elde etmiştir ve bu büyük ölçüde oldukça iyileşmiş ekonomi için, motorların yeniden ayarlanmasına imkan tanıyan egzost katalizör teknolojisinin endüstriye girmesi ile olmuştur.

Eylêmesizlik ağırlığı hakkındaki EPA'nın daha ileri analizleri 1957-67 yılları arası araçlar için iyileşme hakkında çok ilginç bilgiler (Şekil 8.3) vermektedir. Bu herhangi bir emisyon kanununun kullanıma başlanmasından önce yapılmıştır. Küçük araçlar için ekonomideki iyileşmelerin devam ettiği ama artmadığı açıkken büyük araçlardaki azalmalar bir kazançla dönüştürülmüştür. Austin'e göre küçük araçların kendi küçük egzost hacimleri sebebi ile kitle emisyonu kanuni limitlerini daha az yakıt tüketen kontrol metodları kullanarak tatmin edebilirler. Avrupa araç pazarının genelde küçük araçlardan oluşuyor olması sebebi ile bu sonuç Avrupa'da büyük ilgi uyandırmıştır. Bu araçlarda kullanılan kontrol ölçüleri; CO ve HC limitlerini karşılamak için hava-yakıt meyilinin nispeten orta derecedeki NO_x limitlerini karşılamak için sadece sınırlı miktarda ateşleme gecikmesi ya da egzost gazı resirkülasyonu (EGR) ile birleştirilmiş zayıf bir karışımdır.

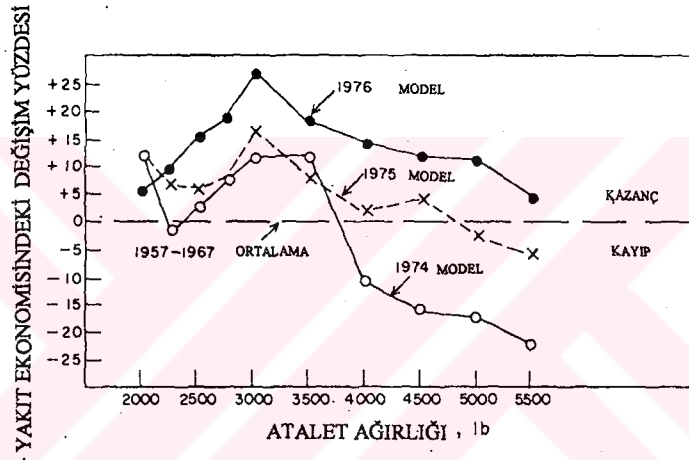


ŞEKİL 8.1 Diğer araçlarda karşılaştırılan 1976 model benzin motorlu araçlar için yakıt ekonomisinin eylemsizlik ağırlığına karşı grafiği
 (1 mil / US gal = 0.425 km / l ; 1 lb = 0.454 kg)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

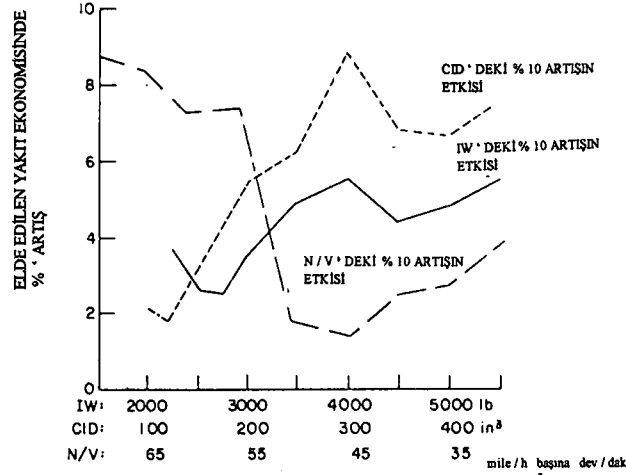


ŞEKİL 8.2 1967-76 yılları için satış ağırlıklı yakıt ekonomisi meyilleri
 (1 mil / US gal = 0.425 km / l)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Emisyon kanunları nispeten orta derecede etkili olduğu müddet, yakıt ekonomisinde küçük bir kazanç görmeyi bekleyebiliriz ve 1976'da EPA'nın daha detaylı istatistiki analizi bilgiyi etkileyen faktörlere yeni bir bakış açısı, Murrell tarafından yapılmıştır. Pratik olarak en önemli faktörler, büyük araçlar için hacim (CID), eylemsizlik ağırlığı (IW) ve drive-train oranı (N / V: mil / h başına dev / dak) dir. Küçük araçlar için N / V en önemli faktördür. Bu bilgiler Şekil 7.4'te grafiğe dökülmüştür. Ama bu etkenlerin araçlardaki değişkenler arasında karşılıklı ilişkiler olması sebebi ilave etkilerin bu kadar olmayacağı unutulmamalıdır.



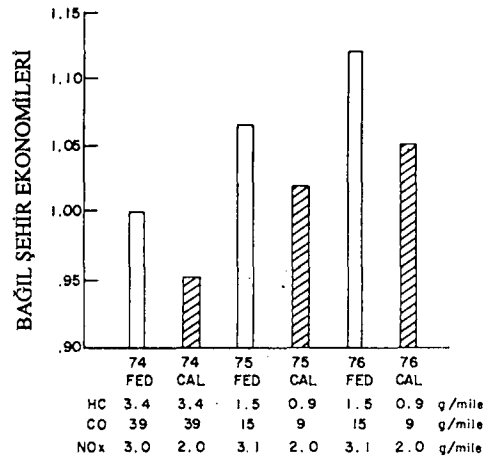
ŞEKİL 8.3 1957 - 67 yılları için yakıt ekonomisindeki yüzdelik değişmeler
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979), (1 lb = 0.454 kg)



ŞEKİL 8.4 1976 model Amerikan araçları için bileşik yakıt ekonomisi üzerinde CID, IW ve N / V'deki değişikliklerin yüzdesel etkileri
 (1 lb = 0.454 kg ; 1 in³ = 0.0164 l),
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Murrell CID x N / V'nin teorik temelinde olan yakıt ekonomisinin en önemli belirleyicisi olduğu sonucunu çıkarmıştır.

Aynı çalışma son üç yıl için Amerikan federal ve California bölgeleri arasında ayırım yaparak bağlı şehir yakıt ekonomisi hakkındaki bilgiyi özetler. Şekil 8.5 yakıt ekonomisinin nasıl iyileştiğini gösterir ve aynı model araçların seçilmesi sebebi ile bu kazançlar, karışık model etkeninden daha çok teknolojik iyileşmelere bağlanabilir. Sonuçlar şunlardır: (1) zamanla, belirli bir noktada teknoloji ile yakıt ekonomisi kayıpları yüksek emisyon seviyeleri ile ilişkilendirilebilir, (2) yakıt ekonomisi teknolojiye gelişmeler kullandıkça iyileştirilebilir. Şekil 8.5'ten görüldüğü gibi, teknolojik gelişmelerin hızı gerçekten de etkili bir şekilde olmaktadır ve bunun büyük kısmı katalizör teknolojisine bağlanabilir. Teknolojideki bu yüksek ve hızlı gelişmelerin giderek artan yeni egzost emisyon seviyelerine karşı gelecekte kaç yıl devam edeceği en önemli sorundur. Katalizör kullanımından elde edilen iyileşmeler, gelecekte kesinlikle tekrar edilemeyecektir, çünkü en önemli etken tek başına katalizör olmayacak, ateşleme zamanı ve optimum ateşleme avansı önemli bir etken olacaktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 8.5 Sertifikalı araçların 6 grubu için standartlaştırılmış yakıt ekonomileri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

EPA'dan başka kişi ve kuruluşlar tarafından uygulanan bir takım testler, araç performansındaki özellikle de yakıt ekonomisi ile ilgili meyilleri bulmak için yapılmıştır. Du Pont , 6 büyük model (full – sized) Amerikan aracı ile yaptığı testi rapor etmiştir. Bu araçlar 1970 ile model devamlılığı sağlanabilmesi için seçilmiştir ve araçlardan sadece biri bir motor değişikliğine ihtiyaç duymuştur. Araçlar birkaç farklı pistte performans ve yakıt ekonomisi için test edilmişlerdir. (hızlanma zamanı 0 - 60 mil / h, EPA şehirdışı ve otoban testi, Du Pont şehir-şehir dışı testi) Ağırlık ve aks oranı farklılıkları için düzeltme yapınca, hızlanma zamanlarının 1970 temel araçları ile karşılaştırılınca 1975 araçlarının % 20'lik bir artış gösterdikleri görülmüştür. Yakıt ekonomisi aynı zaman diliminde % 8 - 10'luk bir kayıp yaşamıştır. Bu Du Pont'un belirttiği gibi, o zaman içerisinde 1.5 sıkıştırma oranı kaybı için tahmin edilene yakındır. Aynı zamanda eğer performans devamlılığı sağlanırsa, yakıt ekonomisi kaybının belirgince daha da kötü olacağını belirtmişlerdir. Du Pont onları 1975 yılı bilgilerinin 1974'e göre yakıt ekonomisinde % 2 - 5'lik bir iyileşmeyi gösterdiği yorumunu yapmaktadır. Ama bu artma EPA tarafından sadece sistemlerdeki değişikliklere atfedilen %11.5'lik iyileşmeden küçüktür. Bu bilgiler başka bir açıdan bir uyumsuzluk içerisindedir. EPA 1970'den 1975'e kadar %7'lik bir yakıt ekonomisi kazancını rapor etmektedir ve ağırlık ve aks oranı düzeltmelerinin bunu Du Pont tarafından bulunan % 8'lik kayba dönüştürmek için yeterli olacağı şüphelidir. EPA

bilgilerinin temelini çok fazla geniş olduğu ve bu farklılıklarında daha az koordineli bilginin istatistikî analizi ile daima sınırlı sayıda verilen araç modeli seçmeyi gerektiren deneylerden elde edilen sonuçları bağdaştırma zorluğuna işaret ettiği itiraf edilmelidir.

Daha önceki bir raporda Du Pont biri kendisinin diğer Ford, Chrysler ve EPA'dan 4 ayrı çalışmayı 1968 ve 1973 arası yılları temsilen büyük model (full - sized) araçlar için bulunan yakıt tüketimindeki % 25'lik artışı pay etmek için bir araya getirmeyi denemiştir. Bu artışın % 7'si ağırlık artışlarına, % 3'ü artmış motor büyüklüğüne, % 8'i azaltılmış sıkıştırma oranına ve % 9'u diğer emisyon kontrol ölçmelerine atfedilebilir. Ford'dan LaPointe'nin hazırladığı rapor, bu paylaşımın uyumluluğunu gösterir. 1967-1973 yılları arasındaki 8 araçlık grubun çalışması ve bu yıllar için satış ağırlıklı bilginin analizi ile LaPointe yakıt ekonomisinde %22'lik bir kaybın olduğunu ve bunun %13-14'ünün egzost emisyonlarını azaltmak için alınan önlemlere ve kalanın da araç ağırlığına ve motor hacmi artışlarına bağlanabileceğini göstermiştir. İlginç bir şekilde LaPointe 1969 için yakıt ekonomisindeki küçük bir artışı belirtir. Bu yılda nispeten vasat, orta derecedeki CO ve HC standartları kullanılmaktadır ve karbüratör ayarlamaları zayıf karışımları vermek için yapılmaktadır. O ayrıca 1973'te NO_x'in kontrolüne başlanmasının yakıt ekonomisinde daha önce hiç görülmemiş derecede kayba sebep olduğunu belirtmiştir. LaPointe emisyon kontrolü ile ilgili düşen sıkıştırma oranlarından kaynaklanan kayıpları da sınıflara ayırmıştır. Azalma 1967'de % 9.3'ten 1973'te % 8.3'e dir ve bu teorik olarak sabit performansta % 6-8'lik yakıt ekonomisi kaybı ya da performansın azalmasına izin verildiği taktirdé % 4-5'lik yakıt ekonomisi kaybına neden olmaktadır.

Bu meselenin önemli ama gizli kalmış diğer yönünü açığa çıkarmaktadır. Çünkü Ford'un küçük araç grupları çalışmaları ya da EPA'nın yıllık büyük miktarlarda yeni ve süratli araç araştırmaları, araç performansı üzerine yapılmamıştır. Du Pont'un çalışması olayın sadece bir yönünü gözlemler; yani tam gaz hızlanmaları ve bu 1970 ile karşılaştırıldığında 1975 için % 20-24 kötüleşmiştir. Hatta bu 1974 ile karşılaştırılırsa % 9-11'dir. Ancak bu ne sadece performansın bir boyutu ne de müşteri açısından en önemlisidir. Sürülebilirlik, aracın sürücünün isteklerine cevap vermesinin bir ölçümüdür ve özellikle araç

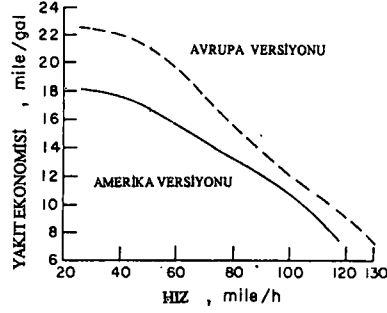
çalışmasında soğuk başlama ve ısınan parçalarının etkisi ile sürülebilirlik son birkaç yılda bozulmuştur. Bu zenginleştirmenin daha önce olmadığından çok azaltılmasına, aşırı, soğuk başlangıç CO emisyonunu engelleme ihtiyacına ve NO_x kontrolü için EGR sistemlerinin ortaya çıkmasına bağlanabilir. Endüstride egzostla ısıtılmış erken yakıt buharlaşması (EFE) sistemleri ile ve yüksek uçucu yakıtlarla deneyler yapılmıştır. EGR sistemleri iyileştikçe, karbürasyon ve ateşleme avansı motor ihtiyacına daha iyi ayarlandıkça, sürülebilirlik biraz iyileşecektir. Yine de performans üzerindeki bir kısıtlama bir gerçektir ve daha iyi emisyonları ve yakıt ekonomisini elde etmek için fiyat dengelenmesinin diğer önemli boyutudur.

8.2.2 Avrupa deneyimi

Avrupa pazarı için ayarlanmış ve Avrupa emisyon standartlarına uyan araçlar için, meyiller ve yakıt ekonomisini etkileyen faktörler hakkında ki kanuni standartlar, birçok Avrupa ülkesinde nasıl yavaş yavaş sertleştirildiğini gösterir. Japonya standartlarının da oldukça sertleştirileceğinin planlandığı da tablodan görülebilir.

Daimler-Benz 1975'te Avrupa pazarı için ürettiği ama 1975'te Amerika pazarı için üzerinde değişiklik yaptığı Mercedes V8 motoru için ilginç bir karşılaştırma yapmıştır. 4.5 l motorun Avrupa versiyonu SAE tarafından belirlenen 4750 dev / dak'da 215 net hp (160 kw)'lik güce sahipken, Amerika versiyonu 180 SAE net hp (134 kw)'lik güce sahiptir. %16'lık güç kaybı yanma odası sönüm bölgesindeki değişikliklere, düşük sübap bindirmesi, katalizör bulunması sebebi ile ortaya çıkan artan egzost geri dönüş basıncı (düşük volumetrik verim meydana getirir.) ve sıkıştırma oranında (91RON kurşunsuz benzinin sabit hız yol yükünde yakıt ekonomisini sağlayan) 8.8'den 8.0'a bir azalmaya bağlanabilir. Emisyon kontrolü amaçlı diğer düzenlemeler uygun EGR kullanımı, distribütörde çift tesirli diyafram kullanımı ile iyileştirilmiş ateşleme zamanı ve motor soğukken katalizöre soğuk hava enjeksiyonunun önlenmesidir. Şekil 8.6 sabit hız, yol yükü halinde Amerika versiyonunda yakıt ekonomisinin tüm hızlarda, ama düşük hızlarda nasıl daha belirgin olarak azaldığını gösterir. Peryodik sürme koşullarında fark % 8 ile % 13 arası değişir. 4000 dev / dak'da motor veriminin ölçümü bununla oldukça uyumludur. Avrupa versiyonu için % 29 olan verim, Amerika versiyonu için % 26'ya düşer ki % 3'lük

düşmenin egzosttaki artan ısı kaybından kaynaklandığı belirlenmiştir. Tüm çabalara rağmen yakıt ekonomisinde düşme görülmüştür.



ŞEKİL 8.6 4.5 l' lik motorlarda sabit hızda, yol - yük yakıt ekonomisi
1 mil / US gal = 0.425 km / l , (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

8.3 Sadece Egzost Emisyon Kontrol Önlemlerinin Yakıt Ekonomisi Üzerinde Etkisi

Detaylı olarak ele alınca emisyon kontrolü şu anda dört farklı kirleticinin kontrolünü gerektirir ve bir kirleticiyi kontrol etme önlemleri, diğerlerini kontrol etmeyebilir ve motorun yakıt ekonomisi, performans gibi diğer değişkenleri üzerinde etki sahibi olurken artışlara da sebep olabilir. Bu konunun oldukça karışık olan halini daha açık hale getirmek için önce kirleticileri sıralayacağız, ve sonra yaygın kontrol metodlarını maliyetleri ve yakıt ekonomisi ile diğer performans değişkenleri üzerindeki sonuçları ile ele alacağız.

8.3.1 Egzost kirleticileri

8.3.1.1 Kurşun

Birçok hükümet, araç egzost gazından yayılan kurşunun gerçek bir tehlike oluşturması sebebi ile benzinde kullanılan kurşun miktarını kontrol edecek kısıtlamaları yürürlüğe koymuştur. Yakınlarda Avrupa Topluluğu normal benzinlerde 0.15 g / l'lık bir kısıtlama getirmeye karar vermiştir. Araçların yakıt ekonomileri için bu değişikliğin sonuçları galon başına mil hesabı açısından fazla olmayacaktır; ama rafineride maliyet ve enerji fiyatı açısından önemli etkileri olacaktır. Bu emisyon kazançları ham petrol kaybı olmaksızın ortaya çıkmaz ve rafineri terimleri ile bu kayıp, kısa vade de % 4 ve uzun vade de

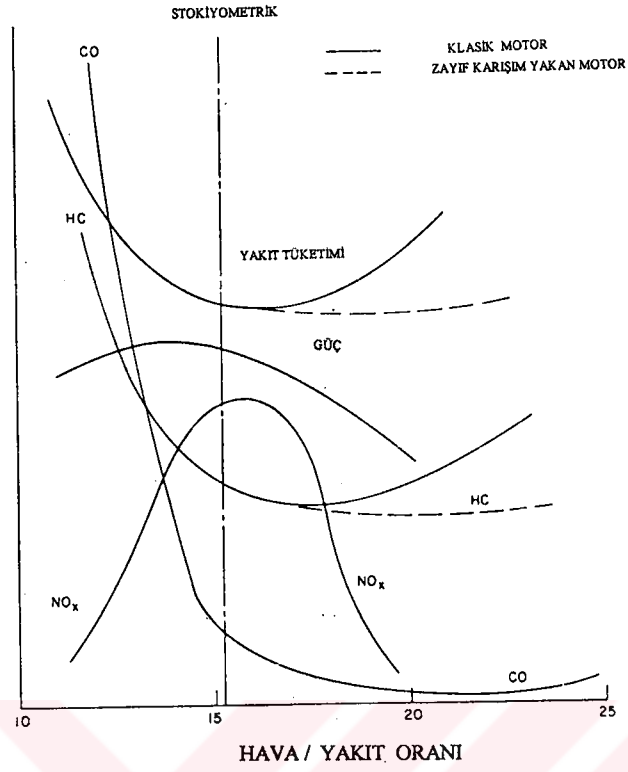
%1.3'tür. Eğer 0.15 g / l'lik bir kurşun azaltımı yapılırsa maliyet rakamları aşağı yukarı 3 kat artacaktır.

Amerika'da sadece bir tip benzinde (91 RON) kanuni olarak kurşunsuz yakıt kullanımı zorunludur. Bu suretle onlar kurşunun tehlikeleri ile ilgili tıbbi soruları bir kenara bırakıp CO ve HC emisyonlarının kontrolü üzerinde dururlar. Yavaş yavaş katalizörlü araçlar pazara girdikçe, kurşunsuz benzin kullanımı oran olarak artacaktır ve benzindeki toplam kurşun miktarı diğer tip benzinlerde de kanuni kısıtlamaların getirilmesi ile azalacaktır. Tüm bunların enerji bedeli iki kat olacaktır. Rafineride 91 RON / 83 motor oktan sayılı (MON) kurşunsuz benzin yapmak enerji kaybı, %1'den az bir maliyet artışına neden olacaktır ve tüketiciye de galon başına 2 cent daha fazlasına mal olacaktır. Araçların düşük oktan sayılarına ayarlanması için 8:1 sıkıştırma oranlı araçlar onların 9.5:1'lik selefleri ile karşılaştırılınca yakıt ekonomisinde % 6'lık bir kaybı yaşayacaklardır. Bu benzinin oktan kalitesinin toplam yakıt tüketimini nasıl etkilediğini gösterir.

Bir başka ilgi gören metod kurşun tutucudur. Bu aletin kullanımının yakıt ekonomisi üzerindeki sonuçları çok düşüktür ama rafineri açısından daha çok tercih edilirler.

8.3.1.2 Karbonmonoksit

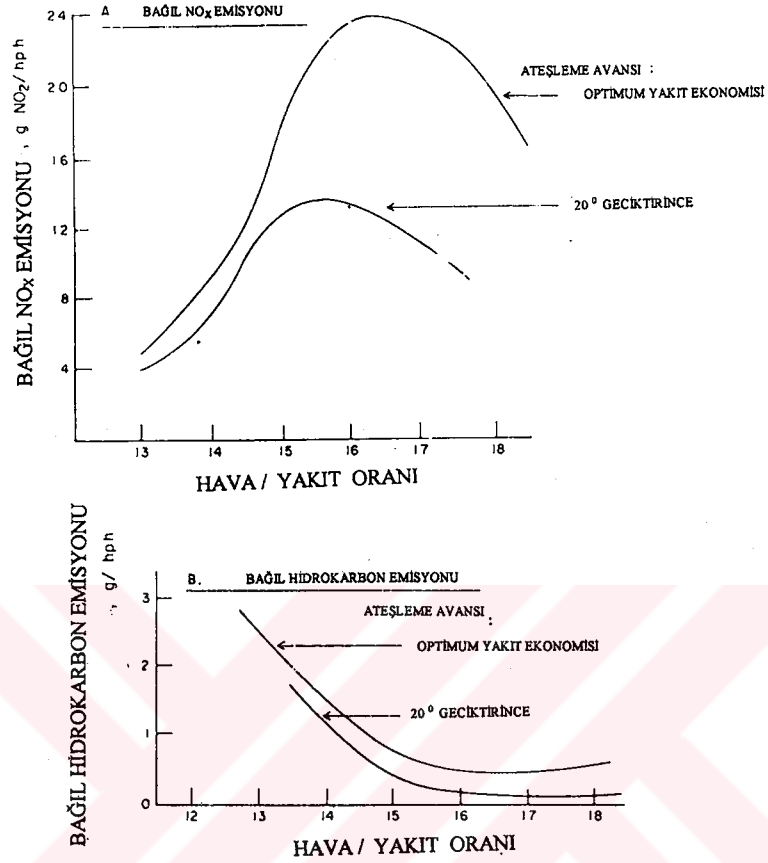
Bu kirleticinin yayılması önemli ölçüde motorda, karbüratörce ölçülen hava / yakıt oranına bağlıdır. (Şekil 8.7) Bunu kontrol etme önlemleri, daha zayıf hava / yakıt oranlarını gerektirir ve böylece buna müsaade eden motor dizayn özellikleri, en ciddi inceleme konusu olmaktadır. Bu özellikle de bu önlemlerin yakıt ekonomisi kazancına sebep olmalarından dolayıdır. Yanma sonrasındaki etkin önlemlerden biri de termal olarak ya da katalitik olarak egzost portunda reaktöre (kimyasal reaksiyon bölgesine), alev akıntı yönünde hava enjeksiyonudur, ama motordaki karışımın zenginliği ve ekstra güce, yakıt ekonomisi kaybına katkıda bulunan, hava pompasının çalıştırılmasında ihtiyaç duyulur.



ŞEKİL 8.7 Tipik motor emisyonları ve performanslarının hava / yakıt oranı ile nispi ilişkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

8.3.1.3 Hidrokarbonlar

HC emisyonları hava-yakıt oranına ve ateşleme gecikmesinin derecesine bağlıdır. Bu kontrolün kullanılması oldukça kolaydır ama yakıt ekonomisine çok zararlıdır.



ŞEKİL 8.8 Hava / yakıt oranı ve ateşleme avansına göre, özgül NO_x ve HC emisyonlarının değişimleri, (1 g / hp h = 0.372 g / MJ)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979).

8.3.1.4 Nitrojen oksitler

NO_x emisyonları oldukça kompleksler. İlk önce artan hava / yakıt oranı ile artarlar ama daha yüksek değerlerde düşerler. Ayrıca, ateşleme gecikmelerine karşı hassastırlar ve oldukça fazla biçimde, HC emisyonlarına benzer şekilde azalmaktadır. (Şekil 8.8) Gaz keleşliği pozisyonunda ciddi şekilde bağıdırlar. Ateşleme geciktirilmesinden başka NO_x kontrolü için kullanılan yaygın bir önlem, NO_x emisyonunu, aşağı yukarı yarıya düşüren EGR'dir. Bununla birlikte, basit EGR'nin kullanımı yakıt ekonomisinde ve aynı zamanda HC emisyonunda EGR ölçüm sisteminin çok iyi olmaması ve hafif yük şartlarında çok fazla egzost gazı vermesi sebebi ile kayıplara sebep olur. Sürülebilirlik problemlerini ve HC emisyonlarını düzeltmek için karbürasyon zenginleştirilir ve ateşleme geciktirilir.

İyileştirilmiş uygun egzost gazı resirkülasyonu (PEGR) sistemi geliştirilmiştir ve bu sistem tahminlere göre yakıt ekonomisi kayıplarının olmadığı durum olan karbürasyon ve ateşleme ayarlarının değişmemesini sağlar. Yine de, güçlü EGR yanmanın limiti üzerinde bir kısıtlama getirir ve böylece çok düşük NO_x seviyeleri yakıt ekonomisi kaybı olmadan bu şekilde elde edilemez. Daha kuvvetli kontrol katalizör kullanımını gerektirir ama katalizörün kimyasal olarak NO_x'i nitrojene indirgemesi gerekmektedir. Böylece bu katalizörlerin, CO / HC oksidasyon katalizörleri ile uyum sağlaması için çok karmaşık bir durum ortaya çıkacaktır.

8.3.1.5 Sülfat sülfürler

Amerika'da oksidasyon katalizörlerinin kullanımı diğer bir kirleticinin ortaya çıkmasına neden olmuştur; sülfatlar. Bu benzindeki sülfürün bunun yanmasının normal ürünü CO₂'nin dışında katalizörler tarafından SO₃ ve sonra sülfürik aside ya da sülfata dönüştürülmesi ile ortaya çıkar. Bu kirletici ile alakalı katalitik sistem davranışları üzerinde bilgi toplanmaktadır ama ölçüm oldukça zordur. Bu kirleticinin, eğer katalizör sistemlerinin uygun modifikasyonu ile kontrol edilmezse katalizörlerin devam eden kullanımına karşı bir tehlike oluşturacağı bilinmektedir. Katalizör sistemlerinin kullanımının sağladığı yakıt ekonomisi kazançları sebebi ile kanuni kontrol, araç motoru yakıt ekonomisine dolaysız olarak ciddi bir tehdit oluşturur. Eğer alternatif yol enerji açısından pahalı hidrodisülfirizasyon işlemi ile rafineride benzindeki sülfürün kontrolü için seçilirse ham petrol ekonomisine karşı daha ciddi bir tehlike ortaya çıkacaktır. Örneğin Amerika'da benzindeki sülfürü 100 ppm'ye düşürmenin maliyeti $\$(2-4) \times 10^9$ olacaktır ve 4-6 yıl müddet gerektirecektir. Bu %1'lik enerji maliyeti gerektirir ve bu 1 galon benzin fiyatını, 1-2 cent arttıracaktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

8.3.2 Egzost emisyon kontrol sistemleri

Bu alanda detaylı bir araştırma yapmak, belirli periyotlarda yakıt ekonomisi ve emisyon kontrolünde emisyon kontrol sistemlerinin etkinliğinin ve sonuçlarının tek tek değerlendirilmesi gerektiği için, oldukça zordur. Ama Tablo 8.2 durumu yaklaşık olarak özetlemektedir. Bu tablo teknolojik gelişmeleri de inceler. Ana tema, ne isterseniz o kadar alacağınızdır ve eğer bu çok düşük emisyonlar ve çok iyileştirilmiş ekonomi ise, çok daha

fazla masraf edilmelidir. Tablodan aşağı inildikçe daha g¼c¼l¼ ve pahalı sistemlerin değerlendirilmesi, tabloda yukarıda bahsedilen bazı ya da t¼m k¼c¼k sistemlerin dahil edilmesi gerektiği için oldukça zordur. PROCOC (Ford programlı yanma sistemi) bunun iyi bir ¼rneđidir. ¼nk¼ bu sistem elektronik yakıt enjeksiyonu (EFI) oksidasyon kataliz¼rleri (OCATs) ve EGR'yi ihtiva eder. Texaco sistemi ise turboşarj kullanır ve egzost gazını tekrar kullandığı için multi (oklu) yakıt kabiliyeti (multi – fuel capability) g¼sterir.

Zayıf yanma sistemi, zayıf karışımların ve daha iyi karışım hazırlamanın kullanımını, ateşleme avansının elektronik kontrol¼ (ESA) ile birleştirir. ESA'ya verilen g¼c¼ olarak evre hava ve soğutucu sıcaklıkları, gaz kelebeği pozisyonu ve gaz kelebeği pozisyonundaki değişiklik oranı sayılabilir. Bu elektronik kontrol aletlerinden, Jikle, yakıt ¼l¼m¼, EGR ve transmisyonla kullanımda da yararlanılmaktadır.

Egzost emisyon kontrol sistemi maliyetleri, yaklaşık birleşik fiyatı 4 silindirli bir araç için \$50'dır. (Buhar kayıp sistemi ihmal edilmiştir.) Bu fiyat üretici ve alıcı için ¼zellikle yakıt ekonomisinde ciddi bir kazanç bu değişiklere eşlik edecekse aynı derecede ¼nemlidir. Eğer ki motor ve karbürat¼r¼n dikkatli dizaynı ile CO ve HC emisyonlarını hava pompasız olarak kontrol edebilme yolları bulunursa bu artan fiyat yarıya indirilebilir ve yakıt ekonomisi de daha da iyileştirilebilir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Tablo 8.2 Çeşitli emisyon kontrol sistemi etkinlikleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Kontrol sistemi	Açıklama	Emisyonda azalma			Yakıt ekonomisi kazancı	Değişik donanımlarda yaklaşık maliyet artışı
		CO	HC	NO _x		
(1) Karışım hazırlama yardımcıları -Karbüratörü geliştirmek Hava sıcaklığı kontrolü Sonik karbüratörlerde Petrol injeksiyonu -elektronik -mekanik+ geri besleme O ₂ sensörü Buharlaştırma - kısmi - toplam	Değişken multi-ventüri memesi, çevre şartları kontrolü	S	S	S	S	S
	Dresseratör, Ford	S	S	0	S	VS
	Üç yollu katalizör kullanılarak	S	S	M	S	S
	stokiyometrik kontrol	S	S	S	S	M
	EFE,ısı kontrol sübap kanalı	S	S	S	S	S
	Vapı	S	S	0	0	L
			S	S	0	S
		M	M	M	M	M
(2) Egzost gaz resirkülasyonu						
Basit EGR		0	M	M	M	S
Orantılı EGR		0	S	M	0	S
(3) Yanma değişiklikleri						
Ateşleme zamanı gecikmesi	Vakum gecikmesi,ateşleme ilerlemesini kontrol sistemi	S	M	M	M	S
İlerlemiş ateşleme sistemi	Yüksek enerji ateşlemesi, dayanıklı lean-burn sistemi ile kullanılır	S	S	S	S	S
Sıkıştırma oranı arttırdığında		0	S	S	M	S
Yanma odası dizaynı		S	S	S	S	S
(4) Egzost bakımı						
Ateşleme manifoldu+hava pompası	HC,CO	S	S	0	S	S
Termal reaktör+hava pompası	HC,CO	M	M	0	M	M
Oksidasyon katalizörü+hava pompası	HC,CO	L	L	0	M	L
Katalizör azaltımı	NO _x	0	0	L	S	L
Çift katalizör	HC,CO,NO _x	L	L	L	0	VL
Üç yollu katalizör	HC,CO,NO _x	L	L	L	0	VVL
Alternatif içten yanmalı motor dizaynı						
Kademeli şarj - Tork ateşleme	Honda (CVCC) -Ekonomi	L	M	M	S	L
-Açık odalı	- Düşük NO _x	L	M	L	M	VL
+Oksidasyon katalizörü + EGR.	Texaco (TCCS) -Ekonomi	L	L	M	L	VL
	- Düşük NO _x	L	L	L	0	VL
Diesel		L	L	M	L	L
Rotary	Normal	0	M	M	M	S
	+Termal reaktör	M	M	M	M	M
	+lean karbürasyon ve EGR	M	M	M	0	L

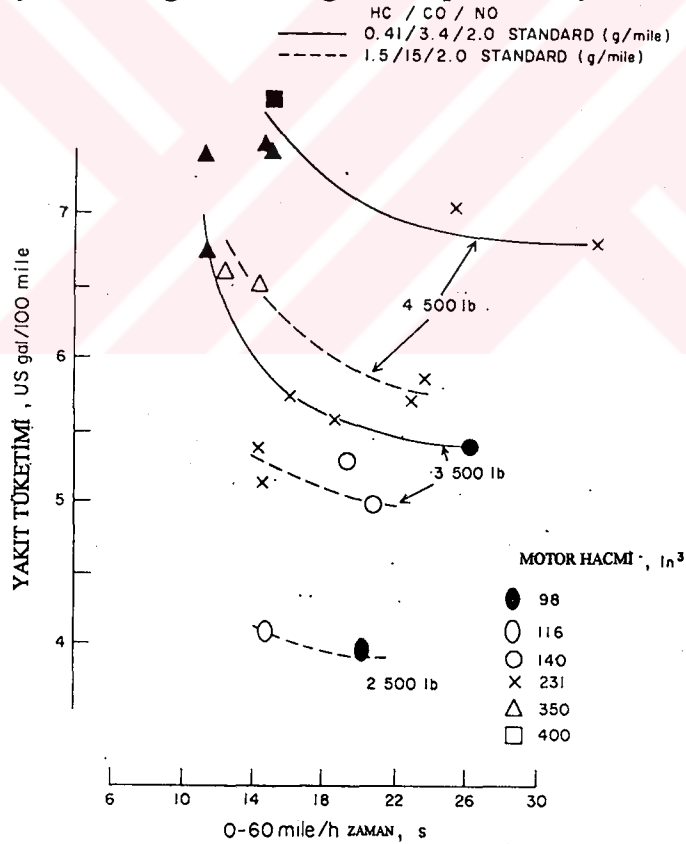
S = Düşük etkili

M = Orta etkili

L = Yüksek etkili

V = Yüksek

Eğer bir aracın yakıt ekonomisinin ne kadarının konulan egzost emisyonları seviyesi ile ilgili olduğu sorusu ele alınırsa, motor üreticilerinin iki boyuttan fazla bir takım kısıtlamalarla çalıştıklarını görürüz. General Motors'un yayınladığı rapor araç ağırlığı ve motor hacmi gibi birtakım faktörleri bir araya getirir. Şekil 8.9 yakıt tüketimi-aracın performans eğrilerini farklı araç ağırlıkları ve 2 emisyon seviyesi için gösterir. Bu şekil açıkça daha sıkı emisyon kontrolünün konulması ile daha kötü yakıt tüketimi olacağını gösterir. Araç performans eğrisini, motor büyüklüğünü büyük oranda düşürmekle ve yakıt ekonomisinin sabit tutulabileceği yeterli performansı sağlamak suretiyle yakıt tüketimi azaltılabilir. Böyle bir motorlu aracı almayı müşterinin isteyip istemeyeceği karanlık bir noktadır. Ortaya çıkan emisyon seviyeleri ve yakıt ekonomisi arasında oldukça ilginç ilişkiler vardır. Marks ve Niepoth'e göre sadece termal bir reaktörden oluşan emisyon kontrol teknolojisi için sıkıştırma oranındaki bir artma yakıt ekonomisinde beklenen artışı sağlamaz. Çünkü bu termal reaktör sıcaklığı reaktörün daha verimli bir şekilde çalışacağı sıcaklığa inmesi için azalan egzost sıcaklığına sebep olan sıkıştırma oranı artışıdır.



ŞEKİL 8.9 İki farklı emisyon seviyesindeki farklı ağırlık ve motor büyüklüğündeki araçlar için hızlanma performansı ile yakıt tüketiminin değişimleri
 (1 US gal / 100 mil = 2.352 l / 100 km ; 60 mil / h = 96.5 km / h ; 1 in³ = 0.0164 l ;
 1 lb = 0.454 kg), (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Sıcaklığı tekrar eski haline getirmenin tek yolu ateşlemeyi geciktirmektir, bu hemen artan sıkıştırma oranının yararlı yakıt ekonomisi etkisini ortadan kaldırır. Örnek olarak bu açıkça gösterir ki emisyon kontrol teknolojisi, normal motor ilişkilerini etkiler ve 2 sonucu ortaya çıkarır: ilk olarak yeni teknolojilere ihtiyaç vardır, ikinci olarak artık ömrünü tamamlamış pratik kurallar dikkat, kontrol ve deneyden mahrum olarak, motor teknolojisinin yeni çağında kullanılmamalıdır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

8.4 Sonuçlar

1- Aşağıdaki genel ve pratik ilişkilerden bahsedilebilir:

(i) Verilen bir teknoloji ve performans seviyesi için, yakıt ekonomisi ve emisyon seviyesi arasında ters bir ilişki vardır ve bu emisyon kontrolü için sergilenen katılık arttıkça daha da belirginleşir. (özellikle de NO_x emisyonları ile ilgili olarak.)

(ii) Verilen bir emisyon seviyesi ve performans seviyesi için motor ve onun kontrol sisteminin teknolojik karmaşıklığı ve yakıt ekonomisi arasında güçlü pozitif bir ilişkide vardır ve bu endüstri yıllar içerisinde yeni iyileştirmeler ve buluşlar yaptıkça daha da belirgin olur.

(iii) Verilen bir emisyon seviyesi ve teknoloji için yakıt ekonomisi ve performans arasında bir dengeleme ilişkisi de vardır.

2- Motor kinetik ve yüzey kimyası gibi birtakım kısıtlamalara maruz olsa da motor verimi ve egzost emisyonları arasında genel termodinamik bir bağ yoktur. Termodinamik ideale ne kadar yaklaşılacağı açık değildir ve sürekli deneysel çalışmalarla bu açıklanabilir.

3- Avrupa'da yakın gelecekte 2 etki göze çarpar bir hale gelecektir.

(i) Benzindeki azalan kurşun içeriğinin dolaysız bir sonucu olarak toplam verimde bir kayıp olabilir. Eğer benzin oktan kalitesi sabit tutulursa, bu verim kaybı rafineri

gerçekleşir; eğer oktan kalitesi düşerse, bu kayıp azalan sıkıştırma oranı sebebi ile araçta gerçekleşecektir.

(ii) NO_x kontrolünün şu anki seviyesinde sabit kalması müddetince nispi olarak orta derecedeki CO ve HC kontrollerinin konulması sebebi ile yakıt ekonomisinde muhtemelen küçük bir kayıp olacaktır.

4-Uzak gelecekte Avrupa'da daha sıkı CO, HC ve NO_x kontrolleri işleme konulursa yakıt ekonomisinde, motor endüstrisi, uygun teknolojiyi geliştirmesi için yeterli müddete sahip oluncaya kadar, yakıt ekonomisinde bozulmalar olabilir.

5- Amerika ve Japonya'da teklif edildiği gibi oldukça sıkı emisyon kontrolleri gerçekleştiğinde oldukça farklı bir motor, bu limitleri karşılamak ve iyi yakıt ekonomisini korumak için tek yoldur. Maalesef ki NO_x emisyon seviyesi kritik bir etkidir, çünkü 0.4 g/mil seviyesinde bu motor seçeneklerinin bazıları mümkün olmayabilir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

9. YAKIT EKONOMİSİNİN ÖLÇÜMÜ

9.1 Giriş

Benzin tüketimi üzerinde, yakıt ve yağ özelliklerinin etkisinin araştırılmasının yakıt tüketiminin uygun teknikleri üzerine dayandırılması gerektiği bilinen bir gerçektir. Bununla beraber, Amerika'nın dışında araçlarda yakıt tüketiminin gerçekçi değerlendirilmesi için geniş ölçüde kabul görmüş metodların olmadığı maalesef ki bir gerçektir ve Amerika 1973'ten beri dünyanın geri kalan kısmının bu konuda ilerisindedir.

Bu durumun gerçekçiliğine ve önemine motor üreticilerinin tanıtım materyallerinde yakıt tüketimi bilgisinin kullanımı şekli ile dikkat çekilmiştir. Var olan bilgiler, ölçme servislerinin toplam tüketim ya da sabit hızda ölçülen değerlerden yayınladıklarıdır. Toplam değer belirli bir aracın kullanım şekline çok bağlıdır ki normal yolda, sabit hız bilgisinin kullanımı tartışmalıdır. Bu tip bilgilerin yanlış kullanımı eleştirilmektedir, ama halihazırda herhangi bir tatminkar alternatif yoktur.

Tablo 9.1'de bir yolcu aracının (passenger car) yakıt tüketimini etkileyen faktörler listelenmiştir. Değerlendirmeye alınan değişkenler araç kullanımı ile ilgili olanlardır; yani araç ağırlığı, lastik tipi gibi, yakıt ve yağlayıcı etkileri, araç üreticisinin spesifikasyonlarını karşıladığı varsayılarak göz önünde bulundurulmamıştır. Tüm bu faktörlerin etkili olacağı açıktır ve bunların etkileri TRC'de trafiğe kapalı yol alanındaki basit bir testle gösterilmiştir. Bu testte ortalama hızı, durmaksızın 56'dan 100 km / h'a çıkarma halinde yakıt tüketimi 2 kat artmıştır. Kullanım değişkenlerinin ortaya çıkardığı ölçüm probleminin büyüklüğü yakıt ya da yağlayıcı özelliklerindeki farklılıkların potansiyel etkilerine karşı değerlendirilmiştir. Yakıt veya yağlayıcıların tüketim üzerindeki etkileri % 5'ten daha azdır.

Tablo 9.1 Yakıt tüketimini etkileyen araç kullanım faktörleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Kullanılan yol	Şehir yolu, şehir dışı yollar, anayol, motoryolu
Trafik şartları	Yol yoğunluk durumu
Sürüş biçimi	Ortalama hız, hızlanma ve yavaşlama oranı, jikle kullanımı
Çevre şartları	Sıcaklık, rüzgar, yağmur

Tüketimin en kesin ölçümünün Tablo 9.1’de belirtilen durumların çok yakından kontrol edilmesi halinde elde edilebileceği açıktır. Ancak bu ölçümler, pratik araç çalışmasından uzak olduğu bir duruma sebep olabilir; gerçekten de kontrolün derecesi ile ölçümün uygunluğu arasında potansiyel bir çatışma, uyumsuzluk vardır. Tüketim ölçümü için ele alınacak test türleri şunlardır:

- a) Kontrolsüz yol testleri
- b) Kontrollü yol testleri
- c) Yolda periyodik (pist) testler (pist sabit hız testleri dahil)
- d) Şasi dinamometresi üzerinde periyodik testler (pist sabit hız testleri dahil)
- e) Tezgah motor testleri

9.2 Kontrolsüz Yol Testlerinde Ölçüm

Kontrolsüz bir yol testi, Tablo 9.1’de verilen kullanım değişkenlerinin hiç birinin kontrol edilmediği testtir. Araç seçimi, onun bakımı ve kullanılan yakıt belirtilebilir, ama sürme şekli ve sürme alışkanlığı gibi normal yol kullanımında etkili olan değişkenler belirtilmez.

Bu yakıt tüketiminin pazar için en önemli etken olmasına rağmen, ölçümün en zor olduğu testtir. Büyük ölçüdeki bir mesafede yakıt tüketim miktarını ölçmek zor değildir ve kenar pompasının (kerbside pump) ölçüm doğruluğu bu amaç için yeterlidir. Odometrenin

(kilometre sayacı) ayarlama hataları, ciddi bir problemdir ve özel olarak ayarlanmış bir alet kullanmak ya da en azından araca bağlı aleti ayarlamak tercihen daha iyidir.

9.2.1 Tekrar üretilebilirlik (Tekrarlanabilirlik)

Bu tip testlerdeki en önemli problemler, kullanım değişkenleri üzerindeki kontrolün eksikliğinden kaynaklanır. Bu TRC'nin farklı işçilere ait 8 çift'lik bir araba grubu üzerinde yaptıkları yakıt tüketim ölçümleri ile gösterilebilir. Yakıt tüketimi 6000 mil'lik aralıklarda belirlenmiştir ve mil toplamı, yılda en az 12000 mildir. Araba çiftlerinin tüketimindeki farklılıklar % 0.3 ile 15.1 arasında ortalama % 7.0 olmuştur.

6 adet 3 tip araçla yapılan başka bir testte bir model için yakıt tüketimi dağılımı % 11 ile % 32 arasında değişmiştir. Bu testte tüketim 10000 mil üzerinde ölçülmüştür. Sürüş şekli ve sürme alışkanlığından kaynaklanan bir araca ait farklılıklar 6 araçlık örnekte çiftler halindeki örnekten çok daha fazla olmuştur. Bu kontrolsüz bir testte geçerlidir ve yakıt tüketiminin uç noktalarını gösteren sürme şekli ve sürüş alışkanlığının kombinasyonlarının ihtimali ile ilgilidir. Aynı araç, sürücü ve yakıtla tekrar yapılan testlerdeki farklılıklar % 1.7 ile 14.4 arasında ortalama % 5.2 olmuştur.

Belirli bir araç için bir sürücünün kullanım şeklindeki değişikliklere ek olarak tekrar üretilebilirliği (tekrarlanabilirliği) etkileyen 2 faktör daha vardır; nispeten uzun bir zaman periyodunda motor durumundaki bozulma ve test periyodları sırasında ortalama çevre hava şartlarındaki farklılıklar, İkinci faktör kısa ya da uzun ölçme periyodları kullanılarak en aza indirgenebilir; ama kısa bir periyod yanlış sonuçlar verir ve uzun bir periyodda aşınma faktörünü artırır.

9.2.2 Yakıt sağlanması

Kontrolsüz bir testte önemli bir sonuç elde etmek için gerekli test süresinin en az 1000 mil yol alındığında sağlanacağı düşünülmektedir. Bu mesafede yakıt tüketim miktarı (33 gal (150 l)) özel yakıt karışımları kullanıldığında maliyet ve bu tip yakıtı bulma

problemleri meydana getirilebilir. Çok sayıda araçla daha uzun mesafelerde yapılan kontrolsüz testlerde tüketilen oldukça fazla miktarda yakıt, eğer aynı özellikte, yakıtlar hazırlanması gerekirse kontrol kalitesinde problemlere yol açabilir.

9.2.3 Maliyet

Yakıt (veya yağ) testlerinde, önemli sonuçlar elde etmenin zorluğunu testin tekrarlanabilirliği ve araç sayısı çokluğu arasındaki ilişki, daha da arttırmıştır. Örneklerin % 7.5'lik standart sapması ile 46.8 l ve 182 araçlık filolar sırası ile % 4, % 3 ve % 2'lik ekonomi farkını meydana getirmek için gereklidir. Böylesine bir testin maliyeti ve zamanı; bu tip bir testi sonuçların normal araç kullanımı ile direkt ilgili olacak olmasına ve bunun halk tarafından kabul göreceğ olmasına rağmen, çekici kılmaz.

9.2.4 Doğruluk

Kontrolsüz bir testte, yakıt tüketimi ölçümünün doğruluğu, günlük analiz cihazı ile oldukça artırılabilir. Bu alet TRC'de geliştirilmiştir ve motor devrini ve emme manifoldunca belirlenen motor yükü çalışması bant zamanını kaydeder ve testin normal sürüş şekline yaklaşmasını sağlar. Bu aletle aynı yakıtla bir aracın, 24 tamamen ısınmış halde, yolculuk için yakıtın ölçülmüş tüketimi kaydedilen seyahat bilgisi ile % 2.2'lik standart hata payı ile ilişkilendirilmiştir. Test yolculuklarındaki rotalar ortama 5.9 km / h'lık sıkışık şehiriçi rotalardan ortalama 129 km / h'lık yüksek hızlı otopan rotalarına farklılıklar göstermiştir. Yakıt ekonomisi de 10.3 ile 36.5 mil/gal (27.4 ile 7.74 l / 100 km) arasında değişmektedir.

Ancak, günlük analiz cihazı, jikle kullanımını gerektiren soğuk başlangıç yolculuklarında kullanılamaz. Daha ciddi bir eksiklik ise, bu aletin tüketim üzerinde yakıt etkilerinin tanımlanması için özgül ağırlık ve uçuculuk gibi benzin kalitesinin normalleştirme işleminde açık olarak kullanılan manifold vakumu ve motor yükü arasındaki ilişkiyi değiştirebileceği için uygun değildir. Böylece manifold vakumu, farklı yakıtlar

kullanıldığında motor yükünün tek tanımlayıcısı olmaktan çıkar. Motor dönme momentinin (torkunun) ölçümü bu şekilde daha güvenilir olacaktır.

9.3 Kontrollü Yol Testlerinde Ölçüm

Kontrollü bir test Tablo 9.1'deki değişkenlerden bir ya da birkaçının sabit tutulduğu testlerdir. Kontrolün derecesi belirli bir zaman periyodundaki benzer rotalarda sürülen araçlarla yapılan testlerden kesin olarak belirlenmiş rotalarda eşlenmiş araçların konvoy halinde sürüldüğü oldukça kontrollü testlere göre geniş farklılıklar gösterir.

İlk örnekte sürüş şekli üzerinde tüm araçların aynı rota ya da farklı ama benzer tipteki rotalarda sürülüp sürülmemelerine bağlı olarak orta derecede bir kontrol vardır. Sürüş alışkanlığı eğer araç-sürücü kombinasyonu bir sürücünün sürme alışkanlığının süreklilik gösterdiği noktaya kadar sabit ise kontrol edilecektir. Trafik şartlarındaki farklılıklar belirli bir zaman periyodunda belirli bir rotada yol sıkışıklığı sürekliliği derecesi tarafından belirlenir, trafik şartlarında oldukça fazla değişiklikler olacağı kaçınılmazdır. Çevre hava şartları kontrol edilemez ve farklılıklar sadece testin süresinin nispeten kısa bir periyoda indirilmesi ile en aza indirgenebilir. Hatta bu bile İngiltere'de olduğu gibi oldukça değişken hava şartlarında sürekliliği garanti etmez.

TRC'de yapılan bir çalışma, kısa ve uzun mesafelerde işçilerin araçlarının hafif kontrollü yol testlerinde kullanılmasının bir örneğidir. Uzun mesafe testleri herbir araç için aynı rotada uzun mesafe hafta sonu kullanımlarını ve kısa mesafe testleride her bir araç için aynı rotada işten eve ve evden işe sürmeyi kapsar. Uzun mesafe testleri 2 yaz ayı sürmüştür ve kısa olanlar ise 3 kış ayı sürmüştür. Yakıt tüketiminde % 2'lik bir farklılığın 400 km'lik mesafelerde olduğu gözlemlenmiştir. 20 km'den az kısa mesafe yolculuklarında tekrarlanabilirlik zayıftır ve toplam 200 km'lik Pazartesi-Cuma arası yapılan testlerde aşağı yukarı % 5'lik fark görülmüştür. Potansiyel yakıt etkileri ile ilgili bu tip kesinlikleri düşününce soğuk başlangıç kısa mesafe yolculuklarında ekonomiyi etkileyecek yakıt

uçuculuk etkilerini ölçmeye, uzun ve kısa mesafe yolculuklarının her ikisinde de ekonomiyi etkileyecek kütleli etkilerini ölçmekten daha çok ihtiyaç duyulacağı açıktır.

Aynı sürücü ile tek bir araçta yapılan daha kontrollü şartlardaki ölçümlerin tekrarlanabilirliği TRC tarafından, benzin, bütan ve sıvılaştırılmış doğalgazlı (LNG) için yakıt ekonomisindeki farklılıkları belirlemek için yapılmıştır. Araç iki sabit rotada, biri şehir içi diğeri şehirlerarası olmak üzere test edilmiştir. Standart hatalar, 1000 km'lik eşdeğer mesafeler için düzeltilmiştir ve bu Tablo 9.2'de verilmiştir.

Tüm yakıtlar için yakıt ekonomisinin ölçümünün, şehirler arasında olanı şehir içinden 2 kat daha doğru olduğu görülmüştür. Bu kısa şehir içi rotasında sürme şekli üzerindeki daha fazla kontrolden kaynaklanmaktadır.

Tablo 9.2 Aynı yol güzergahında tekrarlanabilir yakıt tüketim ölçüleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Rota	Yakıt	Yakıt tüketiminde birikimli (toplam) standart hata %'si
Şehirlerarası	Benzin	4.4
	Bütan	1.9
	LNG	1.9
Şehir içi	Benzin	2.2
	Bütan	0.95
	LNG	1.0

Her iki rotada da benzinle ortaya çıkan hata (sapma) gazlı yakıtlardan 2 kat daha fazladır. Kontrolsüz jiklerin karbüratör üzerindeki etkisinin, benzin üzerinde işlem yapan gaz pedalı pompası ve ağırlık yerine hacim ölçümü kullanılmasının benzinle yapılan çalışmalarda azalan tekrarlanabilirliğe etkide bulunduğu düşünülmüştür. Bu sonuçlar test kontrolünün artırılmasının sonucu kesinliğinin artması ile yakıt tüketimi ölçümünde ortaya çıkardığı problemlerden bazıları ortaya çıkarır. Ölçümlerin doğruluk derecesi arttıkça önemsiz gibi gözükken faktörler önemli hale gelir.

Oldukça kontrollü bir testte elde edilebilecek kesinliğin bir ölçüsü, kapalı yol testinde kısa bir denemeden elde edilen sonuçlarla verilmiştir. (TRC deney pisti) 3 araç kullanılmıştır ve araçlar 58 km / h'lık ortalama hızda pist çevresinde en yüksek viteste sürülmüştür. Yakıt tüketimi ayarlı bir Petrometa ile ve mesafe 5. bir tekerlekle ölçülmüştür. Araçlar üzerindeki testler birbirini takip eden bir sıra ile yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 9.3'te verilmiştir. Bu tip bir test pist testine bir sınırlama getirir, belirli bir pist çevresinde yapılan testte sürme şekli üzerinde pozitif bir kontrol yoktur. Kapalı bir pistten beklenilebileceği gibi takip edilen rotanın aynen tekrarının kolay olduğu için mesafe tekrarlanabilirliği iyidir. Tüketilen yakıtın tekrarlanabilirliği, motorun hacmini (size) yansıtır, tüketilen miktar arttıkça kesinlik de artar.

Kontrollü bir yol testinde sürücü ve araç pozisyonu değiştirilerek yapılan konvoy şeklindeki test en üst noktayı temsil eder. Bu teknik, aynı ya da farklı birkaç aracın Tablo 9.1'deki tüm faktörlerin aynı olduğu bir durumda karşılaştırılabilmesini sağlar. Ancak bu sadece bir tek test için geçerlidir, çünkü bazı şartların diğer bir zamanda tekrarlanması imkansızdır. Bu durum tekniğin sahip olduğu avantajı oldukça azaltır ve bu oldukça da pahalıdır.

Tablo 9.3 Kapalı yol testlerinde ortalama 58 km / h'da yolculuk mesafesi, yakıt harcamasının tekrarlanabilirliği
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç	Motor hacmi cm ³	Test sayısı	Standart sapma,% Mesafe Yakıt tüketimi	
Fiat 127	903	4	0.03	2.4
Chrysler Avenger	1600	8	0.1	1.5
Ford Consul	2500	4	0.08	0.93

Bu noktada ekonomi karşılaştırmalarının toplam araç çalışma şartlarının sıkı sıkıya belirleneceği koşullarda yapılıp yapılmaması gerektiğine karar verilmelidir. Örneğin konvoy tipi testlerde araç yol işleme şartları tüm araçlar için aynıdır ama sürücü merkezli birçok değişken ekonomiyi etkileyebilir. Vites değişim noktaları aynı olmayabilir ve ısınma sırasında jikle bırakılış şekli farklılıklar gösterebilir. Oldukça iyi belirlenmiş şartlar

altındaki bir testte bu sürücü değişkenleri test prosedüründe belirtilebilir ama bu her zaman için normal araç kullanım şeklini yansıtmaz. Jikle kullanımı, Tablo 9.2’de sürme alışkanlığının bir yönü olarak ele alınmıştır ve tamamen kontrollü bir testte tüketim üzerinde daha uçucu benzinin etkisini azaltacak bir etki olarak değerlendirilmiştir. Uçuculuk gibi bir yakıt faktörü gerçekte değişiklik gösterecek ama bir testte sabit tutulabilecek kullanım faktörlerinden sadece biridir. Sürücünün araç kullanım şeklide ekonomiyi değişik noktalardan etkileyebilecek bir faktördür.

9.4 Yolda Kullanılan Araçlarla Pist Testlerinde Ölçüm

Tamamen kontrollü bir yol testi ile yolda yapılan pist testleri arasındaki ayırıcı nokta büyük ölçüde keyfidir. Pist testi, belirli bir hız ve zamanda aracın sürüldüğü bir testtir. Testte fren yapılacak ve vites değiştirilecek noktalarda belirlenmiştir. Bu tanım rölantide ve sabit hızda yapılan ölçümleride kapsar.

9.4.1 Yol pist testleri

9.4.1.1 Üreticilerin testleri

Geleneksel olarak motor üreticileri ve diğer benzer gruplar yakıt tüketimi ölçümü için pist testlerini araç geliştirme programının önemli bir parçası olarak kullanmışlardır. Her bir üretici kendi amacına uygun bir pist geliştirmiştir ve bunun sonucu ortaya çıkan durumun karmaşıklığı Tablo 9.4’te gösterilmiştir. Pistler tüm araç işleme şartlarını kapsayacak şekilde dizayn edilmişlerdir, ama Tablo 9.4’ten görüldüğü gibi üreticilerin, belirli bir araç işleme ortamını meydana getirme görüşleri farklı olabilir. Örneğin şehir içinde ortalama hızlar 24 ile 42 mil / h arasındadır ve maksimum hızlar 40 ile 60 mil / h ve mil başına durma sayısı 0.4 ile 1.6’dır.

Tablo 9.4 Amerikan araçlarında yol çevrimlerinde (şartlarında) yakıt ekonomilerinin karşılaştırılması
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

No	Ekonomi çevrimi	Ortalama hız (mil / h)	Çevrim mesafesi mil	Mil başına durma	Rolanti zamanı s / mil	Hızlanma ivmesi ft / s ²	Yavaşlama ivmesi ft / s ²	Yol-yük hızı mil / h
1	Ford city	15.6	3.6	5.6	69	5.7	7	25,30
2	General Motor business	16	2.0	4.0	30	5.8	5.6	15,20
3	Chrysler urban	16.7	4.6	5.2	36	3	5	26,35
4	General motors suburban	24	3.7	1.6	20	3,6,8,WOT	3,6,CT	25,30
5	Propused Chrysler suburban	32.4	5.2	0.4	13	2,4	2,4	30,40
6	Ford suburban	42	5.2	0.4	1.2	3,5,7	5,10	40,50,60
7	General motors highway	47	14.8	0.3	2.0	2,5,WOT	4,6,CT	50,55
8	Chrysler interstate 50	50	4.7	0	0	1	1	50
9	Chrysler interstate 70	70	4.7	0	0	1	1	70
10	General motors interstate 50	70	14.9	0.1	0	3,3,6	6,CT	60,70,75

WOT = Gaz kelebeği geniş aralıklı

CT = Gaz kelebeği kapalı

9.4.1.2 Otomobil Mühendisleri Birliğinin Etkisi

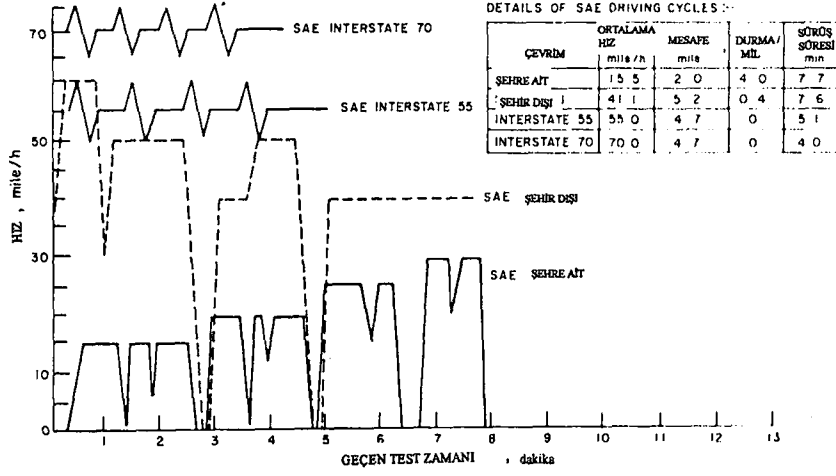
Araç üreticilerinin kendi pist düzenleri varken, Amerika'daki durum yakıt ekonomisi ölçümleri için standartlaştırılmış pistlere olan ihtiyaçla uyumlu değildir. Sonuç olarak 1973'te Çevre Koruma Birliği (EPA), Otomobil Mühendisleri Birliğini (SAE) farklı sürüş amaçlarında yakıt ekonomisi ölçümü için test pistleri geliştirmekle görevlendirmiştir. O zamanda şehir içi sürme koşullarındaki yakıt ekonomisi, var olan emisyon test

pistlerinde zaten yapılmaktaydı. SAE görev grubu CA-4 pist düzeninin şehir içi sürme koşullarının temsilcisi olmasına rağmen yolda kullanmak için çok karmaşık olduğuna ve sabit hız testlerinin her zaman araç kullanıcıları tarafından normal olarak karşılaşılan şartlarla ilişkili olmadığına karar vermiştir. Bundan sonra da Tablo 9.4'teki 2, 6 ve 9 no'lu pist düzenlerini kabul etmiştir.

Test pistlerinde yakıt ekonomisi ölçümlerinin üretilebilirliği (tekrarlanabilirliği) 2 ile 5.6 l arasındaki motor hacmindeki 3 farklı modelde iki değişik grup araçla yapılan 2 farklı seri testle değerlendirilmiştir. Sonuçlar Tablo 9.5'te gösterilmiştir. Sonuçlar test pistleri arasında kesinlik açısından önemli farklılıklar göstermez. Ama onlar, ikinci serideki tekrar üretilebilirlik (tekrarlanabilirlik) ortalamasında ilk seridekine göre 2 kat daha iyidir, bu da pratikte meydana gelen iyileşmeyi gösterir. Tablo 9.5'teki şehir içi, şehir dışı ve şehirlerarası pistlerin dışında SAE 45 federal hız limitlerine uyan ve şasi dinamometre testi ile daha uyumlu olabilmek için ortalama 55 mil / h'lik hızda ikinci bir şehirlerarası pist düzeni kabul etmiştir. SAE tarafından benzer şehirlerarası pist düzenlerinde iki hız tipinin kabul edilmesinin sürücüyü hızı azaltmanın faydalarını göstereceği öne sürülmüştür. (Bu testler, test çevrimindeki (pistlerinde) yakıt ekonomisi ölçümlerinin potansiyel sosyo ekonomik uygulamasının bir örneğidir.)

Tablo 8.5 Yakıt ekonomisi ölçülerinin, yol test çevrimlerine, Otomotiv Mühendisleri Birliği tarafından adapte edilmiş uygulanabilirlik ölçüleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Test çevrimi	Ölçülerdeki standart sapma, %	
	Test 1	Test 2
General Motors business	3.11	1.76
Ford suburban	3.23	1.23
Chrysler interstate 70	3.65	1.40



ŞEKİL 9.1 Üç SAE yol çevrimi için zamana karşı hızın izlediği eğriler
 1 mil / h = 1.609 km / h, (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

4 farklı SAE yol pisti için hızın zamana karşı grafiği, Şekil 9.1'de gösterilmiştir. Bu periyotlar üzerindeki araçlar tamamen ısınmış halde kullanılmışlardır ve bu sebeple soğuk ilk hareket ve araç ısınmasının etkilerini göstermeyeceklerdir. Soğuk ilk hareket prosedüründen SAE tarafından bunun ölçüme oldukça fazla değişken ekleyeceği ve artan emme zamanı sebebi ile kaçınılmıştır.

Şekil 9.1'de 4 SAE periyodunu, nispeten basit model olarak gösterir. Bu yolda takip edilecek bir test periyodunun önemli bir özeliğidir ve FTP-LA-4 emisyon test periyodu gibi kompleks periyotlar yolda kullanım için uygun değildir. Kompleks bir periyod sadece görsel sürme yardımı ile şasi işaretli bir test hattında ya da bir kayıt cihazı ile takip edilir. Her iki teknikte Şekil 9.1'de gösterilen tip periyotlar için kullanılabilir.

9.4.1.3 Thornton araştırma merkezinde (TRC) yol testleri

TRC'de basit bir yol periyodunda yapılan testler tüketim ölçümleri, tekrarlanabilirliğinin mükemmel olabileceğini ve SAE'nın Tablo 9.5'te verilen sonuçlarını doğrulayacağını göstermiştir. Araç tamamen ısınmış bir halde kullanılmıştır ve periyod 30 sn'lik rölanti

periyodunu, son viteste 30 mil / h'a ulaşan hızlanmanın takibi ile başlar. Bir kayıt cihazı, periyodun bu kısmını kontrol için kullanılmıştır. 30 mil / h'lık hız bir işaretin durma noktasına kadar yavaşlayacağını gösteren yere kadar sabit tutulmuştur. Detaylar Tablo 9.6'da verilmiştir.

Tablo 9.6 TRC deney pistinde yakıt tüketimini ölçmek için kullanılan basit yol periyodu
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Ortalama hız	mil / h km /h	23.3 37.5
Maksimum hız	mil / h km /h	30 48.3
Çevrim mesafesi	mil km	1.94 3.12
Çevrim süresi	dakika	5
Mil başına durma		0.5
Rolanti süresi	dakika	0.5

600 cm³ ile 2 l arasındaki motor hacimlerinde 27 araçla yapılan testlerde 0.35 ile 1.48 arasında standart sapma yüzdesi ortalama 0.93 olmuştur. Bu kesinlik SAE'de elde edilenden daha iyidir.

9.4.1.4 Sabit hız yol testleri

Sabit hızda yakıt tüketimi ölçümü oldukça iyi kontrollü yol testinin bir formudur. Bu metotla elde edilen ölçümler, Teknik Ölçme Servisi tarafından uygulanan araç testleri için yıllardır rapor edilmektedir.

Fransız Hükümeti tarafından, 90 ve 120 km / h'lık iki hızda yapılan yakıt tüketimi ölçümü için bir metod yayınlanmıştır. Bu metod, 4 testin ikisinin referans hızının üzerinde ortalama hızla ve ikisinin de altında yapılacağını belirtir. Test mesafesi en az 2 km olmalıdır. Her bir test için hız ± 2 km / h olacak şekilde sabit olmalıdır ve ortalama hız referans hızından, 2 km / h'dan fazla olmamalıdır. Referans noktasındaki yakıt tüketimi

test sonuçlarının grafikte ara değerinin bulunması ile belirlenir. Bu metodla yapılan ölçmenin kesinliği konusunda halihazırda bir bilgi yoktur. Çevre hava şartlarındaki ve yol ya da test pisti düzenindeki farklılıklar kontrollü bir yol testinde yakıt tüketimi ölçümünü önemli ölçüde etkileyen 2 faktördür. Tolere edilebilir değişkenler belirlenmelidir ve SAE ve GRPA tarafından belirlenenler Tablo 9.7’de verilmiştir.

Tablo 9.7 SAE ve GRPA tarafından yol testi prosedüründe belirlenen çevre, hava , yol şartları
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Koşullar		SAE	GRPA
Çevre şartları			
Sıcaklık	°C	-1,30	5,25
Basınç	mm Hg	-	730,756
Bağıl nem	%	-	< 95
Maksimum rüzgar hızı	km / h		
-sabit		24	11
-değişken		32	30
Yol şartları			
Seviye farklılıkları	m	-	< 4
Meyil	%	< 1/2	< 2

Tablo 9.7’deki değişkenler nispeten büyüktür, ama çevre hava ya da yol şartları üzerindeki çok küçük kısıtlamalar ölçümlerin yapılabileceği günlerin sayısını, yolları ya da test pistlerini oldukça kısıtlayabilir.

SAE prosedürü düzeltilmiş yakıt tüketiminin hesaplanmasında çevre ve yakıt sıcaklığını, hava basıncı ve yakıt özgül ağırlığını göz önünde bulundurmak için kapsamlı bir düzeltme eşitliği kullanır. Denklem:

$$\text{Düzeltilen mil / gal} = \text{gözlemlenen mil / gal} (T_sCF) (P_BCF) (S_{G_F}CF) (T_FCF)$$

CF = düzeltme faktörü

T_S = ortalama çevre hava sıcaklığı, °F

T_F = ölçme aletindeki ortalama yakıt sıcaklığı, °F

P_B = ortalama barometrik basınç, Hg

SG_F = yakıtın 60 °F'de özgül ağırlığı

$$T_S CF = 1 + 0.0014/60-TS$$

PB CF = 1.0 şehiriçi periyod için

PB CF = 1.0 + 0.0772 ($P_B - 29.0$) şehirdışı periyod için

PB CF = 1.0 + 0.0084 ($P_B - 29.0$) şehirlerarası 55 (interstate 55 karayolu)

PB CF = 1.0 + 0.0144 ($P_B - 29.0$) şehirlerarası 70 (interstate 70 karayolu)

$$T_F CF = \frac{1}{60^{\circ}F' da, hacim, azalma, çarpanı}$$

$$SG_F CF = 1 + 0.8 (0.737 - SG_F)$$

Bu faktörler standart koşullar olan 60°F (15°C)'de hava ve yakıt sıcaklığına, 29.0 Hg barometrik basınca, 0,737 yakıt özgül ağırlığına göre düzenlenmiştir. Bu düzeltme eşitliği Amerika'lı üreticilerin deney sonucu elde ettikleri düzeltme tekniklerinin bir bileşimidir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

GRPA metodu, yakıt özgül ağırlığı ve sıcaklık için düzeltmeler verir; ama düzeltme prosedürü olmaksızın sadece atmosfer yoğunluğunun, 1000 mbar ve 25°C'lik referans şartlarından, % 5'den daha fazla farklılaşmaması gerektiğini belirtir.

9.4.2 Tüketilen yakıtın ölçümü

Kontrollü bir testte tüketilen yakıt miktarı normal olarak volumetrik teknikle ölçülür. Yakıt tartımı, başlangıçtan duruncaya kadar olan periyodlara kadar kullanılabilir, ama bu kullanışlı değildir ve kesinlikteki az miktardaki potansiyel iyileşme pratik olarak önemli değildir.

Tüketilen yakıtın hacmi, flowmeter (akış ölçeği) ile ya da burette (ölçek) sistemi ile ölçülebilir. Akış ölçeği (flowmeter); diyafram metre, piston hacim metrelerini ve Pierburg Luftfahrtgerate Union GmBH (PLU) dişli tip (gear-type) metreleri kapsar. Akış ölçeği, araç yakıt pompası ile karbüratör arasına monte edilir ve flowmeterde basınçta olan düşme karbüratöre gelen yakıt basıncını düşürür. SAE prosedürü, karbüratör performansını etkilemesini engellemek için basıncın mümkün olduğu kadar düşürülmesini istemektedir. Yüksek yakıt akışındaki aşırı basınç düşmesi, bazı piston tipi akış metreleri ile bir problem oluşturabilir.

Burette sistemi, araç yakıt pompasını beslemek için yerleştirilmiştir ve bu yakıt basıncını etkilemez. Ama Burette daha sonra boşaltılmalıdır ki bu istenmeyen buhar kaybına sebep olan bir durumdur. Pompa ile karbüratör arasına yerleştirilecek Burette TRC'de geliştirilmiştir, yakıt basıncını değiştirmez ve atmosferle arasında bir bağlantı yoktur. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Yakıt ölçüm sistemi için gerekli doğruluk SAE ve GRPA test metodlarında tanımlanmıştır. SAE aletin 4ml'den az artmaları ölçme kapasitesinin olması gerektiğini ve gösterilen tüketimin \pm % 0.5 doğru olması gerektiğini belirtir. GRPA \pm % 2'lik bir doğruluğun olması gerektiğini belirtir. Eldeki yakıt akış metrelerinin sürekli olarak % 0.5 doğruluk elde edebilecekleri şüphelidir ve % 1 daha gerçekçidir. Ölçüm aletinin mutlak doğruluğu, mutlak tüketimin ölçümünde önemlidir. Ölçümün iyi derecede tekrarlanabilirliği, yakıt etkilerini belirlemek için dizayn edilmiş testler için yeterlidir.

Yakıt tüketimi ölçümü için yapılan kontrollü yol testi; yakıt etkilerini belirleme ve miktarını ölçme kapasitesi hakkında bir ölçü verebilir. Ölçümün standart sapmaları aşağı yukarı basit periyodlar için % 1 ve daha kompleks olanlar için % 2'dir. Bununla birlikte, bu tip ölçümlerin kullanımı çevre hava şartları üzerindeki kontrol eksikliği tarafından kısıtlanmıştır. Bu özellikle İngiltere gibi ülkeler için problemdir. Yüksek kalitede test pistine olan ihtiyaçta bir kısıtlamadır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

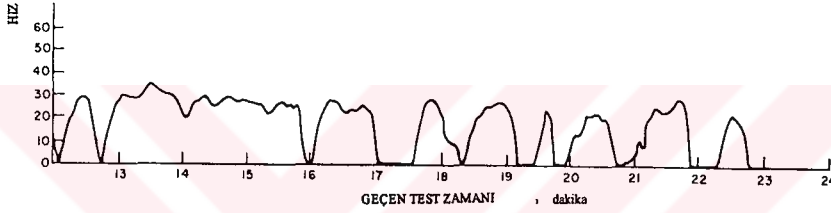
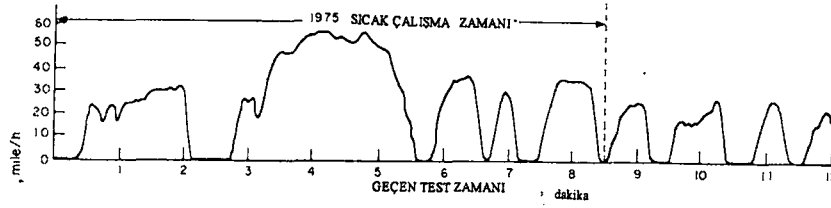
9.5 Şasi Dinamometresinde Kullanılan Araçlarla Yapılan Test Periyodlarındaki (çevrimlerindeki) Ölçüm

Şasi dinamometresinin kullanımı yakıt ekonomisi ölçümüne yeni bir boyut getirir. Çünkü böylece Tablo 9.1'de gösterilen kullanım faktörlerinin tümü ısı kontrollü şasi dinamometresi ile kontrol edilebilir ya da onların etkileri ortadan kaldırılabilir. Bu tip testte yakıt tüketimi, şasi dinamometresi silindiri üzerinde sürülen araçla sabit hızda ya da bir sürücü tarafından takip edilen bir periyotta yapılır. Dinamometre doğru eylemsizlik kuvvetini ve araç üzerindeki yol yükünü verecek şekilde dizayn edilmelidir ki böylece yoldaki sürüş benzeri elde edilebilsin. Prensipde şasi dinamometresi testlerinin yolda yapılan testlere göre daha güçlü avantajlar sunduğu açıktır, ama pratikte bu tip testin kendine ait problemleri vardır.

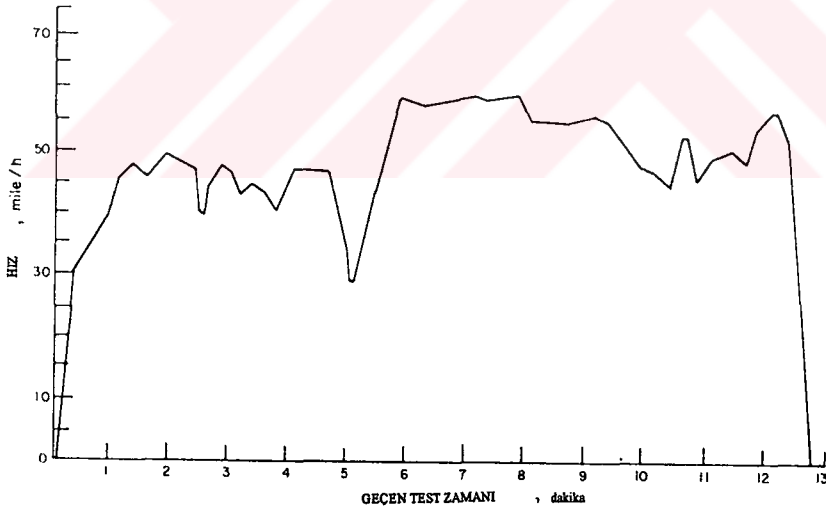
9.5.1 Şasi dinamometresi test çevrimleri (periyotları)

Bir şasi dinamometresi testi, yakıt ekonomisi ölçümü için standartlaştırılmış bir testin ilk uygulamasında kullanılmıştır. Bu EPA tarafından Amerika'da araçların yakıt ekonomisi etiketlerinde temel oluşturması için federal emisyon test periyodlarında kullanılmak üzere teklif edilmiştir. 7.5 millik şehiriçi dinamometre sürüş programı (UDDS), CA-4 rotası üzerinde uygulanmaktadır. Bu Los Angeles'daki 12 millik bir yoldur ve Şekil 9.2'de gösterilmiştir. Bu periyodun kullanımı onun aynı zamanda yakıt ekonomisi ve egzost emisyonu ölçümü içinde kullanılması açısından uygundur. Ayrıca Amerikalı araç üreticileri ve diğer gruplar bu periyod üzerinde oldukça tecrübe sahibidirler. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Soğuk ilk harekette, UDDS'de ölçülen yakıt ekonomisi zayıftır. Örneğin 1973 model 2500 lb (1134 kg) eşdeğer ağırlıktaki Amerikan araçlarının ortalama tüketimi 19 mil / US gal (12.4 l / 100 km)'dir. Amerika'lı motor üreticileri tarafından bu testte ölçülen yakıtın normal kullanımdaki bir araç için olandan daha kötü olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü UDDS sadece şehir içi kullanımın bir temsilcisi olabilir ve Amerika'da otoyol araç kullanımları toplam yapılan yolun yaklaşık % 50'sidir.



(a)



(b)

ŞEKİL 9.2 a) EPA UDDS periyodu için hızın zamana karşı grafiği
b) EPA otoyol periyodu için hızın zamana karşı grafiği
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

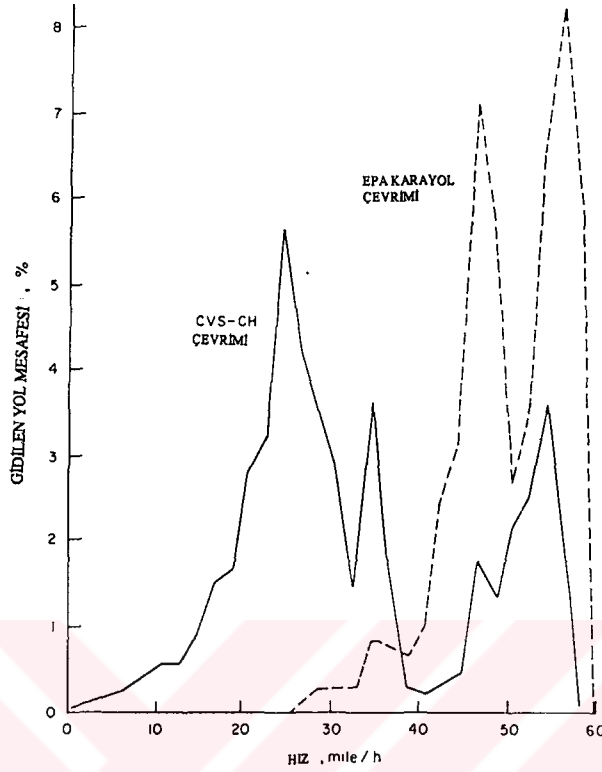
Sonuç olarak 1974'te EPA yakıt ekonomisi ölçümü için, otoyol şasi dinamometre sürüş çevrimi önermiştir. Bu çevrim otoyol kullanımının bileşenlerinden oluşmuştur ve 59.9

(96.4)'luk maksimum ve 48.8 mil /h (78.5 km / h)'lık ortalama hıza sahiptir. Otoyol periyodu UDDS'i kullanan EPA şehiriçi ekonomi testi ve SAE yol testi ekonomi periyodu ile karşılaştırılmıştır. EPA otoyol ve şehiriçi testlerinin hız kompozisyonu Şekil 9.3'te verilmiştir.

EPA otoyol çevrimi, farklı sınıf otoyol kullanım şekillerini dahil edecek şekilde dizayn edilmiştir ve bu SAE şehirdışı ve 55 mil /h'lik eyaletlerarası (interstate) periyodların arasındadır. EPA periyodu SAE'den daha fazla hızlanma ve yavaşlamaya sahiptir. Bu kısmen kompleks çevrimleri üretmenin zor olduğu yol kullanımları için geliştirilen SAE prosedüründen ve kısmen de sürücülerin sabit hızlarda yolculuk etmediklerini gösteren EPA yol bilgilerinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 9.8 Şu anki ve teklif edilen yakıt ekonomisi sürüş periyotlarının karşılaştırılması (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Sürüş çevrimleri		EPA			SAE			
		CVS-C	CVS-CH	Anayol	Şehiriçi	Şehirdışı	Eyaletler arası 88.5 km / h	Eyaletler arası 112.7 km / h
Başlangıç		Soğuk	Soğuk	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak
Test bölgesi		şasi kıvrımı	şasi kıvrımı	şasi kıvrımı	Dingil	Dingil	Dingil	Dingil
Mesafe	mil km	7.45 11.99	11.04 17.77	10.25 16.50	2.0 3.22	5.2 8.37	4.7 7.56	4.7 7.56
Sürüş süresi	dakika	22.87	31.3	12.7	7.7	7.6	5.1	4.0
Ortalama hız	mil / h km / h	19.5 31.4	21.18 34.1	48.8 78.5	15.5 24.9	41.1 66.1	55.3 89.0	70.5 113.5
Maksimum hız	mil / h	56.5	56.5	59.9	30	60	60	75
Maksimum ivmelendirme	ft / s ² m / s ²	4.84 1.48	4.84 1.48	4.69 1.43	7.0 2.13	7.0 2.13	1.0 0.30	1.0 0.30
Seyirhız zamanı	%	7.9	7.7	16.5	58.3	75.2	61.8	51.5
Hızlanma zamanı	%	39.6	39.3	44.4	11.3	11.3	19.1	24.3
Yavaşlama zamanı	%	34.6	34.9	38.7	17.4	10.5	19.1	24.2
Rolanti zamanı	%	17.8	18.1	0.4	13.0	3.0	0	0
Mil başına durma	%	2.3	2.0	0.1	4.0	0.4	0	0



ŞEKİL 9.3 EPA şehir içi ve otoyol yakıt ekonomisi sürüş çevrimleri hız dağılımları
1 mil / h = 1.609 km / h, (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

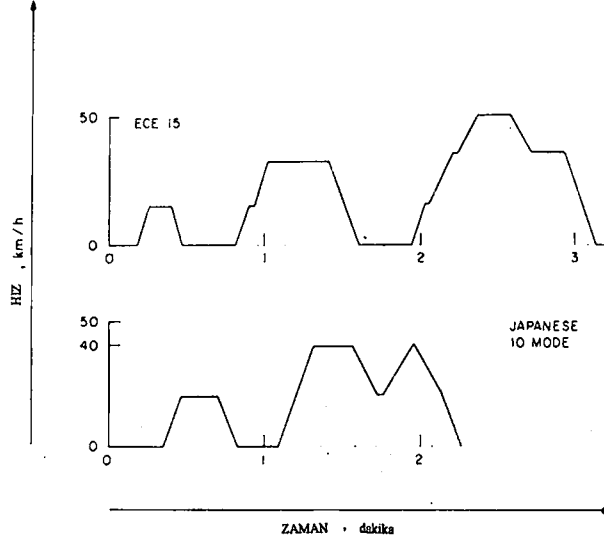
Japon hükümeti, araç yakıt ekonomisi ölçümü için 10 mod'lu sıcak başlangıç emisyon testi periyodunun uygulanmasını kabul etmiştir. bu periyodun şekli, (pattern) Şekil 9.4'te gösterilmiştir. Amerikan UDDS çevrimi ile karşılaştırılınca bu çevrimler düşük zorlukta hafif hizmet çevrimleridir.

Hali hazırdaki Avrupa yakıt ekonomisi ölçümleri, otoyol tipi sürme periyodu içermez. Yüksek hızlarda sabit hız ölçümlerinin kullanımı gerçek bir periyod testinin yerini alamaz, çünkü bu kullanımda, yol kullanımındaki bazı faktörleri göz önünde bulundurmaz. Bunlar şöyledir:

(1) Araç eylemsizlik ağırlığının etkisinin ortadan kaldırılması ve sonuçta aerodinamik çekiminin fazlaşması

(2) Otoyol kullanımında, farklı hız ve yük aralıklarının eksik olarak karşılanması

(3) Motor performansı üzerindeki geçici çalışma şartlarının etkisinin, göz önünde bulundurulmaması



ŞEKİL 9.4 Şehir içi kullanım çevrimleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

9.5.2 Şasi dinamometre testlerinde tüketilen yakıt ölçümü

Şasi dinamometresi yakıt ekonomi testi, tüketilen yakıtın miktarını ölçmek için birçok metodu kullanma şansına sahiptir. Bunlar:

- (a) Yakıt hacmi ölçümü
- (b) Yakıt ağırlığı ölçümü
- (c) Karbon kütle denge metodu

9.5.2.1 Hacimsel (volumetrik) metodlar

Tüketilen yakıtın hacminin ölçümü basit bir burette sistemi ile ya da hacim akışını ölçmek üzere dizayn edilmiş bir alet ile ölçülür. Benzin akışını iyi derecede doğrulukla ölçen, birçok ticari akış ölçer vardır. (Mesela pozitif hacim metreleri, piston tipi ya da dişli tipi) Üreticiler tarafından aşağı yukarı % 0.25 - 1.0'lık bir yanılğı payı olduğu iddia edilmektedir.

Çevrim testlerinde akış ölçerlerin kullanılmasının iki problemi vardır. (i) doğruluğun ölçme elemanları arasındaki sızma dolayısı ile düşük akış hızlarında azalma meyili göstermesi ve (ii) alet tarafından belirlenecek hacim akışındaki, minimum artmalar. Sızma, rölanti gibi hallerde bir problem olur ve sadece yüksek oranlı rölantili çevrimlerde doğruluk kaybına sebep olur. Ölçülebilir minimum akış artması; pahallı PLU 103 metresi ile 0.001 ml, nispeten ucuz PLU 106 metresi ile 1 ml olarak saptanmıştır.

Prensipde Burette, birçok akış ölçerden daha çok kesinlik verir ve bu genelde hacmin en azından % 0.2'ye kadar gözlenebilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak böylesine yüksek doğruluğun toplam harcama hacminin normal ölçümlerinde elde edilip edilemeyeceği şüphelidir ve % 0.5 daha gerçekçi bir rakamdır. Yakıt sıcaklığının, Burette ya da akış ölçer (flowmeter) de ölçülmesi gereklidir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

9.5.2.2 Gravimetrik (ağırlıksal) metodlar

Tüketilen yakıtı ölçmek için kullanılan gravimetrik metodun doğruluğu sadece belirlenebilecek yakıt ağırlığının artışı ile sınırlandırılır. Klasik dengelerle bu 0.1 g kadar düşük olabilir ve % 0.1 ya da daha iyi bir potansiyel, doğruluk verir. Elektronik tartma şu anda bu amaç için kullanılmaktadır. Bunların kolay kullanılabilirlik avantajı vardır, ama sonuç 5 g kadar zayıf, kötü olabilir ki bu ECE 15 gibi düşük toplam tüketimin olduğu bir periyotta ölçüm doğruluğunu ciddi olarak kısıtlar. Tartma metodunun avantajı, onun akma-geri (flow ve return) dönme yakıt sistemli (yakıt injeksiyonlu) araçlarla kullanılabilmesidir. Buhar oluşması ya da yakıt geri dönüş borularında gazdan arındırılması hacim ölçümünde problemlere sebep olur. Gravimetrik metodla, bu tip problemler eğer akış dengelice tanka (tartı kabı) dönerse ortaya çıkmaz.

9.5.2.3 Karbon denge metodu

Yakıt tüketimini ölçmek için kullanılan karbon denge metodu, egzost gazının bilinen bir hacmindeki eksoz bileşenlerinde ihtiva edilen karbonun ağırlığı üzerine

dayandırılmıştır. Ayrıca yakıtın H / C ağırlık oranı bilinmelidir. Pratikte belirli bir test yakıtı ile sabit bir değerin H / C için kabulü gerekmektedir.

Tüketilen yakıtın ağırlığı yakıt ağırlığından hesaplanabilir.

$$g = V (1 + H / C) 5.33 \times 10^{-3} \left(CO_2 + CO + \frac{HC}{10^4} \right) \quad (9.1)$$

V = Kuru eksoz gazı hacmi, l (0°C ve 760 mm Hg'de)

H / C = yakıtta hidrojenin karbona ağırlık oranı

CO, CO₂ = egzosttaki % v konsantrasyonları

HC = egzosttan FID (flame ionization detection) analizi ile ölçülen hidrokarbon konsantrasyonu, ppm C

V, ölçülen hacim V_m'den t°C ve B mm Hg'den türetilmiştir.

$$V = V_m \times \frac{273}{273 + t} \times \frac{(B - P_w)}{760} \quad (9.2)$$

P_w = suyun t °C'de doymuş buhar basıncı.

EPA bu eşitliğin başka bir versiyonunu türetmiştir ki bu özellikle UDDS kullanarak Amerika emisyon test prosedürünün, hesaplanmasında uygulanabilir. Elde edilen genel ifade şudur:

$$\text{Yakıt ekonomisi mil /US gal} = \frac{3785SG}{(H/C + 1) \left\{ \left(\frac{1}{H/C + 1} HC \right) (0.429CO) + (0.273CO_2) \right\}} \quad (9.3)$$

SG = yakıt özgül ağırlığı

H/C = yakıtta hidrojenin karbona ağırlık oranı

HC, CO, CO₂ = emisyon ağırlıkları, g / mil

H / C = 0,154 ve SG = 0.739 olacak şekilde yakıt kullanılırsa :

$$\text{Yakıt ekonomisi, mil /US gal} = \frac{2423}{(0.860HC) + (0.429CO) + (0.273CO_2)} \quad (9.4)$$

(1 mil / US gal = 0. 425 km / 1)

Karbon denge metodu, tüketilen yakıtın bulunmasında bir takım kabulleri gerektirir. (i) Egzosttaki karbon yalnızca HC, CO ve CO₂'de ihtiva edilir. Bu, oksijen verilmiş hidrokarbonlar gibi karbon içeren bileşikler ve karbonlu parçacıkların ihmal edildiği anlamına gelir. (ii) Egzosttaki yakıttan başka HC, CO ve CO₂'nin kaynağı yoktur. (iii) Egzosttaki karbon, test sırasında tüketilen tüm yakıtı açıklar, yani karbüratörde buharlaşma kayıpları yoktur ya da karter yağında yakıt birikimi ya da hidrokarbon birikimi yoktur.

(i)'nin sonucu ortaya çıkan hatalar bazen önemlidir. Örneğin ekonomiyi metanol yakıtı ile ölçerken, egzosttaki metanol ya da onun türevleri FID analizleri ile belirlenemez. Hekzana duyarlı, ayırıcı kızılötesi (NIDR) analizi ile hidrokarbon ölçümü temel olarak karbon denge metoduna uygun değildir. Çünkü egzostttaki tüm karbonları fark edemez.

9.5.2.4 Metodların karşılaştırması

Şasi dinamometre testinde yakıt tüketimi ölçümü için karbon denge metodu, klasik hacimsel ya da gravimetrik metodlarla karşılaştırılırsa çok fazla karmaşık bir teknik gibi görülebilir. Ancak yakıt ekonomisi ölçümü için yapılan şasi dinamometre testlerinin zaten emisyon ölçümü için gerekli aletlerin bulunduğu ortamlarda yapıldığı düşünülünce karbon denge metodu daha kullanışlı olur. Bu demektir ki çok doğru bir CO₂ analizi klasik egzost analizine ek olarak ihtiyaç duyulan tek ölçümdür. Karbon denge metodu, karbüratörü

besleyen yakıtta hiçbir modifikasyon yapılmasını gerektirmediği için avantajlıdır. Ve geri dönüş akışı sırasında yakıt besleme sisteminde de hiçbir problem açığa çıkmaz.

Tablo 9.9 Karbon dengesi ile volumetrik ve kütleli yakıt tüketim ölçümleri arasındaki karşılaştırma
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç	Yöntem	Ortalama yakıt ekonomisi mil / US gal	Standart sapma	standart sapma %
2,3 l 4 silindir	Karbon balansı Volumetrik	18.56	0.258	1.39
		18.62	0.480	2.58
	Karbon balansı Gravimetrik	18.36	0.480	2.61
		18.24	0.646	3.54
5.75 l V8 silindir	Karbon balansı Volumetrik	10.68	0.172	1.61
		10.96	0.183	1.67
	Karbon balansı Gravimetrik	10.64	0.372	3.49
		10.72	0.333	3.11

Yapılan metod karşılaştırması sonuçları, Amerika'da federal test prosedürü (CVS-CH testi), Tablo 9.9'da verilmiştir. Herbir karşılaştırma için 8 test yapılmıştır ve karbon metodunun önemli derecede farklı ortalama değeri ya da standart sapmada bir farklılığa sahip olmadığı hacim ve ağırlık ölçümü ile karşılaştırılınca görülecektir.

Bazı soğuk ilk hareket testlerinde zayıf ilişkiler, benzerlikler elde edilmiştir. Bunun sebebi yakıt besleme sisteminin eksik dolması ve test başlangıcında karbüratör şamandırasında aranmalıdır. Eksik dolmanın etkileri testten önce yakıt sisteminin dikkatli temizlenmesi ile önlenir.

EPA tarafından elde edilen 245 test sonucu karşılaştırılmıştır. Karbon balansından hesaplanan ortalama yakıt ekonomisi yakıt tartma ile elde edilenden % 3.3 daha yüksektir. Benzer bir sonuç TRC'de, federal (CVS-C) testi ile yapılan 21 araçlık bir testte elde

edilmiştir. Burada karbon denge metodu, yakıt tartmanın verdiğiinden ortalama %3.4 daha iyi ekonomi vermiştir.

Piston segmanlarından geçip karter yağına katılan yakıt tartma ya da hacim ölçümü ile ölçülen yakıt tüketimi için elde edilen sabit yüksek değerlerden, egzost analizi ile elde edilenlere göre daha çok etkili olacaktır. Bu bir noktaya kadar soğuk başlangıç testlerinde ısınma süresince olur. Kartar yağına katılan yakıt dolayısı ile oluşan kayıplar, karbüratördeki buharlaşma kayıplarının ve eksik şamandıra dolumu etkisine ek olarak ortaya çıkacaktır.

Karbon denge metodu klasik olan direkt yakıt tartma ya da hacim ölçümü ile karşılaştırılınca, daha doğru sonuçlar verir. Ancak egzost analiz metodu içinde var olan yakıt tüketimi miktarı için düşük değer verme eğilimindedir.

9.5.3 Yakıt ekonomi ölçümünde şasi dinamometresi

Yakıt ekonomisi ölçümünde şasi dinamometresinin kullanımı sistemin toplam performansı üzerinde aynı ekipmanın emisyon ölçümü için kullanıldığındaki ile karşılaştırıldığında önemli bir takım gereksinimlere ihtiyaç duyar.

Şasi dinamometresi ile ölçüm doğruluğunu etkileyen iki önemli faktör vardır:

- (a) Test çevrimindeki gerçekçilik
- (b) Dinamometrenin yol yükü ve test aracının eylemsizliğine uyması için ayarlanması

9.5.3.1 Test çevrimi

Çevrimler, Driver yardımı olan dinamometreler ile takip edilir. Bu dinamometrenin silindirinin dönme hızı ile orantılı kalem hareketi ile yapılan potansiyometrik çizelge kayıt

cihazıdır. Test periyodu çizelge üzerine çizilir ve araç sürülür; böylece kalem, hareketli çizelge üzerinde işaretler yapar. Eğer sürülen yol izinin sürekli bir kaydı gerekmez ise, kalem bir komutla, değiştirilebilir. Driver yardımlarının en yeni dizaynlarında çevrim, önceden hafif noktalarla iz bırakılmış geçirgen çizelge üzerine çizilir. Çizelge hızı dakikada 100 ya da 150 mm / dak' dır.

Takip edilen iz ile belirlenen doğruluk, katedilen toplam mesafe ve aracın sürülüş tarzını belirler. Doğru çevrim mesafesi, eldeki tüm ya da teklif edilen şasi dinamometresi çevrim testlerinde nominal periyod mesafesi yakıt ekonomisi hesaplanmasında kullanıldığı için, önemlidir. Mesafede yapılacak önemli bir hata direkt olarak sonucu etkiler ve mesafedeki farklılıklar test tekrarlanabilirliğini azaltır. Pratikte aynı periyodun tıpa tıpa takibi imkansızdır. UDDS testinde, ± 2 mil / h'lık hız farklılığı normaldir ve 7,5 millik CVS-C testinde bu hız toleransı ± 1 mil'lik (%13) bir mesafe farklılığına neden olur. Pratikte çevrimin, bundan daha doğru bir şekilde izlenmesi mümkündür. Dinamometre dönme sayımı ile UDDS'de mesafe ölçümü 2 dinamometreli ve 30 testlik bir denemede % 2'lik bir standart sapmayı göstermiştir. UDDS, ECE 15 çevrimi ile karşılaştırılınca kompleks bir çevrimdir. TRC'de yapılan testler ECE 15'deki ortalama mesafenin teorik mesafeden en az % 0.1 farklı olduğunu göstermektedir ve mesafe farklılaşmasının standart sapması %1'den azdır.

ECE 15 çevrimi kullanılarak TRC'de yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliği belirlenen mesafeden çok katedilen mesafenin yakıt ekonomisi hesaplanmasında kullanılması ile, biraz iyileşebilir.

Pratikte yakıt ekonomisi ölçümlerinin tekrarlanabilirliği ve doğruluğu eğer dönme sayımı mesafesi (roll-count distance), nominal mesafe yerine kullanılırsa iyileştirilebilir. En iyi ölçüm kesinliğini elde etmek için, şasi dinamometresi dönme-sayımı mesafesini ölçmek için ayarlanmalıdır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Şoförün Driver yardımındaki izi takip etme düzgünlüğü, çevrim mesafesini etkilemeden yakıt ekonomisini etkileyebilir. Sarsıntılı sürme yakıt tüketimini kötü bir şekilde etkileyebilir. Şasi dinamometresinde periyodu takip etmede bir kabiliyet gereklidir ve sürücünün tecrübesi arttıkça tekrarlanabilirlik artar. Otomatik şoförsüz sürüş daha az hızlanma hareketi ile, iyileşen mesafe tekrarlanabilirliği ve yakıt tüketimi ölçümünü sağlar. Otomatik sürücü sistemlerinin uygulanması, otomatik transmisyon ve otomatik jikleyle sahip araçlarda daha pratiktir.

9.5.3.2 Yol şartlarının taklidi (simülasyon)

Şasi dinamometresi araç yolda sürülürken araç üzerindeki farklı etkileri üretme kapasitesine sahip olmalıdır. Bu, dinamometrenin yol-yükü kuvvetini, hareket direncini, aerodinamik çekmeyi ve eylemsizlik kuvvetlerini üretebilmesi anlamına gelir.

Eylemsizlik: Dinamometrelerin çoğunda, araç eylemsizliği motor rölanti grupları ile taklid edilmeye çalışılmıştır. Böylece eylemsizlik ağırlığı araca uyması için farklılaştırılabilir. Şu anda, yakıt ekonomisi ölçümü için kullanılan şasi dinamometrelerinin büyük kısmı emisyon ölçümü için geliştirilmişlerdir ve 100 kg'lık aralıklarla minimum eylemsizlik ağırlığına sahiptirler, bu bazen 200 kg'dır. Bu aralıkların ağır Amerikan araçları için bile fazla olduğu düşünülmektedir ve daha hafif olan Avrupa ve Japon araçları içinde aynı durum geçerlidir. Ekonomi ölçümü için eylemsizlik aralıkları 50 kg'dan büyük olmamalıdır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Yol yükü kuvvetleri: Şasi dinamometresi üzerinde eylemsizlik kuvvetlerini taklid etmek nispeten basitken yol yükü kuvvetlerinin taklidi, basit değildir. Zorluk kısmen dinamometrelerin orijinalde emisyon kontrolü için olmasından kaynaklanmaktadır. Yol-yükü uygunluğunun doğruluğu, emisyon testinde önemli değildir ve basit su frenleri kullanılır. Amerika'da federal emisyon testinde araç ağırlığına karşılık gelen dinamometre yol ayarını kullanmaya izin verilir. Bu emisyon testi için tatminkar olsada yakıt ekonomisi testi için uygun değildir. Benzer yol yükü ciddi problemler ortaya çıkarır.

Yakıt ekonomisi ölçümünde dinamometre aracın yoldaki yük hız karakteristiği ile denk olmalıdır. Yük-hız karakteristiğine yol üzerinde karar verilir ve fren gereken yük kalıbını üretmek için kullanılmalıdır. Bu gerçekte basit bir su freni ile yapılamaz ve pratikte olan, yükü periyoda uygun tek bir hızla denkleştirmektir. Düşük hızlarda olan hatalar onlara emisyon ölçümü için tolerans tanımlanabileceğinden ihmal edilir. Şehir içi periyotlarda işin büyük kısmı eylemsizlik sonucunu önemli derecede etkileyebilir. Ancak bu otoyol periyotları için uygun değildir. Örneğin EPA otoyol periyodunda enerjinin % 70'i yol-yükü kuvvetlerine, hareket direncine ve aerodinamik çekmeye karşı harcanmıştır. Otoyol periyotlarında yakıt ekonomisinin doğru ölçümü, nispeten geniş bir hız aralığında yol yükünün doğru taklidini gerektirir.

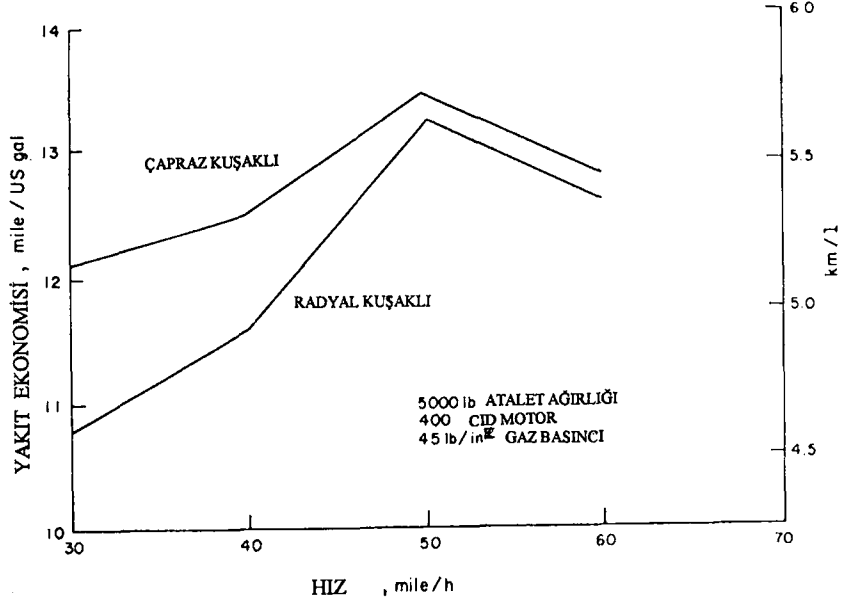
Yakıt ekonomisinin doğru ölçümü için şasi dinamometresi elektronik frenle donatılmalıdır. (bir a.d.c ya da bir indüksiyon akım makinesi) Çünkü prensipte elektronik fren, ihtiyaç duyulan herhangi bir yol-hız karakteristiğine denk düşecek şekilde programlanmıştır. Ancak elektrik freni su freninden çok daha pahalıdır.

Yol-yük güçleri taklidinde frenin performansı yolda elde edilen yük bilgisinin doğruluğundan daha iyi olmayacaktır. Amerika'da federal emisyon testlerinden daha kesin çalışmalar için freni yolda elde edilen frenleme süresinin aynısını vermek için ayarlamak, genel bir durumdur.

Avrupa'da teklif edilen şehir içi yakıt ekonomisi testlerinde, manifold vakum metodu, yol yükü ayarlanmasını elde etmek için kullanılır. Bu teknikte manifold vakumu, yolda iki yöndeki sürüşlerde 50 km / h'da dinamometre üzerinde ölçülür. Yolda manifold vakumunun doğru ölçümü kolay değildir ve sabit hızda vakumun ölçümü daha çok tercih edilir. Dinamometrenin doğru ayarlanması şasi dinamometresi üzerinde sabit-hız yakıt tüketiminin ölçümünde çok önemlidir. Eşit değerler elde etmek için dinamometrenin Avrupa ölçütlerindeki 90 ve 120 km / h'lik hızlarda ayarlanması gereklidir. Klasik coast-down metodu bu amaca uygun değildir.

Diesel motorlu yolcu araçlarının yük ayarlanmasının, bir takım özel problemleri vardır. Manifold vakum metodu, basıncının yüklerle değişmemesi sebebi ile uygun değildir. TRC’de yapılan ilk testler, diesel bir aracın yolda egzost CO₂’sının ölçümü ve dinamometre freninin aynı değeri vermek için ayarlanması ile yük ayarının yapılabileceği sonucunu vermişlerdir. (egzost CO₂ miktarı değişik yol hızlarında artar.) Coast-down tekniğinde kullanılabilir. Bir araç için doğru yol yükü, yuvarlanma direnci, ön alan (yüzey alanı) ve aerodinamik katsayısı hakkında yayımlanan bilgilerle hesaplanabilir. Bu metod, prensipte iyi iken, pratikte yeterli araç testi bilgisinin olmaması, eldeki bilginin kesinliğinin olmaması, bir araçla elde edilen bilginin tüm araçlara uygulanamaması ve dinamometre üzerinde araç davranışının belirsiz olması sebebi ile zayıflamaktadır.

Şasi dinamometresinin kullanımı 2 problemi daha ortaya çıkarır. Silindir yarıçapı ve hava soğutma sistemi. Emisyon ölçümü için geliştirilen birçok şasi dinamometresi küçük yarıçaplı iki silindirli sistem ve nispeten küçük sabit hızlı elektrikli soğutma fanları kullanırlar. (çap 22 cm) Amerika’da kullanılan Clayton dinamometresi merkezinin boşluğu 50 cm olan iki aynı silindire sahiptir. Clayton ünitesi ile yapılan yakıt tüketimi ölçümleri Şekil 9.5’te gösterildiği gibi yakıt ekonomisinin radyal tabanlı lastiklerde çapraz kuşak tabanlı (cross ply) lastiklerden daha kötü olduğunu gösterir. Bu yoldaki durumun tersidir ve radyal tabanlı lastiklerle dinamometre silindirleri üzerinde oldukça büyük iç güç kaybı vardır. (Blackmore ve Thomas, 1979)



ŞEKİL 9.5 Çapraz kuşaklı (cross – ply) ve radyal tabanlı lastikler için sabit durum yakıt ekonomisinin dinamometre hızına karşı grafiği
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Silindir yarıçapı ve silindir boşluğu etkisi küçük lastikler ve tekniklerle Avrupa ve Japon araçlarında daha da artar. şasi dinamometresi üzerinde lastik davranışlarının yoldaki gibi olması istenilen bir durumdur. Bu en yakın şekilde büyük tek silindir dinamometrelerle elde edilir. Bu iki ayrı silindir olan tipler kadar kullanım açısından uygun değildir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

9.5.4 Şasi dinamometresi üzerinde ölçülen yakıt ekonomisi test çevrimleri farklılıkları ve yol ölçümleri ile bir karşılaştırma

Amerika'da şehir içi ekonomi test periyodlarındaki ölçüm varyasyonları üzerine oldukça fazla istatistik bilgi yayımlanmıştır. ECE 15 periyodundaki ölçümler hakkında daha az bilgi vardır.

EPA, Ford 6.9 l'lik bir araçta karbon denge metodu kullanarak CVS-H testi ile yapılan 30 ölçümde standart sapmanın % 2.6 olduğunu rapor etmiştir. Chrysler'in 5 farklı test odasında CVS-H prosedürü ile yapılan ölçümü Tablo 9.10'daki sonuçları verir.

Farklı laboratuvarlarda aynı araçla yapılan korelasyon testlerindeki sonuçlar Tablo 9.11’de verilmiştir. Bunlar CVS-H testi ve karbon denge metodu kullanılarak elde edilmiştir.

CVS-H prosedüründe, UDDS kullanılarak şasi dinamometre testlerindeki sonuçlar ayrı laboratuvarlardaki ölçümler için standart sapmanın en iyi % 1 ve en kötü % 5 arasında değişeceğini göstermiştir. Tek bir laboratuvardaki ölçümlere uygulanabilir, ortalama bir değer belirlemek zordur. Ama tekrarlanabilirlik için %1.5 - 2’lik bir standart sapma gerçekçi bir rakamı yansıtır. Tablo 9.11 tekrar üretilebilirliğin (tekrarlanabilirlik) %3’lük bir standart sapmaya sahip olduğunu gösterir.

Şasi dinamometre testleri daha büyük varyasyonlar sağlarlar. (Tablo 9.5) Ancak UDDS şasi dinamometre periyodunun SAE şehir içi yol testi periyodundan çok daha karmaşık olduğu hatırlanmalıdır.

ECE 15 periyodu kullanılarak yapılan Avrupa şehir içi ekonomi testleri için çok az karşılaştırılabilir bilgi vardır. Ancak TRC’de bu periyotta emisyon tipi ve şasi dinamometresi ve yol pist testi üzerindeki tamamen ısınmış motorlarda yakıt ekonomisinin karşılaştırmasını yapmak için testler uygulanmıştır.

Tablo 9.10 Aynı araçla 5 test odasında CVS-H testi ile yakıt ekonomisindeki farklılıklar
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Her bir odada test sayıları	Her bir oda için ortalama yakıt ekonomisi, mil / US gal	Her bir oda için standart sapma,%
13-18	10.83-11.51	2.8-5.5

Tablo 9.11 Farklı laboratuvarlarda yapılan CVS-H testinde, üç ayrı araç üzerinden elde edilen yakıt tasarrufu değerleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Model yılı Motor tipi	1973,2.6 l V6		1974 ,5.7 l V8		1974 , 7.5 l V8	
Laboratuvar	Ortalama mil / US gal	Standart sapma %	Ortalama mil / US gal	Standart sapma %	Ortalama mil / US gal	Standart sapma %
EPA	20.0	2.7	12.6	1.9	10.5	5.8
Ford laboratuvarı 1						
Test 1	19.7	2.8	2.5	1.0	10.5	1.5
Test 2	19.7	3.0	12.4	1.2	10.6	2.2
Ford laboratuvarı 2	19.6	1.5	12.6	1.5	10.7	0.9
Ford laboratuvarı 3	18.7	1.1	-	-	9.7	1.6
California Air Resources Board	18.9	1.2	-	-	10.5	1.6
Overall	19.5	3.3	12.5	1.6	10.4	4.9

Tablo 9.12 test pisti ölçümlerindeki farklılıkların dinamometre üzerinde olanların yarısından az olduğunu gösterir. Bu kafa karıştırıcı bir sonuç gibi gözükebilir, ama bu Amerika'da yapılan çalışma ile uyumludur ve iki farklı durumda aynı aracın yaptığı işin tekrarlanabilirliğini gösterir. Yol testlerinde araç üzerindeki etkin güçler her bir çevrim için aynı iken dinamometre testindeki güçler eğer su freninin çalışması tamamen tekrarlanabilir olursa aynı olur. Her iki testteki ortalama tüketimin sadece % 1 farklı olduğu gerçeği problemin araç yükündeki sürekli bir farklılıktan çok, fren sabitliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

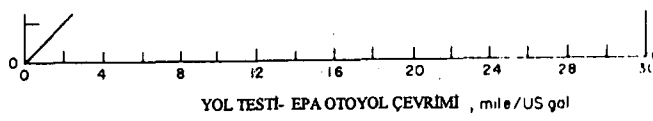
Sonuçlar, tüketimin altı ECE 15 periyodu ile ölçümü teklif edilen şehirçi ekonomi testindeki farklılıkların, şasi dinamometresi için % 2 ve yol pist testi için % 0.5'lik bir standart sapmaya sahip olacağını gösterir.

Tablo 9.12 Şasi dinamometresi ve ve test yolu üzerinde ardışık kademeli ECE 15 çevrimi ile elde edilen yakıt tasarrufunun tekrarlanabilirliği
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Ölçülen yakıt tasarrufu 1/ 100 km	Şasi dinamometresi testi	Yol pist testi
Maksimum	11.65	11.98
Minumum	13.39	12.74
Ortalama	12.13	12.26
Standart sapma, %	5.0	2.1

Tablo 9.13 Şasi dinomometresi ve yol pist testinde EPA otoyol periyodu ile altı araçta ölçülen yakıt ekonomisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Araç kapasitesi Ağırlığı	Yakıt ekonomisi mil / US gal	
	Dinamometre testi	Yol pist testi
3.7 1,3500 lb	25.7	22.6
5.2 1,4000 lb	20.9	17.5
5.9 1,5000 lb	18.1	16.6
5.9 1,5000 lb	18.6	15.9
6.7 1,5000 lb	17.4	16.2
6.7 1,5000 lb	14.6	14.0
7.2 1,5000 lb	17.6	16.4



ŞEKİL 9.6 Dingil aralığı ve dinamometreden ölçülen EPA otoyol çevrimi için yakıt ekonomisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Bir dinamometre üzerinde yol yükünün ayarlanması otoyol testinde şehir içi test çevriminden daha önemlidir. Bu görüş EPA otoyol periyodu ile şasi dinamometresi ve yol pist ölçümlerinin karşılaştırılması ile desteklenmiştir. Tablo 9.13 ve Şekil 9.6'da Federal Register 'cook book' metoduna göre ayarlanan yol yükünde Clayton dinamometresi üzerinde elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Sonuçlar iyi ekonominin tüm durumlarda dinamometre ile elde edildiğini gösterir, farklılıklar % 4 ile % 16 arasındadır. Şekil 9.6 yakıt ekonomisi arttıkça farkın büyüdüğünü gösterir ve bu araç ağırlığı azaldıkça dinamometrenin zayıflayan ayarlanmasını yansıtır.

9.5.5 Şasi dinamometresi ve yol pist testinin karşılaştırmalı avantaj ve dezavantajları

Yol ya da pist testinin avantajları şunlardır:

(1) Eylemsizliğide kapsayan toplam yük ve yol yükleri doğru bir şekilde taklid edilmiştir.

(2) Yakıt ekonomisi testleri, herhangi bir uygun yolda yapılabilir.

(3) Ekipmanlar için nispeten az masraf gerekir.

Dezavantajları ise şöyledir:

(1) Testler kötü hava şartlarında yapılamaz.

(2) Ölçülen yakıt ekonomisi, çevre koşullarındaki farklılıklar için düzeltilmelidir.

(3) Sabit bir şekilde kompleks periyotlarda araba kullanımı zordur.

(4) Soğuk ilk hareket testleri, eğer çevre sıcaklığı çok değişirse tatminkar değildir.

(5) Yakıt ekonomisi ve egzost emisyonları aynı anda ölçülemez.

(6) Tüketilen yakıt volumetrik tekniklerle ölçülmelidir.

(7) Uygun bir test pisti bulunması, lokal olarak zor olabilir.

Şasi dinamometresi testinin avantajları:

(1) Test lokal hava şartlarından bağımsız yapılabilir.

(2) Hava şartlarının etkisi için gerekli düzeltme faktörleri en aza (test kontrollü olduğu için) indirgenir.

(3) Ölçümler geniş bir sıcaklık aralığında yapılabilir.

(4) Test çevriminin kompleksliği üzerinde sınırlama yoktur.

(5) Tüm teknikler yakıt tüketimi ölçümü için kullanılabilir.

Dezavantajları ise,

(1) Şasi dinamometresi üzerinde taklid edilen toplam yük hareket direnci ve aracın yoldaki aerodinamik çekmesini aynen tekrarlamak mümkün olmayabilir.

(2) Soğutma fanının hava akışı hareketli aracın hava akış şeklini üretemeyebilir. Araç ısınması ve kaporta veya motor kapağı altı sıcaklıklarının etkileri yoldakilerden farklı olabilir.

(3) Bazı şasi dinamometreleri üzerindeki eylemsizlik ağırlığındaki büyük aralıklar araca yanlış eylemsizlik yüklemesi verebilir.

Genelde şasi dinamometresi daha avantajlıdır. Bu özellikle yakıt ekonomisi üzerinde yakıtlar ve yağlayıcıların etkisi araştırılınca ortaya çıkar. Bu tip durumlarda test sıcaklığının kontrolü çok önemlidir. Birçok durumda yakıt ve yağlayıcı çalışmaları düşük sıcaklıklarda tamamen ısı kontrolü dinamometre kullanımı zorunlu ise yapılabilir. Şasi dinamometresinin lokal hava şartlarından bağımsız olması onun önemli bir avantajıdır. Halihazırda şasi dinamometresinin en önemli problemi, dinamometrenin kendisinin zayıf performansındır.

9.6 Tezgah Motor Testlerinde Yakıt Ekonomisi Ölçümü

Tezgah motoru testlerinde fren özgül yakıt tüketiminin ölçümü, motor termal veriminin değerlendirmesi için çok önemlidir. Ancak, bu ölçüm, bu yol yakıt tüketimi ile fazla ilgili değildir.

Bu tip testlerde motor çalışma şartları çok iyi belirlenir ve kontrol altına alınır. Ama bu koşulların araç çalışmasına yolda da uygulanması zordur. Örneğin, motor yardımcılarının, transmisyon parçalarının, vites kutusunun ve lastiklerin kullanacağı gücü bilmek gereklidir.

Bsfc'nin ölçümü motora yakıt giriş oranının, fren yükünün ve motor hızının aynı anda ölçümünü gerektirir. Doğru bir sonuç elde etmek için tüketilen yakıt miktarı ölçülmeli ve

motor devri belirli bir periyotta sayılmalıdır. Ortalama bir yük belirlenmesi için test sırasında motor freni üzerindeki yükün çizgisel kaydı tercih edilir.

Eğer motorda uygun elektrik freni kullanılırsa indike özgül yakıt tüketimi belirlenebilir. Bu teknik isfc'nin kesin aynı değerini vermeyebilir. (P-V diyagramından hesaplanabilir.) Çünkü motor sürtünmesi silindir basıncından etkilenir. Yani ateşleme sırasında artar. Bsfc'nin tanımında araç tüketimi düşünülünce ortaya çıkan problemler vardır. Bsfc için kurulan diğer tezgah testinde bsfc, kullanılan motor yardımcılara bağlıdır. Çünkü bunlar önemli miktarda güç kullanırlar. Motor fanı, jeneratör, tamamen ayarlı tezgah testlerinde gerekli değildir. Yardımcı elemanların bsfc ölçümünde dahil edilebileceği derece, farklı motor test spesifikasyonlarında belirlenmiştir. Gravimetrik ve volumetrik metodlar tezgah motor testinde tüketilen yakıt miktarını belirlemek için kullanılabilir, yakıt tartımı en tatminkar olanıdır, çünkü hem daha doğrudur hem de sıcaklık düzeltmesi gerektirmez.

Tablo 9.14 Yakıt ekonomisini belirlemek için yapılan testlerde uygulanan yöntemlerin karşılaştırılması
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Test şekli	Uygulama şekli	Hassasiyet		Yakıt akış ölçüm yöntemi	Cihaz fiyatı	Toplam fiyat
		Tekrarlanabilirliği	Yeniden yapılabilirliği			
Kontrollü yol testleri	Çok yüksek	Çok zayıf	Çok zayıf	V,GS	Çok düşük	Çok yüksek
Kontrollü yol testleri	Yüksek	Orta	Zayıf	V,GS	Düşük	Çok yüksek
Yol seyir testleri	Yüksek	İyi	Orta	V,GS	Düşük	orta
Şasi dinamometre devir testleri	Yüksek	İyi	Orta	V,GC,CB	Yüksek	Yüksek
Motor tezgah testleri	Düşük	İyi	Orta	V,GC,CB	Yüksek	Yüksek

V= Volumetrik GS,GC = Gravimetrik CB = Egzost analizlerinde karbon balansı

9.7 Sonuç İfadeleri

Yakıt ekonomisini ölçmek üzere yapılan deneyler için oldukça geniş metod seçimi yapılabilir ki bu 30 yıl öncesine göre test periyodları ve şasi dinamometre prosedürünün kullanıma girmesi ile daha da genişlemiştir. Tablo 9.14 beş alternatif tip testin karşılaştırmalı üstünlüklerini özetler.

Herhangi bir metod sadece kendisine has avantajları ile üstün değildir. Bir testin pratik sürme şartları, kontrolün kolaylığı ve testin maliyeti ile arasında olan ilişkide bir uyumsuzluk vardır. Yakıt ekonomisi ölçümleri için şasi dinamometre testlerinin kullanımına doğru açık bir meyil vardır. Genel olarak düşünülünce bu metod gelecekteki en ümit vadeci metoddur. (Blackmore ve Thomas, 1979)



10. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE KARTER YAĞLAYICILARININ ETKİSİ

10.1 Giriş

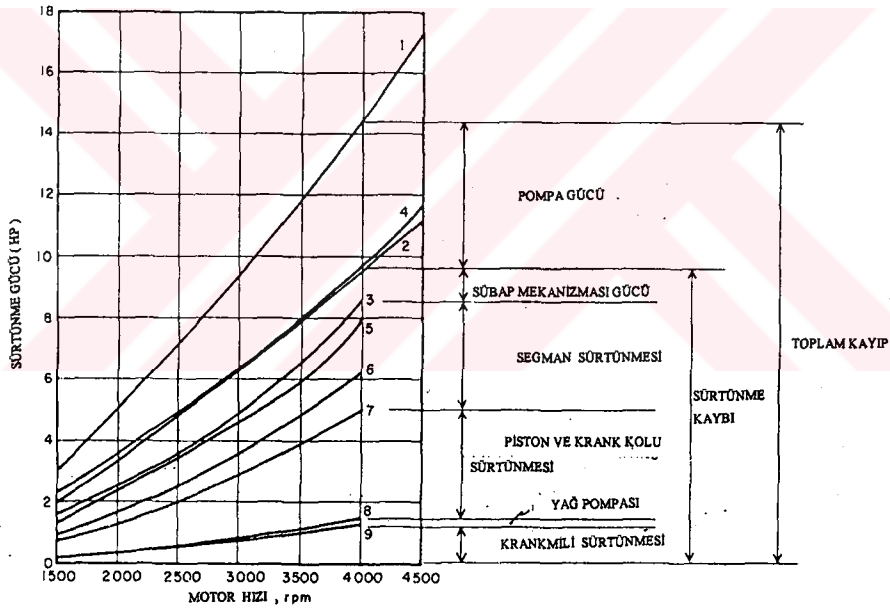
İçten yanmalı motorlar, buharlı motorlardan daha verimli iken şu anda sadece yakıtından elde ettiği enerjinin $1/4$ 'lük kısmını yararlı işe çevirme kapasitesine sahiptir. Geriye kalan $3/4$ 'lük kısım egzost gazlarında, soğutma suyunda ve motorun dış yüzeyinden taşınan ısı olarak kaybedilir.

Benzinli motorların çalışmalarında oluşan sürtünme kuvvetleri, yararlı işe dönüştürülemeyen enerjinin önemli bir kısmını açıklar. Bu alanda ilk zamanlarda yapılan çalışmalarda, tam yük koşullarında çalışan bir motorda sürtünmeden kaynaklanan kayıplar tüm enerji üretiminin % 10'unu tuttuğu şeklinde bulunmuştur. Ayrıca, sürtünme kayıplarının büyüklüğü motor çalışma koşullarından nispeten bağımsızdır ve kayıpların önemi, motor güç üretimi azaldıkça artar. Düşük yük koşullarında sürtünmelerden kaynaklanan kayıplar motorda, enerji üretiminin % 40'ına mal olur. Diğer araştırmalara göre en azından % 25'lik bir enerji kazancı eğer motordaki sürtünmenin tüm kaynakları ortadan kaldırırsa mümkün olabilir. Motor sürtünmesinin tümünden ortadan kaldırmak çok iyimser bir rüya olsa da, sürtünmenin azaltılması ile motor veriminin önemli derecede iyileştirilmesi için bir fırsat vardır.

Motorda, sürtünmeyi yenmek için harcanan enerjinin büyük kısmı çalışan yüzeyler arasındaki petrol filmlerinin sürtünme (kayma) direncine atfedilebilir. Önemli etkilerin sürtünme direncinin (kayma gerilmesinin), piston ya da segman yüzeyleri ve silindir duvarları arasında ve krank mili yatağında en yüksek olduğu zamanlarda oluştuğu düşünülebilir. Diğer kayıplar yağ pompalama ve yağ çalkalanmasının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Şekil 10.1 bir 1.5 l benzinli motorda tam gaza yakın pozisyonda (WOT) güç kayıplarının bir analizini gösterir. Bu tip ölçümlerin mutlak geçerliliği tartışmalıdır. Çünkü motorun silindirlerindeki sıcaklıklar ve basınçlar motorun ateşlendiği durumlardan farklıdır. Yine de tüm kayıpların % 50'sinden daha büyük olan nispeten büyük sürtünme kaybı katkılarının, çok büyük bir hata vermesi beklenilmez. Bu tip farklı durumlarda yağlayıcılarının etkin viskozitesi sürtünmesel enerji kayıplarında önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu etkin viskozitenin azaltılması enerji kazançlarına sebep olur.

Ama motor verimini bu yollarla arttırma ihtimali sınırlıdır; çünkü aşırı derecede yağlayıcı viskozitesi yağ tüketimi, motor aşınması ve piston temizliği gibi yağlayıcı problemlerini arttırabilir.

Pazarlama sebepleri ile karter yağlarının viskozitesi genelde otomobil Birliğinin (SAE) viskozite sınırlamasına göre ifade edilmiştir. Bu sistemde yağlar viskozite karakterlerine göre 8 katagoriye ayrılmışlardır. 4 kategori (5W, 10W, 15W ve 20W), 0 °F'da (255 K) viskozite ölçümleri ile tanımlanmıştır. Kalan 4 kategori (20, 30, 40 ve 50 W), 210 °F'de (372 K), yapılan viskozite ölçümleri ile tanımlanmıştır. Günümüze yakın yıllarda yağlar iki kategorinin gereksinimlerini aynı anda sağlamak için geliştirilmişlerdir. Bunlar uygun iki kategori numarası ile dizayn edilmişlerdir. Örneğin SAE 10W/30 ve 20W/40 çok dereceli olarak adlandırılmışlardır.



ŞEKİL 10.1 80 °C (353 K) su ceket sıcaklığında ve SAE 30 yağ viskoziteli, 1.5 1 motor için motor gücü kayıplarının analizi

Eğri 1 : Bütün motor, Eğri 2 : Bütün motor itme çubukları ile taşınan, Eğri 3 : Silindir kafasından hasil olan ve çubuk itiş ile taşınan, Eğri 4 : Eğri 3 gibi ancak itiş çubuğu çalışırken taşınan, Eğri 5 : Eğri 3 gibi fakat en üst piston segmanı ile ayrıca taşınan, Eğri 6 : Eğri 5 gibi fakat 2 piston segmanı ile ayrıca taşınan, Eğri 7 : Eğri 6 gibi fakat yağ kontrol segmanı ile ayrıca taşınan, Eğri 8 : Eğri 3 gibi fakat tüm piston ve krank kolu ile taşınan, Eğri 9 : Yalnızca krank mili (1 hp = 0.746 kW)
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Saf mineral yağlar, normalde çok derece gereksinimlerini yerine getiremezler ve onlara arzulan viskozite karakteristiğini kazandırmak için kalınlaştırıcılar eklenir. Bu kalınlaştırıcılar, (viskozite indeksi diye bilinen (VI)) düşük sıcaklıklarda çok az ya da hiç kalınlaşma etkisi olmayan polimerik maddelerdir. Yüksek sıcaklıklarda etki belirgin ölçüde artar ve viskozite gereksinimlerine ulaşılmasına yardım eder. Çok dereceli bir yağ bu sebeple düşük sıcaklıklarda daha düşük viskozitededir. Esas karışımla karıştırılmışlardır. Çok dereceli bir yağ için benzer tek dereceli yağ ile karşılaştırıldığında yakıt ekonomisi soğuk başlangıçta oldukça kötü etkilendiği için, yakıt ekonomisinde önemli bir kazanç beklenebilir.(Blackmore ve Thomas, 1979)

SAE sınıflamasının önemli bir eksikliği yüksek kayma gerilmesinde yağın viskozite karakteristiği göz önünde bulundurulmamıştır. Polimerik VI iyileştiricisinin kullanıldığı çok dereceli yağ durumunda olduğu takdirde önemli bir ihmaldir. Bu tip yağ yüksek kayma gerilmesine maruz kaldığında onun etkin viskozitesi SAE derece numarasından beklendiğinden daha az olacaktır. Bu kesme kuvvetleri tarafından oluşturulan etki, polimerin kalınlaştırma gücünün geçici azalmasının bir sonucudur. Yakıt ekonomisi üzerinde karter yağlayıcılarının etkisi kesme kuvvetinin yüksek olduğu yağlayıcı durumlarında en yüksektir. SAE derece numarası tarafından yansıtılan düşük kayma (kesme) altında ölçülen viskozite bir karter yağlayıcısının muhtemel yakıt ekonomisi etkisi için uygun bir rehber olmayabilir.

10.2 Saha Araştırması

Dahili sürtünmenin azaltılması ile içten yanmalı motorların veriminin artması ihtimali farklı çalışmalarla araştırılmaktadır. Tabii olarak gayretler sözde enerji krizinin arttığı zamanlarda en üst seviyesine çıkar. Suez çatışması ve Arap ambargosu gibi. Çalışma iki ana kategoriye bölünmüştür: temel sıvıların viskozitesi ve sürtünme azaltım katkı maddelerinin etkisi.

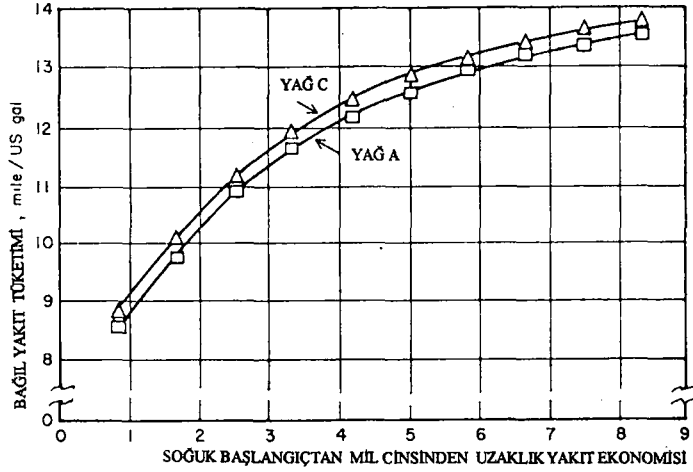
10.2.1 Temel sıvıların viskozitesinin azaltılmasının etkisi

Birçok araştırmacı SAE sınıflandırmasını, yağların viskozitesini ayırmak için kullanmaktadırlar. Çok abartılmış bazı iddialar dışında sonuçlar genelde uyum içerisindedir.

Whitehouse ve Metcalfe test yataklarında, benzinli ve diesel motorlarda deneyler yapmışlardır. Onlar SAE 5W ile SAE 30 yağlarını ve gözlemlerin yakıt tüketimi kazançlarını, tam yük halinde % 4-5'e düşen, düşük yük koşullarında % 10'dan daha az viskoziteli 5W yağı kullanıldığı zaman karşılaştırmışlardır.

TRC'de SAE 10W/30 yağlarının kullanımı ile sağlanan, muhtemel yakıt tüketimi kazançlarını değerlendirmek için bir dizi yol testi yapılmıştır. SAE 30° yağı ile karşılaştırılınca toplam kazançların düşük hızda çalışmada %15 ve uzun süreli hızlı çalışmada % 3.5 olduğu görülmüştür.

1955'de BP tüm mevsimler için çok dereceli yağ üretmeye başlamıştır, onlar SAE 10W/30 yağı SAE tipi yağlayıcılar yerine kullanıldığı zaman ciddi yakıt kazançlarının olacağını iddia etmişlerdir. Toplam kazançlar kısa mesafeler için % 7 ve yüksek hızdaki testler için % 4 olarak verilmiştir. Lubrizol tarafından Amerika'da yapılan araştırmalar yakıt ekonomisi üzerinde mesafe uzunluğunun etkisinin önemini göstermiştir. Şekil 10.2 ince SAE 10W/40 (C yağı) yağının kalın 10W 40 (A yağı) yağına karşı, 8 mil'e kadar olan mesafede soğuk başlama halindeki yakıt ekonomisindeki kazançları gösterir. İnce yağ 1 mil'lik (1.6 km) mesafede %3.2'lik bir iyileştirme ve 8 mil'lik (13 km) mesafede % 1.9'luk iyileşme vermiştir. Bu çalışmalar düşük viskozitedeki yağların kullanımından kaynaklanan faydaların özellikle soğuk başlamalar gerektiğinde kısa mesafelerde en yüksek olduğunu doğrulamaktadır.



ŞEKİL 10.2 Compact Sedanlar için soğuk başlama yakıt ekonomisi üzerinde motor yağlarının etkilerinin karşılaştırması
 (140 in³ (CID), 4 silindirli motor ,çevre sıcaklığı 35 °F (275 K)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Test yağlarının viskozite özellikleri :

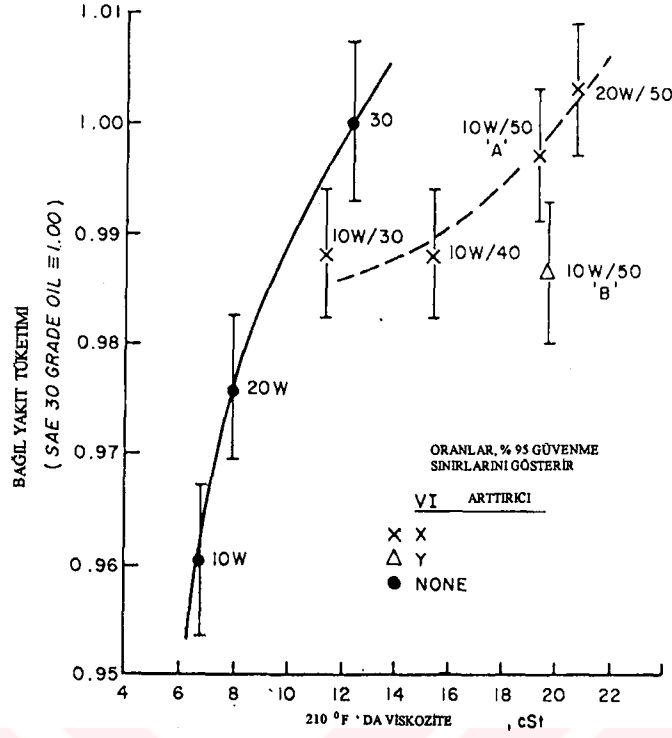
		Yağ A	Yağ C
Viskozite derecesi		10W/40	10W/40
210 °F'da viskozite	cSt	14.59	14.94
100 °F'da viskozite	cSt	101.75	86.80
0 °F'da viskozite	P.	24	12.2
VI		159	193

Benzer performans arttırıcınınher bir yağda kullanıldığına dikkat edilmelidir.
 (1 mil / US gal = 0.425 km / l, 1 mil = 1.609 km, 1 in³ = 0.0164 l)

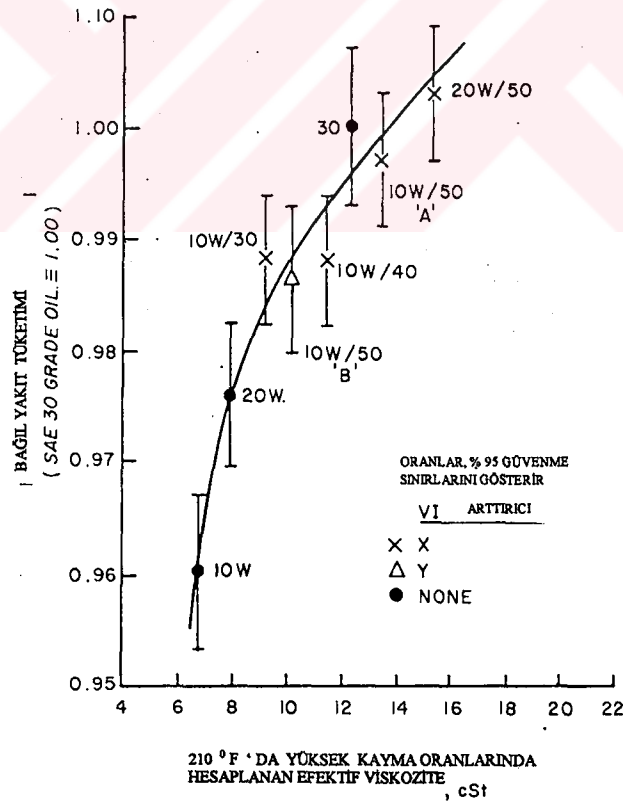
Lubrizol'un yaptığı diğer çalışmada, SAE 40 tipi karter yağını SAE 10W/40 tipi ile değiştirmekle, yakıt ekonomisinde ısınmış sabit hal sürüş koşullarında, % 2'den fazla kazanç sağladığı görülmüştür. Sonraki çalışma karter, transmisyon ve aks yağlayıcılarının kombinasyonlarının karşılaştırmaları ile ilgilidir. Karter yağlayıcılarının yakıt ekonomisine katkısı araştırılmamıştır. Amerikan araçlarında Davison ve Haviland tarafından yapılan birleştirilmiş çalışma, motor yağının, arka aks yağlayıcısının ve otomatik transmisyon sıvısının viskozitesini azaltmakla, aracın sürülüş şekline bağlı olarak % 2-5 oranında yakıt ekonomisinde bir iyileşmeye sebep olduğunu göstermiştir. Ayrı ayrı faktörlerin etkisinin

gözlemlenmesi oldukça zordur. Ama ek bir takım test bilgisi gözlemlenen yakıt ekonomisi kazancının temelde karter yağlayıcılarının viskozitesinin azaltılmasından kaynaklandığını göstermiştir.

Motordaki viskozite sürtünme kayıplarının önemli bir kısmı yağ filmlerinin yüksek kayma gerilmesine (kesme kuvveti) maruz kaldığı zamanlarda olmaktadır; örneğin, segmanlar ve silindir iç yüzeyi arasında ve ağır yükte krankmili yataklarında. Bu koşullar altında polimerle kalınlaştırılmış yağlar bir kısmı, geri döndürülebilir viskozite kaybına uğrarlar. Geri kazanılabilecek kayıplar geçici kesme (kayma) kaybı olarak adlandırılır. Bu polimer moleküllerinin kendilerini kesme kuvveti yönüne çevirmeleri yüzünden olur ve moleküllerin yağ akışına direncini azaltır ve etkin viskozitenin lokal kaybına sebep olur. Geçici kesme kaybı, moleküllerin kesme kuvveti tarafından parçalandığı geri döndürülemez sürekli kesme kayıplarından ayırt edilmelidir. Modern VI iyileştiricileri, motor hizmetinde viskozite kaybını önlemek için, en az sürekli kesme kaybı verecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Ama VI iyileştiricilerinin farklı tipleri farklı kesme (kayma) karakteristiği gösterirler ve bunun yakıt ekonomisini etkilemesi beklenir. Sabiti hız ve yol yükü koşullarında test yatağı motoru kullanılarak, TRC'de yapılan bir çalışma geçici kesme kuvveti etkilerinin önemli olduğunu göstermiştir. Bu testlerde VI iyileştiricisinin iki farklı tipi ile oluşturulan çok dereceli yağlarla yakıt tüketimleri tek dereceli yağlarla karşılaştırılmıştır. Şekil 10.3 yakıt tüketimi ile düşük kesme kuvveti oranında ölçülen viskozite arasındaki ilişkiyi gösterir. Şekil 10.3'te $10^{-6} / s$ 'deki kesme kuvvetinde, tahmini viskozite ilişkisi verilmiştir.



ŞEKİL 10.3 Yakıt tüketimi üzerinde viskozitenin ve VI iyileştiricisinin önemi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)



ŞEKİL 10.4 Yakıt tüketimi ve yüksek kesme (kayma) oranlı viskozite arasındaki ilişki
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Bu kesme oranında VI iyileştiricilerinin her iki türde önemli derecede geçici kesme kayıpları yaşarlar. Yakıt tüketimi ve yüksek kesme oranlı viskozite arasındaki tek ilişki, enerji kayıplarının motorun büyük ölçüde yüksek kesme kuvvetinin olduğu bölgelerde olduğunu ve geçici kesme (kayma) etkilerinin önemli olduğunu gösterir.

SAE 10W/50, A ve B yağları, SAE 20W ve SAE 30 tek dereceli yağlarının arasında bir yakıt tüketimi verir ve B yağı daha düşük yakıt tüketimi veren A yağından daha az etkili viskoziteye sahiptir.

10.2.2 Sürtünme azaltıcı katkı maddelerinin kullanılmasının etkisi

Motor sürtünmesini azaltan yağlayıcı katkı maddelerinin etkileri, çalışmalar sonucu belgelenmemiştir. İlk zamanlarda Molybdenum disulphide (MoS_2) yakıt tüketimini azaltmadaki etkinliği destekleyici bilgi olmadığı için kabul görmemiştir. Ama yakınlarda motor yağına MoS_2 'nin katılması yakıt tüketimini % 4'e kadar düşüreceği iddia edilmiştir. Diğer çalışmalar % 2'lik bir kazanç göstermektedir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Yakıt tüketimi üzerinde trafik yoğunluğu, hava ve sürüş şekli gibi birçok faktör önemli etkilere sahiptir. Bu etkiler, yağlayıcı viskozitesinden kaynaklanan yararlı yakıt ekonomisi etkisinin farkına varılmasını engeller.

Ulusal alanda düşünülünce katedilen mesafelerin büyük kısmı soğuk başlangıç ve kısa mesafe koşullarında yapılmıştır. Araştırmalarda görülmüştürki, Amerikan araçların yaptığı mesafelerin % 70-80'i 10 milden az kısa mesafelerdir ve kısa mesafe kullanımlarında yağlayıcılarla ilişkili yakıt ekonomisi kazançlarının en yüksek olması beklenilir. Bu tip kısa mesafeler Amerikan ulusal benzin tüketiminin % 50'sini karşılar ve ulusal yakıt ekonomisini artırma şansı, motor yağlayıcılarının doğru seçimi ile belirlenir. Ama şu da unutulmamalıdır ki aşınma korunması ve yağ tüketimi yağlayıcı sıvısının viskozitesi ile

doğrudan ilişkilidir. Etkin viskozitenin, altındaki yağlayıcılar yakıt tüketimi kazançları sağlarken motora zarar verirler. (Blackmore ve Thomas, 1979)

10.3 Sonuçlar

(1) Benzinli motorlarda karter yağlayıcılarında değişiklik yaparak iç sürtünmeyi azaltmak için alınan önlemler, yakıt ekonomisi iyileştirmelerini etkileyecektir.

(2) Bu tip iyileştirmeler, yağlayıcı temel sıvılarının viskozitesinin azalmasından ya da sürtünme azaltıcı katkı maddelerinin dahil edilmesinden etkilenir. VI iyileştirilenlerinin kullanımı ekonomileri etkiler.

(3) Yakıt ekonomisi kazançları, soğuk başlangıç kısa mesafe çalışma koşullarında en üsttedir. Bu koşullarda %10'a kadar kazançlar muhtemeldir.

(4) Yağlayıcıların değiştirilmesi ile yakıt ekonomisini iyileştirmek için yapılan çalışmaların yağ tüketimi, motor temizliği ya da aşınma korunması gibi diğer çalışma faktörleri üzerinde zararlı etkisinin olmamasına dikkat edilmelidir.

Motor yağlama sisteminin görevi sürtünen yüzeylerde yağlama yoluyla, sürtünmeye giden enerjinin azaltılması ve motorun soğutulmasına yardımcı olmaktır. Uygun yağ seçimi ve yeterli yağ sirkülasyonu önem taşır. Motorda yağın azalması motorun aşırı ısınma eğilimini artırır. Yağın oksidasyonunu hızlandırır. Düşük viskozitede yağ seçilirse sürtünmeye giden enerji azalırken silindir ve segman yüzeyleri arasında hidrodinamik yağlama şartının sağlanması güçleşir. Yüksek viskoziteli yağ seçilmesi halinde motorun mekanik verimi düşer ve sürtünmelerin artması sonucu ilk harekete geçme güçleşir. (Yavaşlıol, 1984)

11. YAKIT EKONOMİSİ ÜZERİNDE TRANSMİSYON YAĞLAYICILARININ ETKİSİ

11.1 Giriş

Transmisyon yağlayıcılarının yakıt ekonomisi üzerindeki etkisi hakkında çok az çalışma yapılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmaların büyük kısmı da Amerika'daki Lubrizol Corporation tarafından yapılmıştır.

Deney pisti araştırmaları için kullanılan tüm araçlar otomatik transmisyonla sahiptirler. Kolaylık olması açısından transmisyonun her bir parçasını ayrı ayrı ele alacağız, ama farklı motor yağlarının etkileri göz önünde bulundurulacaktır, çünkü bu sahadaki çalışmaların çoğunluğu bu üçünü göz önünde bulundurur. Seçici yağlama ile elde edilecek toplam kazançlar sonra herbir kısım için elde edilen kazancın toplamı olacaktır.

11.2 Aks Yağlaması ile İlgili Yakıt Ekonomisi (Araç pist testi)

Lubrizol'dan, Sheahan ve Roming tarafından dişli yağlayıcı viskozitesi ve performans etkili katkı maddesi seçimi, yakıt ekonomisi ile irtibatlandırılmıştır. Tüm başlangıç testlerinde SAE tipi 10W - 40 (A yağı) motor yağı kullanılmıştır. Test edilen yağların fiziki özellikleri ve bileşenleri Tablo 11.1'de verilmiştir.

Şekil 11.1, SAE 80W - 90 tipi dişli yağı (GA), SAE 85W - 140 yağı (GB) ve SAE 80W - 140 yağı (GC) kullanılarak elde edilen sonuçları karşılaştırır. -2.8°C (27°F) derecelik çevre hava şartlarında yan yana yapılan testlerde elde edilen bu bilgiler, araçların etkilerini ortadan kaldırmak için birkaç kullanımda örneklerin dönüşümlü olarak kullanılmasını gösterir. Tablo 11.2'de gösterildiği gibi SAE 85W - 140 tipi yağla aynı katkı maddesi performansını gösteren ama daha düşük viskoziteli, esas karışım ve seçilmiş polimerden oluşan SAE 80W - 140 yağının 3mil'lik mesafede SAE 80W - 90 yağına karşı, % 5'lik ve 8 millik mesafede de %1.2'lik iyileşme vermiştir. İlk mil hariç SAE 85W - 140

tipi yağla elde edilen yakıt ekonomisi, temel çizgi tipi (baseline, 80W - 90) yağıninkine eşittir, hatta 1 milde elde edilen iyileşme önemsizdir, denilebilir.

Tablo 11.1 Motor yağının kimyasal ve fiziksel içerikleri
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yağ	A	B	C
Viskozite ölçüsü,SAE	10W-40	10W-40	10W-40
Temel içerik	M	M	S
Temel kimyasal içerik	40 % v 100 N	80 % v 100 N	
Mineral yağlar	60 % v 200 N	20 % v 200 N	
Viskozite artırıcı	Y	T	Y
Fiziksel özellikler			
Viskozite (99 °C),cSt	15.33	14.59	14.94
,SUS	79	76	78
Viskozite (38 °C), cSt	95.84	101.75	86.80
,SUS	444	472	402
Viskozite (-18 °C), Cp	23.40	24.00	12.20
VI	180	159	193

VI = viskozite indeksi

SUS = Bir viskozite ölçü birimi

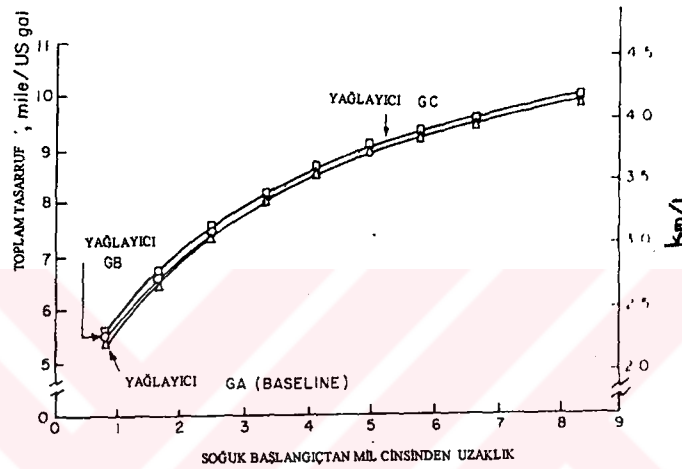
M = Mineral yağ

S = Sentetik hidrokarbon

Y,T = Viskoziteyi artırıcı maddeler için standartlaştırılmış semboller

Bu sonuçlar oldukça şaşırtıcıdır, çünkü 80W - 140'ın gösterdiği avantaj, yüksek sıcaklıkta yağın viskozitesinin (28.18 cSt, 210 °F'de), baseline yağıninkinden (15.48 cSt 210 °F'de) yüksek olmasına rağmen gerçekleşmektedir. Brookfield testindeki düşük sıcaklıklarda bunlar soğuk başlangıç yakıt ekonomisi deneyininkine yakındır, 80W-140'ın viskozitesi baseline (80W - 90) yağının ki ile görünürde aynıdır. Bu konuda bir açıklama şu olabilir: Büyük miktarlarda polimer ihtiva eden dişli yağının etkin viskozitesi, SAE sınıflandırması tarafından doğru bir şekilde verilmemiştir. Yani yüksek zorlama (gerilme) durumlarında geçici viskozite kaybı olabilir ya da bu tip yağlarda, yüksek kesme direnci sebebi ile viskozite kaybı olabilir.

Yukarıdaki bilgiler Compact Amerikan araçları kullanılarak elde edilmiştir. SAE 90 (GD) ve SAE 75W (GE) dişli yağları ve motor yağları kullanılarak (compact) araçlarda ekstra testler yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları, Tablo 11.3'te verilmiştir. Tablo düşük viskozitede yağ kullanılarak kazanılabilecek yakıt ekonomisi kazançlarını açıkça gösterir. 1'mil için, % 3,6'lık bir yakıt ekonomisi kazancı ve 8 millik bir mesafe için %1.0'lık bir iyileşme gösterilmiştir. Bu bilgiler ortalama (-1.1°C) çevre sıcaklığında elde edilmiştir.



ŞEKİL 11.1 Soğuk ilk hareket yakıt ekonomisi üzerinde, dişli yağının etkisi
 (1 mil / US gal = 0.425 km / l, 1 mil = 1.609 km)
 (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Farklı motorların ve aks yağlarının toplam etkisini göstermek için, Tablo 11.4'te gösterilen yağ kombinasyonları kullanılarak, bir dizi test yapılmıştır. 3 yağ grubu yine yan yana yapılan testlerde karşılaştırılmıştır. Bu testler, büyük boy (full-size) Amerikan araçları ve ortalama 1.7 °C (35°F) çevre hava sıcaklığında yapılmışlardır.

Tablo 11.2 Amerikan araçlarında soğuk ilk hareket yakıt ekonomisi üzerinde dişli yağının etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Seyir mesafesi mil	Soğuk yol vericiden toplam yakıt tasarrufu mil / US gal			Tasarruftaki artış,%
	SAE 80 W-90 (GA)	SAE 85 W-140 (GB)	SAE 80 W-140 (GC)	
1	5.60	5.68	5.88	5.0
2	6.89	6.92	7.13	3.5
3	7.81	7.83	8.00	2.4
4	8.45	8.47	8.61	1.9
5	8.91	8.93	9.04	1.4
6	9.27	9.27	9.38	1.2
7	9.55	9.53	9.67	1.2
8	9.78	9.78	9.90	1.2

Ortalama çevre sıcaklığı = -3 °C Motor yağı, Yağ A 1 mil / US gal = 0.425 km / l

Tablo 11.3 Compact Amerikan araçlarında soğuk başlangıç yakıt ekonomisi üzerinde dişli yağının etkisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Seyir mesafesi mil	Soğuk yol vericiden toplam yakıt tasarrufu mil / US gal		Tasarruftaki artış %
	SAE 90 (GE)	SAE 75W (GF)	
1	8.36	8.66	3.6
2	10.00	10.24	2.4
3	11.04	11.25	1.9
4	11.74	11.92	1.5
5	12.24	12.40	1.3
6	12.63	12.78	1.2
7	12.93	13.07	1.1
8	13.17	13.30	1.0

Ortalama çevre sıcaklığı = -1 °C Motor yağı, Yağ A 1 mil / US gal = 0.425 km / l

1.grup yağ (temel çizgi,baseline), SAE 10W - 40 motor yağı (B yağı) ve SAE 80W-90 (GA) dişli yağından;

2.grup SAE 75 (GE) dişli yağı ile beraber aynı yağlardan; 3. grupta sentetik temelli SAE 10W-40 motoryağı (C yağı) ve dişli yağı (GE) den oluşmaktadır. 2. grup yağ temel çizgi (baseline) yağı ile karşılaştırılınca 4 ve 8 mil'lik Şekil 11.2'de gösterilen bu sonuçlar 2 ve 5 mil arasındaki mesafelerde 2. grup yağa karşı 3. grup yağın kullanılması ile elde edilecek avantajı gösterir. Ama 5 milden daha uzun mesafelerde yakıt ekonomisindeki kazanç belirgin değildir.3. grup yağın iyi yakıt ekonomisi performansı, Tablo 11.5'te gösterildiği gibi compact araçlarda yapılan testlerde daha da doğrulanmıştır.

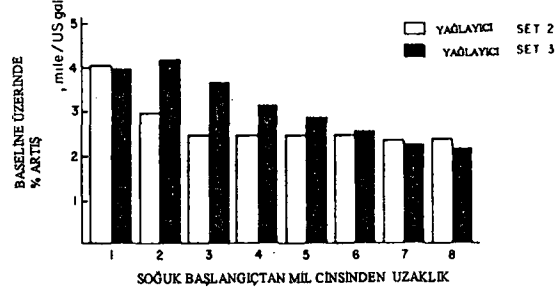
Tablo 11.4 Soğuk başlangıç yakıt ekonomisi için yağ grupları
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yağlayıcı grubu	SAE 10W-40	Aks yağlayıcısı
1 baseline	B	GA (SAE 80W-90)
2	B	GD (SAE 75W)
3	C	GD

Bu araçlarda 3. grup yağ, 4 millik mesafede baseline (temel çizgi) yağı ile karşılaştırılınca % 3.0'lık ve 8 millik mesafede % 2.7'lik iyileşme vermiştir. Sheahan ve Romig çalışmalarından aşağıdaki sonuçları çıkarmışlardır:

- 1- Araç kullanım şekilleri açısından, kısa mesafeler oldukça önemlidir. Bu tip mesafeler ısınma faktörleri ve sürme şartları sebebi ile daha fazla benzin tüketirler.
- 2- Seçilen motor yağları ve dişli yağları yakıt ekonomisini, 1 ile 8'millik mesafelerde soğuk ilk hareket soğuk hava kullanımlarında % 5.0 ile % 9.0 arasında iyileştirirler.
- 3- 4'millik bir mesafe için soğuk ilk harekette seçilmiş motor yağları ve dişli yağları grupları ile yakıt ekonomisinde olan iyileşmeler büyük boy (full-sized) araçlar için ortalama % 3.2 ve compact araçlar için % 3.0'dır.

4- Sadece seçilmiş motor yağları ya da aks yağlayıcıları ile elde edilen iyileşmeler, 4 millik mesafede, soğuk başlangıçta % 1.1 ile % 2.5 arasında değişmektedir.



ŞEKİL 11.2 Büyük boy Amerikan araçlarında baseline (temel çizgi) grubuna karşı 2. ve 3. yağ grupları (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Tablo 11.5 Kompakt Amerikan araçları için soğuk başlangıç yakıt ekonomisi üzerinde yağ grubunun etkisi (Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Seyir mesafesi mil	Toplam yakıt ekonomisi mil / US gal		Tasarruftaki Artış
	Yağlayıcı set 1	Yağlayıcı set 2	%
1	8.88	9.16	3.2
2	10.27	10.69	4.1
3	11.40	11.75	3.1
4	12.10	12.46	3.0
5	12.60	12.95	2.8
6	13.00	13.34	2.6
7	13.30	13.64	2.6
8	13.50	13.86	2.7

5- Yağ ilişkili yakıt ekonomisi, artan mesafe uzunluğu ile düşer. (1 ile 8 mil arası)

Onlar ayrıca kendi test tekniklerini ve çevre sıcaklığının çok önemli etkisini gösteren şu iki sonuca da varmışlardır:

6- Yakıt ekonomisi bilgilerinin istatistiki ele alınışı, çevre hava sıcaklığını; soğuk başlangıç kısa mesafe, soğuk hava kullanımında oldukça önemli bir değişken olarak göstermektedir.

7- Lineer gerileme analizi tarafından geliştirilen katsayılar, büyük boy (full-sized) araçlar için yakıt ekonomisinde % 7.0'lık bir artışı ve compact araçlar için % 7.6'lık bir artışı tesbit etmişlerdir.

11.3 Yağ Viskozitesi ve Performans Etkili Katkı Maddesi Seçiminin Aks Verimi ile İlişkisi (Ekipman Testleri)

Aks verimi, arka aksların, mekanik parçalardan ve yağ viskozitesinden kaynaklanan sürtünmeye karşı giriş gücünü çıkış gücüne çevirebilmesinin bir ölçüsüdür. Bağlı aks verimi, farklı yağların aks için enerji ya da ısı dengesini hesaplayarak elde edilebilir. Ama transmisyondaki diğer transmisyon güç kayıpları sebebi ile (tekerlek yatağı sürtünmesi, lastik dönme direnci ve üniversal mafsallar) iyileşmiş aks verimini araç yakıt ekonomisindeki sınırlı bir iyileşme ile irtibatlandırmak oldukça zordur. Üstelik aks verimi sıcaklık, giriş hızı ve giriş torku ile farklılaşır. Bu sebeple belirli çalışma şartlarında yapılan laboratuvar testleri gerçek kullanımda potansiyel yakıt ekonomisinin sadece bir kısmını gösterir.

Tablo 11.6 Aks verimi ölçümü için rig testinde kullanılan test koşulları
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Mil hızı ,dev / dak	Giriş gücü, hp	Soğutucu akışkan akışı lb / dak	Ölçülen soğutma suyu sıcaklığı, °F	Ölçülen yağlayıcı sıcaklığı, °F
800	22.80	2	48-57	115-154
600	51.75	3	48-57	133-177
875	87.80	4	48-57	150-198

Chamberlin ve Sheahan tarafından yapılan bu araştırma için kullanılan test aletleri $6\frac{3}{4}$ 'lük volan dişlisi olan standart hipoid bir akstan ama kaldırılan diffiransiyel tertibatından oluşmaktadır. Aks yüksek performansı, 454 inç³ 'lük (7.44 l),(CID)'li V8 motorunda 4 hızlı el transmisyonu ile kontrol edilmiştir. Aks, sıcaklık kontrolü için aks boyunca

soğutma havasının devirdaiminine imkan tanıyan metal bir kutuya kapatılmıştır. İyi işleyen bir aks test yağı ile doldurulmuş ve 5 dakika çalıştırılmıştır. Aks daha sonra boşaltılmış ve test yağının yenisi ile doldurulmuştur. Test, 3 çıkış torkunda yapılmıştır ve soğutucu akım hızı, Tablo 11.6'da gösterildiği gibi her bir durum için sabit tutulmuştur. Yağ sıcaklığı dengede iken, aks verimi yaklaşık 40,55,70 mil / h yol yükünde soğutma suyu ısı tepkisi ile ölçülmüştür.

Aks verimi aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır:

$$\text{Verim} = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Giriş gücü}} \times 100 \quad (11.1)$$

$$\text{Giriş gücü} = \text{Çıkış gücü} + Q \text{ (ısı kaybı)} \quad (11.2)$$

$$Q \text{ (ısı kaybı)} = Q_{H_2O} + Q \text{ (radyasyon ve kondüksiyon)} \quad (11.3)$$

Q(radyasyon ve kondüksiyon ile iletim), kutunun izole edilmesi ile ihmal edilebileceği varsayılırsa:

$$Q \text{ (ısı kaybı)} = Q_{H_2O} \quad (11.4)$$

ve böylece

$$\text{Verim} = \frac{\text{Çıkış gücü}}{\text{Çıkış gücü} + Q_{H_2O}} \times 100 \quad (11.5)$$

ve yine

$$Q_{H_2O} = WC_p \Delta T \quad (11.6)$$

Burada, W = su akışı, lb / dak

C_p = suyun özgül ısıdır. (1 Btu / lb °F)

Güç = hp (beygir gücü)

Aks verim testleri için seçilen temel çizgi (baseline) yağı sülfür-fosfor katkısı içeren API GL-5'in SAE 90 tipi dişli yağıdır.

Bu testlerdeki koşullarda, iki farklı grup kullanılmıştır. İlk durumda aksa sürekli soğutma uygulanmış, yağ sıcaklığının kendi seviyesine ulaşmasına izin verilmiştir. İkinci durumda sabit bir yağ sıcaklığı aksa değişken soğutma uygulanarak sağlanmıştır. Sonuçlar düşük viskoziteli yağların, her iki durumda da daha iyi verime sebep olduklarını göstermiştir. 2. durum araç kullanım şartlarına daha yakın olduğu için, bu durum diğer eleme testleri için kullanılmıştır. Aks verimi; azalan yağ viskozitesi ve yol yükünde 40 ve 55 mil / h'lık şartlarda performans katkı maddelerindeki değişiklik ile artar. Ama 70 mil / h'da verimde çok az bir farklılaşma olur. En yüksek aks verimleri, SAE 75 W sentetik temelli yağı GJ ile elde edilmiştir.

Aks verimi, yağ viskozitesi ve performans katkı maddelerinden etkilenir. Verimde % 1.8'lik maksimum iyileşme bu üç grubunun ortalaması ile elde edilmiştir.

1. grubun bir modifikasyonudur; SAE 40 tipi yağı, seçilen bir SAE 10W-40 tipi motor yağı ile değiştirmekle bu grup oluşturulmuştur. 3. grup yağların hepsi sentetik temellidir ve SAE 10W-40 motor yağı, deneysel yüksek yoğunluk ATF ve SAE 75W sentetik dişli yağından oluşmaktadır.

Tablo 11.7 Yağlama grubu araştırma testi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yağlama grubu	Motor yağı	ATF	Arka aks
1	SAE 40 baseline (C)	Ticari baseline (TA)	SAE 90 baseline (GA)
2	SAE 10W-40	TA	GA
3	SAE 10W-40 (J)	Yüksek yoğunluk (TD)	SAE 75W (GJ)

Bu testler için kullanılan test prosedürü şöyledir:

Sürme periyodu için federal dayanıklılık sürüş çizelgesinin 10 turu (11 tur federal ölçüdür) temel alınmıştır. Ülke çapındaki hız limitine uyularak maksimum araç hızı bu 10 tam turun 55 mil / h (89 km / h) olmuştur. Ortalama araç hızı 29.5 mil / h (47.5 km / h)'dır. Bunun ardından 350 inç³ (5.761) hacimli (CID), V8 motoru ile güçlendirilmiş büyük boy (full sized), 1975 model 3 tane aynı araç önce karavan gibi teste başlamışlardır, ama sonra çekmeyi önlemek için birbirilerinden ayrılmışlardır. 3 profesyonel sürücü ve 3 yağ grubu tüm araçlarda değiştirilerek kullanılmıştır. Her bir gün 10 tam tur (75 mil) sürüşleri 7.5 millik bir piste belirli bir yağ-sürücü-arac

kombinasyonunda yapılmıştır. Bir sürüş soğuk ilk hareketle diğerleri sıcak motorla yapılmıştır. 54 test, sürücüleri, örnekleri ve araçları tamamen değiştirip tüm araçlarda ayrı ayrı kullanmak için ve sabahları (soğuk ilk hareket) ve öğleden sonraları (sıcak motor) sürüşleri için gerekmiştir.

Pist testleri için yakıt ekonomisi ölçümleri ortalama çevre hava şartları için düzeltilmiştir. Tablo 11.8 pist testleri için düzeltilmiş yakıt ekonomisi sonuçlarını verir, 2. grup yağın 1. gruba karşı soğuk ilk hareket yakıt ekonomisinde % 2.2'lik bir iyileşme ve sıcak motor durumunda % 1.1'lik iyileşme verdiği görülecektir. 3. grup yağ 1. gruba karşı, soğuk başlangıçta % 1.3'lük ve sıcak motor durumunda % 0.5'lik bir iyileşme vermektedir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Tablo 11.8 Yakıt ekonomisi araştırma testi : Düzeltilmiş yakıt ekonomisi
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yağlayıcı grubu	Test zamanı	Ortalama yakıt ekonomisi mil / US gal	Baseline'deki gelişme	
			mil / US gal	%
1	a.m.	12.90	-	-
Baseline	p.m.	13.14	-	-
2	a.m.	13.18	0.28	2.2
(Motor yağı 1 / baseline ATF / baseline dişli yağı)	p.m.	13.29	0.15	1.1
3	a.m.	13.07	0.17	1.3
(Motor yağı J / ATF TD / dişli yağı GJ	p.m.	13.20	0.06	0.5

Ortalama çevre koşulları (Basınç, 104.2 k N / m² Sıcaklık, 11.4 °C
Kuru hava nemi, 6.57 g / kg)

Bu testlerde yakıt ekonomisini etkileyen değişkenlerin doğrusal gerileme analizleri 2. grup ve 3. grup yağların sıcak motorla öğleden sonra kullanımından meydana çıkan artan yakıt ekonomisinin sürücü farklılıkları ile hatta profesyonel sürücülerle bile telafi edilebileceğini

gösterir. Yakıt ekonomisindeki artan bu tip kazançlar normal sürüş koşullarında anlamsız olabilir ki bu durumda daha çok değişken sürücü etkeni vardır. Diğer taraftan yağ etkileri, soğuk başlangıç durumlarında sürücü etkisinden daha önemlidir. Bu sebeple seçilen yağlar, bu koşullarda gerçek kullanımlarda önemli yakıt kazançları sağlayabilirler.

Sentetik temelli yüksek yoğunlukta ATF li sentetik SAE 10W-40 motor yağı ve sentetik temelli SAE 75W aks yağından oluşan 3. grup yağ dinamometre eleme testlerinde en iyi sonuçları veren yağ olmuştur. Ama pist testi koşullarında bu durum ortaya çıkmamıştır. Yüksek yoğunlukta ATF, motor yağı ve arka dingil yağlayıcıları arasındaki ilişkileri incelemek için ekstra testler uygulanmıştır. Tablo 11.9, ticari ATF ile değiştirilen yüksek yoğunluktaki ATF'nin kullanıldığı temel yakıt ekonomisi testlerinin sonuçlarını göstermektedir. Yakıt ekonomisi ilk pist testleri için ortalama çevre hava koşullarına göre düzeltilmiştir. Bu karşılaştırmaların yapılması için 1, 2 ve 3. grup yağlar için orijinal pist testlerindeki sabah ve öğleden sonra elde edilen bilgilerin ortalaması alınmıştır. 4. grup yağ hakkındaki çok az bilgi bu karşılaştırılmanın yapılmasını engeller.

Tablo 11.9 Yakıt ekonomisi araştırma testi : Yakıt yoğunluklu ATF etkileri üzerinde elde edilen ilk sonuçlar
(Fuel Economy of the Gasoline Engine, 1979)

Yağlayıcı set	Düzeltilmiş yakıt ekonomisi km / l	Yağlama grubu üzerinde iyileşme, %		
		1	2	3
1 (baseline)	5.53	-	-	-
2 (motor yağı L / baseline ATF / baseline dişli yağı	5.63	1.7	-	0.8
3 (motor yağı J / ATFTD / motor dişli yağı GJ	5.58	0.8	-	-
4 (motor yağı J / baseline ATF / motor dişli yağı GJ	5.68	2.7	1.0	1.8

Ortalama çevre koşulları (Basınç, 104.2 k N / m² Sıcaklık, 11.4 °C
Kuru hava nemi, 6.57 g / kg)

4. grup yağ testi sonuçlarının 3. grupta karşılaştırılması pist test koşullarında yüksek yoğunluk ATF kullanımında yakıt ekonomisinde bir azalmayı gösterir. Ticari akışkan (commercial fluid) ile yer değiştirilmesi yakıt ekonomisinde % 1.8'lik bir iyileşme verir. Bu beklenmeyen sonucun sebebi şu anda anlaşılamamıştır. Bu duruma, gaz kelebeği pozisyonunun, egzost gazı resirkülasyon oranı, ateşleme avansı ve hava / yakıt oranının kompleks ilişkisi tarafından sebep olunmuş olabilir. Yüksek yoğunluk ATF için tüm yakıt ekonomisi potansiyeli diğer çalışma değişkenlerinde transmisyon tork konverterinin iyileşmiş verimini kullanabilmek için uygun ayarlamaların yapılması ile araştırılabilir. Motor ve tork konverterinin daha dolaylı birleştirilmesi tork konverterinin verimini iyileştirir ve yakıt ekonomisini artırır. Ama gerçek bir konverterden sıkı bir konvertere geçiş yapmak hızlanma kaybına sebep olur. Pist testinde araçlar karavan tipinde birbirini takip eder halde kullanılmışlardır ve karşılaştırmalı hızlar, hızlanma ve yavaşlama zamanları sürekli aynı tutulmuştur. Denk hızlanma için gaz kelebeği pozisyonunun değiştirilmesi yüksek yoğunluklu ATF'nin getirdiği faydayı önleyebilir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

Chamberlin ve Sheahan bu çalışmadan araç pist testlerinin iyileşmiş benzin motoru yakıt ekonomisini, motor yağı ve transmisyon yağının seçilmiş kombinasyonları yoluyla gösterdikleri sonucunu elde etmişlerdir.

General Motors'un sonuçları ile büyük uyum göstermektedir. General Motors deneyleri, büyük boy (full – sized) Amerikan araçları ile yapılmıştır ve yakıt ekonomisinin motor ve transmisyon yağları viskozitesinin düşürülmesi ile iyileştirilebileceğini göstermiştir. Ticari motor ve aks yağları kullanarak, soğuk başlangıçta şehir dışı bir test için yüksek ve düşük viskozitedeki yağlar arasındaki % 5'lik bir yakıt ekonomisi farkını gösterebilmişlerdir. Motor yağı viskozitesindeki bir azalma en büyük etkiyi verir. Aks yağı viskozitesindeki bir azalma transmisyon sıvısı viskozitesindeki azalmadan daha büyük bir etkiye sahiptir. Ayrıca otoyolda, sabit hız sıcak (ısınmış) motor koşullarında, düşük viskozite motor (SAE 10W) ve arka dingil (SAE 80W) yağları için yüksek viskozite

yağları ile karşılaştırılığında (SAE 20W-50 ve SAE 90) % 2-3'lük bir yakıt ekonomisi kazancını gözlemlemişlerdir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

11.5 Araç Üreticileri Tarafından Yapılan Aks Yağlayıcıları ile İlişkili Yakıt Ekonomisi Üzerindeki Çalışmalar

Dişli yağları ile iyileşmiş aks verimi ve buna eşlik eden yakıt kazançları için 2 yol vardır. Birincisi arka dingil verimini artıran EP katkı maddelerinin kullanımı ve ikincisi düşük viskozitede yağların kullanımınıdır. Bir üreticinin, belirli çalışma koşullarında yolcu aracı yakıt tüketimini, klasik GL-5 katkı maddesinin düşük sürtünmeli EP GL-5 katkı maddesi ile yapılacak basit bir yer değiştirme ile en az % 4 iyileştirilebileceğini gösterir.

Diğer çalışmalar benzer iyileşmelerin daha düşük viskozitede arka dingil yağları kullanılarak elde edilebileceğini gösterir. Daha belirgin olarak SAE 75W gereksinimlerini karşılayan yağlar klasik SAE 90 tipi yağla karşılaştırıldıklarında ortak çalışma sıcaklığında daha da iyileşmiş verim gösterirler. McClintock ve Osborne düşük viskozite aralığındaki (aşağı yukarı 4.3 cSt 210 °F'de) yağların GL-6 performansını sağlamak için kullanılan yüksek kalite katkı maddeleri sistemi ile kombinasyon içerisinde kullanıldıklarında yeterli dingil ve yatak korunmasını sağlayacaklarını göstermişlerdir. Aks verimi ve bununla ilişkili yakıt ekonomisindeki iyileşmelerin en yüksek derecesi, düşük viskozitede temel yağlarla birleştirilmiş düşük sürtünmeli GL-5 katkı maddelerinin kullanımı halinde ortaya çıkacaktır. (Blackmore ve Thomas, 1979)

11.6 Sonuçlar

1- Motor yağı ve transmisyon yağının seçilmiş kombinasyonları yakıt ekonomisinde, 1-8 mil arası mesafelerde soğuk başlangıç ve soğuk havada kullanımda aşağı yukarı % 0.9-5'lik bir iyileşmeyi sağlar.

2- Yağ ilişkili yakıt ekonomisi iyileşmeleri 1 den 8 mile artan mesafelerde azalır.

3- İlk 8 milden sonraki yakıt ekonomisi iyileşmeleri küçük olmasına rağmen ihmal edilebilir değildir. (% 3'e kadar)

4- Yukarıdaki ifadeler büyük boy (full – sized) ve compact Amerikan araçları için saptanmışlardır.

5- Çevre hava sıcaklığı, seçilmiş yağdan kaynaklanan belirgin yakıt ekonomisini önemli ölçüde etkiler.

6- Yakıt ekonomisi üzerinde yağlayıcı viskozitesinin etkisi, motor yağları için arka dingil yağlarından –ki bu da otomatik transmisyon sıvılarından büyüktür- daha büyüktür.

7- Sadece sınırlı viskozite aralığındaki yağlar şu ana kadar test edilmiştir. Bu, yağ performansını devam ettirmek için katkı maddelerinin uygun seçimleri yapılabilirse genişletilebilir. (Blackmore ve Thomas, 1979)

12. MOTORLU TAŞITLARDAN OLUŞAN HAVA KİRLİLİĞİ ve GİDERME YÖNTEMLERİ

12.1 Giriş

Hızla artan sanayileşme hareketleri ile birlikte gelişen toplum yapısı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yeni ihtiyaçların giderilmesi çalışmaları, teknolojik, toplumsal çevre sorunlarını beraberinde getirmiştir. Gelişmiş ülkelerde çevre kirliliğine karşı halkın bilinçlendirilmesi, standartların oluşturulması kurumsallaşma gibi çalışmalarda önemli aşamalar katetmelerine rağmen, gelişmekte olan ülkelerde çevre bilinci doğru anlamda yeni yeni oluşmaktadır. Konu ile ilgili teknolojik ve yasal prosedür henüz tam anlamı ile oluşturulamamıştır. Çevre kirliliğinin en önemli parametrelerinden biri, canlıların içinde yaşadığı ortamı oluşturan ve yaşamın en temel ihtiyacını karşılayan hava kirliliğidir. Tüm canlılar üzerinde oluşturduğu çevresel etkinin yanısıra hava kirliliği, toplumları yeni bir yaşam biçimine zorlamaktadır. Hava kirliliğinin en önemli kaynağı yakma sistemleridir. Yakma sistemlerinin çevrede oluşturduğu hava kirliliği; yakılan yakıt miktarına, yakıt türüne, yakıt ve yakma sistemi özelliklerine, sistemlerin işletme biçimleri ile, topoğrafik ve meteorolojik şartlara bağlıdır. Hava kirliliğinin etken biçimde kontrolü, hava kirliliği oluşturan faktörlerin; oluşum mekanizmalarının, kirletici özelliklerinin ve kontrol mekanizmalarının çok iyi bilinmesine bağlıdır. (Yıldırım, 1997)

Tablo 12.1 Benzin ve Diesel motor emisyon faktörleri

(Mühendis ve Makina, Nisan 1997)

BİLEŞEN	SEMBOL	BENZİNLİ MOTOR	DİSEL MOTOR
		Kg / ton	Kg / ton
Karbonmonoksit	CO	375.01	8.83
Hidrokarbonlar	HC	32.61	20.02
Azotoksitler	NO _x	18.42	123.71
Partiküller	PM	1.96	16.19
Kükürtoksitler	SO _x	1.47	5.88
Aldehitler	HCHO	0.65	1.47

12.2 Egzost Gazlarından Kaynaklanan Kirlilik

Yakma sistemlerinden atmosfere atılan önemli hava kirleticileri, partikül maddeler (PM), kükürtdioksit (SO₂), azotoksitler (NO_x), hidrokarbonlar (HC) ve karbonmonoksit (CO) teşkil eder. Benzinli ve diesel motorların egzost gazları, hava kirliliğine neden olan etmenlerin başında gelir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan toplam kirleticilerin % 75'ini oluşturan egzost gazlarının bileşiminde; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış HC, aldehitler, ketonlar, karboksiklik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, CO, NO_x, SO₂, kurşun bileşikleri ve partikül bulunmaktadır.

Etkili parametrelerin değerlendirilmesi sonucunda benzinli ve diesel motorlar için emisyon faktörleri Tablo12.1 'de görüldüğü gibi türetilmiştir. Benzinli motorlarda karbonmonoksit (CO) ve yanmadan kalan hidrokarbonlar (HC), diesel motorlarda ise azotoksitler (NO_x) ve hidrokarbonlar en önemli yeri tutmaktadırlar. NO_x ve CO' ler için günümüze değin çok sayıda çalışma yapılması nedeniyle, henüz yetersiz aşamada bulunan HC emisyonları

üzerinde daha ayrıntılı olarak durulmuştur.

Benzinli motorlarda yaklaşık olarak, azotoksit emisyonları, 500-1000 ppm veya 20 g / kg yakıt, karbonmonoksit % 1-2 veya 200 g / kg yakıt, yanmamış hidrokarbonlar ise 3000 ppm veya 25 g / kg yakıt değerlerine kadar ulaşabilmektedir.

Hidrokarbon konsantrasyonları, benzinli ve diesel motorlarda birbirine çok yakın kabul edilebilirken, benzinli motordan oluşan karbonmonoksit konsantrasyon değeri yaklaşık olarak, 40 kat daha fazladır. Burada hava fazlalık katsayısının önemi açıktır.

Diesel motorlarda çalışma sıcaklık değerlerinin yüksek olması nedeniyle, benzinli motorlardan 7-8 kat daha çok azotoksit konsantrasyonları oluşmaktadır. Yakıt bileşen özellikleri nedeniyle is ve kükürtdioksit oluşumunun diesel motorlarda daha yoğun olduğu görülmektedir. (Yıldırım, 1997)

Motorlu taşıt emisyonlarının, ana kaynağı egzost sistemi olması yanında, yakıt tankı (%5-7), karbüratör (%5-10) ve karter havalandırması da (%18-22) önemli yer tutarlar. Motorların işletme şartları emisyon oluşumunda önemli faktörlerden biridir. Tablo 12.2' de rölanti, hızlanma, seyir ve yavaşlama aşamalarında, egzost emisyonlarının aldığı değerler verilmiştir.

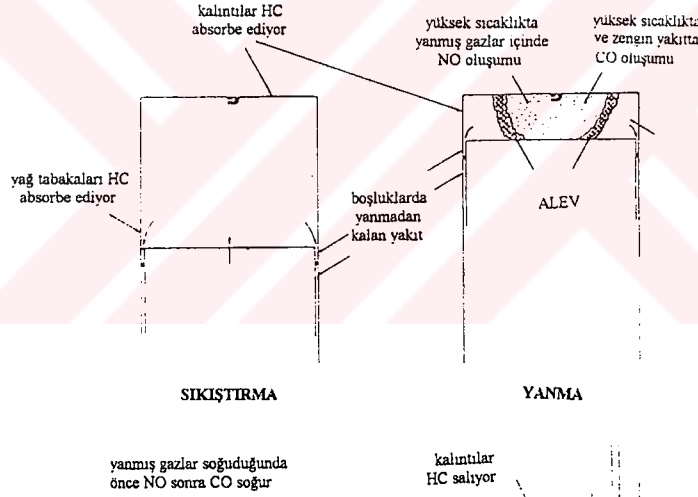
Tablo 12.2 Benzin ve Diesel motorlarında işletme şartlarına göre egzost tertibi
(Mühendis ve Makina, Nisan 1997)

Bileşen	Rolanti	Rolanti	Kısmi yük	Kısmi yük	Tam yük	Tam yük
Hacimce %	Benzinli	Diesel	Benzinli	Diesel	Benzinli	Diesel
Hidrokarbon , HC	0.01-0.05	0.005-0.06	0.01-0.02	0.01-0.035	0.01-0.03	0.02-0.06
Karbonmonoksit,CO	2-4.5	0.01-0.045	0.2-1	0.01-0.06	2-5	0.035-0.2
Karbondioksit, CO ₂	10-13	3.5	13.5-14	6.5	11-13	12
Azotoksitler, NO _x	0.005-0.03	0.005-0.025	0.25-0.35	0.025-0.08	0.15-0.45	0.06-0.15
Kükürtdioksitler , SO _x	-	-	-	-	0.343	3.496
Aldehit, HCHO	-	-	-	-	0.152	0.921
Hidrojen, H ₂	1.5	-	0.5	-	0.1-0.5	-
Oksijen, O ₂	1-1.5	16	1.5-2.5	14	0.3-0.5	10
Azot, N ₂	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan
Kurşun bileşikleri mg / m ³	50	-	40	-	50	-
Partikül madde (kg / ton)	-	-	-	-	1.96	16.19
Egzost sübabı çıkışında gaz sıcaklığı (°C)	200-250	100-200	550-650	250-550	750-850	550-750

Motorun kendi iç sürtünmelerini yenecek şekilde minimum devir sayısında çalıştığı rölanti durumunda devir sayısı 700-900 d / d, HFK<1 şartları mevcuttur. Bu şartlarda eksik yanma, soğuk cidarlar ve düşük basıncın oluşturduğu küçük yanma hızlarından dolayı, HC ve CO değerleri yüksektir. (Yıldırım, 1997)

Normal seyir şartlarında yol alan bir taşıtın gaz pedalından ayak çekilince, gaz kelebeği emme kanalını kapatacaktır. Şehir içi eğilimli yollarda aşağı doğru yol alındığı ve viraj geçişlerinde yapılan yavaşlama ile silindir içinde motor hızına bağlı bir vakum meydana gelir. Silindire gönderilen havanın azalması ile oluşan fakir karışım, buji çaktığında alev cephesi oluşturamaz. Dolayısı ile egzosta yanmamış HC gönderir. Ayrıca eksik yanma nedeniyle CO emisyonları da bu aşamada oldukça yüksektir.

İvmelenme aşamasında ayak, gaz pedalında durmakta ve içeriye yakıt / hava karışımı girmektedir. Devir sayısının artması ve zengin karışım özellikleri nedeniyle artan basınç ve sıcaklık etkisiyle NO_x ler yoğunur. Normal seyir halinde iken (90 km / h sabit hızda) $HFK > 1$ olduğunda hidrokarbon (HC) ve karbonmonoksit (CO)' ler daha az, azotoksitler (NO_x) daha yoğunur. (Yıldırım, 1997)



Şekil 12.1'de geleneksel bir benzinli motorun silindiri içindeki, kirleticilerin oluşum mekanizması görülmektedir. Yüksek sıcaklıkta yanmış gazların arkasındaki NO yapısını oluşturan kimyasal reaksiyonların tümü, kimyasal dengeye ulaşmamış azot ve oksijen atomları ile moleküllerini ihtiva eder. Yanmış gaz sıcaklığı yükseldikçe NO_x oluşumunun hızı artar. Genişleme zamanında yanmış gazlar soğurken, NO içeren reaksiyonlar donar ve NO_x ler, egzost denge şartlarında silindirden atılır. Yanma prosesi esnasında ayrıca CO'ler oluşur. Bu oluşumda hava hava fazlalık katsayısı HFK çok önemlidir. Zengin yakıt / hava karışımlarında yakıt içindeki tüm karbonun yanmasında havanın içindeki O_2 yetersiz kalabilir. Daha sonra genişleme zamanında, yanmış gaz sıcaklıkları düşerken, CO oksidasyon prosesi de sona erer.

Silindir içindeki kalan HC'ların bir kısmı atık yanmamış gazlar ile birlikte, daha sonraki çevrimde yakıt + hava ile karışırlar ve bir sonraki çevrimdeki yanma olayına ve HC emisyon prosesine katılırlar. Silindirden dışarı çıkan, yanmamış HC'ların bir kısmı ise egzost portunda ve manifoldta okside olurlar. Egzost manifoldu çıkışında ölçülen emisyonlar genellikle motor dışı (-na çıkan) emisyonlar olarak adlandırılır. Motor dışı emisyonlar, daha sonra, eğer kullanılıyorsa katalitik konvertöre girer. Motor dışı HC'ların % 90 veya daha fazlasını tutan katalitik konvertör, toplam emisyon kontrol sistemi içinde önemli yer tutar. Toplam HC oluşum proseslerinin; geniş anlamda ard arda gelen iki aşamadan meydana geldiği düşünülebilir. Birinci aşama; yanmanın sonuna kadar, ikinci aşama ise, yanma sonunda egzost gazlarının egzost borusundan çıktığı ana kadar olan kısmını içerir. Kaynak ve oksidasyon mekanizmaları olarak adlandırılan bu iki aşama Tablo 12.3'te özetlenmiştir. (Yıldırım, 1997)

Tablo 12.3 Kaynak ve Oksidasyon mekanizmalarının aşamaları
(Mühendis ve Makina, Nisan 1997)

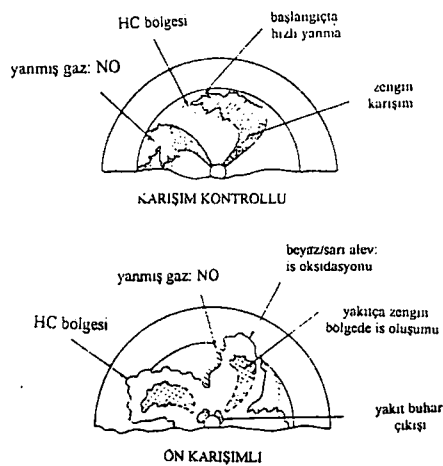
KAYNAKLAR	OKSİDASYON
1. Sıkıştırma zamanında yanma odası içindeki boşluk hacimlerin, yakıt buharı + hava karışımı ile dolmaya zorlanması	1. Genişleme prosesinin başlaması ile boşlukları dolduran yanmamış yakıt – hava karışımının bu boşluklardan dışarı doğru akması ile bir kısım HC' nun yanmış gazlarla karışması
2. Yakıt bileşenlerinin, silindir cidarındaki yağ tabakası içinde absorbe edilmesi	2. Yanmış gazlar içinde, yakıt buharının difüzyonu ile bir miktar oksidasyon oluşumu
3. Absorbe olan yakıtın, piston üst yüzeyi ve silindir başı üzerinde birikmesi	3. Sönüm gazlarının silindir duvarı üzerinde yanmış gazlar ile karışması
4. Silindir duvarı üzerindeki boşluklarda ilerlemeyen alevin sönmesi ve yanma odası duvarı üzerinde sönüm tabakalarını oluşturması	4. Silindir içindeki yanmamış HC'nun bir kısmının egzost süpürme prosesi boyunca egzost sistemine nakledilmesi
5. Alevin cidara ulaşmadan önce sönmesi ve yanmamış yakıt - hava karışımı kalması	5. Egzost zamanı sırasında, pistonun sebep olduğu gaz yerdeğişimi ile egzost içine ilave silindir içi yanmamış HC taşınması
6. Yanma tamamlanmadan önce, yanma için yeterli hava ile karışmamış ve buharlaşmamış bir miktar sıvı yakıtın silindir içinde kalması	6. Silindir dışındaki yanmamış HC' nun egzost port'u ve manifoldta sıcak egzost gazları ile karışması
7. Egzost valfinin açılıp kapanması boyunca, valf yatağında bir miktar karışımın sızıp kaçması	

En önemli HC kaynak mekanizmaları; yanma odası içinde bulunan boşlukların yakıt-hava karışımı ile dolması, yakıtın yağ tabakaları içinde absorpsiyonu ve desorpsiyonu, kalıntıların yağ filmi etkisi göstermesi, silindir içinde sıvı yakıt kalması ve subap yatak boşluklarındaki sızıntılardır.

Bir motorun normal yanma prosesinde, motor silindiri içine gönderilen yakıtın % 9'u yanmadan kalır ve bu miktar silindir dışına % 1.8-2.0 oranında motor dışı HC emisyonları olarak çıkar. Bununla birlikte, atık gazlar ve kompresyon kaybı etkisi nedeniyle yanmayan miktarın net % 7 olduğu söylenebilir.

Bu mekanizmalardan; boşluklar %38, yağ tabakaları ve kalıntılar %16, alevin sönümü %5, silindir içindeki sıvı yakıtın %20, egzost sübap yataklarından olan sızıntı %7 oranında, motor dışı toplam HC emisyonuna etki eder. Normal yanma süreci bitiminde oluşan oksidasyon miktarı, duvar ve yanmış gaz sıcaklıkları ile değişmektedir.

Benzinli motorlar, düzenli ve güvenilir bir çalışmayı garanti edecek şekilde normal olarak, stokiometriye yakın veya bir miktar yakıtça zengin şartlarda çalışırlar. HC emisyonu, yakıt-hava miktarının stokiometrik oranını aşır zenginleştirmekle hızlı bir şekilde artar. Yanma kalitesinin düşmesi ile, yani fakir karışıma karşılık gelen yakıt-hava miktarında da HC emisyonu artar. Bunun nedeni eksik yanma veya motorun çalışması esnasında tutuşmanın oluşmamasıdır.



ŞEKİL 12.2 Karışım öncesi ve kontrollü karışım yanma fazlarında Diesel bir motorda emisyon oluşum mekanizmaları
(Mühendis ve Makina, Nisan 1997)

Diesel motorlarda yakıt silindir içine enjekte edildikten bir süre sonra yanmaya başlar. Çevrimin kritik aşamalarının çoğunda yakıt dağılımı uniform değildir. Kirletici oluşum prosesleri genellikle, yakıt dağılımına ve dağılımın karışım zamanı ile nasıl değiştiğine bağlıdır. Şekil 12.2'de, karışım öncesi kontrollü karışım esnasında NO, yanmamış HC ve isin alev etkisi ile oluşumu ve yakıt parçacıklarının nasıl ayrıldığı görülmektedir. NO_x yüksek sıcaklıkta yanmış gaz bölgeleri içinde oluşmasına rağmen sıcaklık ve yakıt / hava oranı dağılımı yanmış gazlar içinde uniform değildir ve reaksiyon hızı çok yüksektir.

Egzost gazlarında CO emisyonu yanma için gerekli oksijenin yanma odasının tümünde veya bölgesel olarak yetersiz olmasından kaynaklanır. Özellikle çok silindirli motorlarda, yakıtın tüm silindirlere eşit dağılmaması sonucu bazı silindirlerde zengin karışım oluşurken bazı silindirlerde fakir karışım oluşmaktadır. Sıcaklığın düşmesiyle birlikte ortamda yeterli oksijen olması halinde, CO oksijenle birleşerek CO₂'ye dönüşmektedir. Ancak reaksiyon hızlarının düşük olması nedeni ile fakir karışımlı motorlarda bile dönüşüm işlemi tam olarak gerçekleşemez. CO oluşumu, HFK'nın bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Diesel motorlar ise HFK>1 olacak şekilde tasarımılandığından CO emisyonları daha düşük olmaktadır.

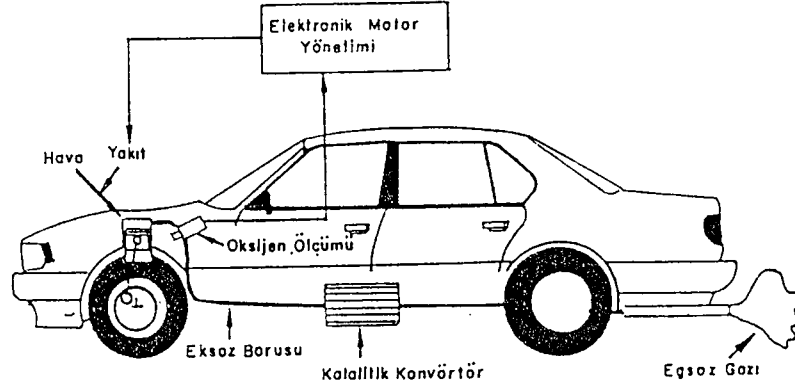
Azotoksitler ise, yanma sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklarda, havanın içindeki azotun, oksijen ile birleşmesi sonucu oluşur. NO_x'lerin oluşumunu etkileyen parametreler; yanma odasındaki sıcaklık ve hava / yakıt oranıdır. Sıcaklıktaki artış ile ortamda yeterli O₂'nin bulunması halinde NO_x miktarı artar. NO_x içinde genellikle NO miktarı daha fazla olup, egzost sistemi içinde bir kısmı O₂ ile birleşerek NO₂'ye dönüşmektedir.

Benzinli motorlar ile diesel motorlarını emisyon kontrolü yönünden karşılaştırdığımızda; diesel motorlarının CO ve HC emisyonlarının benzinlilere göre daha az, NO_x emisyonlarının ise biraz daha az düzeyde olduğu görülür. Çünkü diesel motorlarda HFK, benzinli motorlara göre daha yüksektir. Benzinli motorlarda, aşırı zengin karışımlar dışında PM emisyonu azdır. Buna karşın diesel motorlarda PM emisyonları benzinli motorlara

göre 20 kat daha fazladır. Diesel motorlarında oluşan katı karbon tanecikleri, HFK'ya bağlı olarak yanmanın tamamlanması için yeterli zaman bulamadığı durumlarda is emisyonuna neden olmaktadır. Burada diesel yakıtların bakiye yakıt özelliğinde olması etken bir faktördür. Bu partiküller, esas olarak yoğunlaşmış HC, kurum ve inorganik maddelerden oluşmaktadır. Diesel motorları, çalışma koşullarına bağlı olarak siyah, gri-beyaz ve mavi olmak üzere üç renkte duman yayarlar. Siyah duman, tam yanmamış yakıt zerrecilerinin oluşturduğu aerosoldür ve yanma odasına gereğinden fazla yakıt verildiğini gösterir. Gri-beyaz duman tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu nemli aerosol olup, uygun yanma koşullarının varlığını gösterir. Mavi duman ise yanmamış yakıt ve yağ karışımı olup, genellikle motorun bakıma ihtiyacı olduğunu gösterir. (Yıldırım, 1997)

12.3 Egzost Gazlarından Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi

Önceleri, egzost emisyonlarını azaltmak üzere kullanılan hava enjeksiyonu ve art-yakıcılar yüksek sıcaklıklara gereksinim gösterdiğinden, günümüzde katalitik konvertör uygulamaları önem kazanmıştır. HC,CO ve NO_x molekülleri, katalizörden geçerken ara tabaka gözeneklerinde tutulmakta ve soy metal tabakası yüzeyinde bilinen yükseltgenme ve indirgenme tepkimeleriyle CO₂, H₂O ve N₂ şeklinde arıtılmaktadır. Benzindeki kurşun, mekanik yoldan gözenekleri kapatarak, kimyasal yoldan soy metallerle birleşerek katalizörü zehirlemekte, böylece katalizör etkinliğini ve dönüşüm verimini azaltmaktadır. Bu nedenle kurşunsuz benzin kullanılmalıdır. Günümüzde indirgenme katalizörü yerine üç fonsiyonlu katalizör, küresel parçacıklı katalizör yerine ise seramik katalizör tercih edilmektedir. Şekil 12.3'te bu sistemin kullanıldığı bir araç gösterilmektedir.



ŞEKİL 12.3 Üç yollu katalizör teknolojisi kullanılan binek araç
(Mühendis ve Makina, Nisan 1997)

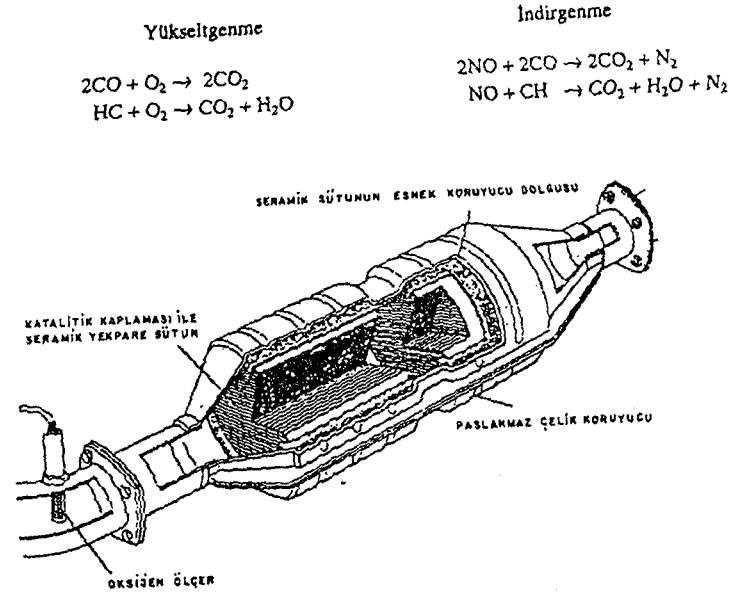
Bu sistemin ana parçası olan katalitik konvertör egzost borusu üzerine yerleştirilir. Şekil 12.4'te katalitik konvertör dizaynı gösterilmiştir. Üzeri yüzey alanını arttırmak için yıkayıcı ceket ile kaplanmış olan seramik yekpare sütun, taşıyıcıdır. Bu yıkama ceketinin üzerinde platin ve radyum ile kaplı aktif tabaka bulunur. Üç yönlü kavramı CO_2 'nin HC'ların yükseltgenmesini ve nitrojen oksitin indirgenmesini içeren üç ayrı reaksiyon tipini tanımlamaktadır. Stokiometrik oranı = 1 olarak tutabilmek için egzost borusuna motordan hemen sonra bir oksijen ölçücüsü yerleştirilmiştir. Bu ölçücünün sinyalleri yakıt / hava oranını kontrol eden elektronik motor yöneticisine iletilir. Üç fonksiyonlu kapalı devre egzost gazı arıtma sisteminde, motorlarda yakıt kontrolunun gelişmesine, HFK aralığına, gaz debisi, sıcaklık ve bu şartlarda kalış süresine bağlı olarak en iyi verim sağlanmaktadır. Üç fonksiyonlu terimi, CO, HC ve NO_x 'in aynı katalizörde giderilebilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Sistemde, CO ve NO, CO_2 ve N_2 'i oluşturmak üzere reaksiyona girerken HC ve NO, aynı gazları ve suyu oluşturmaktadır. Üç fonksiyonlu sistemin avantajı, iyi yakıt ekonomisini ve taşıt performansını sağlamasıdır. Sistemde hava pompası ve aspiratöre gerek duyulmamaktadır. Maliyeti azaltmak için Palladyum kullanımı üzerine çalışmalar sürmektedir. Modern üç fonksiyonlu katalizörler, en altta monolith olarak bilinen ve katalizörün şeklini veren taşıyıcı matris bulundurur. Normal olarak silindir biçimli monolith, yüksek sıcaklığa karşı dirençli ve kolay şekil verebilmesi nedeniyle magnezyum alüminyum silikat karışımından yapılır. Bu monolith uzunlamasına bir çok kere veya bal

peteği şekilli kanallar içerir. Bunun üzerinde yüzey alanını arttıran aliminyum oksitten oluşan ara tabaka ve katalitik aktif madde olarak Platin , Palladyum, Rodyum gibi soy metallerin ve hızlandırıcıların kullanıldığı mikron mertebesindeki kalınlıkta aktif üst tabaka vardır. Pt, Pd, CH ve CO'in yükseltgenmesi, Rh ise NO_x indirgenmesini hızlandırır. Bu metallerin katalizörlerdeki miktarı yaklaşık olarak 1-3 g dır. Sadece bu aktif tabaka katalitik etki gösterir, metal veya monolith taşıyıcı materyaldir. Hızlandırıcılar ise, aktif tabakadaki soy metallerin katalitik etkisini arttırmakta kullanılır. Katalizör, taşıtın çalışması sırasında mekanik gerilmelere uğrar ve egzost gazı seramik yüzeyden etkilenecek sıkıştırılır. Bu nedenle aktif madde ile kaplanmış seramik matriks, genleşme materyali ve paslanmaz çelikten bir gövde içine yerleştirilir. Burada hem genleşmelere karşı korur hem de muhafazası sağlanır. Genleşme materyali, reçine ve seramik liflerden yapılarak yaklaşık 350 °C sıcaklıkta genişleyebilmesi için dizayn edilir. Bu materyal, paslanmaz çelik gövde ve katalizör arasında gaz ve su sızmalarını önleyici madde görevini görür ve katalizörü mekanik etkilere karşı korur. Katalizörlerin gövdesi genellikle küçük, paslanmaz çelikten yapılmış ve egzost susturucusu şeklinde olup normal egzost sistemlerine kolayca monte edilebilir.

12.4 Sonuç

Motorlu taşıtlardan, düşük emisyon değerlerinde yüksek performans eldesi için, motor silindiri içindeki karışımın ve yanma prosesinin optimal koşullarda meydana gelmesi gereklidir. Egzost emisyonlarının istenen değerlere çekilebilmesi için katalitik konvertör kullanımı, bu aşamada önemli bir yer tutmaktadır. Gelecekte, tamamen kurşunsuz benzin kullanımına geçilmesi, diesel partikül tutucuların uygulamaya konması, katalizör kullanımının zorunlu hale getirilmesi ve LPG gibi alternatif yakıt ve elektrik enerjisinin taşıtlarda kullanımı gibi önlemler hava kirliliğinin azaltılması çalışmalarında çok önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde otomobil tasarımcıları çok sayıda faktörü gözönüne almak zorundadırlar. Bu faktörlerden biri de egzost emisyonlarıdır. Tasarım aşamasında iken emisyon oluşum mekanizmalarını bilmek ve tasarımı ona göre yapmak, pek çok kriteri sağlaması gereken motorun, optimum performansı vermesinde önemli rol oynayacaktır. Bunun dışında, yol trafiği de çok önemli bir emisyon kaynağıdır. Özellikle şehirlerde şahsi araç kullanımından kaçınılması, trafik işleyişinin emisyonları düşürecek şekilde ayarlanmasını ve kirlilik bulunan bölgelerde trafik sınırlamalarının uygulanmasını

amaçlamalıdır. (Yıldırım, 1997)



ŞEKİL 12.4 Binek arabalar için katalitik konvertör dizaynı
(Mühendis ve Makina, Nisan 1997)

13. TAŞIT EGZOSTUNDAN KAYNAKLANAN KİRLETİCİLERE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

13.1 Motor İçinde Oluşan Kirletici Maddeler ve Oluşum Nedenleri

13.1.1 Karbonmonoksit (CO)

Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin (O₂) yetersiz olmasıdır. 1 kg benzin veya diesel yakıtının tam yanması için yaklaşık 14.5 kg hava gereklidir. Eğer hava fazlalık katsayısı 1'den küçük ise, yani yakıt-hava karışımı içinde gerekenden daha az hava var ise yanma yetersiz oksijen ortamı içinde olacak ve yakıtın karbonunun tümü CO₂'ye dönüşemiyerek CO olarak kalacaktır. Motorda silindir içinin tümü ele alındığından oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tam homojen (silindir içinde her yerde aynı yakıt / hava oranı) olmaması durumunda silindir içinde belirli bir konumda yerel olarak yetersiz olabilir. Buradan da anlaşılacağı gibi CO oluşumu büyük ölçüde hava fazlalık katsayısına bağlıdır.

13.1.2 Azot oksitler (NO_x)

Normal şartlar altında havanın içindeki azot yanma sonucunda reaksiyona girmez. Ancak motor içinde ulaşılan yüksek sıcaklıklarda (1600 °C nin üstünde), havanın içerisindeki azotun oksijen ile reaksiyona girmesi ile azot oksitler oluşmaktadır. Azot oksitler içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzost gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu, oksijen ile temasında NO' nun bir kısmı NO₂ ve öteki NO_x 'lere dönüşmektedir. Sonuç olarak, azot oksitin oluşumunu silindir içi sıcaklığın büyük ölçüde etkilediği, sıcaklık arttıkça azot oksitin hızla arttığı anlaşılmaktadır.

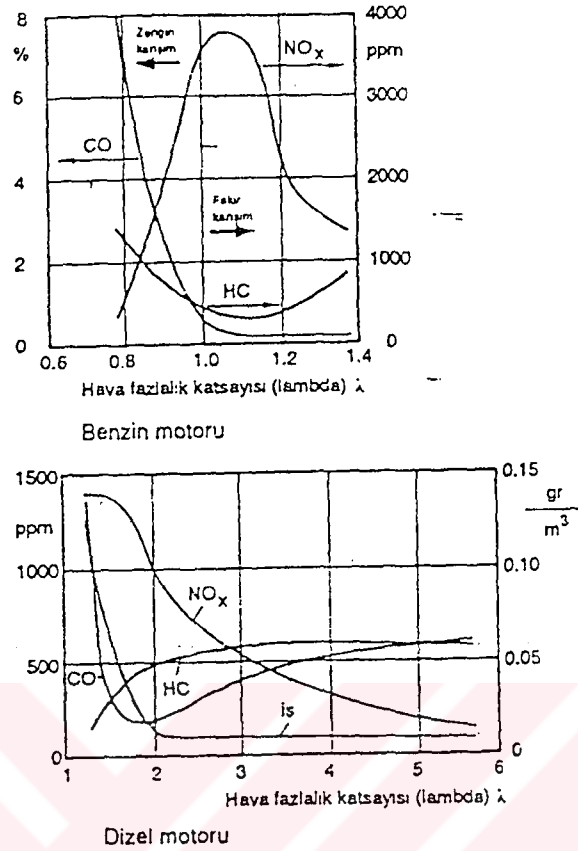
Azot oksit oluşumunu etkileyen bir diğer parametre de HFK'dır (Hava fazlalık katsayısı). HFK=1.1 civarında (yani azot ile birleşecek oksijenin bulunması durumu) azot oksit oluşumu en fazla olmaktadır. Ancak HFK 1.1'den büyük olursa, yani daha fakir karışım halinde, silindir içi sıcaklık, reaksiyona giren gaz miktarının azalması ile düşecek ve NO_x emisyonunda hızlı bir azalma gözlenecektir.

13.1.3 Hidrokarbonlar (HC)

Egzost gazları içerisindeki hidrokarbon bulunması yakıtın tam olarak yakılamadığını gösterir. Hidrokarbon oluşumunun ana nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucunda (HFK 1'den küçük-zengin karışım) yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu durum; Silindir içinde bazı bölgelerde yakıt hava karışım oranının çok zengin veya çok fakir olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının yavaşlaması ve yanmanın tamamlanamaması, Silindir içerisindeki soğuk cidarlara (silindir, silindir kafası ve piston üst yüzeyi) ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi, Piston silindir arası gibi dar bölgelerde alevin ilerleyemeyerek sönmesi nedeniyle oluşmaktadır

13.1.4 Partiküller (İs)

Diesel motorunda silindir içinde sıvı halde bulunan yakıt damlasının içindeki H₂ molekülleri, hızlı bir şekilde reaksiyona girmekte (oksijenle birleşmekte) ve geriye kalan C yeterli O₂ bulamadığından yanamayarak is partikülleri halinde dışarı atılmaktadır.İs oluşumunun başlıca nedeni diesel yakıtının silindir içinde yeterli hava bulamaması, veya zamanında hızla hava ile karışamaması ve buharlaşamamasıdır. Bu nedenle diesel motorları her zaman tam yanma için gerekenden daha fazla hava ile çalıştırılırlar. Hava miktarı genellikle 1 kg yakıt için 20 kg'ın altına düşürülmez.(Şekil 13.1)



ŞEKİL 13.1 Benzin ve diesel motorlarında HFK'nın egzostdaki kirlenici konsantrasyonlarına etkisi
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleniciler, 1995)

Karbon taneciklerinden oluşan isin doğrudan insan sağlığına bir etkisi henüz tam anlaşılammıştır. Ancak is partikülleri, yanma odası içerisindeki kanserojen ve tahriş edici etkisi olan yakıt ve yağ moleküllerinide hapsederek insan sağlığını doğrudan tehdit eden bir hale dönüşürler. (Kutlar vd., 1995)

13.1.5 Kükürtdiokit (SO₂)

Yakıt içerisinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak, özellikle diesel motorlarında, yanma sonucu kükürtün hava ile birleşmesi ile SO₂ oluşmaktadır. Atmosferdeki su buharının etkisi ile kükürtdioksit sülfürik aside (H₂SO₄) dönüşür ve insan sağlığını olumsuz yönde etkiler.

13.1.6 Kurşun ve kurşunlu bileşikler

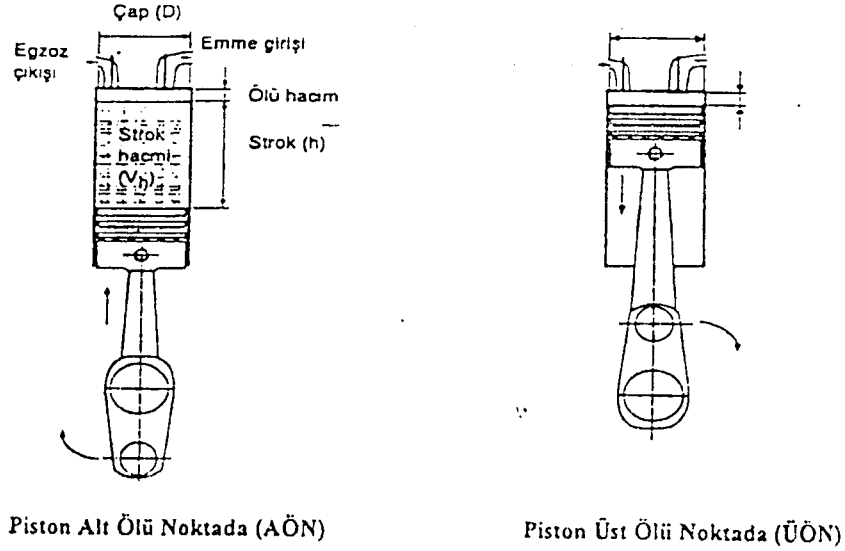
Benzin motorlarında, vuruntuyu önlemek amacıyla, yani yakıtın oktan sayısını artırmak için katkı maddesi olarak benzine eklenen kurşuntetraetil $Pb(C_2H_5)_4$, yanma sonucunda egzost gazları içerisinde kurşun ve kurşun bromür gibi bileşenlerin oluşmasına neden olmaktadır. Süper benzinin oktan sayısının daha yüksek olması gerektiği için yakıtta çok kurşun bileşimi katılmakta ve bu da süper benzinle çalışan motorlarda kurşun emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Burada sözü edilen oktan sayısının artışı, benzinin ısı değerini arttırmamakta, fakat yakıtın yüksek sıcaklık ve basınçlar da kendi kendine tutuşma (vuruntu olayını) eğilimini azaltmaktadır. Yani süper benzin daha zor tutuşur. Oktan sayısının artmasıyla birlikte benzin motorlarının sıkıştırma oranı arttırılabilmekte ve bu da motorun verimini iyileştirmekte, yakıt tüketimini düşürmektedir.

13.2 Motorun Yapısal Özelliklerinin Etkisi

Benzin ve diesel motorlarda, motor tasarımına ilişkin çeşitli parametrelerin değişimi de egzost gazları içerisindeki HC, CO, NO_x ve is miktarlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

13.2.1 Yanma odası şekli ve yüzey / hacim oranı

Yanma odası, piston silindir içinde en üst konuma (üst ölü nokta, ÜÖN) geldiği zaman, piston ile silindir kafası arasında kalan kısım olup, bu odanın şeklini piston üst yüzeyi ile motor kafasının alt yüzeyi belirlemektedir. Yanma odasının yüzey alanının hacmine oranı emisyon açısından önemli bir parametredir. Yanma odasının şekli yuvarlak (küre benzeri) ise hacmi büyük buna karşın yüzeyi az olur ve yanma sırasında dışarı itilen ısı az olacağından sıcaklıklar yüksek olur. Aksi durumda, diğer bir deyişle yanma odasının uzun ve ince bir şekle sahip olması durumunda ise sıcaklıklar düşük olacaktır. Yüzey/hacim oranı yanma odasının geometrisine, yani çap / strok orantısına ve sıkıştırma oranına bağlıdır. Bu büyüklükler Şekil 13.2'de gösterilmiştir. Ayrıca silindir kafasının ve piston üst yüzeyinin geometrisi de yanma odasının yüzey / hacim oranını etkiler.



ŞEKİL 13.2 Piston biyel mekanizmasına ve yanma odası şekline ait büyüklükler
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

AÖN = (Alt ölü nokta) pistonun silindir içinde ulaştığı en alt konum.

ÜÖN = (Üst ölü nokta) pistonun silindir içinde ulaştığı en üst konum.

Çap = (D) Silindir iç çapı (mm)

Strok = (h) Pistonun AÖN ile ÜÖN arasında yukarı aşağı toplam katettiği yol (mm)

Strok hacmi = (Vh) Pistonun ÜÖN'dan AÖN'ya hareketi ile silindir içinde oluşan hacim değişimi (cm³)

Strok / çap =Eğer bu oran 1 den küçükse silindir çapı stroka göre büyüktür (kısa stroklu motor = yüksek hızlı motor). Eğer bu oran 1 den büyükse strok silindir çapından daha büyüktür (uzun stroklu motor = düşük hızlı motor).

Ölü hacim = Piston ÜÖN'ya ulaştığında silindir içinde kalan hacim.

Sıkıştırma oranı(ϵ) = Piston AÖN' ya ulaştığında oluşan en büyük silindir hacminin (strok hacmi+ölü hacim), piston ÜÖN'ya ulaştığında oluşan en küçük hacme (ölü hacim)oranı.

Yanma odası sıcaklığının egzost emisyonuna etkisi aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Yanma odasının yüzey sıcaklığı malzemenin dayanma sınırı nedeniyle,diesel motorlarında 350 °C, benzin motorlarında ise 250 °C' yi aşmamalıdır.Ancak bu kadar düşük

sıcaklıklarda yanmanın yüzeye kadar ilerlemesi mümkün olmamakta ve alev yüzeye yakın bölgelerde sönmektedir. Sözü geçen alev sönme bölgesinde yanma tamamlanamadığı için egzosttan tam yanmamış yakıt (HC-hidrokarbon) atılmaktadır. Sonuç olarak, alev sönme bölgesindeki artış doğrudan HC emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Burada sözü edilen HC emisyonundaki artış diesel motorunda benzinli motora göre çok daha azdır. Bunun nedeni ise, diesel motorunda silindire sadece havanın emilip yakıtın ise sıkıştırma sonuna doğru püskürtülmesi ve püskürtülen yakıtın soğuk cidarlara yaklaşımadan yakılmasıdır. (heterojen karışım: yakıt ile hava silindir içinde her bölgeye eşit oranda karışmamış olup yakıt demetinin püskürtüldüğü yerlerde yakıt çok hava az, silindir cidarlarına yakın bölgelerde hava çok yakıt az bulunmaktadır). Buna karşılık benzin motorunda silindir içine homojen yakıt hava karışımı (yakıt ile hava silindir içinde her bölgeye eşit oranda dağılır) emildiğinden soğuk cidarlara yakın bölgelerde de oldukça çok yakıt buharı bulunmaktadır. Yüzey alanının hacme oranı artınca ısı kayıpları da arttığından yanma odası içindeki sıcaklıklar düşecek ve böylece egzostdaki NO_x azalacaktır. CO emisyonunda ise yüzey / hacim oranına bağlı olarak belirgin bir değişim olmamaktadır. Çünkü bu bileşene sıcaklıktan çok hava yakıt oranı etkilidir.

Benzin motorundan kaynaklanan emisyon miktarları ayrıca yanma odası içindeki hava hareketlerine, bu hareketlerin miktarı ve yapısı ise yanma odasının geometrisine bağlıdır.

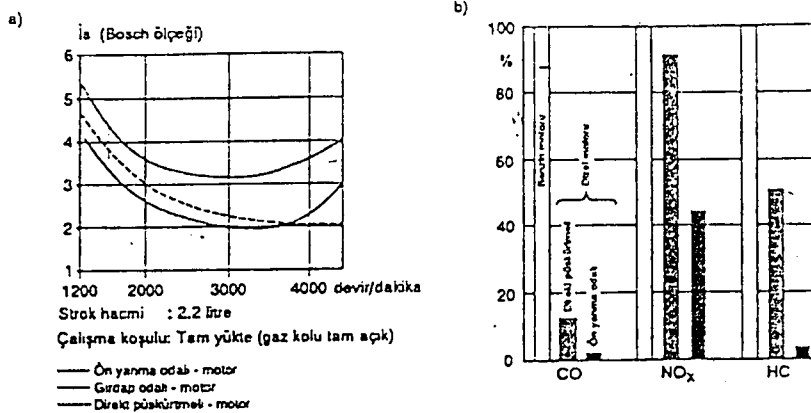
Yanma odası içindeki hava hareketlerinin artırılması alev hızını da artırmakta ve böylece alev sönme bölgesinin kalınlığı azalarak HC emisyonu olumlu, sıcaklık arttığından ise NO_x emisyonu olumsuz etkilenmektedir. Benzin motorlarında yanma hızının artırılması ayrıca vuruntu olasılığını da azaltmaktadır. (Kutlar vd., 1995)

Diesel motorlarında da yanma odasının tipleri ve şekli emisyon miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. HC emisyonları açısından direkt püskürtmeli motorlarla ön yanma odalı motorlar arasında önemli farklar bulunmaktadır. Düşük yüklerde bu fark daha da belirgindir. (Şekil 13.3)

Direkt püskürtmeli diesel motorlarında püskürtmenin yapıldığı , piston içerisindeki çanak şeklindeki oyuğun geometrisi ve boyutlarının, hava hareketleri açısından, önemi büyüktür. (Şekil 13.4)

Direkt püskürtmeli motorlarda pistonun ÜÖN'ya yaklaşması ile piston üst yüzeyinden çanak içine doğru bir hava hareketi sağlanmaktadır. Bu da sıvı olarak püskürtülmüş olan yakıt demetinin daha kolay parçalanmasını ve daha küçük damlacıklara ayrılmasını sağlayarak is oluşumunun azalmasına neden olur. Bu şekilde oluşan hava hareketinin hızı büyük ölçüde, ÜÖN ya geldiği anda, pistonun en üst yüzeyi ile motor kafası arasında kalan boşluk azaldıkça artmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi, direkt püskürtmeli motorlar piston üst yüzeyi ile motor kafası arasında kalan boşluk mümkün olduğu kadar az olacak şekilde imal edilerek is emisyonunu düşürülebilir.

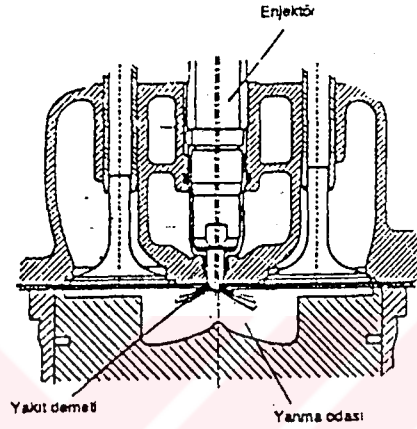
Bölünmüş yanma odalı diesel motorlarında ise ön yanma odası ile ana yanma odası arasındaki kanalın yapısı (büyüklüğü) kirletici egzost emisyonunu etkilemektedir. (Şekil 13.5) Kanal kesitinin küçültülmesi partikül ve HC emisyonunu azaltmaktadır. Çünkü kanal kesiti küçüldükçe, ön yanma odasındaki hızlar artmakta ve yakıt demeti daha kolay parçalanmaktadır. Ancak bu durumda yanma hızlanıp sıcaklıklar artacağından NO_x emisyonu artmaktadır. Bu durum ayrıca ilk hareket güçlüğü yaratmaktadır.



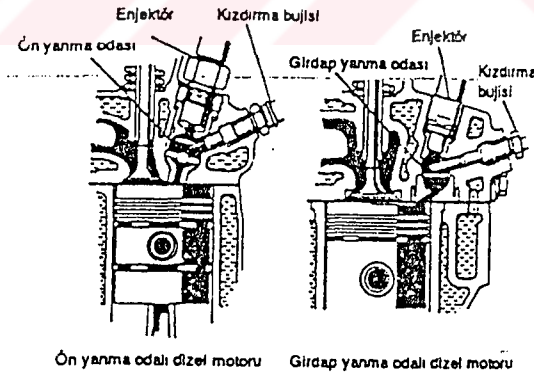
ŞEKİL 13.3 Karşılaştırma
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

a) Eşit hacimli farklı yanma odası tipine sahip diesel motorlarının tam yükte oluşturduğu emisyonlarının karşılaştırılması.

b) Benzin ve diesel motorlarının egzost gazlarındaki CO, NO_x ve HC emisyonlarının % cinsinden karşılaştırılması .



ŞEKİL 13.4 Direkt püskürtmeli diesel motorunun yanma odası kesiti
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)



ŞEKİL 13.5 Ön ve girdap yanma odalı diesel motorlarının yanma odası kesit resimleri
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

13.2.2 Sıkıştırma oranı (ϵ)

Sıkıştırma oranının artırılması, yanma odasında, benzin motorlarında yakıt hava

karışımının, diesel motorlarda havanın sıkıştırma sonundaki sıcaklığını (sıkışan gazların sıcaklığı artar) artıracığından ısı verimin artmasını sağlamaktadır. Isıl verimin artması ise yakıtın ısı (daha doğrusu kimyasal) enerjisinin daha yüksek oranda faydalı güce dönüşmesi anlamına gelmektedir. Bu durumda motorun özgül yakıt tüketimi azalmakta (birim güç başına birim zamanda tüketilen yakıt = g / kWh veya g / BGh) ve maksimum güç de artmaktadır.

Sıkıştırma oranının artışı yüzey / hacim oranını artırdığından alev sönme bölgesi büyümekte ve HC emisyonu artmaktadır. Ancak sıkıştırma oranının artışı ile güçtede bir artış meydana geldiğinden özgül HC emisyonunda (birim güç başına gram olarak HC emisyonu) artış olmamakta hatta düşüş bile görülebilmektedir. Sıkıştırma oranı artışı ile yanma odası sıcaklıkları arttığından, NO_x ' de artış göstermektedir.

Motorlarda tasarım aşamasında, sıkıştırma oranını belirleyen en önemli etken benzin motorlarında vuruntu sınırı (sıkıştırma oranı arttıkça yakıt hava karışımının kendi kendine yanma odasının çeşitli noktalarında küçük alev çekirdekleri halinde tutuşma olasılığı artmakta), diesel motorlarında ise soğukta ilk hareket olmaktadır. (sıkıştırma oranı azaldıkça,soğukta silindir içinde sıkıştırılan havanın sıcaklığı düşük olacağından,ilk hareket zorlaşmaktadır) Benzin motorlarında $\epsilon = 8-11$, diesel motorlarında ise $\epsilon = 15-24$ arasında değişmektedir.

13.2.3 Emme kanalı şekli

Motorlarda (benzin veya diesel)karışım ve yanma olaylarının iyileştirilmesi için yanma odası içerisindeki hava hareketlerinin ve türbülansın artırılması istenmektedir. Bunu sağlamanın yollarından biri de emme kanalı şeklinin ayarlanmasıdır. Özellikle direkt püskürtmeli motorlarda, silindir içindeki havanın çevresel döngü hareketi (swirl) emme kanalının silindire girişte uygun bir yay çizmesi ile sağlanır. Ancak emme kanalı, yanma odasındaki hava hareketlerini arttıracak şekilde tasarlandığında motorun volumetrik verimi bir ölçüde azalacak ve motorun maksimum gücü düşecektir. Bu nedenle, amaca göre

geometrinin optimize edilmesi gerekmektedir.

13.2.4 Sübap zamanlaması

Emme ve egzost sübaplarının açılma kapanma zamanlamasında, motorun çalışma koşullarını en çok etkileyen parametrelerden biri, egzost sübapının kapanma ve emme sübapının açılma zamanıdır. Çünkü emme olayının başlangıcı ile egzost gazlarının atılması birbirine çok yakın zamanlarda olmakta hatta kesişmektedirler. (sübap bindirmesi: emme ve egzost sübaplarının aynı anda açık kalması) Egzost ve emme sübaplarının birlikte açık kalma süresi emisyonunu da büyük ölçüde etkilemektedir. Şekil 13.6' da dört zamanlı benzin veya diesel motorunda emme ve egzost sübapının açılma kapanma zamanlamasını (Krank mili açısına -KMA göre) gösteren örnek bir diyagram gösterilmiştir.

Emme ve egzost olayının kesişmesinin uzaması yüksek devirlerde egzost gazlarının atımını kolaylaştırır ve motor gücünü artırır. Ancak bu durumda düşük devirlerde motor düzgün çalışmayabilir ve benzin motorlarında emilen taze karışımın bir bölümünün egzostdan kaçması, HC emisyonunu artırır. Buna karşılık subap bindirme süresi kısa tutulursa, egzost gazlarının bir bölümü dışarı atılmayarak, emme kanalından giren taze dolgu ile karışır ve yanma sonucu sıcaklığı düşer. (egzost gazları tekrar reaksiyona katılmazlar) Bu da NO_x emisyonunu azaltıcı yönde etkiler.

Egzost sübapının açılma zamanı ise HC emisyonunu etkilemektedir. Erken açılma durumunda silindir içinde yanmanın tamamlanamaması dolayısıyla egzostdaki HC emisyonunda artış olacaktır. Egzost açılma zamanının NO_x emisyonu üzerinde etkisi yok denebilir.

13.2.5 Ateşleme sistemi (buji sayısı, konumu ve tipleri)

Bilindiği gibi ateşleme sistemi benzin motorlarında kullanılmaktadır. Bujinin motor kafasındaki yeri ve silindir başına buji sayısı ve bujinin cinsi (sıcak veya soğuk buji) motorun HC ve NO_x emisyonları, gücünü ve vuruş olasılığını doğrudan etkilemektedir.

Buji yanma odası içinde mümkün olduğu kadar ortalarda ve en sıcak noktaya da mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Böylece yanma hızlanırken vuruntu olasılığı da azalır. Ayrıca yanma odası başına kullanılan buji sayısının artması (iki veya üç buji) halinde, özellikle kısmi yüklerde ve fakir karışımla çalışan motorlarda yanma kararsızlığını azaltacağından HC emisyonu azalır ancak yanmanın iyileşmesi ile artan sıcaklığa bağlı olarak NO_x emisyonu artar. Diğer bir önemli noktada kullanılan bujinin sıcak soğuk tip buji oluşudur. (Kutlar vd., 1995)

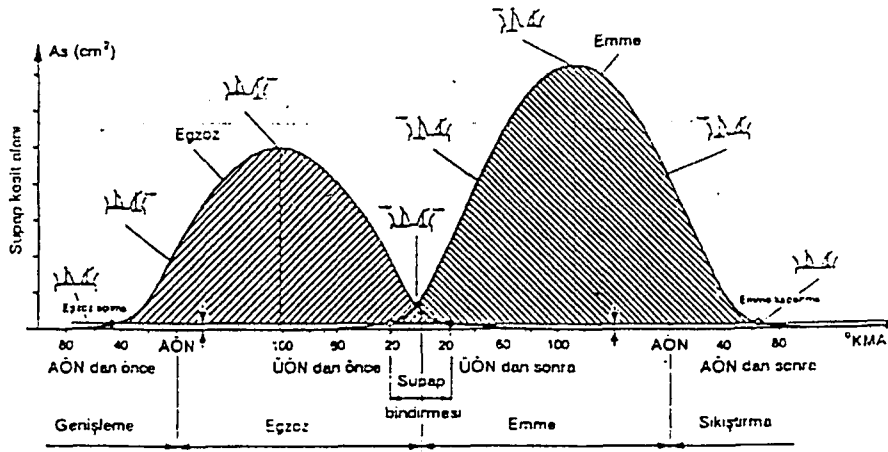
Soğuk tip bujilerin seramik izolatörü kısa olmakta ve elektrodlardaki ısıyı kolayca motorun silindiri kafasına geçirmektedir. Bu tip bujiler silindir içi ısı yükü yüksek olan motorlarda kullanılır. Böylece buji elektrodlarının aşırı ısınmasına engel olunur ve buna bağlı olarak yakıt hava karışımının kendi kendine tutuşma olasılığı azaltılır. Sıcak tip bujiler ise silindir içi ısı yükü düşük olan motorlarda kullanılır. Bu tip bujilerin seramik izolatörü daha uzun olup silindir içindeki ısının motor kafasına iletilmesi zorlaştırılır. Böylece bujinin elektrodlarının sıcak kalması ve elektrodlar üzerinde oluşan birikimlerin yüksek sıcaklıkta yakılarak temizlenmesi sağlanır.

13.2.6 Yakıt püskürtme şekli

Diesel motorlarında yakıt püskürtme sisteminin yapısı, püskürtmenin zamanı, yanma odasına birim zamanda püskürtülen yakıt miktarı (püskürtme debisi = mm^3 , yakıt / krank mili açısı), enjektör konumu vb. özellikler yanma performansını ve kirletici emisyon miktarını önemli ölçüde etkilemektedir.

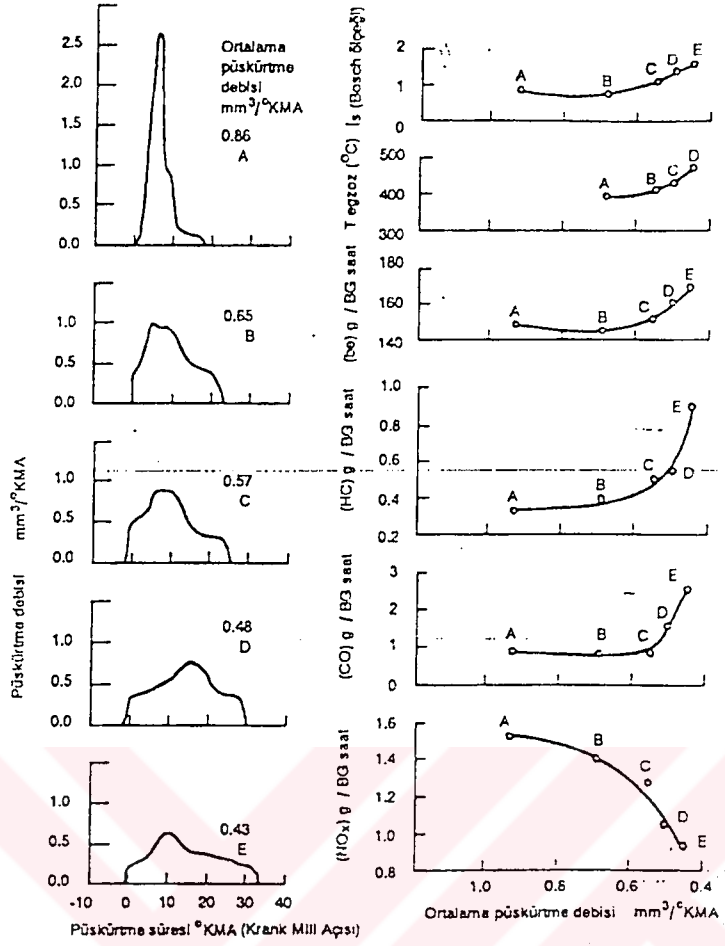
Püskürtülen yakıtın debisi yani püskürtme hızı arttıkça (bir devirdeki püskürtme hızı) Şekil 13.7' den de görülebileceği gibi is, HC, CO emisyonları azalmakta ancak silindir içinde yakıtın daha hızlı tutuşup yanmasıyla artan sıcaklığa bağlı olarak NO_x emisyonu artmaktadır.

Ayrıca özgül yakıt tüketiminde de (birim güç başına yakıt tüketimi) düşüş olmaktadır. Öte yandan hızlı püskürtme sonucu yanma odası içinde ilk püskürtülen yakıtın tutuşmasının gecikmesi ve bunun sonucunda yanma odasında biriken yakıtın hızla yanması, silindir içi basıncının hızla yükselmesine neden olduğundan motorun gürültüsü artmaktadır. (özellikle soğuk havalarda, diesel motorlarında ilk çalıştırmada yukarıda sözü geçen tutuşma gecikmesi, yanma odası sıcaklığının düşük olmasından dolayı meydana gelmekte ve buna bağlı olarak gürültülü çalışmaktadırlar-diesel vuruntusu) Gürültü artışına engel olmak için son zamanlarda hızlı püskürtme sistemlerinde önce yavaş (az) daha sonra hızlanan püskürtme yapan kademeli enjektörler kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip enjektörlerde, yakıt debisini kademeli olarak değişimi, genellikle sertliği birbirinden farklı olan çift yaylı sistemlerle sağlanır. Yanma odasına püskürtülen yakıtın zamanlamasıda egzost emisyonunu ve motor performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Şekil 13.8'den anlaşılacağı gibi püskürtme avansını arttırıldığında (püskürtme erkene alındığında) yanma odasındaki sıcaklıklar artmakta ve buna bağlı olarak NO_x emisyonunda artış, is emisyonunda ise azalma görülmektedir. Ayrıca ısıl verim arttığından, motor gücü artıp yakıt tüketimi azalmaktadır. Bu etkilerin yanısıra püskürtme avansının artışı ile silindir içi basıncının hızla bir şekilde artması, motor gürültüsünü de arttırmaktadır. Püskürtme avansı azaltıldığında ise (püskürtme başlangıcı ÜÖN'ya daha yakın) durum tam tersinedir. Şekil 13.8'de de görüldüğü gibi bir terazinin dengesini andıran bu olgu diesel motoru tasarımcılarının en önemli sorunlarından biridir.

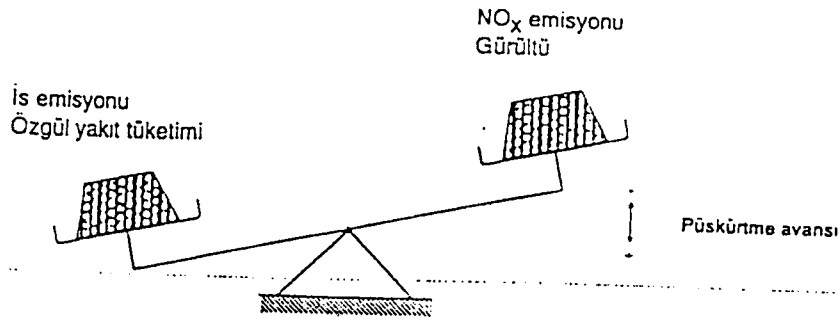


ŞEKİL 13.6 Dört zamanlı benzin veya diesel motorunda emme ve egzost sübapının açılma kapanma zamanlamasını (Krank mili açısına – KMA göre) gösteren örnek bir diyagram

(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)



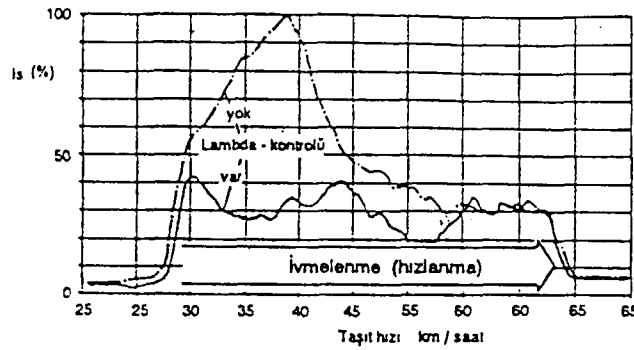
ŞEKİL 13.7 Diesel motorunda yakıt püskürtme hızının (püskürtme kanunu) motor performansına ve egzost emisyonuna etkisi (Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)



ŞEKİL 13.8 Diesel motorunda püskürtme avansının özgül yakıt tüketimi, gürültü, is ve NO_x emisyonlarına etkisi (Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Son zamanlarda püskürtülen yakıt demetini daha iyi parçalayabilmek için alışlagelenden daha küçük delikli ve hassas işlenmiş enjektörler ve çok yüksek basınçlı püskürtme sistemleri (1000 barın üstünde) kullanılmaya başlanmıştır. Bu şekilde özellikle direkt püskürtmeli diesel motorlarında enjektördeki delik sayısı artırılarak yakıt demetinin yanma odasına daha düzgün dağılması ve bütün devir sayısı aralıklarında karışımın en iyi şekilde yapılması sağlanmıştır. Bu durumda is emisyonu düşürülürken hava hareketleri daha da azaltılarak motor verimi de artırılmıştır. Bu sayede direkt püskürtmeli diesel motorları taşıtlarda giderek yayılmaya başlamıştır.

Bir diğer yenilikte, püskürtme pompalarının ortam ve işletme şartlarına uyumunu arttırmak için, benzin püskürtme sistemlerinde olduğu gibi, mikroişlemcili (bilgisayarlı), elektronik kontrollü püskürtme pompaları kullanılmasıdır. Bu tür pompaların mekanik bölümü alışıla gelen pompalarla aynıdır. Ancak ilave elektronik sistem sayesinde motorun emdiği hava miktarı ve devir sayısı ölçülerek püskürtülen yakıt miktarı ayarı düzeltilmektedir. Şekil 13.9 da bir diesel motorlu taşıtın hızlanması sırasında elektronik kontrollü ve kontrolsüz püskürtme pompası ile is emisyonu değişimi gösterilmiştir.



ŞEKİL 13.9 Elektronik lambda kontrolü olan ve olmayan püskürtme pompası ile donatılmış turbo diesel iki taşıtın ivmelenme (hızlanma) sırasında egzostlarından çıkan is emisyonunun karşılaştırılması
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

13.2.7 Aşırı doldurma

Aşırı doldurma sistemleri motorun emme manifoldundaki basıncı yükselterek silindir içine birim çevrimde giren dolgu miktarını arttırmaktadır.(benzin motorunda yakıt hava karışımı,diesel motorunda ise hava) Böylece motorun birim hacimden elde edilen performansı ve toplam verim yükseltilebilmektedir.

Motorlarda yaygın olan uygulama, egzost türbini ile aşırı doldurma sistemidir. Bu sistemde egzost gazlarındaki artık enerji bir türbin yardımıyla mekanik enerjiye dönüştürülmektedir.(egzost gazları türbin içinden geçirilir) Türbine bağlı olan bir kompresör ise emme manifoldundaki basıncı yükselterek silindir içine dolgu girişini artırır. Egzost türbini ile aşırı doldurma sistemi yaygın olarak, turbo veya turboşarj olarak adlandırılmaktadır.

Motorlarda aşırı doldurma amacıyla torbo sisteminin yanı sıra, mekanik ve comprex gibi diğer bazı sistemlerde, daha az olarak uygulama alanı bulmaktadır.

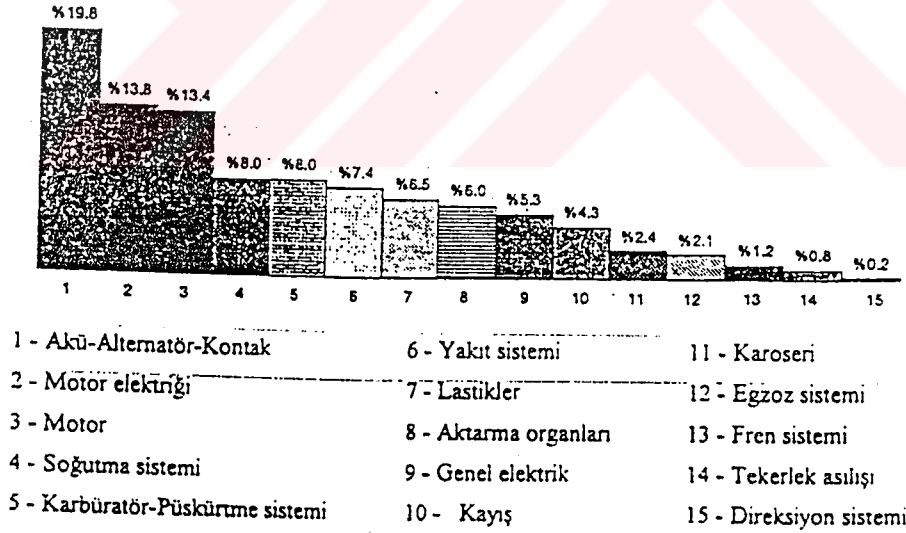
Bütün gaz pedalı konumlarında (bütün yüklerde), aşırı doldurma ile silindir içine doğal emişten daha fazla hava doldurulduğundan ve buna paralel olarak silindire daha fazla yakıt gönderildiğinden, ortalama gaz sıcaklıkları artmaktadır. Sonuç olarak hem direkt püskürtmeli hem de bölünmüş yanma odalı aşırı doldurmalı diesel motorlarda NO_x emisyonu artarken, yanma iyileştiği için HC emisyonu azalmaktadır. Ancak aşırı doldurma sonucu ısı verim iyileştiğinden ve güç arttığından birim güç başına emisyonlar (örneğin, $g NO_x / Bgsaat$) ve yakıt tüketimi azalır. Aşırı doldurmalı diesel motorunda, elektronik kontrollü püskürtme pompası kullanılmadığı durumda, ivmelenme sırasında aşırı doldurma ünitesinin (turbo doldurucu) püskürtülen yakıt miktarındaki artışı izleyememesinden dolayı is emisyonunda, doğal emişli diesel motora göre artış olmaktadır.(Şekil 13.9)Kısaca,aşırı doldurmalı diesel motorda ivmelenme sırasında yakıt artarken hava debisi aynı hızda artamayarak yetersiz kalmaktadır.

Günümüz diesel motorlarında elektronik püskürtme sistemleri ile birlikte performans artışı ve yakıt tüketiminde sağladığı faydalar nedeniyle aşırı doldurma uygulaması giderek yaygınlaşmaktadır.

13.3 Taşıt motorunun bakım ve ayarının egzost emisyonlarına etkisi

Bir taşıtın daha az kirletici egzost gazı üretecek ve daha az yakıt tüketecek şekilde tasarlanması ve üretilmesi yeterli olmamaktadır. Bu özelliklerin kullanım sırasında aracın tüm ömrü boyunca ilk halde veya buna yakın bir düzeyde korunması gerekmektedir.

Her tip taşıt kullanım şartları için teknik bakım aralıkları ve kapsamı üretici firmalar tarafından belirtilmektedir. Taşıtın egzost emisyonu ve yakıt tüketimini etkileyen kullanım, bakım ve ayar koşullarının yerine getirilmemesi, birçok parçanın ve donanımlarında kötüleşmesine neden olmaktadır. Şekil 12.10 da Alman Otomobil Klübü (ADAC) tarafından 1995 yılında yayınlanan ve 1 ila 6 yaş arasında bir milyonun üzerinde taşıtın arıza dağılımları grafik halinde gösterilmiştir.



ŞEKİL 13.10 ADAC tarafından 1995 yılında 1-6 yaş arasında 1.294.158 adet taşıtta karşılaşılan arızaların dağılımı.

Taşıtların orjinal teknik özelliklerinde çeşitli nedenlerle sonradan meydana gelen değişmelerin, taşıt egzost emisyonuna ve yakıt tüketimine etkileri konusunda farklı ülkeler

ve kuruluşlarda araştırmalar yapılmıştır. Böyle bir araştımda sürücülerinin arızasız ve kullanılabilir dediği taşıtların da arızaları ve ayar bozuklukları incelenmiştir. Örneğin karbüratörlü benzin motoru ile donatılmış olan taşıtlar için bu arızalar ve ayar bozuklukları şoye sıralanmaktadır.

Yakıt besleme sistemi : % 30...40

Ateşleme sistemi : % 25...30

Motorun kendisi : % 20...25

şasi, karoseri ve yürüyüş aksamı: % 15

Arızaların sistemler içinde dağılımı ise şoyledir:

Ateşleme sistemindeki arızalar:

Ateşleme bujilerinin kısmen veya tamamen bozulması : % 63

Ateşleme avansının bozulması : % 16

Kesici (platin) uçları kapalı kalma açısının bozulması : %13

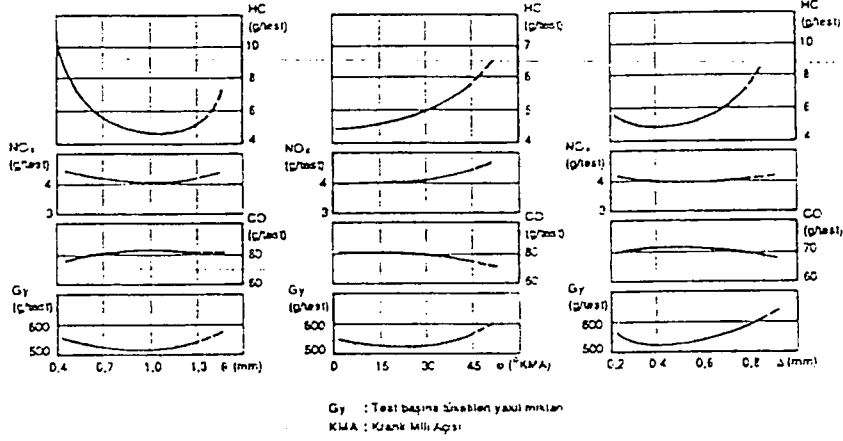
Yakıt besleme sistemindeki arızalar :

Boşta alışmada CO emisyonunun sınırı açması (aşırı zengin karışım): % 70

Yük rejimlerinde karışımın aşırı zenginleşmesi : % 23

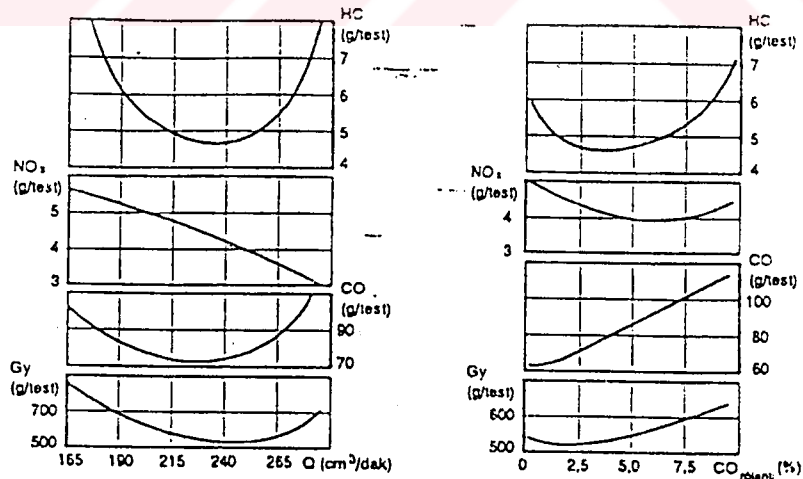
Karışım fakirleşmesi : % 7-9

şehir içi seyir çevrimleri kullanılarak yapılan deneylerde de üretici firmanın önerdiği ayar sınırlarının dışına çıkılmasının egzost kirletici gazlarının ve yakıt tketiciminin artışına neden olduğu saptanmıştır.



ŞEKİL 13.11 Ateşleme bujileri elektrod aralığı θ (teta), ateşleme avansı ϕ (fi) ve yakıt kesici uçları aralığının (platin açıklığı) Δ (delta) egzost kirletici gazları ve yakıt tüketimine etkileri
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Şekil 13.11' de benzin motorlarının ateşleme sistemindeki (klasik ateşleme sistemi) çeşitli ayarsızlıkların belli bir şehir içi çevriminde egzost emisyonlarına ve yakıt tüketimine olan etkileri gösterilmiştir.



ŞEKİL 13.12 Karbüratörün ana yakıt düzeneği yakıt memesi debisinin (Q) ve boşta kalan çalışmadaki CO miktarının egzost kirletici gazları ve yakıt tüketimine etkisi
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Şekil 13.12’de ise benzin motorunun karbüratör sistemindeki ayarsızlıkların egzost emisyonlarına ve yakıt tüketimine olan etkileri gösterilmiştir. Rölanti en düşük düzgün çalışma devir sayısında ayarlanmıştır.

13.3.1 Benzin motorlarında bakım ve ayarın egzost emisyonlarına etkisi

Benzin motorlarında egzost gazı emisyonları seviyesi büyük ölçüde motor ayarlarına bağlı olduğundan, en ufak bir ayar bozukluğu durumunda, zaten zorlukla sağlanabilen emisyon sınırları dışına çıkmaktadır. Şekil 13.11 ve 13.12 ile gösterilen benzin motorundaki, güç, yakıt tüketimi gibi motor özellikleri yanında, emisyon miktarlarına da etkili olan ve bazıları kullanıcı tarafından ayarlatılabilen büyüklükler ana başlıklarla aşağıda verilmiştir.

13.3.1.1 Hava yakıt oranı

Benzin motorları normal ayarları ile çalışırken bile, yüksek oranlarda CO, HC, NO_x yaymaktadır. Emisyon miktarlarını etkileyen en önemli değişken Hava Fazlalık Katsayısı'dır. HFK ayrıca motorun performansını ve özgül yakıt tüketimini de etkilemektedir. Bu nedenle benzin motorunda güç azaltılmak veya arttırılmak isteniyorsa yakıt miktarı değil, HFK sabit kalacak şekilde motora emilen toplam yakıt-hava karışımının miktarı, bir gaz kelebeği yardımıyla emme kanalı kesiti kısılarak veya açılarak ayarlanmaktadır. Bu nedenle benzin motorlarında, ilk hareket, ivmelenme, maksimum güç vb. bazı çalışma koşulları dışında hava fazlalık katsayısının stokiyometrik değer (HFK=1) civarında tutulması, karışımın tüm yanma odasında homojen olması (yanma odası içinde her yerde HFK=1 olması) ve çevrimden çevrime farklılıkların olmaması (silindir içindeki ve silindirler arasındaki düzgün HFK dağılımının her çevrimde sağlanabilmesi) amaçlanmaktadır. Karışım oluşturma sisteminin bütün bu şartları sağlamasının mümkün olmadığı durumlarda, silindir içinde bölgesel olarak zengin ve fakir karışımlar oluşmakta ve silindirler arası farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu durumda emisyonlarda artış olacaktır.

Şekil 13.1’ den görüleceği üzere benzin motoru eksik hava ile (zengin karışım) çalıştığında CO emisyonu hızla artmaktadır. CO emisyonunun ana nedeni yanma sırasında yeterli

havanın olmamasıdır. Az hava ile yanma durumunda yakıtın karbonunun tümü CO₂ ye dönüşmemekte ve CO olarak kalmaktadır. (Kutlar vd., 1995)

Hidrokarbon emisyonları zengin karışımlarda yanma tamamlanamadığı için artmakta, karışımın fakirleştirilmesi ile de azalmaktadır. Ancak çok fakir karışımlarda yanma tekrar kötüleştiği için, motorun tasarımına da bağlı olarak, belirli bir hava fazlalık katsayısı değerinden sonra yanmamış HC' lar tekrar artış gösterir.(Şekil 13.1)

NO_x emisyonları ise HFK'nın 1.1 değeri civarında bir maksimumdan geçerek zengin ve fakir karışımlara doğru gidildikçe azalmaktadır. Karışımın zenginleştirilmesi sonucu ortamda yeterli hava bulunmaması, fakirleştirilmesi durumunda da sıcaklıkların düşmesi ile NO_x lerin azalmasına neden olmaktadır.

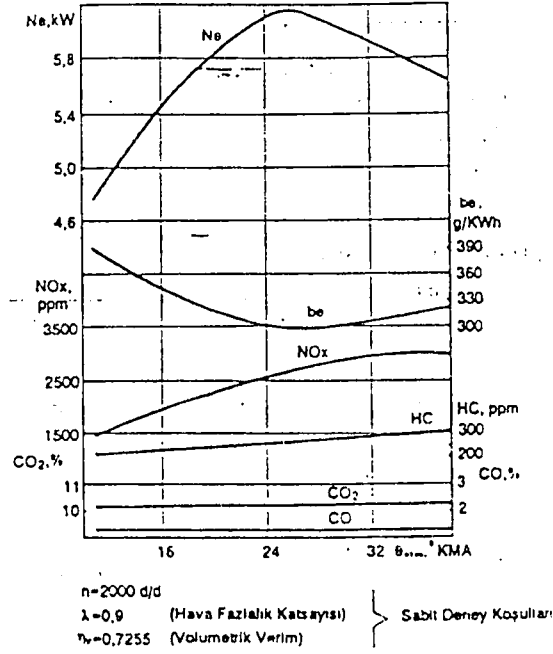
Karbüratör veya püskürtme sistemindeki bir arıza veya ayar bozukluğu hava fazlalık katsayısını değiştirerek doğrudan yanma sürecini,dolayısıyla emisyonları ve yakıt tüketimini etkiler. En çok karşılaşılan boşa çalışma (rölanti) ayarsızlığıdır. Benzin motoru boşa çalışırken, ateşleme koşullarının iyi olabilmesi için, karışım içindeki yakıt miktarı arttırılmaktadır.(zengin karışım) Bu durumda hava yetersiz kaldığından CO ve HC emisyonları çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu bakımdan, özellikle boşa çalışma durumunda, karbüratör ve benzin püskürtme sistemi ayarlarının çok iyi olması ve motora, imalatçının öngördüğü miktardan daha fazla yakıt gitmemesi çok önemlidir. Modern elektronik kontrollü benzin püskürtmeli motorlarda ise, boşa çalışma sırasındaki yanma koşulları, karbüratörlü motorlara göre iyileştirilmiştir. Bu bakımdan bunlarda hava fazlalık katsayısı sürekli olarak ölçülerek kontrol edilmekte ve boşa çalışırken bile HFK =1 civarında kalması sağlanmaktadır. Bu nedenle bu motorlarda boşa çalışma emisyonları çok düşüktür.(karbüratörlü motorlardan 4-5 daha düşük) Bu motorlarda ayrıca ayar bozukluklarının, boşa çalışma sırasında, HFK'na etkisi de çok aza indirilmiştir.

13.3.1.2 Ateşleme avansı

Benzin motorlarında ateşleme noktası motor gücüne ve yakıt tüketimine çok etkilidir. Ateşleme noktası, boşta çalışma dönme sayısında, motor tipine bağlı olarak, piston üst ölü noktaya gelmeden 0° - 10° KMA (krank mil açısı) öncedir. Dönme sayısı arttıkça bu noktada, üst ölü noktadan 30° - 50° KMA önceye kayar. İmalatçı firmalar ateşleme avansını (ateşlemenin ÜÖN dan önce yapılması) genelde en düşük yakıt tüketimi elde edilecek şekilde verirler.

Ateşleme avansının artırılması sonucu motor gücü bir miktar artsada, yakıt tüketimi ve genellikle kirletici egzost emisyonları da artar. Ateşleme avansının azalması ise genelde NO_x emisyonunu azaltmakla birlikte, güçte büyük bir düşme ve yakıt tüketiminde artış getirdiği için istenmez. Bu durum Şekil 13.8 ile gösterilen diesel motorlarındaki çelişkiye benzemektedir.

Daha önce Şekil 13.11 de klasik ateşleme sisteminde görülen ayarsızlıkların, şehir içi çevrimdeki egzost emisyonu ve yakıt tüketimi üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Şekil 13.13' de ise benzinli bir motorun sabit devir sayısı, yük, hava fazlalık katsayısı ve volumetrik verim koşullarında ateşleme avansının egzost emisyonları, güç ve özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



ŞEKİL 13.13 Benzin motorlarında ateşlenme avansının ($\theta_{ateş}$), motor gücü (N_e), özgül yakıt tüketimi (b_e) ve egzost emisyonlarına etkisi (Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

13.3.1.3 Kesici kontak (platin) aralığı

Elektronik ateşleme sistemine sahip olmayan benzin motorlarında ateşleme için gerekli yüksek gerilim, alçak gerilimli ateşleme devresi üzerinde bulunan bir kesici kontakın periyodik olarak açılıp kapanmasıyla üretilmektedir. Bu kontakın açılma aralığının imalatçı tarafından verilen değerin dışına çıkması veya kontak yüzeylerinin aşınması durumunda yeterli ateşleme gerilimi sağlanamayacağından bujilerdeki kıvılcım enerjisi de düşük olacak ve buna bağlı olarak yanma kötüleşecektir. Birçok durumda tutuşma hiç olmayabilir. Bu durum ise CO ve HC emisyonlarını ve yakıt tüketimini önemli ölçüde artırır. Kontak aralığının öngörülen değerde olmaması, ateşleme avansını da çok değiştireceğinden, emisyonu ve yakıt tüketimine olumsuz etki yapar. (Şekil 13.11)

13.3.1.4 Bujilerin ve yüksek gerilim kablolarının durumu

Ateşlemeyi sağlayan elemanlar olarak bujiler, yakıt tüketimi, güç ve egzost emisyonu üzerinde oldukça etkilidir. Elektrod aralığı uygun olmayan, elektrod yüzeyleri aşınmış veya gerilim izolasyonu yeteneğini kaybetmiş bujiler nedeniyle emisyonlarında bir kaç

misli artış ortaya çıkabilir.

Motordaki ayarsızlıkların emisyon etkileri en sağlıklı biçimde seyir çevrimi deneyleriyle görülebilmektedir. Örneğin motorun yanma odasındaki CO oluşumuna ateşleme avansının sabit rejimde (sabit dönme sayısı ve gaz pedalı konumu) etkisi yoktur. Oysa seyir çevrimi uygulamasında ateşleme avansındaki sapmalar motorun gücünü düşürmekte, bu da yakıt miktarının artırılmasını gerektirmektedir. Sonuçta toplam egzost gazları miktarı artmakta, CO miktarında ağırlık olarak artmaktadır.

Yine aynı biçimde, motorun bir silindirindeki ateşleme (tutuşma) aksaklıkları HC'ların 6-8 kat artışına neden olacaktır. Fakat bu durumda istenen gücü elde etmek için diğer silindirler daha açık gaz keleşi konumunda çalışacağından karışım daha iyi bir şekilde yanacaktır. Böyle bir durumda ise boşta çalışmada ve düşük yüklerde CO emisyonu daha az olacaktır. Bu olay, egzost gazlarını ölçerek motorun teknik durumu kontrol etmek istediğimizde sadece CO'lerin değil, HC'ların da konsantrasyonunun ölçülmesi gerektiğini göstermektedir.

13.3.1.5 Piston silindir grubundaki aşınmalar

Piston silindir grubundaki aşınmalar HC emisyonunu arttırmaktadır. Yanma odasına kaçıp yanmaya katılan yağ miktarının artmasından ve karter kaçaklarının çoğalması nedeniyle gazların kapalı karter havalandırma sisteminden geçişlerinin artmasından dolayı kanserojen HC emisyonlarında artış olmaktadır. Piston silindir grubundaki aşınmalar, karter gazlarının, toplam egzost gazları emisyonundaki payını arttırmaktadır. Motorun aşınması sınır seviyeye geldiğinde emisyonlar ortalama olarak % 50, yakıt tüketimi ise % 15 artış göstermektedir.

13.3.1.6 Yanma odası cidarlarındaki birikimler

Silindir cidarlarında oluşan birikimler yüzeyin ve dolayısı ile alev sönme bölgesinin artmasına neden olur ve HC emisyonları artar. Cidarlarda oluşan karbon birikimleri ayrıca

sünger şeklindeki yapıları nedeniyle yakıtı bünyelerinde biriktirerek yanmasını önlerler ve HC emisyonu ayrıca artış gösterir. Burada biriken yakıt genişleme zamanında basınç düştüğünde tekrar serbest kalır. Ancak bu arada sıcaklık düşmüş olduğundan bu yakıtın tümü yanmaz. Cidarlardaki birikimlerin sıkıştırma oranını arttırıcı etkiside bulunmaktadır. Bu etkide HC emisyonlarının artışına neden olur. Şekil 13.14 de bir diesel motorun eskimesine bağlı olarak HC emisyonunda meydana gelen artış, aynı şekilde benzin motorları içinde geçerlidir.

13.3.2 Diesel motorlarında bakım ve ayarın egzost emisyonlarına etkisi

Diesel motorlarında bakım ve ayarın egzost emisyonlarına etkisi şu ana başlıklar altında incelenebilir:

13.3.2.1 Hava yakıt oranı

Benzin motorlarında olduğu gibi, diesel motorlarında da, kirletici egzost gazı bileşenlerinin miktarını en çok hava fazlalık katsayısı, diğer bir deyişle yanmada kullanılan hava miktarı etkilemektedir. (Şekil 13.1) Diesel motorlarında her dönme sayısındaki yük ayarı (böylece o dönme sayısındaki güç ayarı) motora emilen havanın içine püskürtülen yakıt miktarının değiştirilmesiyle yapılmaktadır. Çalışma dönme sayısındaki motor gücü azaltılmak isteniyorsa püskürtülen yakıt miktarı azaltılmaktadır. Böylece hava yakıt karışım oranı motorun yük durumuna göre değiştirilmekte ve motor genellikle fakir karışım (bol hava) ile çalışmaktadır. Bu durumda yanma olayının ara kademelerinde oluşan CO, yanma süresi boyunca yeterli oksijen bularak CO₂'ye dönüşmektedir. Yükün artması ve buna bağlı olarak HFK'nın azalması durumunda ise oksijen miktarının ve reaksiyonlar için gerekli sürenin azalması sonucu CO emisyonları tekrar artmaktadır.

Bol oksijenin olduğu ortamda HC'ların büyük bir kısmında yeterli sıcaklıklar sağlandığında yanacaktır. Diesel motorlarında düşük yüklerde sıcaklıkların yeterli seviyede olmaması HC emisyonlarının göreceli olarak fazla olmasına neden olur. Motor yükünün arttırılmasıyla karışım oranının stokiyometrik değere (HFK=1) doğru yaklaştığı durumlarda ise, artan yanma odası sıcaklıkları reaksiyonları hızlandırmakta ve hidrokarbonların büyük kısmı

yanmaktadır. Genelde diesel motorlarının HC üretimi benzin motorlarının çok altında kalmaktadır. (%20-%30 düzeylerinde) (Şekil 13.3) Bu nedenle, taşıtlar tarafından üretilen kirleticilere getirilen sınırlamalara ilişkin standartlar açısından, diesel motorlarındaki CO, HC üretimi önemli bir sorun oluşturmamaktadır. Ana sorun is ve NO_x üretiminden kaynaklanmaktadır. NO_x emisyonlarında artan yüke bağlı olarak artış gösteren sıcaklıklar nedeniyle artmaktadır. Gereğinde daha az hava ile çalışan (örneğin HFK<1.2-1.3 gibi) diğer bir deyişle kapasitesinin üzerinde yüklenmiş bir diesel motorunda NO_x emisyonu artacaktır.

Diesel motorunun emisyon açısından bir diğer zayıf tarafı, partikül (katı veya sıvı parçacıklar) emisyonudur. Belli bir miktar partikül emisyonu, diesel yakıtının ve diesel motorundaki yanma şeklinin (henüz buharlaşmamış sıvı yakıt damlacıklarının yanması) bir özelliği olarak kaçınılmazdır. Partikül emisyonunun %60 - %70 kadarı yanmamış karbon taneciklerinden (is) oluşmaktadır. Partikül emisyonunun yabana atılmayacak ve büyük ölçüde kirletici etkiye sahip bir bölümünü ise (%30 - %40 kadar), egzost gazı çıkış sıcaklığında (200 - 400 °C) sıvı halde bulunan yakıt veya yağ tanecikleri oluşturur. Bunlar, kısmen is taneciklerinin üstüne yapışmış olarak bulunurlar. Partikül emisyonunun % 10 kadarını ise, kül ve kükürt bileşikleri oluşturmaktadır. Yanma odası içinde yakıtın hava ile buluşup buluşmaması is oluşumunda çok etkilidir. Yük aşırı arttıkça (yakıt miktarı arttıkça) is emisyonu da aşırı artar.

Diesel motorunda normal partikül emisyon düzeyinin (normal is sınırı için pratik bir ölçü olarak gözle görülemeyen is sınırı kullanılabilir) üstüne çıkılmasına neden olan etkenler ve bunların ayrıntıları aşağıdaki gibi özetlenebilir. (Kutlar vd., 1995)

Yanma için gerekli havanın eksikliği :

Hava miktarı az : Hava filtresi tıkalı, Aşırı doldurucu ünitesi var ise ara soğutucu tıkalı, Aşırı doldurma ünitesi bozuk veya yetersiz, Egzost sistemi tıkalı

Yakıt miktarı çok : Püskürtme pompası ayarsız, Enjektörler aşınmış veya yay aralıkları bozuk, Motorun hızlanması sırasında yakıt miktarını sınırlayan sistem (eğer varsa) bozuk

İlk tutuşma ve yanma sıcaklıklarının düşüklüğü :

Aşırı soğutma yapılıyor : Termostat bozuk

Sıkıştırma sonu basıncı (kompresyon) ve sıcaklığı düşük: Silindirler, segmanlar veya pistonlar aşınmış

Silindirlere büyük ölçüde yağlama yağı girmesi : Silindirler, segmanlar veya subap kılavuzları aşınmış (Şekil 13.14)

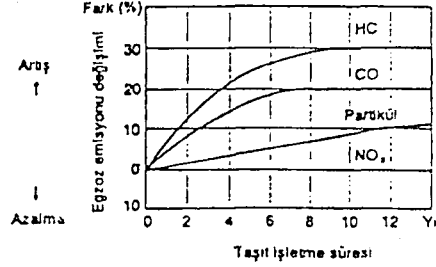
Yakıt uygun değil : Cetan sayısı en az 55 olmalı, yakıtta aromatik bileşenler yüksek oranda bulunuyor, Kükürt miktarı % 0.05'i aşmamalı

Ayar ve bakım değerleri :

Diesel motorları için imalatçı firma tarafından öngörülen ayar değerleri olan : Püskürtme avansı ve bunun dönme sayısına bağlı olarak göstereceği değişim, bir pompa stroku başına püskürtülecek yakıt miktarı, enjektör tipi ve enjektör açılma basıncı, en büyük dönme hızı gibi büyüklükler, çok özel durumlar dışında, her zaman en az is miktarı ve en az yakıt tüketimini sağlayan değerler olup, bunların imalatçı firma tarafından öngörülen bakım aralıklarında kontrol edilmemesi ve yakıt özelliklerinin yerine getirilmemesi durumunda diesel motorunun emisyonu kolaylıkla normalinin birkaç katına çıkabilir.

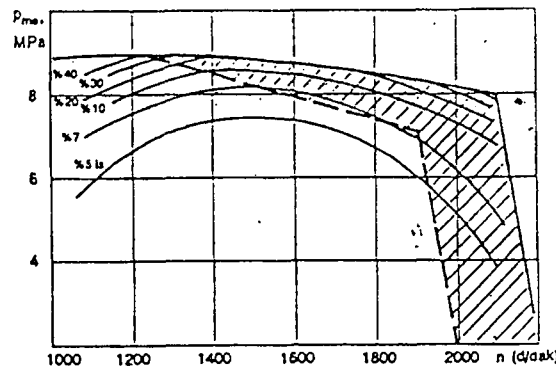
Çevrim başına püskürtülen yakıtın normalin % 25 üzerine çıkması, egzostdaki is miktarını birkaç kat arttırmaktadır. Diesel yakıt püskürtme pompasının ve enjektörlerin

elemanlarının aşınması yakıt tüketimi ve egzostdaki is miktarında önemli ölçüde artışa neden olmaktadır.



ŞEKİL 13.14 Bir diesel taşıt motorunda kullanım süresine bağlı olarak egzost emisyonlarının değişimi
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Diesel yakıt püskürtme elemanlarındaki ayar bozuklukları veya zamanla eskime sonucu, egzostdaki kirletici miktarı ve motor performansı önemli ölçüde etkilenmektedir. Şekil 13.14'de düzgün aralıklarla bakımı yapılan bir diesel taşıt motorunda kullanım süresine, yani motorun eskimesine bağlı olarak egzost emisyonlarındaki değişimler gösterilmiştir. Şekil 13.15 de ise bir diesel taşıt motorunun aşırı yüklerde, yani taşıt sürücüsünün gaza fazla basması ile oluşturabileceği is emisyonunu azaltmak için kullanılan hem yükü hemde hızı sınırlayan regülatörün motor çalışma karakteristiği üzerindeki etkisi gösterilmiştir.



ŞEKİL 13.15 Ağır hizmet taşıtlarında kullanılan İkarus marka bir motorun yüksek yüklerde ve hızlarda oluşan is emisyonunu sınırlayan regülatörün motor karakteristiği üzerindeki etkisi
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Sürücü yüksek yüklerde gaza sonuna kadar bassa dahi, regülatör is emisyonuna engel olmak için taralı olan çalışma bölgesine girmemek için yakıt debisindeki artışı kesmektedir.

13.3.3 Taşıt aktarma organları ile ilgili bozukluklar

Taşıt motorundan kaynaklanan egzost emisyonları, sadece motor özelliklerine bağlı olmayıp aynı zamanda taşıtın diğer bazı mekanik sistemleride dolaylı olarak etkilemektedir. Taşıt aktarma organlarında ve yürüyüş aksamındaki aksaklıklarda kullanılan gücü ve beraberinde yakıt tüketimini arttırmakta, bu da sonuçta kirletici egzost gazlarının artışına neden olmaktadır.

Tablo 13.1'de taşıtların aktarma organlarında ve yürüyüş aksamındaki aksaklıkların ve karoseri üzerinde yer alan bazı elemanların yakıt tüketimine etkileri gösterilmiştir. Bu tablodan da anlaşılacağı gibi taşıt aktarma organlarının belirli aralıklarla gözden geçirilip bakımının yapılmasının, hem güvenlik hem de ekonomi ve çevre açısından önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Aynı şekilde, görüş mesafesi veya aydınlatılması kötü olan yol kısımları sürücüyü düşük vites ve fren kullanmaya zorladığından, ekonomik bir seyri engellemektedir. Ayrıca birim yol başına egzostdan atılan kirletici miktarıda artacaktır.



Tablo 13.1 Taşıtların aktarma organlarında ve yürüyüş aksamındaki aksaklıkların yakıt tüketimine etkileri
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Taşıtta en çok karşılaşılan aksaklıklar	Yakıt tüketimi artışı
Lastik hava basıncının 1 kg / cm ² azalması	% 10
Frenlerin ve tekerlek yatak yuvalarının aşırı sıkılı olması	% 20
Ön tekerleklerin kapanıklığı 2 - 4 mm değişmesi	%3 - 6
Arka aks çarpılması	% 15
Aktarma organlarında gereğinden fazla kalın yağlar kullanılması	% 8
Ek tampon, tente, tavan kapağı, vb. Aksesuarlar kullanılarak hava direncinin artırılması	% 15

13.3.4 Kullanım şeklinin motorlu taşıtların yakıt tüketimine ve egzost emisyonlarına etkisi

Motor özelliklerine bağlı olarak, motorlu taşıtların kullanılmasında, yakıt tüketimi, motor ömrü ve egzost emisyonu açısından, dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Aynı motorlu taşıt değişik işletme şartlarında çok farklı yakıt tüketimi ve egzost emisyonu değerleri verecektir. Taşıtların hareketini belirleyen dört temel işletme şartından söz edilebilir: Boşta çalışma (rölanti), İvmelenme (hızlanma), Sabit hız , Hız kesme (motor freni, sürüklenme) Bir örnek olarak şehiriçi trafiğinde, taşıtların en belirgin işletme şartlarındaki ortalama çalışma süreleri, Tablo 13.2' de verilmiştir.

Tablo 13.2 Şehir içi trafikte kullanılan taşıtların toplam kullanım zamanı içindeki karakteristik süreler , yakıt tüketimi ve emisyonlar
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

İşletme şartı	Binek taşıtı %	Ağır yük taşıtı %	Otobüs %	Bağlı yakıt tüketimi %	Bağlı egzost gazı emisyonu %
Boşta çalışma	22	17	29	10 – 14	12
İvmelenme	37	42	38	45 – 51	47
Sabit hız	12	16	9	20 – 23	20
Hız kesme	29	25	24	8 - 12	21

Benzin ve diesel motorları en düşük yakıt tüketimini belli bir dönme sayısında ve gaz pedalı konumunda sağlarlar. Ekonomik dönme sayısı benzin ve küçük taşıtlarda kullanılan yüksek hızlı diesel motorları için 2000 - 2500 d / dak, taşımacılıkta kullanılan diesel motorları için ise 1500 - 2000 d / dak'dır. Her iki tip motorda en düşük yakıt tüketimini ortanın biraz üstündeki yüklerde (gaz pedalının ortanın biraz üstündeki konumlarında) vermekteler. Bu bakımdan uygun vites kademelerinin seçilerek bu motor dönme sayılarında kalınması gerekir. Gereğinden küçük vites kullanarak motoru yüksek dönme sayılarında çalıştırmak, hem yakıt tüketimi, hem egzost emisyonu ve hem de motor ömrü açısından olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Ancak bunun tersi olan düşük hızlarda gereğinden büyük vites seçerek motor yükünü düşük devirlerde arttırmak da motor ömrünü olumsuz yönde etkileyecektir.

13.3.4.1 Boşta çalışma rejimi (rölanti)

Taşıtlar boşta çalışmada faydalı bir taşıma işinde bulunmamaktadır. Fakat bu çalışma rejiminin yakıt tüketiminde ve toplam egzost emisyonundaki payı oldukça büyüktür. Boşta çalışmada motor düzgün olarak çalışabileceği en düşük dönme sayısında dönmekte ve kendi iç sürtünmelerini yenecek kadar güç üretmektedir. Karbüratörlü benzin motorlarında

boşta çalışma (rölanti) düzeneği, ancak geniş bir aralıkta değişen ve genellikle zengin bir (HFK = 0.8-1) hava yakıt karışımı sağlayabilmektedir. Bu şartlarda yanma eksik yanma, soğuk cidarlar ve çok düşük silindir basıncının oluşturduğu düşük yanma hızları nedeniyle HC ve CO emisyonları fazladır. (püskürtmeli benzin motorlarında bu durum karbüratörlü motorlara göre daha iyidir) NO_x ler ise silindir içinde bir önceki çevrimden kalan artık gazlar yüzdesinin büyük olmasından ve buna bağlı olarak düşük yanma sıcaklıklarından dolayı, pratik olarak yoktur. Bu rejimde CO emisyonunun azaltılmasında en etkin yöntem hava yakıt karışımının fakirleştirilmesidir. Ancak karışımın çok fakirleşmesi (HFK>1) durumunda karışımın tutuşmaması nedeniyle aksaklıklar meydana gelmekte, bu da HC'ları arttırmaktadır. Motor kararsız çalıştığından titreşimler oluşmaktadır. Bu nedenle, özellikle ortam havası sıcaklığının sıfırın altında olduğu şartlarda, boşta çalışmanın fakir karışıma göre ayarlanması son derece sakıncalı olmaktadır. Tablo 13.3'te çalışma rejimine bağlı olarak egzost emisyonları için tipik örnek değerler verilmiştir.

Tablo 13.3 Çalışma rejimine bağlı olarak egzost emisyonları için tipik örnek değerler
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Çalışma rejimi	HC (ppm)	CO (%)	NO _x (ppm)	CO ₂ (%)	H ₂ O (%)
Boşta çalışma	750	5.2	30	9.5	13
İvmelenme	300	0.8	1500	12.5	13.1
Sabit hız	400	5.2	3000	10.2	13.1
Hız kesme	4000	4.2	60	9.5	13

Soğuk motorun ısıtılmak amacıyla uzun süre boşta çalıştırılması sırasında ise emisyonlar çok daha fazla artmaktadır. Ayrıca bu durumda ortaya sağlığa zararlı etkisi çok yüksek olan cinsten HC 'lar çıkmaktadır. Bu, bakımdan trafik içindeki 1 dakikayı aşan

beklemelerde, motoru durdurup sonra yeniden çalıştırmak hem yakıt ekonomisi, hem de egzost emisyonu açısından, mutlaka uyulması gereken bir zorunluluktur. Soğuk motorun ise, hava sıcaklığına bağlı olarak, 20-30 saniye kadar ,1000-1200 d / dak'yı aşmayan dönme hızlarında, ısınması beklendikten sonra yolda düşük taşıt hızında ve jikle hafif çekili olarak, ısıtmaya devam edilmesi hem motor ömrünü uzatır, hem de egzost emisyonunu çok azaltır. Çünkü bugünün modern motorları düşük taşıt hızlarında, boşta çalışmada olduğundan çok daha hızlı bir şekilde ısınmaktadır. Bu ise sonuçta motor ömrünü arttırmaktadır. Şehir dışı yollarda ise taşıtların boşta çalışmadaki süreleri çok daha az olup, trafik sıkışıklığına bağlı olarak % 1-3 arasında değişmektedir.

Yukarıda benzin motorunun boşta çalışma durumu için anlatılan CO ve HC emisyonlarındaki artış diesel motorlarında görülmemektedir. Bunun nedeni daha önce de anlatıldığı gibi diesel motorunda düşük yüklerde karışımın çok fakirleşmesidir. (Şekil 13.1) Ancak uzun süre boşta çalıştırma benzin motorlarında olduğu gibi diesel motorlarında da yanma odası birikimlerine neden olmakta bu da emisyonları olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, diesel motorlu taşıtları soğuk iken çalıştırıldığında benzin motorlu taşıtlarda olduğu gibi 20-30 saniye beklenip daha sonra yolda düşük hızda ısıtmaya devam edilmelidir. Ayrıca uzun beklemelemlerde motorun durdurulması hem aşınmaları azaltmak hem de silindir içi birikimlerin artmasına engel olmak bakımından faydalıdır.

13.3.4.2 Hız kesme rejimi

Normal seyir şartlarında seyreden bir benzinli taşıtın gaz pedalından ayak çekilince gaz kebeği emme kanalını kapatmaktadır. Fakat motor dönmeye devam ettiğinden, silindirde, büyüklüğü motor hızıyla değişen çok düşük bir basınç oluşmaktadır. Bu olay ayak gaz pedalından çekili durumda taşıt viteste seyredilirken yani motor freni yapılırken ortaya çıkmaktadır. Gaz kebeği kapalı olduğundan oluşan karışım çok fakirdir. Bu şartlarda oluşan alev cephesinin hızı ve sıcaklığı düşüktür. Bu ise eksik yanma ürünlerinin çok artmasına yol açmaktadır. Hatta silindirlere üniform dolgu dağılımı olmadığından çok fakir karışımlı bazı silindirlerde tutuşma hiç gerçekleşmemektedir. Dolayısıyla egzosta yanmamış HC'lar gönderilmektedir. Bu arada ateşlemesini tamamlayan, fakat düşük alev

hızından dolayı yanması egzosta kadar uzayan bir silindirin egzost gazları, egzost sisteminde biriken bu yanmamış karışımı tutuşturabilir. Özellikle dönemeç ve yokuş aşağı inişlerdeki gaz kesmelerde duyulan egzost patlamaları bu şekilde oluşmaktadır. Buna karşı önlem olarak rölanti çalışmasındaki yakıt miktarını arttırmak, yani karışımı zenginleştirmek gerekir. Bu ise boşta çalışmadaki emisyonları arttıracaktır. Modern benzin püskürtmeli taşıtlarda hız kesme sırasında yakıt püskürtülmesi de durdurulduğundan emisyon ve yakıt tüketiminde azalma sağlanmaktadır. (Kutlar vd., 1995)

CO konsantrasyonu, sabit rejime göre, boşta çalışmada 2 kat, hız kesme rejiminde ise 1,6 -1,9 kat artmaktadır. Bu nedenle şehirlerin merkezi kısımlarındaki yollar şehirdışı otoyollara göre CO açısından 3-4 kat daha fazla kirlenmektedir.

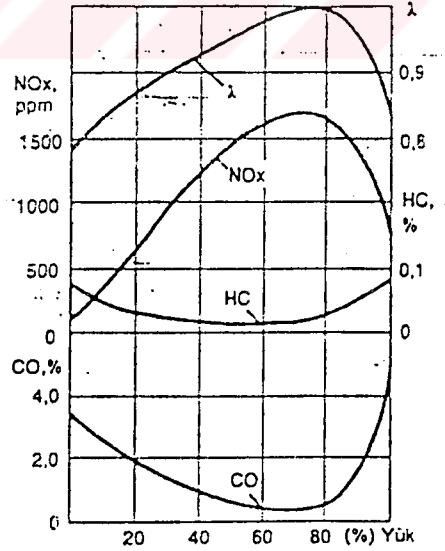
Diesel motorlu taşıtlarda ise hız kesme rejimindeki egzost emisyonları, boşta çalışma rejiminde olduğu gibi benzin motorlu taşıtlardan çok farklıdır. Hız kesme durumunda ayak gaz pedalından çekildiğinde püskürtme pompası en az düzeyde yakıtı enjektörlere, yani silindirlere göndermektedir. Bu da HC ve CO emisyonları açısından bir problem yaratmadığı gibi motorun frenleme özelliğini arttırarak taşıtın daha çabuk yavaşlamasını sağlamaktadır.

13.3.4.3 Sabit hız rejimi

Bu rejimde taşıt sabit hızda seyretmektedir. Benzin motorlu bir taşıt motorunun ekonomik çalışması istendiğinden hava fazlalık katsayısını 1.0-1.1 değerleri arasında olması sağlanır. Karbüratörlü benzin motorunda bu değerler sabit hız rejiminde oldukça iyi bir şekilde ayarlanabilirken elektronik kontrollü püskürtme sistemleri ile hassasiyet daha da arttırılabilir.

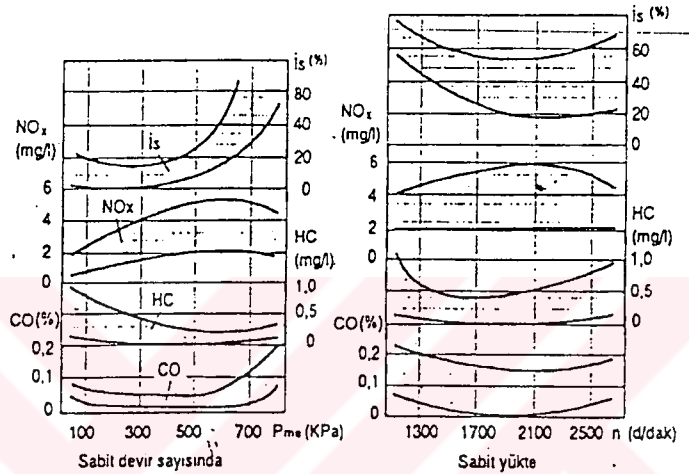
Ayrıca karbüratörlü motorda silindirler arasında oluşan HFK değişimi yani genel HFK=1 civarında iken silindirler arasında zengin ve fakir karışımla çalışanlar olabilir ve buna bağlı

olarak HC, CO ve NO_x emisyonunda artışlar oluşabilir. Her silindire ayrı ayrı püskürtme yapan sistemlerle (multipoint injektion-çok noktadan püskürtme) bu durum ortadan kaldırılabilmektedir. Burada belirtilmesi gereken diğer bir nokta ise taşıtın hangi hızda ve hangi vites kademesinde sürüldüğüdür. Çok düşük hızlarda ve viteslerde yakıt tüketimi ve birim yol başına egzost emisyonları (g / km) artış göstermektedir. Binek taşıtlarda 70-100 km / saat hızlarda ve yüksek vites kademelerinde hem yakıt hem de egzost emisyonu açısından en iyi sonuçlar elde edilmektedir. Daha yüksek hızlarda motor veriminde bir artış görülmesine rağmen, taşıtın rüzgar direnci çok artacağından yakıt tüketimi ve birim yol başına egzost emisyonu artış göstermektedir. Sabit hız rejimi halinde karşılaşılan diğer bir durum ise değişken eğimlerdir. Eğer taşıt değişken eğim koşullarında sürücü tarafından vites kademesi değiştirilmeksizin sabit hızda kullanılıyorsa motor devri sabit kalmakta ancak yük değişmektedir. Bu ise, sürücünün eğim koşullarına göre gaz pedalı konumunu ayarlaması ile sağlanmaktadır. Sözü geçen sabit devir sayısı değişken yük durumu karbüratörlü benzin motorlarının egzost emisyonu konsantrasyonlarını ve HFK'nı, Şekil 13.16'da görüldüğü gibi etkileyecektir. Elektronik kontrollü püskürtme sistemleri ile donatılmış olan benzin motorlarında ise HFK sabit tutulacağından egzostdaki NO_x konsantrasyonu dışındaki kirleticiler (CO, HC) karbüratörlü motorlarda olduğu kadar yük durumundan etkilenmeyecektir.



ŞEKİL 13.16 Karbüratörlü benzin motorunda egzost gazı içindeki kirletici konsantrasyonlarının ve HFK'nın sabit devir sayısında yüke göre değişimi (Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Diesel motorlu taşıtlarda sabit hız rejiminde, CO ve HC emisyonu düzeyi daha önce sözü edilen rejimlerde olduğu gibi benzin motorlu taşıtlardan çok daha düşüktür. Ancak yüksek yüklerde (yüksek sabit hızlarda ve yokuş tırmanmada) diesel motorlu taşıt, benzin motorlu taşıta göre NO_x emisyonu yönünden daha kötü durumdadır ve ayrıca is emisyonu da yüksek yüklerde kritik değerlere ulaşabilmektedir. Şekil 13.17'de diesel motorlarındaki emisyonların yüke ve devir sayısına bağlı olarak değişimi gösterilmiştir.



Pme (Ortalama efektif basınç): Motorun yükünü gösteren bir büyüklüktür.
100 KPa yaklaşık 1 kg/cm²'ye karşılık gelir.

ŞEKİL 13.17 Diesel motorunda egzost emisyonlarının yüke ve sabit devir sayısına bağlı olarak değişimi
(Taşıt egzostundan kaynaklanan kirleticiler, 1995)

Diesel motorlarında kısmi yüklerde (yavaş sabit hızlarda), benzin motorundaki gaz keleşinin oluşturduğu kısılma kayıpları olmayacağından, bütün yük ve devir sayısı aralıklarında verimdeki değişimler benzin motorundan daha az olacaktır. Bu da zaten benzin motorundan daha yüksek verimlerde çalışan diesel motorunun kısmi yüklerdeki yakıt tüketiminin ve birim güç başına egzost emisyonunun (g / kWsaat veya g / BGsaat) daha düşük olmasını sağlayacaktır. Ancak daha önce sözü edildiği gibi diesel motorunda dikkat edilmesi gereken bir nokta, taşıt dolu iken ve yokuş tırmanırken motorun tam yük konumunda çalıştırarak is emisyonunda anormal artışlara neden olunabilmesidir. Normal ayarları yapılmış olan bir diesel motorunda is emisyonu

yakıt ve hız regülatörleri ile sınırlanmasına rağmen bu sistemlerin ayarları bozulduğunda is emisyonunda çok büyük artış görülebilmektedir.(Şekil 13.15) Sürücü bu durumu gözönüne alarak taşıtın aynalarından egzostdan çıkan is düzeyini izlemeli ve anormal artış gördüğünde gaz pedalından ayağını is miktarı normal bir değere düşünceye kadar geri çekmelidir.Bu şekilde bir sürüş ile yakıt tüketimi ile is emisyonunda önemli ölçüde azalma (aynı zamanda NO_x emisyonunda azalma) ve motor ömründe ise artış sağlanmaktadır.

13.3.4.4 İvmelenme (hız arttırma) rejimi

Yakıt tüketimi ve emisyon açısından bir diğer sakıncalı durum ise, özellikle şehir trafiği içinde gereksiz hızlanmalar ve frenlemelerdir. Taşıtlar şehir içi şartlarında kullanılırken motorları çalışma zamanlarının büyük bölümünde ivmelenme rejiminde çalışırlar. Bu şartlarda taşıtların ivmelenme rejiminde çalışma süresi toplam sürelerinin % 42' si dolayındadır. Zirve saatlerinde (trafiğin yoğun olduğu saatler) ise bu oran ek olarak % 10-20 artmaktadır. Bu da egzost emisyonlarının bağıl olarak artması anlamına gelir. Çünkü hızlanma sırasında motor hızlanmanın gerektirdiği yükseklikte bir güç üretmekte ve buna karşı daha çok yakıt tüketerek daha çok kirletici yaymaktadır. Taşıtın trafiğin durumuna göre, kontrollü olarak sürülmesi sonucu ani hızlanmalar ve bunun sonucu olan ani frenlemelerden kaçınılabılır. Ayrıca diesel motorlu taşıtlarda ivmelendirme sırasında is emisyonlarında büyük artışlar meydana gelmektedir. Özellikle aşırı doldurmalı diesel motorlarında bu durum dahada belirgindir. Bunun nedeni aşırı doldurma sisteminin (türbin kompresör çifti) gaz pedalına basılarak ani olarak arttırılan yakıt debisi ile orantılı havayı silindirler içine gönderememesi ve belli bir cevap gecikmesi ile yakıt sistemi izlemesidir. Böylece ortamda yeterli hava olmamasından dolayı is emisyonunda artış olmaktadır. Sürücü is emisyonundaki bu artışa engel olmak için, sabit hız rejiminde anlatılana benzer olarak gaz pedalına kontrollü olarak (ani değil) basmalı ve aynadan egzostdaki is çıkışını izleyerek gaz pedalı basma hızını ayarlamalıdır. Günümüzde hızlanma sırasında sürücü hataları dolayısıyla oluşan is emisyonuna engel olmak için hava fazlalık katsayısına göre ayar yapan (gereğinden fazla yakıtı kesen) elektronik kontrollü püskürtme pompaları kullanılmaya başlanmıştır. (Şekil 13.9), (Kutlar vd., 1995)

14. OTTO MOTORLARINDA EGZOST EMİSYONLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ VE KONTROL UYGULAMALARI

14.1 Giriş

Günümüzde, çevre kirlenmesi önemli bir sorundur. Buna karşı yapılan çalışmalar bu sorunu belirli bir miktar da olsa engellemeye çalışmaktadır. Bu kirlenmeye taşıtların katkısı ise oldukça büyüktür.

Otto motorlarında meydana gelen HC, CO ve NO_x emisyonları Diesel motorlarındaki kıyasla çok daha fazladır. Diesel motorlarında egzost gazlarında CO % 7.6 - 0.1, HC %0.5 - 0.02 , NO_x %0.15 - 0.04 gibi maximum ve ortalama değerlerindeyken; Otto motorlarında ise CO % 1.5 - 4, HC % 4 - 0.5 ve NO_x % 0.2 - 0.06 değerlerindedir.

Otto motorlarında emisyonu azaltmada çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

14.2 Silindir İçi Kontrol

14.2.1 Kademeli dolgu yöntemi

Motorlarda alınan önlemler ile CO ve HC emisyonları azalırken, NO_x miktarları artmaktadır. Yüksek sıkıştırılmalı ve fakir karışımlı motorlar ekonomik çalıştıkları gibi, iyi güç vermekte ve az miktarda CO ve HC atmaktadırlar. Fakat azot oksitler yüksek sıcaklık ve basınç altında oluştuklarından, bu motorlar NO_x emisyonları yönünden istenilmeyen bir durum göstermektedirler. Yapılan araştırmalar fiziksel optimum (stokiometrik) benzin-hava karışımı oranında azot oksit emisyonu maksimum değerine ulaşmakta ve artan hava miktarı ile kuvvetli bir şekilde azalmaya başlamaktadır. Fakat karışımın fakir olması diğer taraftan yanma isteğini azaltmakta ve fazla miktardaki hava ile yanma olayı gerçekleşmemektedir. Bunun sonucu olarak egzost gazlarındaki yanmamış olan hidrokarbonlar(HC) aşırı derecede artmaktadır. Çözüm olarak; kademeli dolgu prensibi ortaya çıkarılmıştır. Bu prensip oldukça eskidir. Buradaki düşünce motoru fakir bir karışım ile çalıştırmak fakat buji önünde yakılabilecek zengin bir çekirdeği yönlendirebilmektir.

Buji tarafından ateşlenen zengin çekirdek gönderilen alev dalgası ile fakir çevre ile birlikte yakılır. (Schwaller, 1993)

Bu teoriyi ilk olarak Honda firması gerçekleştirmiştir. Çözüm CVCC sistemi olarak ortaya atılmıştır. Kademeli dolgu motorlarında, silindirin buji, egzost sübapı ve yakıt giriş yerleri dizaynı değiştirilmektedir.

14.2.1.1 Ön Yanma Odalı Motorlar

Bunların içinde en gelişmiş olanı Honda CVCC motorudur.(Şekil 14.1) Motor, karışım oranı 1 / 20 olan fakir bir benzin-hava karışımı ile beslenir. Ana yanma odası, yanında silindir kafası, her silindir için yaklaşık 6 cm³ ek bir odayı içermektedir. Bu odalar çok dar bir emme borusu ile çok zengin bir karışım veren kendi karbüratörüne bağlanmışlardır. Ön odanın dolgusu kendi özel sübapı ile yapılmaktadır. Bu ön oda bir kanal ile bir taraftan ana yanma odası, diğer taraftan bujinin elektrotları ile bağlantılıdır.Emme sırasında bu küçük ön oda zengin karışım ile dolmaktadır.Bu zengin karışımın bir kısmı ana yanma odasına bağlanan kanala doğru kaymakta ve kanalın ucunda fakir karışımın üzerinde zengin bir bulut olarak yerleşmektedir. Yanma sırasında ön odaya gelen sıcak hava dalgası ile sözü edilen bulut hemen yanmakta ve çok hızlı olarak yayılmaktadır.

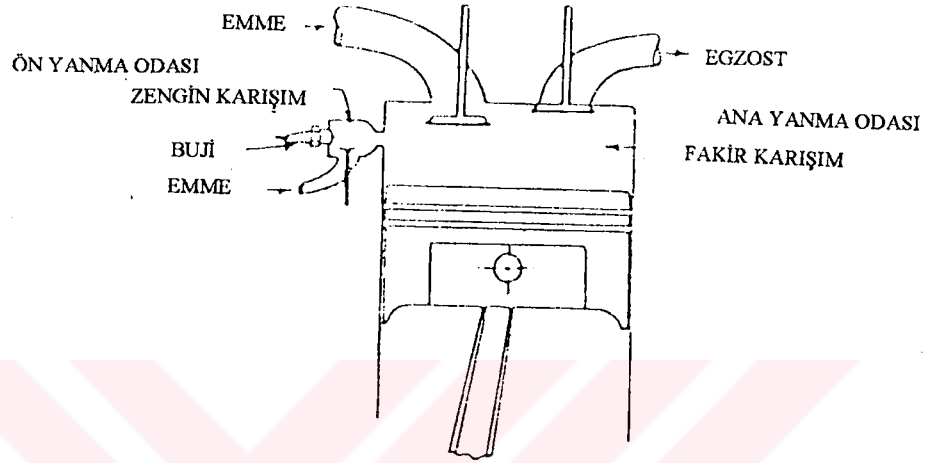
Sonuç olarak fakir karışımın yanma olayını yavaşlatıp uç basınçların azalmasını ve emisyon değerinin oldukça düşük bir düzeye inmesini sağlamaktadır. CVCC motorlarında CO, 1.96 g / mil, HC, 0.21 g / mil ve NO_x , 0.81 g / mil olarak ölçülmüştür.

14.2.1.2 Bölünmüş yanma odalı motorlar

Ön oda hacmi boyut olarak kolon aralık hacmine yaklaştıkça motor, bölünmüş yanma odalı kategorisine girer. Bunlarda direkt yakıt püskürtmeli tipler NO_x kontrolünde hem buji ateşlemeli hemde açık yanma odalı motorlara göre üstünlük sağlar. HC emisyonu büyük ölçüde yakıt püskürtmesinin karakteristiklerine göre üstünlük sağlar.

14.2.1.3 Açık yanma odalı motorlar

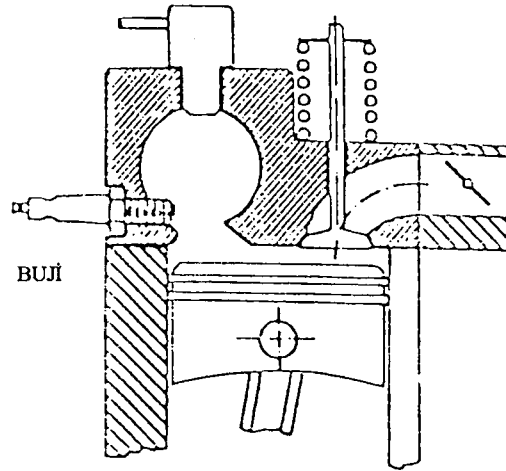
Açık yanma odalı kademeli dolgulu motorlarda, yakıtın doğrudan püskürtülmesi ile tek bir yanma odası kullanılır. Ford (Proco) (Şekil 14.2) ve Texaco (TCCS) (Şekil 14.3) tipleri en gelişmiş olanlardır. Bu motorlar Diesel motorlarınkine yaklaşan üstün yakıt tasarrufu sağlar. CO ve HC emisyon kontrolleri için oksidasyon katalizatörüne gereksinim duyulur.



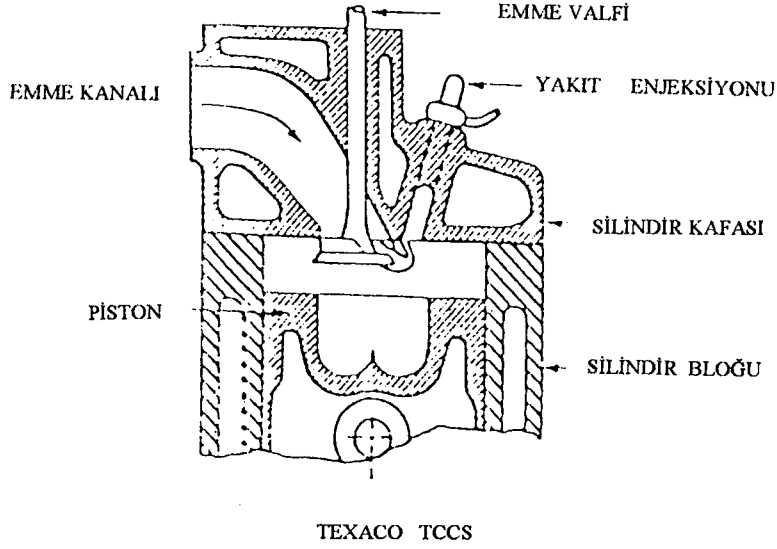
HONDA CVCC

ŞEKİL 14.1 Ön yanma odalı motor
(Motor Automotive Technology, 1993)

YAKIT ENJEKSİYONU



ŞEKİL 14.2 Bölünmüş yanma odalı motor
(Motor Automotive Technology, 1993)



ŞEKİL 14.3 Açık yanma odalı motor
(Motor Automotive Technology, 1993)

14.2.2 Azotoksit kontrolü

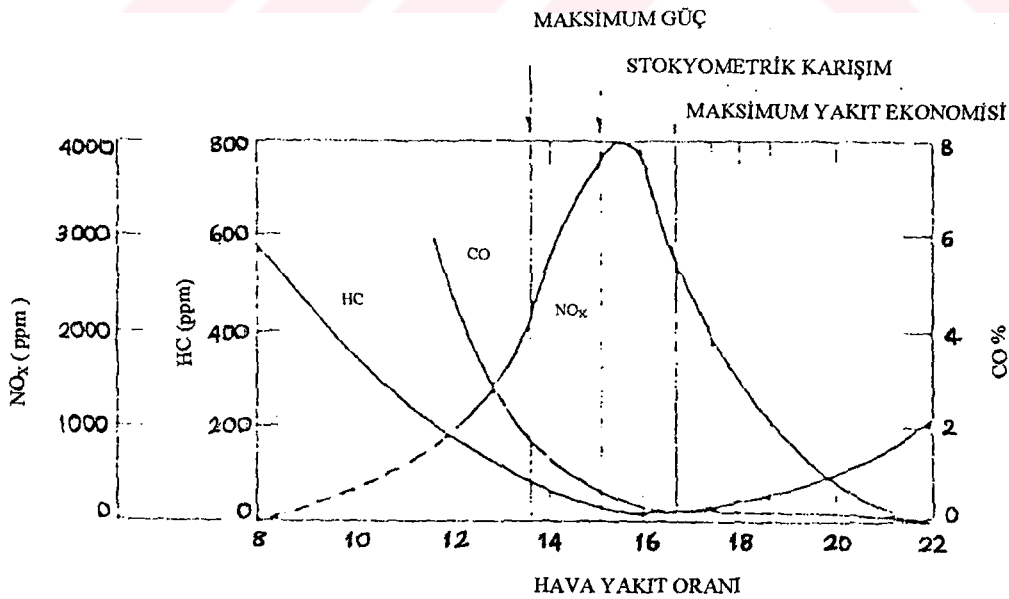
Egzost emisyonlarında azotoksit oluşumu yanma olayının maksimum sıcaklığında oluşmakta ve oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Stokiometrik karışımlarda karbonmonoksit ve hidrokarbon oluşumu minimum seviyelere yaklaşmakta, azotoksit oluşumu ise maksimum seviyede olmaktadır. Azotoksit oluşumunu azaltmak için pratikte tek yol yanma pik (tepe) sıcaklığını düşürmektir. Bunun için herbiri kimyasal tepkimelere girmeyen taze karışıma su katmak veya bir kısım egzost gazını resirküle (EGR) etmek gerekir. Silindir içindeki maksimum sıcaklığın % 16 azaltılması yolu ile azotoksit yoğunluğu % 85 oranında azaltılabilmektedir.

Şekil 14.5'te su enjeksiyonunun NO oluşumuna etkisi gösterilmektedir. Eşit karışım oranında yani su-yakıt oranı, azotoksit oluşumunu % 60 oranında düşürür. Bu sistemin bazı dezavantajları vardır. Büyük su tankına gereksinim duyulması, suyun soğuk havalarda donması, korozyona sebep olması ve ek tesisat maliyeti gibi.

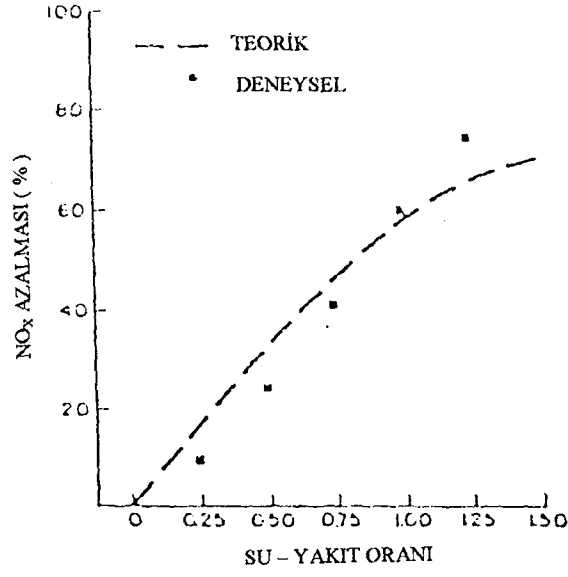
Egzost gazı resirkülasyonunda bir kısım egzost gazı direkt olarak emme manifolduna gönderilir. (Şekil 14.6) Burada iki adet egzost gazı resirkülasyon borusu emme manifolduna egzost gazı göndermektedir. Emme manifolduna çalışma koşullarına uygun egzost gazı debisini, karbüratör kelebeğine bağlı egzost gazı kelebeği ayarlanmaktadır. Bu motor vakumu ile kontrol edilir.

EGR kelebeği, yay kuvvetine karşı karbüratörden gelen vakum ile kontrol edilen bir diyaframa sahiptir. Karbüratör vakum yolu açıkken bu diyafram yay kuvvetini yenerek EGR kelebeğini açar. Böylece egzost gazlarının emme manifolduna girişi sağlanmış olur. Motor rolantide çalışırken EGR kelebeğini harekete geçirecek bir vakum oluşmamaktadır. (Şekil 14.7)Hassas sıcaklık kontrolü ile de resirkülasyon yapılabilir. Bu bir sıcaklık valfiyle yapılır. Bu valf motordaki belirli bir sıcaklık altında kapanma özelliği gösterecek şekilde dizayn edilmiştir.(Şekil 14.8) (Stern, 1977)

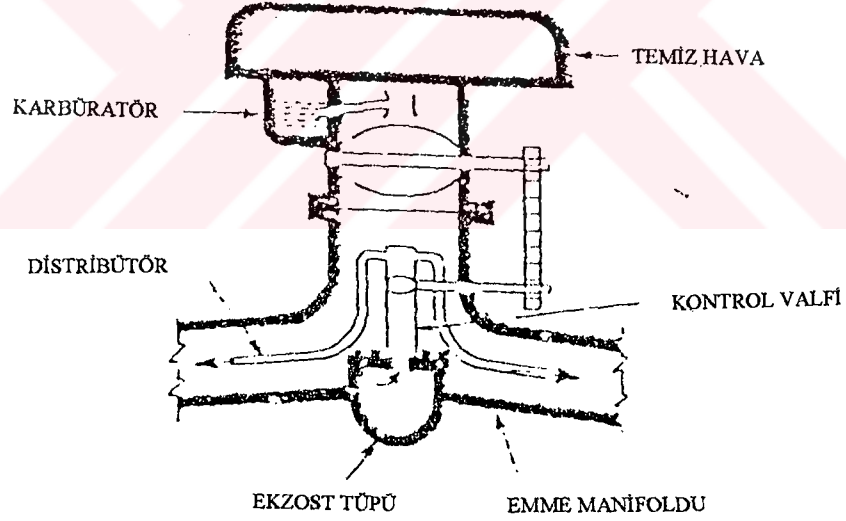
Ayrıca elektronik kontrollü EGR sistemleride mevcuttur. Bu sistemler motor verimini artırıcı yönde çalışırlar. EGR kelebeğini kontrol etmek için elektronik kontrol ünitesi (ECU) veya kontrol modülü (ECM) kullanılır.(Şekil 14.9)



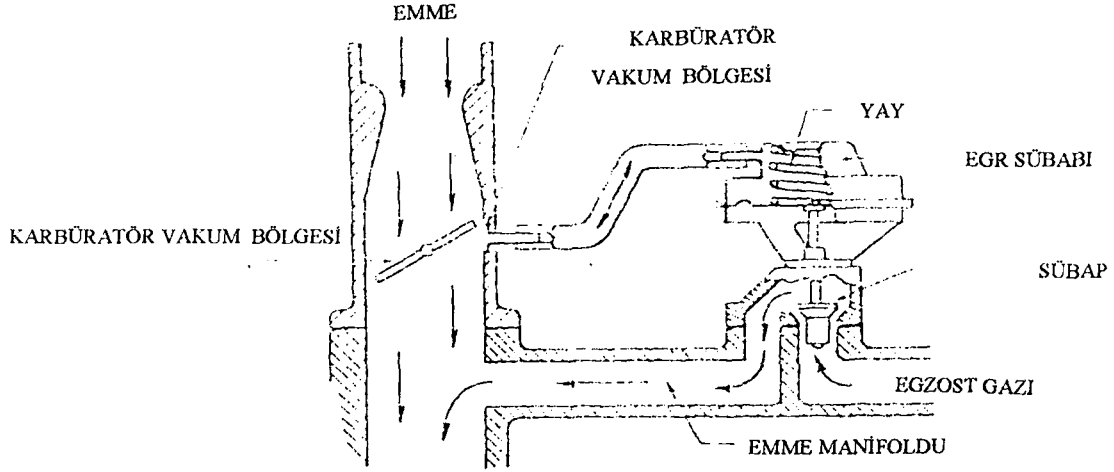
ŞEKİL 14.4 Egzost emisyonlarının hava-yakıt oranına bağlı konsantrasyonları (Air Pollution, 1977)



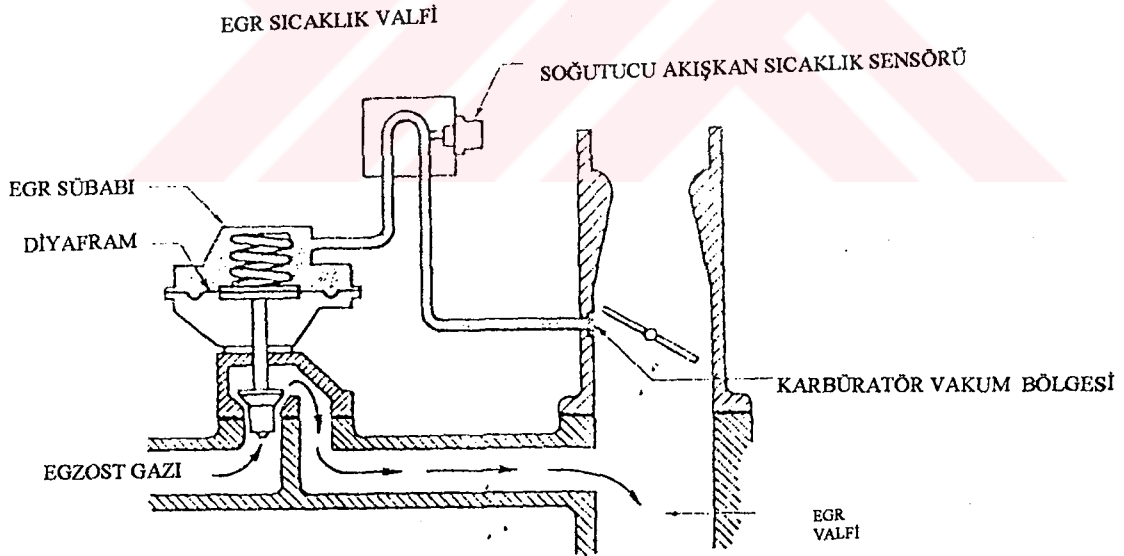
ŞEKİL 14.5 Su enjeksiyonunun deneysel ve teorik olarak NO oluşumuna etkisi
(Air Pollution, 1977)



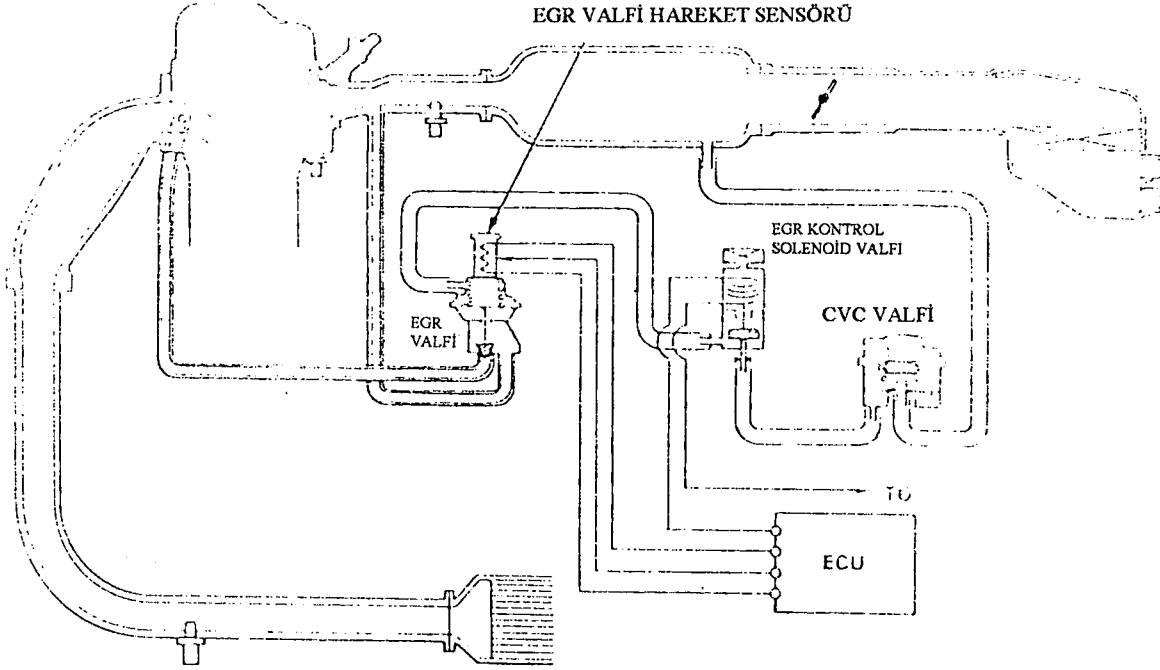
ŞEKİL 14.6 Egzost gazı ve sirkülasyon sistemi
(Air Pollution, 1977)



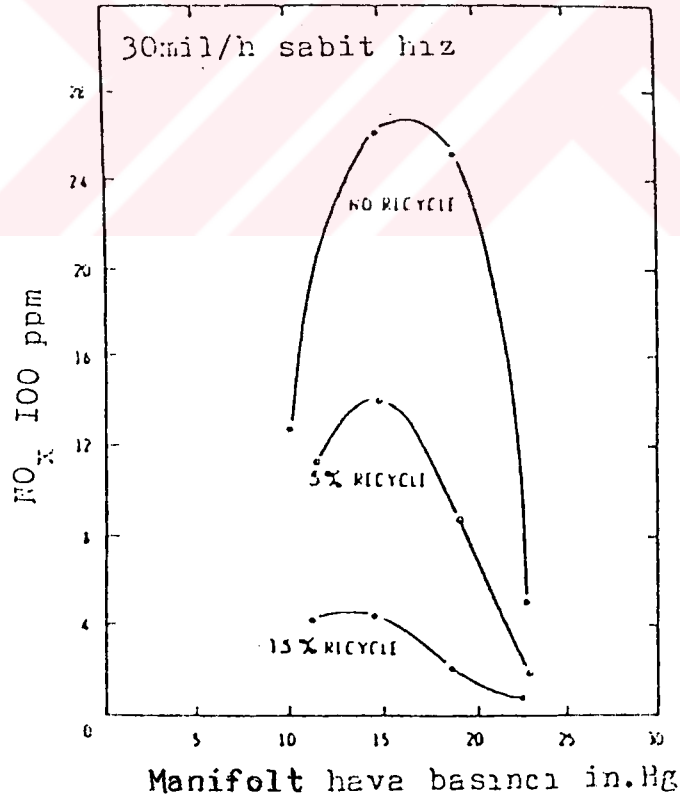
ŞEKİL 14.7 Egzost gazlarının emme manifolduna girişini kontrol eden EGR kelebeği
(Air Pollution, 1977)



ŞEKİL 14.8 EGR kelebeğinin bir sıcaklık valfiyle kontrolü, motordaki belli bir sıcaklığın altında kapanacak şekilde dizayn edilir
(Air Pollution, 1977)



ŞEKİL 14.9 EGR kelebeğinin elektronik kontrolü
(Air Pollution, 1977)



ŞEKİL 14.10 Teorik olarak hesaplanan EGR 'nin NO oluşumuna etkisi
Sıkıştırma oranı 8:1 (Air Pollution, 1977)

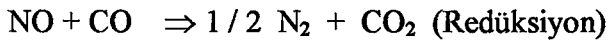
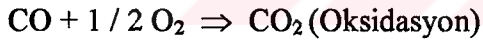
Kullanılan bazı yöntemler:

- 1 - Selenoid kullanımıyla karbüratördeki vakumun boşaltılması,
- 2 - EGR kontrol selenoidi kullanılarak vakumun kontrol edilmesi,
- 3 - EGR kelebeğine direkt bağlı selenoid kullanılması,

Şekil 14.10'da teorik olarak hesaplanan egzost gazı resirkülasyonun NO oluşumuna etkisi gösterilmektedir. Kimyasal olarak doğru hava-yakıt oranında % 20 egzost gazı resirkülasyonu % 70 NO oluşumunu azaltabilmektedir. Teorik olarak yakıt ekonomisinde % 3 düşme görülür. (Starkman, 1986)

14.3 Katalizatörler

Katalizatörler egzost emisyonlarındaki hidrokarbonları ve karbonmonoksitleri okside ederler, azotoksitler ise redükte ederler.Katalizatörler hem oksidasyon hem de kimyasal redüksiyon yapabilirler.

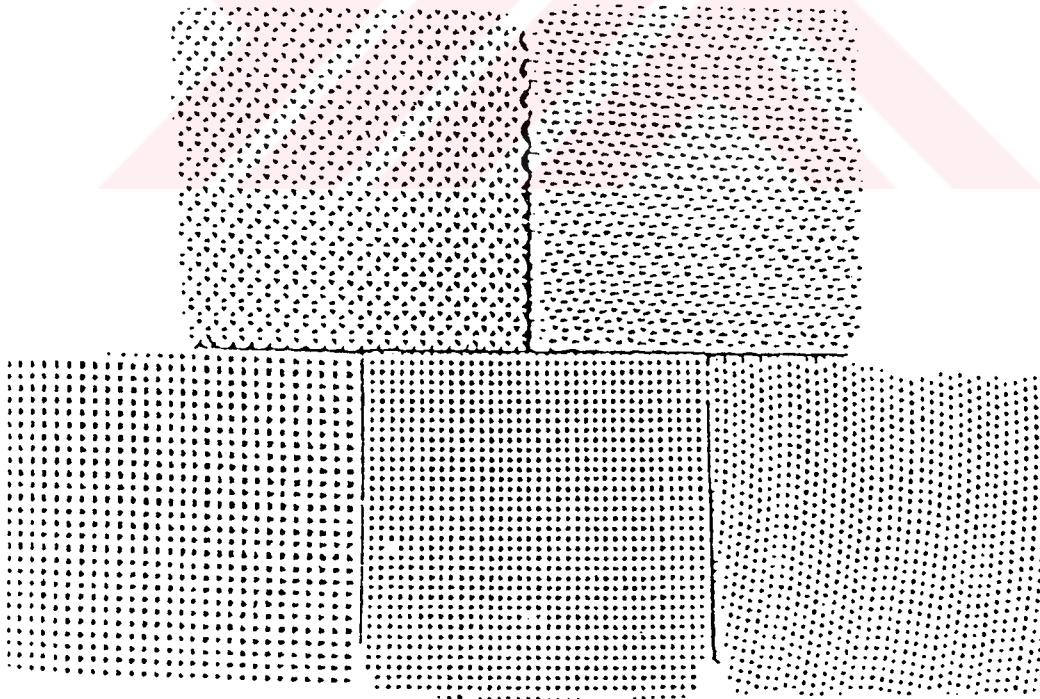


Katalizatörlü son yanma, katalizatör malzemesi ile doldurulmuş olan bir kap içinde yapılır.Katalizatör malzemesi olarak soy metaller kullanılır. Katalizatörler çoğunlukla birim hacimde çok yüksek yüzey alanından yapılmış taneli aliminyum oksit topaklarından (pellet) oluşur. Katalizatör malzemesi topağın yüzeyinde depolanmıştır. Tipik katalizatörler, malzemenin lb'sinde 500.000 ft² yüzey alanına sahiptir. Katalizatör kabı daha çok susturucuya benzer ve konvansiyonel susturucu pozisyonunda yerleştirilir.

Katalizatör hacmi 200 ve 400 inç³ arasında değişir. Şekil 14.11'de bir katalizatör dizaynı gösterilmiştir.



ŞEKİL 14.11 Tipik katalizatör dizaynı
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, UNIKAT, 1986)



ŞEKİL 14.12 Çeşitli kanal şekilleri ve kanal sayısı yoğunlukları bulunan seramik monoblok taşıyıcı matris ön kesit alanları
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, UNIKAT, 1986)

Aşırı ısınma bir problem olduğu halde yine de minimum ısı kaybı için en ideal durum motora mümkün oldukça yakın yerleştirmektedir. Katalizatörlerin çalışma sıcaklığı 150 - 1000 °C arasındadır. Bu yüksek sıcaklıklardan dolayı katalitik konvertörler paslanmaz çelikten imal edilirler ve özel ısı koruyucuları kullanılır. Motorun ilk hareketini izleyen 15 - 20 dakika sonra katalizatör etkili olmaya başlamaktadır. Katalizatörlerde yatağı tıkayan ve aktif katalizatör yüzeyini kaplayan kurşun bileşikleri yüzünden problemlerle karşılaşılır. Bu yüzden kurşunsuz yakıt kullanılmalıdır. Isı iyi bir şekilde korunabiliyorsa, katalizatörlerde yanmayı tamamlayabilmek için hava enjeksiyonu kullanılabilir veya karışımlardaki fazla oksijenden faydalanılarak da çalışabilir. NO'nun katalitik indirgenmesinde çok zehirli bir bileşim olan amonyak ürer. Normal çalışma esnasında bütün katalizatörler dışarıya metalik bileşim kalıntıları çıkarırlar.

14.3.1 Katalizatörlerin yapısı

Otomobillerin çıkardığı egzost gazlarının zararlı maddelerden arıtmaları amacıyla üç çeşit katalizatör sistemi geliştirilmiştir.

- a) Seramik monoblok taşıyıcı matrisli katalizatörler.
- b) Küresel tanecikli katalizatörler (Pellets)
- c) Metal monoblok taşıyıcı matrisli katalizatörler.

14.3.1.1 Seramik monoblok taşıyıcı matrisli katalizatörler

Monoblok katalizatörler, içinde egzost gazlarının geçebileceği kanallar bulunan seramik petek gövdelerden oluşur. Büyük sayılı imalatın gerçekleşmesinde kalıptan çekme işlemi ile şekil verilen cordierit, yegane kullanılan malzemedir. Magnezyum aliminyum silikattan ibaret olan cordierit, ısı genleşme katsayısının çok düşük olması ve buna bağlı termik şok mukavemetinden dolayı petek gövdeli matris yapımına çok elverişlidir. Seramik monoblok taşıyıcı matrisler kullanma alanlarına göre kanal yapılarında, kanal sayısı yoğunluklarında ve dış geometrik ebatlarında farklılıklar gösterirler. Sinüs şeklindeki üçgen veya kare şeklinde kanal kesitleri vardır. Günümüzde en çok kanal sayısı yoğunluğu 400 / in² olan katalizatörler kullanılmaktadır, yani 2.5 × 2.5 cm kenarlı bir alan başına 400 adet kare

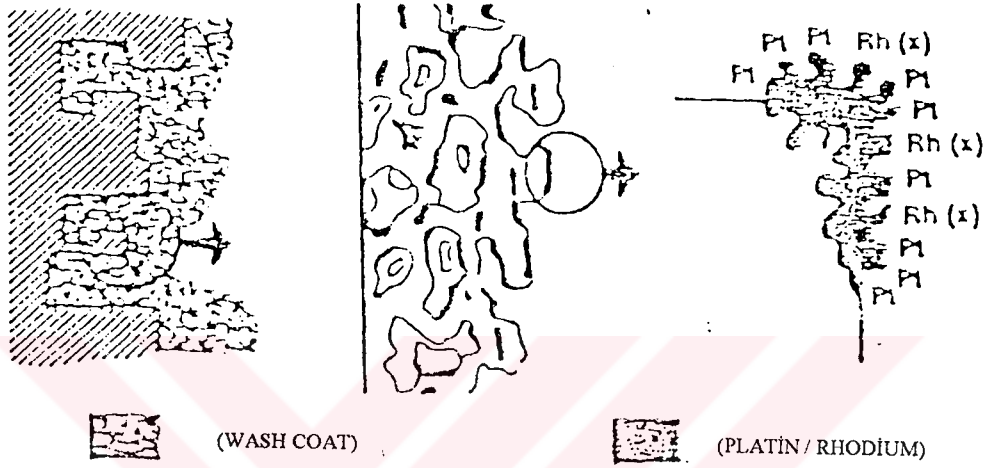
şeklinde kanal düşmektedir. Kanal çeperinin kalınlıkları 0.15 ile 0.2 mm arasındadır. Katalitik etkisi bulunmayan seramik monoblok taşıyıcı matris önce kompleks bir imalat yöntemi ile γ - Al_2O_3 maddesinden oluşan aktivite arttıran bir ara tabaka (Washcoat) ile kaplanır. Onun üzerine ise soy metaller geçirilir. Soy metallerin düşük sıcaklık etkenliğine ihtiyaç duyulur. Araç başına kullanılan soy metal miktarı 1 veya 2 gram dolaylarındadır. Otomobiller hurdaya çıkartıldığı zaman bu soy metallerin büyük bir kısmı, tekrar kullanılmak üzere değerlendirilir. (Starkman, 1986)

Katalizatörlerin araçlarda kullanılabilmesi için adına canning denilen bir kılıf içine yataklanmaları gerekmektedir. Katalizatör ve kılıfı ile tüm sisteme katalitik konvertör adı verilir. Monoblok katalizatörlerin kılıfı daima saçtan yapılmış olup, uygulanan çeşitli sistemlere göre, katalizatör ya örme tel ya da yüksek sıcaklığa dayanıklı elyaf tabakasına sarılarak kılıf içine yataklanır. Konvertörün ebadı ve dizaynının güç ve sistemin akış direncine dolayısı ile yakıt sarfiyatına etkileri olmaktadır. Üç yollu katalitik konvertörler daha karmaşık yapıda olup, radyumdan başka platin ve paladyum gibi soy metallerin yanısıra, etkinliği yükseltici soy olmayan çeşitli metal oksitleri ihtiva ederler. İki yollu katalitik konvertörlerde ise hidrokarbonları ve karbonmonoksiti azaltmak için sadece platin ve paladyum kullanılır.

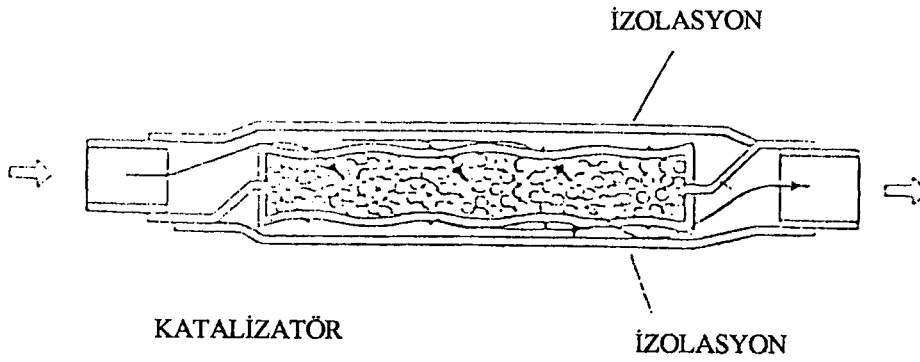
14.3.1.2 Küresel tanecikli katalizatörler

Genelde kamyonetlerde kullanılan bu katalizatörler 1981'den sonra yerini monoblok katalizatörlere bırakmıştır. Bu katalizatörlerin taşıyıcı ana maddesi γ - Al_2O_3 olan mekanik özelliklerine, gözenek yapılarına ve dış yüzeylerine göre değişen, kürecik veya çubukçuk şeklindeki taneciklerden ibarettir. γ - Al_2O_3 maddesinden yapılmış kürecikler, etken bir dış yüzeye sahip olduklarından dolayı ayrıca bir ara tabaka ile (Washcoat) kaplanmalarına gerek yoktur. Bunlar yalnız soy metal ve promotor denilen yardımcı maddeler ile aktifleştirilirler. Küresel tanecikli katalizatörler seramik monoblok katalizatörlere kıyasla ısıl mekanik dayanıklılık yönünden daha avantajlıdır. Fakat ağır oldukları ve çalışmaya daha yüksek sıcaklıklarda başlama özelliği gösterdiği için tercih edilmemektedir. (Starkman, 1986)

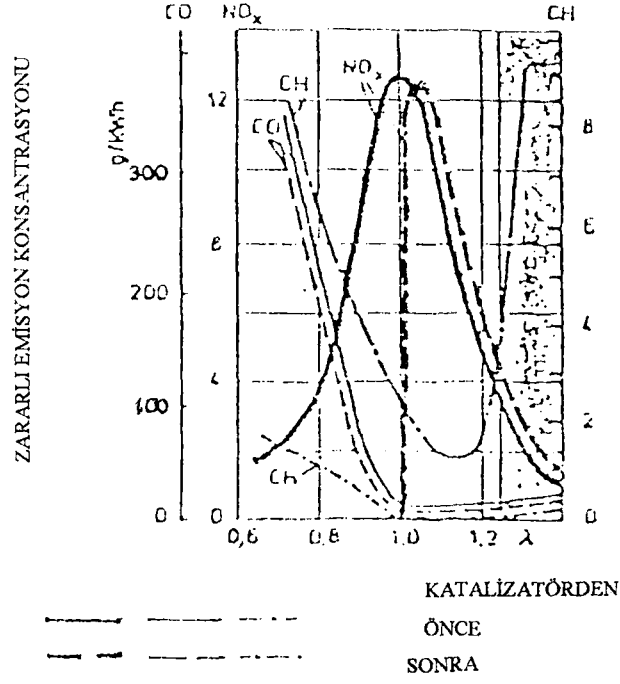
Şekil 14.14'te küresel tanecikli bir konvertör modeli görülmektedir. Egzost gazı konvertörün sol üst tarafından girip, küresel taneciklerden geçerek sağ alt tarafından dışarıya çıkar ve bu arada temizlenir.



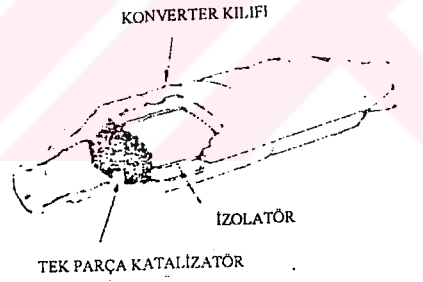
ŞEKİL 14.13 Seramik monoblok taşıyıcı matrisli bir katalizatörün yapısı
(Combustion Generated Air Pollution, 1986)



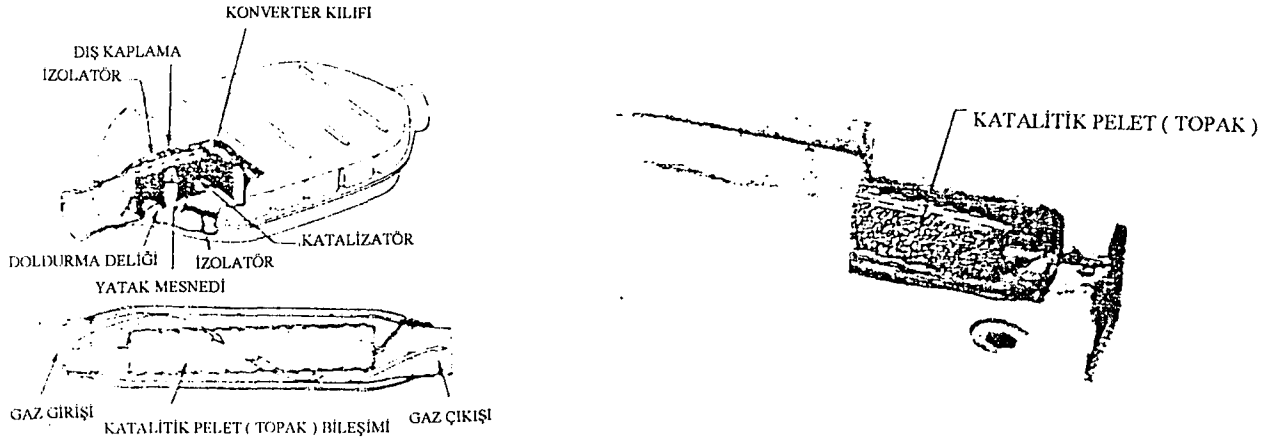
ŞEKİL 14.14 Bir küresel tanecikli katalitik konvertör şeması
(Combustion Generated Air Pollution, 1986)



ŞEKİL 14.15 Hava oranının egzost gazı emisyonuna tesiri
(Combustion Generated Air Pollution, 1986)



ŞEKİL 14.16 Petek yapılı iki yollu monoblok katalitik konvertör
(Combustion Generated Air Pollution, 1986)



ŞEKİL 14.17 İki yönlü pellet tipli katalitik konvertörler
(Combustion Generated Air Pollution, 1986)

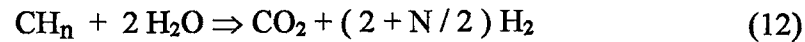
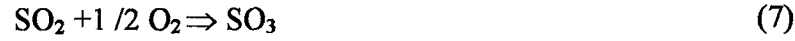
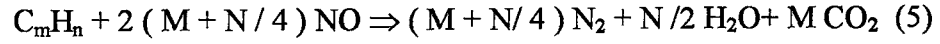
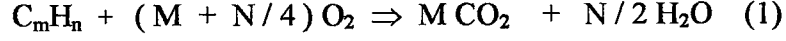
14.3.1.3 Metal Monoblok Taşıyıcı Matrisli Katalizatörler

Metal monoblokler birbirini takip eden sinüs eğrisi gibi şekillendirilmiş ve düz saçlardan oluşmaktadır. Bu saçlar sarılır ve lehimlenerek metal taşıyıcı matris haline getirilirler. Bu iş için ısıya dayanıklı ferritlenmiş çelik kullanılır. Kanal çeper kalınlığı 0.04 ile 0.07 mm arasında değişir. Seramik monobloklara kıyasla metal monoblokler daha düşük ısı kapasiteli, egzost gazlarının akış yönüne karşı daha az mukavemet gösteren daha küçük geri basınçlı ve daha küçük hacimli, ısıyı daha iyi ileten özelliklere sahiptirler. Bu nedenle bu tür katalizatörler direkt egzost manifoldunda motora yakın olarak monte edilebilirler. Metal monoblok katalizatörler bu özelliklerinden dolayı start veya light-off (Çalışmaya başlama) katalizatörü olarak öncelikle kullanılırlar.

14.3.2 Egzost gazlarının katalitik arıtılmasında kimyasal reaksiyonlar

Otomobil egzost gazlarının içindeki hidrokarbonlar çok sayıda değişik bileşimlerden oluşmakta ve değişik hızlarda oksitlenmektedirler. Doymuş hidrokarbonlar, öncelikle metan gazı, en hantal reaksiyonu gösterir. Doymamış hidrokarbonlar ile oksijenli organik maddeler ve polisiklik aromatik bileşikler ise orta süratli reaksiyon gösterirler. Hidrojen ve karbonmonoksit bunlara kıyasla çok daha hızlı reaksiyon gösterirler.

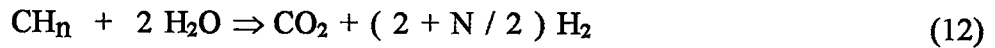
Tablo 14.1 Otomobil egzost gazlarının katalizörlerle arıtılırken oluşan kimyasal reaksiyonlar



Katalizatörün görevi; egzost gazı emisyon konsantrasyonları, egzost gazı sıcaklıkları ve akış hızları gibi değişen koşullarda, tüm sınırlanmış zararlı maddeleri yeterli miktarda karbondioksit, su ve azot gibi çevreye zararsız maddelere dönüştürmektedir. Örnek olarak üç yollu katalizatörün veya çift yataklı katalizatörün karbonmonoksitin dönüştürülmesi aşağıdaki gibidir:



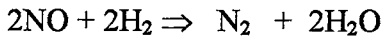
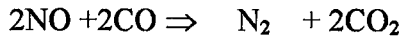
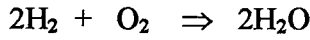
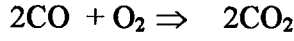
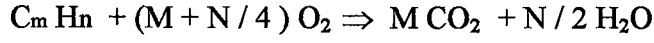
Çift yataklı katalizatör sisteminde yukarıda gösterilen kimyasal reaksiyonlar en uygun koşullar altında ayrı olarak ard arda meydana gelirler. Tüm sistem değişebilecek bütün koşullar altında her iki reaksiyonun da aynı anda yeterli hızla meydana gelebileceği şekilde dizayn edilmiş olmalıdır. Kimyasal reaksiyon kinetiğinde iki sınır göze çarpmaktadır. Katalizatörden geçen gaz karışımı giderek fakirleşirse (2) numaralı reaksiyon daha ağır basacaktır. Bu durumda daha yavaş oluşan (4) numaralı reaksiyon için yeterince karbonmonoksit kalmaz ve azot oksitlerinin de dönüşüm miktarı da azalır. Diğer yandan zengin karışımlarda oksijen ve azot oksitlerinin miktarı, karbonmonoksit ile hidrokarbonların dönüştürülmesi için yetersiz kalır. Üç yollu katalitik konvertörde sadece egzost gazının stokiometrik bileşimi yanında, çok dar bir λ aralığında azami verim oluşur. Bu aralığın mümkün olduğu kadar geniş olması istenir. Bu amaçla yapılan çok fonksiyonlu katalizatörlerin geliştirme çalışmaları şu değişiklikleri gerektirmiştir. λ aralığının genişletilebilmesi için, radyumun zaten mevcut olan oksijen depolama özelliği γ -Al₂O₃ ara tabaka maddesinin yüzeyine molekül değeri fazla olan oksitlerin yerleştirilmesiyle arttırılmıştır. Böylece egzost gazlarında oksijen azlığı olduğu zaman zengin karışım da dahi kısa zaman için hidrokarbon ile karbonmonoksitlerin oksitlenmesi mümkün olabilmektedir. Öte yandan fakir karışımlar oluştuğunda ise bu tabaka gazların içindeki oksijeni kendine çekerek iki numaralı reaksiyonu biraz frenleyebilmektedir. Zengin çalışma şartları altında ek olarak hidrokarbon ve karbonmonoksiti dönüştürebilmek için bir başka imkan da hidrokarbon dönüşüm reaksiyonlarını (11 ve 12) hızlandıracak katalizatörlerin geliştirilmesinde yatmaktadır. Egzost gazlarının içinde oluşsa bile su buharı sayesinde yanabilir zararlı maddelerin bir kısmı bu yöntemle oksitlenebilmektedir.



Olaya termodinamik açıdan bakılacak olursa, bizi ilgilendiren tüm reaksiyon dengelerinin çalışma şartları altında uygun tarafta bulunduğu görülür. Sorun da kinetik nitelikte olduğundan reaksiyonları hızlandırıcı katalizatörlerin devreye girmesiyle problem giderilmiş olur. Katalizatörlerde meydana gelen olaylar son derece karmaşıktır. Tablo 13.1'de gösterilen ana emisyonların azaltılmasını sağlayan (1) den (6) ya kadar ve (11) ile (12) numaralı reaksiyonların yanısıra, çevre için tamamen nötr olmayan maddeler, (7) den (10) numaralı yan reaksiyonlar da oluşabilmektedir.

14.3.3 Üç yollu katalitik konvertörler

Üç yollu katalitik konvertör; karbonmonoksit, azot oksit ve hidrokarbonları azaltabilme özelliğine sahiptir. Üç yollu katalitik konvertörlerde egzost gazı emisyonlarının ve redüksiyon mekanizmaları aşağıdaki gibidir.



Konvertörden oksijen bakımından zengin bir egzost gazı geçiyorsa konvertör üst yüzeylerinde daha sonra geçebilecek olan zengin karışım fazında oksitlenme reaksiyonu için bir miktar oksijen depolanır. Oksijeni depolama kapasitesi, konvertörün dönüştürme yeteneğine etkili olan önemli bir büyüklük olarak görülmelidir. Bu bakış açısında platin / radyumlu konvertör en iyi çözüm olarak kendini gösterir. Yakıt-hava karışımının $\lambda = 1$ civarında değişmesi ön şarttır. Bunu sağlamak için diğer bir cihaz olan λ sensörü gerekir.

14.3.3.1 λ Sensörü ve Çalışma Prensibi

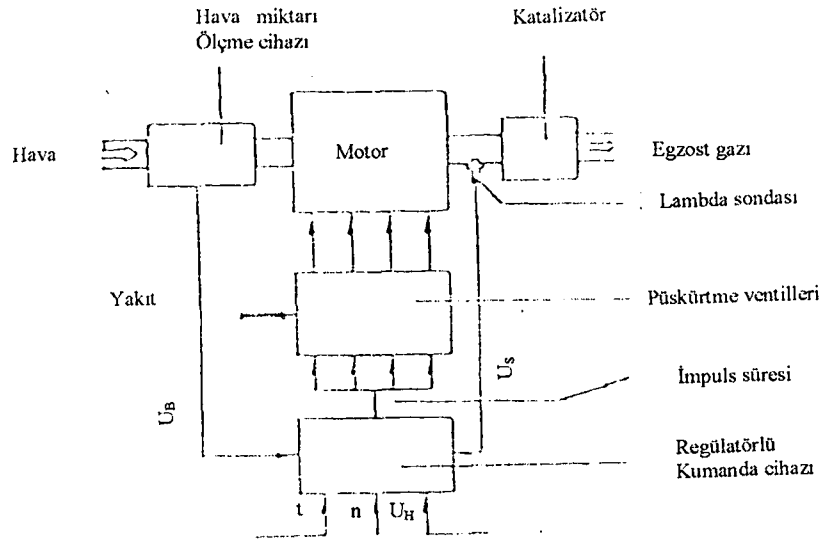
λ sensörü $\lambda=1$ 'de 900 MV'tan 100 MV'a dikey bir gerilim değişimi gösterir ve egzost borusuna yerleştirilir. Bu ani gerilim değişimi, bir kontrol devresi için giriş sinyali olarak kullanılabilir. λ sensörünün prensibi (Şekil 14.19), katı elektrolitli galvenik bir oksijen-konsantrasyon hücresine dayanır. Zirkondioksitten oluşan silindirik katı elektrolit içten ve dıştan gözenekli metal elektrot kanallarıyla kaplıdır. Gözenekli metal elektrot, tıpkı tutkallanmış bir malzemenin ince kum yığınına bastırılması ile elde edilen yüzeye benzemektedir. Hava bu kanalcıklardan geçerek iç elektroda ulaşır. Sert mineral tabakasıyla korunan dış elektrot, sıcak egzost gazıyla temas halindedir.

Sensörün seramik malzemesi (katı elektrolit) 300 °C 'den itibaren oksijen iyonları iletmeye başlar. (Stern, 1977)

Sensörün hava ve egzost gazı tarafları arasında farklı oksijen oranlarından dolayı bir elektrik gerilimi meydana gelir. Bu gerilim sensörün hava ve egzost gazı tarafları arasındaki farklı oksijen miktarlarının bir ölçüsüdür. Sensörün en büyük hassaslığı $\lambda=1$ durumudur. Yakıt hava karışımı öngörülen değerden saparsa, sensör tarafından bu egzost gazının fazla oksijeni olarak saptanır. Sensör çıkış sinyali jetronik-benzin püskürtme kumanda cihazına iletilir. Böylelikle püskürtme süresi ve miktarı değiştirilir. Bu şekilde yakıt-hava karışım oranı doğrudan düzeltilir. Karbüratörlü motorlarda da λ sensörü ve elektronik kumanda sayesinde itilen kısmi yük iğnesi yardımıyla, yakıt emilen hava miktarına doğru orantılı olarak verilir. Sensör içerisinde oluşan bu gerilim logaritmik bir fonksiyonu tanımlar. Bu nedenle en küçük kısmi basınç değişimleri bile $\lambda=1$ civarında büyük bir gerilim değişimlerine neden olurlar. Sensörden iyi bir verim alınması için en az 250 °C 'nin üstünde çalışmasını sağlamak gereklidir.

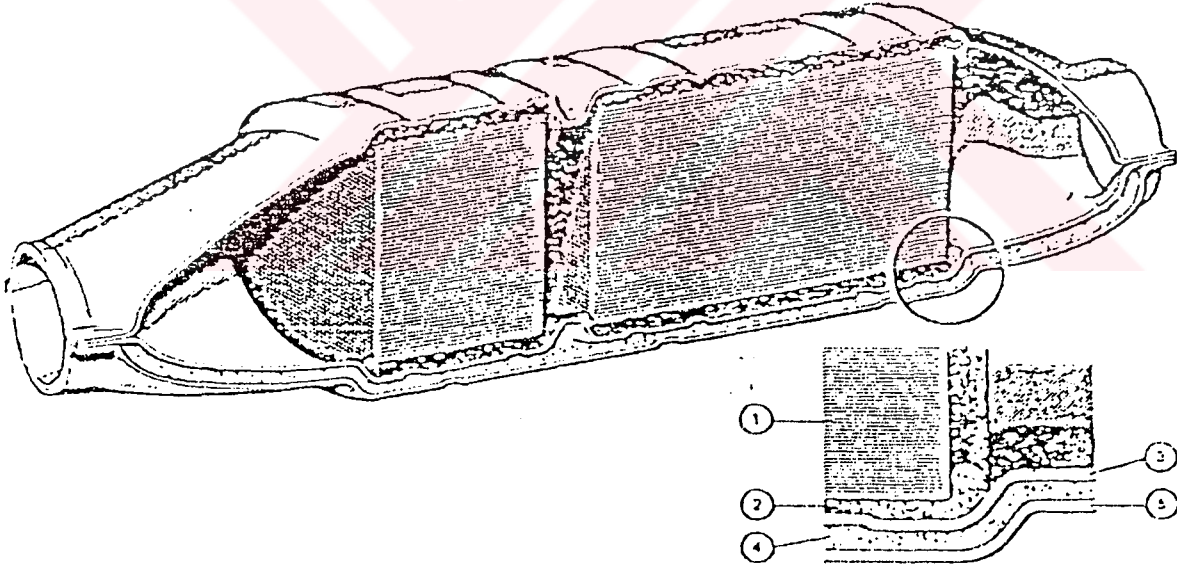
14.3.3.2 Katalitik konvertör ve λ sensörünün bileşimi

Katalitik Konvertör ve λ sensör ayarlı tüm sistem Şekil 14.20'de ilke olarak verilmiştir. Karışım oluşturucu kendi karakteristik kumanda organlarıyla (örneğin, karbüratörün meme büyüklüğü ile) belirli bir yakıt-hava karışımını hazırlar. Motor içindeki yanmadan sonra, kızgın egzost gazı λ sensörüne gönderilir. λ sensörünün voltaj sinyali (U_s) elektronik kumanda cihazı içindeki kompratör yardımıyla değerlendirilir. Devreye giren bir ayarlayıcı benzin püskürtme düzeneğine bir λ düzeltmesini ön görür. Düşük sensör geriliminde (fakir karışım) ayarlayıcı, zengin karışıma doğru ayarlar. λ sensörü zengin bir egzost gazına işaret ederse, ayarlayıcı fakir karışıma doğru ayar yapar. Böylece karışım hazırlayıcı-motor- λ sensörü kumanda yolu ve ayarlatıcı hızı ile belirlenen bir λ osilasyonu ortaya çıkar. Konvertör bu λ osilasyonu ile çalışırsa, dar bir bölgede (λ aralığında) motorun ham emisyonu % 95 'den fazla bir oranda azaltılabilir.



t: motor sıcaklığı, n: motor devir sayısı, U_B : şebeke besleme gerilimi, U_S : sonda gerilimi, U_H : hava sinyal gerilimi

ŞEKİL 14.20 λ ayarlı, katalizatörlü L-jetroniğin fonksiyon şeması
(Environmental Sources and Emmisions Handbook, 1990)



Değerli metalle kaplı seramik gövde, titreşim sönümü için değerli metalden tel örgü, değerli metalden katalizator kabı, alüminyum silikattan ısı yalıtımı, ısıya dayanıklı alüminyumlaşmış yalıtım sacı

ŞEKİL 14.21 Çift yataklı üç yollu katalitik konvertörün kesiti
(Environmental Sources and Emmisions Handbook, 1990)

14.3.3.3 Katalitik konvertör ve λ sensörünün montaj yerleri

Katalitik konvertör ve λ sensörü çalışma şartlarında egzost gazı sıcaklığından etkilenirler. Motor ve kontrol sistemleri temel tasarımlarının yanında, bu iki cihazın takılış yerleri de egzost gazı temizleme sisteminin etkinliğinde önemli bir rol oynar. Her iki cihazın çalışma sıcaklığının zıtlık meydana getirmesi işi zorlaştırmaktadır. Yüksek çalışma sıcaklığına ulaşmaya çaba göstermesinden dolayı aşınmaya sebebiyet vermemesi için motordan uzakça bir yere montajı öngörülür. Fakat diğer yandan fonksiyonel çalışabilme nedenlerinden en az çalışma sıcaklığının altına inilmemesi ve aynı zamanda motorun soğuk iken ilk olarak çalıştırılması sırasında sistemin hızla devreye girmesinin sağlanması bu cihazların motora yakın bir yere montajlarını gerekli kılmaktadır. Mercedes araçlarında katalitik konvertörün egzost manifoldlarından yaklaşık 800-1000 mm uzaklıkta takılması, sıcaklıklar arasında iyi bir uyum (optimum) göstermiştir.

14.3.3.4 Katalitik konvertör etkinliğini korumak için alınabilecek önlemler

Bugün Avrupa'da üretilen ve ABD 'ye ihraç edilen araçlara takılan egzost gazı temizleme sistemleri, en az 100 000 km yol katettikten sonra bile % 80 'nin üzerinde bir oranda egzost gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlayabilmektedir. Bu değer uygulamada aracı kullanma koşullarına göre az veya fazla olabilir. Ekstrem olarak zorlanan bir aracın 25 000 km yol katettikten sonra bile CO ve HC için % 81 ve NO_x için % 70 'lik bir dönüştürme oranına sahip olduğu görülmüştür. Alınacak bazı önlemlerle bu oran daha da yükseltilebilir. (Sıttıg, 1990)

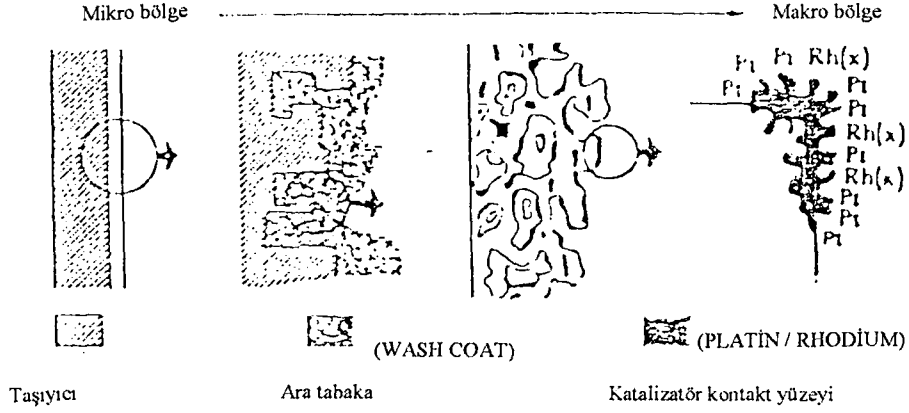
Tam gazda zengin karışım sağlanması, karışım hazırlayıcının elektronik kontrolü, elektronik ateşleme ve λ sensörü tanım eğrisinin stabilize edilmesi, yüksek ısıya dayanıklı egzost boruları, yalıtım maddeleri ve konvertör blokunun iyileştirilmiş askı düzenleri, termik olarak stabil konvertör yüzey kaplaması ve konvertör taşıyıcı bu önlemlerin başında gelmektedir. Sensör ve konvertörün termik aşınması yanında, kurşun, fosfor, kükürt ve ağır metallerin neden olduğu kimyasal olarak aktifliklerinin kaybolmasında ortaya çıkabilir. Bu yüzden kurşunsuz benzin kullanılması gereklidir; çünkü kurşun bileşikler konvertörde üst yüzeyleri kaplar ve egzost gazının katalitik malzemeyle bağlantısına engel olur. Kurşunlu

yakıt tekrar kullanılırsa konvertör aktifliğini yitirir, yani zararlı egzost gazı emisyonlarının sadece % 30 unun azaltılmasına neden olur. Yakıt içerisinde bulunan kükürt miktarı, konvertör için normal şartlarda bir sorun oluşturmazken, motorun aşırı yağ sarfiyatında konvertör seramik kanalları kısmen tıkanabilir. Benzer olay konvertörün önündeki borularının pul pul dökülmesi halindedir görülebilir. Sonuç olarak, kurşunsuz benzin kullanımı gerektiren otto motorlarında konvertör bloğu ve λ sensörünün kullanılmasıyla egzost gazları içerisindeki zararlı emisyonlar indirgeme ve oksidasyon işlemleriyle % 95' e varan bir oranda zararsız bileşiklere dönüştürebilmektedir. λ sensörü ayar düzeni kullanılmadığı eski araçlara takılan katalitik konvertörler ile egzost gazlarının zararlı emisyonlarını ayarsız bir motorda dahi % 50 ye varan bir oranda azaltabilmektedir.

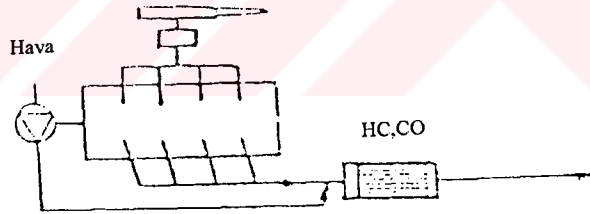
14.3.4 Oksidasyon konvertörü

Soy metal konvertörüdür. CO ve HC emisyon değerlerini azaltırken, NO_x emisyonlarına etki etmemektedir. Nokta nokta veya tabakalar halinde yerleştirilmiş platin / radyum tanecikleri içerir. Soy metal konvertörü yakıttaki sülfürü SO₃ olarak arttırarak yayar. SO₃ ise su bulunması halinde hemen sülfirik asite dönüşür. Yakıttaki sülfürün sülfatlara dönüşümü katalitik sıcaklığa ve serbest oksijen miktarına bağlı olarak değişir. İkincil hava sağlanması için egzost manifoldunda kullanılan pompa ise daha yüksek SO₂ / SO₃ oranlarına neden olur. Konvertör düşük sıcaklıktaki durumlarda sülfürü absorbe eder. Fakat daha yüksek sıcaklıklarda bırakır. Bu konvertörler emisyon kontrolünü motorun performansına etkili olarak ayarlar. Soy metal oksidasyon konvertörleri en azından 80000 km de yapılan test kontrolünde dayanıklı çıkmışlardır. Yakıt içinde kurşun, brom ve fosfor gibi bileşiklerin bulunması halinde aktivitelerini kaybederler. 80 km / h üstündeki ateşleme kusurlarında sıcaklık konvertörün geçici olarak aktivitesini kaybettirmekte veya kabını tahriş edecek kadar yüksek sıcaklığa çıkarmaktadır. Oksidasyon konvertörü öncelikle şunları ayırır: Polinükleer aromatikler, olefinler, fenol, aldehit emisyonları.

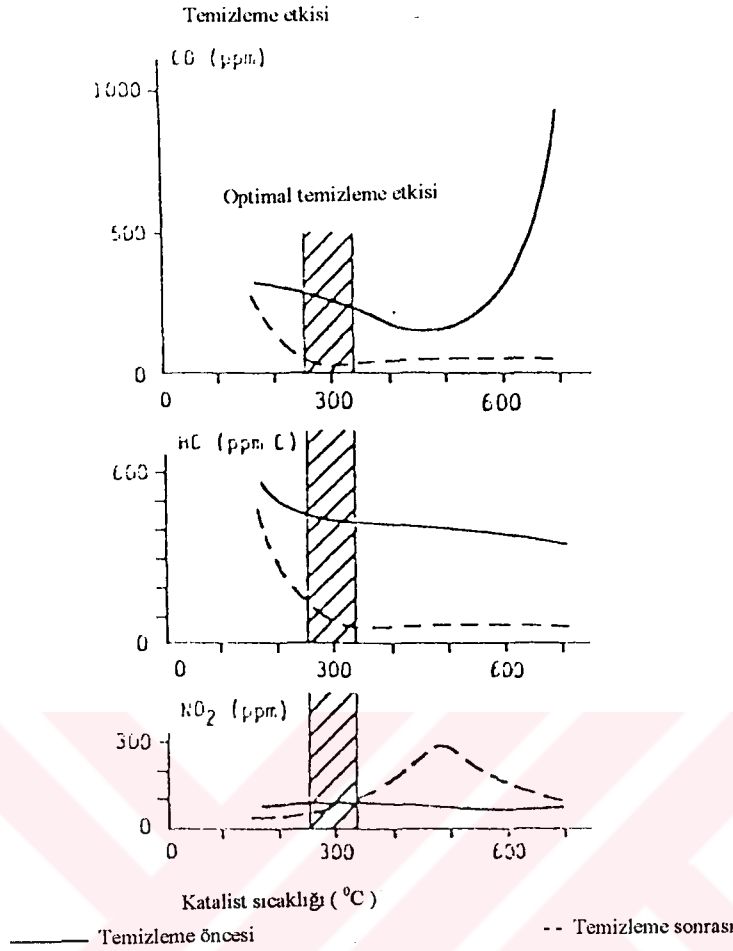
Normal işletme şartlarında konvertörün içindeki soy metallerin kaybı fazla değildir. 80000 km giden bir araç için toplam kayıp miktarı 0.3 g dan azdır, % 10' dan az malzeme kaybolur.



ŞEKİL 14.22 Mikroskop altında seramik petek tek blok katalitik konvertörün yapısı
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, 1986)



ŞEKİL 14.23 Oksidasyon konvertörün şematik resmi
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, 1986)



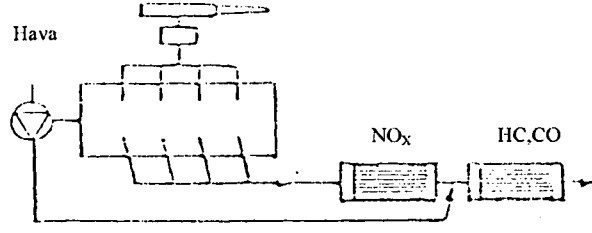
ŞEKİL 14.24 Katalitik konvertörün optimal temizleme etkisi
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, 1986)

14.3.5 Çift yataklı konvertör

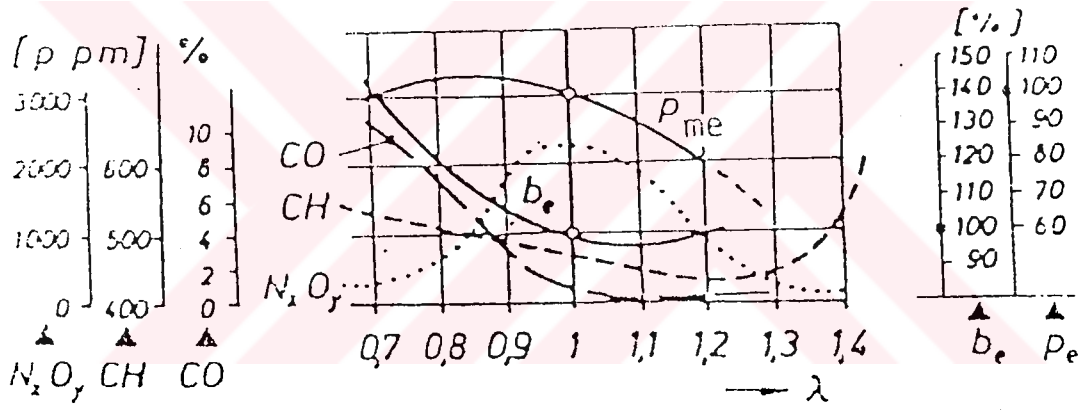
Çift yataklı konvertörlerle, egzost gazı arıtma sisteminde iki adet konvertör peşpeşe yerleştirilmektedir. Bunların ilki çok fonksiyonlu konvertör olup, ikincisi ise oksidasyon konvertörüdür. İki konvertörün arasına oksitleyici ortamın hazırlanabilmesi için hava pompasıyla dışarıdan hava (ikincil hava) verilmektedir. İlk konvertörde de oksijeni eksik ortamda azot oksitlerin redüksiyonu gerçekleşmektedir. Arkasındaki oksidasyon konvertöründe ise hidrokarbonlar ve karbonmonoksit oksitlenmektedir. Bu sistem yakıt-hava karışımındaki değişmelere fazla hassasiyet göstermediğinden yakıt-hava karışımının karmaşık bir sistemle hazırlanmasına gerek duyulmaz.

14.4 Otto Motorlarında Egzost Emisyonunu Azaltma Yöntemlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması

Otto motorlarının egzost emisyonları hidrokarbon, karbonmonoksit, azotoksitler ve aldehitlerinin azaltılması motor dizaynı ve çalışma parametreleriyle ayrı ayrı ilgilidir. Bu parametreler: Hava fazlalık katsayısı, yükleme veya güç seviyesi, hız, ateşleme zamanı, emme manifold basıncı, yanma odası şekli, yüzey sıcaklıkları, yüzey-hacim oranı, strok-çap oranı, sıkıştırma oranı, sübapların süperpozisyonu, egzost emisyonlarının azaltılması bu parametrelerin hassas bir şekilde ayarlanması ile sağlanabilir. En önemli parametrelerden biri hava fazlalık katsayısıdır. Şekil 14.26 'da bu katsayının değişiminin, yakıt sarfiyatı, ortalama efektif basıncı ve egzost gazı bileşimine etkisi görülmektedir. Burada ortalama efektif basıncın yüksek değerinde özgül yakıt sarfiyatının yüksek olduğu görülmektedir. Ancak ortalama efektif basıncın biraz azalmasına karşın özgül yakıt sarfiyatında aniden önemli miktarda düşüş görülür. Egzost bileşimi ise farklı şekilde değişmektedir. Hava fazlalık katsayısı arttıkça CO ve HC miktarları azalır. Oysa NO_x miktarı $\lambda = 1$ civarındayken maksimum olurlar. O halde hava fazlalık katsayısı bu etkiler göz önüne alınarak motorun çalışma koşullarıyla uyum sağlamalıdır. Hava fazlalık katsayısı ilk harekette $\lambda = 0.7$, rolantide $\lambda = 0.8$, kısmi yükte $\lambda = 1.05$, tam yükte $\lambda = 0.9$ 'dur. Egzost emisyonlarını temizleme yöntemlerinden biri olan EGR, NO_x 'leri %90 oranında azaltan bir yöntemdir. Bu sistemin dezavantajı diğer emisyon gazlarını arttırmasıdır, özellikle CO ve HC 'ları ayrıca yakıt sarfiyatını % 3 oranında arttırır. Kademeli dolgu yöntemi egzost emisyonlarının çok az olması ve yakıt ekonomisi sağlaması yönünden iyi bir yöntemdir. Bu sistemin ana prensibi tutuşma ve yanma olayının başlangıç fazında zengin karışım, ana yanma odasına da stokiometrik karışım oranının oldukça altında olan fakir bir karışım oluşur. Böylece egzost gazlarında çok az miktarda HC, CO ve NO_x artıkları bulunur. Aynı zamanda yakıt sarfiyatı da minimum olur. Sonuç olarak yapılan deneysel çalışmalara göre egzost gazlarının içindeki HC, CO ve NO_x artıkları standartların altında yer almaktadır. Egzost emisyonlarının azaltılmasının diğer bir yöntemi de bugün kullanılma alanı bulunan katalitik konvertörlerdir. Kurşunsuz benzin kullanımı gerektiren Otto motorlarında üç yollu katalitik konvertör ve λ sensörünün kullanılmasıyla CO ve HC gazlarının % 95 'e varan bir oranda temizlenmekte, NO_x 'leri ise % 75 oranında azaltılmaktadır. 80 000 km yol testlerinde üç yol katalitik konvertör ve halinde λ sensörü kullanılması halinde, egzost emisyonları, % 80 'nin üzerinde bir oranda azaltılabilmektedir. Bu sistemin dezavantajı, $\lambda = 1$ şartlarında etkili olmasıdır. Kurşunsuz benzin kullanılmasının şart olması sistemin uygulama alanını daraltmaktadır.



ŞEKİL 14.25 Çift yataklı katalitik konvertörün şematik resmi
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, 1986)



ŞEKİL 14.26 Hava fazlalık katsayısına bağlı olarak ortalama efektif basıncın, özgül yakıt sarfiyatının ve egzost gazı bileşiminin değişimi
(Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines, 1986)

15. DİESEL MOTORLARINDA EGZOST EMİSYONLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ ve KONTROL UYGULAMALARI

15.1 Giriş

Günümüzde insan sağlığını tehdit eden hava kirliliği ciddi boyutlara ulaşmıştır. Taşıtkarın neden olduğu kirlilik de, kullanılan taşıt sayısının artmasıyla hava kirliliğinde önemli bir etken haline gelmiştir. Diesel ve Otto motorlarına bakıldığında Diesel motoru egzost gazları daha temizdir. Bunun nedeni ise motorun karışım teşkilinde karşılaşılan sorunlardan dolayı çok daha fakir bir karışımla çalışmasıdır. Dieselin hava kirlenmesindeki payının çok küçük olduğu ve NO_x ve is dışında oldukça temiz egzost gazı yaydığı söylenebilir. Şehir merkezlerinde CO 'in, NO_x 'lerden daha fazla atmosferik kirlenme tehlikesi gösterdiği düşünülürse, Diesel motoru ihmal edilebilir miktarda CO yaydığından bu konuda diğer motorlara nazaran daha umut vericidir. Diesel motorunun en büyük dezavantajı ise is ve koku problemlerinin giderilmemesidir. Diesel motorlarında yanma sonucu ortaya çıkan ve arzu edilmeyen egzost maddeleri şunlardır :

a) Azotoksitler (NO_x), b) Is , c) Yanmamış Hidrokarbonlar (HC), d) Karbonmonoksit (CO), e) Kükürt oksitler (SO_x), f) Kısmen okside olmuş hidrokarbonlar (aldehitler, ketonlar, vs.), g) Metalik yakıt ve yağ artıkları, h) Kokulu bileşikler.

Diesel motorlarında meydana gelen HC, CO , NO_x emisyonları benzinli motorlarda meydana gelen bu emisyonlara kıyasla çok az olmaktadır. Buna karşılık yanma esnasında is oluşması ve çevreye tanecikler şeklinde partikül emisyonlar yayılması bakımından dezavantaja sahiptir.

15.2 Silindir İçi Kontrol

Diesel motorlarında yanma odalarının şekli, türbülansı, ısı geçişini, karışım şeklini, tutuşma gecikmesini kuvvetle etkilemektedir. Ön yanma odalı motorlar, NO_x emisyonu yönünden direkt püskürtmeliye göre daha iyidirler. Bunun sebebi yanma esnasında homojen bir karışımın sağlanmasıdır. Bu sayede yanma başlangıcı ve dolayısıyla yanma

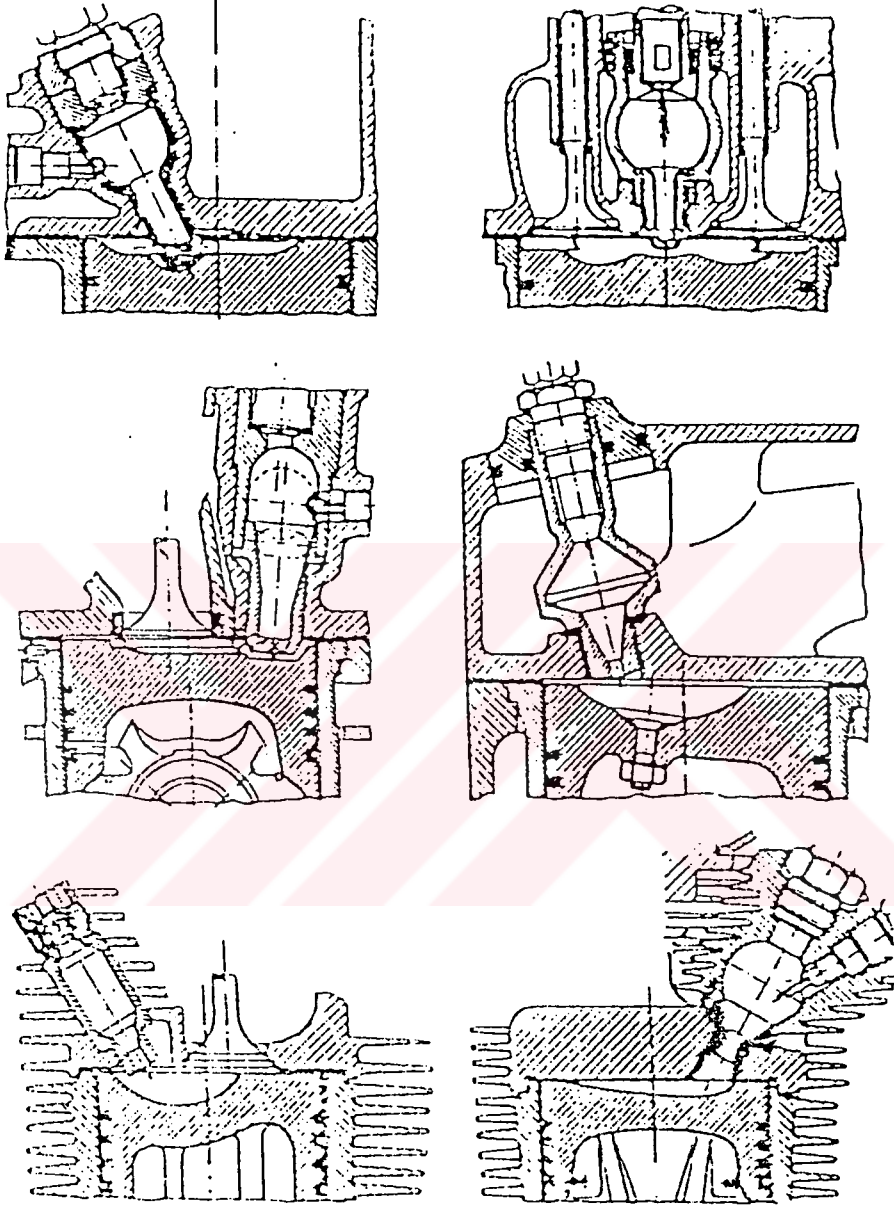
sonu sıcaklığı düşük olmaktadır. Diesel motorlarında yakıtın silindir içerisine püskürtülmesinden sonra hava ile karışması için tutuşuncaya kadar geçen süre çok kısadır. (15° KMA, 0.001-0.003 sn) Bu kadar kısa bir süre içinde havanın yakıt ile iyi bir karışım yapabilmesi ve tutuşma kabiliyetleri iyi olmayan yakıtların kullanılması halinde, daha iyi bir yanma veriminin elde edilebilmesi için yanma odası içerisinde suni olarak kuvvetli hava hareketlerinin meydana getirilmesine ihtiyaç vardır. Bunun sonucunda ön yanma odalı, türbülans motorlar geliştirilmiştir. Yanma odasına verilen bu dizayn sayesinde, örneğin kolay tutuşmayan bir yakıtla türbülans odalı bir motorda, kolay tutuşan bir yakıttan daha elverişli çalışmak mümkün olmaktadır. (Schwaller, 1993)

15.2.1 Ön yanma odalı motorlar

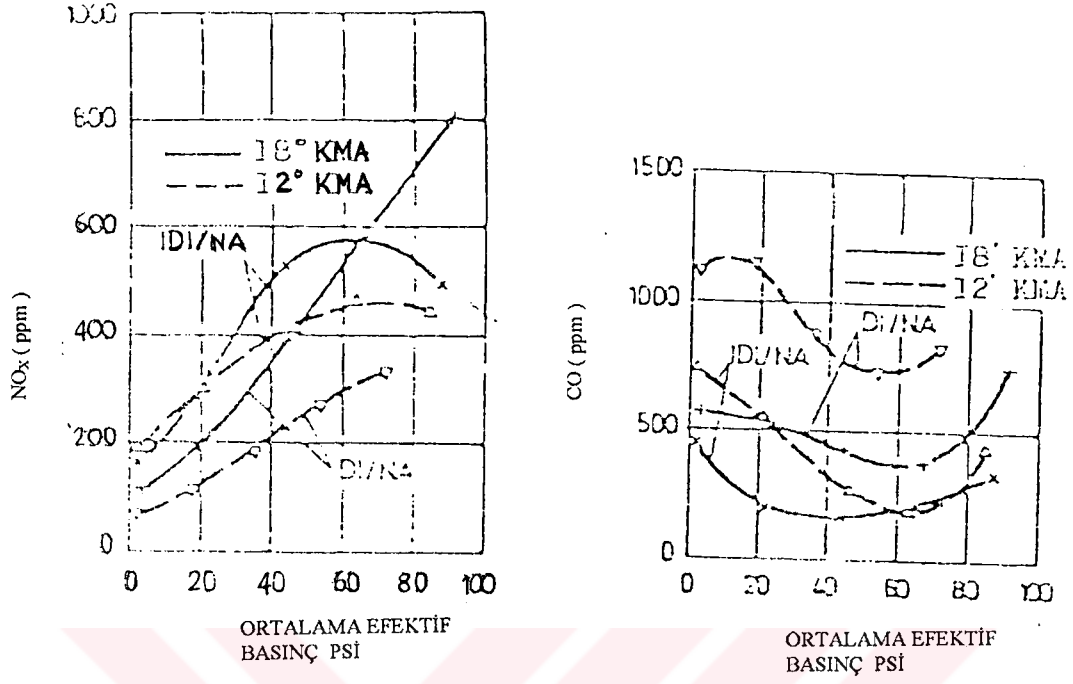
Ön yanma odalı motorlarda, yanma odası iki kısımdan oluşur. Genellikle sıkıştırma hacminin %30-40'ını yanma odası oluşturur. Ön yanma odası, ana yanma odasına bir veya birçok kanal ile bağlanır. Ana yanma odasıyla ön yanma odası arasındaki kanalın kesit alanı piston yüzey alanının % 0.5-4'ü kadardır. Bununla beraber kesit oranı, % 2-1,5'de iyi bir akış sağlar. Kesit oranı artarsa, hidrolik kayıplar azalır. Ön yanma odası; motorun yapısı nedeniyle, silindir çapı küçük olanlarda eksene belirli eğimle silindir kenarında, silindir çapı büyük olanlarda ise merkezde yapılır. Böylece ana yanma odasına püskürtülen yakıtın, daha iyi bir dağılımı sağlanır. Pistonun merkezine yerleştirilen ön yanma odası bağlı olarak silindir kenarına yerleştirilmiş olandan küçük olur. Ön yanma odası çok çeşitlidir. Bunu Şekil 15.1' de görmekteyiz. Püskürtme ön yanma odasına yapılır, tutuşma burada başlar. Ön yanma odasındaki yanmamış yakıt, kısmen sıvı kısmen buhar halinde ana yanma odasına geçer. Ana yanma odasında yanma devam eder. Ön yanma odalı motorlarda kuvvetli hava akımları oluşur, bu da yanmayı iyileştirir. Ancak sıkıştırma esnasında ön yanma odasına hava akışı düzensiz ve titreşimli olur. Bu nedenle karışım teşkiline harcanan enerji miktarı fazlalaşır. Ön yanma odasında yakıtın % 30-35' i kullanılıyor ve kalan kısım ana yanma odasında yanıyorsa, ön yanma odasını boşaltması etkili olur. Ani basınç artışının azaltılması, tutuşma başlangıcına kadar püskürtülen yakıt miktarı düzenlenerek sağlanır. Yakıt püskürtülmesinde genellikle küçük demet açılı meme kullanılır. (Stern, 1977)

Bu yöntemin faydaları:

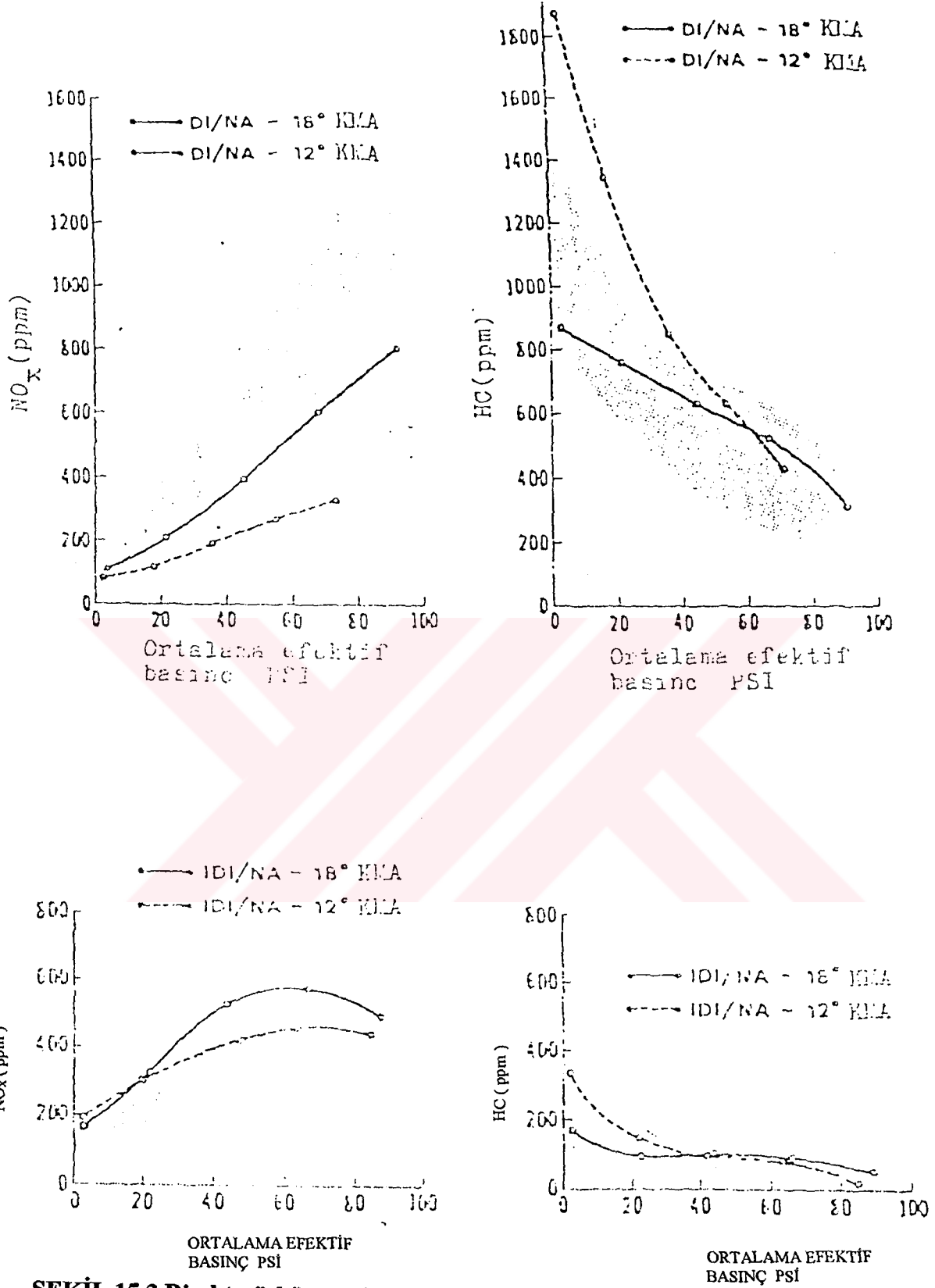
- 1) Yanma odası basıncı ve basınç artma hızı azdır.
- 2) Yanma daha iyi olur ve dolayısıyla egzost emisyonları azdır.
- 3) Yakıtın kimyasal ve fiziksel karakteristik özellikleri verime ve dolayısı ile motorun ekonomik çalışmasına etki yapmaz.
- 4) Şiddetli hava hareketlerinden dolayı yüksek dönme sayılı motorlar için daha uygundur.
- 5) Bu yöntem yükte çalışma hali içinde elverişlidir.



ŞEKİL 15.1 Ön yanma odalı motorlar
(Motor Automotive Technology, 1993)



ŞEKİL 15.2 Direkt püskürtmeli ve bölünmüş yanma odalı motorların emisyon değerleri
(Air Pullution, 1977)



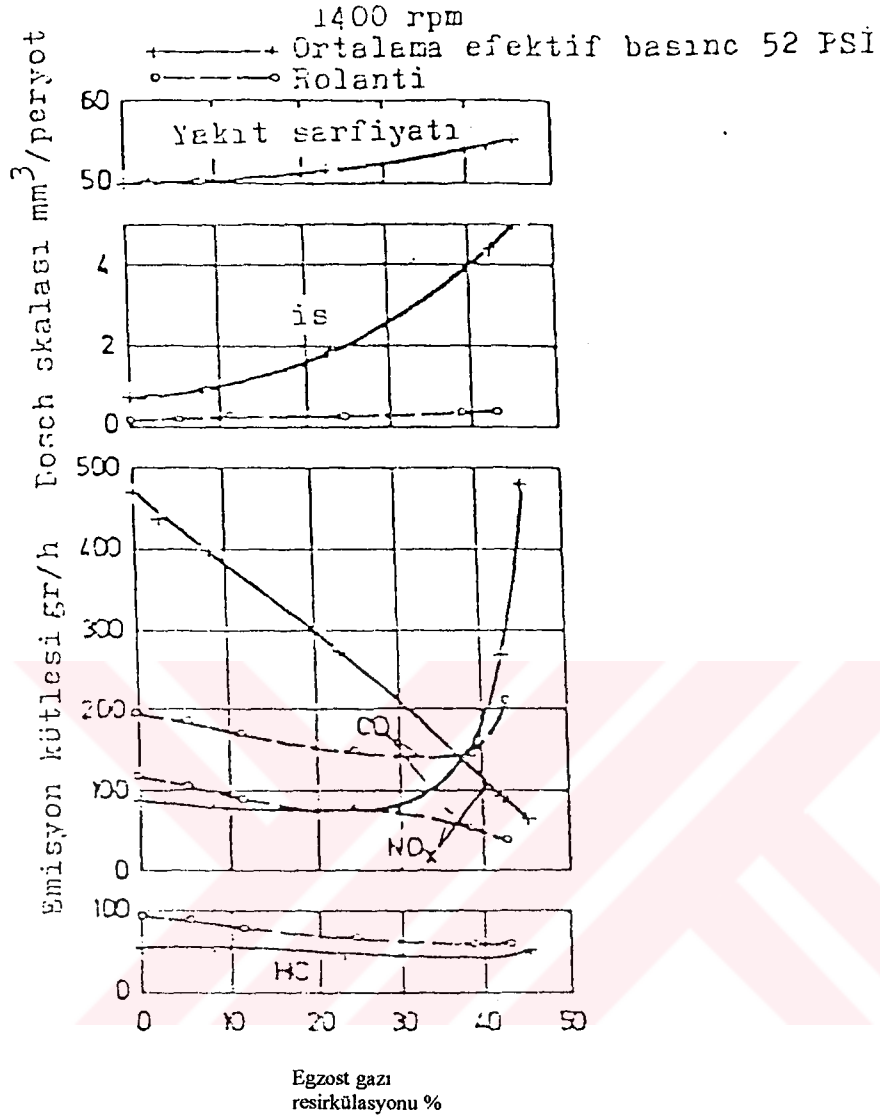
ŞEKİL 15.3 Direkt püskürtmeli ve bölünmüş yanma odalı motorların emisyon gazlarının karşılaştırılması
(Air Pullution, 1977)

15.2.2 Azotoksit kontrolü

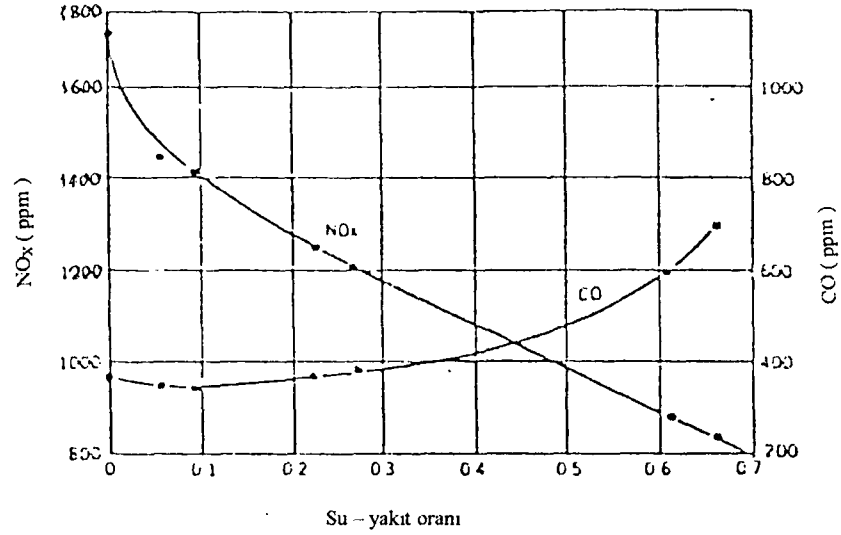
Bu kirletici, ilk olarak yanma olayı sonrasındaki azotoksit d6nüşen NO olarak üretilir. NO ve NO₂'nin dahil olduğu değişken karışım basit olarak NO_x olarak adlandırılmıştır. Azotun oksijenle ilk bileşimi yalnız yüksek yanma sıcaklıklarında ve oksijen varsa oluşur. Bu yüzden yanma sıcaklığı ve oksijen miktarını arttırmaya eğilim gösteren etkenler, NO_x miktarında arttırmaya eğilim gösterirler. NO_x miktarını artıran diğer etkenler, motor sıkıştırma oranı, emme sıcaklığı ve nemliliğidir. Yüksek hızlarda ve yavaş ivmelendirmelerde yayınan NO_x miktarı artar. Egzosttaki azotoksitlerin yoğunluğu, düşük yanma sıcaklığından ve oksijen miktarındanda büyük ölçüde etkilenir. Bu yüzden bu yanma parametrelerinin değişmesi yayınım miktarının kontrolü üzerinde etkilidir. Bunun için egzost gazlarının bir kısmı silindir emme yüküne yeniden katılır. Bu hem yanma sıcaklığının düşmesine hem de yanma esnasındaki mutlak oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olur. Egzost gazı resirkülasyonu (EGR) olarak tanımlanan bu yöntemle NO_x oluşumu % 90 a varan oranlarda azaltılmıştır. Ancak bu yöntem HC ve CO yayılımını artırır. Yüksek EGR değerlerinde islenme ve özgül yakıt sarfiyatında arttığı görülmüştür. Bu nedenle optimum güç, sarfiyat ve egzost şartlarını sağlamak için EGR oranını ayarlamak gerekir. Özellikle tam yükte CO konsantrasyonu ve islenme EGR yi problemlili duruma getirir. Aşırı doldurmalı Diesel motorlarında, güç artışının yanında özgül yakıt sarfiyatındada düşme görülmektedir. Ancak bunun yanında sıcaklıktaki artış nedeniyle yüksek NO_x konsantrasyonu oluşur. Bunu önlemek amacıyla da ara soğutmanın yanısıra EGR de yapılabilir. (Tekin, 1987)

15.2.3 Yakıtta su ilavesiyle isin azaltılması

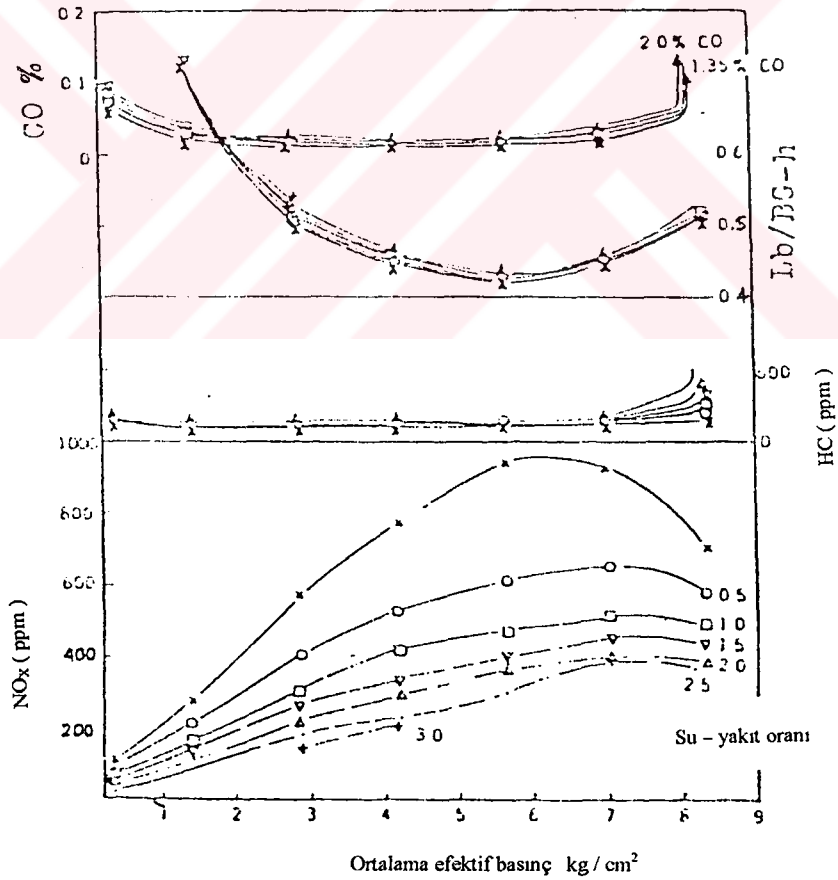
Diesel yakıtına su ilavesinin, sistem sıcaklıklarının düşürülmesi, is ve azotoksit emisyonlarının azaltılması yönünde faydaları vardır. İs emisyonlarının azaltılmasına, damlacığın ısınma süresince yakıt damlacıkları arasındaki suyun buharlaşmasının bozucu etkisi nedeniyle oluşan mikro patlamalar sebep olur.



ŞEKİL 15.4 Egzost gazı resirkülasyonunun egzost emisyonlarına etkisi
(Direkt püskürtmeli, 4 stroklu, 6 silindirli motor)
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.5 Su ilavesinin egzost emisyonlarına etkisi
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.6 Yakıtın su ilavesinin emisyonlara ve yakıt sarfiyatına etkisi
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)

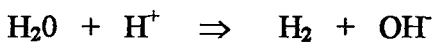
Su yanma sistemine üç şekilde ilave edilebilir:

- 1) Hava girişi manifolduna su enjeksiyonu
- 2) Ayrı bir enjeksiyon pompası ve lülesi ile silindire direkt su enjeksiyonu
- 3) Yakıt enjeksiyonu lülesinden yakıtla beraber direkt su enjeksiyonu

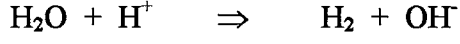
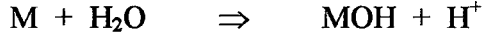
3. metodla yakıtta su ilavesinde belirli bir su / yakıt oranından sonra is konsantrasyonu azalmaktadır. Bu kısmen benzer yakıt - hava karışım hızlarına ve ısıl etkiye bağlıdır. Enjekte edilen su, hava çekişi ve yakıt hava karışımı için ilave bir momentum kaynağıdır. Artan hava çekiş hızları motor performansı ve emisyonları bakımından faydalıdır. Su / yakıt oranı 0.2' den küçük olması durumunda oluşan mikro patlamalar, gaz fazındaki türbülanslı difüzyon hızını kötü yönde etkiler. Yanma bölgesine su ilavesi, yöntemine bağlı olarak yanma olaylarına fiziksel ve kimyasal kinetik etkide bulunur. (Strauss, 1977)

15.2.3.1 Kimyasal kinetik etkiler

Stokiyometrik dolguya yakıt hacmine bağlı olarak % 30 su ilave edildiğinde, toplam dolgu kütlelerinin % 2'si ve kullanılabilir yanma enerjisinin en fazla % 4'ü suyun buharlaşmasına ve ısıtmaya harcanmaktadır. Su kullanımı silindir basıncında azalmaya yol açmaktadır, buradan su ilavesinin, alevin yayılma hızını azalttığı sonucuna varılmıştır. Zengin karışimli yanmada, su ilavesi nedeni ile radikal konsantrasyonlarda meydana gelen değişiklikler, gaz fazında is teşekkülünü önleyebilir. Hidroksil radikallerinin is oluşturan ara ürünlerin oksitlenmesinde etkili olduğu, bu yüzdende polimerizasyonu ve is çekirdeği oluşum hızını azaltacağı sanılmaktadır. Bununla beraber zengin karışımla yanmada hidroksil radikalleri oksijen azlığı nedeniyle çok az miktarda üretildiğinden konsantrasyonları genelde düşüktür. Bu yüzden hidroksil radikallerinin ana kaynağı aşağıdaki reaksiyonla açıklanabilir:



Çeşitli metal katkılarıyla (M), hidroksil radikalleri oluşumu aşağıdaki reaksiyonlardaki gibi arttırılarak is oluşumunu azaltabilir:



15.2.3.2 Fiziksel kinetik etkiler

Sıvı yakıtta damlacıklar halinde su ilavesi ile sistem sıcaklığının düşürülmesi yanında yakıtın daha iyi atomlaşması sonucu, yanma özelliklerinin iyileşmesini sağlayacak bir potansiyele sahip olacağı görülmektedir. Sulandırılmış yakıtlarla yapılan deneylerde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- 1) Sulandırılmış yakıtlar susuz yakıtlardan daha çabuk yanmaktadır.
- 2) Damlacıkların ilave parçalanışı, buharlaşma yüzeyinin artışı daha iyi karışım teşkili oluşturur, bu yüzden yakıtta katılan su yanmayı iyileştirir.
- 3) Sulandırılmış yakıtlarda yanma süresi azalmakta ve isli atıkların yanması kolaylaşmaktadır. Bu da çalışma yüzeylerinde is birikiminin azalmasını sağlar.

Yakıtta su ilavesinin neden olduğu mikro patlamalarla elde edilen, daha iyi atomlaşma oluşan isin kütlesinde azalma sağlamaz. Fakat daha küçük parçacıklara ayrılmasını sağlar. Böylece artan yüzey alanı yanma sırasında isin yok olmasını hızlandırır. Ayrıca difüzyon alevleri içindeki yakıtça zengin bölgelerin suyla teması is başlatıcılarının oluşum hızını azaltır. Yalnızca su ilave edilmiş saf yakıt kullanılması durumunda isin önlenmesi daha belirgindir. Yakıtta su ilavesi, tutuşma gecikmesini artırır. Bu da ön karışımli yanma oranının fazlaşmasına, silindir basıncının daha hızlı yükselmesine ve motorun daha gürültülü çalışmasına yol açar. Bütün bunlara ek olarak su ilavesi sıfırın altındaki sıcaklıklarda çalışma zorluğu ve ek tesisat maliyeti gibi sorunlara yol açar. Bu yüzden

diesel motorlarında isin azaltılması için su ilavesi yönteminin kullanılabilirliği tartışılır. (Strauss, 1977)

15.3 Silindir Dışı İs Kontrolü

Yanma esnasında is oluşumu, difüzyon yanması sırasında başlar ve püskürtme boyunca is konsantrasyonu hızla artar. Püskürtme sonunda da maksimum değerine ulaşır. Daha sonraki safhalarda is oksitlenmeye başlar. Ancak alev sıcaklığı, düşmeye başladıkça oksitlenme yavaşlar ve 1400 °C'nin altında etkisini kaybeder. Dolayısıyla is bu konsantrasyon seviyesinde dışarı atılır. Diesel motorlarında is için tahmin edilen oksidasyon Diesel alevinde tesbit edilen oksijen konsantrasyonunun silindirdeki ortalama değerden daha az olduğu görülmüştür. Bu da is oksitlenmesinin daha çok türbülans hareketlerine bağlı olduğunu gösterir. 1400-1500 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda isin yanması oksijen kısmi basıncının birinci dereceden bir fonksiyonudur. Diesel motorlarında alev sıcaklığının 1650 °C'nin üzerinde olduğu bilinmektedir. Bu yüzden isin yanmasını, çevresindeki oksijen kısmi basıncını arttırmak suretiyle daha silindir içerisindeyken sağlamak mümkündür. Ancak performans, yakıt tasarrufu ve emisyon gibi diğer bazı önemli parametreler birbirine zıt davranış gösterdiğinden yanma olayına silindir içerisinde müdahale etmek oldukça zordur. Bu sebeple, belirli emisyon ve performans değerlerini sağlamak için tek çözüm, Diesel partikül filtreleri koymaktır. Dolayısıyla is miktarının azaltılması için çeşitli metotlar geliştirilmekle birlikte süregelen çalışmaların büyük bir kısmı partiküllerin egzosta yerleştirilen bir filtreyle tutulması esasına dayanır. (Tekin, 1987)

Bu amaçla kullanılan filtreler iki kısma ayrılır:

1) Katalitik Olmayan Filtreler

Bunlar metal, seramik veya başka bir malzemeden elyaf, petek, küre tanecikleri şeklinde olabilirler. Özellikle metal teller seramik köpük veya petek formları üzerindeki çalışmalar

gitgide çoğalmaktadır.

Diesel partiküllerinin tutuşması 460 °C’de başlamakta, oksijen miktarına ve yüzey durumuna göre 650 °C’ye kadar çıkabilmektedir. Bugüne kadar geliştirilen filtrelerin çoğunluğunu yekpare seramik filtreler oluşturmaktadır. Katalitik olmadıkları için bu filtreler ilave rejenerasyon mekanizmaları gerektirmektedir.

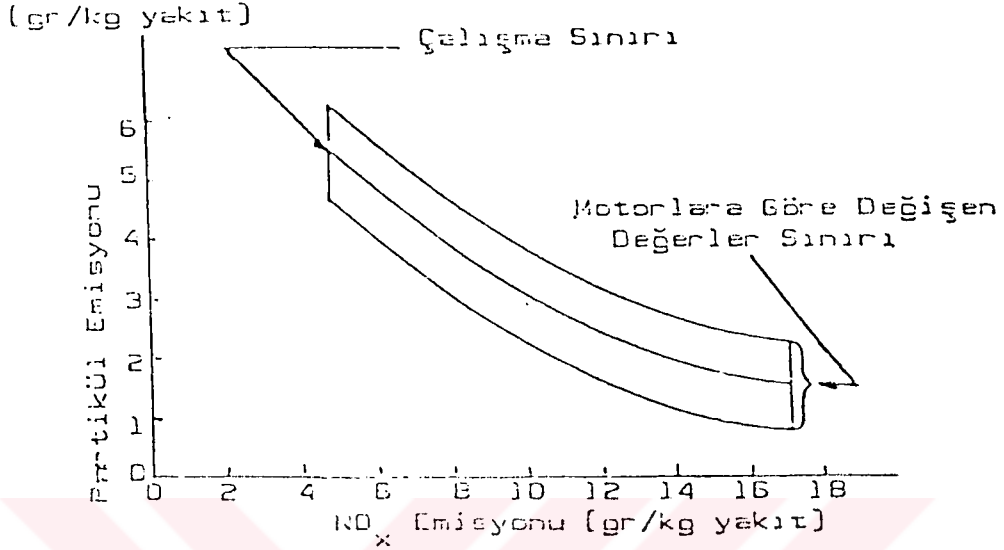
2) Katalitik Filtreler

Katalitik filtrelerde taşıyıcı metal veya seramik gövde üzerine üst yüzeyi çok iyileştirilen Al_2O_3 gibi bir soy metal veya rutenyum, iridyum gibi maddeler yerleştirilmektedir. Soy metallerin konsantrasyonu 0.64-0.80 g / cm³ mertebesindedir. Bu sayede Diesel partiküllerinin tutuşma sıcaklığını 300-350 °C’ye düşürmek mümkün olabilmektedir. Seramik veya metal tel örgü şeklindeki filtrelerde rejenerasyon için ilave bir yakıt sistemine ihtiyaç yoktur. Gerekli enerji ve rejenerasyon sıcaklığına HC veya CO miktarını arttırarak ulaşılabilir. Katalitik filtrelerin en önemli dezavantajı, sülfat emisyonunu arttırmalarıdır. Bazı katalitik ve katalitik olmayan filtrelere ait rejenerasyon sıcaklıkları aşağıdaki gibidir :

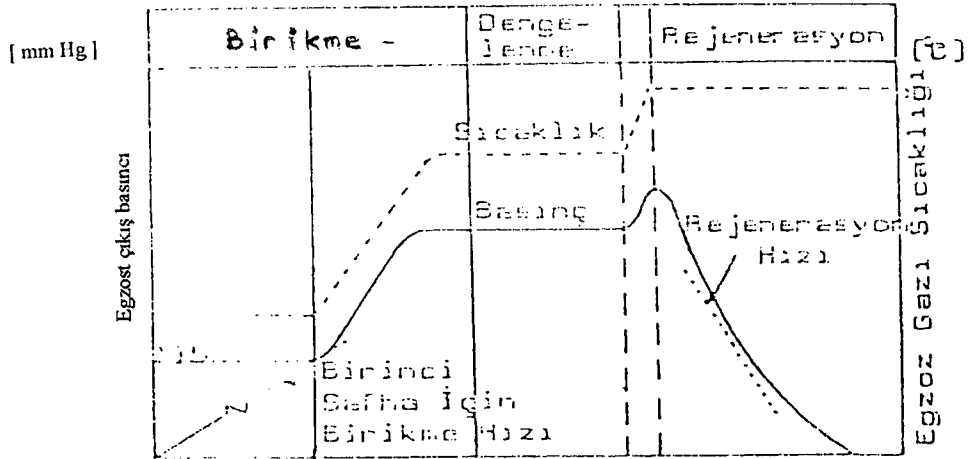
Katalitik olmayan seramik filtreler	: 533 °C
Katalitik seramik filtreler	: 468 °C
Değerli metal kaplı seramik filtreler	: 520 °C
Değerli metal kaplı radyal akışlı seramik filtreler	: 320 °C

Filtrasyon olayı Şekil 15.8’de görülmektedir. Bu olay esnasında üç safha gözlenir: Biriktirme, dengeleme, rejenerasyon

Bu üç safha içerisinde filtrasyon olayını karakterize eden beş önemli etken vardır: Is birikimi, is oksitlenmesi, egzost çıkış basıncı, (Katalitik filtreler için) CO ve HC oksitlenmesi ve is yanmasının neticesinde oluşan egzotermik ortamı, sıcaklık artışı.



ŞEKİL 15.7 Partikül ve NO_x emisyonunun karşılaştırılması
(Air Pollution, 1977)



ŞEKİL 15.8 Diesel motorlarında filtrasyon olayının gelişim safhaları
(Air Pollution Control, 1977)

Biriktirme safhası başlangıcında yanma görülmediği için sıcaklıkta artış olmaz. Eğer katalitik filtre kullanılmışsa, CO ve HC oksitlenmesinden dolayı bir sıcaklık artışı gözlenir. Aksi takdirde işletme parametrelerine müdahale etmek suretiyle, tutuşma sıcaklığına ulaşmak gerekir. Bu sıcaklığa ulaştıktan sonra, egzost çıkış basıncındaki artış yavaşlar. Egzost çıkış basıncı sabit kaldığında dengeleme başlamış demektir. Yanan ve biriken is miktarına karşılık gelen basınç düşüşü ve artışı birbirlerini dengeler. Bu denge durumundaki filtre giriş sıcaklığı denge sıcaklığı olarak tarif edilmektedir. Filtreleme işlemi bu sıcaklıkta karakterize edilmektedir. Çünkü bu sıcaklık daima isin tutuşma sıcaklığının üstündedir. (Tekin, 1987)

Son safha da ise egzost çıkış basıncında bir düşme olacaktır. Bu rejenerasyonun bir belirtisidir. Bu durumda is oksitlenme hızı, birikme hızının çok üstündedir. Dolayısıyla filtre sürekli temizleme ve ilk haline dönme eğilimi gösterecektir. Çoğu defa rejenerasyon sonunda ulaşılan basınç başlangıç basıncı kadar düşük olmaz, bu fark filtre ömrüyle ilgilidir. Şekil 15.8'de egzost çıkış basıncı zamana karşı çizilmiştir. 112.5 mmHg'lik bir basınç artışı birinci safhanın ilk bölümünün sonudur. Bu basıncın yakıt sarfiyatında kritik bir nokta ifade ettiği düşünülmüş ve tutuşma sıcaklığına daha erken ulaşabilmek için bu noktadan itibaren yük arttırılmıştır. Dengeleme durumundaki egzost çıkış basıncının motorun gücünde ve is şiddetindeki değişmelere bağlı olarak önceden belirlenmesi gerekmektedir. Dengeleme süresinin ardından motoru, tekrar yükleyip sıcaklığı 50 °C kadar arttırarak rejenerasyon sağlanmıştır. Rejenerasyon süresinin sonuna kadar bu sıcaklık sabit kalmaktadır.

15.3.1 Rejeneratif is filtreleri

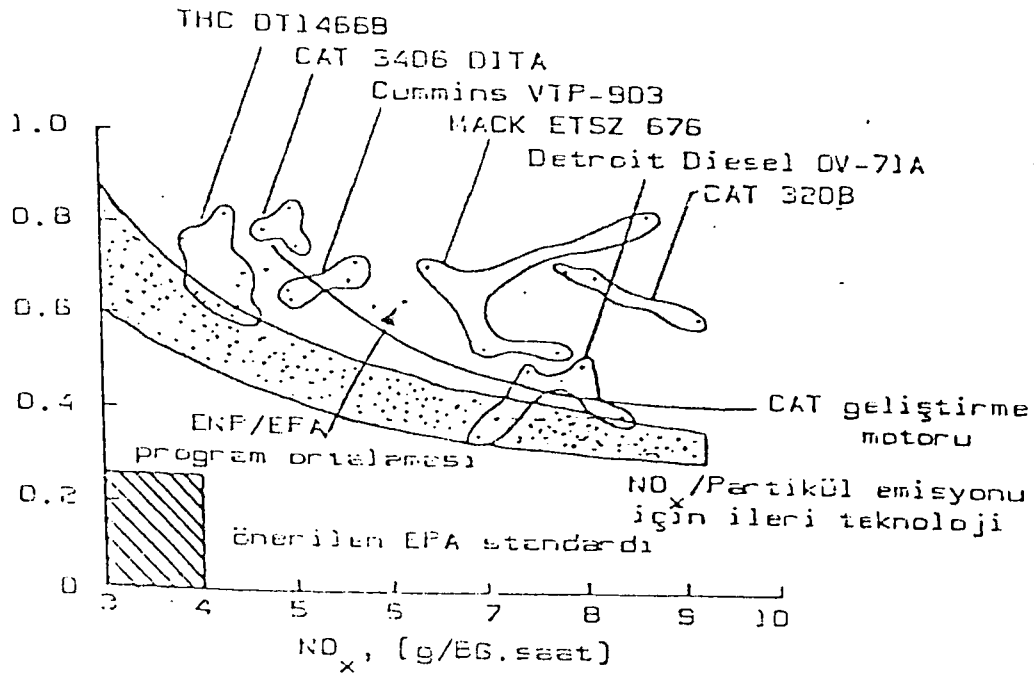
Diesel motorlu araçların partikül emisyonları, hem çevre hem de otomotiv endüstrisi için kapsamlı bir konu oluşturmaktadır. Transit otobüsler kentsel partikül emisyonlarına, önemli derecede etki ederler. Üreticiler şiddetli NO_x ve partikül emisyon seviyelerini azaltmakta büyük zorluklarla karşılaşmışlardır. Partikül emisyonunu azaltmak için tutucu oksitleyiciler hariç diğer bütün yöntemler NO_x emisyonunu arttırmaya meyillidirler veya tersi söz konusudur. Bu problem NO_x partikül emisyonu ilişkisi olarak bilinir ve

Şekil 15.9 'da gösterilmiştir. (Stern, 1977) Bu şekil, geçici bir test prosedürü kullanılarak elde edilen verileri göstermektedir. Görülen düzensiz ana hatlar, verilen bir motorun tüm test noktaları dahil edilerek çizilmiştir. Aynı motor olmasına rağmen ölçülen emisyonlarda farklı değerler görmek mümkündür. Tutucu oksitleyici sistem, üç alt alana bölünebilir. Kendi kendine tutmalar, rejenerasyon teknikleri, kontrol ve işletme sistemleri. Ancak tutucu oksitleyici sistem sadece kendi parçalarının toplamı değildir. Birlikte çalıştığı parçalarla olan etkileşimleri de önemlidir. Tutma ve rejenerasyon sistemi, kontrol sisteminin neyi nasıl yapması gerektiğini saptar. Seramik hücreli yekpare tutucular, katalizörlü paslanmaz çelik ağ tutucular ve delikli bir metal tabaka üzerine yerleştirilmiş silis lifli iplik dokumadan yapılmış silindirik yüzeyli tutucular gibi uygulamalar vardır. Şekil 15.10 ve 15.11'de ilk iki tutucu oksitleyici tipi göstermektedir. Filtreler, Şekil 15.12 'deki gibi, silindirik yüzeyler olarak bilinen çok sayıda filtreleme elementine sahiptir. Silindirik yüzeyler dayanak görevi yapan delikli bir metal üzerine sarılmış silis lifli dokumadan yapılır. Bu düzenleme Şekil 15.13 'de gösterilmiştir. Egzost gazı kaba gelir, silindirik yüzeylerin içerisinden geçerek dışarı atılır. Bu arada iplik içinde partikül toplanır. Bu tutucu, düşük basınç ve iyi filtre verimi elde etmek için yapılmıştır. Diğer tiplere nazaran araç üzerinde daha fazla hacim kaplar. Ağır yük araçlarında kullanımı söz konusu olan dört özel tutucu oksitleyici sistem vardır:

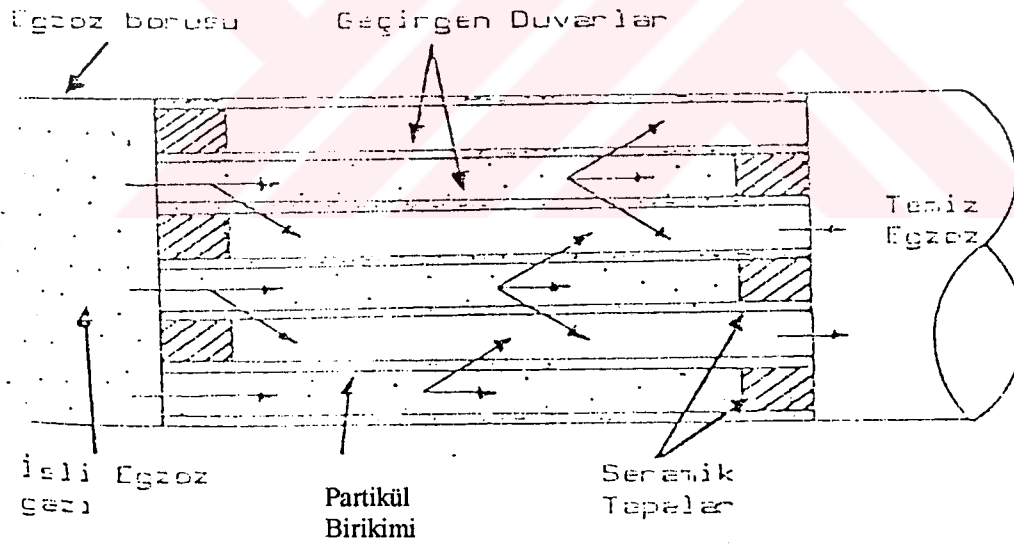
- 1) Yekpare seramik tutma / geçme yağ-yakıcı rejenerasyon
- 2) Yekpare seramik tutma / kendi kendine rejenerasyon
- 3) Katalizörlü kafes tel tutma / rejenerasyon (kirleticilerin katalitik oksidasyonu ile)
- 4) Silis lifli silindirik yüzey tutma / rejenerasyon (katalizatörleri egzosta enjekte etme ile)

15.3.1.1 Yekpare Yakıcı Sistem

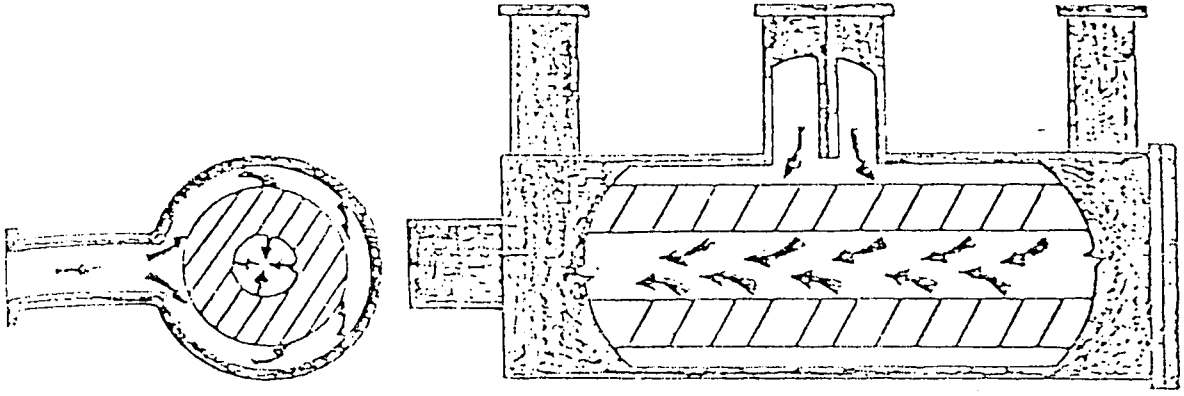
Bu sistemin ana hatlarının şeması Şekil 15.14'te görülmektedir. Temel sistem, rejenerasyon esnasında tutmanın geçişe dönüşmesi için borular ve bir Diesel yağ yakıcı ile birlikte kendi kabında yekpare seramik tutucudan oluşur.



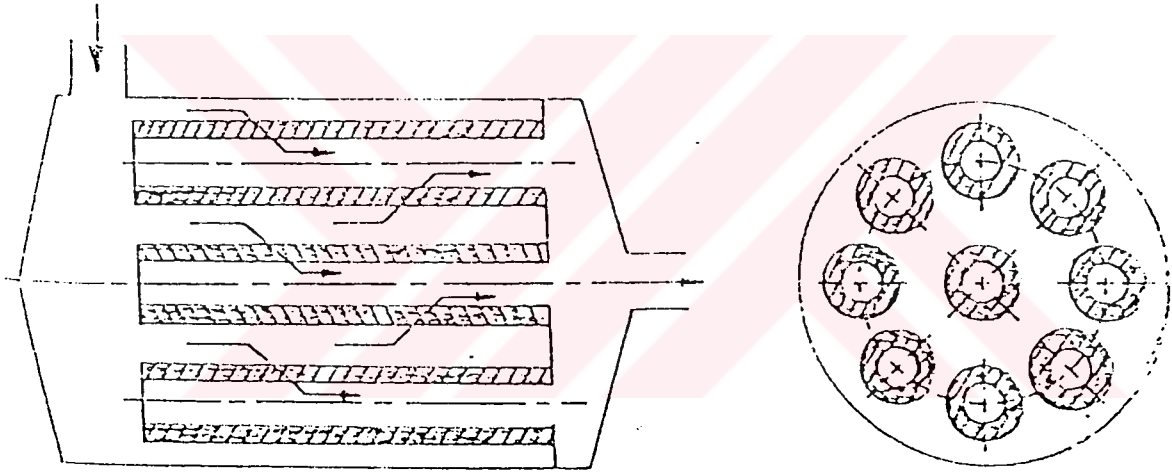
ŞEKİL 15.9 NO_x / Partikül ilişkisi
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



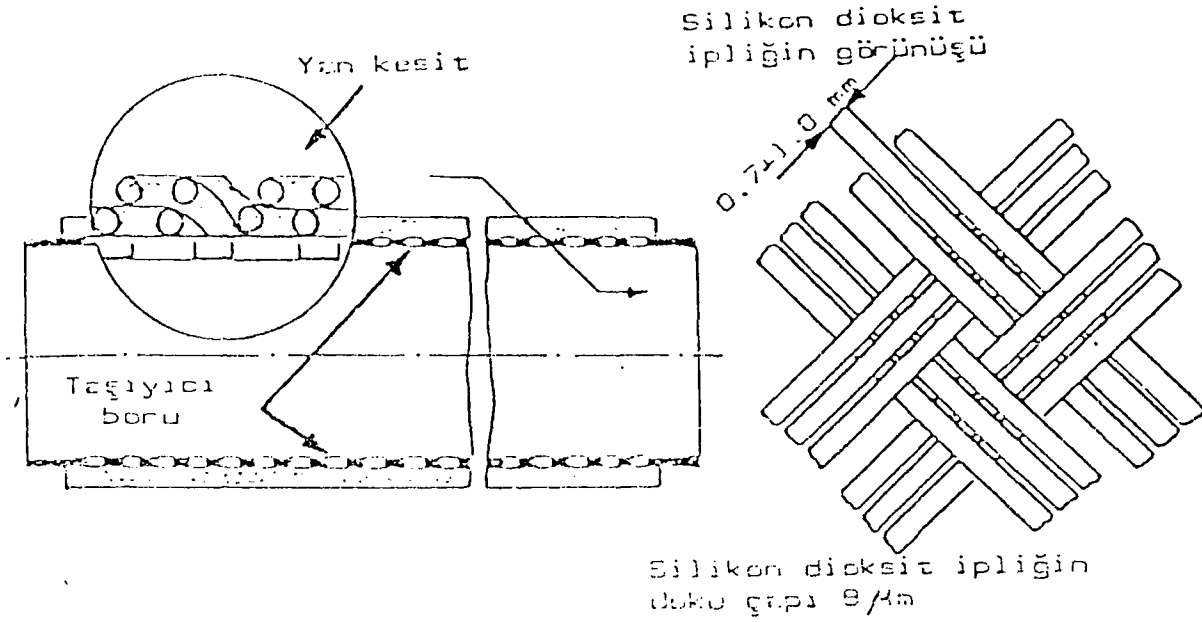
ŞEKİL 15.10 Yekpare seramik tutucunun duvarlarından geçen akış
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.11 Katalitik tel kafes diesel partikül tutucu ve manifold
(Air Pullution, 1977)



ŞEKİL 15.12 Silis lifli silindirik yüzey tipi tutucunun duvarları boyunca akış
(Air Pullution, 1977)



ŞEKİL 15.13 Şekil 15.12 'deki taşıyıcı borunun silikondioksit iplikle yan görünüşü
(Air Pullution Control, 1977)

Ek olarak; sensörler, kontrol ve işleticiler sistemin karmaşık bir sistem olmasına yol açar. Ayrıca sistem bir elektronik kontrol ünitesi, sıcaklık sensörü, geri basınç sensörü, motor devir sayısı ve EGR valfinin pozisyonunu gösteren bir göstereye sahiptir. İşleticiler; egzost valfi ve bununla birlikte yakıcı, yakıt pompası veya bir valf, bir hava pompası ve yakıcı ateşleyiciyi kapsar. Böyle bir sistem karmaşık ve pahalıdır. Sistemin karmaşık olması nedeniyle bakım masrafları da büyük olacaktır. Bu sistemin önemli avantajları, yekpare seramiğin yüksek tutma verimi ve sistemin potansiyel dayanıklılığıdır.

15.3.1.2 Yekpare yakıt katkı sistem

Bu sistem; yekpare seramik tutucu ve kabı, rejenerasyon problemlerine karşı bir emniyet sistemi ve yakıttaki katalitik katkıların sağlanmasını kapsar. Şekil 15.14, bu sistemi göstermektedir. Görülen sistemde emniyet düzenlemesi bir sıcaklık sensörü ve tutucuya monte edilmiş basınçla çalışan bir geçiş valfinden ibarettir. Bu sistem daha düşük geri basınç avantajından dolayı yekpare / yakıcı sistemle hemen hemen aynı tutma verimine sahiptir. Ayrıca oldukça basit bir yapıya sahiptir. Sistemin önemli bir dezavantajı tutucunun zamanla tıkanması ve bunun sonucunda katkının geçişini engellemesidir. Bu sorun, ortalama yol ömrü 160000-240000 km arasında olan kamyonlar için önemsizdir.

Ancak yol ömrü 850 000 km'nin üzerinde olan kamyonlar için 2-5 adet yedek tutucu gerektirebilir. Bu da önemli bir masraftır. (Tekin, 1987)

15.3.1.3 Katalitik kafes tel sistemi

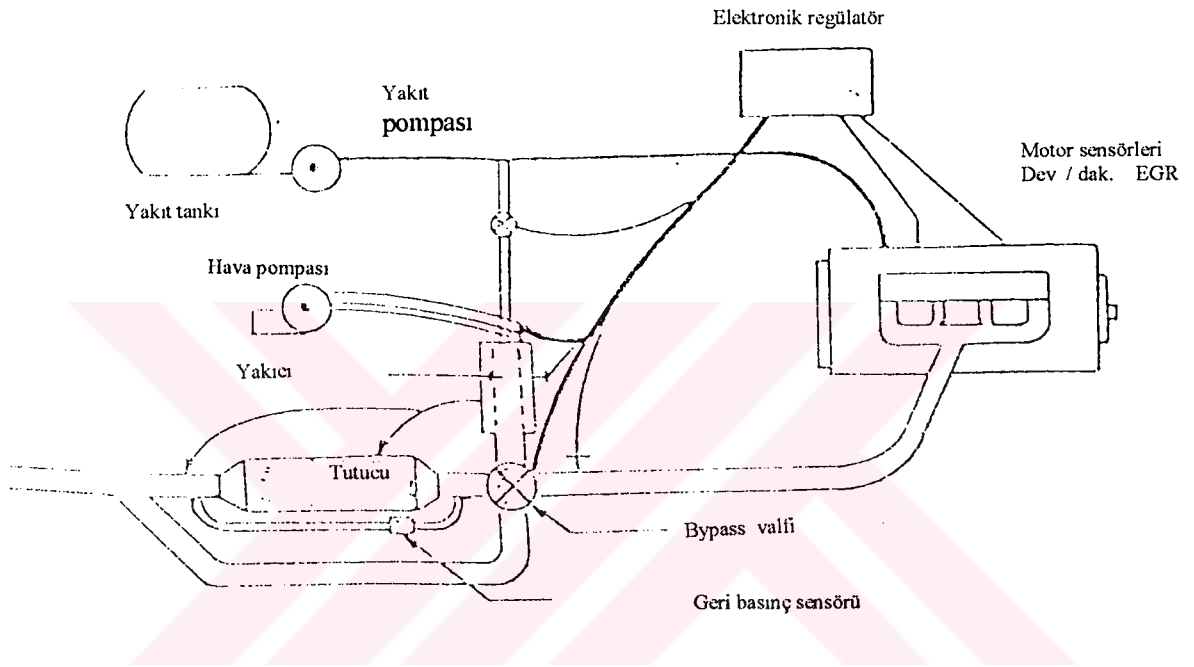
Şekil 15.16 bu tip bir sistemin yerleşim şemasını vermektedir. Bu sistem; bir tutcu, bir elektronik kontrol sistemi, yanmamış hidrokarbonların miktar artımı için bir sistem ve tutmayı rejenere etmek için egzosta CO içerir. Görülen sistem emme manifolduna konan kelebek valfin yarı kısılmasıyla gerçekleştirilir. Bu sisteme EGR veya ateşleme zamanının geciktirilmesi gibi diğer yaklaşımlar da uygulanabilir. Bu sistem sensörler, motor devir sayacı, kafes poziston sensörü, tutucu sıcaklık sensörü ve mümkünse geri basınç sensörüdür. Sistemin birçok avantajı mevcuttur. Yekpare / yakıcı sistemden ve yekpare / yakıt katkı sistemden daha düşük geri basınca sahiptir. Basit bir yapıya, dolayısıyla düşük bir maliyete sahiptir. Tutucu, hidrokarbon ve koku emisyonunda azaltıcı etki yapar. Bütün bunların yanında rejenerasyon sistemi minimum egzost sıcaklığı gerektirdiği için çalışırken bir dereceye kadar araç performansına etki eder. Diğer bir dezavantajı ise, yüksek filtre malzemesi maliyetidir. Bu maliyet daha büyük tutucular gerektiren daha büyük araçlar için lineer olarak artmaktadır. Son olarak sistemin tutucu dayanıklılığı ve sülfat üretimi problemleri mevcuttur. Sülfat üretimi oldukça önemlidir. Eğer belli bir kararlılığı yoksa, bu sistemin ağır yük kullanımı için ne derece pratik olduğunu görmek zordur. Katalizörler kullanım sırasında, normal olarak zamanla bozulurlar. Genişleme periyodundan sonra, sağlanması gereken yeterli katalitik etkiyi temin etmek için, izlenecek bir yolda başlangıçta daha fazla katalizör kullanmaktır. Sülfat problemi, bu yaklaşımı kullanılmaz hale getirir. Çünkü daha çok katalizör daha fazla sülfat oluşumuna sebep olur. Verilen bu sınırlamalarla, bir uzun yol aracı için gerektiği kadar uzun bir katalizör ömrü sağlamak oldukça zordur. Böylece malzeme maliyeti önemli bir masraf olan uzun yol araçları için bir yedek tutucuya ihtiyaç vardır. (Tekin, 1987)

15.3.1.4 Silis lifli silindirik yüzey katalizör sistemi

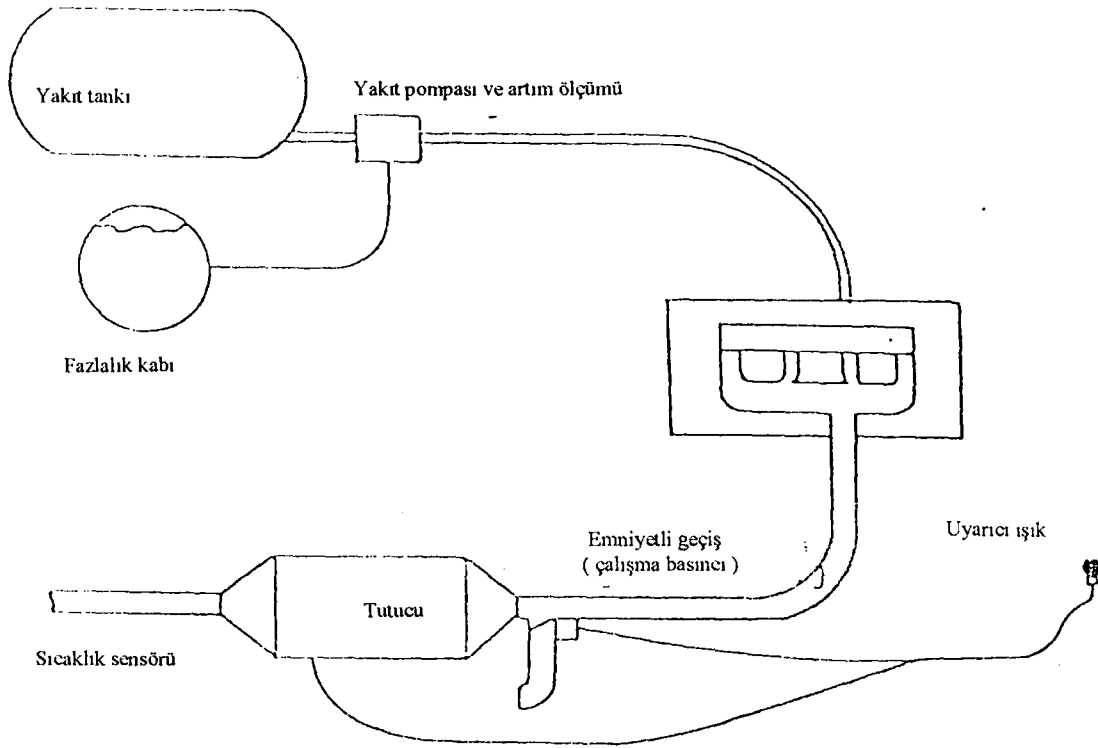
Bu sistem, delikli metal tüp üzerine silis-lifli iplik dokumanın işlenmesiyle oluşan çok sayıda silindirik yüzeyden oluşur. Bunlar bir tutucu meydana getirmek için büyük bir kap içerisinde düzenlenir. Sistemin ayrıca rejenerasyonu gerçekleştirmek için egzost akımı

içerisine yerleştirilmiş bir oksidasyon katalizör enjeksiyon mekanizmasına sahiptir. Bu sistemde ayrıca, bir elektronik kontrol sistemi, geri basınç sensörü, egzost sıcaklık sensörü ve motor devir sayacı da bulunmaktadır.

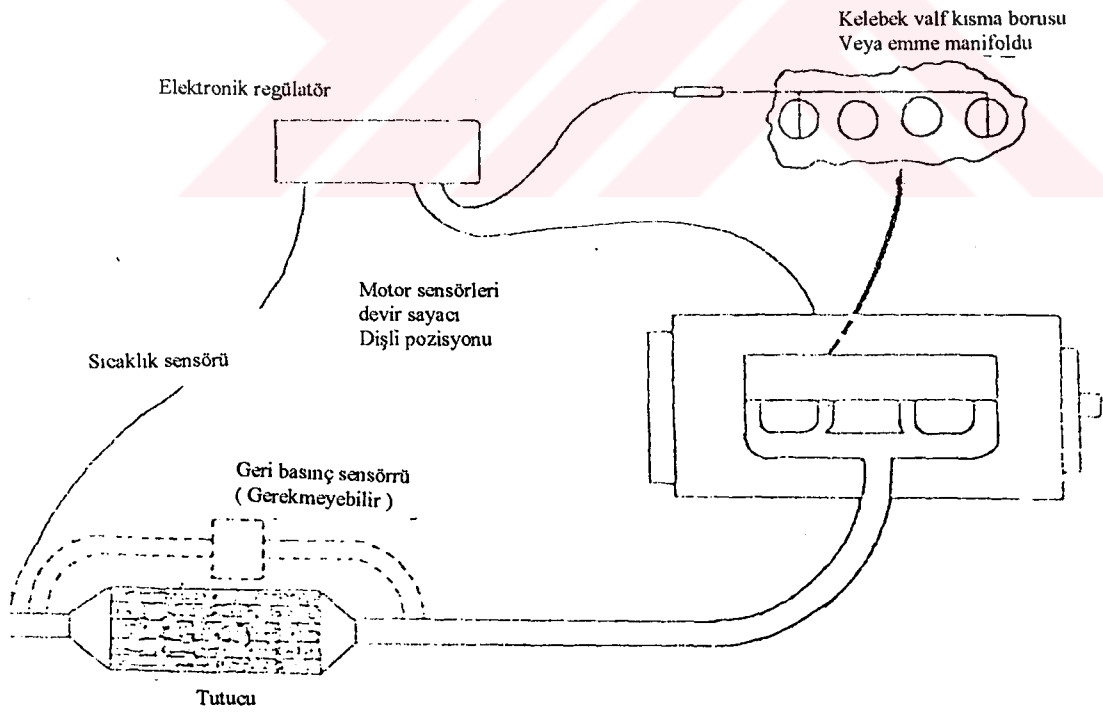
Sistem yüksek filtrasyon verimli düşük geri basınca sahiptir. Ayrıca güvenilirlik ve dayanıklılığın yanısıra pahalı olmayan ve basit bir rejenerasyon sistemine sahiptir.



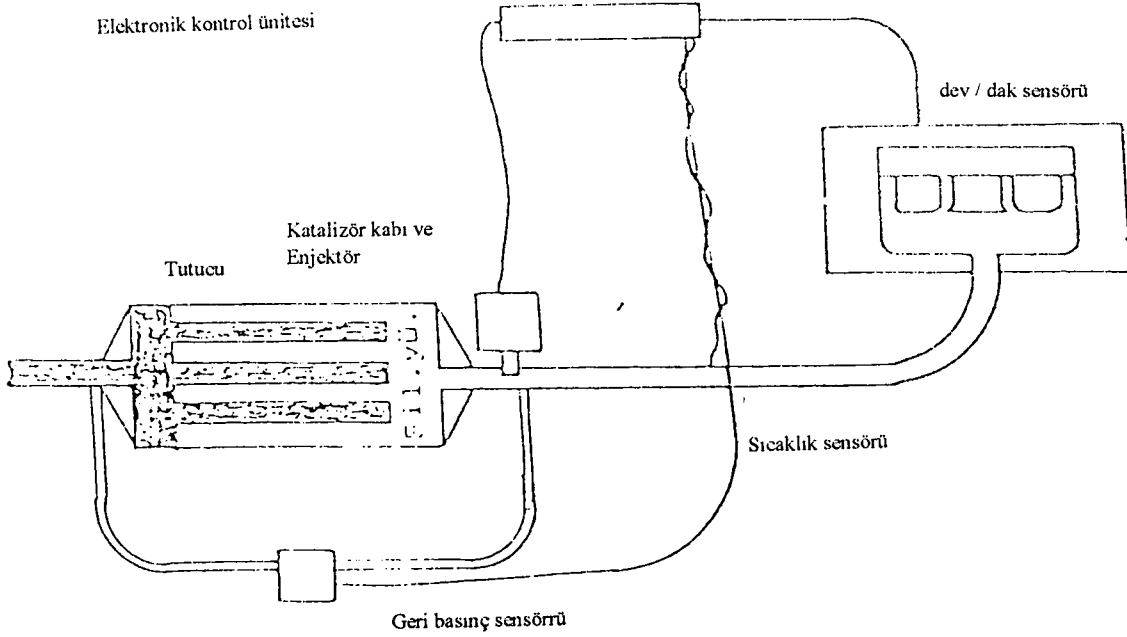
ŞEKİL 15.14 Seramik yekpare yakıcı sistem
(Diesel Motorlarda Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.15 Yekpare seramik / yakıt katkı sistemi
(Diesel Motorlarda Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.16 Katalizörlü kafes tel sistemi
(Air Pollution, 1977)



ŞEKİL 15.17 Silis lifli silindirik yüzey /katalizör rejenerasyon sistemi
(Air Pollution, 1977)

En büyük dezavantajı yaklaşık 160000 km'den sonra geri basınçtaki artışlardır. Buna ek olarak tutucuda tıkanıklıklar meydana gelir ve katalitik katkıların akışı engellenir. Bu da bu sistemin yenilenmesini gerektirir.

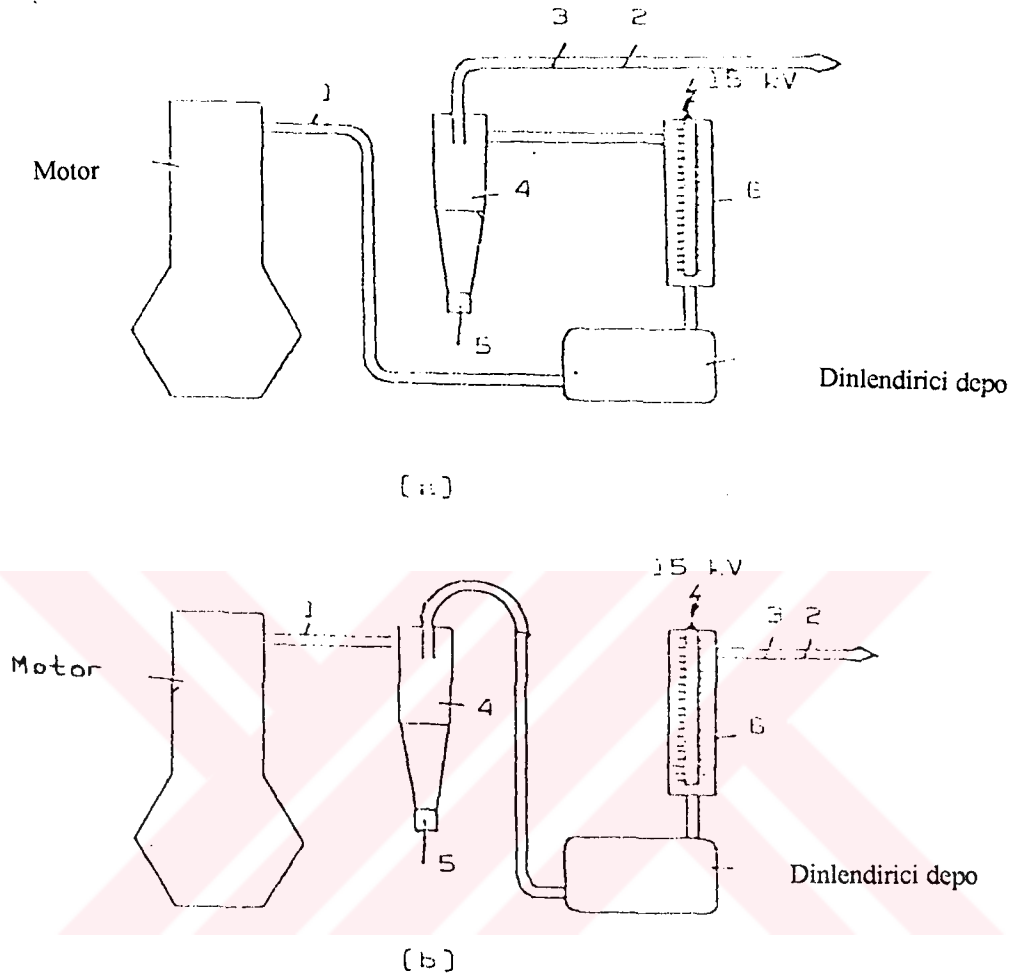
15.3.2 Topaklama filtreleri

15.3.2.1 Elektrostatik toplama

Egzost borusu içinden akan egzost gazları içinde serbest olarak uçan partiküllerin düşük sıcaklık ve reaksiyon hızları nedeniyle, bir ek yanma sistemiyle yakılması yüksek bir enerji gerektirdiğinden iyi bir çözüm değildir. Diesel motorlarında yanma olayında meydana gelen kurumun (yakılan yakıtın yaklaşık %1 'i) araç içinde yakılarak yok edilmesi oldukça pratik görülmekle beraber bu sadece yüksek sıcaklık ve uzun bir zaman içinde mümkün olabilmektedir. Bu nedenle egzost gazının filtre edilerek partiküllerden temizlenmesi uygun ve pratik bir sistem olarak görülmektedir. Filtre olarak bilinen ve uygun olan keramik filtrelerdir. Keramik filtre genel olarak yüksek bir ayırma derecesine sahiptir.

Yalnız aşırı yükleme durumlarında meydana gelen basınç artışı problem yaratmaktadır. Bu problem siklonlu ve elektro filtreli sistemlerde görülmez. Elektrositatik filtre sisteminin yapısı Şekil 15.18.a ve 15.18.b'de görülmektedir. Şekil 15.18.a'da verilen sistemde siklon, elektrostatik filtrenin arkasına; Şekil 15.18.b'de ise önüne bağlanmıştır. Birinci sistemde elektrostatik filtrede tutulamayan partiküller siklon tarafından egzost gazından ayrıştırılmaktadır. İkinci sistemde siklon, büyük partikülleri ve elektrostatik filtre ise egzost gazı içinde kalan küçük partikülleri ayırmaktadır. Bu sistemin hatalı yönleri büyük hacimleridir. Elektrostatik filtreler genel olarak levhalı veya borulu olarak iki değişik tipte imal edilirler.

Araçlarda daha ziyade sağlam, titreşime dayanıklı ve mümkün mertebe az izalatörlü borulu tip kullanılmaktadır. Borulu filtre yapılışı yönünden her iki elektroduna doğru akım bağlanan bir silindirik kondansatöre benzemektedir. Bu iki elektrot arasında elektrostatik bir alan oluşmaktadır. İçinde temizlenmesi gereken partiküller bulunan bir gaz, aksenal yönde bu alan içinde akarsa, elektrik yüklü partiküller radyal yönde ivmelendirilir ve yüküne göre karşı kutuplu elektroda yönlendirilerek orada tutulurlar. Böylece boruyu terk eden gaz partiküllerden temizlenmiş olur.



ŞEKİL 15.18.a-b Siklon ve elektro-statik filtrenin diesel motoruna uygulanmış şekilleri 1,2: Basınç ölçer, 3: Smokemeter, 4: Siklon, 5: Partikül toplayıcı, 6: Elektro-statik filtre (Air Pollution Control, 1977)

Bu sistemin çalışabilme şartı, partiküllerin elektrik yüklü olmalarıdır. Partiküllerin ayırma derecesini yükseltmek ancak nötr parçacıkların da tutulmasıyla mümkündür. Bu ise ek bir kutuplaştırma işlemini gerektirmektedir. Bunun için elektrik alanın önünde ayrıca bir şerare oluşturulmalıdır. Şekil 15.19'da elektrostatik bir filtre görülmektedir. Filtre 150 mm çapında ve 500 mm uzunluğunda bir boru içinde bulunan merkezi bir elektrottan meydana

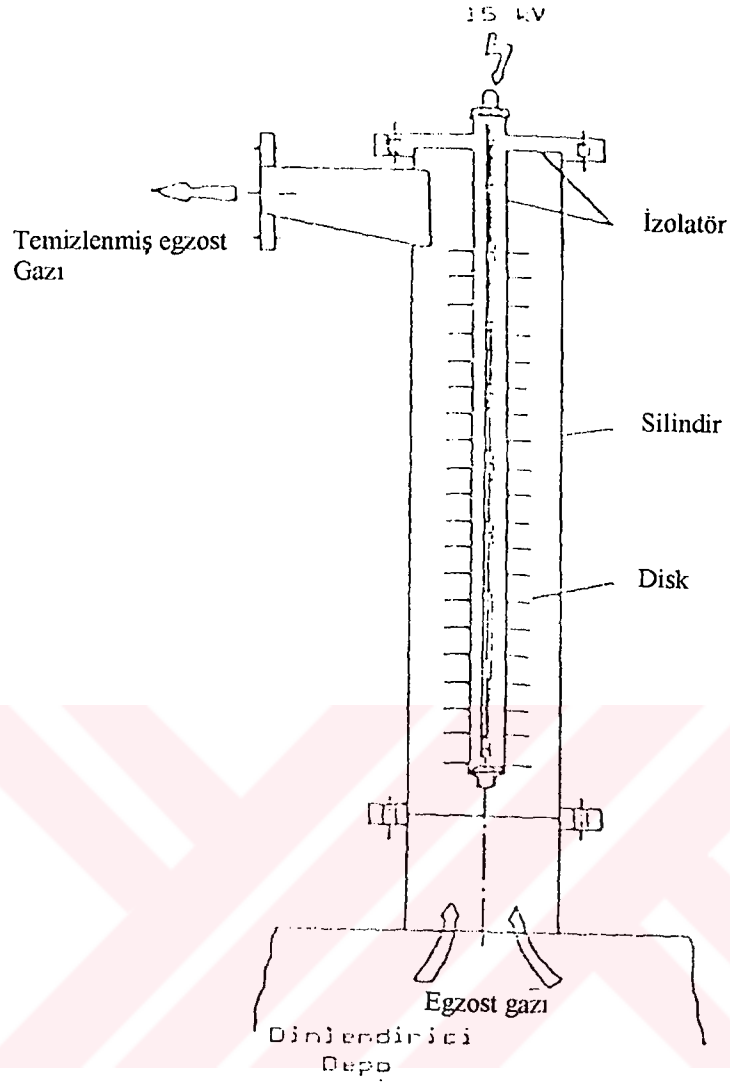
gelmiştir. Orta elektrot kenarları keskin ve sivri uçlu yapılmış olan 66 mm çapında 20 adet disk ile donatılmıştır.(Şekil 15.20)

Motor çalışması esnasında egzost gazı içindeki partiküller disklerin sivri uçlarında toplanmakta ve bu uçların körlenmesine sebep olmaktadır. Böylece çok önemli olan bu sivri uçlar kaybolmaktadır.Bu pisenmenin ortadan kaldırılması için titreşimli hava üfürülmekte veya yüksek gerilim altında yakılarak diskler partiküllerden temizlenmektedir.

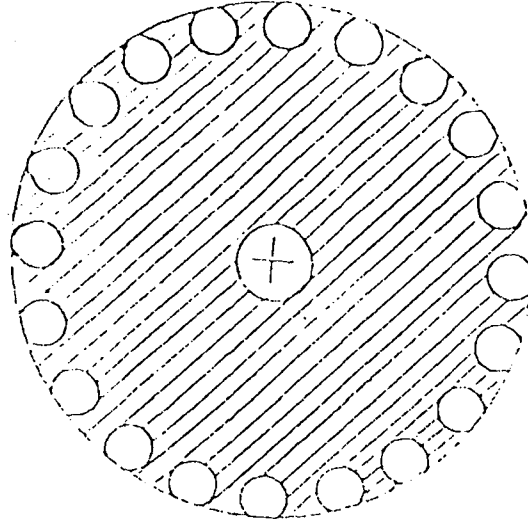
Elektrik akımı orta elektrot üzerinden verilmektedir. Negatif kutup orta elektrotta bağlanarak en iyi şerare durumu elde edilmiştir.Yapılan deneylerde 15 kV'un üzerindeki gerilim temizleme yönünden bir iyileştirme getirmemiştir. Egzost gazı içinde tutulan partiküllerin yoğunluğu disk sayısına bağlıdır. Bu yoğunluğun 20 adet diske kadar arttığı, 20 'nin üzerinde ise çok az arttığı görülmüştür.Elektrostatik filtrelerden bilindiğine göre artan alan şiddetiyle partikül ayırma miktarı artmaktadır. Ancak bununla beraber elektrik sarfiyatı da artmaktadır Araç üzerindeki alçak gerilimden elde edilecek olan yüksek gerilim kayıplara yol açması sebebiyle Diesel motorun yakıt sarfiyatı da dikkate alınarak püskürtme disklerinin sayısı gerekli olan minimum sınıra kadar indirilebilir.

15.3.2.2 Mekanik toplama

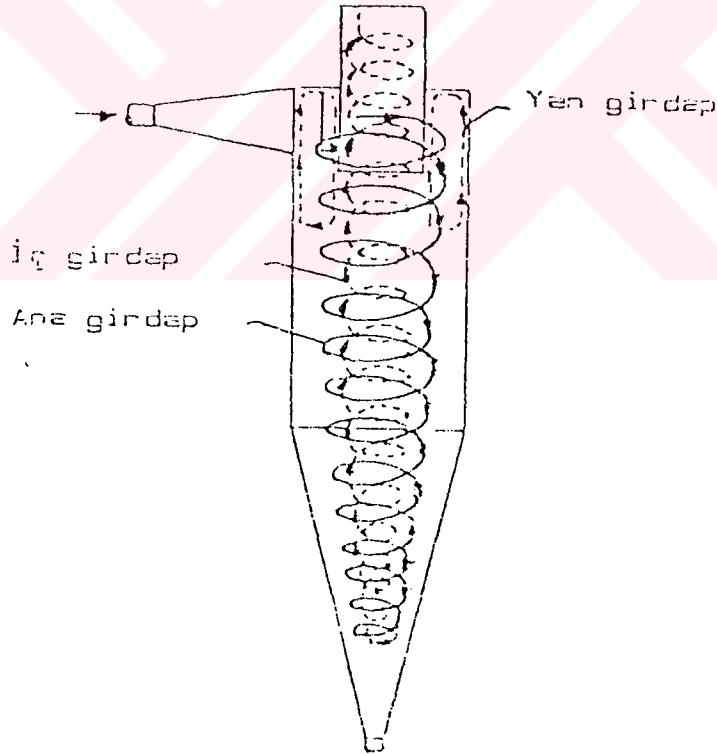
Mekanik toplama için toplama filtresi ve siklon filtresi birlikte kullanılmaktadır. Egzost çıkışında ilk olarak toplama filtresi takılarak is partiküllerinin birikmesi ve belirli bir birikme oluştuğunda biriken parçacıkların egzost gaz akımı etkisiyle koparılması sağlanır.



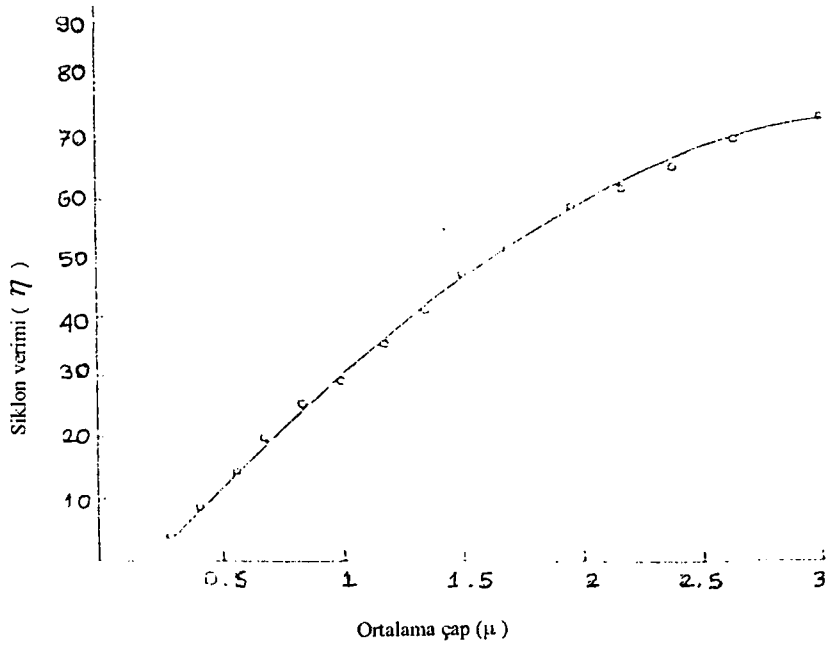
ŞEKİL 15.19 Elektrostatik filtrenin şematik görünüşü
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.20 Tesirli bir şerarenin oluşabilmesi için kullanılan disk
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.21 Tipik bir siklon sistemi
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)



ŞEKİL 15.22 Ortalama is çapı ile siklon verimi arasındaki bağlantı
(Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, 1987)

Siklon filtresinin amacı, bir santrifüj kuvvet etkisinde filtreye gelen partiküllerin cidarlara doğru itilerek çökeltilmesi yoluyla tutulmasıdır. Burada, gelen is partikül çapı ne kadar büyük olursa tutma verimi o kadar artar. Bu filtre, toplama filtresinin devamına monte edilerek, topraklanıp koparılan parçacıkların tutulması sağlanır. Yani bu sistemde ilk olarak kullanılan filtrenin asıl amacı tutma değil, is parçacıklarının biriktirilerek çap büyümesinin sağlanmasıdır.

15.4 Diesel Motorlarında Egzost Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bugünkü taşıtlarda kullanılan motorların egzost gazları bileşimi aşağıdaki gibidir (maksimum ve ortalama değerler) :

Bileşen	Diesel (%)	Otto (%)
CO ₂	13.8 - 9	15 - 9
CO	7.6 - 0.1	13.5 - 4
O ₂	20 - 9	14.7 - 4
H ₂	2.6 - 0.03	5.8 - 2
HC	0.5 - 0.02	4 - 0.5
Aldehitler	0.0037 - 0.002	0.03 - 0.004
NO _x	0.15 - 0.04	0.2 - 0.06
SO ₂	0.03 - 0.02	0.008 - 0.006

Bu tabloda görüldüğü gibi genel olarak Diesel motoru egzost gazları, daha temizdir. Bu farklılığın nedeni Diesel motorunun, karışım oluşturulmasında karşılaşılan güçlükler nedeniyle çok daha fakir bir karışımla çalıştırılması zorunluluğundandır. Diesel motoru, tam yük haricindeki rejimlerde büyük bir hava fazlalık katsayısı ile çalışır. Şehir içinde çalışan araçların sık sık durup kalktıkları düşünülürse sanıldığı gibi aksine Diesel motorlarının hava kirliliğine etkisi benzinli motorlara oranla daha azdır. Şehir merkezlerinde CO'nun NO_x 'lerden daha fazla atmosferik kirlenme tehlikesi gösterdiği

düşünülürse, Diesel motoru ihmal edilebilir miktarda CO yaydığından artan temiz hava ihtiyacını karşılamada diğer motorlardan daha umut verici olduğu görülür. Ancak rahatsız edici is ve koku problemlerinin giderilmesi veya kontrol edilmesi gerekir. Diesel motorlarında isin önlenmesi için iki tip yöntem kullanılmıştır. İlki motor içerisinde yanma olayını kontrol ederek problemi gidermeye çalışmak; ikincisiye yanma olayından sonra egzosttan atılan gazların içerisindeki isi, bir filtre veya filtreler sistemiyle tutmaya çalışmaktır. Diesel motorlarında is teşekkülüne etkileyen birçok parametreler mevcuttur. Bu parametrelerin bazıları püskürtme karakteristiği, karışım oluşumu, hava fazlalık katsayısı, yanma odasının şekli, yakıt özellikleri, sıkıştırma oranının düşük olması, geç yanma, enjektörde meydana gelen hatalar vb. Bu parametreleri optimum şekilde ayarlayarak is azaltılması oldukça zordur.

Filtre kullanılarak isin azaltılmaya çalışıldığı ikinci yöntemle ilk yöntem karşılaştırıldığında ikinci yöntem daha uygun olmaktadır. Çünkü ilk yöntemde kullanılan parametreler hassas dengelere sahiptir. Egzost çıkışında kullanılan filtrelerin çok değişik tipleri mevcuttur. Katalitik, katalitik olmayan yakıt katkı sistemleri, elektrostatik ve mekanik toplama filtreleri kullanılmaktadır.

Elektrostatik filtre, imalat sırasındaki izolasyon problemi, gerekli elektriğin elde edilmesi problemi ve fazla yüksek olmayan verimi nedeniyle yeterince olumlu bir alternatif değildir.

Filtre tipi olarak mekanik toplama filtrelerinin kullanılması oldukça ucuza mal olmaktadır. Mekanik toplama sisteminde çakıl filtre ile siklon filtre birlikte kullanılmıştır. Çünkü çakıl filtre tutucu değil topaklayıcı bir filtredir. Bu sistemdeki tutucu görevini ise siklon filtre yerine getirmektedir.

ekonomisi sağlanabilir. Ancak ateşleme avansını mümkün olduğu kadar artırma HC ve NO emisyonlarını azaltmakta büyük fayda sağlamaktadır. Yalnız geciktirme, yakıt tasarrufu açısından olumsuzluğa neden olur. Dişli ve vites takımında yani transmisyon oranındaki yakıt ekonomisi açısından fark; ideal değişken vites oranı kullanıldığında sabit vites oranına göre % 70 – 80 olmaktadır. Araç yol yükü, araç ağırlığına bağlıdır, araç ağırlığı arttıkça lastik dönme direnci artacaktır, direnci yenmek için harcanan ekstra güç, yakıt tasarrufunu olumsuz etkileyecektir. Araçta uygun şekillendirme yapılarak aerodinamik direnç katsayısının % 20 azaltılması ortalama % 6.5 yakıt tasarrufu sağlar. Taşıtların ağırlığının artması, yuvarlanma yokuş ve ivme dirençlerini fazlalaştırır, bu direnç için fazla güce gereksinim duyulur, gücün artması km başına harcanan yakıt miktarını arttırmaktadır. İlk hareket, aksesuarlar, emisyon kontrolleri, seyir anında ortam sıcaklığı, yakıt tasarrufu ve emisyon kontrolünde olumlu yada olumsuz birçok etkide bulunmuşlardır. Yapılan çalışmalar motorda yapılan birtakım düzenlemelerle, ortalama % 15 – 25 yakıt ekonomisinde artış sağlanabileceği tesbit edilmiştir. Motor dizayn değişikliklerinden % 20, benzin tertibi değişikliklerinden % 5 – 10, motor yağlayıcı değişikliklerinden % 3, transmisyon dizayn değişikliklerinden % 5 – 10, transmisyon yağlayıcı değişikliklerinden % 3, araç ağırlığı, aerodinamik direnç, lastik ve aksesuarlar açısından dizayn değişikliklerinden % 10, motor büyüklüğü ve model değişikliklerinden % 10, Araç bakım işlemlerinden % 5, olmak üzere yapılacak değişikliklerle yakıt ekonomisinde yaklaşık olarak % 50' lik bir potansiyel iyileşme vardır. HC, CO ve NO_x emisyon kontrolleri için sergilenen katılık arttıkça emisyon seviyesindeki azalmanın

yanında yakıt ekonomisinde olumsuzluklar görülecektir. Benzindeki kurşunun azaltılması ise toplam verimde kayıplara neden olacağından yakıt tüketiminde artışa neden olacaktır. HC ve CO emisyonlarının kontrolü, yakıt ekonomisinde büyük olumsuzluk sergilememesine rağmen, NO_x emisyonlarının kontrolü, yakıt ekonomisinde azalmalara neden olmaktadır. Hava Fazlalık Katsayısını arttırmakla karışımdaki O₂'yi artırarak zararlı CO'yu CO₂'ye dönüştürerek dışarı atabiliriz, o halde zengin karışım, hem zararlı CO'yu artırır, hem de yakıt harcamasını artırır. NO_x'lerin oluşumu motor içindeki yüksek sıcaklıklardan (1600 °C) kaynaklanmaktadır. Hava Fazlalık Katsayısı 1.1' den büyükse, daha fakir karışımlarda silindir içindeki sıcaklık azalacağından NO_x oluşumu azalacaktır. HC'ler yakıtın yetersiz O₂'den dolayı (zengin karışım) tam yakılamamasından oluşur. İstisnaların ana nedeni, silindir içinde yakıtın yeterli hava bulamaması veya karışımın homojen olmamasıdır. Yakıttaki kükürttten dolayı yanma sonucu SO₂ ortaya çıkar. Vuruntuyu önlemek için yakıtta katılan yanma sonucunda çok zararlı kurşun ve kurşun bromür olarak ortaya çıkar. Sıkıştırma oranındaki bir artış, ısı veriminin artmasına, dolayısıyla özgül yakıt tüketiminin azalmasına neden olur. Ancak yüzey / hacim oranı arttığından alev sönme bölgesi büyümekte ve HC emisyonu artmaktadır. Aynı zamanda sıkıştırma oranının artışı, yanma odası sıcaklığını arttırdığından, NO_x emisyonlarını arttırmaktadır. Ayrıca daha önce bahsedildiği gibi motorun yapısal özelliklerinin, yanma odası şeklinin, emme kanalı şeklinin, sübap zamanlamasının, ateşleme sisteminin yakıt püskürtme şeklinin, aşırı doldurma yapmanın, taşıt motor bakım ve ayarının, ateşleme avansının, piston ve silindirlerdeki aşınmaların ve yanma odasındaki birikintilerin hepsinin aynı ölçüde olmasa bile yakıt emisyonu ve zararlı emisyonlar üzerinde oldukça önemli etkileri vardır. Yalnız yapılacak değişiklikler, bütün emisyonlar ve yakıt emisyonları üzerinde aynı oranda yararlı etki oluşturamamakla birlikte bazen birinde olumlu sonuç verirken diğerinde olumsuz sonuç verebilmektedir. Bu da aşılması gereken önemli bir sorundur. Bu sorun, kısmen egzost katalizörlerinin (katalitik konvertörler) devreye girmesi ile aşılmaya başlamıştır. Şimdi olduğu gibi gelecekte de motorlu taşıtlarda sürüş keyfi, düşük emisyon, yüksek performans ve az yakıt harcaması bütün araştırmacıların birarada tutmaya çalışacağı, birbirinden ayrılmaz bir dörtlüyü oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

Blackmore, D. R., Thomas, A., (1979), Fuel Economy of The Gasoline Engine Fuel, Lubricant and Other Effects, New York

Kutlar, O., A., Ergeneman, M., Arslan, H., Mutlu, M., (1995), Taşıt Egzostundan Kaynaklanan Kirleticiler, Birsen Yayınları, İstanbul.

Schwaller, A., E., (1993), Motor Automotive Technology.

Sıttıg, M., (1990), Environmental Sources and Emmisions Handbook. No : 2.

Starkman, E., S., (1986), Combustion Generated Air Pollution.

Stern, C., (1977), Air Pollution, New York

Strauss, W., (1977), Air Pollution Control. Part 2.

Tekin, E., (1987), Diesel Motorlarında Partikül Filtrasyonu, İstanbul.

Unikat-86, (1986), Exhaust Cleaning For Internal Combustion Engines.

Yıldırım, A., M., (1997), Mühendis ve Makina, Nisan 1997, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	08.06.1973	
Doğum yeri	Almanya	
Lise	1987-1990	Küçükyalı Kadir Has Lisesi
Lisans	1990-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Çalıştığı Kurumlar	1998- Devam ediyor	YTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Mekanik Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi



Yıldız Teknik Üniversitesi
Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü
Mekanik Anabilim Dalı
Araştırma Görevlisi