

**YÜKSEK HIZLI GAZ ÖRNEKLEME CİHAZI KULLANILARAK
BELİRLİ KRANK MİLİ AÇILARINDA OLUŞAN EMİSYONLARIN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Salih KARAASLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2008

ANKARA

Salih KARAASLAN tarafından hazırlanan “YÜKSEK HIZLI GAZ ÖRNEKLEME CİHAZI KULLANILARAK BELİRLİ KRANK MİLİ AÇILARINDA OLUŞAN EMİSYONLARIN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Nuri YÜCEL

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

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

Prof. Dr. Bekir Zühtü UYSAL

.....

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Nuri YÜCEL

.....

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç Dr. Hüseyin TOPAL

.....

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 07/10/2008

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

Prof. Dr. Nermin ERTAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Salih KARAASLAN

**YÜKSEK HIZLI GAZ ÖRNEKLEME CİHAZI KULLANILARAK BELİRLİ
KRANK AÇILARINDA OLUŞAN EMİSYONLARIN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Salih KARAASLAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2008

ÖZET

Bu çalışmada, tek silindirli bir araştırma motoru olan Ricardo motoru kullanılmıştır. Yanma stroğu boyunca silindir içinde oluşan yanma ürünleri ve yanmamış hidrokarbon değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Silindir içerisinden numune alabilmek için GUSSONS LTD. firmasının ürünü olan Model GSD-10 yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi kullanılmıştır. Sistemin montajı tamamlanmış ve ilk kez kullanılmak üzere devreye alınmıştır. Deneyler sırasında motor 1/3 açık gaz keleşi konumunda çalıştırılmıştır. Motor, elektrikli dinometre kullanılarak iki farklı yük konumunda çalıştırılmıştır. Deneyler, üç farklı sıkıştırma oranı için ($r = 6,7,8$) tekrarlanarak silindir içerisinden örnekleme yapılmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışmalar iki ana bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde, örnekleme valfi, Capelec gaz analiz cihazına direkt monte edilerek analizler istenilen krank mili açıları için sürekli olarak yapılmıştır. Bu çalışmada, yanma stroğu boyunca buji ateşledikten sonra 10'ar derecelik krank mili açılarında gaz örnekleri alınmıştır. Örnekleme, ateşleme başladıktan sonraki ilk 60°'lik krank mili açıları için yapılmıştır. Sıkıştırma oranının ve yük konumlarının motorda meydana gelen yanmayı nasıl etkilediği deneysel olarak incelenmiş ve sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur. Yapılan analizlerin ardından yanma stroğu boyunca yanma ürünü olan CO, değerleri ile yanmamış hidrokarbon değerleri

grafikler halinde sunulmuştur. İkinci bölümde, yapılan örnekleme ile yanma gazları silindir kafasında yer alan ve bujinin karşısında bulunan delikten, SOKKEN GSD-10 yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi ve ekipmanları kullanılarak yapılmıştır. Silindir içerisindeki gaz örnekleme belirli krank açısı aralıklarında elektromanyetik gaz örnekleme valfi kullanılarak, numuneler tüplere alınmıştır. Tüplere alınan örnek gaz numuneleri, GC-FID cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmanın ardından, tek silindirli bir motorda yanma olayının motor parametreleri ile olan ilişkisi ve mekanizması ile ilgili yorumlar ve öneriler yapılmıştır.

Bilim Kodu : 914.1.038
Anahtar Kelimeler : Yüksek hızlı Gaz Örnekleme, Ricardo Motoru, Silindir-içi Emisyon ve Yanma
Sayfa Adedi : 137
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Nuri YÜCEL

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EMISSIONS AT CERTAIN
CRANK ANGLE BY USING FAST RESPONSE GAS SAMPLING
INSTRUMENT
(M.Sc. Thesis)**

Salih KARAASLAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2008

ABSTRACT

In this study, Ricardo Engine that is a single-cylinder research engine was used. Combustion products and unburned hydrocarbon concentrations in the cylinder were investigated experimentally during flame period on expansion stroke. To sample in the cylinder, Model GSD-10 fast response gas sampling system which is a production of GUSSONS cooperation was used. System mounting was completed. And system set-up was installed. Engine was operated 1/3 throttle valve opening during the all experiments. Using electrical dynamometer, the engine was operated at two different load positions. Experiments were repeated for three different compression ratios ($r=6-7-8$). The content of this study consists of two main parts. In the first part of the study, the high speed gas sampling valve was mounted to the Capelec gas analysis instrument directly and samplings were done at intended crank shaft angle continuously. Exhaust gas samples were taken for 10 degree intervals after spark plug ignited the mixture in the cylinder. Samples were taken during 60 degree of crank shaft angle after the spark plug ignited. In the second case, gas samples were taken by using glass tube. The effect of compression ratio and engine load positions on combustion were analyzed and all results were plotted. End of the experiments, combustion products of CO and unburned hydrocarbon concentration were plotted. The second stage of the project, the

samples of combustion gases for predetermined crank angle ranges were taken from the hole, which is opened opposite side of ignition plug hole on cylinder head, by using electromagnetic gas sampling valve of high speed gas sampling equipment SOKKEN GSD10. The samples stored in the tubes were analyzed by using GC (with FID) equipment. The relationship between the engine parameter and the combustion mechanism in the cylinder were discussed.

Science Code	:	914.1.038
Keywords	:	High speed gas sampling, Ricardo Engine, Emissions in cylinder and combustion
Page Number	:	137
Adviser	:	Prof. Dr. Nuri YÜCEL

TEŞEKKÜR

Yaptığım tüm çalışmalar boyunca maddi manevi desteğini benden esirgemeyip her ortamda ve şartta engin bilgisi ile bana yol gösteren sayın hocam Prof.Dr Nuri YÜCEL'e sonsuz saygı ve minnetlerimi sunarım. Yapmış olduğum çalışmanın her aşamasında bilgisi ve manevi desteği ile yanımda duran sayın Dr. Nureddin Dinler'e, çalışmanın deneysel aşamasında benim yanımda olan değerli dostlarım M. İlter BERBEROĞLU'na ve Arş.Gör. İlknur KAYACAN'a teşekkürlerimi sunarım. Bu günlere gelmemi sağlayan, eğitim hayatım boyunca beni teşfik ve terbiye eden fedakar aileme, gösterdiği sabır ve destek için değerli eşim Av. Sedef Meral KARAASLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLoların LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	2
3. SİLİNDİR-İÇİ GAZ ÖRNEKLEME VALFLERİ.....	17
3.1. Tiplerine Göre Örneklem Valflerinin Sınıflandırılması	18
3.2. Örneklem Valfleri İçin Genel Tasarım Kriterleri	23
3.3. Valf İşleyişlerinin Elektronik Kontrolü ve İzlenebilirliği	24
4. GAZ ANALİZ TEKNİKLERİ ve GAZ KROMATOĞRAFİSİ	26
4.1. Gaz Kromatografisi (GC) ve Alev İyonizasyon Dedektörü (FID).....	28
4.1.1. Gaz kromatografisi	28
4.1.2. Dedektörler	30
4.1.3. Motor teknolojisinde alev iyonizasyon dedektörü ve FRFID.....	31
5. İÇTEN YANMALI MOTORLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR	34
5.1. Egzoz Kaynaklı Kirleticilerin Oluşumu	36

Sayfa

5.1.1. Karbonmonoksit (CO) emisyonu	37
5.1.2. Azot oksit (NO _x) emisyonu	38
5.1.3. Yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonu.....	39
5.1.4. Kurşun bileşikleri	40
5.1.5. Duman (is) ve kükürtdioksit (SO ₂) emisyonu	40
5.2. Motorun Yapısal Özelliklerinin Egzoz Emisyonları Üzeindeki Etkisi	40
5.2.1. Yanma odası tasarımının etkisi	41
5.2.2. Motor sıkıştırma oranının etkisi	41
5.2.3. Emme ve egzoz subaplarının açık kalma sürelerinin etkisi.....	42
5.2.4. Ateşleme avansının etkisi	42
5.2.5. Yakıt hava oranının etkisi.....	43
6. DENEYSEL ÇALIŞMA	44
6.1. Deney Setinin Kurulumu	44
6.1.1. Yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin devreye alınması	46
6.2. Gaz Örnekleme Sisteminin Fonksiyonları ve Kullanım Talimatları.....	52
6.2.1. Yüksek hızlı manyetik uyarıcı.....	53
6.2.2. Örnekleme valfi kontrol ünitesi.....	58
6.2.3. Örnekleme valfi hareket dedektörü	63
6.2.4. Krank pulse (etki) jeneratörü.....	64
6.3. Deneysel Yöntem	67
6.3.1. Ricardo motoruna ait performans Karakteristiklerinin belirlenmesi.....	71

6.3.2. Silindir-içi anlık toplam emisyonların analizi	76
6.3.3. Silindir-içi anlık C ₁ -C ₆ (hidrokarbonların) analizi	89
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR	107
EKLER.....	111
Ek-1. Capelec Gaz Analiz Cihazı Sonuçları	112
Ek-2. GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları.....	119
Ek-3. Uluslararası Yanma Sempozyumunda Sunulan Bildiri (Sakarya Üniveristesi-ICS 2008)	134
ÖZGEÇMİŞ	135

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Set-1 ve Set-2 İçin Motor Çalışma Şartlar	78
Çizelge 6.2. Set-1 ve Set-2 İçin Valf Kontrol Ünitesi Değerleri	79
Çizelge 6.3. Set-3 ve Set-4 İçin Motor Çalışma Şartları.....	83
Çizelge 6.4. Set-3 ve Set-4 İçin Valf Kontrol Ünitesi Değerleri.....	83
Çizelge 6.5. GC-FID Deney Parametreleri.....	83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Silindir-içi örnekleme yapan tipik FFID sinyalleri.....	4
Şekil 2.2. n-heptan kullanımında HC komponentleri ve FID cevap zamanları	5
Şekil 2.3. 20 çevrim için silindir içi basınç grafiği	11
Şekil 2.4. 20 çevrim için silindir içi toplam HC değişim grafiği	11
Şekil 2.5. Silindir içindeki ve egzoz çıkış hattındaki HC konsantrasyonları	12
Şekil 2.6. Motor hızının egzoz çıkışındaki HC değerleri üzerindeki etkisi	13
Şekil 2.7. Motor hızının silindir içindeki HC değerleri üzerindeki etkisi.....	14
Şekil 2.8. Hesaplanmış ve Ölçülmüş olan NO _x konsantrasyon profilleri	15
Şekil 2.9. Hesaplanmış ve Ölçülmüş olan İs konsantrasyon profilleri	15
Şekil 3.1. Popet tip örnekleme valfinin şematik görünümü	19
Şekil 3.2. Needle tip örnekleme valfinin şematik görünümü.....	20
Şekil 3.3. Vurmalı tip örnekleme valfinin şematik görünümü.....	21
Şekil 3.4. İçe açılmalı iğne tip örnekleme valfi	22
Şekil 3.5. Dışa açılmalı elektro-hidrolik örnekleme valfi	22
Şekil 4.1. Yanma odası ile birlikte FID analiz cihazının şematik görünümü.....	27
Şekil 4.2. Silindire bağlanmış olan bir FRFID sisteminin şematik görünümü	33
Şekil 6.1. Yüksek hızlı gaz örnekleme valfinin şematik görünümü.....	49
Şekil 6.2. Valf açma ve uyarıcı akım dalga boyları arasındaki ilişki.....	50
Şekil 6.3. Manyetik uyarıcı devresinin şematik görünümü.....	53

Şekil	Sayfa
Şekil 6.4. Deney düzeneğinin şematik görünümü.....	68
Şekil 6.5. Silindir kafasının üstten şematik görünümü	69
Şekil 6.6. Örnekleme sistematığının şematik görünümü	69
Şekil 6.7. Ricardo motorunun tork-devir grafiği.....	74
Şekil 6.8. Ricardo motorunun güç-devir grafiği	75
Şekil 6.9. Ricardo motorunun yakıt tüketimi-devir grafiği.....	75
Şekil 6.10. Ricardo motorunun mil verimi-devir grafiği	76
Şekil 6.11. Set-1 ve Set-2 ölçümleri sonucu KMA göre CO (%) dağılımı.....	80
Şekil 6.12. Set-1 ve Set-2 ölçümleri sonucu KMA göre HC (ppm) dağılımı	81
Şekil 6.13. Set-1 ve Set-2 ölçümleri sonucu KMA göre CO ₂ (%) dağılımı.....	82
Şekil 6.14. Set-3 v3 Set-4 ölçümleri sonucu KMA göre CO (%) dağılımı	84
Şekil 6.15. Set-3 v3 Set-4 ölçümleri sonucu KMA göre HC (ppm) dağılımı.....	85
Şekil 6.16. Set-1 ve Set-3 ölçümleri sonucu KMA göre CO (%) dağılımı.....	86
Şekil 6.17. Set-2 ve Set-4 ölçümleri sonucu KMA göre CO (%) dağılımı.....	87
Şekil 6.18. Set-1 ve Set-3 ölçümleri sonucu KMA göre HC (ppm) dağılımı	87
Şekil 6.19. Set-2 ve Set-4 ölçümleri sonucu KMA göre HC (ppm) dağılımı	88
Şekil 6.20. Set-2 Set-4 ve Set-6 ölçümleri sonucu KMA göre HC (ppm) dağılımı	89
Şekil 6.21. Set-1 365 KMA ° gaz kromatogramı	94
Şekil 6.22. Set-4 365 KMA ° gaz kromatogramı	95
Şekil 6.23. Set-6 365 KMA ° gaz kromatogramı	96

Şekil 6.24. Set-1 KMA'larına göre silindir-içi % C ₁ -C ₆ dağılımı.....	97
Şekil 6.25. Set-7 KMA'larına göre silindir-içi % C ₁ -C ₆ dağılımı.....	97
Şekil 6.26. Set-4 KMA'larına göre silindir-içi % C ₁ -C ₆ dağılımı.....	98
Şekil 6.27. Set-6 KMA'larına göre silindir-içi % C ₁ -C ₆ dağılımı.....	99
Şekil 6.28. Set-6 için C ₁ ve C ₆ 'nın KMA'larına göre % dağılımı	100
Şekil 6.29. Set-1 için C ₁ ve C ₆ 'nın KMA'larına göre % dağılımı	101
Şekil 6.30. Set-4 için C ₁ ve C ₆ 'nın KMA'larına göre % dağılımı	102
Şekil 6.31. Set-7 için C ₁ ve C ₆ 'nın KMA'larına göre % dağılımı	102
Şekil 6.32. Set-1 ve Set-2'nin toplam C ₁ -C ₆ (ml) dağılımının karşılaştırılması ...	103
Şekil 6.33. Sıkıştırma oranının toplam C ₁ -C ₆ (ml) dağılımına etkisi.....	104

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1. Ricardo Motorunun önden ve arkadan görünümü.....	44
Resim 6.2. Montajı tamamlanmış slit disk ve foto-elektrik uyarıcı.....	45
Resim 6.3. Yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi gövde görünümü	47
Resim 6.4. Yüksek hızlı gaz örnekleme valfi görünümü.....	48
Resim 6.5. Yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi	52
Resim 6.6. Motora montajı yapılmış olan örnekleme valfi.....	67
Resim 6.7. Bağlantıları tamamlanmış olan deney düzeneği görünümü.....	71
Resim 6.8. C ₁ -C ₆ analizi için kullanılan GC-FID cihazı.....	90
Resim 6.9. Örnekleme öncesi kullanılan filtre ve biriktirme kavanozları.....	91
Resim 6.10. Örnekleme öncesi kullanılan filtre düzeneği	92
Resim 6.11. Gaz örneklemenin yapıldığı cam tüpler	92

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
BP	Mil gücü
bsfc	Mil özgül yakıt tüketimi
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
F	Kuvvet
HC	Hidrokarbon
H₂O	Su buharı
m_f	Kütleli yakıt debisi
N	Motor devir sayısı
N₂	Azot
NO_x	Azotoksitler
O₂	Oksijen
Pb	Kurşun bileşikler
r	Sıkıştırma oranı
SO₂	Kükürtdioksit
T	Tork
V_f	Hacimsel yakıt tüketimi
Q_c	Yakıt alt ısı değeri
ρ_f	Yakıtın yoğunluğu
λ	Hava fazlalık katsayısı
η_B	Mil verimi

Kısaltmalar**Açıklama****AA**

Ateşleme avansı

FID

Alev iyonizasyon dedektörü

FRFID

Yüksek cevaplı Alev iyonizasyon dedektörü

GC

Gaz kromatografisi

HFK

Hava fazlalık katsayısı

LDV

Lazer doppler hız ölçeri

LPG

Sıvılaştırılmış petrol gazı

LIF

Lazer Flüorışı teknolojisi

1. GİRİŞ

Sanayi ve teknolojideki gelişmeler, sayıları hergün artan endüstriyel kuruluşlar ve motorlu taşıtlar bir yandan insan yaşamını kolaylaştırırken, diğer yandan çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir. Kentsel hava kirliliğinin başlıca kaynakları buji ateşlemeli ve dizel yani içten yanmalı motorlardır. Günümüzde içten yanmalı motorlar, hava kalitesini dikakate alacak şekilde dizayn edilmektedir. Böylece şehirlerdeki hava kalitesinde artışlar gözlenmeye başlamıştır.

İçten yanmalı motorlarda yanma ve yanma ürünlerinin davranışları çok önemli bir araştırma konusu olmuştur. Silindir içinde meydana gelen yanma olayı motorun ürettiği mekanik gücün tek kaynağıdır. Dolayısı ile yanmanın iyi anlaşılması ve iyileştirilmesi yönünde yapılacak her türlü çalışma literatüre büyük katkı sağlayacaktır. Petrol kaynaklı yakıtların kullanıldığı motorlarda yanmanın yanı sıra yanma sonrası kirlitici etkiler de önemli bir araştırma konusudur. Bu kirliticilerin oluşum mekanizmalarının anlaşılması ve bu kirliticileri azaltıcı yönde yapılan çalışmalar günümüzde de önemini kaybetmeden devam etmektedir.

Yapılan bu tez kapsamında içten yanmalı bir motorda yanma ve yanma boyunca oluşan emisyonlar deneysel olarak incelenerek, ulusal ve uluslararası literatüre bilimsel katkılar sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışma boyunca, motor silindirinden yapılan örnekleme sistemleri konusunda, örnek gaz analiz cihazları ve teknikleri konusunda detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar doğrultusunda bu teze ışık tutan bazı çalışmalardan bahsedilmiştir.

Yapılan bu literatür değerlendirmesinin ardından, içten yanmalı bir motorda yanma ve yanma ürünleri üzerine yapılan araştırmaların önemi ve güncelliği vurgulanmak istenmiştir. Tezin bundan sonraki bölümlerinde sırasıyla; silindir içi gaz örnekleme sistemleri ve gaz analiz teknikleri, içten yanmalı motorlarda yanma ve egzoz emisyonları, devreye alınan yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi, deneysel çalışma ve sonuçları detaylı bir şekilde işlenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

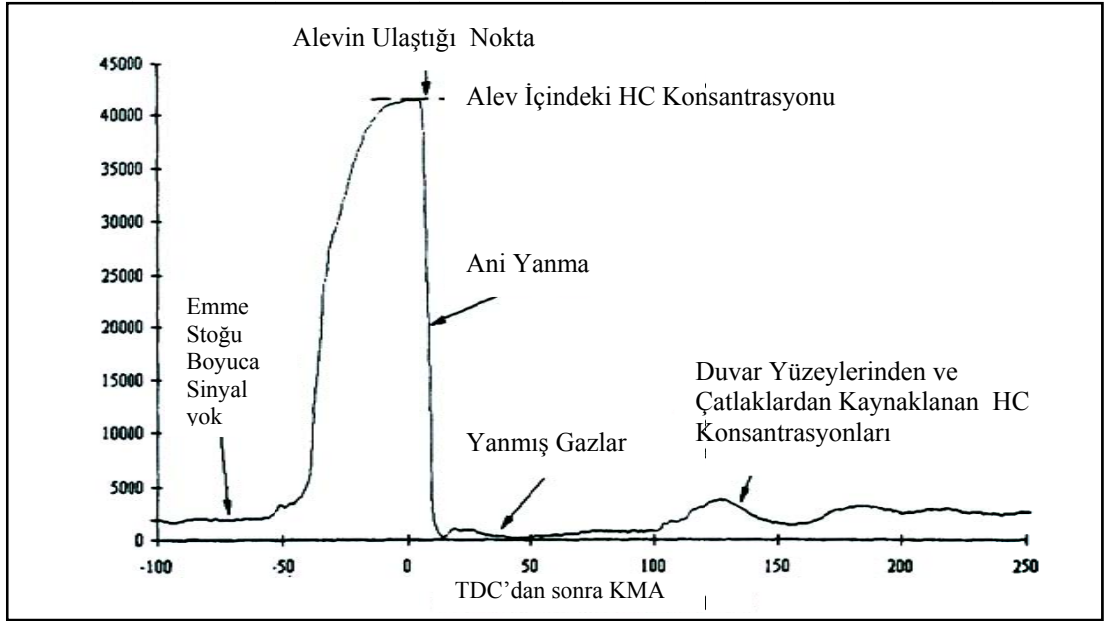
İçten yanmalı motorlardan kaynaklı kirleticilerin azaltılması yönünde yapılan çalışmalar yaygın bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Alternatif yakıt çalışmaları olarak da sınıflandırabileceğimiz bu çalışmalara günümüzde yoğun olarak kullanılan benzinli motorlarda kullanılan LPG uygulamalarını örnek olarak verebiliriz. Buji ateşlemeli, 4 zamanlı bir benzinli motorda LPG ve katalitik konvertör kullanımına yönelik yapılan çalışmada, motor performansı ve egzoz emisyonları incelenmiştir [Dinler, 2001]. Egzoz emisyon davranışlarını belirlemek için yapılan deneylerde, motor 40 dev/s (2400 dev/dak) sabit hızında tutulmuş, motor yükü, yüksüz konumdan tam yüke kadar kademeli olarak değiştirilmiştir. Yapılan araştırmanın ardından LPG ile çalışan motorun torkunun, mil gücünün kurşunsuz benzin ile çalışan motora göre bir miktar düşük olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın katalitik konvertörden sonra CO, HC emisyonları etkili bir şekilde azalırken; NO_x emisyonu kapalı devre katalizör sistemi kullanılmadığından dolayı diğer kirlitici gazlar kadar etkili dönüştürülememiştir.

Egzoz emisyonlarını azaltmak için yapılan alternatif yakıt araştırmalarına bir örnek de kurşunsuz benzine çeşitli oranlarda Metil Tersiyer Bütil Eter (MTBE) katkısı yapılarak egzoz emisyonlarındaki azalmanın tespit edildiği bir çalışmadır [Karaaslan ve ark., 2007]. Oksijenat olarak bilinen bu katkı maddeleri ile yapılan bir çok çalışma literatürdeki yerini almıştır. Bu çalışmada kurşunsuz benzine %5,-%10,-%15 hacimsel oranlarında MTBE katılarak motor çeşitli yük konumlarında çalıştırılarak egzoz emisyon analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak motor performans ve egzoz emisyonları üzerinde %10 MTBE hacimsel oranlı karışımın olumlu etkileri detayları ile grafikler halinde sunulmuştur. Benzer bir çalışma da aynı katkı maddesinin %2 oranında bir dizel motorunda kullanılmasının performan üzerindeki etkilerini incelemek için yapılmıştır [Bilgin ve ark., 2001]. Sıkıştırma oranının değerlendirme parametresi olarak kullanıldığı bu çalışmada da motor performans karakteristiklerindeki artışlar detaylı olarak sunulmuştur. Dublin şehrinde gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise, altı hafta boyunca yol kenarında biriken hidrokarbon konsantrasyonu saatlik periyotlarla ölçülerek kayıt altına alınmıştır

[Broderick ve Marnane, 2002]. Motor kaynaklı kirleticiler kapsamında yapılan bu çalışma çerçevesinde, tipik kurşunlu ve kurşunsuz benzin HC konsantrasyonları hesaplanarak taşıtlarda kullanılmıştır. Yakıt içindeki HC konsantrasyonu ile çevre üzerindeki HC konsantrasyonları karşılaştırılarak aralarındaki ilişki incelenmiştir. Çevre ve yakıt HC konsantrasyonları arasında genel olarak kuvvetli bir bağıntı kurulabilsede yakıt içinde bulunmayan ve yanma ürünü olarak ortaya çıkan bileşikler çevre üzerinde görülmeye başlanmıştır.

Kullanılan yakıtın motor çıkışındaki HC emisyonuna etkisine dikkat çekmek için yapılan bir diğer çalışmada ise tek silindirli bir motor kullanılmıştır [Huang ve ark., 1997]. Motorda sırasıyla hexane-benzin ve xylene-benzin karışımları yakıt olarak kullanılarak toplam HC değerleri FID kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, hexane-benzin karışımı yakıt olarak kullanıldığında benzine göre daha düşük HC emisyon değerleri vermiştir. Buna karşılık yakıt olarak xylene-benzin karışımı ise benzine oranla motorda kullanıldığında daha yüksek HC emisyon değerleri vermiştir. Yapılan bu araştırma sonunda silindir içinde kalan yakıt kaynaklı yanmamış hidrokarbon değerlerinin, kullanılan yakıtın difüzyon sabiti, damıtma sıcaklığı ve Henry's sabiti parametreleri ile doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmiştir.

İçten yanmalı motorlarda zamana bağlı hidrokarbon ölçümlerinde hızlı tepkili alev iyonizasyon dedektörünün kullanılması (FRFID) çok yaygın bir hale gelmiştir [Cheng ve ark., 1998]. Cambridge Üniversitesinde yapılan bu çalışmada, FID'nin karakteristik özellikleri ve deneysel tecrübeler detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca silindir içinden ve egzozdan yapılan örnekleme sistemleri ve onların performanslarına da detaylı olarak değinilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde silindir içinden örnekleme yapan tipik bir FRFID için HC sinyalleri Şekil 2.1 'de gösterilmiştir [Cheng ve ark., 1998].



Şekil 2.1. Silindir içi örnekleme yapan tipik FFID sinyalleri [Cheng ve ark., 1998]

Şekil 2.1 soldan itibaren takip edilirse düşük sinyal değerleri görülmektedir. Bunun sebebi bir önceki çevrimden yanmış gaz konsantrasyonlarıdır. Ardından silindir içine giren taze karışım ard gazlarla birleşerek sinyallerde bir sıçrama gerçekleştirmiştir. Sıkıştırma stroğunun sonunda yani silindir basıncı maksimum sıkıştırma basıncı değerine ulaştığında FFID hızlı cevaplar vermeye başlamıştır. Alevin yakıt hava karışımına ulaştığı anla birlikte sinyaller hızlı bir şekilde düşmüş ve yanma işlemi tamamlanmıştır. Çevrimin geri kalan bölümünde hareket halinde olan sinyallerin okuduğu değerler ise ard alev, mikro çatlaklar ve yağ filmi kaynaklı HC değerlerini ifade etmektedir. Chenk ve arkadaşlarının yaptığı çalışmanın sonunda motor yakıtı olarak normalize edilmiş n-heptan kullanımının ardından farklı HC komponentleri ve FID cevap zamanları (response time) Şekil 2.2 'de verilmiştir.

Aile	Komponent	Moleküldeki Karbon	Cevap Zam.
Alkanes	methane	1	1.02
	methane	1	0.9
	ethane	2	1.98
	ethane	2	1.89
	propane	3	2.98
	propane	3	2.84
	<i>n</i> -butane	4	3.78
	2-M propane	4	3.78
	<i>n</i> -pentane	5	4.94
	<i>n</i> -pentane	5	5.24
	2-M butane	5	5.29
	iso-pentane	5	4.69
	<i>n</i> -hexane	6	5.98
	<i>n</i> -hexane	6	6.20
	2-3-dM butane	6	6.20
	2-2-dM-butane	6	6.13
	3-M-pentane	6	6.26
	2-M-pentane	6	6.32
	<i>n</i> -heptane	7	7.00
	2-3-dM-pentane	7	6.93
	2-M-hexane	7	7.14
	3-M-hexane	7	7.14
	2,2-dM pentane	7	7.14
	2,4-dM pentane	7	7.14
	3,3-dM pentane	7	7.21
Cyclo alkanes	<i>n</i> -octane	8	7.98
	2-2-4-tM-pentane	8	7.82
	2M-3E-pentane	8	7.9
	2-3-dM-hexane	8	8.78
	<i>n</i> -nonane	9	8.60
	2,3,5-tM hexane	9	8.69
	2,2-dM heptane	9	8.87
	2,4-dM-3E pentane	9	9.05
	2,4,4-tM hexane	9	10.09
	2,2,3,3-tetraM-hexane	10	9.94
	2,2,4,5-tetraM-hexane	10	9.84
	3,3,5-triM-heptane	10	11.6
Alkenes	<i>n</i> -dodecane	12	2.93
	cyclo-propane	3	4.73
	cyclo-pentane	5	5.93
	methylcyclopentane	6	5.58
Alkynes	methylcyclopentane	6	6.04
	cyclo-hexane	6	5.58
	cyclo-hexane	6	5.61
	cyclo-hexene	6	2.58
Aromatics	ethylene	2	2.88
	propylene	3	5.76
	2-methyl-pentene	6	5.61
	acetylene	2	5.95
	benzene	6	7.05
	toluene	7	7.42
	<i>p</i> -xylene	8	7.56
	<i>o</i> -xylene	8	7.8
Alcohols	<i>m</i> -xylene	8	7.71
	Cumene	9	9.20
	<i>t</i> -B benzene	10	9.56
Ethers	di-ethyl-ether	4	3
	di-isopropyl-ether	6	5.01
Ketones	acetone	3	2.06
	2-butanone	4	3.16
Aldehyde	<i>n</i> -butanal	4	3.13
	iso-butyraldehyde	4	2.83
	<i>n</i> -heptanal	7	6.33
	<i>n</i> -octanal	8	7.08
Esthers	<i>n</i> -decanal	10	8.94
	ethyl formate	3	2.06
	methyl acetate	3	2.05
	propyl formate	4	3.02
	ethyl acetate	4	2.49
	ethyl acetate	4	3.0
	<i>n</i> -propyl formate	5	3.97
	<i>n</i> -butyle formate	5	3.97
	<i>n</i> -propyl acetate	5	3.75
	<i>n</i> -propyl acetate	5	3.95
	<i>n</i> -butyl acetate	6	5.05
	isobutyl acetate	6	4.76
Alcohols	methanol	1	0.75
	methanol	1	.5
	ethanol	2	1.7
	ethanol	2	1.5
	<i>n</i> -propanol	3	2.56
	<i>n</i> -propanol	3	2.5
	iso-propyl alcohol	3	2.2
	<i>n</i> -buthanol	4	3.56
	iso-butyl alcohol	4	3.59
	sec-butyl alcohol	4	3.36
	tert-butyl alcohol	4	3.78
	<i>n</i> -hexanol	6	5.36
	<i>n</i> -octanol	8	7.8
	<i>n</i> -decanol	10	9.4

Şekil 2.2. *n*-heptan kullanımında HC komponenteleri ve FID cevap zamanları [Cheng ve ark., 1998]

Düşük işletme koşullarında çalıştırılan içten yanmalı bir motorda, alev yayılımı ile hidrokarbon emisyonları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için önemli bir çalışma yapılmıştır [Hadjiconstantinou ve ark., 1996]. Bu çalışmada temel olarak çok düşük işletme koşullarında çalışan buji ateşlemeli bir motorun HC emisyonları incelenmiştir. Deneyler en yüksek HC değerlerinin oluştuğu çevrimde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yeni geliştirilmiş olan conta başlı iyonizasyon probu kullanılmıştır. HC emisyonları yüksek hızlı alev iyonizasyon dedektörü kullanılarak (FRFID) analiz edilmiştir. Yapılan araştırmanın ardından hava/yakıt oranının (λ) 1.4' e yakın olduğu durumlarda, bir çevrim için oluşan HC emisyonunun o çevrimdeki maksimum basınç ve ortalama efektif basınç (IMEP) değerleri arasında bir ilişki kurulabildiği ifade edilmektedir. Bu ilişkinin varlığından yola çıkarak bu çalışma koşulları etrafında ard-alev kaynaklı oksidasyon başlangıcının önemli olmadığı vurgulanmıştır. Hava/yakıt oranının 1.4'den büyük olduğu durumlarda çok yüksek HC emisyonları gözlenmeye başlanmıştır. Zayıf veya kısmi yanmanın neden olduğu bu yüksek hidrokarbon emisyon oluşumları iki neden ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bunlar kullanılan yakıtın HC profili ve alev ilerleme karakteri olarak ifade edilmiştir. Temel nedenin, çevrimdeki yavaş yanma nedeni ile silindir içindeki yakıt hava karışımının oksidasyonunun (yanmasının) egzoz subabı açana kadar tamamlanamıyor olması şeklinde açıklanmıştır. İşletme koşulları düşük konumdan çıkarılarak motor normal yüklerde çalıştırılmıştır. Benzer şekilde yüksek HC değerlerinin gözlemlendiği bu deney sonuçlarının nedeni ise, normal yanmanın gerçekleştiği motor şartlarında bile alev ilerlemesinin silindir içinde yayılımını tamamlaması, ancak yanmamış lokal dolgulara ulaşmadan yanma stroğunun tamamlanması olarak açıklanmıştır. Silindir içi, çözünen HC ölçümlerinde yüksek alev iyonizasyon dedektörünün kullanılması ile ilgili West London Üniversitesi'nde bir çalışma yapılmıştır [Ladommatos, 1992]. Bu çalışmada da benzer şekilde buji ateşlemeli bir motorda HC seviyelerinin tespiti için FID kullanılmıştır. Kurulan sistem, HC seviyelerinin motorun her bir çevrimi için ölçülebilecek şekilde çalışmaktadır. Yapılan deneylerin ardından HC seviyelerinin nedenleri ile ilgili şu temel sonuçlara varılmıştır. ‘’ (a) anlık subab açmasının ardından silindir içindeki yakıt/hava oranının salınım göstermesi, (b) motorun düşük yük ve düşük hızlarda çalıştığı durumlarda silindir içinde kalmış yanma artıkları (yanmamış HC) bir başka

değişle ard gazlar, (c) silindir içinde kalan yanmamış HC'ların yanma üzerindeki etkileri.” Egzoz stroğundaki HC seviyelerinin incelendiği benzer bir çalışmada ise yüksek frekans cevaplı (300 Hz) alev iyonizasyon dedektörü kullanılmıştır. Bu çalışmada egzoz stroğu boyunca anlık HC sevipleri belirlenmeye çalışılmıştır. Deneyler sırasında özellikle stokiyometrik karışım oranları etrafında karakteristik HC sinyallerinin kararlı ve tekrarlanabilir olmasına karşın, fakir karışımlarda bu sinyallerin kararsız ve karmaşık olmaya başlaması vurgulanmıştır [Collings ve Willey 1987]. Yapılan bu tespitler, yapılan bu tez çalışmasının deneyleri sırasında da gözlenen sonuçlardan biridir.

Egzoz kaynaklı HC emisyonlarının fotokimyasal reaksiyonlarda önemli bir rol oynadığı bilinmektedir [Ishizawa ve Lijima, 1996]. Yapılan çalışmalar dikkate alındığında yanmamış HC kaynaklarının; yanma odası üzerindeki soğutucu etki yaratan çatlaklar, yağ tabakaları ve yanma odası üzerinde oluşan tortular olduğu bu çalışmada da vurgulanmıştır. Genişleme ve egzoz stroklarında yüksek hızlı gaz örnekleme teknikleri kullanılarak, yanma odası yüzeyindeki yanmamış HC davranışları incelenmiştir. Yanma odası çerçerindeki HC tabaka kalınlığının tespiti için, örnek gazın hacmi hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında yanma odası yüzeyindeki HC konsantrasyonunun tespiti için iki model önerilmiştir. Modellerden birincisi iki-tabaka modeli ve diğeri de homojen model olarak isimlendirilmiştir. Bu iki model kullanılarak, yanma odası yüzeyinde oluşan HC miktarı yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu oranın egzoz stroğu başlangıcında ve genişleme stroğunda yavaş yavaş arttığı gözlenmiştir [Ishizawa ve Lijima, 1996]. Benzer bir çalışmada ise, HC emisyonu için yanma odası çatlaklarının en önemli kaynaklardan biri olduğu vurgulanmıştır [Alkidas, 1999]. Araştırma kapsamında, piston üst yarık hacminin ve yanma odası çatlaklarının motor HC emisyonundaki ana etki olduğu ifade edilmiştir. Piston tepesine oyuk açmanın veya üst yüzey yüksekliğinin düşürülmesinin ve/veya üst kompresyon segman hacminin azaltılmasının HC emisyonu üzerindeki azaltıcı etkileri değerlendirilmiştir. Buji tapası merkez elektrod yarığının daraltılmasının da HC emisyonunda bir miktar azalma sağlayacağı ifade edilmiştir. Genel olarak, yanma odası çatlaklarından kaynaklı HC emisyon hassasiyetinin silindir içi akış alanı ve yanmadan doğrudan etkilendiği, bu etkinin

kaynağının ise yanmış gaz konsantrasyonlarının çatlaklara yönelen akımlar halinde dolgu yaratması olarak açıklanmıştır. Başka bir çalışmada, enjeksiyonlu benzinli bir motorda soğuk çalışma (ilk çalışma) rejiminde meydana gelen yüksek miktarlardaki egzoz emisyon kaynakları ile ilgili analiz yapılmıştır. Motor çalışma ve ısıtma rejimleri boyunca, HC emisyonuna etkiyen parametreler değişken olarak kullanılarak çevrimsel analizler yapılmıştır. Dört zamanlı V₆, 3.3.1 fabrika çıkışlı motorun her bir silindirin toplam HC değeri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Diğer çalışmalarda da olduğu gibi egzoz çıkışındaki HC emisyonu alev iynizasyon dedektörü kullanılarak analiz edilmiştir ve motorun ilk çalışma anındaki piston ve subap konumlarının yanma HC emisyonu üzerindeki etkileri sorgulanmıştır. İlk 120 çevrim boyunca enjekte edilen yakıt, yanan yakıt ve egzoz olarak atılan yanma ürün miktarları hesaplanmıştır. İlk çalışma rejimi için ortaya çıkan HC emisyonlarını azaltıcı yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir [Henein, 1999].

Tek silindirli buji ateşlemeli bir motor, karter yağı ile karışmış motor yakıtının HC emisyonları üzerindeki etkisini incelemek amacı ile çalıştırılmıştır [Kaiser ve ark., 1997]. Karterdeki yağ sızıntılarının HC emisyonu üzerindeki etkisini incelemek üzere karter yağ hacmi tasarım değerlerinden daha büyük tutulmuştur. Böylece yağlama sırasındaki daldırma ve boşaltma zamanları daha uzun sürmektedir. Motor ilk olarak yakıt akışı olmadan 0.43 bar MEP gücü için 1500 dev/dk da 90° yağ sıcaklığı ile çalıştırılmıştır. Egzoz çıkışındaki HC konsantrasyonları sürekli olarak GC-FID kullanılarak ölçülmüştür. Bu çalışma koşullarında 150 ppm toplam HC değeri ölçülmüştür. Ölçülen HC emisyonunun içeriği, benzinin içinde yer alan uçuculuğu düşük yapılardan daha ağır olduğu gözlenmiştir. Uçuculuğu yüksek bileşenlere rastlanmamıştır. Ardından motor yakıt olarak isooctane kullanılarak aynı şartlar için çalıştırılmıştır. Motor çıkışındaki toplam HC değeri 2300 ppm olarak kaydedilmiştir. Ağır bileşenlerin hala gözlemlendiği ifade edilirken, bu değer yaklaşık 5.5 ± 1 değerindeki bir faktörle motor çalıştıkça azaldığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, egzoz çıkışındaki toplam HC emisyonuna karter yağından kaynaklı etki, sürekli çalışma şartlarında tam ısınmış benzinli bir motor için $1.5 \pm 0.5\%$ olarak ifade edilmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada yağ filminin yanmamış hidrokarbon emisyonu üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir [Ishizawa ve Takagi, 1986].

Piston üzerinde yer alan ve serbest hareket halinde olan yağlama segmanı ve yakıt etkileşiminin yanmamış HC değerlerine etkisi incelenmiştir. Yakıt buharının silindir üzerindeki yağ filmi ile absorpsiyonu ile meydana gelen etki, toplam yanmamış HC değerinin %25-30 civarında olduğunu göstermiştir. Bu çalışma kapsamında yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi kullanılarak, motorun yanma, genişleme ve egzoz stroklarındaki yanma ürünleri ve yanmamış HC'lar analiz edilmiştir. Segman yarıklarından ve yağ filminden kaynaklı HC oluşumları ile ilgili sadece deneysel çalışmalar yapılmamaktadır. Bunlara örnek olarak sayısal bir yaklaşımla Uludağ Üniversitesinde bir araştırma yapılmıştır [Karamangil ve ark., 2004]. Zamana bağlı gaz konsantrasyonları Simplest yanma reaksiyon kabulleri yapılarak hesaplanmıştır. Yanma oranları için kosinüs kanunu kullanılarak yanma teorik yanma olacak şekilde ($\lambda=1$) çalışma tamamlanmıştır.

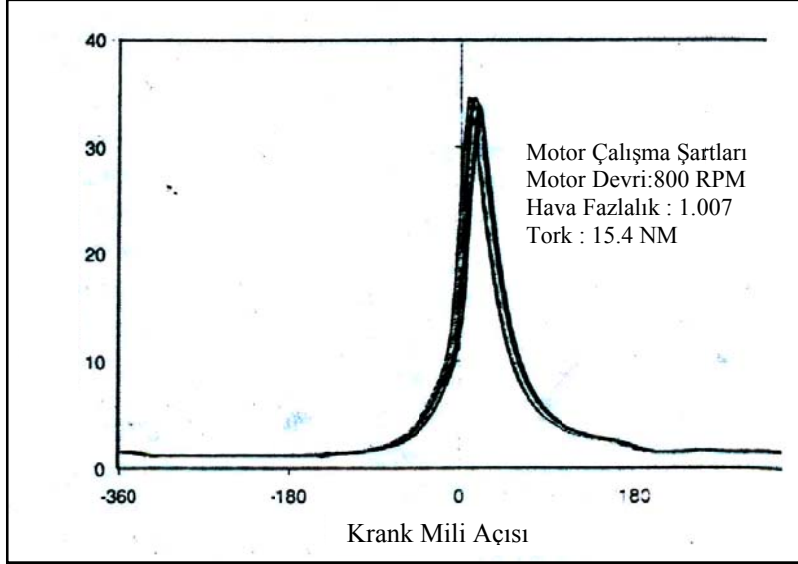
Lazer Flüorışı teknolojisi (Laser Induced Fluorescence-LIF) kullanılarak yapılan bir başka çalışmada ise iki zamanlı bir motorda kısa devre (short-circuit) kaynaklı ve eksik yanma kaynaklı egzoz gazı oluşumları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yapılan incelemede LDV (Laser Doppler Velocimeters) iki zirve (peak) yapmıştır. Yapılan spektral analizin ardından bu zirvelerden birincisinin eksik yanma kaynaklı ve diğerinin ise kısa-devre kaynaklı olduğu ifade edilmiştir. elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda, iki zamanlı bir motorda iki egzoz fazının olduğu görüşü ile, bu fazlardan birincisinde yanma ürünlerinin ikincisinde ise yanmamış yakıtın dışarı atıldığı vurgulanmıştır. Sonuç olarak; kısa devre kaynaklı emisyonların önüne geçmek için cup-tipi silindirlerin parmak tipi silindirlere nazaran daha kullanışlı olduğu ifade edilmiştir [Andersson ve ark., 1996]. Direkt enjeksiyonlu benzinli bir motorda HC emisyonlarını azaltıcı gelişmiş teşhislerin yer aldığı bir motor kullanılmıştır. Bu çalışma iki zamanlı direkt enjeksiyonlu bir motordaki HC miktarı ve kaynakları ile ilgili çeşitli gelişmiş uygulamalar özetlenmiştir. Çalışma boyunca iki boyutlu (tek çevrim) ve çoklu çevrimli (yeniden yapılandırılmış üç boyutlu) LIF kullanılmıştır. LIF aracılığı ile; kademeli dolgu yükü için, yakıtın ateşleme anındaki karakteri görüntülenmiş, eksik yanmanın ve ateş alamama problemlerinin temel nedeni olan kıvılcım boşluklarına dolan yakıt konsantrasyonlarının çevrimsel farklılıklar ile tanımlanmasının sağlanması ve yakıt buharı içinde bulunan, yanma

için zayıf olan yakıt hava karışım bölgelerinin ortaya çıkarılması gibi işlemlerin gözlenmesi sağlanmıştır. Motorda çevrimden çevrime görülen farklılıklar, sıvı yakıt dağılımının, yanmanın ve egzoz HC emisyonlarının ölçülebilen parametrelerinin ardışık çevrimler boyunca sürekli olarak toplanması ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, yüksek hızlı (4000 frame/s) video görseli kullanılarak yakıt püskürtme ve yanma alevi izlenmiştir. Bu görselle eş zamanlı olarak FRFID kullanılarak egzoz HC örneklemeleri yapılmıştır. Çalışmanın çarpıcı sonuçları grafikler halinde sunulmuştur [Drake ve ark., 1996].

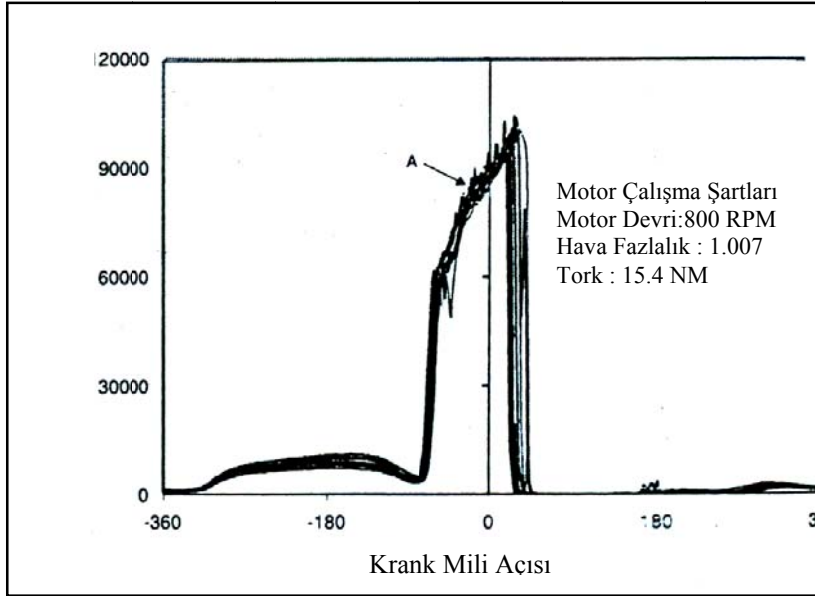
Yüksek hızlı FID örnekleme tekniğinin gelişmesi ile birlikte, buji ateşlemeli bir motorda piston hareket halinde iken silindirin üst noktasından gaz örnekleme ve analizi çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Genişleme stroğu boyunca silindir içindeki toplam HC hareketini ve silindir duvar yüzeyinde biriken HC değerlerini incelemek amacı ile çalışmalar yapılmıştır [Peckham ve Collings, 1992-1993]. Numune almak için piston kafasına esnek gaz alma probu yerleştirilmiş ve alınan gaz numuneleri direkt olarak hızlı FID (Fast Response Ionization Detector) cihazına gönderilerek HC konsantrasyon dağılımları piston kafasının çeşitli noktalarında anlık olarak belirlenmiştir. İnceleme boyunca silindir yüzeyinden, egzoz manifoldundan ve egzoz subabının çeşitli şartlarında ölçümler alınmıştır.

Toronto Üniversitesinde yapılan bir çalışmada, yanma evresi boyunca silindir içi anlık hidrokarbon (HC) konsantrasyonlarının incelendiği bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada doğal gazla çalışan buji ateşlemeli bir motorda, silindir içi ve egzoz çıkışındaki hidrokarbon konsantrasyonları incelenmiştir. Ölçümler Cambustion HFR 400 marka, hızlı cevaplı alev iyonizasyon dedektörü (FRFID) kullanılarak yapılmıştır. Hidrokarbon oluşum mekanizmasını daha iyi anlayabilmek adına, farklı motor çalışma şartları için alev ilerleme süresi boyunca alınan HC ve egzoz çıkışından alınan HC değerleri mukayese edilmiştir [Liu ve Wallace, 1999]. Yakıt olarak doğal gazın kullanıldığı deneylerde (ana kompozisyon 95% metan, 2.6% etan ve 1.7% nitrojen) motor soğutucu akışkanı 100 °C de ve motor yağı sıcaklığı da 55 ±1 °C de tutulmuş, toplanan tüm veriler Matlap kullanılarak düzenlenmiştir. Yapılan çalışmanın önemli olan sonuçlarından bahsetmek gerekirse; Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 ‘de

birbirini takip eden 20 çevrim için silindir içindeki HC ve basınç değişimleri görülmektedir.



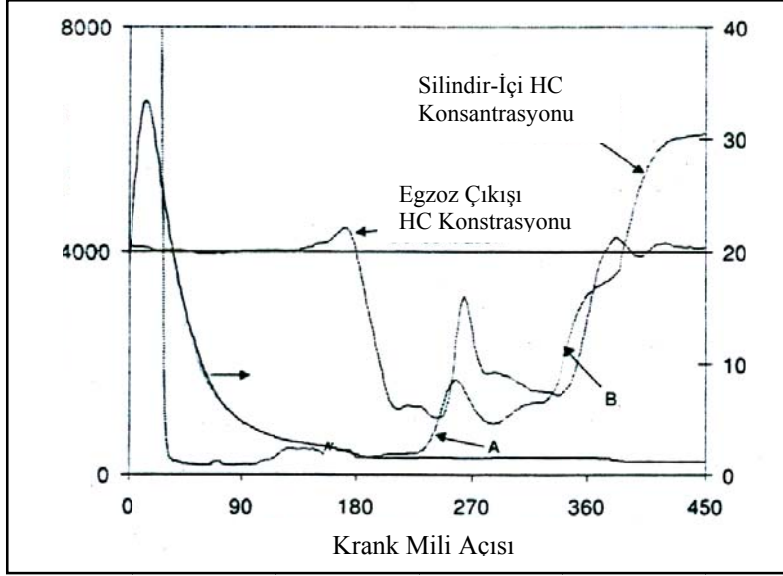
Şekil 2.3. 20 çevrim için silindir içi basınç değişim grafiği [Liu ve Wallace, 1999]



Şekil 2.4. 20 çevrim için silindir içi toplam HC değişim grafiği [Liu ve Wallace, 1999]

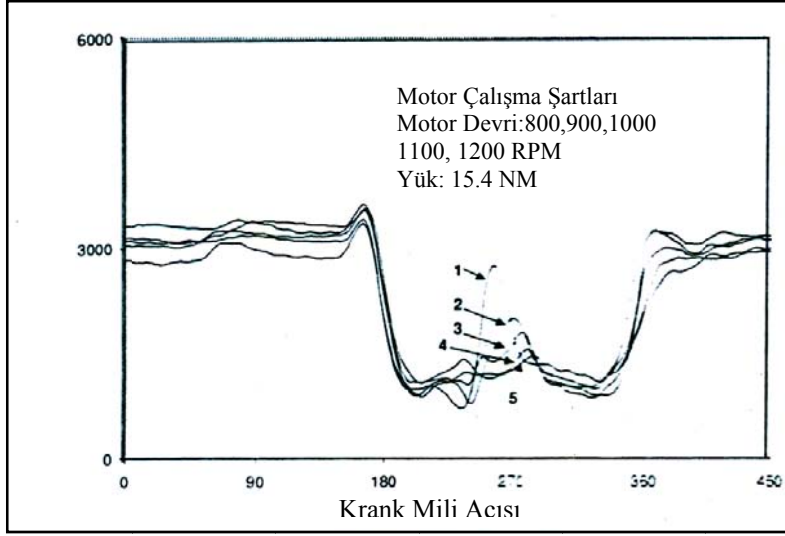
Çevrimsel değişikliklerden ötürü motor silindiri içindeki HC değişiminin bu değişikliklerden nasıl etkilendiği açıkça görülmektedir. Grafikten de görülebileceği gibi

alev hattının FRFID örnekleme probunun ucuna ulaşması ile birlikte HC seviyesinde (konsantrasyonunda) keskin bir düşüş gerçekleşmiştir. Çalışmanın bir diğer sonucu silindir içindeki ve egzoz hattındaki HC konsantrasyonları ile ilgili yapılan değerlendirmedir. Bu değerlendirme Şekil 2.5 'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 2.5. Silindir içindeki ve egzoz çıkış hattındaki HC konsantrasyonları [Liu ve Wallace, 1999]

Şekil 2.5 'den de görülebileceği gibi yanma işlemi sonlandığı halde silindir içindeki HC konsantrasyonlarında belirli artışlar gözlenmektedir. Bu artışlar, örnekleme probunun egzoz subabının yakınında olması ve subap cidarında meydana gelen HC vorteks hareketliliğinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bu artış grafik üzerinde A ile bölgenmiştir. Benzer şekilde B ile gösterilen bölgedeki artış ise piston üst yüzeyindeki birikintiler ve segman boşluğundaki HC kalıntıları olarak açıklanmıştır. Motor hızının silindir içindeki ve egzoz hattındaki HC konsantrasyonları üzerindeki etkilerinin de incelendiği çalışmanın sonuçları sırasıyla Şekil 2.6 ve Şekil 2.7 'de verilmiştir.

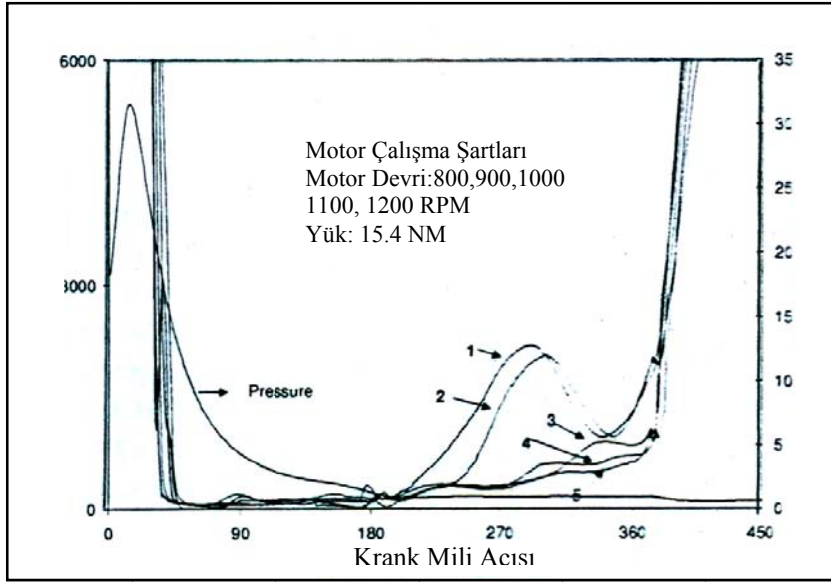


Şekil 2.6. Motor hızının egzoz çıkışındaki HC değerleri üzerindeki etkisi [Liu ve Wallace, 1999]

Grafikten de görülebileceği gibi motor hızındaki değişim sadece silindir içindeki HC konsantrasyonlarını değil egzoz portu üzerindeki HC seviyelerini de etkilemektedir. Egzoz subabı üzerinde oluşan vorteks zamanlaması motor hızından direkt olarak etkilenmektedir.

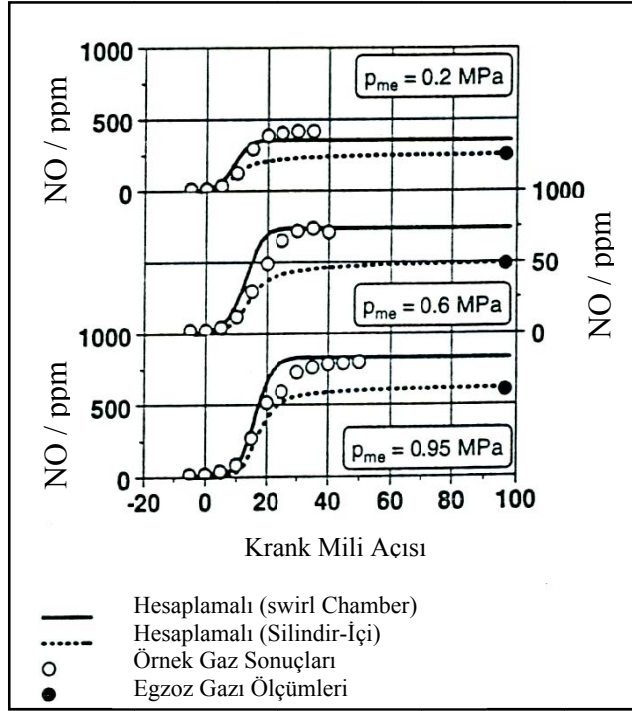
Bu etkileşim, ısıl sınır tabaka üzerindeki hidrokarbonların egzoz subabı cidarında oluşan girdaba homojen bir şekilde dahil olamaması şeklinde açıklanmaktadır.

Bu bölgedeki HC oksidasyonunun tespiti için, girdap içindeki karışım işlemde yığın gaz sıcaklığının da çok önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Motor hızı yüksek olduğunda, daha fazla HC girdap üstünde yüksek sıcaklığa sahip yığın gaz ile karışma şansı bulacak, artan ortalama girdap sıcaklığı ile birlikte girdap içinde okside olan HC miktarının artacağı ifade edilmiştir.

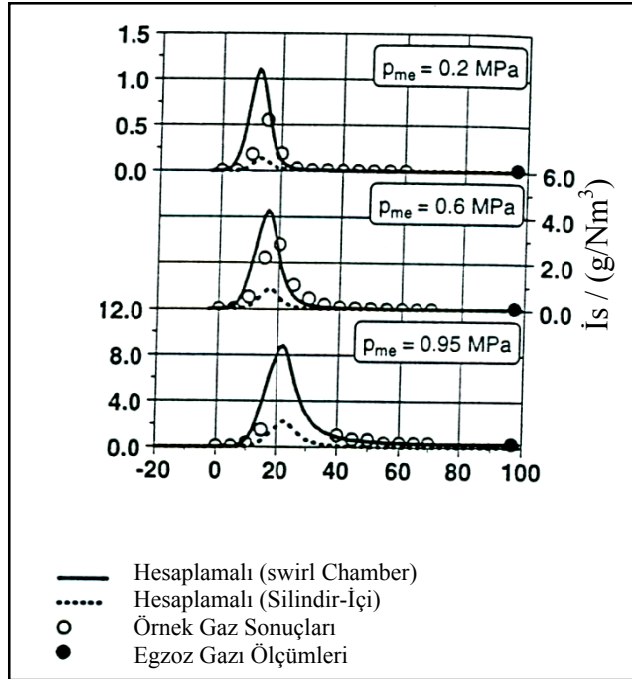


Şekil 2.7. Motor hızının silindir içindeki HC değerleri üzerindeki etkisi [Liu ve Wallace, 1999]

Silindir içindeki HC konsantrasyonlarının, yanmanın gerçekleştiği andan sonra arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış oranlarının birbirinden farklı olduğu grafik üzerinde net bir şekilde görülebilmektedir. Yüksek motor hızları için HC konsantrasyonundaki bu artış daha geç olmakla beraber artış miktarı da daha az olmuştur. Aynı zamanda HC konsantrasyonlarını miktar olarak yorumlamak gerekirse yüksek motor hızları için en düşük zirveler gözlenmiştir. Çalışma kapsamında motor yük konumlarının silindir içindeki ve egzoz hattındaki etkileri de incelenerek detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Dizel motorlardaki NO (Nitrik oksit) ve is oluşumu ile ilgili yapılan bir araştırma da örnek gösterilecek çalışmalardan biridir [Müller ve Zillmer, 1999]. Bu çalışma iki aşamalı yapılmış olup, birinci aşamasında NO ve is oluşumunu tanımlamak adına “İki Bölge” (A two zone) adında bir method geliştirilmiştir. Nitrik oksit oluşumu genişletilmiş Zeldovich mekanizması ile hesaplanmıştır. İs oluşumu için de hareket oran sabitleri literatürde değişim göstermeyen alev hareketli dizel motoru yanmaları için elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise elde edilen hesaplamalar deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Çalışmanın deneysel bölümünde yüksek hızlı gaz örnekleme ve optik ölçüm tekniklerinden faydalanılmıştır. Yapılan bu çalışmanın her iki aşaması için de NO_x ve is oluşumları kıyaslamalı olarak Şekil 2.8 ve Şekil 2.9 ‘da grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 2.8. Hesaplanmış ve ölçülmüş olan NO konsantrasyon profilleri [Müller ve Zillmer, 1999]



Şekil 2.9. Hesaplanmış ve ölçülmüş olan i_s konsantrasyon profilleri [Müller ve Zillmer, 1999]

Zamana bağlı silindir içindeki yanmamış hidrokarbon oluşumlarının nedenlerini araştıran önemli bir başka çalışma da buji ateşlemeli bir motor üzerinde gerçekleştirilmiştir [Weiss ve Keck, 1982]. Buji ile simetrik olarak konumlandırılarak, silindir gmleyi yüzeyinden gaz örnekleri alınabilmesi için iğne tip yüksek hızlı gaz örnekleme valfi kullanılmıştır. Toplam hidrokarbon mol değerleri alev iyonizasyon dedektörü (FID) kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm lmler krank mili açısının bir fonksiyonu olarak ele alınmıştır. Farklı motor çalışma şartları için deneyler tekrarlanarak yanmamış HC oluşum kaynakları sonuçlar halinde sunulmuştur.

3. SİLİNDİR-İÇİ GAZ ÖRNEKLEME VALFLERİ

Yüksek etkili örnekleme valfleri motor teknolojisi için geliştirilmekte olan önemli bir ekipman haline gelmiştir. Örnekleme valfleri, çalışmakta olan bir motorda, yanma odası üzerinden motorun her bir çevrimi için istenilen krank mili açısında örnek alınması sağlayan bir teknolojidir. Örnekleme valflerinin gelişimindeki temel amaç, içten yanmalı bir motordaki yanma fiziğini, kimyasını ve çevreyi kirletici etkilerin oluşum sürecini daha iyi anlaşılabilmesi ve bu süreçte kullanılan önemli bir ekipman olması olmuştur. Günümüz teknolojisinde silindir içinden örnekleme yapan bir valften beklenen özellikler şöyle sıralanabilir.

- Motorun istenen her zamanında etkili bir şekilde örnekleme yapabilmesi,
- Yanma odası yüzeyinde farklı noktalardan örnekleme yapabilmesi,
- Valfin kapalı olduğu konumlardaki gaz sızıntısının minimum olması,
- Özellikle motor çevrimleri arasında silindir içindeki gaz konsantrasyonunun çok çabuk değişiyor olmasından dolayı valf açma kapama süresinin minimum olması, (mümkünse $\leq 1\text{ms}$)
- Örneklemenin yapıldığı sırada, örnek gaz miktarına oranla sönümleyici duvar yüzeylerinden ve yarıklardan kaynaklanan kalıntı miktarların mümkün olduğu kadar az bir hacimde alınması,
- Alınan örnek gazın kimyasal kompozisyonunun değişime uğramasının önüne geçmek için örnek az çok hızlı bir şekilde sönümlenmelidir,
- Valfin yüksek gaz sıcaklığına maruz kalan bölgelerinin özellikle örnek gaza katalitik etki yapmayacak malzemelerden imal edilmiş olması,
- Valfin uzun ömürlü çalışabilecek, kolay montajlanacak, hızlı bir şekilde devreye alınacak ve basitçe bakımının yapılabilinecek şekilde tasarlanması,
- Valfin açma ve kapatma zamanlamalarının kolay bir şekilde kontrol edilebilmesi olarak özetleyebiliriz.

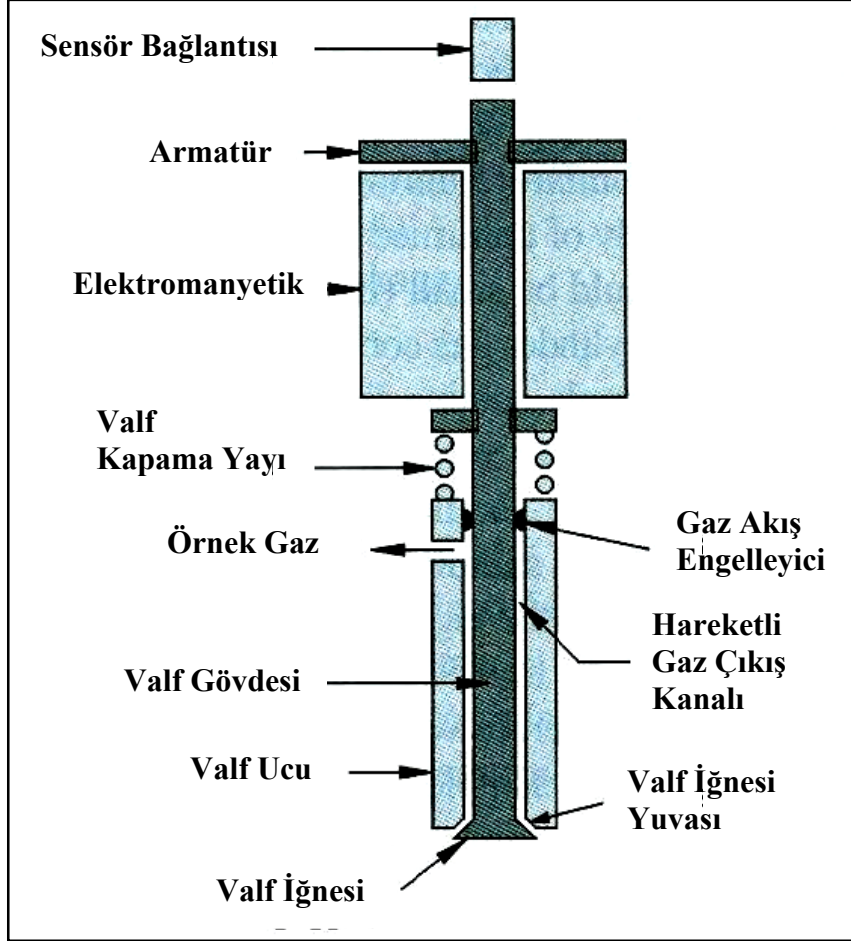
Gaz örnekleme valflerinin tarihçesine bir göz attığımızda, 1927'li yıllarda minik (poppet) tip örnekleme valflerinin kullanıldığı görülmüştür [Zhao ve Ladammatos,

2001]. Kam milinin tahrik ettiği butonlu mekanizmalar vuruntu şartlarında çalışan benzinli bir motorun yanma odasından örnek gaz alınmasını sağlamıştır. 1938 yılına kadar benzinli ve dizel motorlarında mekanik olarak çalışan örnekleme valflerinin kullanımına devam edilmiştir. Bu yıldan sonra bir binek otomobiline kurulumu yapılan ve yanmamış gaz karışımlarının örneklendiği elektromanyetik olarak çalışan gaz örnekleme sistemleri devreye girmiştir. Ardından hidrolik ve elektro hidrolik valflerin kullanımına geçilmiştir. Valf harekete geçme cevaplarına ve yapılarına göre farklı çalışmalar için kullanılmıştır. Bu kullanım şekilleri ve yerleri Ek-1' de sunulmuştur. Örnekleme valflerinin ilk kullanım şekillerindeki temel hedef benzinli ve dizel motorlardaki vuruntu karakterlerinin analizi ve karışım analizi olmuştur. Daha sonraki yıllarda ve günümüzde bu amaç yanma evresi boyunca gerçekleşen mekanizmanın anlaşılır bir ifadeye dönüştürülmesi olmuştur. Günümüzde ise örnekleme valflerinin en temel kullanım nedeni dizel ve benzinli araçlardan kaynaklı, çevreyi kirletici emisyonların azaltılmasına yönelik araştırmaların aranan ekipmanı haline dönüşmüş olmasıdır.

3.1. Tiplerine Göre rnekleme Valflerinin Sınıflandırılması

Genelde kullanılan valf eşitleri şekil 3.1, şekil 3.2 ve şekil 3.3'de verilmiştir. şekil 3.1.'de görülen valf tipine popet tipi veya gezer punta gövde tipi valf denilmektedir. Bu valf tipinde şekilden de görülebileceği gibi valf iğnesi dışarı doğru açılmaktadır. Bu valf tipinde iğnenin yerine oturması için herhangi bir elektromanyetik akım uygulanmasına gerek duyulmamaktadır. Kapanma sırasında bu işlem sıkıştırılmış konumda bulunan geri getirme yayı aracılığı ile yapılmaktadır. Silindir içinde oluşan basınç, valf kapanma işlemi sırasında iğne üzerine etkiyerek kapanma işlemine yardımcı olan bir kuvvet haline gelmektedir. Elektromıknatis zerine akımın uygulanması ile birlikte rotor veya endüvi elektromıknatis tarafından çekilir. Rotorun hareketi ile birlikte valf iğnesi açılır ve gaz örneğinin valf ağzından hareketle çıkış hattından çıkararak örnekleme işleminin tamamlanması sağlanır. Örnekleme işleminin bitmesi ile birlikte elektromıknatisa giden elektrik kesilerek sıkışmış konumdaki geri besleme yayının devreye girmesi sağlanır. Yay ve silindir içindeki basınç aracılığı ile valf iğnesinin kapanması sağlanmış olacaktır. Bu işlemlerin belli bir devirde

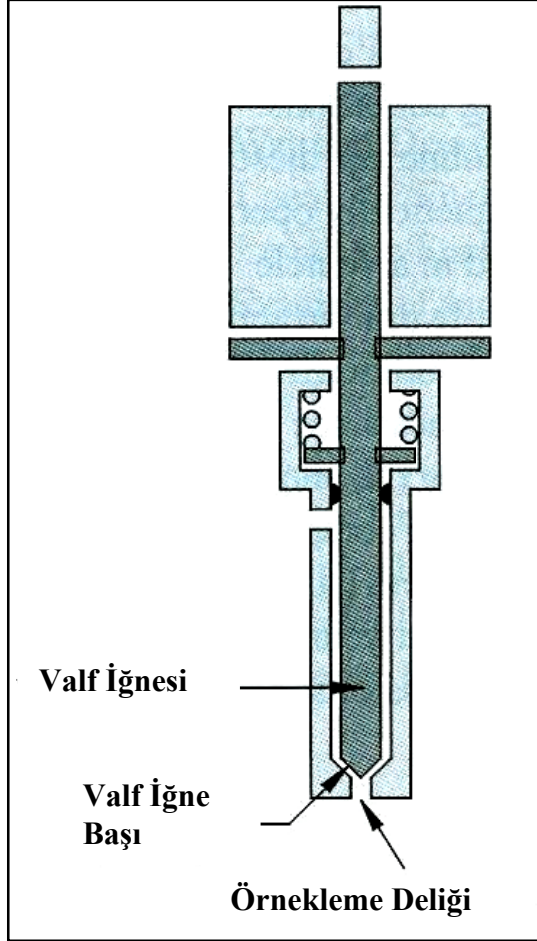
çalışmakta olan bir motora uygulandığı düşünülürse, cevap zamanlarının ne kadar önemli birer parametre olduğu ortaya çıkacaktır.



Şekil 3.1. Popet tip örnekleme valfinin şematik görünümü [Zhao ve Ladammatos, 2001]

Şekil 3.2.'de ise needle tip (içe doğru açılan) örnekleme valfinin şematik yapısı görülmektedir. Çalışma prensibi yukarıda anlatılan poppet tip örnekleme valfi ile benzer bir yapıdadır. Bu iki valfi birbirinden ayıran en önemli özellik ise silindir içinde oluşan basıncın needle tip valf iğnesinin açılması yönünde kullanılıyor olmasıdır. Bu nedenden ötürü needle tip valf tasarımında dikkat edilmesi ve kullanım sırasında kontrol edilmesi gereken iki önemli husus vardır. Bunlardan birincisi, geri çekme yay kuvvetinin motor çalışma şartı ne olursa olsun silindir içinde meydana gelen gaz basıncını yenecek şekilde bir kuvvet depolayabiliyor olması gerekliliğidir.

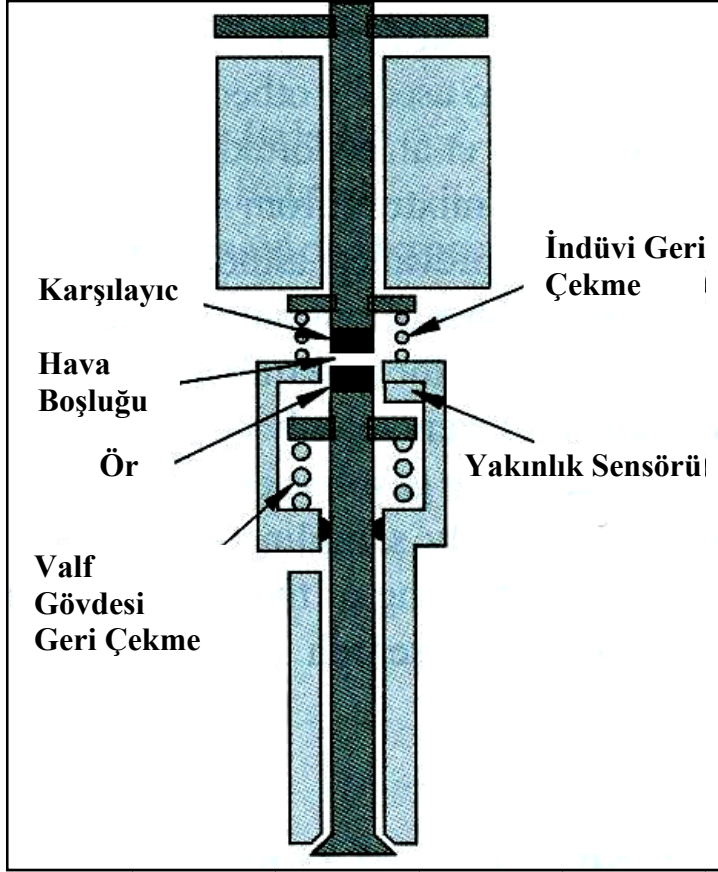
Bir diğ er mesele de gaz basıncının iğnenin yerine oturması ile birlikte valfi sürekli a maya çalışması nedeni ile sızdırmazlıkların çok iyi sağlanması gerekmektedir.



şekil 3.2. Needle tip örnekleme valfinin şematik görünümü [Zhao ve Ladammatos, 2001]

Son olarak, şekil 3.3.'de görülen valfe ise vurmali veya çarpmalı tip (percussion)  rnekleme valfi denilmektedir. Dikkat edildiğinde rotorun vurmali tip valfde popet tipi valfde olduğu gibi rijit bir şekilde gövdeye bağlı olmadığı görülmektedir. Bu yapıda rotor mili ile ana gövde arasında birkaç milimetrelilik bir hava boşluğu olduğu göze çarpmaktadır. Sisteme akım verilmesi ile birlikte, rotor ve vurma (itme) mili birlikte ivmelenmektedir. Hava boşluğunun geçilmesiyle birlikte, itme mili ana gövde sonundaki  rse vurarak iğnenin belli bir miktar açık kalması sağlanmaktadır. Kapanma işlemi sırasında, iğne g   l  bir basınç yayı ile, rotor ve itici mil ise ikinci

bir yay mekanizması ile sağlanmaktadır. Çarpmalı tip valf için ayırt edici ve uygulamaya yönelik bir diğer özellik ise, elektromanyetik mıknatıs etkisinin örnekleme periyodundan daha uzun süre açık kalmaktadır.

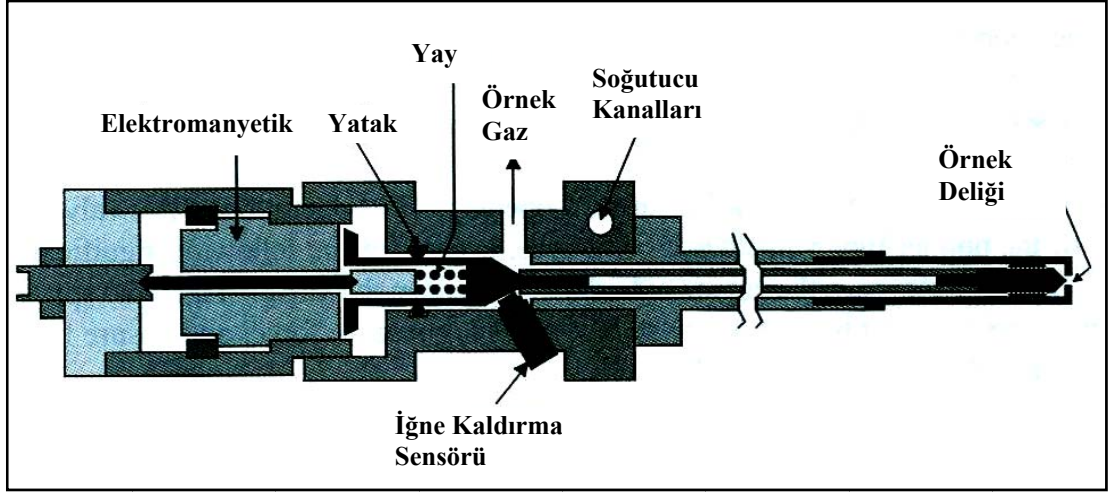


Şekil 3.3. Vurmalı tip örnekleme valfinin şematik görünümü [Zhao ve Ladammatos, 2001]

Vurmalı tip valf prensibi şekil üzerinde dışa açılmalı (needle tip) uygulamalar için anlatılsa da, aynı prensip içe açılmalı popet tip valfler için de uygulanabilmektedir.

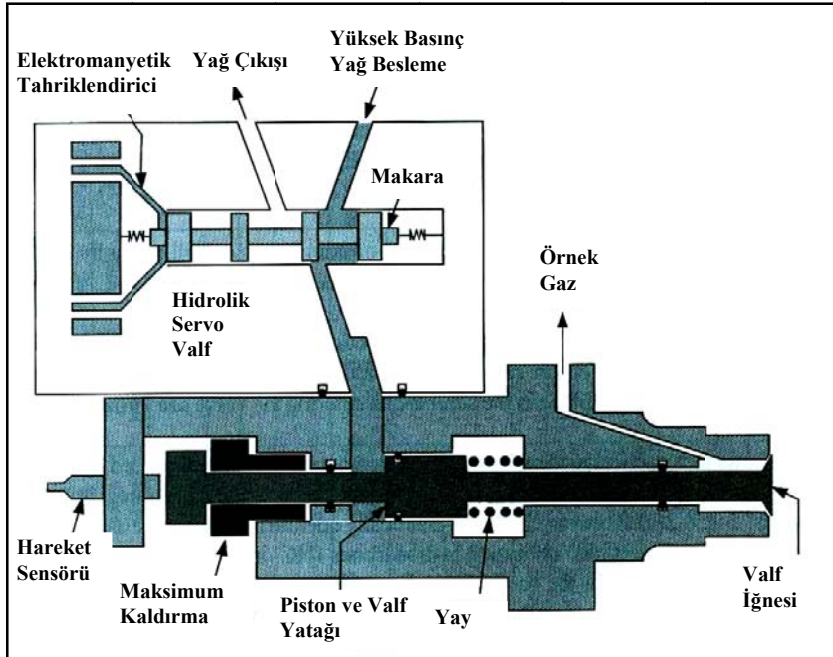
Şekil 3.1-2-3 'de tanımlanmış olan tüm valf tipleri kullanım halinde iken, hareket eden parçalarının izlenebilmesi için takip sensörleri ile birlikte kullanılırlar. Çoğu zaman valfler kullanım halinde iken sıvı veya gaz soğutucular kullanılmaktadır. Bu soğutucu akışkanlar valfin kritik bölgelerinden geçirilerek valfin uzun ömürlü, güvenilir çalışmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bu soğutucuların bir diğer özelliği de alınan örnek gazın valf içinde yüksek sıcaklıktan kaynaklı herhangi bir

kimyasal reaksiyona maruz kalmamasını sağlamaktır. Şekil 3.4 'de uygulamada 1975'de Bennethum tarafından kullanılan elektromanyetik dışa açılmalı needle tip bir örnekleme valfi kullanılmıştır.



Şekil 3.4. İçe açılmalı iğne tip örnekleme valfi [Zhao ve Ladammatos, 2001]

Yanma gazlarının örneklenmesi için kullanılan bu valf tipi hem direkt hem de indirekt enjeksiyonlu dizel motorlarında devreye sokulmuştur.



Şekil 3.5. Dışa açılmalı elektro-hidrolik örnekleme valfi

Şekil 3.5 'de görülen elektro-hidrolik valf ise 1984 yılında LoRusso tarafından bir araştırmada kullanılmıştır. Bu çalışmada, yanma odası yüzeylerindeki yanmamış HC değerlerinin analizi için örnekleme yapılmıştır. Elektro-hidrolik olarak harekete geçirilen bu valf tipinde, valfi açmak için ihtiyaç duyulan kuvvet, valf gövdesi üzerine monte edilmiş olan bir piston üzerinde meydana gelen hidrolik basınç ile sağlanmaktadır. Tahrik sağlayan bu piston üzerindeki yüksek basınç hidrolik yağ kullanılarak sağlanmaktadır. Bu yağ basıncı da elektromanyetik bir bobin sayesinde kontrol edilmektedir.

Yüksek etkili silindir içi örnekleme valflerine alternatif olarak kullanılan bir başka metod da boşaltma (dumping) yöntemidir. Bu tez çalışmasında da uygulanan örnekleme yönteminde kullanılan dumping valfleri, silindir içindeki kompozisyonu istenilen krank mili açısında örnekleme tüplerine doldurmak için kullanılmaktadır. Bu işlem günümüzde 1ms gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Yüksek etkili örnekleme valfleri lokal bölgelerde analiz yapmak için kullanılırken, boşaltma valfleri ise silindir içindeki toplam yanma ürünlerinin eldesi ve analizi için kullanılmaktadır.

3.2. Örnekleme Valfleri için Genel Tasarım Kriterleri

Yanma gazları ile temas halinde olan örnekleme valfi parçaları için bilinen en genel malzeme paslanmaz çeliklerdir. Paslanmaz çelikler bilindiği gibi korozyon dayanımı yüksek ve ısı mukavemetleri iyi olan malzemelerdir. Yumuşak çelikler ve yüksek mukavemetli çelikler de başarılı bir şekilde valf tasarımlarındaki yerini alsada, yüksek sıcaklığa sahip olan koroziv gazlarla temas halinde olunması bu malzemedan imal edilmiş olan valflerin yarı ömürleri ve bakım sürelerinde kısaltmalar meydana getirmektedir. Yaşanan diğer bir problemde, bir dizel motoru üzerinde kullanılan bir örnekleme valfinin uç çevresindeki soğutucu akışkan kanallarında meydana gelen aşınmalardır. BSS EN52 çeliği kullanılarak imal edilmiş olan kanal içerisinde aşınma gerçekleşmiştir. Ayrıca titreşimden ve elektro-kimyasal korozyon kaynaklı oyuklar meydana gelmiştir [Zhao ve Ladammatos, 2001].

Daha önce de bahsedildiği gibi açma-kapama şekillerine göre valfler içe ve dışa doğru olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Valf kapanma işlemi sırasında yapılacak olan bu tercih büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle valf girişinin çevresindeki yarıklar minimum olacak şekilde tasarlanmalıdır. Popet tip valflerin temas yüzeyi yanma odasına paralel olacak şekilde hiçbir boşluk bırakılmadan tasarlanmalıdır. Bunun yanında needle tip valflerde ise her zaman küçük bir boşluk olmaktadır. Elbette bu boşluk minimum düzeyde tutulmaya çalışılmaktadır. Needle tip valfleri tepe çapları çok küçüktür. Bu özellik yanma odasına ulaşmanın zor olduğu durumlarda büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca küçük çap yapısı ile, silindir içindeki yanmanın ve gaz akışının bozulmasını sağlayan dış etkiler minimuma indirilmiş olmaktadır.

Bilindiği gibi valf açma işlemi sırasında, hareket halinde olan tüm valf parçalarının uyumlu bir şekilde çok hızlı ivmelenmeleri gerekmektedir. Bundan dolayı hareket halindeki parçaların ağırlıkları minimum olacak şekilde tasarlanmalıdır. Ağırlıklarda meydana gelen bu azalma aynı zamanda açma kapama kuvvetlerinde ve valf açık iken gereken kontrolün sağlanmasında da kolaylaştırıcı etki sağlamaktadır.

3.3. Valf İşleyişlerinin Elektronik Kontrolü ve İzlenebilirliği

İçten yanmalı bir motorun silindirine bağlanmış olan örnekleme valfinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, valfin motor çevrimi boyunca istenen anda açılması ve valfin örnekleme yaptığı periyot boyunca açık kalmasının sağlanması gerekmektedir. Dolayısıyla, genel itibari ile bu ihtiyaçları karşılayabilecek örnekleme valfi kontrol ünitesi aşağıdaki fonksiyonları yerine getirebilmelidir.

- Valfin motor çevrimleri ile uyumlu çalışabilmesi için, belirli bir motor krank açısını referans alan başlatıcı bir sinyal üretebilmelidir.
- Başlatıcı (uyarıcı) sinyalin ardından, istenilen zamanda valfin açmasını gecikme yaşanmadan sağlayacak olan bir mekanizmanın oluşturulması.
- Valfin istenen periyot boyunca açık kalmasını sağlayacak yolun belirlenmesi.

- Valfin açma zamanı ve açık kalma süresinin izlenebilirliğinin sağlanması olarak özetlenebilir.

Genellikle, örnekleme valfleri motor miline bağlı olan kodlayıcılar sayesinde kontrol edilirler. Mil kodlayıcısı sayesinde her bir çevrim için uyarıcı sinyaller üretilebilir. Herbir krank mili açısını okuyarak sayabilen sistemlerde, motor hızından bağımsız olarak valfin açık kalma zamanının kontrolü kolaylaşmaktadır. Buji ateşlemeli ve dizel motor için yapılan birçok uygulamada, valf motorun herbir çevriminde bir kere açacak şekilde kullanılmak istenmektedir. Yüksek motor devirlerinde valf istenen zamanda açma işlemini gerçekleştirmekde zorlanmaktadır. Bu problem valfi iki veya daha çok çevrimde bir açacak şekilde kullanarak çözülmektedir. Örnekleme valfleri ile elde edilen örnek gazların analiz şekilleri ve uygulamaları bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

4. GAZ ANALİZ TEKNİKLERİ ve GAZ KROMATOĞRAFİSİ

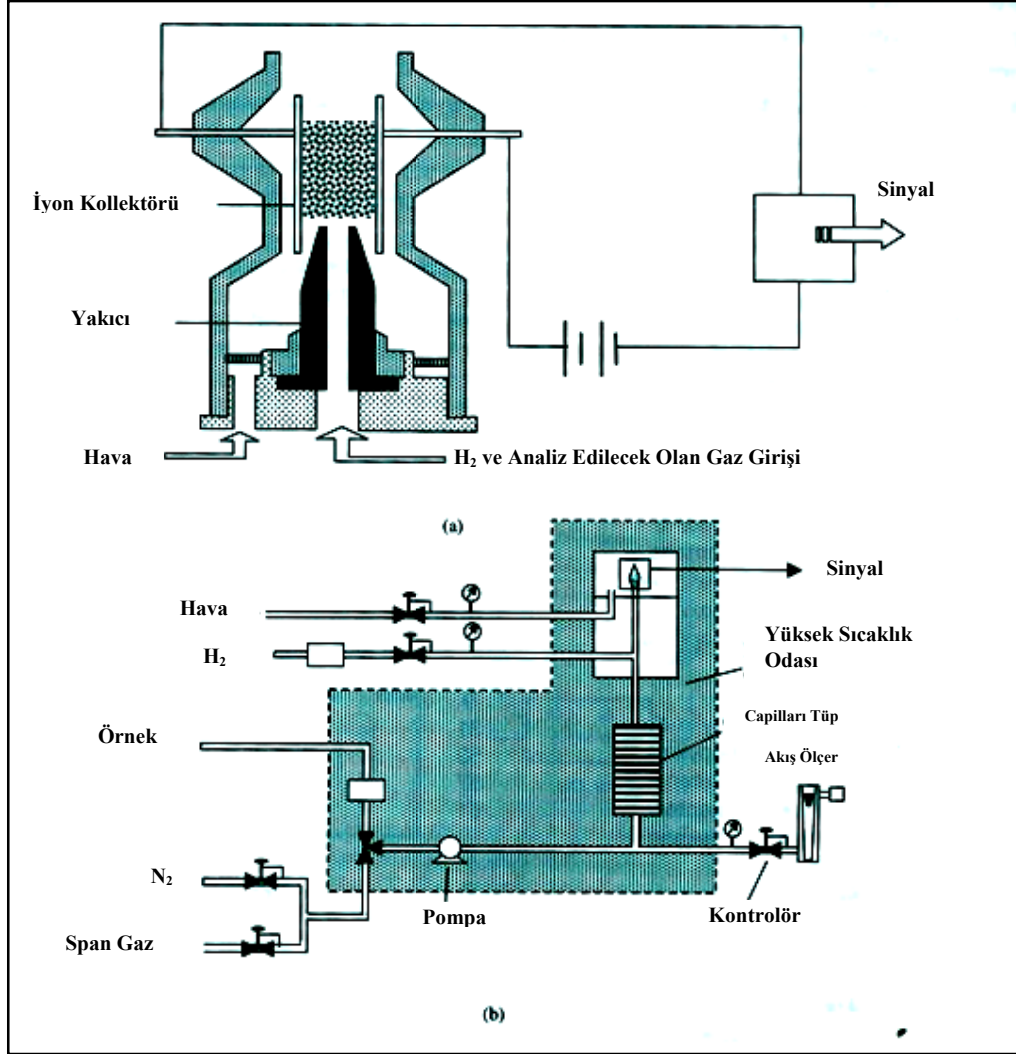
İçten yanmalı motorlarda gaz analiz tekniklerini iki ayrı katagoride değerlendirmek gerekmektedir. Birincisi egzoz gazı analiz uygulamaları ve diğeri ise silindir içi yanma ürünleri ve emisyon oluşum analizleri olarak sıralanabilir. Egzoz gazı analizi sadece getirilen sınırlamalar çerçevesinde değerlendirilmemelidir. Egzoz gazı analizleri motor içinde meydana gelen yanmayı daha iyi kavramamızı sağlayan önemli bir yere sahiptir. İçten yanmalı bir motorda egzoz gazları genel olarak; CO karbonmonoksit, HC yanmamış hidrokarbon, NO_x nitrik oksit, dizel motorlar için partikül ve is olarak ifade edilebilir. Günümüz teknolojisinde egzoz gazı analiz cihazları kullanılarak sonuçlar değerlendirilmektedir. Aynı zamanda bu cihazlar yakıt/hava oranını hesaplayabilmek için CO₂ ve O₂ ölçümleri de yapabilmektedir.

Geliştirilmiş olan özel ölçüm tekniklerinden biraz bahsetmek gerekirse CO ve CO₂ analiz cihazını örnek verebiliriz. Karbonmonoksit ve karbondiyoksit konsantrasyonu ölçümleri için kızılötesi teknikler kullanılmıştır. İşlemin çalışma prensibi temel olarak, ölçümü yapılacak olan bu gazların radyasyonu emme (absorption) miktarları ile belirlenmektedir. Nitrik oksit (NO) ölçümü için kullanılan bir diğer teknik ise kimyasal ışıma tekniğidir. Kemilüminesanas tekniği olarak da anılan bu teknik, elektro-kimyasal olarak uyarılmış bir atomun veya molekülün ışıması olarak basitçe açıklanabilir.

Egzoz emisyonunda ölçümü yapılan bir diğer önemli emisyon ise yanmamış toplam HC değerleridir. Benzer tekniklerin kullanıldığı bu ölçümlerin çıktılarının analizi CO ve CO₂ de olduğu kadar kolay olmamaktadır. Farklı HC yapılarının bir araya gelmesi ve radyasyon emme değerleri arasındaki farklılıklar ölçüm cihazının çıktılarının değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, cihazlar aranan HC komponentleri için örnek kalibrasyon gazları ile kalibre edilmelidir. Bu tip ölçüm cihazları genelde birleştirilmiş taşınabilir cihazlar olur kalitatif ölçümler için kullanılmaktadır.

Dolayısı ile toplam yanmamış HC ölçümleri için tercih edilen teknik FID (alev iyonizasyon dedektör) kullanımı olmuştur. Temel olarak hidrojenin yanması ile elde

edilen alevin içine sürülen HC yapılar kompleks bir işlemin ardından iyon ve elektronlar oluştururlar. Şekil 4.1’de komple FID analiz cihazı ve genişletilmiş yanma odası görünümü şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.1. Yanma odası ile birlikte FID analiz cihazının şematik görünümü [Zhao ve Ladammatos, 2001]

Örnek gaz hidrojenle birleşerek hava içerisinde yakılmaktadır. Yanma işlemi içinde yeni kimyasal formların oluşmaması için saf hava kullanılmaktadır. Cihaz cevapları tamamen örnek gaz akışı ile doğrudan bağlantılı olduğu için, örnek gaz akışı ve H₂ akışının düzenlenmiş olması gerekmektedir. Bunun için, sabit basınçlı bir akış elde edilmeye çalışılır. Kritik akış orifizleri veya capillary tüpleri bu akış düzenleyici

ekipmanlara örnek gösterilebilir. Yaklaşık olarak 100 V luk bir potansiyel elektrodlar arasına uygulanır. Sinyaller zayıf olduğundan okunabilmesi için yükseltici kullanılması gerekmektedir. FID ile HC analizi yapmak için cihazı kalibre etmek gerekmektedir. Basit bir tanımlama ile cihaz nitrojen veya başka bir asal gaz kullanılarak sıfırlanmalı, daha sonra da analizi yapılacak olan içinde bulunma ihtimali olan ve konsantrasyonu bilenen bir HC ile (propan vb.) kalibre edilmektedir.

4.1. Gaz Kromatografisi (GC) ve Alev İyonlaşma Dedektörü (FID)

4.1.1. Gaz Kromatografisi (GC)

Gaz kromatografisi de, öteki kromatografi dallarında olduğu gibi bir karışımda bulunan maddeleri ayırmaya yarar. Gaz kromatografisinde de iki faz vardır;

- Yarıçapı küçük uzun bir boru içine yerleştirilmiş geniş yüzeyli (gözenekli) bir maddeden meydana getirilen sabit faz (kolon)
- Bu sabit faz içindeki geniş yüzeyli (gözenekli dolgu) madde arasından kolay bir şekilde geçen hareketli faz.

Gaz kromatografisinde hareketli faz gazdır ve adını da burdan almaktadır. Sabit fazın yapısına göre gaz kromatografisi ikiye ayrılır.

1. Sabit fazı katı olan gaz-katı kromatografisi.
2. Sabit fazı sıvı olan gaz-sıvı kromatografisi.

Gaz-katı kromatografisi adsorpsiyon prensibine dayandığından elde edilen pikler kuyrukludurlar. Bu kuyruklu piklerin birbirinden ayrıştırılması oldukça güçtür. Bu sebepten ötürü gaz-katı kromatografisi uygulamada çok az kullanılır. Uygulama görülen en yaygın maddeler aktif kömür, alüminyum oksit ve silika jeldir [Turgut, 1999].

Gaz-sıvı kromatografisinde yüzeyi geniş gözenekli katı maddeye özel bir sıvı emdirilir. Bu sıvı, katı maddenin gözenekleri dahil bütün yüzeyine dağılır ve sabit bir

faz gibi davranır. Hareketli olan gaz fazı bu fazın içinden rahatlıkla geçer. Bu gaz kromatografi çeşidinde etkin olan olay dağılımadır. Analizi yapılacak numune içindeki maddeler bu iki faz arasında özelliklerine göre dağılırlar. Bundan dolayı gaz-sıvı kromatografisi, sıvı-sıvı kromatografisine benzer.

Gaz kromatografisine konan numune içindeki maddeler, azot, helyum gibi özel bir gazla sabit faz içinde sürüklenirler (taşınırlar). Bu arada numune içindeki gazlar (numunenin mutlaka gaz olması gerekmez, sıvı olan numuneler sıcak bir hücrede gaz haline getirilirler) sabit faz ile aralarındaki ilişkiye göre az veya çok tutulurlar. Tutulma aslında bir nevi frenlemedir. İşlem boyunca sürükleyici gaz ile önce dedektöre oradan da atmosfere atılırlar. Gazların sabit faz ile hareketli faz arasında dağılmalarında, çözünürlük, bağlanma, adsorplanma ve moleküler süzülebilme gibi olaylar etkin olmaktadır.

Basit bir ifade ile kromatografide, fazlar, sıcaklık, kolon uzunluğu sabit tutularak çeşitli maddelerin piklerini içeren cetveller oluşturulur ve bilinmeyen numuneler içindeki maddeler kalitatif olarak analiz edilir. Gaz kromatografisi cihazı genel olarak 6 ana kısımdan meydana gelmektedir. Bu kısımlar;

1. Sürükleyici gazın, basıncının ve akışının ayarlandığı kısım,
2. Numune enjekte etme kısmı,
3. Sabit faz veya ayırma kolonu kısmı,
4. Isıtma kısmı,
5. Dedektör kısmı,
6. Dedektör değerlerini grafiğe geçiren kısım olarak ifade edilebilir.

Gaz kromatografisinin güvenilirliği taşıyıcı gazın akışının ve basıncının ayarlanması ile doğrudan ilgilidir. Çelik tüpten geçen gaz sırasıyla, önce bir çelik valfden, ondan sonra gaz akım ayarlayıcısından ve son olarak da 0-4 atmosferik basınç ayarlayıcısından geçirilir. Gaz ayarlayıcıları genel olarak dakikada yaklaşık 200 ml ye kadar gaz verebilmektedir. Gazın hızı, gaz ayarlayıcısının içinde bulunan özel iğneli bir valf ile ayarlanabilmektedir.

Taşıyıcı gazın içinde bulunan yabancı maddeler, sonucu büyük ölçüde etkiledikleri için, gazın hareket yönünde moleküler büyüklükte bir elek yerleştirilir. Bu eleğin gözenekleri yaklaşık olarak $5 \text{ \AA}$ dır. Kullanılan boruların bağlantı noktalarından sızıntı olmaması için genellikle kullanılan borular tetrafloropolietilen yapıdadır.

Gaz kromatografi cihazına numune enjekte edilmesi çok önemli ve dikkat isteyen bir işlemdir. Gaz numuneler, özel olarak yapılmış gazları kaçırmayan şırıngalar yardımı ile enjekte edilir.

Ayırma kolonu gaz kromatografisinin en önemli kısımlarından birisidir. Ayırma kolonunun içi, gazları tutabilen bakır, paslanmaz çelik, alüminyum, cam gibi malzemelerle doldurulmuş yaklaşık 4 mm çapında ve 1.2-150m 'ye kadar uzanan spiral şekline getirilmiş bir borudur. Bir gaz kromatografisi, gerek uzunluğu gerekse içindeki tutucu maddesi farklı olan birbirinden farklı ayırma kolonları ile birlikte kullanılır. Her kolonun içinden değiştirme işlemi sırasında, içinde kalmış olma ihtimali olan gazlardan arındırılmak için bir taşıyıcı gaz geçirilir. Taşıyıcı gaz olarak genellikle, helyum, argon, hidrojen, karbondioksit ve azot gibi gazlar kullanılır.

4.1.2. Dedektörler

Bir dedektör, kolondan gelen ve taşıyıcı gaz içinde bulunan tespiti yapılmak istenen yabancı gazı belirleyen düzeneştir. Bir gazın pik verdiği süre, yani dedektörden geçme zamanı en fazla bir saniyedir. (Sinyalin başlayıp bitme zamanı) Genel olarak bir dedektörden beklenen başlıca özellikler şunlardır;

1. Kolondan gelen gaz içindeki konsantrasyon değişikliklerini çok kısa bir zamanda tespit edebilmek,
2. Taşıyıcı gaz içindeki konsantrasyon değişikliklerine lineer olarak cevap verebilmeli
3. Dedektör tarafından verilen doğrusal cevap birbirinden farklı birçok gaz için de kullanılabilir.
4. Uzun süre dayanımını koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.

Isı iletim dedektörleri en çok kullanılan dedektörlerdir. Bunlar çeşitli gazların ısıyı değişik oranlarda iletmesi prensibine dayanır. Böyle bir dedektörde sabit bir akımla ısıtılmış volfram bir telden yararlanılır. Telin sıcaklığının düşmesi, direncinin düşmesi anlamına gelmektedir. Telin sıcaklığının düşmesi üzerinden geçen gazın ısı iletkenliği ile orantılıdır. Helyum ve hidrojenin ısı iletkenliği organik maddelere göre genellikle 6-10 kat daha fazladır. Bundan dolayı adı geçen gazlar içinde çok düşük konsantrasyonlarda da olsa, bir başka gazın karışmış olması, ısı taşıyıcı gazın ısı iletkenliğini ve dolayısıyla dedektör telinin direncini değiştirir. Bu değişimler elektronik bir kısımla sinyal haline dönüştürülür. Isı dedektörlerinin bilinen en temel eksikliği diğer dedektörlere oranla daha az hassas çalışıyor olmasıdır [Turgut, 1999].

Bir diğer dedektör tipi olan ışıma dedektörlerinde ise β ışını yayıcısı olan stronsiyum 90 veya tritiumdan yararlanılır. Taşıyıcı gaz (argon) sözü edilen maddeler üzerinden geçirilerek ekzite edilir. Ekzite olmuş argon atomları, çarpışma sonucu yanında bulunan başka cins atomları iyonlaştırır. İyonlaşan atomların yükü özel bir düzenekle sinyallere çevrilir. İyonlaşan atomların sayısı ne kadar çoksa, sinyaller de o kadar büyük olacaktır.

Alev iyonlaşmalı dedektörlerin (Bu tez çalışması içinde kullanılan tip dedektörler) çalışma prensipleri ise, organik moleküllerin (Hidrokarbonlar HC) hidrojen oksijen alevinde yakılmaları ile ara ürün olarak negatif yüklü iyonlar vermesi ile ifade edilebilir. Meydana gelen negatif iyonlar özel bir düzenekle sinyallere çevrilirler.

4.1.3. Motor Teknolojisinde Alev İyonizasyon Dedektörü (FID) ve FRFID

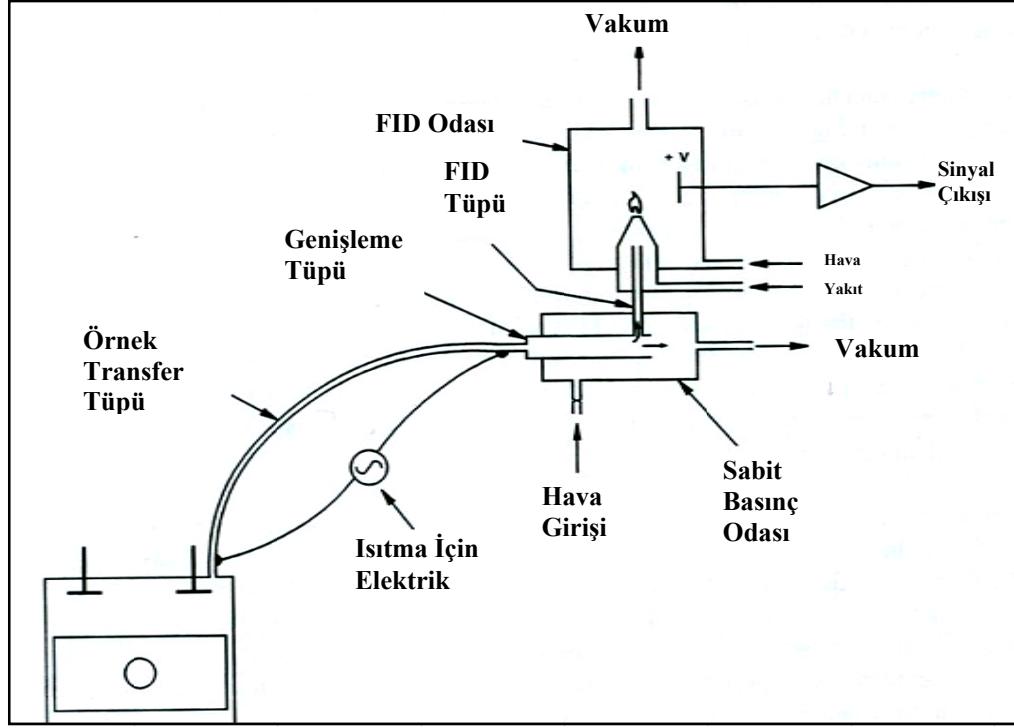
İçten yanmalı bir motorun egzoz gazları içinde çevre için tehlikeli olan yanmamış HC emisyonları bulunmaktadır. Bu HC emisyonları kendi içinde birçok bileşenden oluşmaktadır. Herbir bileşenin moleküler yapıları birbirinden farklıdır. İçten yanmalı motorlarla ilgili yapılan araştırmaların bir çoğunda, toplam HC miktarını oluşturan bu komponentlerin hangilerinin, hangi miktarlarda egzoz gazında olduğu önemli soru haline gelmiştir. Bu incelemenin yapılabilmesi için kompleks ve özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak çoğu zaman daha hızlı ve basit analiz yöntemleri tercih

edilmektedir. Bu basit analiz yöntemi sonucu olarak egzoz gazındaki toplam HC değerleri ölçülmektedir. Ancak bu yaklaşım çerçevesinde, toplam HC'nun hangi komponentlerden oluştuğu incelenmemektedir. Bu analiz şekli için kullanılan en bilinen cihaz alev iyonizasyon dedektörüdür (FID). Bu teknik sayesinde, motor egzozundaki veya silindirindeki o an için toplam HC değerleri hacimsel olarak analiz edilmektedir. Bizim de bu tez çalışması kapsamında kullandığımız geleneksel FID sistemleri sürekli olarak ölçüm yapmak için tasarlanmış cihazlardır. Geleneksel bir FID 'nün çalışma prensibini özetlemek gerekirse; sistemdeki anot ve katot üzerine bir gerilim uygulanır. Hava ile hidrojenin yakılması ile oluşan alevin içine, karışmış HC örnekleri gönderilir. Elektrodların arasından geçen yanma ürünlerinin pozitif yüklü olan iyonları katoda, negatif yüklü olan iyonları ise anoda yapışırlar. Sonuç olarak elektrodlar arasında bu iyonlaşmadan ötürü bir akım meydana gelecektir. Yakıt olarak hidrojen kullanılmasının nedeni, hidrojenin yanmasıyla birlikte ortaya çıkan ürünlerin kimyasal iyonlaşmaya neden olmuyor olmasıdır.

Pratikte kullanılan FID sistemlerinde örnek gaz cihaza sabit bir debide verilmelidir. Bun nedenle analiz yapmadan önce cihazı kalibre etmek mümkün olmaktadır. Böylece, FID çıkışındaki voltaj farkı ile örnek gaz içinde yer alan HC (Propan) konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki meydana gelmektedir.

İçten yanmalı motorlarla ilgili yapılan çalışmalardaki bir diğer araştırma konusu da silindir içindeki farklı motor parçaları içindeki anlık HC konsantrasyonlarının tespiti olmuştur. Örnek vermek gerekirse henüz açılmış olan egzoz subabı ağzında biriken anlık HC konsantrasyonlarının belirlenmesi, hemen ateşleme öncesi, buji çevresinde biriken HC konsantrasyonlarının tespiti incelenmek istenebilir. Bu tip farklı bölgelerdeki anlık HC seviyelerinin analizi geleneksel FID cihazları ile yapılamaz. İçten yanmalı bir motorda silindir içi veya egzoz hatlarında anlık HC seviyelerinin tespiti için, yüksek cevaplı alev iyonizasyon dedektörleri (FRFID) geliştirilmiştir. Analiz yapılamak istenen egzoz veya silindir içindeki anlık HC konsantrasyonları için FRFID sürekli sinyaller halinde çıktı vermektedir. Bu özelliği sayesinde, motor çevrimindeki emme, sıkıştırma, yanma (genişleme) ve egzoz strokları ile ilgili daha detaylı incelemeler yapılması sağlanmaktadır. Motor teknolojisindeki araştırmalar ve

geliştirmeler için üretilen bu sistemin ilk üreticileri Cambustion Ltd. isimli bir Amerikan firmasıdır. Silindir içindeki HC konsantrasyonu ölçümü için kurulmuş bir FRFID sisteminin şematik görünümü Şekil 4.2’de sunulmuştur.

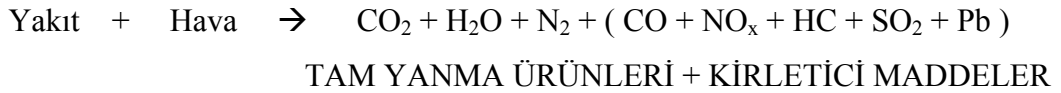


Şekil 4.2. Silindire bağlanmış olan bir FRFID sisteminin şematik görünümü [Zhao ve Ladammatos, 2001]

Motor silindirinden analiz edilmek üzere alınan gaz örneği, iyonlaşmanın meydana geleceği alev hattına üç kılcal boru aracılığı ile taşınmaktadır. Bunlar sırasıyla, örnek transfer tüpü, genişleme tüpü ve FID tüpüdür. Silindir içinden alınan örnek gaz öncelikle daha uzun olan örnekleme tüpünden geçerek genişleme tüpüne ulaşır. Genişleme tüpünden çıkan örnek gaz sabit basınç odasına giriş yapar. Sabit basınç odasından çıkan örnek gaz küçük oralarda hidrojen alevi ile temasını gerçekleştirir. Örnek gaz içindeki HC molekülleri yanarak iyonlaşma akımının oluşmasını sağlarlar. Bu akım elektronik olarak yükseltilerek okunabilir bir voltaj çıkışına dönüştürülür. Bu voltaj genellikle 0-5 veya 0-10 volt arasında değişmektedir.

5. İÇTEN YANMALI MOTORLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR

İçten yanmalı motorlarda yanma, tam yanma (ideal yanma) veya eksik yanma olarak gerçekleşir. Tam yanma ürünleri karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O) ve azottur (N_2). Bu gazlar çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek zararsız gazlardır. Fakat içten yanmalı motorlarda yanma, tam olarak gerçekleşmez ve yakıt kısmen yanar. Bunun sonucu olarak da insan ve çevre sağlığına zarar veren karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC) ve azot oksit (NO_x)'ler oluşur. Bu nedenle yanma denklemi, aşağıdaki gibi olacaktır.



Bir benzin motorunda çevreye yayılan kirleticiler motorun dört ana noktasından çıkmaktadır. Bunlar, karbüratör, yakıt deposu havalandırması, karter havalandırması ve egzozdur. İçten yanmalı motorlarda kirleticilerin çok büyük miktarını yanma sonucu oluşan egzoz gazları oluşturmaktadır. Bu gazlar, toplam kirleticilerin % 65-68'ini oluştururlar. Buji ateşlemeli motorların egzoz gazları azotoksitler (azot monoksit, NO , ve az miktarda azot dioksit, NO_2 - genel olarak NO_x olarak bilinir.), karbonmonoksit, CO , ve yanmamış veya kısmen yanmış hidrokarbonlardan oluşan organik bileşiklerden, meydana gelmektedir. Dizel motoru egzozundaki NO_x konsantrasyonları buji ateşlemeli motorlarındakilerle kıyaslanabilecek seviyededir. Dizel motorlarından kaynaklanan hidrokarbon emisyonları da kirleticili etkileri bakımından önemli bir miktarda olsa da dizel motor egzoz konsantrasyonları tipik buji ateşlemeli motorun emisyon seviyelerinden 5 katı kadar daha düşüktür. Dizel motorları partikül (toz) emisyonlarının en önemli kaynaklarıdır. Bir dizel motorunda yaklaşık olarak yakıt kütlesinin %0,2-0,5'i kadar partikül emisyonu yayılmaktadır. Ayrıca, partiküllerin (toz zerrecikleri ~0.1 μm çapında) üzerinde çoğu zaman absorbe edilmiş hidrokarbon emisyonlarına rastlanmaktadır. Dizel motorları, yüksek hava fazlalık katsayısı ile çalıştıkları için CO emisyonları önemli ölçüde azalmaktadır.

Motor egzoz gazındaki kirleticiler şöyle sıralanabilir:

1. Karbondioksit
2. Su buharı
3. Azotoksitler
4. Yanmamış hidrokarbonlar
5. Karbonmonoksit
6. İs (Duman)

Bunlardan ilk beşi görünmez, sonuncusu ise görünür emisyon olarak tarif edilebilir. Görünmez emisyonlardan karbon dioksit ve su buharı diğerleri ile kıyaslandığında zararsız olarak kabul edilebilir [Genean, 1996].

Karbüratörden kaynaklanan hava kirleticiler; sıcak havalarda yakıtın kolay buharlaşan bileşenleri taşıt dururken veya kalkarken atmosfere yayılmaktadır. Karbüratördeki emisyon tamamen hidrokarbonlardan oluşur. Püskürtmeli benzin motorlarında veya dizel motorlarında bu emisyon oluşmaz. Motorun toplam HC emisyonlarının %5-10 kadarı karbüratördendir. Yakıt deposu havalandırması ile ortama çıkan emisyonlar da sadece HC'lerden oluşmaktadır. Hava sıcaklığının artması ile birlikte buharlaşan yakıtın bileşenleri bu emisyon davranışının temel sebebidir. Yakıt deposu havalandırmasından kaynaklanan emisyonlar motorun toplam HC emisyonlarının %5-10 oranındadır. Karter havalandırması ile çevreye yayılan emisyonlarda ise motor strokları boyunca segmanlar ve çatlaklarda biriken yanmamış HC kalıntılarının karter hava boşluğuna inmesi ve karter yağ buharı ile dışarı atılması şeklinde ifade edilenilir. Buradaki emisyonların çoğunluğu HC' dir. Motorun toplam HC emisyonunun yaklaşık %20 kadarı karter havalandırmasından kaynaklanmaktadır. Egzoz gazları içindeki kirleticiler; silindir içinde meydana gelen yanma işleminin tam olarak (teorik) gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır. İçten yanmalı bir motorun toplam emisyonundaki karbonmonoksit (CO), azotoksitler (NO_x), kurşun bileşikler (Pb) vb. gibi emisyonlarının %100'ü, HC emisyonlarının %60-70'i egzoz gazından dolayı oluşmaktadır [Kutlar ve ark., 1998].

5.1. Egzoz Kaynaklı Kirleticilerin Oluşumu

İnsan ve çevre sağlığına zararlı emisyonlar, içten yanmalı motorlardan yanma sonucu oluşan egzoz gazlarıdır. Dolayısı ile kirletici olarak isimlendirilirler. Egzoz gazlarındaki kirleticilerin oluşumunu ve miktarlarını etkileyen en önemli faktör hava fazlalık katsayısıdır (λ).

Hava fazlalık katsayısı, yanmaya katılan hava miktarının teorik hava miktarı oranı olarak tanımlanır. Hava fazlalık katsayı değerine bakılarak yakıt-hava karışımı içindeki oran belirlenerek, havanın ve yakıt miktarlarının yani karışımın zenginlik yönü değerlendirilmiş olur. Aynı zamanda hava fazlalık katsayısı, yanmanın tam veya kısmen olduğunu belirlemektedir.

Hava fazlalık oranı ile ilgili olarak,

$\lambda = 1$; ise yanma stokiyometrik (tam yanma) yanmadır.

$\lambda > 1$; ise yakıt-hava karışımında hava miktarı fazla, yakıt miktarı azdır ve karışım fakir karışımdır denir.

$\lambda < 1$; ise yakıt-hava karışımında hava miktarı az, yakıt miktarı fazladır ve karışım zengin karışımdır denir.

Hidrokarbonlar (HC), özellikle yakıtın tam olarak yakılamamasından meydana gelmektedir. Yakıtın tam olarak yakılamamasının nedeni yani hidrokarbonların oluşma nedeni özellikle yanma sırasında oksijenin yetersiz oluşu ve karışım sıcaklığının yanma odasının bazı kısımlarında düşük olmasından ileri gelmektedir. Genellikle, hidrokarbon miktarları, hava fazlalık katsayısının birden büyük ve küçük olduğu bölgelerde artış göstermektedir.

HFK < 1 olduğu durumlarda karışım, zengin karışım olup yakıt miktarı fazla, oksijen miktarı azdır. Oksijenin (O_2) az olması ile yakıt kısmen yanabildiği için hidrokarbon

emisy onları artacaktır. Bu nedenle hava fazlalık katsayısı azaldıkça hidrokarbon emsiyonları artacaktır.

HFK > 1 olduğu zaman hidrokarbon emsiyonlarında tekrar artış olacaktır. Çünkü karışımın fakirleşmesiyle, yanma bölgesel olarak gerçekleşecek alev oluşum ve yayılımı gelişmeden bitecektir. Dolayısıyla hidrokarbon emisy onları yine artacaktır.

5.1.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonu

Motorlarda yanma sonucu karbonmonoksit gazının oluşmasının nedeni, oksijenin yeteri kadar olmamasıdır. Yanma sırasında oksijenin, yetersiz olması nedeniyle yakıtın içindeki karbon, karbondioksite (CO₂) dönüşemeyerek karbonmonoksit (CO) olarak kalmaktadır. Karışım fakirleştikçe (HFK > 1) yani oksijen miktarının artmasıyla karbonmonoksit emisyonu düşmektedir. Karışım zenginleştikçe (HFK < 1) yani oksijen miktarı azaldıkça karbonmonoksit emisyonu artmaktadır. Buradan anlaşılacağı gibi, karbonmonoksit oluşumu hava fazlalık katsayısına doğrudan bağlıdır.

Karbonmonoksit motorda yalnızca motor egzoz gazında bulunmaktadır. Yakıt hava karışımında yeterli miktarda hava bulunamaması veya çevrimde yanmanın tamamlanması için zamanın yetersiz olması nedeniyle oluşan eksik yanmanın bir ürünüdür.

Teorik olarak, benzinli motor egzozu motor 16:1'den daha büyük hava yakıt karışımları ile çalışıldığında CO emsiyonu üretmemektedir. Ancak fakir karışımlarda dahi egzoz gazında bir miktar CO vardır. EPA insan kaynaklı CO emisy onlarının yaklaşık %75'inin benzinli motorlardan kaynaklandığını tahmin etmektedir [Çevre Vakfı, 1995 ve Chevron, 1996].

CO yüzdesi motor hızı arttıkça karışım fakirleştiği için düşer. Otomobillerde CO yüzdesi en fazla zengin karışımlarda %5 ve stokiometrik karışım civarında ise %1

kadar olmaktadır. Karbon monoksitin tamamen indirgenmesi mümkün değildir ve egzozta %0.5 CO bulunması kabul edilebilir bir sonuçtur [Genean, 1996].

Karbonmonoksit emisyonları rölantide ve frenleme sırasında motor devri en düşük değerine ulaştığında da yüksek olmaktadır [Genean, 1996].

Havadaki karbonmonoksit konsantrasyonu 100 ppm'in üzerine çıktığında insanlar için çok tehlikeli ve öldürücü bir gazdır. İnsan üzerindeki öldürücü etkisi kanda bulunan hemoglobin ile reaksiyona girmesidir. Hemoglobin, akciğerden oksijeni alıp hücrelere taşıyan ve hücrelerden de karbondioksiti akciğerlere taşıyan kandaki maddedir. Karbon monoksit kanda hemoglobinle birleşerek kalıcı birleşik oluştururlar. Bu da kandaki oksijeni miktarını azaltarak yorulma, baş ağrısı, çalışma veriminin düşmesi, nefes darlığına hatta ölüme kadar götüren sonuçlar doğurabilir [Gündüz, 1994 ve Çevre Vakfı, 1995].

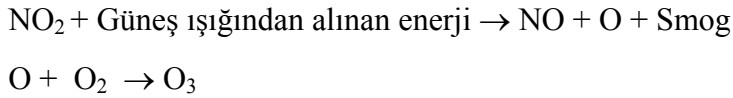
5.1.2. Azot Oksit (NO_x) Emisyonları

Yanma sonucu azot oksitler oluşması, motor içindeki sıcaklık değerine bağlıdır. Azot (N₂), yanma sonucu reaksiyona girmez. Ancak reaksiyon sıcaklığının yüksek olması durumunda, azot oksijenle (O₂) reaksiyona girerek azot oksitleri (NO_x) oluşturur. Bu nedenle azot oksitlerin oluşumundaki en etkin parametre yanma boyunca silindir içinde meydana gelen reaksiyon sıcaklığıdır. Egzoz gazındaki NO_x konsantrasyonu motor tasarımı ve çalışma şartlarından etkilenmektedir. Hava/yakıt oranı ve ateşleme avansı NO_x emisyonlarını etkileyen başlıca iki faktördür. Maksimum NO_x hava/yakıt oranlarının 14:1 ve 16:1 oranları arasında oluşmaktadır. Fakir ve zengin hava/yakıt karışımlarında yanma sıcaklığı düşük olduğu için NO_x emisyonları daha düşüktür. Ateşleme avansını artırmak yanma sıcaklığını artıracak ve daha yüksek egzoz sıcaklıklarının oluşmasına neden olacaktır. Bunun neticesinde egzoztaki NO_x konsantrasyonları yüksek olmaktadır [Genean, 1996].

Azotoksitler (NO, NO₂, N₂O₂ vb. bileşikler) de karbonmonoksit gibi kanda hemoglobinle birleşmektedirler. Fakat azotoksitler akciğerde nemle birleşerek nitrik asit oluştururlar ve zamanla birikim özeliği bulunduğu için özellikle solunum

rahatsızlığı bulunan insanlarda ciddi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Güneş ışığı altında HC'la birleşerek smog (fotokimyasal sis) oluşumunda rol oynamaktadırlar. Bunların yanında NO'nun felç yapıcı ve yer seviyesi ozon oluşumunda yer alma özelliği, NO₂'nin ise tahriş edici özelliği vardır [Gündüz, 1994, Çevre Vakfı, 1995 ve Kutlar, 1998].

Ozon, yer seviyesi ve stratosferik ozon olarak ikiye ayrılır. Stratosferdeki ozon katmanı Dünya'yı Güneş'in zararlı mor ötesi ışınlarından korur. Stratosferik ozonun oluşum mekanizması yer seviyesi ozon oluşumundan farklıdır. Yer seviyesi ozonun oluşum mekanizması kısaca şöyledir. NO₂ güneş ışığının etkisiyle NO ve tek atomlu oksijene ayrışır. Tek atomlu oksijen oldukça reaktif bir gazdır ve çok sayıda farklı reaksiyona girebilir. Bunlarda birisi de ozon oluşumudur [Pulkrabek, 1997 ve Chevron, 1996].



Daha yeni dikkat çeken bir diğer azot oksijen bileşiği ise N₂O'dur. N₂O renksiz bir gazdır, 'gülme gazı' olarak da bilinir. Bu gazların çevredeki artışları sera etkisine sebep olmaktadır. Sera etkisinin sonucu ise global ısınma ve mevsimlerde değişimlerdir. N₂O kaynakları kesin olarak bilinmemekle birlikte NO_x kontrol teknolojilerinin NO'ı NH₃ ile indirgemesinden kaynaklandığı kanısı vardır. Diğer bir görüş ise katalitik konvertör kullanan araçların ortamdaki N₂O'nun yarısını ürettikleridir. N₂O ise üzerinde durulması gereken bir gazdır çünkü sera etkisinde CO₂'e göre etkinliği 200-300 kat daha fazladır.

5.1.3. Yanmamış HC Emisyonları

Yanmamış hidrokarbon emisyonları eksik yanma sonucu meydana gelen organik bileşiklerdir. Hidrokarbon emisyonlarının yapısı motor tasarımı ve çalışma şartlarıyla yakından ilişkilidir. İki önemli tasarım değişkeni, ateşleme sistemi tasarımı ve yanma

odası tasarımıdır. Çalışma şartlarındaki değişkenler is hava/yakıt oranı, hız, yük ve çalışma şeklidir. Motora yapılan bakım da önemli bir faktördür [Genean, 1996].

Bazı hidrokarbonlar (parafinler, olefinler) solunum yollarında mukozayı (iç deriyi) tahriş edici, gözde yanma ve sulanma gibi rahatsız verici özellikleri varken, bazı hidrokarbonların (aromatlar) kanser yapıcı özellikleri vardır. Güneş ışığının etkisiyle azotoksitlerle birleşerek smog (fotokimyasal sis) oluştururlar. Bu sis tabakası ise yayan varlıklar için zararlı olmaktadır [Çevre Vakfı, 1995 ve Kutlar, 1998].

5.1.4. Kurşun bileşikleri

Kurşun, benzine katılmaya başladığı 1923 yılından 1980'li yıllara kadar en önemli benzin katkısı olmuştur. Kurşun bileşikleri, normal ve süper benzinde vuruntuya karşı direnci sağlamak amacıyla çoğunlukla kurşuntetraetil ($Pb(C_2H_5)_4$) olarak katılırlar. Bu bileşikler doku, kan dolaşımı ve sinir sisteminde tahribat yaratmaktadırlar. Kurşun emisyonlarının tehlikesinin farkına varılmasıyla birlikte 1970'ler ve 1980'lerde kademeli olarak kurşun bileşikleri kaldırılmaya başlanmıştır [Çevre Vakfı, 1995, Kutlar, 1998 ve Pulkrabek, 1997].

5.1.5. Duman (İs) ve Kükürtdioksit (SO_2) Emisyonu

Duman özellikle dizel motorlardaki görünür emisyon olarak tanımlanabilir. Partiküller, genellikle dizel yakıtının yanması sonucu ortaya çıkan emisyon türüdür. Bu partiküllerin genelleştirilmiş isimleri is ve duman olarak ifade edilebilir. Solunum sistemini etkileyerek solunum rahatsızlıklarına sebep olurlar [Çevre Vakfı, 1995 ve Genean, 1996]. Özellikle dizel motorlarında yanma sonucu oksijenle, yakıtın içindeki kükürtün birleşmesi ile kükürtdioksit (SO_2) emisyonu oluşmaktadır.

5.2. Motorun Yapısal Özelliklerinin Egzoz Emisyonları Üzerindeki Etkisi

Motor teknolojisindeki gelişimin bir parametresi de egzoz emisyonlarını azaltmak olmaktadır. Konstrüksiyonel anlamda yapıdan bir çok değişiklik egzoz emisyon

değerlerine doğrudan etki yapmaktadır. Özellikle motorların yanma odası şekli, emme ve egzoz supapların açık kalma süreleri ve sıkıştırma oranı egzoz gazı emisyonlarının oluşmasını etkilemektedir.

5.2.1. Yanma Odası Tasarımının Etkisi

Yanma odası şekli ve yüzey alanının hacmine oranı özellikle HC emisyonu açısından önemli bir parametredir. Yanma odasında karışımın, yanma odası yüzey alanıyla yapmış olduğu ısı iletim ve aktarımı ve normal alev cephesinin sönme bölgesi, yanmayı etkilemekte dolayısıyla yanma sonucu oluşan egzoz gazları oluşumlarını da doğrudan etkilenmektedir. Eğer ki yanma odası şekli, gereken ısı geçişine uygun olmaz ise, ortam sıcaklığının yükselmesine dolayısıyla azot oksitlerin (NO_x) oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca yüzey alanının hacmine oranı arttıkça ısı geçişleri arttığından yanma odası ortam sıcaklığı düşecektir. Sıcaklığın düşmesiyle egzoz gazlarındaki azot oksitler (NO_x) azalacaktır.

Buji elemanı ile başlatılan yanma belirli bir hızla yanma odası içerisinde yayılır. Alevin, yanma odasında bütün kısımlara ulaşması yanma odası şekline bağlıdır. Normal alev cephesi belirli bir noktadan sonra söner. Alev cephesinin ulaşmadığı noktalarda yakıt tam olarak yakılamadığı için yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonları oluşmaktadır. Alev sönme bölgesinin artması durumunda hidrokarbon emisyonları artmaktadır. Yanma odası çeperlerinde zamanla süngerimsi şeklinde karbon birikimleri olmaktadır. Bu birikimler alev sönme bölgesini artırırlar. Bunun sonucunda hidrokarbon (HC) emisyonlarında artış olmaktadır. Aynı zamanda bu süngerimsi yapıdaki birikimler yakıtı bünyelerinde biriktirerek yanma odasındaki yakıtın yanmasını önleyerek hidrokarbon (HC) emisyonlarının artmasına neden olmaktadır.

Yanma odası şekli ve yüzey alanının hacmine oranı karbonmonoksit (CO) oluşumunu da etkilemektedir. Çünkü karbonmonoksit oluşumuna sıcaklıktan çok yanma sırasında oksijen miktarı yani yakıt-hava oranı etkili olmaktadır.

5.2.2. Motor Sıkıştırma Oranının (r) Etkisi

İçten yanmalı motorlarda sıkıştırma oranı arttırılması, silindir içindeki yüzey/hacim oranının artmasına neden olarak egzoz gazları içindeki azot oksitlerin (NO_x) ve hidrokarbonların (HC) oluşmalarını etkilemektedir. Sıkıştırma oranının artması ile birlikte hava-yakıt karışımının, sıkıştırma stroğu sonunda sıcaklığı artar. Karışımın sıcaklığının artmasıyla silindir içindeki ortam sıcaklığı artacak dolayısıyla azot oksit oluşum (NO_x) miktarları da artacaktır. Aynı zamanda sıkıştırma oranının artması yüzey/hacim oranını arttırarak alev sönme bölgesinin de büyümesine neden olmaktadır. Böylece alev sönme bölgesinin büyümesiyle yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonu da artmaktadır.

5.2.3. Emme ve Egzoz Subaplarının Açık Kalma Sürelerinin Etkisi

Emme ve egzoz supaplarının aynı anda açık kalma süreleri hidrokarbon (HC) ve azot oksitlerin (NO_x) emisyonlarını etkiler. Çünkü emme ve egzoz supaplarının aynı anda açık kaldığı süre içerisinde (subap bindirmesi) emme supaplarından gelen taze hava-yakıt karışımı tam yanmış veya yanmamış egzoz gazlarını süpürmekle kalmıyor aynı zamanda yanma odası çeperlerinin soğumasına neden olmuş olmaktadır. Ortamın soğutulması yani ortam sıcaklığının düşmesi azot oksit emisyonunun (NO_x) azalması sağlamaktadır. Egzoz subabının erken açılması ile yanma kötüleşmekte dolayısı ile yanmamış hidrokarbon (HC) emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Bunlara ilaveten motorun ateşleme sistemi, yakıt püskürtme şekli de egzoz gazı emisyonlarını etkilemektedir.

5.2.4. Ateşleme Avansının Etkisi

Ateşlenme avansı, pistonun üst ölü noktaya gelmeden, krank mili açısına göre ne zaman ateşlemenin yapılacağını yani yanmanın başladığı zamanı gösterir. Ateşleme avansı, motorun gücünü, yakıt tüketimini ve egzoz emisyonlarını etkileyen önemli bir etkidir. Benzinli bir motorun sabit devir sayısında, yükte, hava fazlalık katsayısında ve sabit volümetrik verim koşullarında ateşleme avansının egzoz

emisyonları, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkileri incelenecek olursa, ateşleme avansının arttırılması sonucu, motor gücünde artış, yakıt tüketiminde azalma olduğu ifade edilebilir. Fakat ateşleme avansının arttırılması azot dioksit (NO_x) emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Ateşleme avansının azalması ile birlikte azot oksit emisyonlarının azalması sağlanmaktadır. Aynı zamanda ateşleme avansının azalmasıyla motor gücünde düşme ve yakıt tüketiminde artma olduğu için ateşleme avansının azaltılması istenmez.

5.2.5. Yakıt Hava Oranının Etkisi

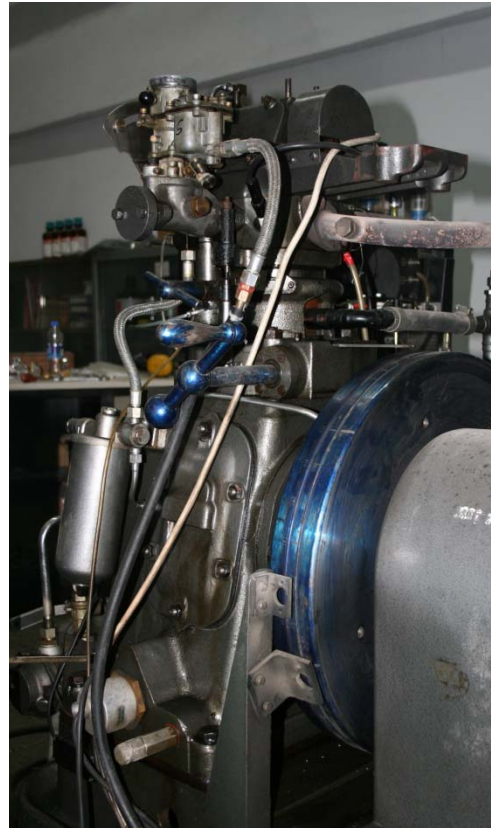
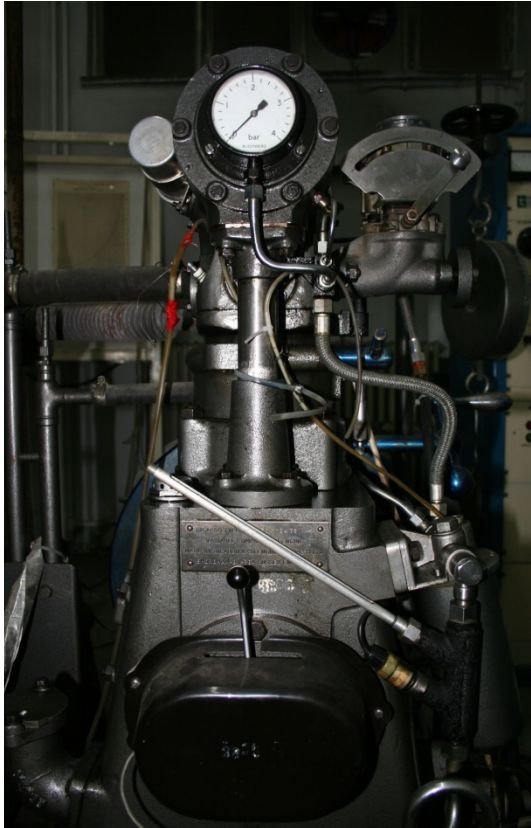
Benzin motorlarında egzoz gazları emisyonlarının oluşumlarını etkileyen en önemli parametre hava fazlalık katsayısıdır. Motorda yanma sonucu oluşan egzoz gazları içinde karbonmonoksitin (CO) bulunması büyük ölçüde yanma sırasında oksijenin yakıtı göre az olmasından kaynaklanmaktadır. $\text{HFK} < 1$ için karbonmonoksit (CO) emisyonlarında artış olmaktadır. Karışımın zengin olması karışımdaki oksijen (O_2) miktarının az olduğunu göstermektedir. Bu durumda yakıt içindeki karbonlar oksijenin (O_2) yetersiz olmasıyla karbonmonoksite (CO_2) dönüşemeyerek karbonmonoksit (CO) olarak kalmakta ve diğer egzoz gazları ile birlikte atmosfere atılmaktadır. Egzoz gazları içinde bulunan hidrokarbonlar (HC) yanmanın tam olarak tamamlanmamasından kaynaklanmaktadır. Zengin karışımlardan ($\text{HFK} < 1$) yanma için gerekli oksijenin (O_2) az olması nedeniyle yanma kısmen olmakta ve sonuçta hidrokarbon emisyonları artmaktadır. Fakir karışımlarda ($\text{HFK} > 1$) ise yanmanın kötüleşmesiyle, hidrokarbon emisyonlarında tekrar artış olmaktadır. Fakat hava fazlalık katsayısı 1,1 değerinde hidrokarbon emisyonları minimum seviyelerindedir. $\text{HFK} = 1,1$ civarında azot oksit (NO_x) emisyonları maksimum seviyesindedir. Karışımın zenginleşmesiyle karışımdaki hava miktarı azalmakta, fakirleşmesiyle de sıcaklıkların düşmesi sonucu azot oksit emisyonlarında azalma olmaktadır.

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu araştırma kapsamında yapılan tüm deneyler, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mim. Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümüne ait olan İçten Yanmalı Motorlar ve Otomotiv Labaratuvarında gerçekleştirilmiştir.

6.1. Deney Setinin Kurulumu

Deneylerde, sıkıştırma oranı, ateşleme avansı gibi parametrelerin değiştirilebildiği, hem benzinli hem de dizel olarak çalışabilen tek silindirli bir araştırma motoru olan, G. CUSSONS Ltd. firması tarafından üretilen E6 tipindeki RİCARDO motoru kullanılmıştır. Motor istenilen şartlar altında çalışacak şekilde kapsamlı bir bakıma tabii tutulmuştur. Deney motorunun bakım sonrası görünümü Resim 6.1’de verilmiştir.



Resim 6.1. Ricardo Motorunun Önden ve Arkadan Görünümü

Yapılan bakım kapsamında, ateşleme sistemi zamanlaması kontrol edilerek, buji takımları yenilenmiştir. Karbüratör sökülerek temizlenmiş, gerekli ayarları yapılmıştır. Tüm hareketli aksamalarının yağlama işlemleri tamamlanarak motor istenilen çalışma rejimine getirilerek deneylere hazırlanmıştır. Motorun arzu edildiği gibi çalışmasının sağlanmasının ardından, silindir içi örnekleme yapabilmek için kullanılacak olan yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin, gereken aksamalarının motora montajı yapılmıştır. Krank mili açılarının belirlenmesi için kullanılan sistem motor miline elektrik dinamometresi çıkışında bağlanmıştır. Montajı yapılmış hali Resim 6.2’de görülmektedir.



Resim 6.2. Montajı Tamamlanmış olan Slit Disk ve Foto-elektrik Uyarıcısı

Resim 6.2’den de rahatlıkla görülebileceği gibi, çevresinde 360 adet delik bulunan disk merkezinden yalpa yapmayacak şekilde jeneratör çıkışında rotora sabitlenmiş, ve kontrolleri yapılmıştır. Disk dönme halinde iken herbir deliğin geçişini algılayan foto-elektrik okuyucu (tarayıcı), diskin quadrantına (Çeyrak birleşme noktası) dik olacak şekilde montajlanmıştır. Aynı zamanda hız ölçümleri için sörvo karakteristik bir mini motor okuyucunun simetriğine kurulmuştur. Bu motor, üzerinede bulunan

dişliye, kayış ile aktarılan hareketle tahriğini almaktadır. Arzu edildiğinde foto-eletrik okuyucu ile uyumlu bir şekilde çalışır duruma getirilmiştir. Yapısal montajların tamamlanmasının ardından, yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin kurulumu ve devreye alınması işlemine geçilmiştir.

6.1.1. Yüksek Hızlı Gaz Örnekleme Sisteminin Devreye Alınması

M.G. CUSSONS Ltd. şirketi tarafından üretimi yapılan, SOKKEN marka, GSD-10 model yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi, bu çalışma kapsamında ilk kez kurularak devreye sokulmuştur. Yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi basitçe iki temel üniteden meydana gelmektedir. Bunlardan birincisi, yüksek hızda çalışabilen elektro manyetik gaz örnekleme valfi, diğeri ise valfe hareket yeteneği kazandıran akımın oluştuğu yüksek hızlı manyetik uyarıcıdır. Bu iki temel ünitenin yardımcı birimleri ise aşağıda açıklanmıştır;

- Örnekleme Valfi Kontrol Ünitesi : Sistemin devreye alınması halinde, valfin tasarlanan bir başka deyişle istenen zamanda çalışmasını sağlar.
- Krank Sinyal Üreteci : Sistemin devreye alınması halinde, krank açısı bilgilerinin, örnekleme valfi kontrol ünitesine iletilmesini sağlar.
- Valf Hareket Dedektörü : Sistemin devreye alınması halinde, valf hareketi, açma zamanı, dalga formları ve performansı gibi parametrelerin izlenebilirliği için kullanılır.

GSD-10 model yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin tüm birimlerini tip kodları ile birlikte sıralamak gerekirse;

1. Elektro-manyetik gaz örnekleme valfi (dışa açmalı), PW43-331914S
2. Yüksek hızlı manyetik uyarıcı, HD-08C
3. Örnekleme valfi kontrol ünitesi, DA-087A
4. Krank sinyal üreteci, HD-15PT
5. Delikli disk, SD-360-240
6. Valf hareket dedektörü, CTU-10
7. Ana gövde, GOC-10

Yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin gövdede bulunan birimlerinin görünümü Resim 6.3’de verilmiştir.



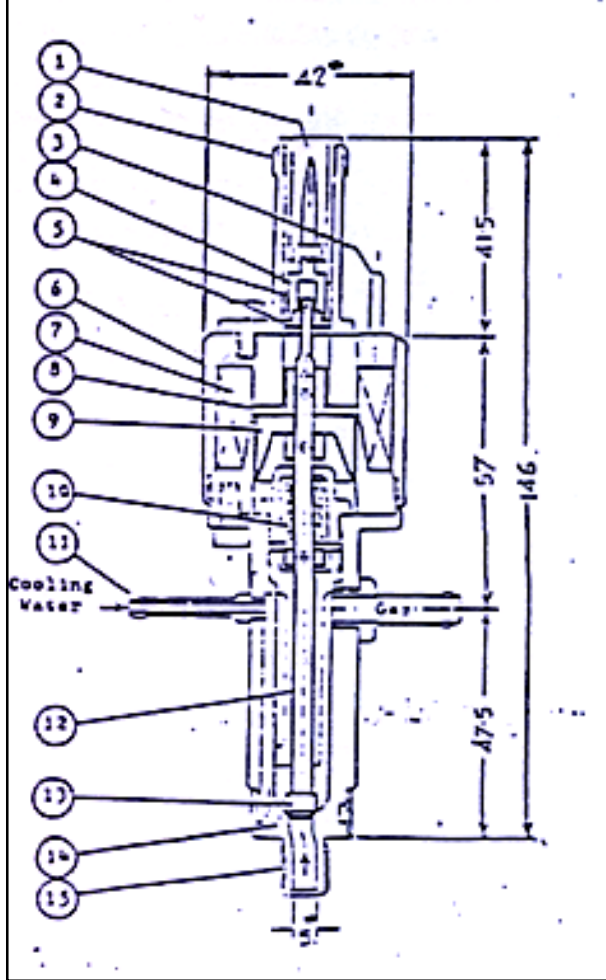
Resim 6.3. Yüksek Hızlı Gaz Örnekleme Sistemi Gövde Görünümü

Resim 6.3’den de görülebileceği gibi gövde üç ana birimin üst üste konulması ile meydana gelmektedir. En üstte yer alan bölüm örnekleme valfi kontrol ünitesini meydana getirmektedir. Ortadaki bölüm, valfe hareket için ihtiyaç duyduğu elektromanyetik akımı oluşturan, yüksek hızlı manyetik uyarıcının olduğu bölümü göstermektedir. Üçüncü bölüm yani gövde üzerinde ana güç açma kapama butonunun üstünde kalan bölüm ise, valf hareketlerini izleyebilmemiz için kullanılan valf hareket dedektörünü oluşturmaktadır.

Resimden de görülebileceği gibi soğutma suyu kanalları ve örnek gaz çıkış kanalı dışında kapalı bir forma sahiptir. Elektromanyetik gaz örnekleme valfinin tüm elemanları şematik olarak Şekil 6.5’de olduğu gibi sıralanmaktadır.

1. Bağlantı pini
2. Korumalı kablo bağlantısı
3. Uyarıcı bobin terminali
4. Silindirik elektrot
5. Elektrik yalıtım malzemesi
6. Elektro manyetik koruyucusu
7. Uyarıcı bobin
8. Hava boşluğu (Valf boşluğu)
9. Armatür (endüvi) silindiri
10. Helisel yay
11. Soğutma suyu borusu
12. Valf mili

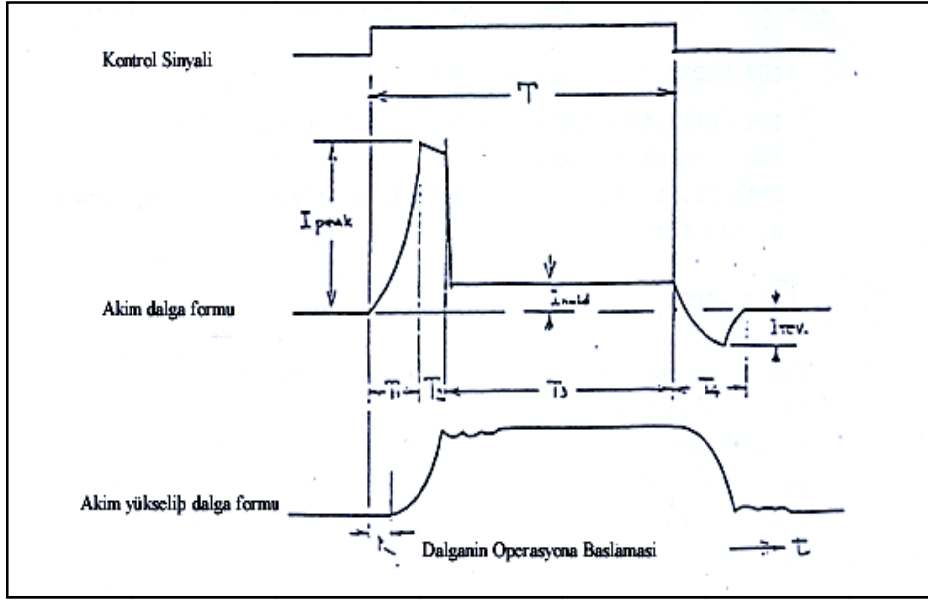
13. İğne valf
14. Valf düzeltici
15. Montaj dişlisi



Şekil 6.1. Yüksek Hızlı Gaz Örnekleme Valfinin Şematik Görünümü

Şekil 6.1’de şematik olarak görünen valfin çalışma prensibini basitçe ifade edelim. Armatür (endüvi) silindiri (9) valf miline (12) bağlıdır. Uyarıcı bobine (7) elektrik akımı uygulandığı zaman iğne valfini (13) valf yatağından (14) kaldırmak için armatür silindiri hava boşluğunu harekete geçirir. Uyarıcı bobin içindeki elektrik kesildiği zaman örnekleme valfi helezon yayına (10) doğru yeniden kurulur. Böylece açma-kapama işlemi tamamlanmış olacaktır.

Örnekleme valfinin hareket eden kısımları, valf yüksek bir hızda çalışacak şekilde mümkün olduğu kadar hafif malzemelerden yapılmıştır. Yüksek hızlı manyetik uyarıcı örnekleme valfine uyarıcı bir akım sağlar ve özellikle valfi yüksek bir hızda çalıştırmak için tasarlanmıştır. Uyarıcı akım dalga formu ile örnekleme valfi hareketi arasındaki ilişkiyi Şekil 6.2’de gösterilmektedir.



Şekil 6.2. Valf açma ve uyarıcı akım dalga boyları arasındaki ilişki.

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi, kontrol sinyali dış ve iç etki jeneratörü tarafından sağlanır. Uyarıcı akım-dalga formunun yükseliş zamanına ve uyarıcı akım dalga formunun yüksek tepe noktasına sahiptir, ve hava boşluğunun (valf boşluğu) çekme gücü hızlı bir şekilde artırılabilir. Helezon yayındaki çekme kuvvetine erişildiği zaman, örnekleme valfinin hareket eden parçaları çalışmaya başlar ve güçlü bir çekme kuvveti ile ivmelenir. T_1 ve T_2 periyotları, ve uyarıcı akım tepe noktası elektromanyetiğin dinamik özelliklerine göre ayarlanabilir. T_3 periyodu, kaldırmanın tamamlandığı örnekleme valfini tutma zamanıdır. Tutma periyodu süresince elektromıknatısın hava boşluğu küçük olduğu için valfi tutmak için gerekli uyarıcı akım, T_1 ve T_2 periyotları için gerekli minimum akım ile kıyaslanmadığından çok daha küçük miktarda yeterlidir. Kontrol sinyali söndüğü zaman uyarıcı akım T_4 periyoduna girer. T_4 süresince, akım sıfır noktasını geçer ve kalıntı magnetikleşmeyi

silecek ve örnekleme valfinin geriye dönüş hareketini kayda değer şekilde hızlandıracak olan tersine akımın tepe noktasına hızlıca dönüşür. Fakat, çok fazla tersine akım örnekleme valfinin yeniden açılmasına sebep olmaktadır.

Örnekleme valfi kontrol ünitesinin çalışma prensibini kısaca özetlemek gerekirse, kontrol ünitesi, elektromanyetik uyarıcıya kontrol sinyali sağlar. Krank hareketini yükseltmek ve şekillendirmek amacı ile kontrol ünitesi motorun mili üzerine bağlanmış olan foto-elektrik toplayıcısından gelen pulse sinyallerini yükseltir ve şekillendirir. Dört (4) silindirli motorlarda, bu birim referans etkinin (örneğin TDC etkisi) $\frac{1}{2}$ ye bölünebileceği ek bir fonksiyona sahiptir. İstenen valf açma zamanının ayarlanması örnekleme valfinin valf kaldırma zamanı, motor krank açısının referans noktasından (örneğin TDC) kaynaklanan zaman farkını ayarlamak suretiyle kontrol edilir. Bu zaman farkı, ya krank etkisini kullanarak açma değerini ya da birleşik quartz kontrollü saat kullanarak zaman değerini seçmek yoluyla ayarlanabilir. İstenen valf kaldırma süresinin ayarlanması, miknatıs uyarıcısının kontrol sinyaline ait 'T' zaman aralığını ayarlamak için gereklidir. Bu fonksiyon ya krank açma değeri ya da zaman değerini seçerek elde edilebilir. İstenen valf çalışma hızı ve sayısının ayarlanması, bölünmüş hız, örnekleme valfinin, motorun her devrinde değil de, her birkaç devrinde bir çalışmasına izin verildiği zaman istenebilir. Örnekleme valfinin çalışma sayısı da değiştirilebilmektedir. Bu fonksiyon örnekleme valfinin istenen çalışma sayısı sona erdiğinde otomatik olarak aniden durmasına sağlamaktadır.

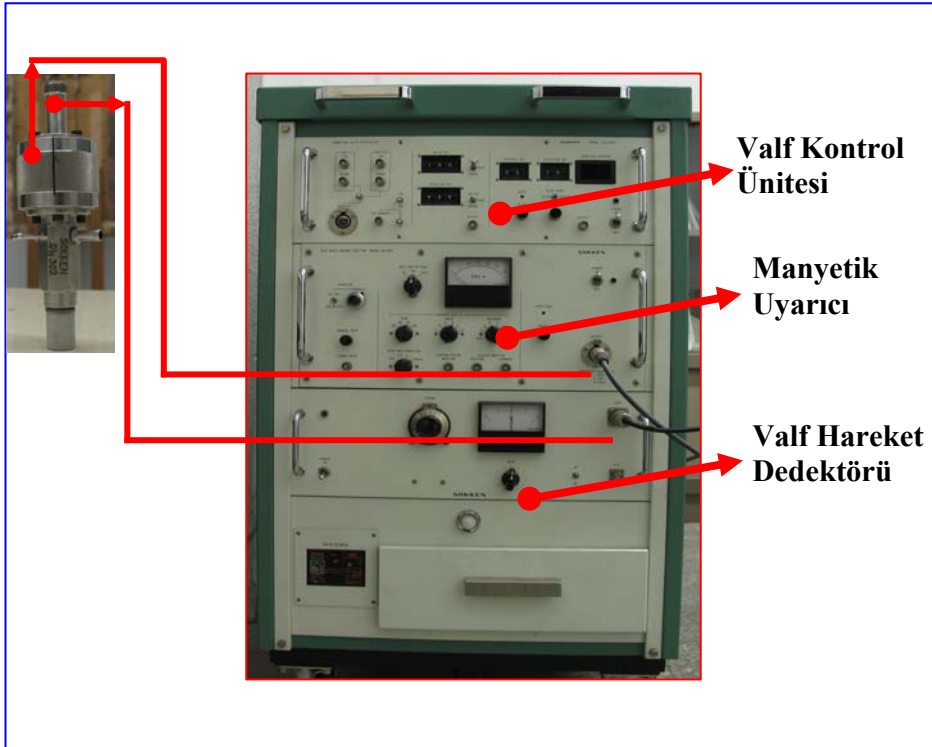
Daha önce de ifade edildiği gibi krank sinyal üretici (jeneratörü), motorun mili üzerine bağlanmış delikli disk ve herbir delik önünden geçtiğinde sinyal verebilen optik bir gözden oluşmaktadır. Optik göz (Foto-elektrik pick up), krank hareketini (360 sinyal/devir) ve referans uyarısını (1 sinyal/devir) üretmek için tasarlanmıştır. Bu sinyaller valf kontrol ünitesine aktarılır. Bu sinyaller daha sonra yükseltilir ve şekillendirilir. Okunabilir sinyaller valf hareket dedektöründe değerlendirilmektedir.

Valf hareket dedektörü, gelen sinyaller sayesinde örnekleme valfinin açması gereken zamanı tespit eder ve gerekli olan voltaj çıkışı verir. Bu birim örnekleme valfinin

Çalışma zamanlamasını valf açma kapama süresini, valf açık kalma zamanını takip etmek için kullanılır.

Dedektör herhangi bir kapasitans değişikliğini voltaja dönüştüren ‘kapasitans transdsr’ olarak da ifade edilebilir. Bu birim, silindirik elektrot ve valf milinden oluşan, valf hareketinin kapasitansındaki değişiklikleri tespit etmek amacıyla kullanılır.

Temel olarak çalışma prensibi ve ünitelerinin görevleri anlatılmış olan yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin uygulamadaki fonksiyonları ve kullanım şekilleri bir sonraki bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. Basitçe valf ve gövde arasındaki bağlantı yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için, yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi Resim 6.5 ‘de bu bağlantı yapısı ile gösterilmiştir.



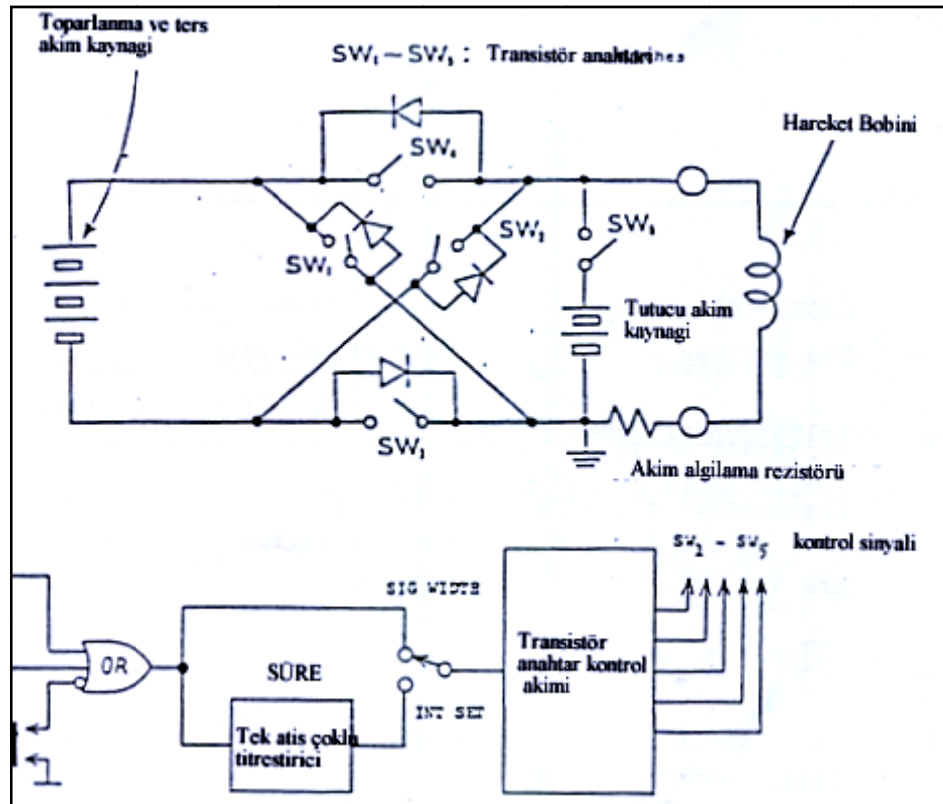
Resim 6.5. Yüksek Hızlı Gaz rnekleme Sistemi

6.2. Gaz Örneklemesi Sisteminin Fonksiyonları ve Kullanım Talimatları

Bu bölümde, ilk kez devreye sokulan ve çalıştırılan yüksek hızlı gaz örneklemesi sisteminin tüm fonksiyonları ve birimlerinin kullanım talimatları detaylı olarak sunulmuştur. Oldukça hassas ve dikkatli yapılması gereken uygulamalarda, kullanıcı mutlaka bu talimatları değerlendirmelidir. Aynı zamanda, tez kapsamında yapılan uygulamalarda karşılaşılan aksilikler ve bakım gereksinimleri de bu bölümdeki yerini almıştır.

6.2.1. Yüksek Hızlı Manyetik Uyarıcı

Yüksek hızlı manyetik uyarıcı HD-08C, örneklemesi valfine uyarıcı akımı sağlamak için tasarlanmıştır. Şekil 6.3’de görüldüğü gibi uyarıcı, örneklemesi valfini yüksek hızda çalıştırmak için gerekli olan üç (3) akım kaynağına sahip olarak tasarlanmıştır.



Şekil 6.3. Manyetik Uyarıcı Devresinin Şematik Görünümü

Yüksek hızlı akım kaynağı, tutucu akım kaynağı ve tersine akım kaynağı bu akım kaynaklarını ifade etmektedir. Kontrol sinyali ile başlatılan akım kaynakları sırasıyla örnekleme valfine, uyarıcı akımı sağlar. Şekil 6.3'den de görüldüğü gibi, kontrol sinyali dış kaynaktan veya kullanıcı tarafından sağlanabilir. T_1 ve T_2 periyotları elektromanyetik valfin hareket eden parçalarının ivmelenmesi için gerekli zamanı

temsil eder. Bu periyotlar süresince hava boşluğunun çekme kuvveti hızla artar. Hareket eden parçaların çekme kuvveti helisel yay kuvvetine eşit olduğu anda çalışmaya başlar ve güçlü bir çekme kuvveti ile ivmelenir. Akım tepe değeri, periyotlar boyunca geçen zaman, hareket eden parçaların dinamik özelliklerine göre ayarlanabilir. T_3 periyodu örnekleme valfinin açık durumda (kaldırma durumu-duration time) tutulması için gerekli zamanı temsil eder. T_3 'deki tutucu akım, hava boşluğu küçük olduğu için T_1 ve T_2 'den çok daha küçüktür. Böylece gerekli minimum zaman değerine karar vermek mümkündür. Kontrol sinyali devreden çıkarken, uyarıcı akım kaynağı, tersine akım süresi olan T_4 periyoduna geçiş yapar ve akım tutucu akıma doğru sıfırı geçer, daha sonra tersine akım tepe değerini hızla azalır. Tersine akım, kalıntı magnetikleşmeyi silmekte ve örnekleme valfinin dönüş hareketini oldukça hızlandırmaktadır. Ancak, çok fazla tersine akım örnekleme valfinin istenmediği halde tekrar açılmasına sebep olmaktadır.

Yüksek Hızlı Manyetik Uyarıcının Fonksiyonları

Yüksek hızlı manyetik uyarıcı, takip eden fonksiyonlara sahiptir; Kontrol modu seçimi, kontrol sinyali uyarıcı akımın artış ve azalışındaki zamanlama bilgisini ayarlamayı sağlamaktadır. bu amaç kapsamında 2 mod kullanılmalıdır.

[IN SET] modu. Bu mod [IN SET] / [SIG WIDTH] devre anahtarını [IN SET] şeklinde ayarlayarak seçilebilir. Bu moda, kontrol sinyali SIGNAL INPUT BNC' den sağlanan dış sinyalin ön kenarında tetiklenerek (boşaltılarak) manyetik uyarıcının kendi içinde üretilir. [DURATION] / [0-100MS] göstergesi ile kontrol sinyalinin T zaman genişliğini ayarlamak mümkündür. Yani, bu mod için dış sinyal sadece ön konsol üzerinden verilmektedir.

[SIG WIDTH] modu. Bu mod [IN SET] / [SIG WIDTH] devre anahtarını [SIG WIDTH] konumuna geçirmek suretiyle ayarlanır. Bu moda, kontrol sinyali, SIGNAL INPUT BNC'den sağlanan dış sinyal ile gelmektedir. Yani, bu moda dış sinyal hem ön konsoldan hem de etki genişliği ile verilebilmektedir.

[MANUEL TEST] butonu. [MANUEL TEST] butonuna basmak o an için oluşturulan kontrol sinyalini temsil eder. [MANUEL TEST] tarafından üretilen bu sinyal basitçe deneme amaçlı kullanılabilir.

Uyarıcı akım dalga formunun ayarlanması takip eden prosedürler ile yapılmaktadır. [EXCITING VOLTAGE] (Geçiş Eğimi) [300v] / [150V] / [75V] anahtarı. Bu anahtar T_1 periyodu boyunca örneklem valfi içindeki bobin terminalinin voltajının kaynağını seçmek için kullanılır. T_1 deki akım artış zamanının hızı bu voltaj ve bobinin empedansı yoluyla belirlenir. Voltaj arttıkça, artış zamanı hızlanır.

[CURRENT SET] / [PEAK]. Bu fonksiyon T_1 'deki istenen kesin akım değerini ayarlamak için kullanılmaktadır. Uygulamada görülen bir olayda, 2 ms'ye ayarlanmış T_1 durumunda, T_1 akımı ayarlanmış değere erişmese dahi T_2 'ye gittiği gözlenmiştir.

[PEAK HOLD DURATION]. Bu fonksiyon zaman genişliğini ayarlamak için kullanılır. T_2 periyodunda, akım yavaşça azalır. Azalan hız elektromanyetik bobinin eşdeğer direncine bağlıdır. Bu anahtar OFF durumunda iken, T_1 direkt olarak T_3 'e gider, T_2 'den geçmez. [CURRENT] / [HOLD], bu fonksiyon T_3 'ün sabit hareket aralığının akım değerini kurmayı sağlar. Akım, T_2 nin sonundan T_3 'e kadar hızlı bir şekilde düşer. T_3 'ün sonu kontrol sinyaline karşılık gelmektedir.

[CURRENT SET] / [REVERSE], Bu fonksiyon T_4 'teki ters akım tepesinin kurulması için oluşturulmuştur. T_3 'ün sonunda, akım sıfıra gider ve hızlı bir şekilde ters akım tepesine kadar düşer. Akım, ters akım tepesine geldiğinde veya 2 ms

geçtiğinde sıfıra düşer. Son olarak sıfırda akım, herhangi bir sinyali almaya hazırdır. Bunun yanında, kontrol sinyali kısa olduğu zaman bile (örnek; kontrol sinyali T_1 periyodundan kısadır,) akım kontrol sinyalinin sonundaki T_4 'e direk olarak gidebilir.

Efektif uyarıcı akımölçer, uyarıcı akımın doğru ortalama karekök değerine işaret eder. Fazla yükleme durumlarında, uyarıcı fonksiyonla birlikte çalışarak örnekleme valfine aşırı güç gelmesini önler. [OVERLOAD PROTECT] lambası örnekleme valfine verilen güçle, örnekleme valfinden çekilen güç arasında bir fark varsa akımın kesilmesi için uyarı vermektedir. Fazla yük koruma fonksiyonu şu şekilde çalışır. Örnekleme valfinin çalışma oranını düşürerek etkin gücün yukarda verilen limitlerin altına düşürülmesinin ardından, [RESET]'e basmak kaydı ile ünitenin normal çalışma koşullarına gelmesi mümkün olacak ve [OVERLOAD PROTECTION] lambası sönecektir. Akım dalga formunun görüntülemesi için takip eden görüntüleme terminalleri kullanılır; [CONTROL PULSE MONITOR] BNC, kontrol sinyalinin görüntülemek için kullanılır. [OUTPUT MONITOR] / [VOLTAGE] BNC, çıkış terminalindeki voltajı görüntülemek için kullanılır. Son olarak [OUTPUT MONITOR] / [VOLTAGE] BNC ise uygulanan akımın akım-dalga formunu görüntülemek için kullanılmaktadır.

Yüksek Hızlı Manyetik Uyarıcının Kullanım Prosedürü

Hazırlıkların yapılması.

Güç Kablosu : Bu kablo arka paneldeki konnektörü 100 V AC ye bağlamak için kullanılır. 120V, 220V, 50/60 Hz AC dahili bağlantıyla sağlanabilir. Bağlantı değişimini sadece kalifiye elemanlar yapmalıdır.

Kaynak hattındaki voltajın, giriş voltajı özellikleriyle örtüştüğünden ve arka paneldeki elektrik anahtarının kapalı olduğundan emin olunur.

Elektrik enerjisi tüketimi maksimum 1 KVA dır; uyarıcı akım değerine ve çalışma süresine göre enerji tüketimi değişebilir. Giriş sinyalinin [SIGNAL INPUT] BNC terminaline bağlanır.

Giriş sinyali seviyesi $V_{in} : +3V < V_{in} < +10V$ ve terminalin giriş direnci: 5 K ohm dur.

Örnekleme valfini [OUTPUT] bağlayıcıya kablo sağlayıcısıyla bağlanır. Bağlantı yapılmadan önce bobinle örnekleme valfindeki mıknatıs arasında kısa devre olmadığından emin olunur.

Güç anahtarını açılır.

[OVERLOAD PROTECTION] lambası, güç anahtarı açıldığında yaklaşık 1 saniye yanar. Bunun anlamı; herhangi bir sorun yoktur. [OVERLOAD PROTECTION] lambası sürekli yanıyorsa önce güç anahtarını kapatılır. örnekleme valfindeki bobinde herhangi bir izolasyon tahribatının olup olmadığını kontrol edilir.

Akım dalga formunu ve valf yükseliş dalga formunu gözlemleyerek prosedürleri uygulanır, böylece örnekleme valfi için optimumu davranış şekli elde edilir. Bu uygulama için, örnekleme valfinin çalışma süresinin kurulumu, yüksek hızlı manyetik uyarıcıyı ve örnekleme valfini çok ısıdırmayacak şekilde ayarlanması tavsiye edilir.

OUTPUT MONITOR] / [CURRENT] BNC terminalini bir senkroskoba bağlanır. Operasyondaki valf kaldırma dedektörünü al ve çıkışını bir senkroskoba bağlanır.

[EXCITING VOLTAGE] / [CURRENT SET] / [PEAK] ve [PEAK HOLD DURATION] 'ı T_1 ve T_2 periyotlarının yaklaşık olarak eşit valf hareketi yükselme zamanına sahip olduğundan emin olarak ayarlanır. [EXCITING VOLTAGE] ARTTIĞINDA T_1 'deki akımın yükselme zamanı hızı da artacaktır. Bu yükselme zamanı hızı manyetik bobindeki indüksiyona göre değişiklik gösterir. Ne kadar küçük indüktans olursa, yükselme zamanı hızı da o kadar artar.

T_1 'deki son akım değeri, [CURRENT SET] / [PEAK] olarak ayarlanabilir fakat T_1 2 ms'de,akım değeri 'I peak' noktasına ulaşmadan önce T_1 otomatik olarak T_2 ' ye gidecektir.

T_2 zamanını [PEAK HOLD DURATION] olarak kurulur. T_2 'deki akım düz bir şekilde düşecektir. Valf yükselme süresi T_1 ve T_2 periyotları için çok uzunsa, bobindeki helezon sayısı arttırılmalıdır.

Helezon sayısı arttırılınca, akımın yükselme zamanı hızı düşerken, elektromanyetik çekme kuvveti artacaktır. Buna göre bobindeki helezon sayısı bu etkiler göz önüne alınarak çok iyi hesaplanmalıdır. ' I peak' değeri büyükse ve T_1 ve T_2 çok genişse, elektromanyetizma, örnekleme valfinin hareketinin başlamasında gecikmelere sebep olacak ve elektromanyetizma T_4 periyoduna tekrar kurulduğunda örnekleme valfinin zamanlamasını kararsız bir hale getirecek, manyetik olarak çok doygun bir hal alır.

[CURRENT SET] / [HOLD] değerini valf hareket değerinin ulaşabileceği minumum seviyeye ayarlanır. [CURRENT SET] / [REVERSE] 'ü valf hareketini stabil yapabilen akım değerine getirmek için ayarlanır.

Akım değerinin gerekli en düşük değere ayarlanması önerilmektedir. Bu en düşük değerde, ters akım tepe değeri daha fazla arttırılırsa bile,örnekleme valfinin tekrar ayarlama gecikmesi ve onun kararsızlığı daha fazla düzeltilemez. Kontrol sinyali yükselme zamanı ile valf hareket etmeye başladığı an arasında bir zaman farkı vardır. Bunun anlamı helezon yaylarda elektromanyetik çekme kuvvetinin oluşabilmesi için geçen zamandır. Zaman farkı örnekleme valfine uygulanan akışkan basıncı ve helisel yay kuvvetine göre değişir. Bunun yanında örnekleme valfinin kapanma zamanı elektromanyetizmadaki kalan manyetik yay kuvveti ve akışkan basıncı tarafından etkilenir. Örnekleme valfinin kapanış zamanlaması, artık elektromanyetik manyetizma, yay kuvveti ve akışkan basıncı ile sağlanmaktadır. Dolayısıyla ile kontrol sinyali yükselme zamanı, örnekleme valfinin istenen gerçek açılış zamanına

yükselmesini sağlamaktadır. Örnekleme valfinin gerçek açık kalma süresine göre sinyalinin zaman genişliği T'nin ayarlanması gereklidir.

6.2.2. Örnekleme Valfi Kontrol Ünitesi

Örnekleme valfi kontrol ünitesi Model DA-087 A gaz örnekleme sisteminin önemli bir birimidir. Model SGD-10 kontrol sinyalini yüksek hızlı manyetik uyarıcıya, model HD-08C'ye sağlamak için dizayn edilmiştir. Bu kontrol ünitesinin fonksiyonları şu şekilde sıralanabilir. Krank hareketinin yükselticisi ve sinyal işleyicisi, krank hareketi sağlayıcısından, (Krank pulse generator) HD-15PT, krank hareket sinyalini alarak yükseltebilir ve dört(4) zamanlı motorlarda krank açısı referans etkisini (örnek: TDC etkisi) ikiye bölebilmektedir. Krank hareket jeneratörü motora bağlanmış yarık disk kombinasyonu ile kullanılır ve 2 çeşit hareket sağlar. Bu hareket şekilleri 360 pulse/krank shaftın deviri ve 1 pulse/krank shaftın deviri şeklinde ifade edilebilir. HD-08C uyarıcının kontrol sinyal üreticisi zamanlamanın ayarlanmasını ve kontrol sinyalindeki krank açısının etki genişliğinin kurulmasını sağlar. Aynı zamanda örnekleme valfinin açılma süresini ayarlayabilir.

Kullanılabilir bir diğer fonksiyon ise örnekleme aralığının ayarlanabilmesidir. Bu fonksiyon, çeşitli aralıklarla bölünmüş farklı motor çevrimlerinde (her motor çevriminde değil) örnekleme valfini kumada etmek için kullanılır. Silindir içindeki gaz örneklendiğinde, örnekleme yapılan çevrimdeki yanma kararsız hale gelmektedir. Dolayısı ile örnekleme valfini, kararlı yanma içersinde kumanda etmek için silindir içinden yapılan gaz alımı birkaç çevrimde bir gerçekleştirilmelidir. Örnekleme valfinin aşırı ısınması ve ömrü göz önüne alınarak, bu fonksiyon yukarıda verilen işlemleri yerine getirmek ve örnekleme valfinin kullanım oranını artırmak adına büyük önem ifade etmektedir.

Kontrol sinyalinin çıktısı panel de bulunan [START]/[STOP] anahtarı ile kontrol edilebilir. Ayrıca, kontrol sinyali önceden ayarlanabilir ve önceden ayarlanmış sinyal değeri elde edildiğinde otomatik olarak durdurulabilir. Krank pulse'ı ile kontrol sinyali arasındaki ilişkiyi iyi analiz edilmelidir. Kontrol sinyali, referans pulse'ından

ve zaman aralığı T'den faydalanılarak ayarlanmaktadır. 1/2 A pulse' ı referans pulse'ı olarak kullanılır ve kontrol sinyalinin örnekleme sayısı iki kere ayarlanır. Krank pulse'nın dağılımı, farklı zamanlarda ve valf açık kalma sürelerinde çalışan bir kaç elektro-manyetik örnekleme valfi kullanıldığında, kontrol ünitesi, DA 087A ve manyetik uyarıcı, HD-08C kullanılan örnekleme valfi sayısı kadar olmalıdır.

Örnekleme Valfi Kontrol Ünitesi Kullanım Prosedürü

İlgili anahtarların bağlanması ve ayarlanması için yapılması gerekenler sıralanacak olursa, ilk olarak krank pulse üreticisinin kullanımı, HD-15PT için;

- Bağlantı : Model HD-15PT'yi Model DA-087A' ya ilgili kablo olan HD-15C(5 metre) bağlanır. Krank pulse üreticisi pulse'ları foto-elektrik (Optik göz) method ile tespit etmektedir. Model HD-15PT kızıl ötesi kullanır ve ışın demeti görünmezdir.
- [EXT] / [PHOTO] anahtarının [PHOTO] konumuna getirilir.

Dış krank Pulse sinyalinin kullanımı için;

- Bağlantı : 360 pulse/rev'İ [CRANK]'A ve 1 pulse/rev [TDC]'ye sırası ile bağlanır. Her pulse çıkış seviyesinin TTL seviyesinde olduğu düşünülür.
- [EXT] / [PHOTO] anahtarını [EXT] konumuna getirilir. Dört(4) zamanlı motor için uygulama: referans pulse'ı, -1/2 A VE 1/2 B pulse'ları şeklinde, 1/2 pulse 'a bölünmelidir. Bu pulse'ları seçmede iki adet metod vardır:

1. Flip Flop metodu: [2∞/4∞] anahtarı [4∞] olarak konumlandırılır. Dahili FF mantığı otomatik olarak her pulse'da referans pulse'ını TDC puls'ından alacaktır. Fakat, motor çalışmaya başlamadan önce, hangi TDC pulse'nın referans olarak alınacağını belirlemek mümkün değildir. Dolayısı ile motor her yeniden çalışmaya başladığı durum için FF fazını [FF A/B] anahtarı ile birlikte ayarlamak gereklidir.
2. TDC markacı metodu: Bu metod Flip-Flop metodunda yer alan dezavantajları da içerir. [2∞/4∞] anahtarı [4∞] şeklinde ayarlanır. [FF / A/B] her iki pozisyonda da olabilir. Elektro-manyetik toplayıcı Model MP-910'u [TDC Marker]'a

bağlanır. (Bu toplayıcı opsiyonel olarak sağlanır) Markalayıcı toplayıcıyı kam şaftına yakın yerleştirilir dolayısı ile sıkıştırma stroğunda TDC’de bir pulse yaratılabilmektedir.

3. Bu markalayıcı pulse FF fazını otomatik olarak ayarlar ve böylece markalayıcı pulse’ın ardından gelen her diğer pulse’daki TDC pulse’ı referans pulse’ı olabilir.

Kontrol sinyalinin yüksek hızlı manyetik uyarıcıya (HD-08C) ulaşabilmesi için kontrol Ünitesinin (Model DA-087A) arka panelinde bulunan [OUTPUT]’u, (Model HD-08C) manyetik uyarıcının [SIGNAL INPUT]’na 1 metre eşeksenel kablo yardımı ile bağlanması gerekmektedir. AC 100V’u arka panelde bulunan [POWER AC 100V] konnektörüne güç kablosu yardımı ile bağlanır. Model DA-087A voltaj değeri sadece AC 100V 50/60 Hz şeklindedir. Sistem sehpa, Model 60C-10, bir adet step-down transformer içerir. Krank Pulse Dağıtıcısı, farklı zamanlamalarda ve valf açıklığı süresinde birden fazla elektro-manyetik örnekleme valf’i kullanıldığı zaman, krank pulse kontrol ünitesinin (DA-087-A) sayısı ve yüksek hızlı manyetik uyarıcının (ED-08C) sayısı örnekleme valf sayısı kadar olmalıdır. Bu durumda, ana kontrol ünitesi, krank pulse’ını diğer alt kontrol ünitelerine dağıtmak zorunludur.

Her fonksiyonun ayarlanmasını detaylandırmak gerekirse, Referans pulse’nın 4 zamanlı Motorda Bölünmesi için; $[2^\infty/4^\infty]$ anahtarını $[4^\infty]$ konumuna getirilir. Flip-Flop metodun $\frac{1}{2}$ A yada $\frac{1}{2}$ B seçmek için kullanıldığı durumda, motorun çalışmaya başlamasının hemen ardından kontrol ünitesinde’de hangi pulse’ın seçildiğini kontrol edilir. Eğer yanlış pulse seçilir ise, [FF- A/B] anahtarı kullanılarak gerekli değişiklik yapılır. Örneğin, bu kontrol işlemi, silindirdeki basınç dalgasını ve osiloskoptaki [MONITOR OUT TDC] sinyalinin aynı anda izlenmesi ile yapılması mümkün bir uygulamadır. Bu prosedür, motorun her çalışmaya başladığı zaman tekrar edilmelidir.

Krank pulse jeneratörünün çalışmasının doğrulanması da kontrolü yapılması gereken başka bir uygulamadır. Motorun çalışır durumda olduğu ve Krank pulse jeneratörünün normal koşullarda çalışır olduğu kontrol edilmelidir. Bu kontrol

aşağıda verilen davranışların izlenmesi ile yapılmaktadır. Krank Pulse:[MONITOR-OUT] - [CRANK], Referans Pulse: :[MONITOR-OUT] – [TDC].

Kontrol sinyal zamanlaması referans pulse'ından zaman miktarı olarak (time-lag), yada krank pulse üretici tarafından elde edilen açı, istenen krank açısı kadar pulse'a denk gelen krank açısı olarak seçilebilir. Zaman biriminin seçilmesi işleminde, [X 0.1 ms] ya da [X 1 ms] ya da [DELAY SET] dijital anahtarının sağındaki [CRANK] 'I seçilir. Örneklemme valfinin açma anının belirlenmesi için zaman biriminin seçilmesi durumunda, [DELAY SET] dijital anahtarı ile ayarlanır. Örneklemme valfinin açma anının belirlenmesi için krank açı biriminin seçilmesi durumunda [CRANK], istenen açık kalma süresi krank açısı miktarı girilerek gerçekleştirilir. Benzer şekilde, valfin açık kalma süresi için de aynı prosedür uygulanır. İstenen değer zaman cinsinden [X 0.1 ms] ya da [X 1 ms] ya da dijital anahtarın sağında yer alan [X CRANK]'ı seçerek krank mili açısı cinsinden verilebilmektedir.

Zaman aralığı T'nin ayarlanması için, [DURATION SET] dijital anahtarı ile zaman aralığı T ayarlanır. Örneklemme aralığının ayarlanması için de kolay bir yol izlenmektedir. Bu prosedür, elektro-manyetik örneklemme valfinin, herbir motor çevrimi için veya istenen motor çevriminde devreye girmesini sağlamaktadır. Örnek alımını bölünmüş motor çevrim sayıları ile ifade etmek mümkündür. Bölünmüş motor çevrimi, [INTERNAL SET] anahtarı ile ayarlanır. Eğer bölünmüş sayı N olarak ayarlanmış ise, kontrol sinyali, n devir olarak 'gelecek' kontrol sinyalinin içine bölünür. Dolayısı ile, örneklemme valfinin çalışma periyodu motor devrinin n+1 katı olacaktır. Önceden ayarlanmış örneklemme valfinin çalışma sayısı ile, örneklemme valfi ayarlanmış olan örneklemme sayısına ulaşınca gelince otomatik olarak çalışmayı durdurabilir. Bu işlem [AUTO] / [MANUEL] seçimi ile gerçekleştirilmektedir. [STOP] - [AUTO] / [MANUEL] olarak seçildiği zaman, otomatik durdurma seçeneği devreye girecektir. [MAN] seçimi ile birlikte, örneklemme valfi [STOP] butonuna tekrar basılana kadar çalışmaya devam etmektedir. Oto-durdurma fonksiyonu kullanıldığı zaman, örneklemme valfinin çalışma sayısı [AUTO STOP SET] tarafından önceden ayarlanabilmektedir. Örneklemme valfini aktif hale getirmek için aşağıdaki yol izlenmelidir.

- [START] butonuna basıldığı zaman, [GATE] lambası yanar, ve kontrol sinyali sağlanır.
- [STOP] butonuna tekrar basılması ile, [GATE] lambası söner ve kontrol sinyali kesilir.
- [STOP] – [AUTO] / [MAN] anahtarı [AUTO] olarak seçildiği zaman, kontrol sinyali, [AUTO-STOP SET] dijital anahtarı tarafından önceden sinyal değerine sağlandığı zaman, otomatik olarak kesilir.
- [SAMPLING COUNTER] sağlanan kontrol sinyalinin sayısını gösterir.
- Kontrol sinyali ve örnekleme valfinin gerçekte çalışması arasında bazı farklılıklar vardır. Doğru ayarlama için, gözlenen valf dalga-formunu kaldırırken zamanlamanın ve açık kalma süresinin ayarlanması gerekmektedir.
- Farklı zamanlamalarda ve açık kalma sürelerinde çalışan birden fazla örnekleme vafi kullanıldığı zaman, yüksek hızlı manyetik uyarıcı (HD-08C) ve örnekleme valfi kontrol ünitesi (DA-087A) örnekleme valfi sayısı kadar kullanılmalıdır.
- DA-087A kontrol ünitesinin nasıl bağlanacağı konusunda verilen açıklamalara bakınız.
- Her bir örnekleme valfine denk gelen örnekleme valfi kontrol ünitesi kullanılarak zamanlaması ve açık kalma sürelerini ayarlanır.
- [START] ve [STOP] fonksiyonları diğer kontrol üniteleri ile birlikte etkin bir şekilde kullanılabilir.

6.2.3. Örnekleme Valfi Hareket Dedektörü

Valf hareket dedektörü (CTU-10) gaz örnekleme sistemi (GSD-10) bileşenlerinin bir birimidir. Valf hareketini voltaj dalga-formu şekli halinde ortaya çıkarır. Örnekleme valfine dahil edilen sensör, valf mili ucundan ve eşmerkezli silindirik elektrottan oluşan bir yoğunlaştırıcıdır. Örnekleme sistemi çalışırken valf hareket dedektörü (CTU-10) yukardaki yoğunlaştırıcıdaki herhangi bir değişikliği voltaja dönüştürülür. C_x , C_o ve L 'den oluşan elektrik devre döngüsü 'half tune' şeklinde ayarlanır. Buna göre $C_x \pm \Delta C$ kadar değiştiğinde, voltaj çıkışı C_x 'deki değişim miktarı oranı kadar değişir.

Örnekleme Valfi Hareket Dedektörü Kullanım Prosedürü

- Valf hareket dedektöründeki [CAP] eşeksenli bağlayıcıyı ve örnekleme valfindeki eşeksenli bağlayıcıyı, eşeksenli kablo sağlayıcısı aracılığı ile bağlanır. Bağlantı için eşeksenli kablo sağlayıcısı kullanıldığından emin olunur.
- Yukarıdaki bağlantıların yapılması ile, elektrik devresi F_o 'da 'half tune' olacak şekilde ayarlanır. Paneldeki güç bağlantısını kablo sağlayıcısı ile AC 100V ye bağlanır. Ayarlamaları yapabilmek için güç anahtarını açılır.
- Ayar göstergesi O'a getirecek şekilde döndürülür. Bu pozisyon 'half-tune' durumunda olmalıdır. Gösterge de iki adet 'half tune' durumu vardır. Gösterge saat yönüne döndüğünde, göstergeyi (+) artı olarak sayıyormuş gibi kurulur.
- Ayar göstergesi 'half tune' pozisyonuna gelmiyorsa ya bir kısa devre vardır, ya da örnekleme valfi veya eşeksenli kablo zayıf bir şekilde izole edilmiştir ya da eşeksenli kabloda kopukluk vardır. Ayar göstergesi ibresi oldukça yavaş hareket ediyorsa, bu yukarıdaki parçaların izolasyon hatasından kaynaklanıyordur.
- CTU-10 modeli voltaj özellikleri sadece 100V ve 50/60 Hz'dir. Sistem bölümü Model GOC-10 bir basamak düşürücü transformer dan oluşur. Yükselticinin ayarlanması ve giriş çifti (AC/DC) ayarlamalarının tamamlanması gereklidir. Gaz örnekleme sistemi ile operasyondaki örnekleme valfinin çıkışını [OUT] bir osiloskopa bağlanır ve örnekleme valfindeki hareket dalga-formunu görüntülenir.
- Hareket dalga formunun bir seviye düşük görüntüsüne sahip olan [GAIN]'i ayarlanır. Giriş çifti [AC]'da kolay görüntüleme yapar fakat [DC]'de örnekleme valfindeki bazı bozukluklardan dolayı beklemek mümkündür.
- Örnek olarak valf oturağına kurum gibi yabancı maddelerin dolması ve örnekleme valfindeki yapının bozulması gibi bozukluklar okuma hatalarına neden olabilir. Örnekleme valfi çalışırken yüksek hızlardaki sesler hareket dalga formuyla aniden örtüşebilir. Bu da valf iğnesi ucunu titreşimine sebep olacaktır.

6.2.4. Krank Pulse (Etki) Jeneratörü

Krank hareket jeneratörü (üreticisi), Model HD-15PT, yarık disk ve Model SD-360-240 ile birlikte kullanılır ve krank hareketinin doğru şekilde algılanmasını sağlar. Yarık disk paslanmaz çelikten (0,3 t) yapılmıştır. Dış çevresinde 360 yarık iç çevresinde 1 yarık vardır. Disk motordaki krank şaftına elektrikli dinomometre çıkışında monte edilmiştir. Foto-elektrik okuyucu (optik göz) foto transistörü ve L.E.D'ten oluşan iki çift denetleyici elemandan oluşur. Işık demeti yarık boyunca geçerek foto-transistöre yansıtılır. Işık kızılötesidir ve görünmez. Foto-elektrik pick-up yarık diski döndürerek pulse sinyali elde etmek için tasarlanmıştır. Krank hareket jeneratörü Model-15PT; komple gaz örnekleme sistemi, Model GSD-10 ve örnekleme valfi kontrol ünitesi ile birlikte kullanılan, Model DA-087A bileşenlerinin bir birimidir.

Krank Pulse (Etki) Jeneratörü Kullanım Prosedürü

- Sistem kurulu değil ise, yarık disk ve foto-elektrik okuyucunun montajının yapılması gerekir. montaj çizimi (DWG.SD-360-240) ektedir. Motorun krank şaftına monte edilen yarık disk ile ekler kullanıcı tarafından temin edilir. Bunun yanında yarık disklerdeki delikler de, kullanıcı tarafından işlenir.
- Optik göz çukuru doğru bir şekilde sabitlenmelidir. Böylece L.E.D' teki ışık demeti diskin yarığı boyunca geçebilmelidir. Fakat ışık demeti görünmezdir. Sistemin pozisyonunu, ışık demetlerini eksene uyarlayan model HD-15PT üzerinde iki adet beyaz rehber çizgi kullanarak doğrulanır.
- Model HD-15PT'nin elektrik kıvılcımlarından korunmak için motor gövdesinden elektriksel olarak izolasyonu yapılmalıdır. Böylece Model HD-15PT'yi, izole edilmiş metal parçasıyla motora bağlanır.
- Model HD-15PT kırmızı küçük bir lambaya sahiptir. Bu lamba, Disk üzerindeki yarık, ışın demeti ile aynı pozisyona geldiği zaman, yanar. Lambanın yanması, 1 P/devir Pulse pozisyonunu gösterir.
- Eğer gerekli olur ise, yukarda verilen fonksiyonu kullanarak, (referans pulse) pozisyonunu mekanik TDC'ye ayarlayabilirsiniz.

- Motor gövdesine monte edilmiş toplayıcı kullanıcı tarafından destek olarak sağlanabilir. Desteğin yapısına bağlı olarak , foto-elektrik toplayıcı bazen motor titreşimi ile rezonansa girebilir ve düzgün çalışmayabilir.
- Uygun kablo yardımı ile foto-elektrik toplayıcı örnekleme valf kontrol ünitesine (Model DA-087A) bağlanır.
- Motor çalışırken, örnekleme valf kontrol ünitesi üzerindeki [CRANK] ve [TDC] çıktılarını izleyerek, krank pulse (360 pulse/devir) ve referans pulse'un (1 pulse/devir) doğru bir şekilde sağlandığından emin olunmalıdır.
- Yarık diskin kenarı oldukça incedir. Dolayısı ile motor çalışır iken diske kazara dokunmak oldukça tehlikelidir. Talimatlardan dışarı çıkılmamalıdır. Yarık disk mukavemeti göz önüne alınarak üretilmiştir.
- Fakat, bazı durumlarda, motor yüksek hızlarda çalışır iken oluşan merkezkaç kuvveti nedeni ile yarık disk zarar görebilir. Motor çalışır iken yarık disk ile dikkatli bir şekilde çalışılmalıdır.

Tez kapsamında yapılan uygulamalar doğrultusunda, yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi kullanımına yönelik bazı hatırlatmaları yapmak gereklidir. Özellikle yüksek motor devirlerinde çalışılırken, valf sıcaklığı sürekli olarak kontrol edilmelidir. Soğutma suyu hattında herhangi bir tıkanıklık olmamalıdır. Silindir basıncının yüksek olduğu krank mili açılarındaki çalışılırken, alınan numunelerin doğruluğu sonuçlar üzerinden yorumlanarak belirlenmelidir. Motora montajı yapılmış hali ile elektro-manyetik yüksek hızlı gaz örnekleme valfinin görüntüsü Resim 6.6'da verilmiştir.

Dışa açılmalı tip valf kullanıldığı için, böyle durumlarda kısmi valf açma problemi ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Çalışma süresince valf sesi dinlenmeli, herhangi bir tanımsız ses ile karşılaşıldığında sistem bir an önce kapatılmalıdır. Valf montajı yapılırken, dişliler zarar görmemesi için çeşitli periyotlarla yağlama yapılması önerilebilir.



Resim 6.6. Motora Montajı Yapılmış Olan Örnekleme Valfi

Bu montaj sayesinde, valfin sızdırmazlığı ve titreşim sönümleme yeteneği sağlanmış olmalıdır. Sistemin uyarı vermediği bir durum da valfin açık kalması durumudur. Uzun süreli kullanımlarda valf ağzı kurum ve partikülle dolmakta, bu da valfin bir süre sonra yay kuvveti ile kapanmasını zorlaştırmaktadır. Dolayısı ile her kullanımının ardından örnekleme valfi, korozif etkileri olmayan solventler veya alkollerle kapalı ve çalışır durumlarda temizlenmelidir. İş güvenliği açısından olası elektrik kaçaklarına karşı kullanıcı dikkatli davranmalıdır. Valf çıkışında kullanılacak olan hortumlar yüksek sıcaklığa ve özellikle aleve karşı dayanıklı malzemelerden seçilmelidir. Yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi çalıştırılmadan önce, slit disk göz ile muayene edilmelidir. Geometrisinde meydana gelmiş bir deformasyon var ise düzeltilmelidir. Kullanılan elektrik tesisatı çeşitli periyotlarla kontrol edilmeli, voltaj düşüşlerinin yaşandığı zamanlarda zorunlu kalınmadıkça deney yapılmamalıdır.

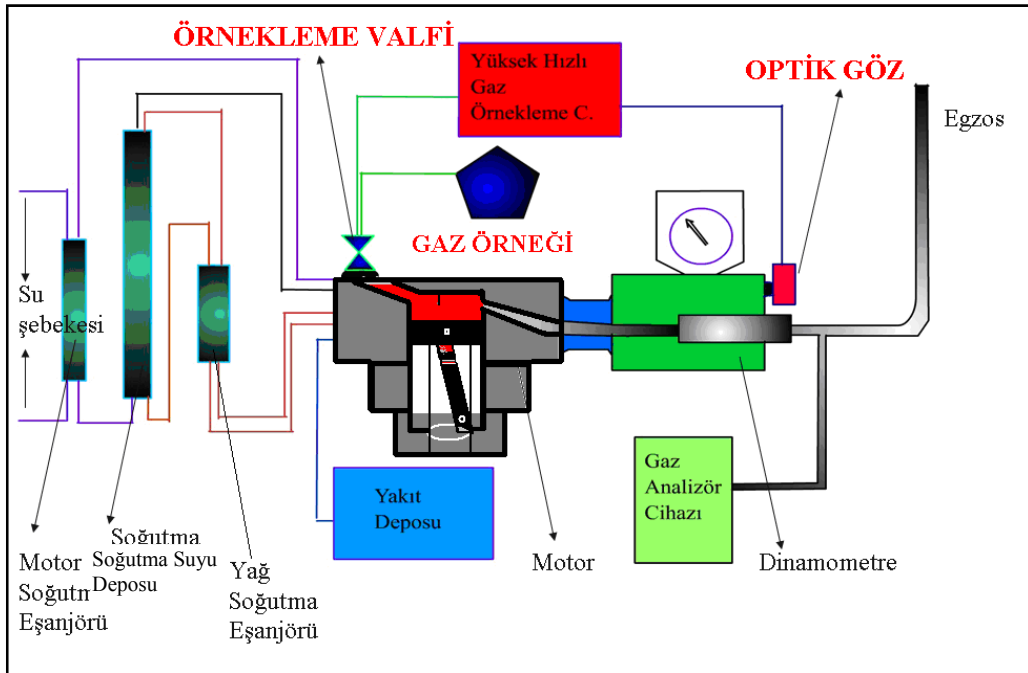
6.3. Deneysel Yöntem

Deneysel üç basamakta gerçekleştirilmiştir. Kurulumun tamamlanmasının ardından, sıkıştırma oranı değiştirilebilen tek silindirli Ricardo motorunun performans

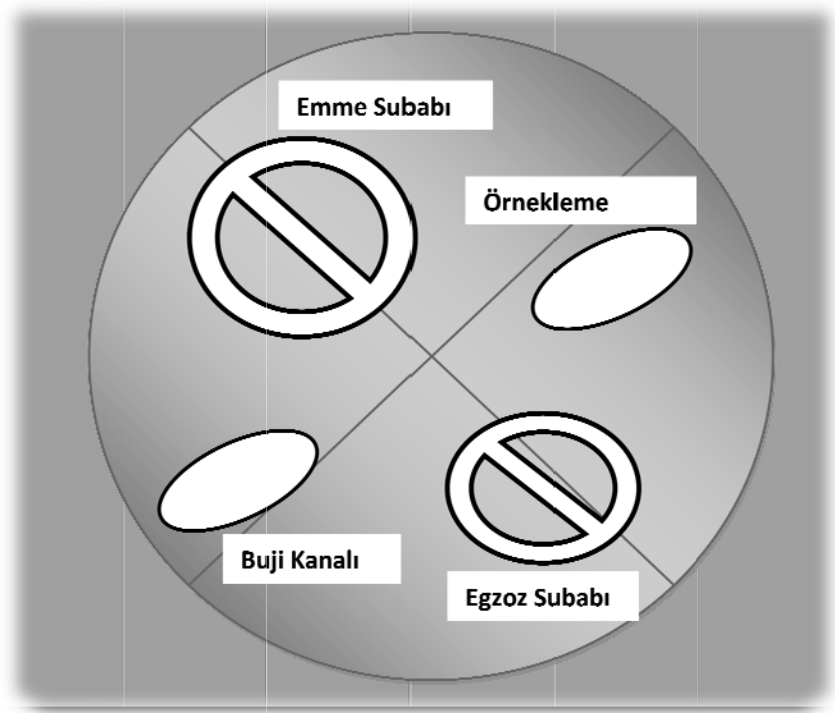
parametrelerinin katalog değerlerine ulaşması sağlanmıştır. Deneylerin birinci aşamasında, hazırlanmış olduğumuz performans deneyi prosedürü uygulanarak, motor için performans karakteristikleri çıkarılmıştır.

Yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin devreye alınması ile birlikte deneylerin ikinci aşamasına geçilmiştir. Bu bölümde, tek silindirli Ricardo motorunun farklı çalışma şartlarında silindir içindeki anlık ortalama emisyon davranışları sürekli olarak ölçümler yapılarak değerlendirilmiştir.

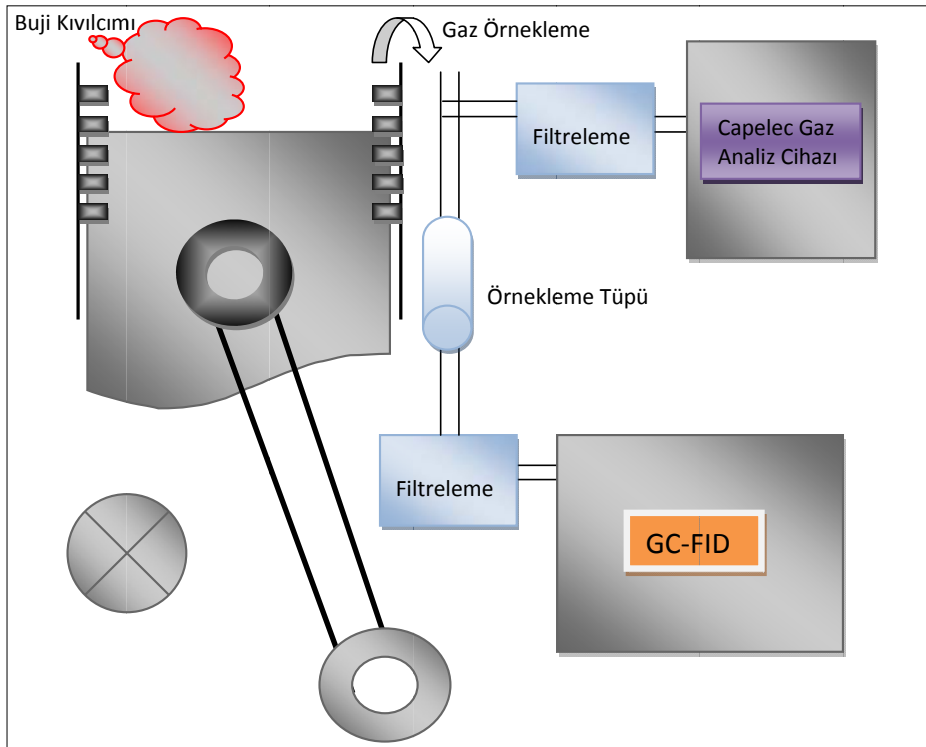
Yük konumu, motor devir sayısı, sıkıştırma oranı gibi parametrelerin, silindir içi emisyonlar üzerindeki etkileri yorumlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise, anlık silindir içi hafif HC oluşumları araştırılmıştır. Yanma evresi boyunca belirlenen krank mili açılarında örnek gazlar tüplere depolanmıştır. Alınan örnek gazlar C_1 - C_6 komponentlerinin belirlenmesi için GC-FID ile analiz edilmiştir. Motor parametreleri ile ilgili yapılan değişikliklerin, yakıt buharındaki ağır hidrokarbonların, hafif hidrokarbonlara parçalanmasını nasıl etkilediği yorumlanmaya çalışılmıştır. Deney düzeneğinin, örnekleme sisteminin ve silindir kafasının üstten şematik görünümü sırasıyla Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.4. Deney Düzeneğinin Şematik Görünümü



Şekil 6.5. Silindir kafasının üstten şematik görünümü



Şekil 6.6. Örnekleme sisteminin şematik görünümü

Bu görünümünden de anlaşıldığı gibi, Ricardo motoru su soğutmalı olup, elektrikli bir dinamometreye bağlıdır. Ricardo motoru elektrikli dinamometre ile yüklenebilmekte ve motor ayarları kontrol panelinden yapılmaktadır. Motor kontrol panelinde yer alan sistem sayesinde, motor giriş hava sıcaklığı, yağ sıcaklığı değerleri kontrol altında tutulmaktadır. Motorun istenen rejimde çalışması için yapılan ön deneylerde SUN MGA 1200 marka egzoz gazı analiz cihazı kalibre edilerek kullanılmıştır.

Deneylerde yakıt olarak 95 oktan benzin kullanılmıştır. Sıkıştırma oranı 4,5:1-20:1 arasında değiştirilebilen Ricardo motoru benzinli olarak çalıştırılmıştır. Motora ait teknik bilgiler aşağıdaki gibi sıranabilir;

Silindir çapı :	76,2 mm
Strok :	111,1 mm
Deplasman hacmi :	0,507 lt
Maksimum devir sayısı :	50 rps benzin modunda 50 rps dizel modunda
Maksimum güç :	Benzin modunda $r = 8:1$ 9,4 kW Dizel modunda $r = 20:1$ 9 kW
Maksimum silindir basıncı :	150 Bar

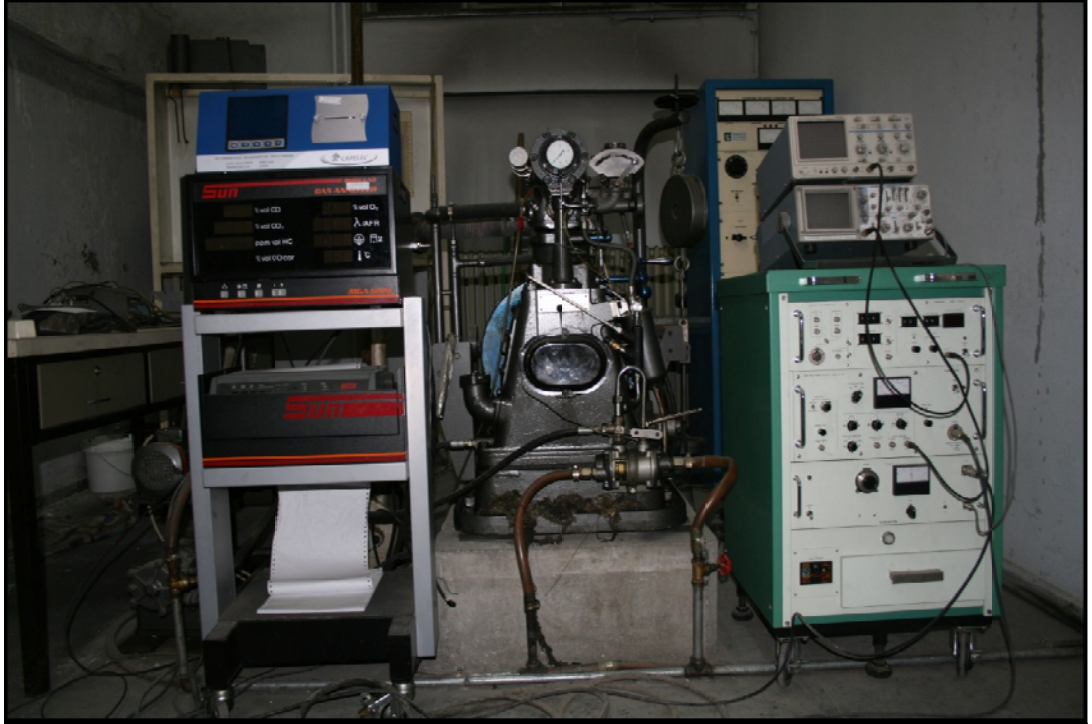
Deneylerin ikinci aşamasında, silindir içindeki anlık ortalama emisyonlar, yüksek hızlı gaz örnekleme valfine doğrudan bağlanan CAPELEC marka gaz analiz cihazı ile yapılmıştır. Toplam hidrokarbon, CO, CO₂ ve yüksek sıcaklık ürünü olan NO_x emisyonlarının analizi yapılmıştır. Çalışma sırasında yüksek hızlı gaz örnekleme valfinin hareketi ve manyetik uyarıcının oluşturduğu akım davranışları iki ayrı osiloskop aracılığı ile izlenmiştir.

Çalışmalar sırasında davranışlarında terslik tespit edilmesi halinde deney derhal durdurularak hatalar giderilmeye çalışılmıştır. Kenwood marka CS-8010 model iki adet osiloskobun teknik özellikleri şöyledir;

Ekran alanı : 8 x 10 div (1div=10 mm)
Hassasiyet : 1 mv/div-5mv/div 3%
Maksimum örnekleme hızı : 100 ns/word
Hafıza kapasitesi : 8 bits x 2048 words

Deney sisteminde kullanılan tüm bu ana elemanların bağlantılarının yapılması ile oluşan görüntü Resim 6.7’de verilmiştir.

Deneylere başlanmadan önce, her iki gaz analiz cihazı da üretici firma yetkilileri tarafından örnek gaz *propan* kullanılarak kalibre edilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar dosyalanarak arşivlenmiştir. Arşivlenen dosyalar Ek-1 Capelec gaz analiz cihazı sonuçları başlığı ile verilmiştir.



Resim 6.7. Bağlantıları Tamamlanmış Deney Düzeneği Görünümü

Deneylere başlanmadan önce, motorun soğutma ve yağlama sisteminin kontrolleri yapılmıştır. Gerekli olan yağ ve hava filtreleri, buji vb. ekipmanların değişiklikleri yapılmıştır.

6.3.1. Ricardo Motoruna Ait Performans Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Deneyler tam açık gaz kelebeği konumunda, motor elektrikli dinamometre ile kademeli olarak yüklenerek gerçekleştirilmiştir. Performans deneyleri sıkıştırma oranı $r = 6$ 'ya ayarlanmış ve motor ateşleme avansı 25° 'ye getirilerek yapılmıştır. Deneyler boyunca motor yağ sıcaklığı 60°C civarında tutulmaya çalışılmıştır.

Motor Torku

Tork, motorun iş yapabilme yeteneğinin ölçüsüdür. Tork, dinamometreler vasıtasıyla ölçülür. Tork, belli bir mesafeden bir kuvvetin oluşturduğu moment olarak da tarif edilebilir. Motor torku motorun çalışması sırasında krank milinin uyguladığı döndürme momenti olarak da tarif edilebilir. Torkun birimi Newtonmetre (Nm)'dir.

$$T = F \cdot r \quad (6.1)$$

T: Tork (Nm)

F: Kuvvet (N)

r : Mesafe (m)

Deneylerde elektrikli dinamometre kullanıldığı için tork değerleri dinamometre üzerinden direkt okunmuştur.

Mil Gücü

Motorun krank milinden alınan güce mil gücü veya fren gücü adı verilir. Mil gücü, indike güçten daha düşüktür. İndike güç, silindirde elde edilen güçtür. Pistonun ve bilyenin öteleme hareketi ile krank miline iletilerek milde dönel bir güç elde edilir. Bu gücün bir kısmı sürtünmelere, pompalama işine vs. harcanır.

Harcanan bu güce sürtünme gücü adı verilir. Başka bir deyişle, indike güç mil gücü ve sürtünme gücünün toplamıdır. Mil gücü, işin hangi oranda yapıldığının ölçüsüdür.

Mil gücü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$BP = 2 \cdot \pi \cdot T \cdot N / 1000 \quad (6.2)$$

BP: Mil (fren) gücü (kW)

T : Tork (Nm)

N: Devir Sayısı (dev/s)

Mil özgül yakıt tüketimi

Mil özgül yakıt tüketimi, motordan birim güç elde etmek için gerekli olan yakıt miktarı olarak tanımlanabilir. Mil özgül yakıt tüketimi verimin bir ifadesidir. Mil özgül yakıt tüketimi şu şekilde hesaplanabilir.

$$bsfc = (m_f / BP) \cdot 3600 \quad (6.3)$$

bsfc : Mil özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

m_f : Kütlesel yakıt debisi (g/s)

BP: Mil gücü (kW)

m_f , benzin için hesaplanmıştır.

Benzin için,

$$m_f = (\rho \cdot V_{fb}) / t \quad (6.4)$$

ρ_f : Benzinin yoğunluğu (g/cm³)

V_{fb} : Tüketilen benzin miktarı (cm³)

t : Zaman (s)

Benzin için deneylerde $V_b = 40 \text{ cm}^3$ alınmıştır.

Mil verimi

Mil verimi, krank milinden alınan gücün (mil gücü) silindirlerde yakıtın yakılmasıyla ortaya çıkan toplam enerjiye oranıdır.

$$\eta_B = \frac{BP}{Q_s * m_f} * 100 \quad (6.4)$$

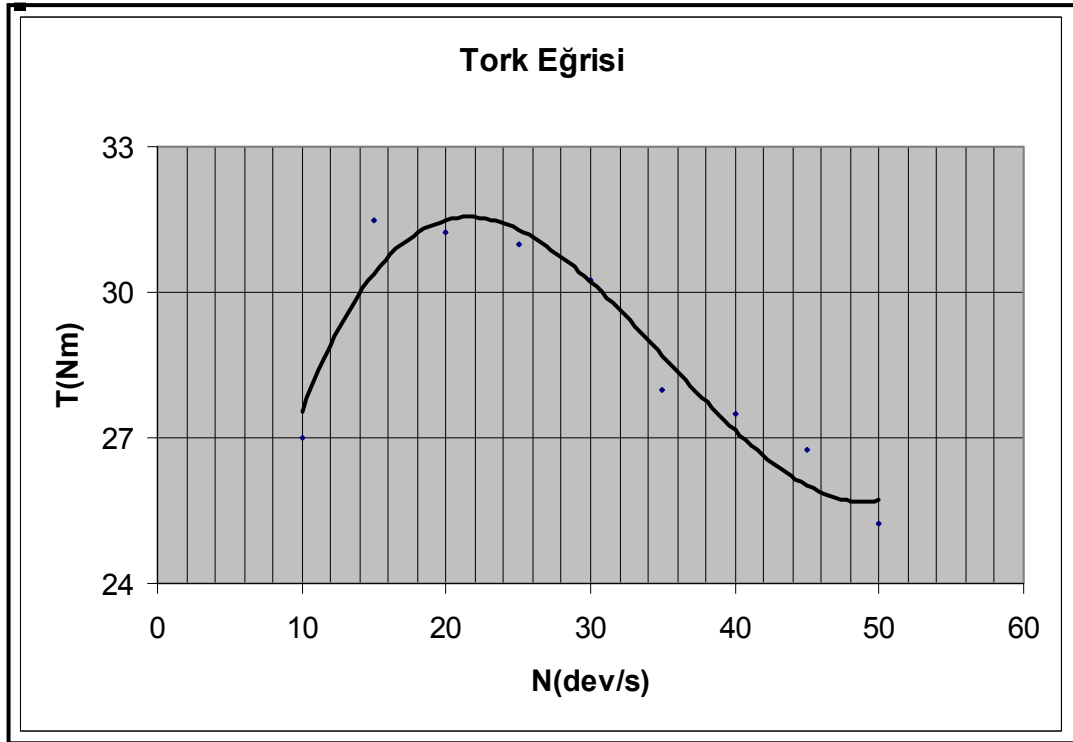
η_B : Mil verimi (%)

m_f : Kütlesel yakıt debisi (g/s)

Q_c : Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)

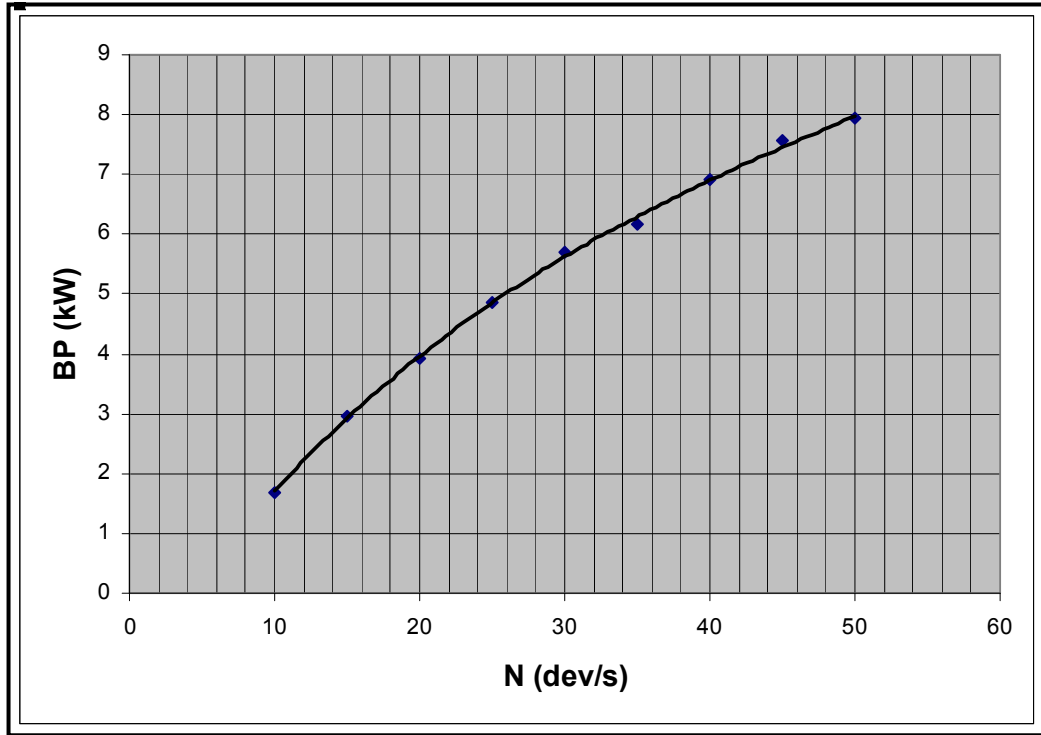
m_f , mil özgül yakıt tüketiminde anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur. İlk olarak Şekil 6.7’de motor torkunun devir ile olan değişimi görülmektedir.

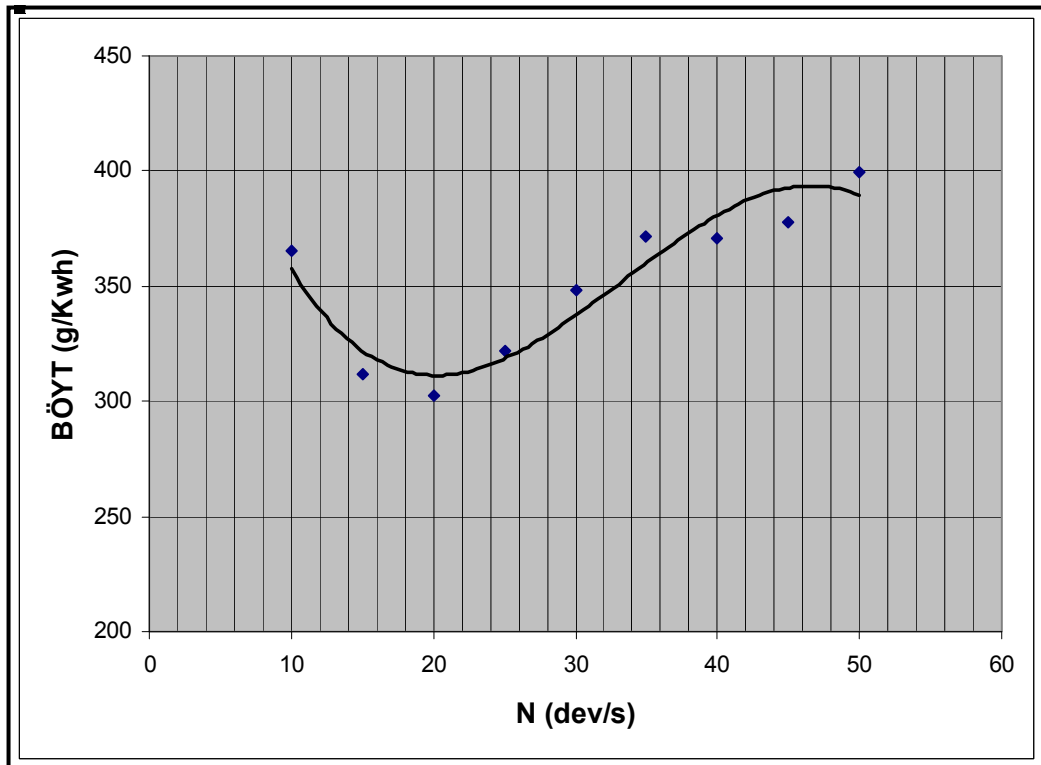


Şekil 6.7. Ricardo Motorunun Tork-Devir Grafiği

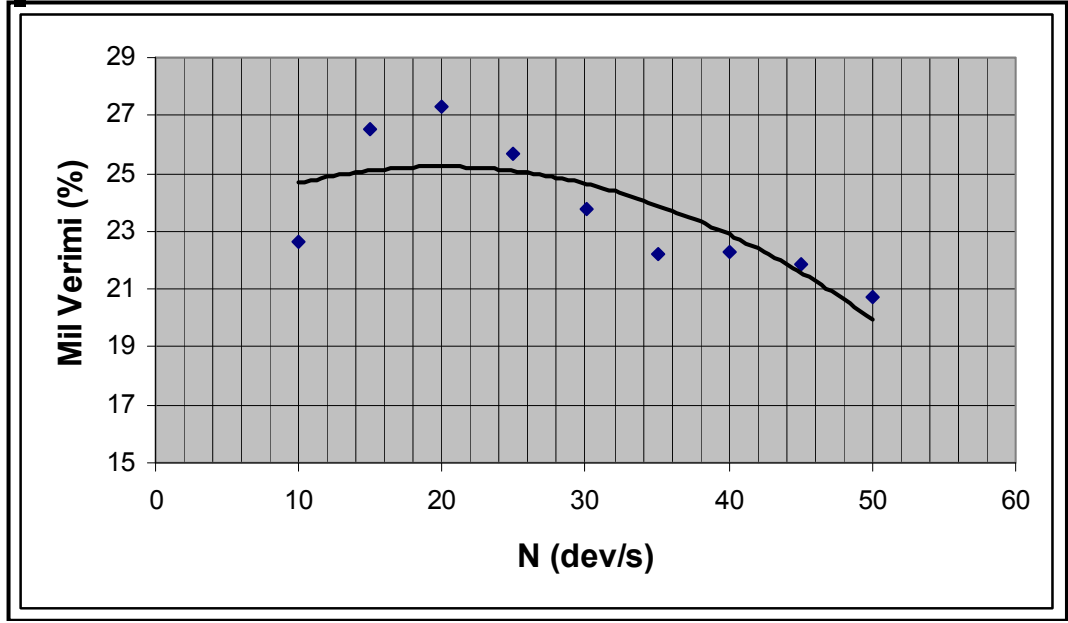
Motorun tork davranışı uygun olup, maksimum tork değerini $n = 22$ d/s de yaklaşık 32 Nm olarak almaktadır. Ricardo motoruna ait hesaplanmış olan güç grafiği mil özgül yakıt tüketimi ve mil verimi sırasıyla Şekil 6.8 ve Şekil 6.9-10’de verilmiştir.



Şekil 6.8. Ricardo Motorunun Güç-Devir Grafiği



Şekil 6.9. Ricardo Motorunun Yakıt Tüketimi-Devir Grafiği



Şekil 6.10. Ricardo Motorunun Mil verimi-Devir Grafiği

Grafiklerden de görülebileceği gibi, motor devri arttıkça tork değeri de artmakta maksimum tork oluştuğundan sonra motor devri artmaya devam etse bile tork azalmaktadır. Güç grafiği incelendiğinde, maksimum gücün $N = 50$ d/s de yaklaşık 8 kW olarak hesaplandığı görülmektedir. Torkun maksimum olduğu devirde minimum yakıt tüketimi olmaktadır. Bu da düzgün çalışan bir içten yanmalı motor için beklenen bir sonuçtur. Hesaplanan yakıt tüketimleri doğrultusunda ortaya çıkan bu davranış şekli literatürle örtüşmektedir. Dolayısıyla, elde edilen bu veriler ışığında araştırma yapmak üzere olduğumuz Ricardo motorun düzgün bir şekilde çalıştığı sonucuna varılmıştır. Böylece araştırmanın ikinci aşamasına geçilmiştir.

6.3.2. Silindir-İçi Anlık Toplam Emisyonların Analizi

Çalışmanın bu bölümünde, silindir bloğuna buji ile simetrik olarak monte edilen ve silindir içinden istenilen krank mili açısında gaz örnekleme yapabilen yüksek hızlı gaz örnekleme valfi kullanılmıştır. Valf çıkışındaki örnek gaz, Capelec marka gaz analiz cihazına sürekli olarak iletilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Gaz analiz cihazında ölçüm için uygun olan gaz debisinin ve şartların sağlanabilmesi için, gaz cihaza girmeden önce filtreleme işlemine tabi tutulmuştur. Bu filtreleme ile gaz

içindeki nem alınmıştır. Gaz debisi analiz cihazı öncesi vana yardımı ile kontrol altında tutulmuştur. Tüm sonuçlar Ek.1’de sunulmuştur.

Deneyler süresince, motor iki farklı sıkıştırma oranında iki farklı yük konumu için çalıştırılmıştır. Tüm deneylerde ateşleme avansı 25^0 ’ye ayarlanmıştır. Yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi kullanılarak motorun genişleme stroğunda buji ateşlemeden hemen önce ve yanma evresini kapsayan 60^0 ’lik bir alan taranmıştır. Deneyler sıkıştırma oranı $r = 6, 7$ ve 8 için, motor devri herbir sıkıştırma oranı için, maksimum torkun oluştuğu $N=20$ d/s ve $N=26$ d/s için tekrarlanmıştır. Sonuçların rahatlıkla incelenebilmesi için deneyler aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir.

Set-1 : Motor sıkıştırma oranı $r = 6$, motor devri $N=20$ d/s.

Set-2 : Motor sıkıştırma oranı $r = 6$, motor devri $N=26$ d/s.

Set-3 : Motor sıkıştırma oranı $r = 7$, motor devri $N=20$ d/s.

Set-4 : Motor sıkıştırma oranı $r = 7$, motor devri $N=26$ d/s.

Set-6-7 : Motor sıkıştırma oranı $r = 8$, motor devri $N=20-26$ d/s.

Sıkıştırma oranının $r = 8$ olduğun motor şartı için yüksek hızlı gaz örnekleme valfi istenilen hassasiyette çalışmadığı için bu şartlar altında sadece $N=20$ d/s motor devri için deney yapılabilmiştir.

Yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin silindir içinden örnek alabilmesi ve örneğin istenen debide valften çıkış yapabilmesi için kontrol ünitesinin çok etkin bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Örnekleme esnasında silindir içini direkt gören valf ile yanmanın minimum düzeyde etkilenmesi sağlanmalıdır. Dolayısı ile silindir içindeki basınç ve motor devri valfin çalışma şartlarını etkileyen en temel iki parametre haline gelmektedir. Bu çalışma çerçevesinde Ricardo motorunun deney şartları için kullanılması önerilen valf kontrol değerleri herbir deney seti için sunulmuştur. Ancak farklı bir motorda çalışma yapılması halinde bu değerler sadece birer referans olarak kullanılmalıdır. Doğru kontrol değerlerinin kullanılmaması valfin devreden çıkmasına veya yanlış ölçümler yapılmasına yol açacaktır.

Yüksek hızlı gaz örnekleme valfinden sürekli olarak gelen gaz, filtrelendikten ve gereken debiye indirgendikten sonra Capelec gaz analiz cihazına verilmektedir. Ölçüm alınan her KMA (Krank Mili Açısı) için sistem 60 sn açık tutulmaktadır. Bu ölçüm zamanının sonuçları kayıt altına alındıktan sonra bir sonraki ölçüm açısına geçilmektedir. Herbir krank mili açısı için CO ve yanmamış toplam HC (eşdeğer propan cinsinden) ve NO_x emisyonları ölçülmekte, CO₂ değerleri ise cihaz tarafından hesaplanarak verilmektedir.

Elde edilen sonuçlar silindir içinde meydana gelen yanma olayının sıkıştırma oranı ve motor yük konumu açısından nasıl etkilendiğini anlamak için yorumlanmıştır. Dolayısıyla sonuçlar önce motor yük konumlarının, daha sonra sıkıştırma oranlarının kıyaslanması ile düzenlenmiştir. Eksik yanma ürünü olan CO ve yanmamış HC değerleri krank mili açılarına göre grafikler halinde sunulmuştur.

Motor Yük Konumunun Silindir-içi Yanmaya Etkisi

Set-1 ve Set-2 Sonuçlarının karşılaştırılması

Giriş hava şartlarının (giriş havası ve yakıt sıcaklığı) sabit tutarak motor 1/3 açık gaz kelebeği konumunda çalıştırılmıştır. Elektrikli dinamometre yardımı ile iki farklı yük konumu oluşturulmuştur. Set-1 ve Set-2 için motor çalışma şartlarını gösteren değerler ve yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi valf kontrol ünitesi değerleri sırasıyla Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Set-1 ve Set-2 için motor çalışma şartları

Set-1 Devir N(d/s)	Sıkıştırma Oranı (r)	Ateşleme Avansı (Derece)	Motor Torku T (Nm)	Yük Alan Voltajı
20	6	25	24	30
Set-2 Devir N(d/s)	Sıkıştırma Oranı (r)	Ateşleme Avansı (Derece)	Motor Torku T (Nm)	Yük Alan Voltajı
26	6	25	15,5	20

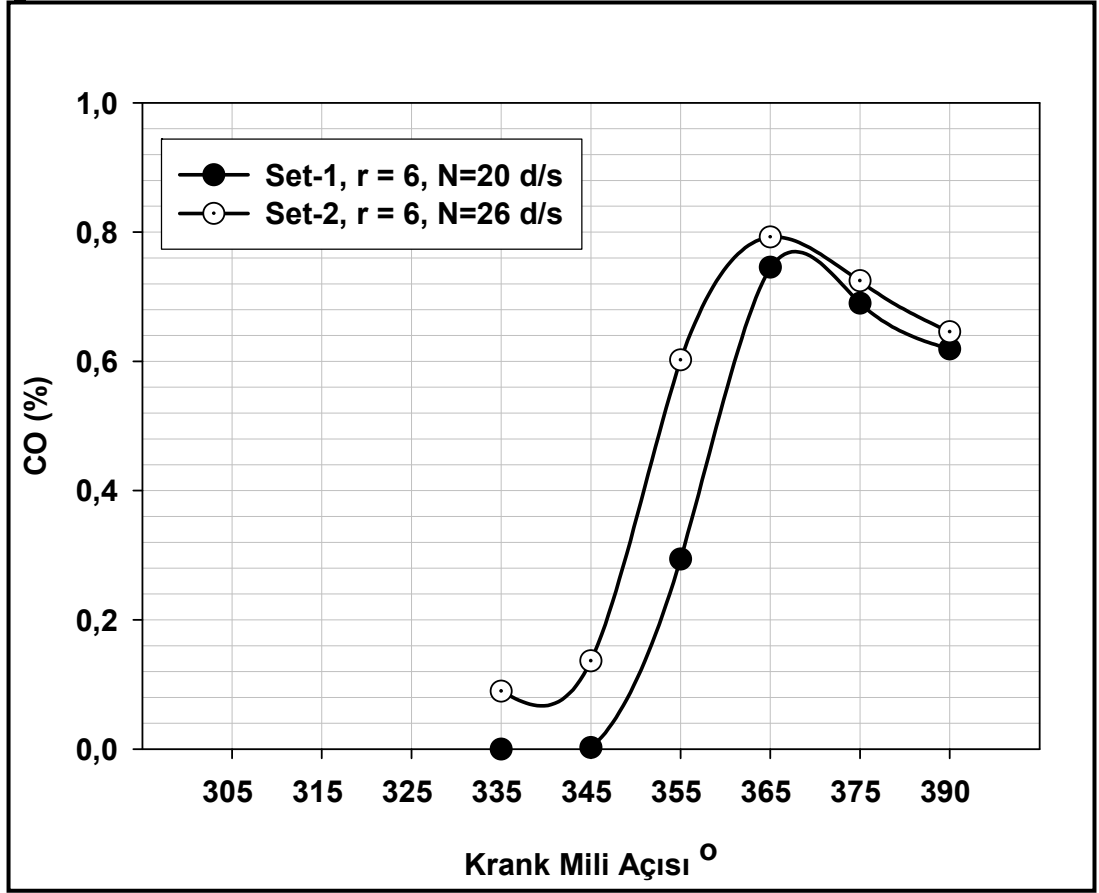
Çizelge 6.2. Set-1 ve Set-2 için Valf Kontrol Ünitesi Değerleri

Set-1	Exciting Voltage	Peak	Hold	Reverse	Interval Set	Duration Set	Peak Hold Duration
	150 V	50	5	3	1	10 KMA	1 ms
Set-2	Exciting Voltage	Peak	Hold	Reverse	Interval Set	Duration Set	Peak Hold Duration
	300	50	3	5	2	10 KMA	1 ms

Çizelge 6.2 ‘de yer alan değerler özellikle kullanıcılara kolaylık olması amacıyla yüksek hızlı gaz örnekleme sisteminin valf kontrol ünitesi üzerindeki ingilizce isimleri ile yazılmıştır.

Burada “exciting voltage” valf üzerindeki sarımı uyaran elektromanyetik akım oluşmasını sağlayan uyarıcı akımı, “peak” valf için açma anında istenen tavan akım değerini, “hold” valfin açık kalmasını “reverse” ise kapatma hızını sağlayacak olan mertebeleri, “interval set” valfin kaç çevrimde bir ölçün yapmasının istendiğini, “duration set” valfin hangi süre boyunca veya periyot boyunca açık kalması ve “peak hold duration” da valf açma tavan akımının ne kadar süre boyunca üretileceğini temsil etmektedirler.

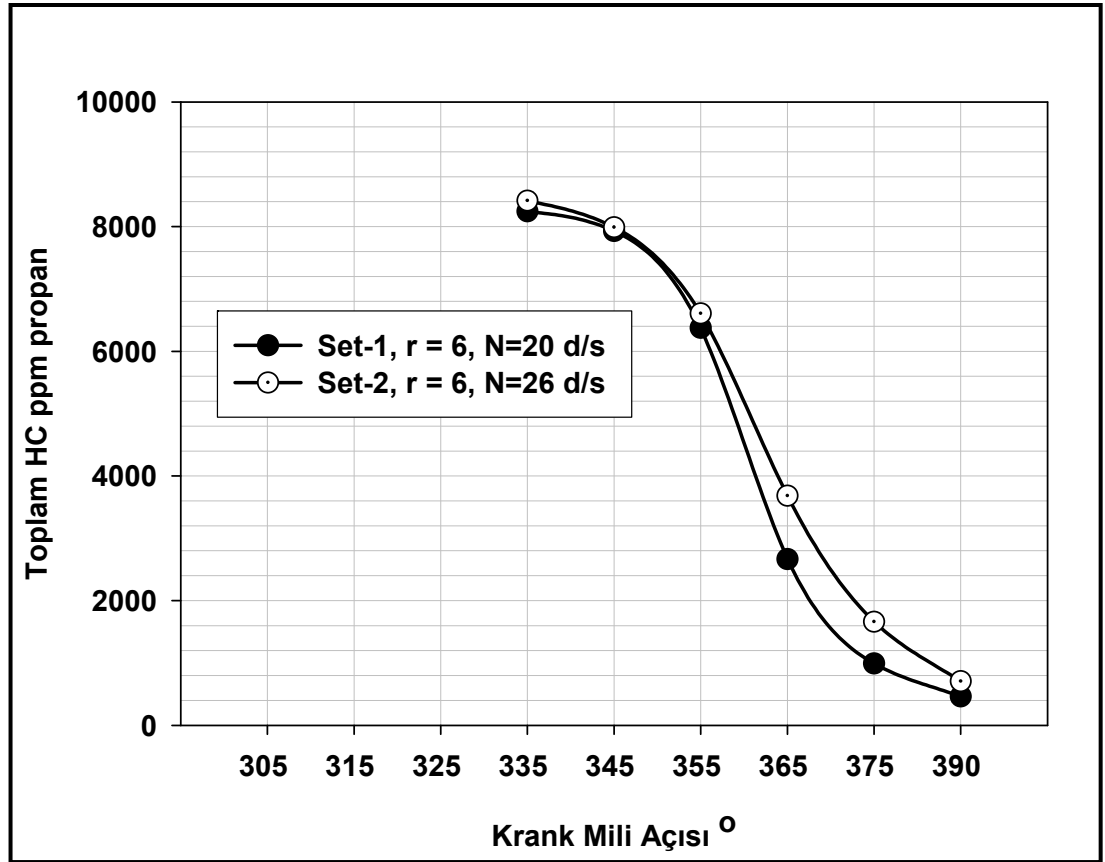
Her iki set için de, ölçümler piston üst ölü noktaya gelmeden 35 KMA önce alınmaya başlanmıştır. Ateşleme avansının 25 KMA olduğu düşünülürse, buji çakmadan hemen önceki değerler ve bujinin çakması ile birlikte takip eden 335-345-355-365-375 ve 390 KMA’larında ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonunda yanmamış HC ve CO emisyonları grafikler halinde sunulmuştur. Buna göre eksik yanma ürünü olan CO’nin yüzde değişimi krank mili açısına göre Şekil 6.11 ’da verilmiştir. Sıkıştırma oranı sabit tutulmuş ve motor elektrikli dinamometre yardımıyla yük altına alınmış ve iki farklı devirde çalıştırılmıştır.



Şekil 6.11. Set-1 ve Set-2 ($r=6$, $N=20-26$ d/s) için KMA göre CO(%) dağılımı

Görüldüğü gibi eksik yanma ürünü olan CO yanmanın başladığı yani bujinin çıktığı an sıfır mertebesinde değerler verirken yanma evresi boyunca artış göstermiştir. Bu artış belirli bir krank açısından sonra azalma eğilimine girmiştir. Bu sonuç alev yürümesinin bittiğini ancak CO değerindeki azalma ile kimyasal etkileşimin devam ettiği düşüncesini doğurmaktadır. Ölçüm noktasının buji simetriği olduğu düşünülürse, piston yanma stroğu boyunca AÖN'ya doğru ilerlemekte ve örnekleme valfi iğnesi çevresinde egzoz gazı olarak atılacak olan gaz kümesi birikmektedir. Dolayısıyla ile 365 KMA'sından sonra gözlenen azalma beklenen bir sonuç olarak düşünülebilir. Aynı sıkıştırma oranı için iki farklı yük konumunda alınan ölçümler sonucunda, Set-1 deney şartları yani motor $N=20$ d/s devrinde çalışırken daha düşük CO (%) değerleri görülmüştür. Ölçüm periyodunun alevin oluşumu ve sona ermesi ile sınırlı olduğu düşünülürse, düşük devirdeki yanmanın daha iyi ve verimli olduğu söylenebilir. Bu da yanmanın gerçekleşmesi için gerekli olan zaman, sıcaklık ve

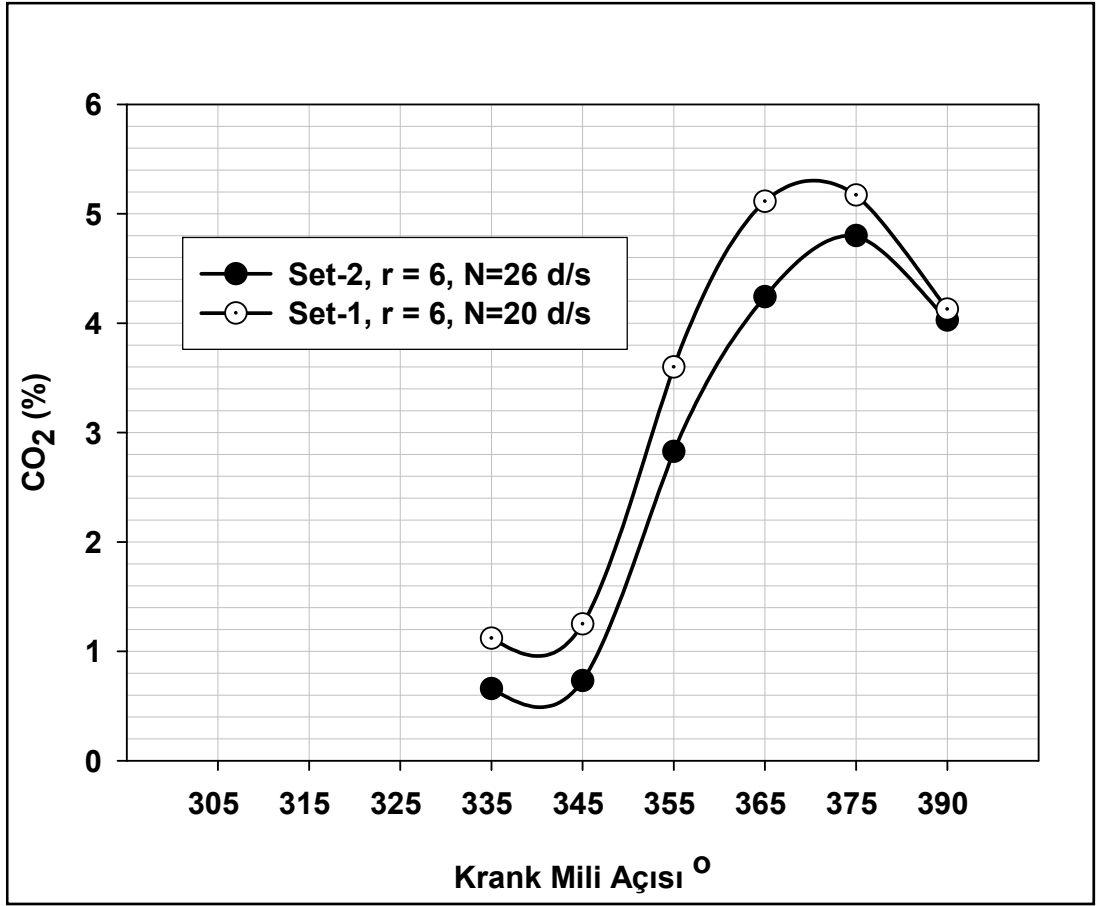
türbülans etkilerinden türbülans etkisinin $N=20$ d/s için daha uygun olduğu ve $N=26$ d/s için yanma zamanının azalmasının yanmayı olumsuz etkilediği sonucu ile açıklanabilir. Yanma evresi boyunca meydana gelen fark, yanma evresinin bitmesi ve egzoz valfinin açacağı KMA'sına yaklaşıldıkça azalmakta ve 390 KMA için neredeyse egzoz çıkış değerlerine inmektedir. Silindir içindeki yanmamış HC değerlerinin KMA göre dağılımı Şekil 6.12'da verilmiştir.



Şekil 6.12. Set-1 ve Set-2 ($r=6$, $N=20-26$ d/s) için KMA göre HC (ppm) dağılımı

Ateşleme avansının 25 KMA olduğu düşünülürse, 335 KMA'da görülen HC değeri yakıt buharını ifade etmektedir. Bujinin çakması ile birlikte silindir içindeki toplam HC değerindeki ani azalma açıkça görülmektedir. Bu sonuçtan yola çıkarak yanmanın yaklaşık 60 KMA devam ettiği düşünülebilir. 390 KMA'na gelindiğinde egzozdan atılacak olan yanmamış HC değerlerine ulaşılmaktadır. $N=20$ d/s motor devri için yanma evresi boyunca ve sonunda daha az yanmamış HC değerleri görülmüştür. Yanmamış HC değerlerindeki artışın yanmanın iyi olmadığının bir

göstergesi olduğu düşünülürse, N=20 d/s için yanma N=26 d/s motor devrine göre daha iyi gerçekleşmektedir. İyi bir yanma temel şartlardan biri olan türbülans etkisinin $r=6$ durumunda N=20 d/s için daha iyi sağlandığı bu grafik sonunda da net bir şekilde görülmektedir. Capelec gaz analiz cihazı ile hesaplanarak çıktı haline dönüştürülen CO₂ değişimi elde edilen bu sonuçları ve motor yük konumunun yanma üzerindeki etkisi ile ilgili yorumları destekler niteliktedir. Set-1 ve Set-2 deney sonuçlarına göre CO₂ (%) emisyonunun KMA göre değişimi Şekil 6.13’de verilmiştir.



Şekil 6.13. Set-1 ve Set-2 ($r=6$, N=20-26 d/s) için KMA göre CO₂ (%) dağılımı

Grafikten de görüldüğü gibi bir oksijen atomuyla daha oksitlenerek CO₂'ye dönüşen CO miktarının Set-1 için daha yüksek olması, yanmanın daha iyi olduğunu ifade ettiğimiz bu motor koşulları için beklenen bir sonuçtur.

Set-3 ve Set-4 Sonuçlarının karşılaştırılması

Set-3 ve Set-4 için motor çalışma şartlarını gösteren değerler ve yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi valf kontrol ünitesi değerleri (Ortalama Değerleri) sırasıyla Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Set-3 ve Set-4 için motor çalışma şartları

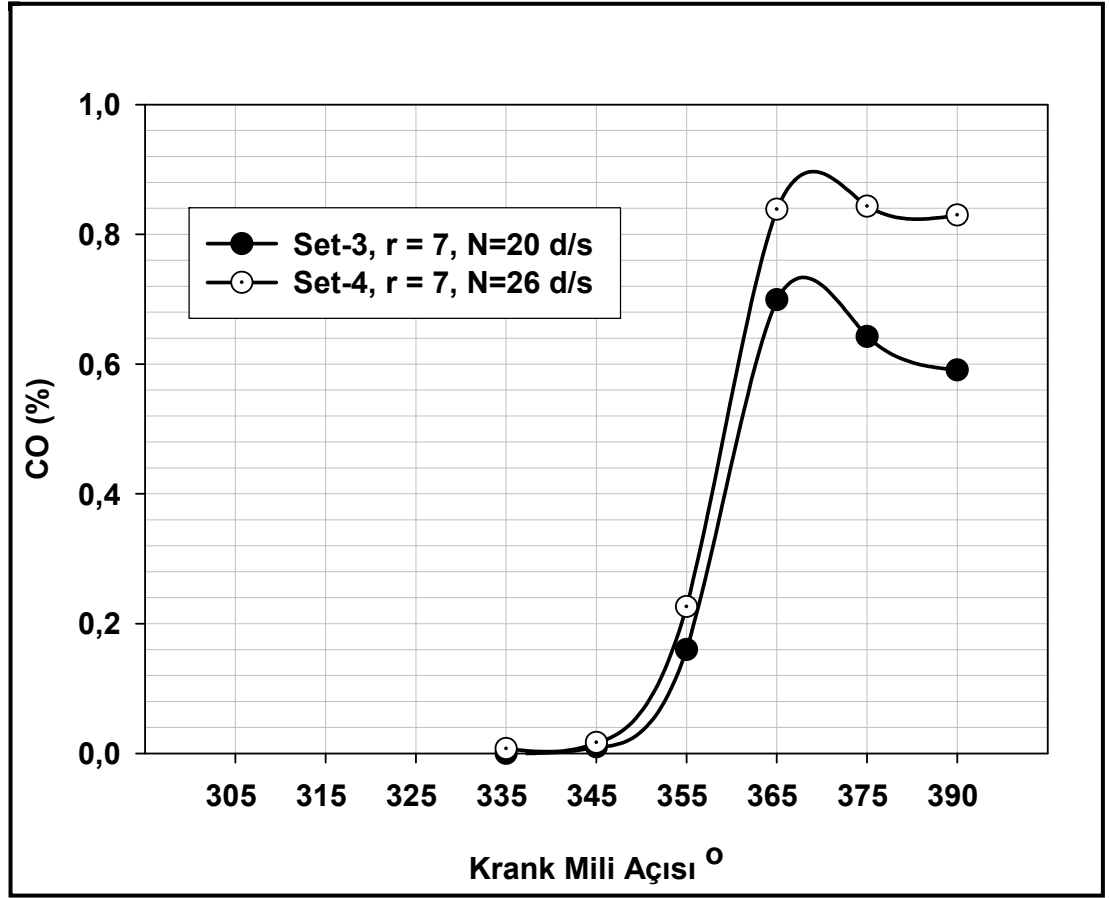
Set-3 Devir N(d/s)	Sıkıştırma Oranı (r)	Ateşleme Avansı (Derece)	Motor Torku T (Nm)	Yük Alan Voltajı
20	7	25	28	34
Set-4 Devir N(d/s)	Sıkıştırma Oranı (r)	Ateşleme Avansı (Derece)	Motor Torku T (Nm)	Yük Alan Voltajı
26	7	25	19	22

Çizelge 6.4. Set-3 ve Set-4 için valf kontrol ünitesi değerleri

Set-3	Exciting Voltage	Peak	Hold	Reverse	Interval Set	Duration Set	Peak Hold Duration
	300 V	50	10	10	2	15 KMA	2 ms
Set-4	Exciting Voltage	Peak	Hold	Reverse	Interval Set	Duration Set	Peak Hold Duration
	300	50	Max.	Max.	2	15-20	2 ms

Sıkıştırma oranındaki artışla beraber silindir içindeki karışımın basınç değerlerinde artış meydana gelmiştir. Dolayısı ile sıkıştırma stroğu sonunda başlayan ve genişleme stroğunun bir bölümünü kapsayan örnekleme işleminin sağlıklı yapılması için valf kontrol ünitesinde yapılması gereken değişikliklerin bazıları Tablo 6.4’de verilmiştir. Yapılan deneyler sırasında silindir içindeki basınç değerinin oldukça yüksek olması nedeni ile valf açma/kapama problemlerinin yaşanma ihtimali her zaman bilinmeli ve kontrol altında tutulmalıdır. Valf geri kapatma akımı ve/veya

açma tavan akımı silindir içindeki basıncı zaman zaman yenmekte güçlük çekmekte ve valf açık veya tam kapalı olmayan konumlarda çalışmasına devam etmektedir. Bu durumda yapılan ölçümlerin hatalı olma ihtimali kuvvetle muhtemeldir. Sıkıştırma oranı $r = 7$ için, aynı yük konumlarında meydana gelen KMA'na göre CO (%) değişimi Şekil 6.14'de verilmiştir.

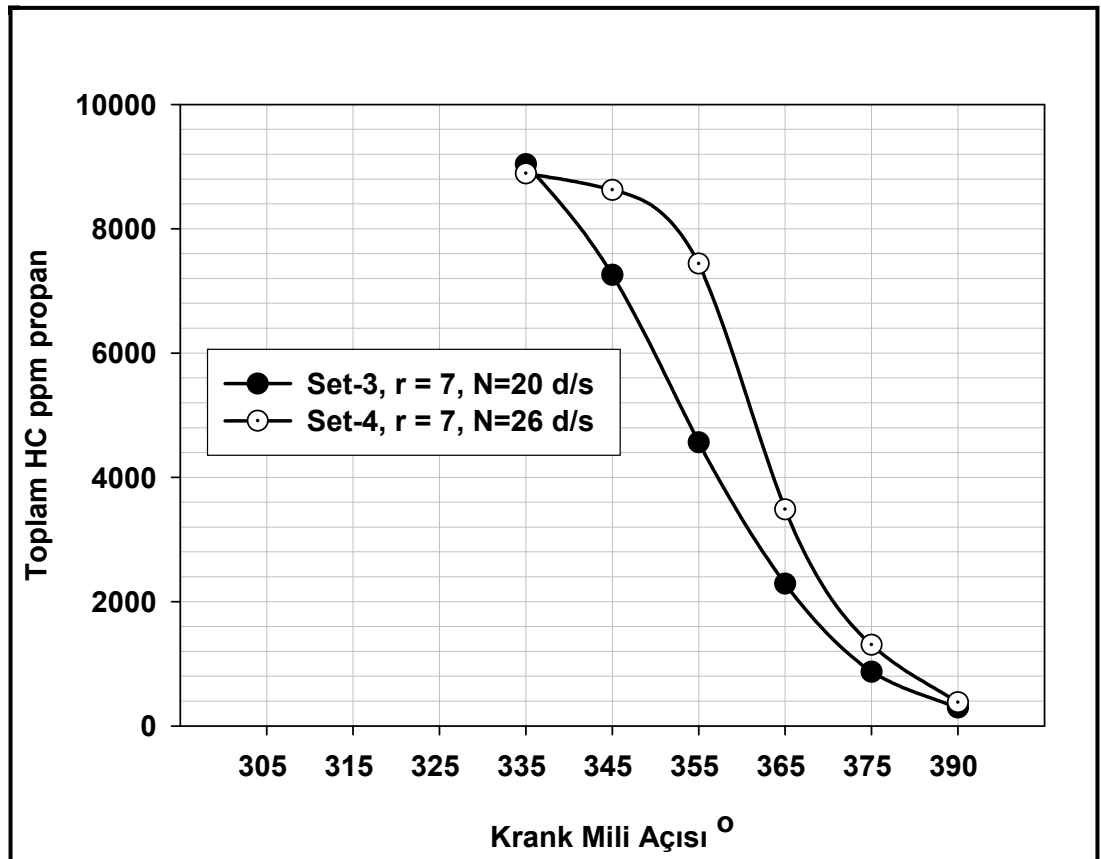


Şekil 6.14. Set-3 ve Set-4 ($r=7$, $N=20-26$ d/s) için KMA göre CO(%) dağılımı

Grafikten de görülebileceği gibi CO(%) değerlerindeki değişim yük konumlarına göre farklılık göstermemiştir. Sıkıştırma oranı $r = 6$ iken $N=26$ d/s motor devrinde daha yüksek CO(%) değerleri gözlenirken, $r = 7$ için de bu davranış değişmemiştir. Sıkıştırma oranının $r=7$ 'ye çıkarılması ile birlikte $N=26$ d/s motor devri için silindir içinde yanma boyunca oluşan CO(%) değerleri, $N=20$ d/s motor devri için oluşan CO(%)'ne göre daha fazladır. Silindir içine giren yakıt-hava karışımı içinde bulunan yakıt buharının yani hidrokarbonların yanma evresi sonucu CO_2 ve su buharı olarak

egzozdan atılması yanmanın ne derece iyi gerçekleştiğini ifade etmektedir. Dolayısıyla, meydana gelen CO(%) emisyonu, eksik yanma ürünü olup yanma ile ilgili bilgi veren bir parametre olarak kullanılabilir. Dolayısıyla, sıkıştırma oranında yapılan bu değişikliklerle beraber motorun, N=20 d/s de daha iyi bir yanma gerçekleştirdiği söylenebilir.

Sıkıştırma oranı değişikliği ile birlikte meydana gelen silindir-içi basınç ve sıcaklık değişimleri N=20 d/s motor devri için yanmanın daha iyi gelişmesini sağlamıştır denilebilir. Benzer şekilde $r = 7$ için N=20 d/s ve N=26 d/s devirlerinde meydana gelen KMA göre yanmamış toplam HC değişimi Şekil 6.15’de verilmiştir.



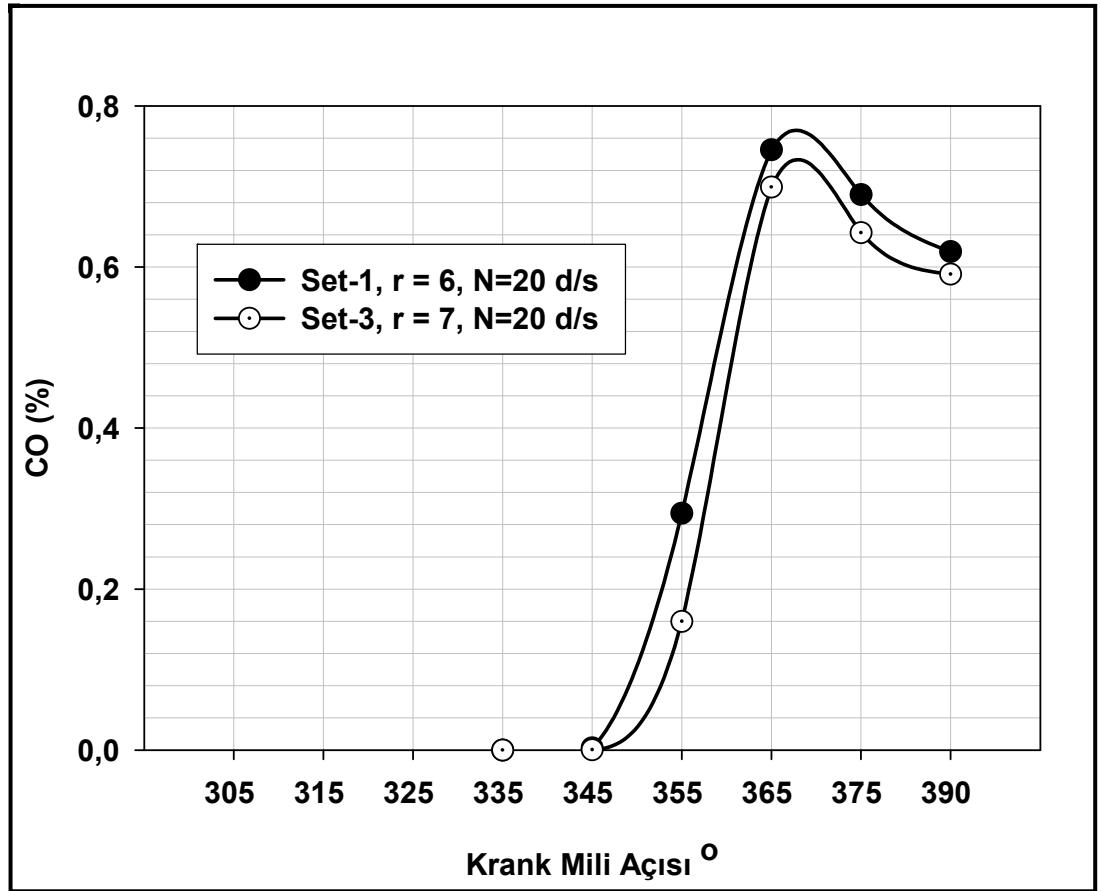
Şekil 6.15. Set-3 ve Set-4 ($r=7$, N=20-26 d/s) için KMA göre HC (ppm) dağılımı

Benzer sonuçlar bu çalışma koşulları için de gözlenmiştir. N=20 d/s motor devri için daha düşük HC değerleri ölçülmüştür. Bu da $r=6$ sıkıştırma oranında açıklandığı gibi yanmanın daha iyi gerçekleştiği kanısını ortaya çıkarmaktadır. Grafikten net bir

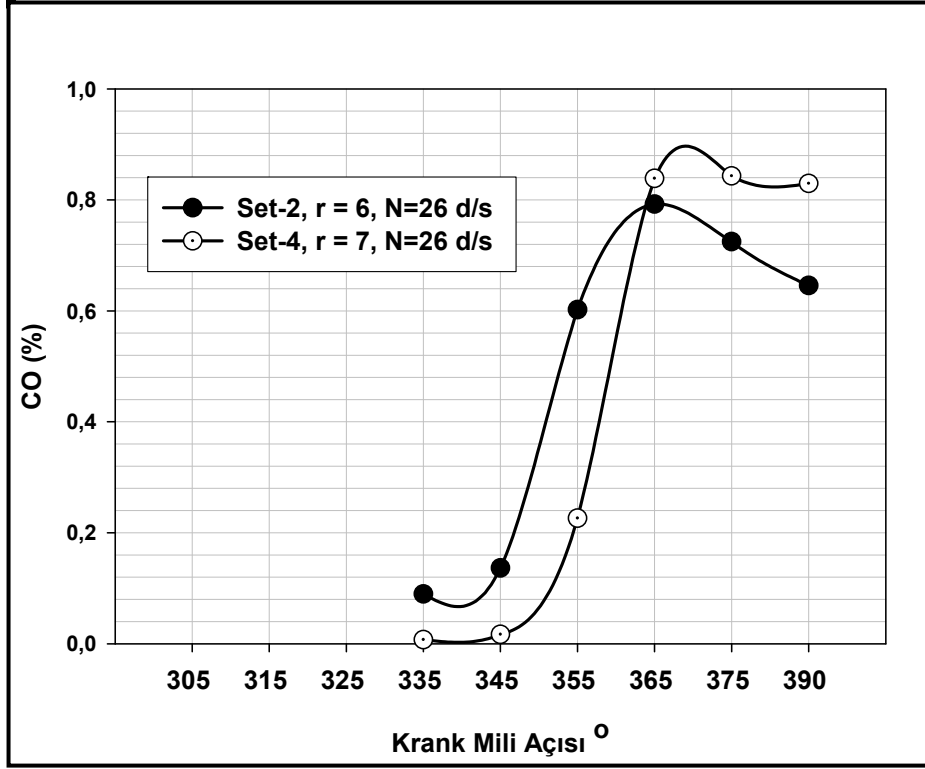
şekilde görülen bir diğer sonuç ise HC parçalanma hızları arasındaki farkın $r=6$ iken yapılan ölçümlere kıyasla büyümesidir. Sıkıştırma oranının artması ile birlikte yakıt buharının hafif HC'lara parçalanma eğilimi artmıştır. Egzoz stroğu başlangıcında görülen HC değerlerinin birbirine yakın olması beklenen bir sonuçtur. Önemli olan silindir içinde motor için mekanik gücün oluşturulduğu yanma stroğundaki davranış biçimleridir. Böylece maksimum torkun olduğu 20 d/s motor devri için yanmanın daha iyi olduğu beklenen bir sonuç olarak detayları ile ifade edilmiştir.

Motor Sıkıştırma Oranının Silindir-içi Yanmaya Etkisi

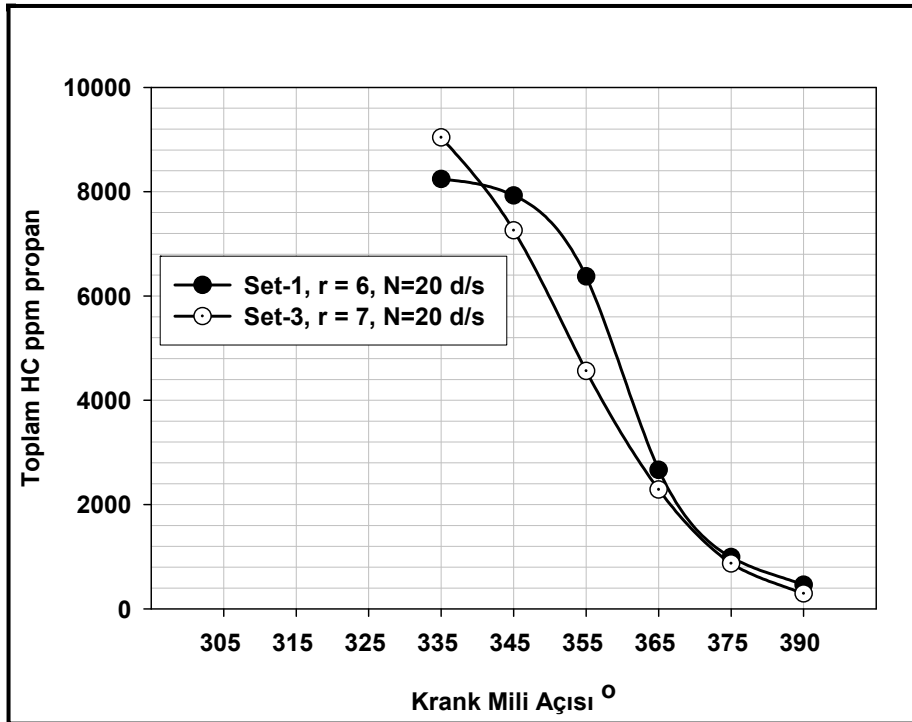
Sıkıştırma oranındaki değişikliğin etkisini göstermek amacı ile elde edilen grafikler aşağıda sırasıyla sunulmuştur.



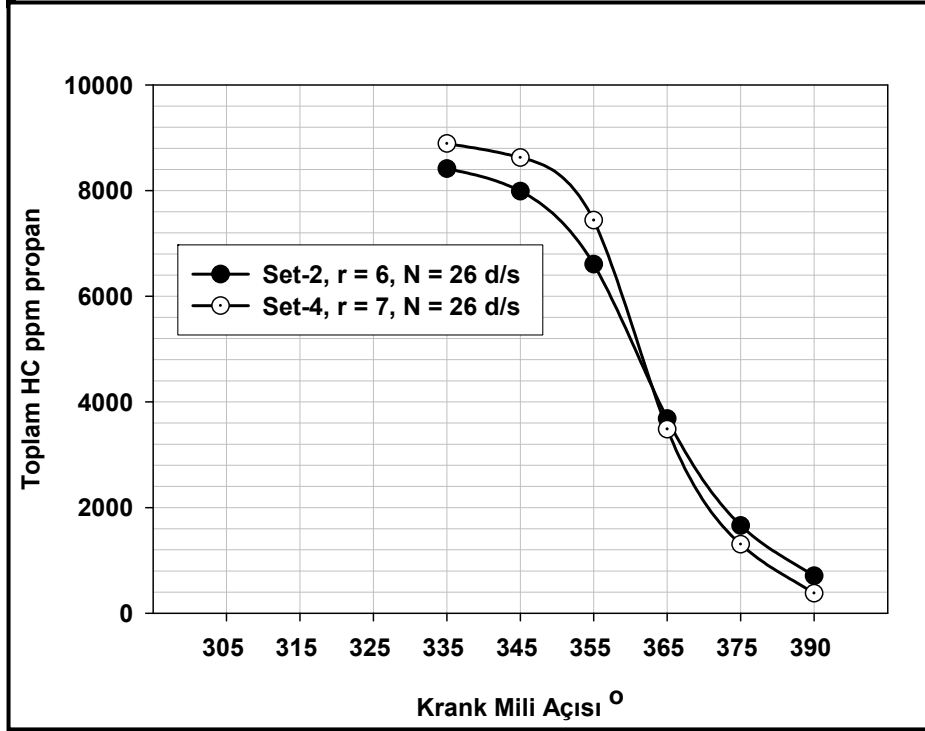
Şekil 6.16. Set-1 ve Set-3 ($r=6-7$, $N=20$ d/s) için KMA göre CO(%) dağılımı



Şekil 6.17. Set-2 ve Set-4 (r=6-7, N=26 d/s) için KMA göre CO(%) dağılımı



Şekil 6.18. Set-1 ve Set-3 (r=6-7, N=20 d/s) için KMA göre HC (ppm) dağılımı

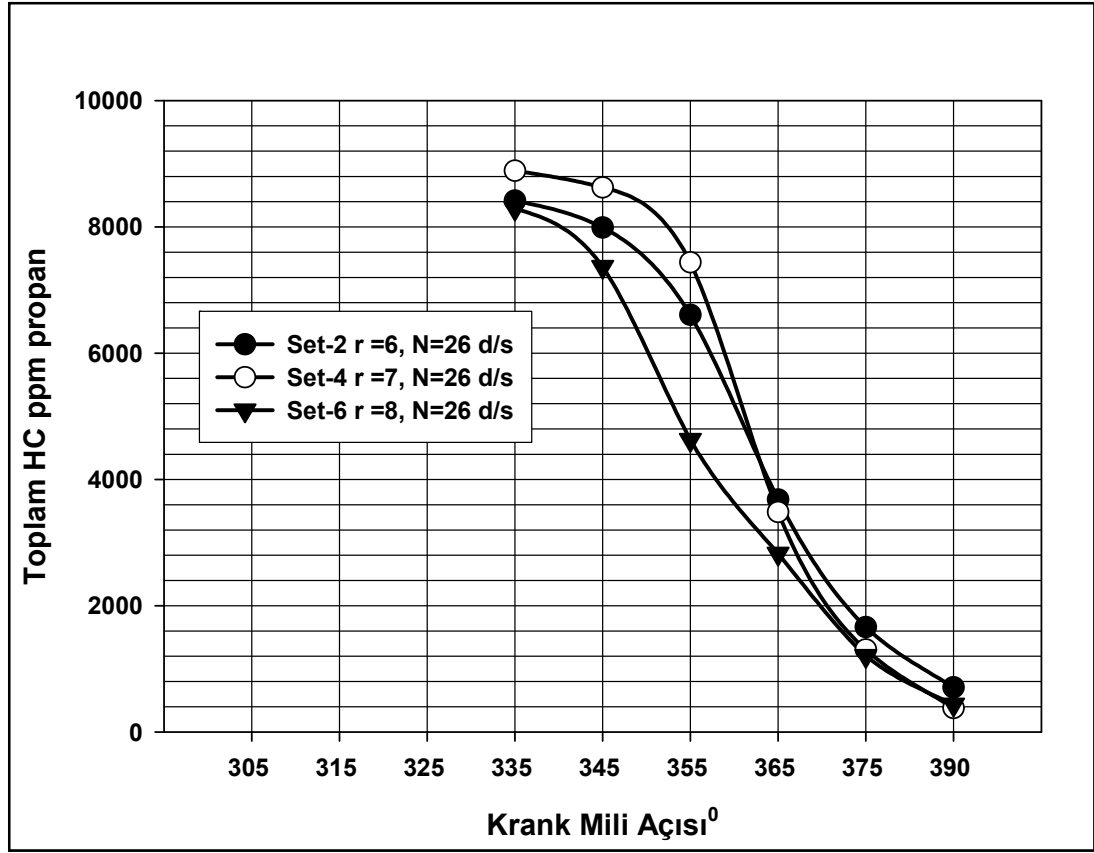


Şekil 6.19. Set-2 ve Set-4 ($r=6-7$, $N=26$ d/s) için KMA göre HC (ppm) dağılımı

Şekil 6.16 ve Şekil 6.17 'den de görülebileceği gibi sıkıştırma oranının artması ile birlikte silindir içinde yanma evresi boyunca oluşan CO değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu azalma aynı yük konumunda çalışan motor için $r = 7$ sıkıştırma oranında yanmanın daha iyi olduğunun bir sonucudur.

Benzer bir yaklaşımla Şekil 6.18 ve Şekil 6.19 incelendiğinde, silindir içindeki HC buharının yanma evresi boyunca nasıl azaldığı görülmektedir. Sıkıştırma oranının artması ile birlikte her iki motor yük konumu için de yanmamış HC değerleri daha düşük seviyelerde kalmıştır. Bu da sıkıştırma oranı üzerinde yapılan değişikliğin silindir içinde gerçekleşen yanmayı olumlu yönde etkilediğinin bir göstergesidir.

Sıkıştırma oranının silindir içindeki yanma üzerindeki etkisini incelemek amacıyla motor $r = 8$ konumuna ayarlandı ve çalıştırıldı. Örnekleme valfi gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra $N=26$ d/s motor devrinde çalışacak hale getirildi. Yanmamış HC (ppm) değerleri ile ilgili sonuçlar Şekil 6.20'de verilmiştir.

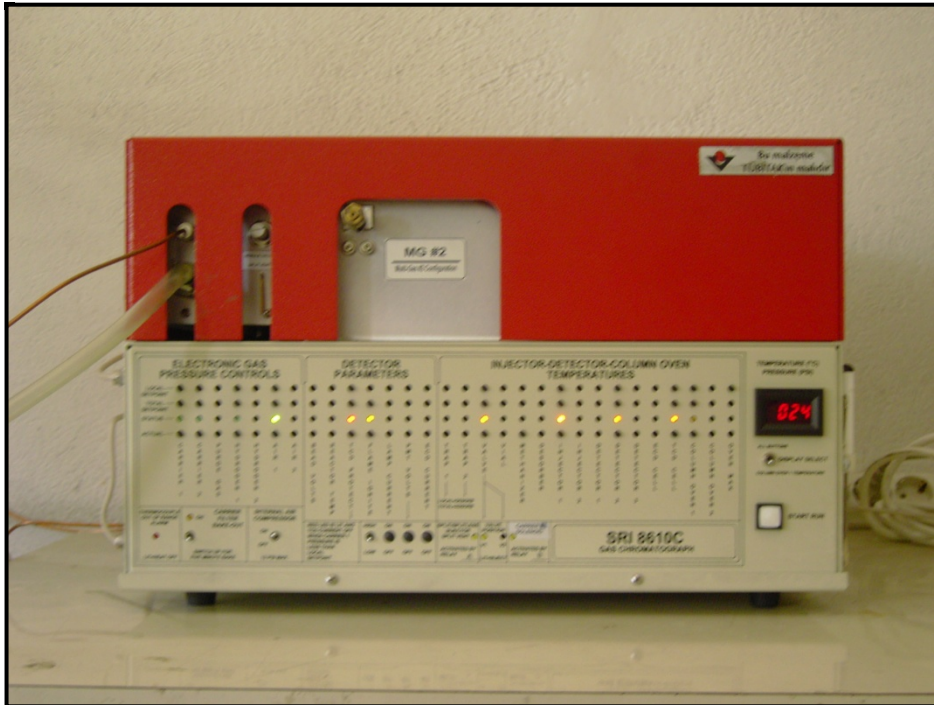


Şekil 6.20. Set-2 Set-4 ve Set-6 ($r=6,7,8$ $N=26$ d/s) için KMA göre HC (ppm) dağılımı

Grafikten de görülebileceği gibi sıkıştırma oranının artması ile beraber silindir içindeki yanmamış HC değerlerinde genişleme stroğu boyunca bir azalma meydana gelmektedir. Bu yanmanın daha iyi gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Ayrıca içten yanmalı bir motor için alınan mekanik gücün tek kaynağının silindir içindeki yanma olayı olduğu düşünülürse, HC parçalanma hızının sıkıştırma oranının $r=8$ olması ile birlikte ne kadar arttığı görmek önemli bir sonuç haline gelmektedir. Ancak bu sonuç sıkıştırma oranının arttığı her durumda bu denli iyi sonuçlar alınacağı anlamına gelmemelidir. Benzinli motorlarda sıkıştırma oranının artmasıyla birlikte vuruntu sınırına yaklaşılmaktadır. Dolayısı ile vuruntuya başlamış bir motorda yanmanın iyi gelişmesi beklenmemelidir. Bu nedenle her motor için vuruntu sınırı aşmamak kaydı ile optimum sıkıştırma oranı bir tasarım kriteri haline gelmiştir.

6.3.3. Silindir-İçi Anlık C₁-C₆ (Hidrokarbonların) Analizi

Çalışmanın bu bölümünde, krank mili açılarına göre silindir içinden gaz örnekleme yapılarak cam tüplere doldurulmuştur. Bu örnek gaz numuneleri kompozisyonlarında yer alan düşük molekül ağırlığına sahip C₁-C₆ hidrokarbonları cinsinden analiz edilmiştir. Bu analizler, Gazi Üniv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümüne ait olan Temel İşlem Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan GC-FID cihazının fotoğrafı Resim 6.8’de yer almaktadır.



Resim 6.8. C₁-C₆ analizi için kullanılan GC-FID

Gaz Kromatografisi (GC) olarak aşağıda Çizelge 6.5’de özellikleri verilmiş Kimya Mühendisliği Bölümüne ait olan Gaz Kromatografisi cihazı kullanılmıştır. Cihaz, basınçlı taşıyıcı gaz tüpü, basınç regülatörü, numune giriş bölmesi, kolon, dedektör ve akış ölçerden ibarettir. Cihazda kolon numune girişi ve dedektör ısıtılabilir. Bu üç bileşenin sıcaklığı ayrı ayrı kontrol edilir. Üç adımdan oluşan bir ısıtma programı uygulayarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Cihaza 250 ml hacimli cam tüplerden alınan gaz örnekleri enjekte edilerek analizler yapılmıştır. Farklı çalışma koşulları için motor silindirinden istenen krank mili açılarında alınan gaz örnekleri

için metan, etilen, etan, propen, propan, 2-metil propen, butan, pentan ve n-hekzan bileşikleri analizleri GC-FID cihazı ile yapılmıştır. GC cihazı bünyesinde bulunan “Peak Simple-versiyon 3.59” adlı software (programı) ile ve her bir numune içinde adı geçen bileşiklerin yüzdeleri belirlenmiştir.

Çizelge 6.5. GC-FID deney parametreleri

Cihaz	SRI 8610C gaz kromatografisi
Detektör	FID
Metod	Manual enjeksiyon
Fırın Sıcaklığı	50°C
Kolon	6' Hayesep-D
Taşıyıcı Gaz	Azot @18 PSI
Sıcaklık Programı	1. 50°C ile başlayarak 10°C/dakika ısıtma hızı ile 2 dakika bekleme süresinde son sıcaklık 190°C, 2. 190°C ile başlayarak 40°C/dakika ısıtma hızı ile 19 dakika bekleme süresinde son sıcaklık 270°C, 3. 270°C de 1 dakika bekleme süresinde son sıcaklık 270°C.
Örnek girişi	~ 1 ml

Silindir içinden yüksek hızlı gaz örnekleme valfi aracılığı ile alınan gaz numuneleri cam gaz örnekleme tüplerine doldurulmadan önce nem ve partikül yönünden temizlenmesi amacı ile filtreleme işlemine tabi tutulmuştur. Kullanılan filtreler, filtre düzeneği ve cam tüpler sırasıyla Resim 6.9, Resim 6.10 ve Resim 6.11’de verilmiştir.



Resim 6.9. Örnekleme öncesi kullanılan filtre ve biriktirme kavanozları



Resim 6.10. Örnekleme öncesi kullanılan filtre düzeneği



Resim 6.11. Gaz örneklemenin yapıldığı cam tüpler

Yüksek hızlı gaz örnekleme valfinin gaz çıkışına yüksek sıcaklığa dayanıklı, iç yüzeyi Teflon kaplama çelik sarımlı hortum bağlanmıştır. Filtre düzeneği girişi ve cam tüp girişi öncesi sabit gaz debisinde örnekleme yapılabilmesi için küçük vanalar kullanılmıştır. Tüplerde depolanan gaz numuneleri özel kullanımlı mükemmel

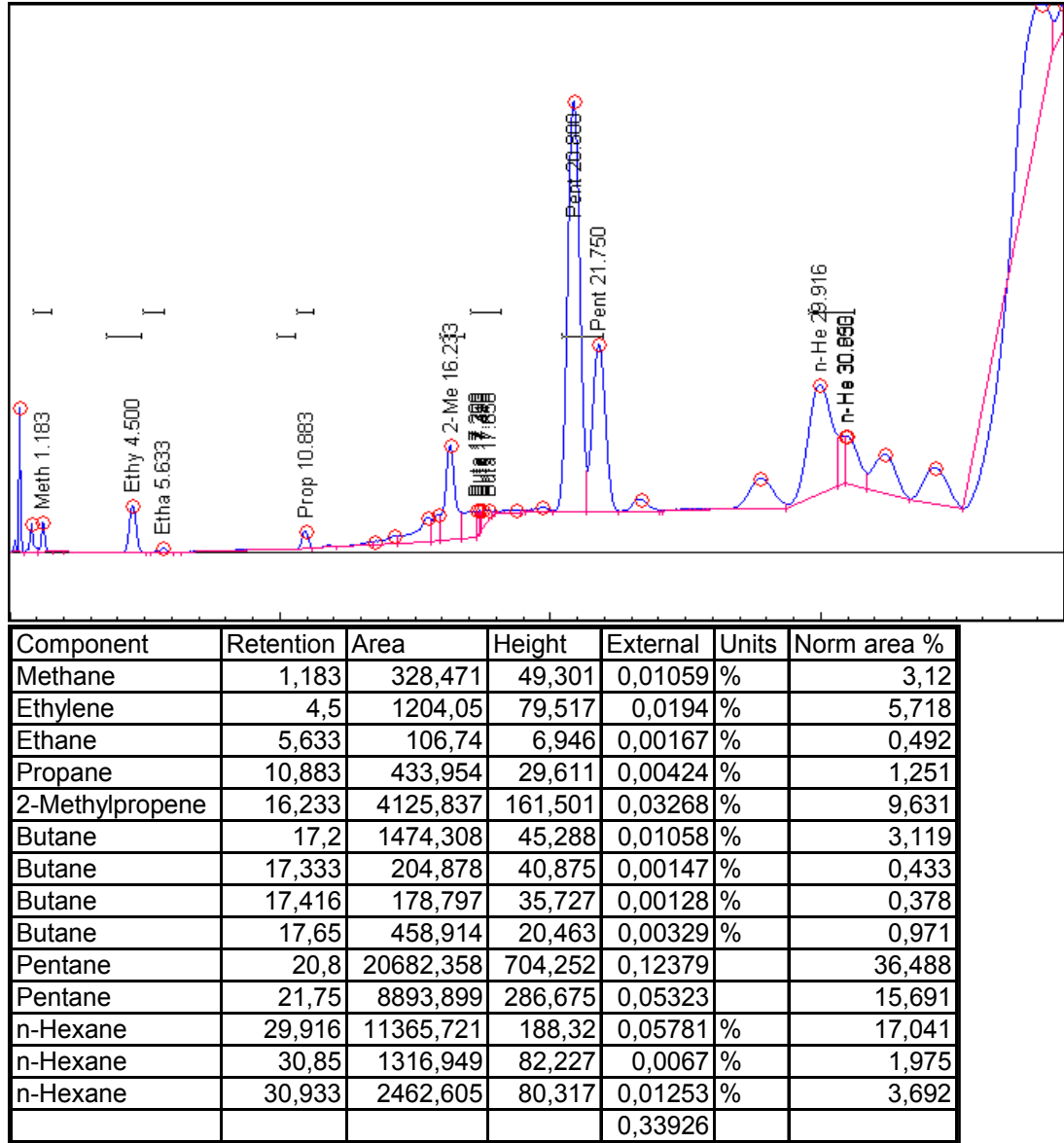
sızdırmazlığa sahip şırınga ile 1 ml çekilerek analiz için GC-FID'ye manual olarak enjekte edilmiştir. GC analizi temel olarak aşağıdaki gibi yapılmıştır.

1. Cihaz açılmadan önce taşıyıcı gazlar açılarak gazların sistemden geçmesi sağlanır.
2. Cihaz ve bilgisayar açılarak, deney şartları daha önceden hazırlanmış kontrol dosyası açılır.
3. Deney şartları kontrol edilerek deney parametreleri "Peak Simple" adlı programın ilgili yerine girilir.
4. Cam tüplerdeki gaz örnekleri enjektör yardımı ile GC cihazının manual numune enjeksiyon girişine bağlanır.
5. Analizler başlatılır ve daha önce belirlenen krank mili açılarında alınan gaz örnekleri tüp içerisinden alınarak karşılaştırma analizine geçilir.
6. Gaz örneğini alan GC cihazı belirlenen sıcaklık programı dahilinde örnek gaz analizini yapar.

Yukarıda belirtilen prosedür uygulanarak Set-1, Set-2, Set-3, Set-4, Set-6 ve Set-7 motor şartları için GC-FID analizleri gerçekleştirilmiştir. Herbir set için yüksek hızlı gaz örnekleme valfi kullanılarak, ateşleme avansı 25 KMA ayarlanmış motor silindiri içinden 335-345-365-375 ve 390 KMA'larında gaz örnekleri 250 ml'lik sızdırmaz cam tüplere alınmıştır. Örnekleme yapılan herbir krank mili açısındaki gaz örnekleri C₁-C₆ olmak üzere analiz edilerek gaz kromatogramları çıkartılmıştır.

Gaz kromatogram sonuçlarına örnek olması açısından N=20 d/s ve N=26 d/s motor devrinde farklı sıkıştırma oranlarındaki Set-1 ve Set-4 ve Set-6 çalışma şartları için 365 KMA'sında alınan gaz örneklerinin gaz kromatogramları ve sonuç tabloları sırasıyla Şekil 6.21-23'de verilmiştir.

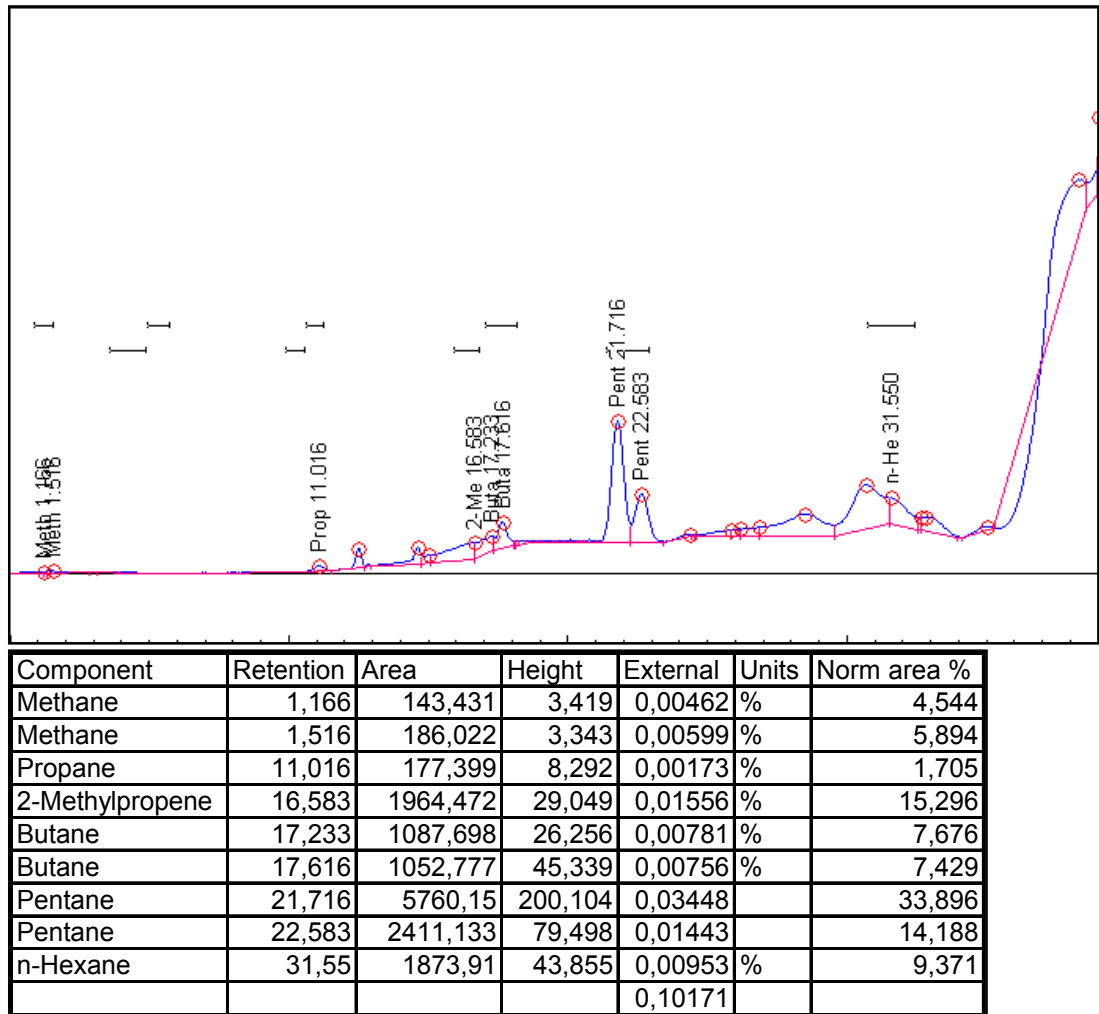
Tez kapsamında GC sonuçları ile yapılan tüm değerlendirmeler kromatogramlar ve sonuç dosyalarında yer alan veriler kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen tüm gaz kromatogramları Ek-2'de sunulmuştur.



Şekil 6.21. Set-1 (r=6, N=20 d/s) için 365 KMA'daki Gaz kromatogramı

Gaz kromatogramı, gaz numunesi analizi yapılmadan önce kalibrasyonu yapılarak hazırlanan “kontrol dosyası” üzerinde Şekil 6.21’de görüldüğü gibi tutma zamanları (Retention Time) belirli olan HC değerlerinde pikler yaparak alınan numune içinde o tutma zamanına gelindiğinde aranan HC değerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu tez kapsamında hazırlanan Tablo 6.5’de verilen sıcaklık programı kullanılarak C₁-C₆ analizleri yapılmıştır. Elde edilen kromatogram yine kullanıcı tarafından hazırlanmış olan sonuç dosyası kullanılarak edit edilir. Sonuç dosyasının çıktıları Şekil 6.21’de açıkça görülmektedir. Burada sırasıyla bileşen, tutma zamanı, alan pik yüksekliği yer

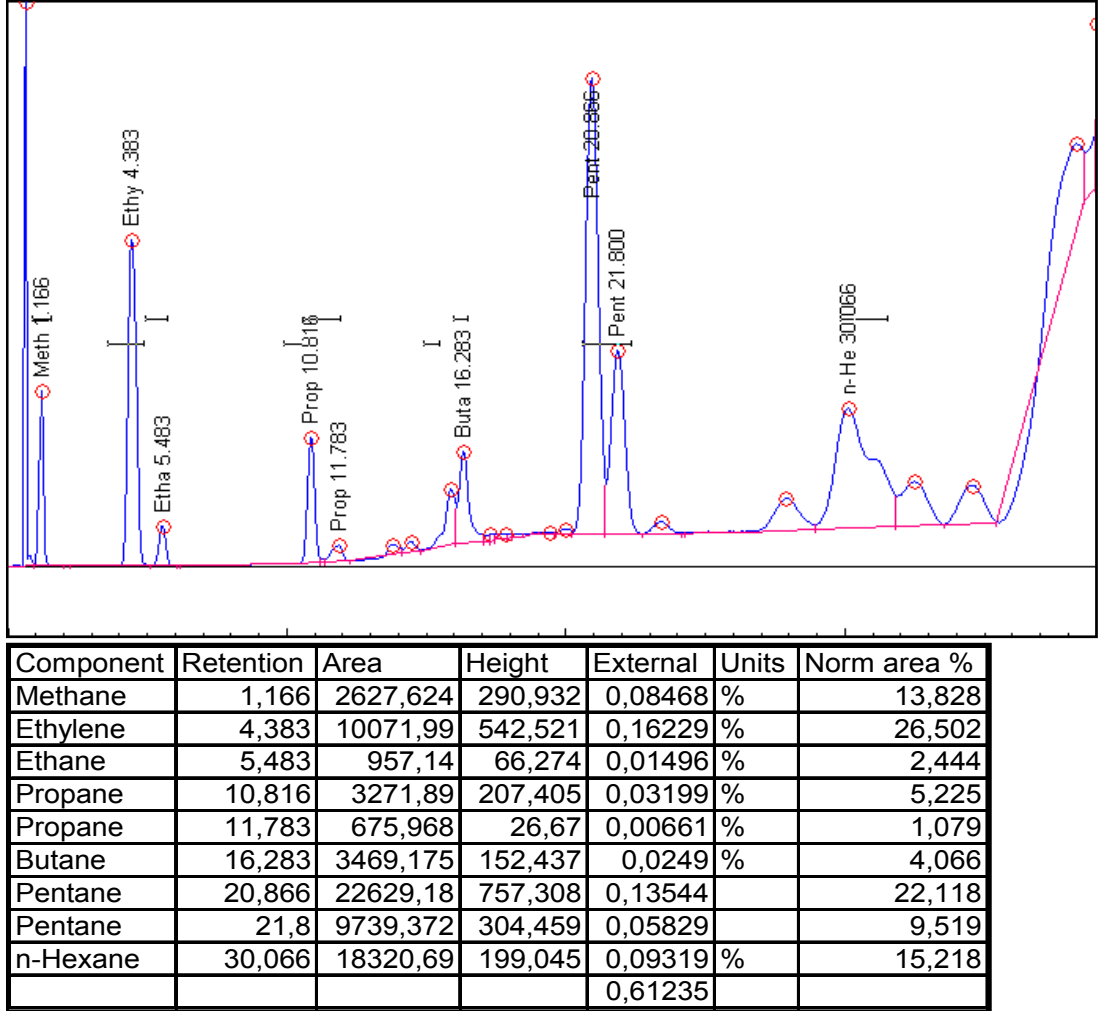
almaktadır. “External” olarak ifade edilen parametre kullanılarak enjekte edilen miktar içinde bulunan C₁-C₆ bileşenlerinin % hacimsel değerlerini vermektedir. “% Norm Area” parametresi ise enjekte edilen gaz numunesinin %100 C₁-C₆ bileşenleri ile meydana geldiği kabulü ile bu bileşenlerin karışım içindeki % miktarlarını ifade etmektedir.



Şekil 6.22. Set-4 (r=7, N=26 d/s) için 365 KMA'daki Gaz kromatogramı

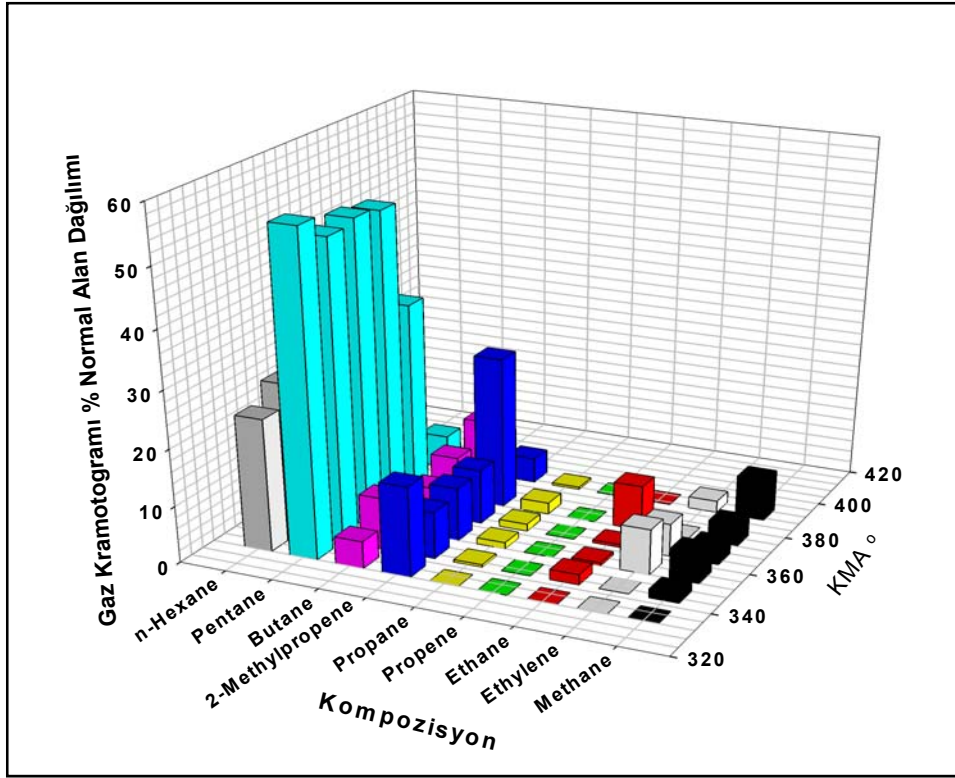
Benzer şekilde Set-4 (r = 7, N=26 d/s) ve Set-6 (r = 8, N=26 d/s) için oluşan gaz kromatogramları ve sonuç dosyaları Şekil 6.22-23'de görülmektedir. Motor çalışma şartları değiştikçe gaz kromatogramı görüntüsü ve sonuçları da aynı krank mili açısı için değişmektedir. Örnek vermek gerekirse, Set-4 için 365 KMA'sında C₃-C₄ HC bileşenlerinin değerleri Set-6'ya göre daha düşüktür.

Tez kapsamında Gc analiz sonuçları ile ilgili yapılan tüm değerlendirme ve yorumlar “sonuç dosyası” verileri kullanılarak yapılan hesaplamalarla ortaya konmuştur.

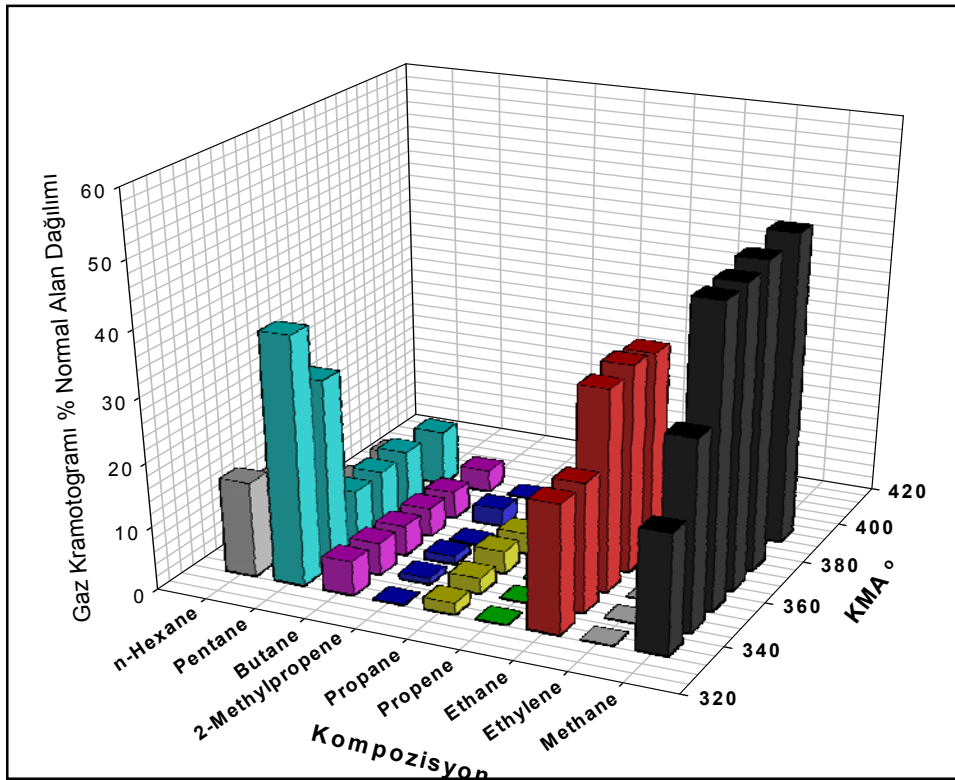


Şekil 6.23. Set-6 ($r=8$, $N=26$ d/s) için 365 KMA'daki Gaz kromatogramı

Gaz kromatogramları ve sayısal sonuçları değerlendirilirken deneysel çalışmanın ilk bölümünü kapsayan silindir içindeki yanma ile ilgili bilgi ve sonuçlar çıkartılmaya çalışılmıştır. Motor yük konumunun bir başka değişle motor devrinin ve sıkıştırma oranının yanma üzerindeki etkisi elde edilen kalitatif sonuçlar kullanılarak yorumlanmaya çalışılmıştır. Motor devrinin sabit $N=20$ d/s sıkıştırma oranının $r=6$ olduğu Set-1 ve sıkıştırma oranın $r=8$ olduğu Set-7 analizlerinin sonuçları üzerinde yapılan değerlendirmeler sırasıyla Şekil 6.24 ve Şekil 6.25'de verilmiştir.

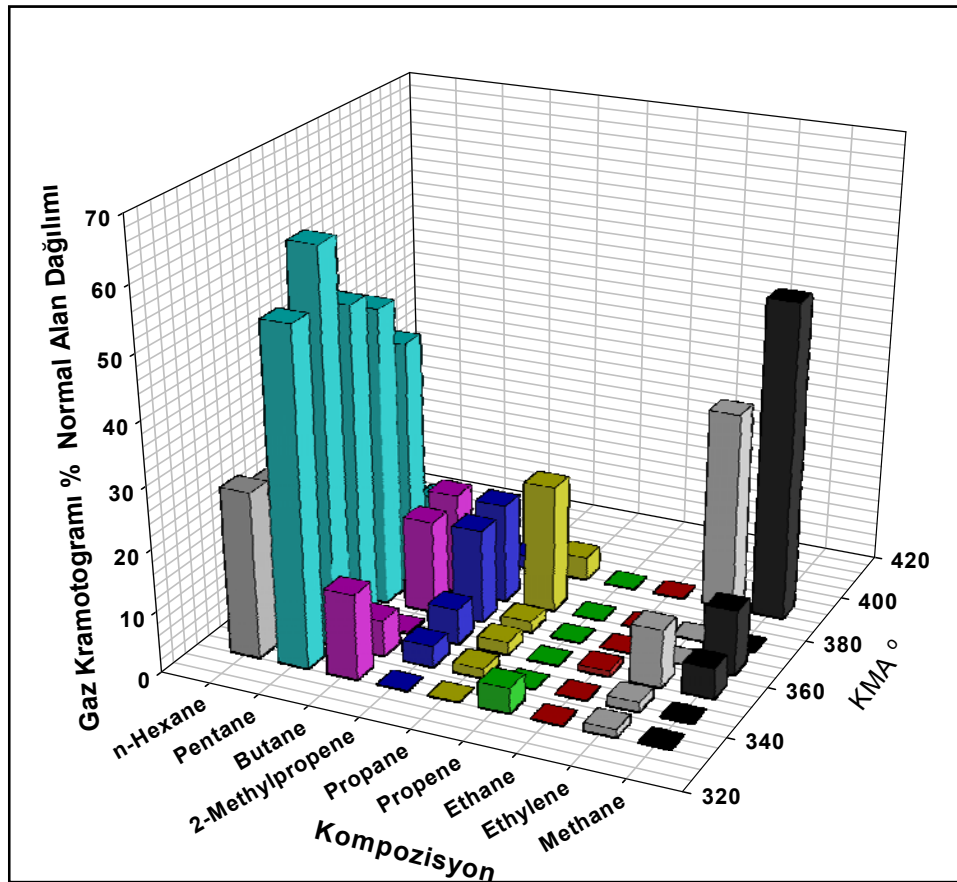


Şekil 6.24. Set-1(r=6, N=20 d/s) için KMA'larına göre silindir-içi % C₁-C₆ dağılımı

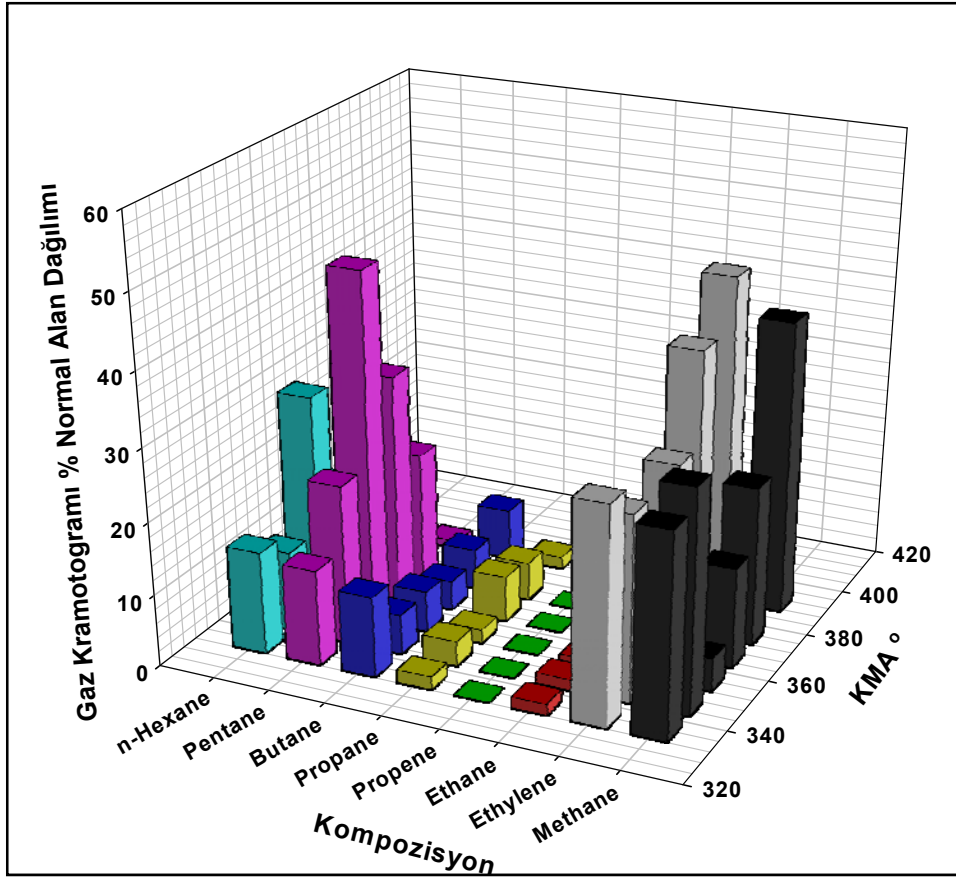


Şekil 6.25. Set-7(r=8, N=20 d/s) için KMA'larına göre silindir-içi % C₁-C₆ dağılımı

Grafikler incelendiğinde yapılacak olan en temel değerlendirme yakıt buharında bulunan ağır hidrokarbonların bujinin çakması ile birlikte metan, etilen ve etan kompozisyonlarına olan parçalanma miktarları olacaktır. Daha önce yapılan silindir içi toplam ortalama HC emisyon değerleri ile ilgili incelemele sonucunda sıkıştırma oranının yanmayı iyileştirici etkisi grafikler halinde ifade edilmişti. Görüldüğü gibi sıkıştırma oranının $r=6$ 'dan $r=7$ 'ye çıkarılması ile birlikte yüzde C_1-C_3 aralığında artma ve C_3-C_6 aralığında ise azalma eğilimi mevcuttur. Dolayısı ile bu sonuç sıkıştırma oranındaki değişiklik ile birlikte silindir içinde meydana gelen basınç ve sıcaklık değerlerindeki değişimlerin HC parçalanma mekanizmasını ve hızını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Benzer şekilde motor devrinin $N=26$ d/s olduğu ve sıkıştırma oranlarının $r = 7$ ve $r = 8$ olduğu Set-4 Set-5 karşılaştırması ortaya çıkan bu sonucu doğrular niteliktedir. Set-4 ve Set-6'ya ait grafikler sırasıyla Şekil 6.26 ve Şekil 6.27'de verilmiştir.



Şekil 6.26. Set-4($r=7$, $N=26$ d/s) için KMA'larına göre silindir-içi % C_1-C_6 dağılımı

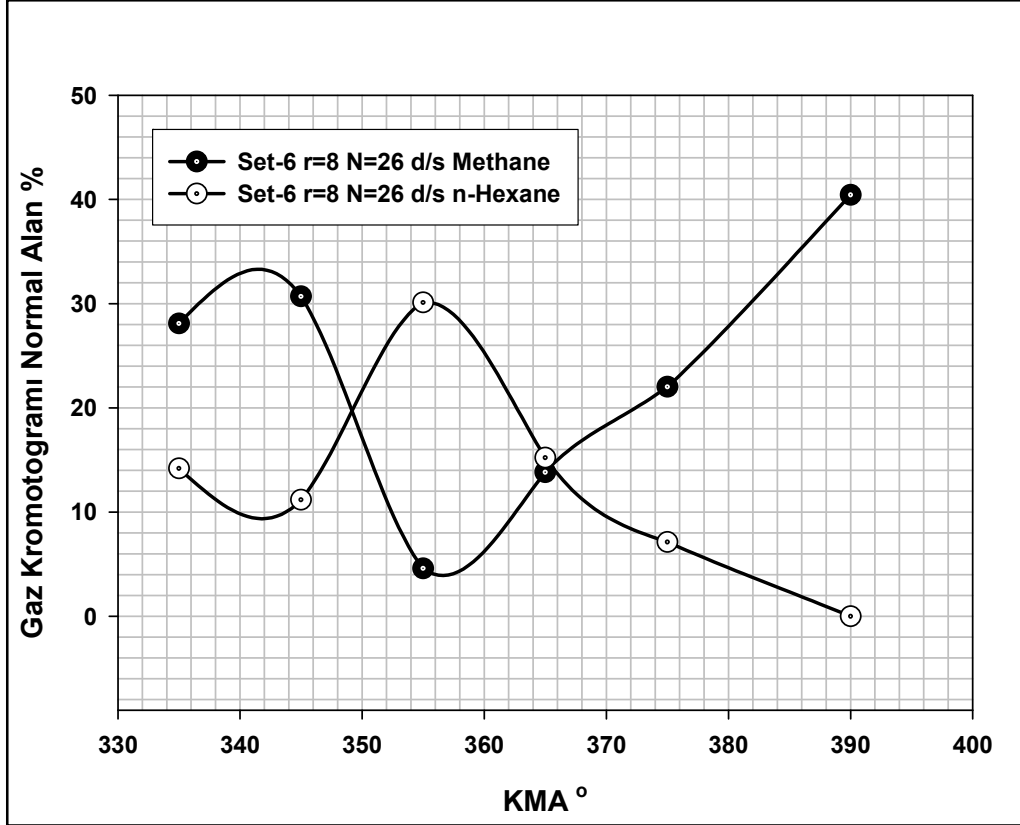


Şekil 6.27. Set-6(r=8, N=26 d/s) için KMA'larına göre silindir-içi % C₁-C₆ dağılımı

Görüldüğü gibi sıkıştırma oranının yakıt buharının içinde bulunan HC'ların bujinin çıkması ile birlikte metan, etilen ve etana parçalanma eğilimlerini olumlu yönde etkilemesi motor yük konumunun farklı bir değerde olması halinde de devamlılığını korumaktadır. Ancak bu olumlu etkinin motor yük konumundaki değişiklikten tamamen bağımsız olduğu söylenemez. Motor yük konumunun yakıt buharının yanmaya başlaması ile birlikte hafif hidrokarbonlara parçalanma üzerindeki etkisini bu bölümde detayları ile incelenmiştir.

Analizler yapılırken gerekli olan sıcaklık programı ve komponent pik zamanları Kimya Mühendisliği Temel İşlem Laboratuvarında bulunan örnek gaz kullanılarak kalibre edilmiştir. Dolayısı ile enjekte edilen 1 ml'lik örnek gaz içinde yer alan tüm bileşenlerin C₁-C₆'dan ibaret olduğu düşünülmemelidir. Ancak literatürde hafif hidrokarbonlar olarak bilinen C₁-C₆ için yapılan bu analizlerin geliştirilmeye açık

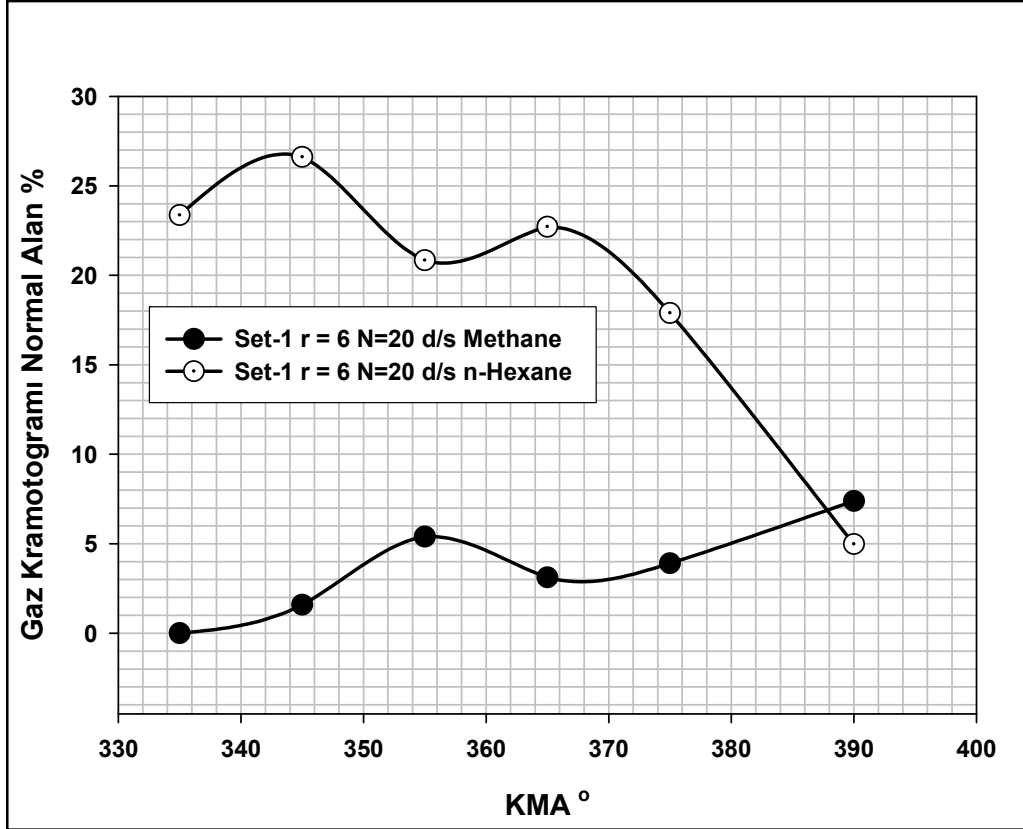
olan bu çalışma için önemli bir kaynak teşkil ettiği düşünülmelidir. Bu açıklamanın ardından, alınan örnek gaz içindeki karbon zengin bileşenin n-hekzan, karbon fakir bileşenin metan olduğu düşünülürse, genişleme stroğu boyunca bu iki bileşenin davranışlarını karşılaştırmalı olarak gösteren grafik Şekil 6.28’de verilmiştir.



Şekil 6.28. Set-6(r=8, N=26 d/s) için C₁ ve C₆'nın KMA'larına göre dağılımı

Grafikte kullanılan değerler 1 ml'lik gaz örneği enjeksiyonu ile elde edilen gaz kromatogram sonuçlarında yer alan “norm area %” verileri ile oluşturulmuştur. Sıkıştırma oranının $r = 8$ ve motor devrinin $N=26$ d/s olduğu bu şart için metan ve n-hekzan bileşenlerinin genişleme stroğu boyunca KMA'larına göre sergiledikleri davranış biçimleri oldukça çarpıcıdır. Grafikten de görülebileceği gibi metan ve n-hekzan'ın davranış biçimi büyük ölçüde birbirinin simetriği olarak belirmiştir. Bu sonucun bir raslantı olup olmadığının değerlendirilmesi daha kapsamlı bir çalışma ile yapılmalıdır. Ancak mevcut yapı içerisinde metan ve n-hekzan arasında meydana gelen bu simetri durumunun şekil itibari ile farklı olmakla birlikte farklı Setler içinde

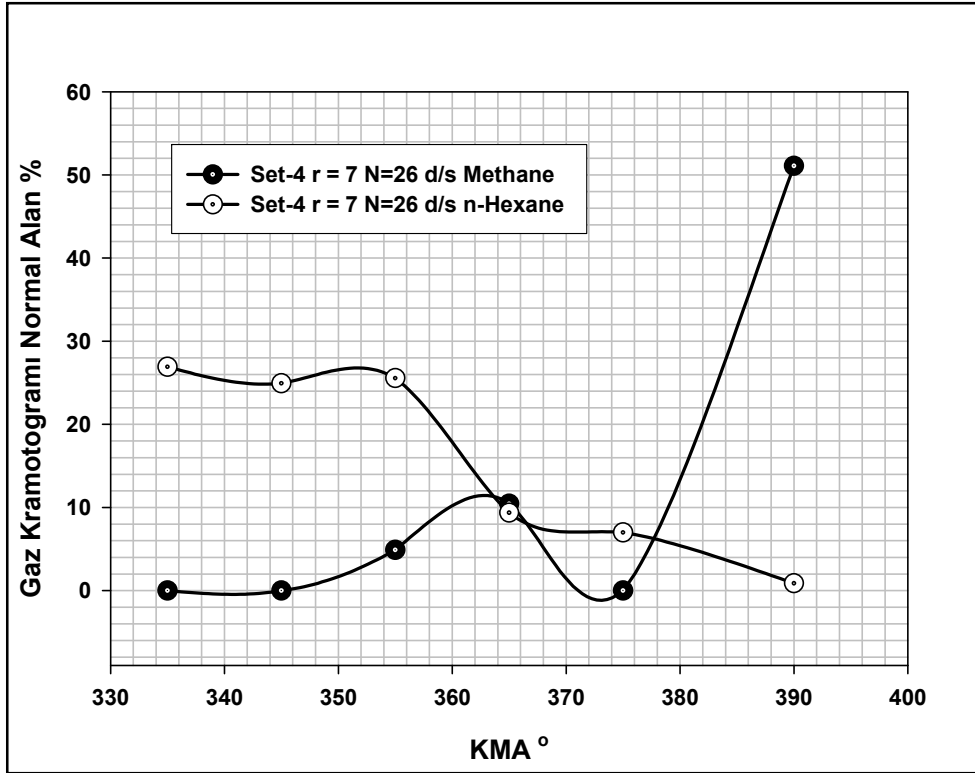
geçerli olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Set-1, Set-4 ve Set-7 için metan ve n-hekzan'ın KMA açılarına göre değişimi Şekil 6.29, Şekil 6.30 ve Şekil 6.31'de verilmiştir.



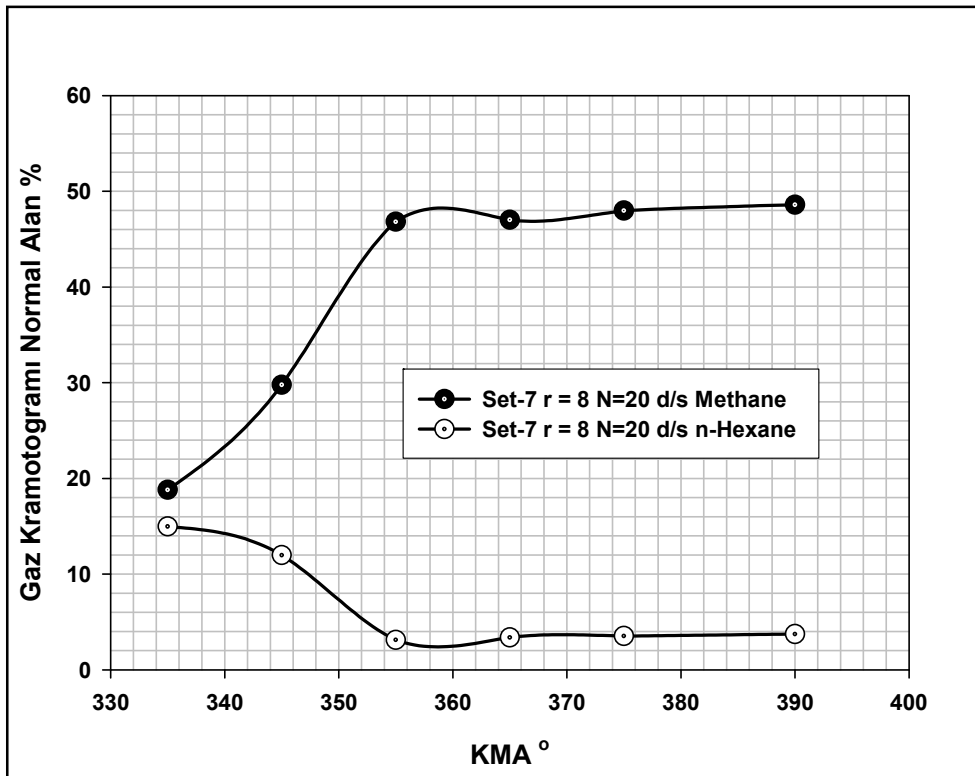
Şekil 6.29. Set-1(r=6, N=20 d/s) için C₁ ve C₆'nın KMA'larına göre dağılımı

Grafikten de görülebileceği gibi sıkıştırma oranının $r = 6$ 'ya azaltılması ile her iki bileşen davranışlarında daha lineer bir yapı gözlenmektedir. Metan artma, n-hekzan ise azalma eğilimindedir. Bu da çalışma kapsamında beklenen bir sonuçtur.

Yüksek hızlı gaz örnekleme valfinin konumlandırıldığı yer ve açı düşünülürse, silindir içinde valf iğnesinin gördüğü örnekleme hacminde meydana gelen türbülanslı hareketin bu sonuçları etkileyeceği kuvvetle muhtemeldir. C₁ ve C₆ için ortaya çıkan dağılımın Set-6 'ya nazaran daha kararlı olmasının bir nedeninin düşük sıkıştırma oranı ve motor devri olduğu düşünülebilir. Şekil 6.30-31'de Set-4 ve Set-7 için ortaya çıkan dağılımlar bu sonucu destekler niteliktedir.

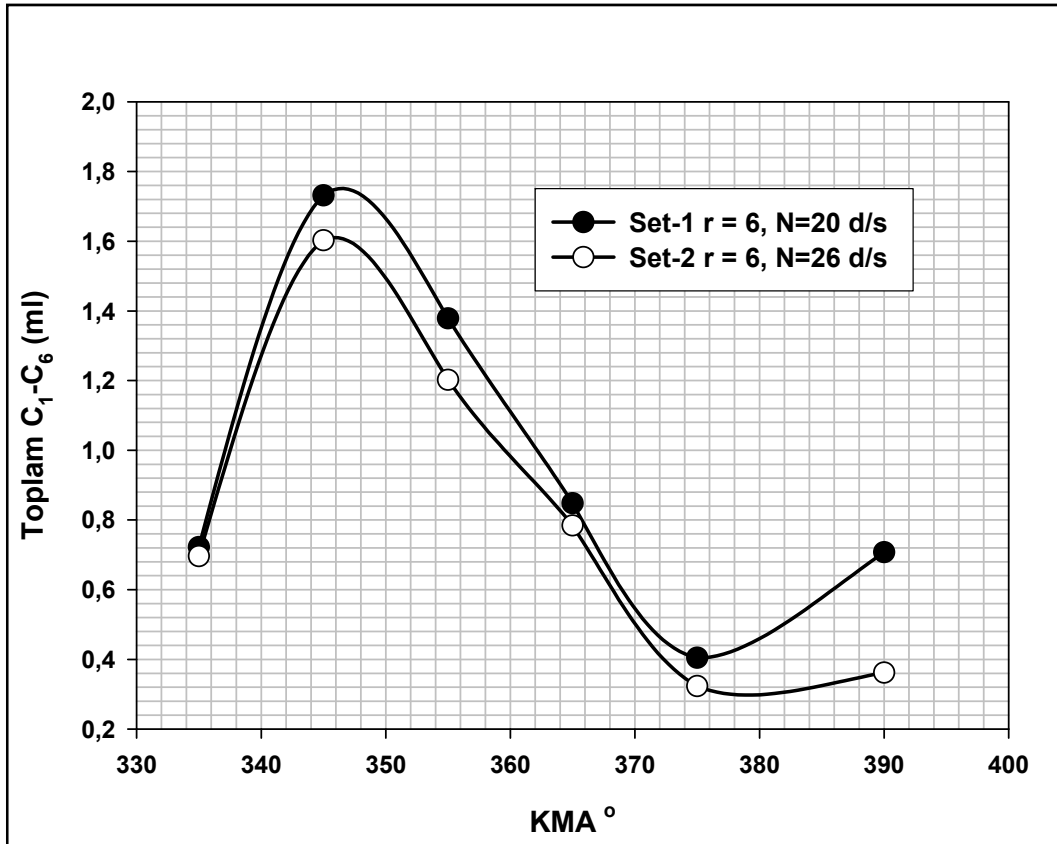


Şekil 6.30. Set-4(r=7, N=26 d/s) için C₁ ve C₆'nın KMA'larına göre dağılımı



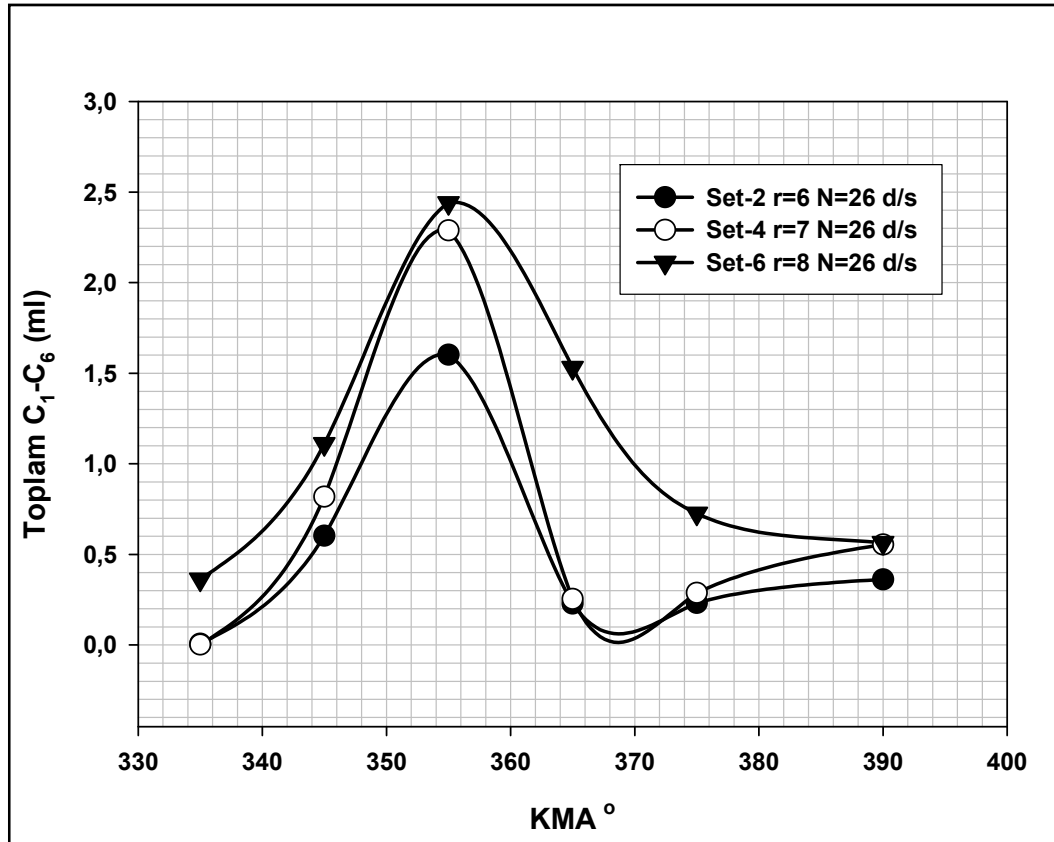
Şekil 6.31. Set-7(r=8, N=20 d/s) için C₁ ve C₆'nın KMA'larına göre dağılımı

Sıkıştırma oranının artması ($r = 7$) ve motor devrinin $N=26$ d/s olduğu durum ele alınırsa, metan ve n-hekzan'ın KMA'larına göre dağılımlarının daha düzensiz olduğu doğrusal bir değişimden farklı bir yapıda olduğu rahatlıkla görülecektir. Tüm deney şartları içinde yapılan değerlendirmeler çerçevesinde en iyi silindir içi yanmanın gerçekleştiği Set-7 durumu için, motor devrinin $N=20$ d/s'de kalması ile birlikte metan ve n-hekzan'ın davranışı salınımsız olmaktadır. Bununla birlikte, sıkıştırma oranının $r = 8$ olması silindir içindeki yanmanın iyileşmesine neden olmuş ve metan ile n-hekzan'ın bujinin çakması ile birlikte büyük eğimlerle değişim göstermesini sağlamıştır. Set-6 ve Set-7 için oluşturulan grafiklerde, metan ve n-hekzan'ın 355 KMA boyunca sergilediği geçişin nedeni yanma boyunca yüksek hızlı gaz örneklem valfinin örnekleme iğnesinin örnek aldığı hacim içinde oluşan akışkan hareketliliği ile açıklanabilir. Motor yük konumunun ve sıkıştırma oranının yanma üzerindeki etkilerini vurgulamak amacı ile toplam C_1-C_6 (ml) olarak ifade oluşturulmuş olan grafikler sırasıyla Şekil 6.32-33'da verilmiştir.



Şekil 6.32. Set-1 ve Set-2'nin toplam C_1-C_6 (ml) dağılımının karşılaştırılması

250 ml örnek tüp içinden alınan gaz numuneleri hacimsel olarak toplam C_1-C_6 olmak üzere hesaplanmıştır. Set-1 ve Set-2 için yapılan kıyas neticesinde 335 KMA'sında bujinin çıkması ile birlikte her iki durum için de hafif hidrokarbon değerlerinin toplamında ani bir sıçrama yaşanmıştır. Bu davranış yanmanın başladığı anı tasvir etmek için beklenen bir sonuçtur. Silindir içinde meydana gelen yanma perde perde devam ederken ve piston genişleme stroğu boyunca alt ölü noktaya ilerlerken örnek alma noktasında ölçülen toplam C_1-C_6 değerlerinde bir azalma başlamıştır. Yanma işleminin tamamlanması ve motorun egzoz stroğuna geçmeye hazırlandığı bölümde ise (390 KMA ve sonrası) ölçüm noktasında biriken hafif hidrokarbon değerlerinde az miktarda bir artış görülmektedir. Bahsi geçen değişimlerin ortak olmasına karşın motor yük konumunun $N=20$ d/s olduğu durumda, C_1-C_6 toplamının daha yüksek değerlerde seyrediyor olması bu yük konumu için motor silindirindeki yanmanın daha iyi olduğunu ifade etmektedir. Bu sonuç daha önceki analiz sonuçlarına paralel olarak motor yük konumunun yanma üstündeki etkisini ortaya koymaktadır.



Şekil 6.33. Sıkıştırma oranının toplam C_1-C_6 (ml) dağılımına etkisi

Benzer bir yaklaşımla sıkıştırma oranının hafif hidrokarbonlara parçalanma eğilimi üzerindeki etkisi Şekil 6.33’de görülmektedir. Toplam C₁-C₆ değerlerinin irdelendiği bu grafikte sıkıştırma oranının $r = 8$ olması ile birlikte hafif hidrokarbonlara olan parçalanmanın en büyük değerlerde olduğu açıkça görülmektedir. Bu sonuç da sıkıştırma oranının buji ateşlemeli benzinli bir motorda vuruntu sınırlarını aşmamak kaydı ile artırılmasının yanmayı iyileştirdiğini destekleyen sonuçlardan biridir.

Yapılan bu değerlendirmeler çerçevesinde motor yük konumlarının ve sıkıştırma oranının silindir içindeki yanma üzerindeki etkileri incelenmiştir. GC-FID analizleri sonucunda elde edilen veriler kullanılarak bu yaklaşımları irdeleyen ve destekleyen grafikler oluşturularak ulusal ve uluslararası yayınlar yapılması planlanmaktadır.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

İçten yanmalı bir motorda silindir içinde bujinin çakması ile başlayan ve yüksek basınç-sıcaklık altında gerçekleşen yanma olayını, pistonun genişleme stroğu boyunca silindir içinde yer alan yüksek karbonlu hidrokarbonların (yakıt buharı) hafif hidrokarbona parçalanma reaksiyonu olarak basitçe ifade edebiliriz. Ancak bu olay gerek mekanizması gerekse yanma zamanı düşünüldüğünde anlaşılması ve incelenmesi oldukça zor bir durum haline gelmektedir. Dolayısı ile silindir içinde oluşan yanma olayının anlaşılması için yapılması gereken çalışma ve teknikler her zaman geliştirilmeye müsait önemli birer başlık olmaktadır. İçten yanmalı bir motorda yanma analizi yapmanın en yaygın ve anlamlı deneysel yöntemlerinden biri de motor hızını yakalayabilen silindir-içi örnekleme tekniklerinin kullanılabilmesidir. Bu kapsamda, ulusal nitelikte akademik ve sanayimizde henüz gelişmemiş silindir-içi örnekleme teknikleri kullanılarak yanma, anlaşılmaya ve yorumlanmaya çalışılmıştır. Böylece İçten yanmalı motorlar ile ilgili yapılan akademik çalışmalarda kaynak teşkil edecek sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında tek silindirli bir araştırma motoru olan Ricardo motoru için, yüksek hızlı gaz örnekleme sistemi kullanılarak silindir içindeki anlık toplam emisyonlar ve C_1 - C_6 analizleri ile yanma olayı kalitatif ve kantitatif olmak üzere irdelenmiştir. Elde edilen sonuçların detayları tez içerisindeki ilgili yerlerde verilmekte, silindir içindeki yanmanın motor yük konumundan ve sıkıştırma oranı değişiminden nasıl etkilendiği açıklanmaktadır. Vuruntu sınırını geçmemek kaydı ile buji ateşlemeli bir motorda sıkıştırma oranının artmasının yanmayı ve motordan alınan performans değerlerini artırdığı söylenebilir. Yanmanın temel olarak 3T (Time-Turbulane-Temperature) koşulunun sağlanması ile gerçekleşebileceği bilgisi ışığında motor yük konumu değişiklikleri ile oluşan motor devirlerinin yanmayı nasıl etkilediği sonuçları ile ortaya konulmuştur.

İçten yanmalı motor teknolojisi günümüz dünyasındaki önemini yakın gelecekte de yitirmeyecektir. Dolayısı ile bu konu kapsamında akademik ve sanayi sektörlerinde yapılacak olan geliştirici ve iyileştirici çalışmalar önemini devam ettirmektedir. Motor teknolojisinde gerek konstrüksiyonel gerekse yakıt teknolojisi üzerinde

yapılan araştırma ve geliştirmenin sağlıklı temellere oturması için silindir içinde meydana gelen yanma olayının en iyi şekilde anlaşılması gerektiği bir gerçektir. Dolayısı ile silindir içi örnekleme teknikleri ve analiz yöntemlerinin geliştirilerek uygulanmasında büyük fayda bulunmaktadır. Günümüz dünyasında iyi inşa edilmiş sayısal simülasyonlar, birçok teknolojik yeniliğin ve modifikasyonun yapılmasına büyük maliyetli deneysel araştırmaların yapılmasına gereksinim duymadan imkan sağlamaktadır. Bu simülatif çözümler motor ve yanma teknolojisi üzerine de yapılmakta ve yapılmaya da devam edecektir. Ancak motor silindiri içinde meydana gelen yanmanın çok hızlı ve karmaşık bir yapıdan oluştuğu gerçeği hatırlanırsa, bu simülasyonların deneysel veriler ile desteklenmek kaydı ile inşa edilmesi gerektiği önemle vurgulanmalıdır.

Alternatif yakıt çalışmaları genellikle motorun egzoz emisyon değerleri üzerinde yapılan değerlendirmeler ile sonuçlandırılmaktadır. Ancak emisyon değerlerinde azalma sağlayan alternatif yakıt katkılarının, (rneğin oksijenatlar MTBE, DİPE vb.) silindir içinde gerçekleşen yanmanın hangi evresinde nasıl bir etki ile bunu başardığının sorularına cevap arayan bir şekle bürünmesi daha faydalı olacaktır. Dolayısı ile yapılacak olan bu alternatif yakıt ve yakıt katkıların motor performans ve egzoz emisyonu araştırmaları sırasında silindir-içi ölçüm tekniklerini kullanmaları önerilmektedir. Bu teknikler sayesinde alternatif yakıt kimyası ile ilgilenen ve bu katkılardaki çeşitliliği artırmaya çalışan kimya mühendisleri için de kullanışlı veriler elde edilmiş olacaktır.

Tez alışmaları devam etmekte iken Uluslararası Yanma Sempozyumunda sunulmak üzere tam metni kabul edilmiş olan bildirimizin zeti Ek-3’de sunulmuştur.

KAYNAKLAR

Alkidas, A., C., ‘‘Combustion-chamber crevices: the major source of engine-out hydrocarbon emissions under fully warmed conditions’’, *Progress in Energy and Combustion Science*, 25 : 253-273 (1999).

Andersson, O., Juhlin G., Ekenberg, M., Johansson, B., Alden, M., ‘‘Crank angle resolved HC-detection using LIF in the exhausts of small two-stroke engines running at high engine speed’’, *SAE Special Publication*, 1212 : 67-76 (1996).

Bilgin, A., Durgun, O., Şahin Z., ‘‘Dizel yakıtına TBME katılmasının motor performansına etkisi’’ *13. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi* (ULIBTK’01), 141-146, (2001).

Broderick, B.M., Marnane I.S., ‘‘A comparison of the C₂-C₉ hydrocarbon composition of vehicle fuels and urban air in Dublin, Ireland’’, *Atmospheric Environment*, 36 : 975-986 (2002).

Cheng, Wai, K., Summers, T., Collings, N., ‘‘The fast response flame ionization dedector’’, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 24 : 89-124 (1998).

Chevron Inc., ‘‘ Motor gasolines technical review (FTR-1) ‘’, *Chevron Products Company*, Chevron USA Inc., USA (1996).

Collings, N., Willey, J., ‘‘Cyclically resolved HC emissions from a spark ignition engine’’, *SAE Technical Paper Series*, 87 (2355) : 654-660 (1987).

Çevre Vakfı, ‘‘Motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesi panali’’, *Ankara Valiliği Çevre Koruma Vakfı Yayınları*, No:5, Ankara, 33-39 (1995).

De, Nevers, N., ‘‘Air pollution Control Engineering’’, **McGraw-Hill**, New York 305-365 (1995).

Dinler, N., ‘‘ Benzinli motorlarda yakıt olarak LPG kullanılması ve katalitik konvertör uygulamasının motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkisinin incelenmesi’’ Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 24-35 (2001).

Drake, M., C., French, D., T., Fansler, T., D., ‘‘Advanced diagnostics for minimizing hydrocarbon emissions from a direct injection gasoline engine’’, **Symposium on Combustion**, 2 : 2581-2587, (1996).

Genean, V., ‘‘Internal combustion engines’’, **McGraw-Hill Inc.**, New York, USA, 51-108 (1996).

Gündüz, T., ‘‘Çevre sorunları’’, **Bilge Yayıncılık Terc. ve Dağıtım**, Ankara, 136-142 (1994).

Hadjiconstantinou, N., Min, K., Heywood, J., B., ‘‘Relation between flame propagation characteristics and hydrocarbon emissions under lean operating conditions in spark ignition engines’’, **Symposium on Combustion**, 2 : 2637-2644 (1996).

Henein, N., A., ‘‘Cold start hydrocarbon emissions in port injected gasoline engine’’, **Progress in Energy and Combustion Science**, 25 : 563-593, (1999).

Huang, Z., Zeng, J., D., Deming, Z., L., Pan, K., ‘‘Effect of fuel composition on hydrocarbon emissions in spark ignition engine’’, **Journal of Combustion Science and Technology**, 3 (3) : 327-333, (1997).

Ishizawa, S., Takagi, Y., ‘‘Study on HC emission from a spark ignition engine’’, *1st Report, The Influence of Fuel Absorbed into Cylinder Lubricating Oil Film*, 52 (482) : 3627-3634, (1986).

Ishizawa, S., Lijima, T., ‘‘Experimental study on behavior of unburned hydrocarbons on combustion chamber wall of spark ignition engine’’, *Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part B*, 62 (596) : 1651-1658, (1996).

Kaiser, E., W., Siegl, W., O., Russ, S., G., ‘‘Effect of fuel dissolved in crankcase oil on engine-out hydrocarbon emissions from a spark ignition engine’’, *SAE Special Publications, Combustion and Emission Formation in SI Engine*, 1300 : 89-92, (1997).

Karaaslan, S., Dinler, N., Yücel N., ‘‘Kurşunsuz Benzine MTBE Katkısının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonları Üzerindeki Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi’’ *16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, 892-898, (2007).

Karamangil, M., I., Sürmen, A., Gül, M., Z., ‘‘In cylinder expansion of ring crevice and oil film hydrocarbons in SI engines’’, *Energy Conversion and Manegement*, 45 : 3109-3126, (2004).

Kutlar, O., A., Ergeneman, M., Arslan, H., Mutlu, M., ‘‘Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler’’, *Birsen Yayınevi*, 13-66 (1998).

Ladommatos, N., ‘‘Cyclically resolved measurements of hydrocarbons in the cylinders of internal combustion engines, by means of a fast flame ionization dedector’’, *Journal of the Institude of Energy*, 65 (463) : 94-101, (1992).

Liu, H., Wallace, J., S., ‘‘Instantaneous In-cylinder hydrocarbon Concebtration measurement during the post flame period in an SI engine’’, *SAE Papers*, 01 (3577) : 1799-1806, (1999).

Müller, E., Zillmer, M., ‘‘Modelling of nitric oxide and soot formation in diesel engine combustion’’, *SAE Papers*, 98 (2457) : 976-987, (1999).

Peckham, M., Collings, N., ‘‘In-Cylinder HC Measurements with a Piston Mounted FID’’ *Fuels and Lubricants Meeting and Exposition Philadelphia*, Pennsylvania : 932643, October 18-21, 654-660, (1993).

Peckham, M., Collings, N., ‘‘Study of Engine Wall Layer Hydrocarbons with a Fast-Response FID’’ *International Fuels and Lubricants Meeting and Exposition San Francisco*, California : 922237, October 19-22, 975-981, (1992).

Pulkrabek, W., W., ‘‘Engineering fundamentals of the internal combustion engine’’, *Prentice Hall*, New Jersey, USA, 330-365, (1997).

Turgut, G., ‘‘Instrümental Analiz’’, *Gazi Kitapevi*, 5.Baskı, 561-577, (1999).

Yücel, N., Doğan, M., Dinler, N., ‘‘Ricardo motoru kullanılarak yakıtların oktan sayılarının belirlensi’’, *Mühendis ve Makina*, Ankara 40 (477) : 33-38, (1999).

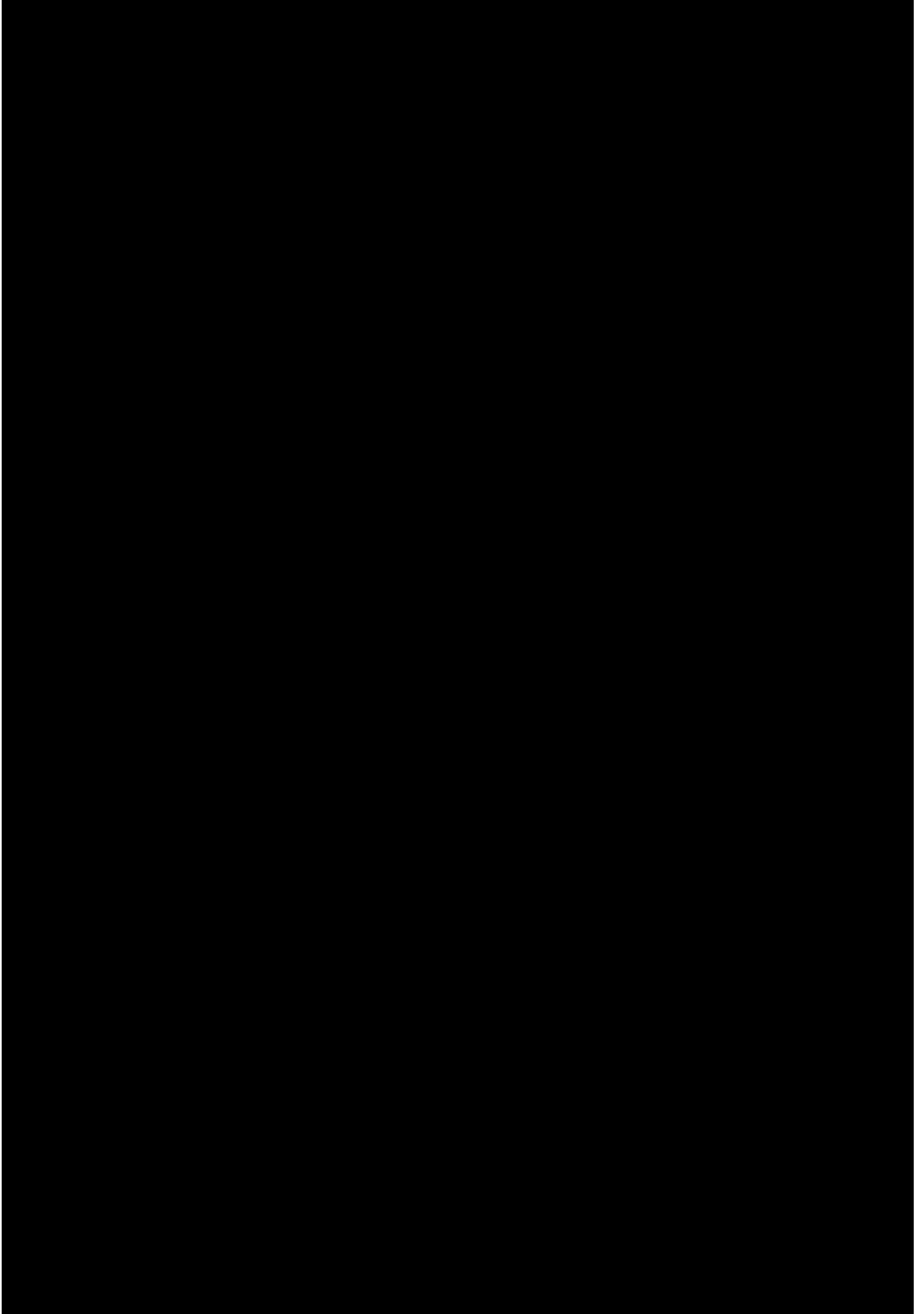
Weiss, P., Keck, J.C. ‘‘Fast sampling valve measurements of hydrocarbons in the cylinder of a CFR engine’’, *SAE Papers*, 810149, 178-184 (1982).

Zhao, H., Ladammatos, N., ‘‘Engine combustion instrumentation and diagnostics’’, *SAE International Inc.*, 111-159, 645-663, (2001).

EKLER

Ek-1. Capelec analiz sonuçları

Çizelge 1.1 Set-1 ölçümleri-1



Ek-1. (Devam) Capelec analiz sonuçları

Çizelge 1.2. Set-1 ölçümleri-2

Set 1 r = 6, AA=25, N=20d/s, T=23Nm, 1/3 Açık Gaz Kelebeği Konumu					
	CO %	CO2 %	HC ppm	O2 %	Nox ppm
335 KMA	0	0,7	7370	19,10	195
	0	0,7	7450	19,1	200
	0	0,7	7590	19	204
	0	0,6	7640	19	201
	0	0,6	7660	19	204
Ortalama	0	0,66	7542	19,04	200,8
345 KMA	0	0,7	7750	18,9	192
	0	0,8	7830	18,7	196
	0,004	0,8	7990	18,5	212
	0,011	0,8	7950	18,5	213
	0	0,7	8000	18,7	217
0	0,6	8040	18,7	208	
Ortalama	0,0025	0,733333333	7926,666667	18,66666667	206,3333333
355 KMA	0,47	2,6	5610	15,8	156
	0,493	3,2	5950	14,4	185
	0,297	2,6	6340	15,1	213
	0,205	2	6930	16,1	210
	0,213	2,9	6570	14,8	236
	0,191	3	6730	14,8	241
0,189	3,5	6500	14,1	242	
Ortalama	0,294	2,828571429	6375,714286	15,01428571	211,8571429
365 KMA	0,362	7	3130	11,4	249
	0,404	9,6	2810	7,6	388
	0,409	11	2310	5,7	489
	0,291	9,6	2320	7,6	385
	0,312	9,5	2440	7,4	411
	0,284	9,2	2700	7,7	417
0,24	8,8	2960	8,2	380	
Ortalama	0,3155	9,242857143	2667,142857	7,942857143	388,4285714
375 KMA	0,376	8,3	1030	9	471
	0,373	8,5	995	8,9	490
	0,364	8,6	1050	8,6	496
	0,359	9,7	1003	9,7	570
	0,316	9,7	941	9,7	571
	0,308	9,3	960	9,3	534
0,279	7,5	959	7,5	442	
Ortalama	0,339285714	8,8	991,1428571	8,957142857	510,5714286
390 KMA	0,315	5,3	501	13	384
	0,233	3,8	466	14,5	347
	0,22	3,6	458	14,9	323
	0,205	3,6	448	14,9	332
	0,194	3,4	454	15,1	330
	0,202	3,6	460	14,7	332
0,252	4,9	441	12,9	527	
Ortalama	0,231571429	4,028571429	461,1428571	14,28571429	367,8571429
	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama
335 KMA	0	0,66	7542	19,04	200
345 KMA	0,0025	0,733	7926	18,66	206
355 KMA	0,294	2,828	6375	15,01	211
365 KMA	0,3155	9,242	2667	7,94	388
375 KMA	0,339	8,8	991	8,95	510
390 KMA	0,231	4,028	461	14,28	367

Ek-1. (Devam) Capelec analiz sonuçları

Çizelge 1.3. Set-2 ölçümleri

Set 2 r = 6, AA=25, N=26d/s, T=15,5Nm, 1/3 Açık Gaz Kelebeği Konumu					
	CO %	CO2 %	HC ppm	O2 %	Nox ppm
335 KMA	0	0,9	7550	18,90	81
	0	0,9	8110	18,8	105
	0,213	1,5	7890	17,4	108
	0,217	1,5	7870	17,2	113
	0,018	0,8	7650	18,8	74
Ortalama	0,0896	1,12	7814	18,22	96,2
345 KMA	0,231	1,4	7410	17,5	72
	0,118	1,3	7770	17,8	95
	0,102	1,2	8160	17,9	105
	0,118	1,2	8150	17,8	105
	0,124	1,2	7970	17,7	110
Ortalama	0,1365	1,25	7870	17,73333333	99,5
355 KMA	0,79	4,2	5450	12,8	109
	0,804	4,4	5420	12,5	128
	0,796	4,8	5180	12,1	131
	0,518	3,1	5770	14,5	130
	0,395	2,5	6360	15,4	112
Ortalama	0,602285714	3,6	5505,714286	13,07142857	120,8571429
365 KMA	0,754	4,2	3540	13,3	89
	0,809	4,4	3690	12,8	98
	0,805	4,3	3720	12,8	105
	0,602	3,7	3850	13,7	110
	0,599	3,4	4020	12,8	113
Ortalama	0,732428571	4,114285714	3681,428571	13,18571429	106,7142857
375 KMA	0,768	3,5	1546	14,5	74
	0,774	3,7	1500	14	77
	0,739	3,9	1595	13,8	83
	0,723	3,6	1606	14,2	88
	0,72	3,5	1823	14,1	90
Ortalama	0,744571429	3,671428571	1661,714286	14,07142857	92
390 KMA					
Ortalama	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama
335 KMA	0,0896	1,12	7814	18,22	96,2
345 KMA	0,1365	1,25	7870	17,73333333	99,5
355 KMA	0,602285714	3,6	5505,714286	13,07142857	120,8571429
365 KMA	0,732428571	4,114285714	3681,428571	13,18571429	106,7142857
375 KMA	0,744571429	3,671428571	1661,714286	14,07142857	92
390 KMA					

Ek-1. (Devam) Capelec analiz sonuçları

Çizelge 1.4. Set-3 ölçümleri-1

Set 3 r = 7, AA=25, N=20d/s, T=30 Nm, 1/3 Açık Gaz Kelebeği Konumu					
	CO %	CO2 %	HC ppm	O2 %	Nox ppm
335 KMA	0	0,6	8720	18,90	188
	0	0,6	8920	18,7	207
	0	0,6	9090	18,8	219
	0	0,6	9260	18,8	235
	0	0,6	9200	18,7	220
Ortalama	0	0,6	9038	18,78	213,8
345 KMA	0,071	1,8	7850	16,5	220
	0,179	3,1	7390	14,7	235
	0,141	3,5	6750	13,9	262
	0,063	1,6	7540	16,7	244
	0,121	1,5	6750	15,5	250
	0,087	1,4	7270	16	265
Ortalama	0,110333333	2,15	7258,333333	15,55	246
355 KMA	0,183	4,1	3600	13,8	167
	0,204	3,7	5680	14,1	195
	0,237	6,3	4880	10,7	264
	0,173	4,5	5500	12,7	262
	0,22	4	3500	11,7	255
	0,195	3,8	4280	12,5	258
	0,187	3,9	4500	11	265
Ortalama	0,199857143	4,328571429	4562,857143	12,35714286	238
365 KMA	0,424	5	2550	12,9	167
	0,378	4,6	2510	13,3	168
	0,355	4,5	2220	13,4	165
	0,429	8	2160	9,4	278
	0,423	4,5	2165	9,3	170
	0,39	4	2100	11,5	175
	0,395	4,5	2300	9,9	165
Ortalama	0,399142857	5,014285714	2286,428571	11,38571429	184
375 KMA	0,4	4,2	1066	14,7	274
	0,395	4,1	940	14,4	312
	0,396	4,2	804	14,4	344
	0,457	5,7	753	12,2	520
	0,425	4	800	13,5	440
	0,455	4,1	950	14,4	355
	0,45	4,2	780	14	350
Ortalama	0,425428571	4,357142857	870,4285714	13,94285714	370,7142857
390 KMA	0,6	6,3	387	11,7	605
	0,57	6	337	11,9	608
	0,528	6	265	11,9	620
	0,609	7	263	12	723
	0,63	6,5	260	11,5	720
	0,57	7,1	255	11	650
	0,63	7	290	11	615
Ortalama	0,591	6,557142857	293,8571429	11,57142857	648,7142857
	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama
335 KMA	0	0,6	9038	18,78	213,8
345 KMA	0,110333333	2,15	7258,333333	15,55	246
355 KMA	0,199857143	4,328571429	4562,857143	12,35714286	238
365 KMA	0,399142857	5,014285714	2286,428571	11,38571429	184
375 KMA	0,425428571	4,357142857	870,4285714	13,94285714	370,7142857
390 KMA	0,591	6,557142857	293,8571429	11,57142857	648,7142857

Ek-1. (Devam) Capelec analiz sonuçları

Çizelge 1.5. Set-3 ölçümleri-2

Set 3 r = 7, AA=25, N=20d/s, T=30 Nm, 1/3 Açık Gaz Kelebeği Konumu					
	CO %	CO2 %	HC ppm	O2 %	Nox ppm
335 KMA	0	0,70	8620	18,90	181
	0	0,7	8890	18,9	199
	0	0,7	9010	18,9	206
	0	0,6	9110	18,7	214
	0	0,6	9050	18,6	212
Ortalama	0	0,66	8936	18,80	202,4
345 KMA	0,059	1,1	8270	18,1	174
	0,072	1	8570	18,1	184
	0,113	1,2	8460	17,7	189
	0,075	1,1	8550	18	193
	0,1	1	8450	17,5	190
Ortalama	0,085666667	1,116666667	8450	17,73333333	185,8333333
355 KMA	0,37	5,4	6130	12,3	226
	0,296	5,7	5820	11,6	238
	0,33	8	4960	9,2	272
	0,27	6,5	5020	10,6	288
	0,335	4,5	4990	10	280
	0,28	5	5050	9,9	255
	0,285	5,5	5000	11	260
Ortalama	0,309428571	5,8	5281,428571	10,65714286	259,8571429
365 KMA	0,432	3,3	2940	15	94
	0,419	3,6	2990	14,7	114
	0,35	3,2	3200	15,2	93
	0,322	2,9	3420	15,6	99
	0,39	3,5	2990	14,8	105
	0,422	3,8	3200	14,6	120
Ortalama	0,392428571	3,4	3120	14,98571429	107,8571429
375 KMA	0,452	4,2	1442	14,4	215
	0,455	4,1	1236	14,3	265
	0,447	4,2	1190	14,1	290
	0,382	3,6	1138	15	262
	0,465	4	1200	14	276
	0,395	3,9	1255	14,2	244
Ortalama	0,431714286	4,014285714	1215,857143	14,28571429	257,4285714
390 KMA	0,469	4,6	498	13,7	423
	0,412	4	495	12,9	400
	0,389	4	499	14,9	393
	0,458	5,2	510	14,6	481
	0,483	5,8	405	12,2	519
	0,466	5,5	517	14,6	505
	0,445	4,9	520	15,3	431
Ortalama	0,446	4,857142857	492	14,02857143	450,2857143
	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama
335 KMA	0	0,66	8936	18,80	202,4
345 KMA	0,085666667	1,116666667	8450	17,73333333	185,8333333
355 KMA	0,309428571	5,8	5281,428571	10,65714286	259,8571429
365 KMA	0,392428571	3,4	3120	14,98571429	107,8571429
375 KMA	0,431714286	4,014285714	1215,857143	14,28571429	257,4285714
390 KMA	0,446	4,857142857	492	14,02857143	450,2857143

Ek-1. (Devam) Capelec analiz sonuçları

Çizelge 1.6. Set-4 ölçümleri

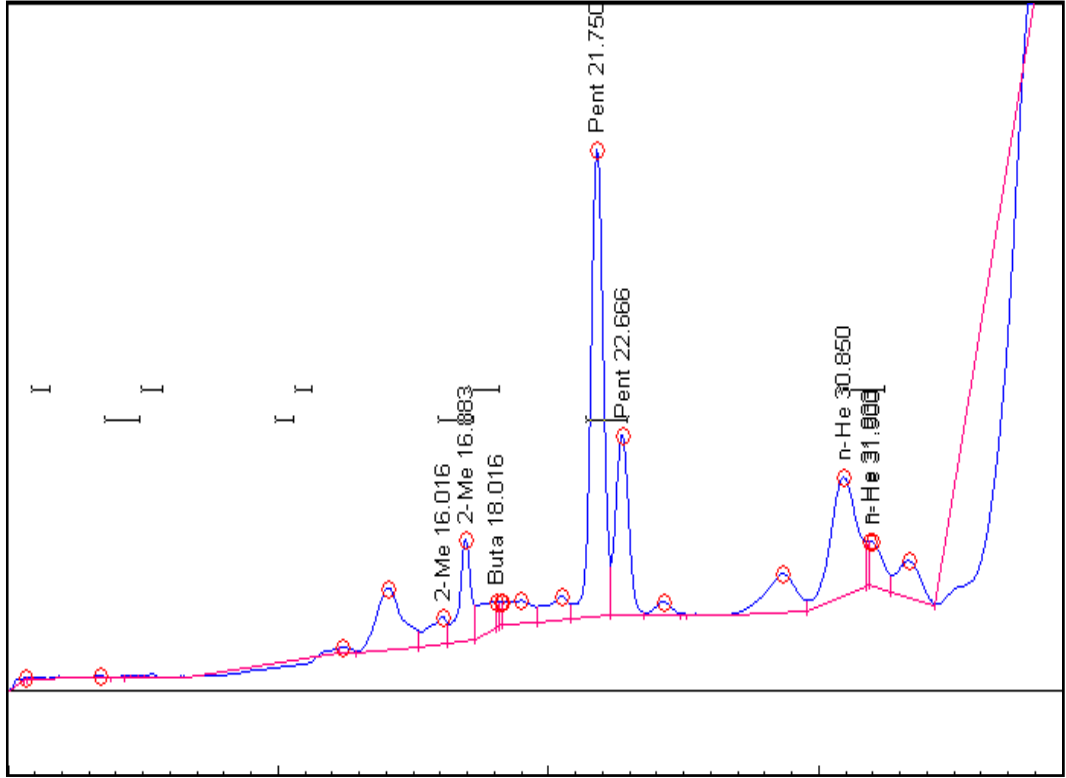
Set 4 r = 7, AA=25, N=26d/s, T=20 Nm, 1/3 Açık Gaz Kelebeği Konumu					
	CO %	CO2 %	HC ppm	O2 %	Nox ppm
335 KMA	0	0,7	8200	18,60	101
	0	0,7	8740	18,6	125
	0	0,8	8970	18,1	155
	0,036	0,6	9490	18,3	137
	0	0,8	9040	18,2	142
Ortalama	0,0072	0,72	8888	18,36	132
345 KMA	0	0,7	8300	18,9	113
	0	0,8	8380	18,7	140
	0,044	0,8	8820	18,7	148
	0,056	0,8	8780	18,8	134
	0	0,7	8760	18,7	142
	0	0,8	8700	18,7	135
Ortalama	0,016666667	0,766666667	8623,333333	18,75	135,3333333
355 KMA	0,07	0,9	7120	16,9	75
	0,098	1	7800	16,9	98
	0,232	1,3	7640	17,2	102
	0,295	1,4	7380	16,7	121
	0,301	1,6	7330	16,8	128
	0,291	1,6	7470	17,2	129
	0,296	1,6	7330	17,1	130
Ortalama	0,226142857	1,342857143	7438,571429	16,97142857	111,8571429
365 KMA	0,888	6,6	3610	10,3	163
	0,896	7	3560	9,7	185
	0,892	7,4	3470	9,3	190
	0,858	7,4	3450	9,3	194
	0,786	7,3	3440	9,4	205
	0,77	7,6	3380	9,1	207
	0,78	8	3480	8,5	204
Ortalama	0,838571429	7,328571429	3484,285714	9,371428571	192,5714286
375 KMA	0,835	9,2	1157	7,8	307
	0,833	9,1	1175	7,8	326
	0,877	9,2	1323	7,5	354
	0,841	8,6	1290	7,9	353
	0,854	8,8	1338	7,9	353
	0,841	8,9	1417	8	320
	0,822	8,8	1437	8,1	324
Ortalama	0,843285714	8,942857143	1305,285714	7,857142857	333,8571429
390 KMA	0,785	9,8	280	7,4	520
	0,848	10,4	359	6,4	563
	0,844	10,2	373	6,6	569
	0,846	9,9	401	6,9	571
	0,828	9,6	405	7,2	534
	0,803	9,5	403	7,5	535
	0,854	10	430	6,8	549
Ortalama	0,829714286	9,914285714	378,7142857	6,971428571	548,7142857
	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama
335 KMA	0,0072	0,72	8888	18,36	132
345 KMA	0,016666667	0,766666667	8623,333333	18,75	135,3333333
355 KMA	0,226142857	1,342857143	7438,571429	16,97142857	111,8571429
365 KMA	0,838571429	7,328571429	3484,285714	9,371428571	192,5714286
375 KMA	0,843285714	8,942857143	1305,285714	7,857142857	333,8571429
390 KMA	0,829714286	9,914285714	378,7142857	6,971428571	548,7142857

Ek-1. (Devam) Capelec analiz sonuçları

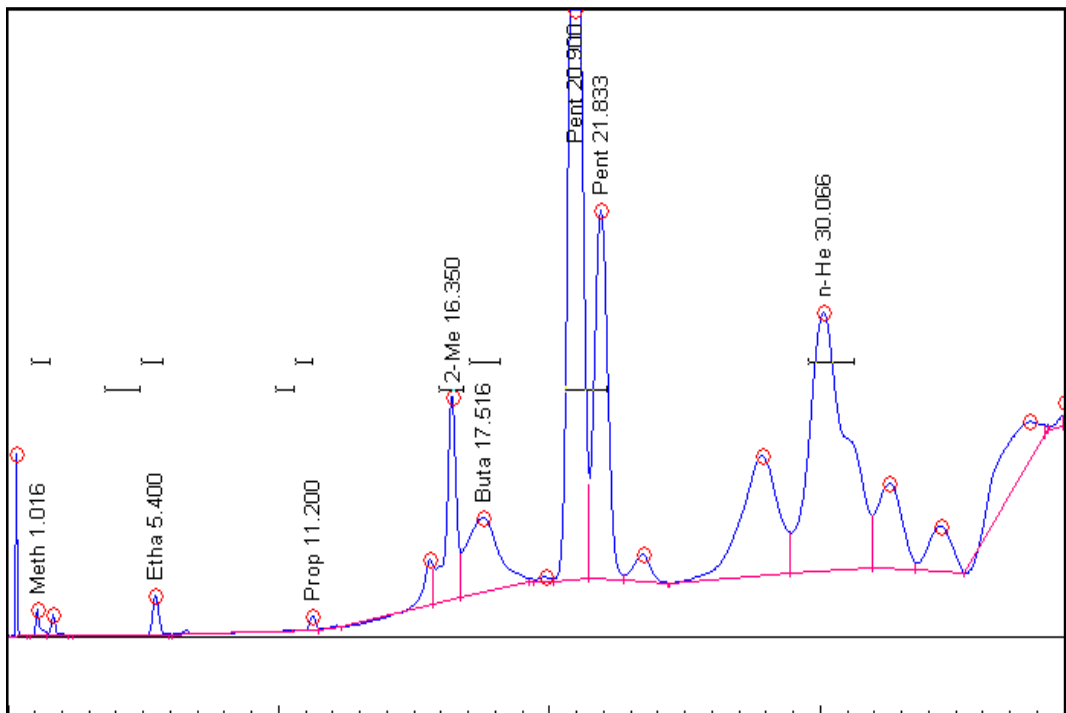
Çizelge 1.7. Set-6 ölçümleri

Set 6 r = 8, AA=25, N=26d/s, T=22 Nm, 1/3 Açık Gaz Kelebeği Konumu					
	CO %	CO2 %	HC ppm	O2 %	Nox ppm
335 KMA	0	0,5	8630	18,80	139
	0	0,5	8570	18,6	143
	0,168	1,7	8739	18,5	149
	0,194	2,1	7730	16	163
	0,135	1,9	7780	16,4	179
Ortalama	0,0994	1,34	8289,8	17,66	154,6
345 KMA	0,166	1,8	7000	16,8	125
	0,097	1,6	7480	16,8	144
	0,115	2,3	7320	15,7	150
	0,086	2,2	7790	15,7	158
	0,083	2,3	7410	15,6	164
355 KMA	0,068	2,4	7200	16,6	170
	0,267	5,9	4640	11,2	157
	0,266	6,2	4620	11	159
	0,264	6,4	4580	10,7	163
	0,259	6,6	4550	10,4	185
365 KMA	0,213	6,3	4720	6,3	191
	0,194	6,3	4730	6,3	194
	0,164	6,8	4560	10,1	197
	0,422	3,3	4330	14,7	89
	0,427	3,7	4150	14,2	109
375 KMA	0,456	4,5	3880	13,1	115
	0,466	4,8	3560	12,6	129
	0,429	4,8	3650	12,7	139
	0,39	4,6	4020	12,8	146
	0,388	4,7	3890	12,6	149
Ortalama	0,425428571	4,342857143	3925,714286	13,24285714	125,1428571
390 KMA	0,572	7,7	1244	9,5	328
	0,557	7,8	1228	9,4	236
	0,555	8	1227	9,3	314
	0,555	8,3	1228	8,9	320
	0,533	8,5	1173	8,8	331
395 KMA	0,535	8,4	1212	9,2	336
	0,475	7,5	1125	7,5	309
	0,513	8,6	425	8,6	535
	0,504	8,7	4*8	8,5	537
	0,512	9	429	8,1	553
398 KMA	0,517	9,1	442	8	582
	0,508	8,9	456	8,3	592
	0,46	8,7	405	8,7	549
	0,452	8,4	452	8,4	546
	Ortalama	0,495142857	8,771428571	434,8333333	8,371428571
	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama	ortalama
335 KMA	0,0994	1,34	8289,8	17,66	154,6
345 KMA	0,1025	2,1	7366,666667	16,2	151,8333333
355 KMA	0,232428571	6,357142857	4628,571429	9,428571429	178
365 KMA	0,425428571	4,342857143	3925,714286	13,24285714	125,1428571
375 KMA	0,540285714	8,028571429	1205,285714	8,942857143	310,5714286
390 KMA	0,495142857	8,771428571	434,8333333	8,371428571	556,2857143

Ek-2. GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

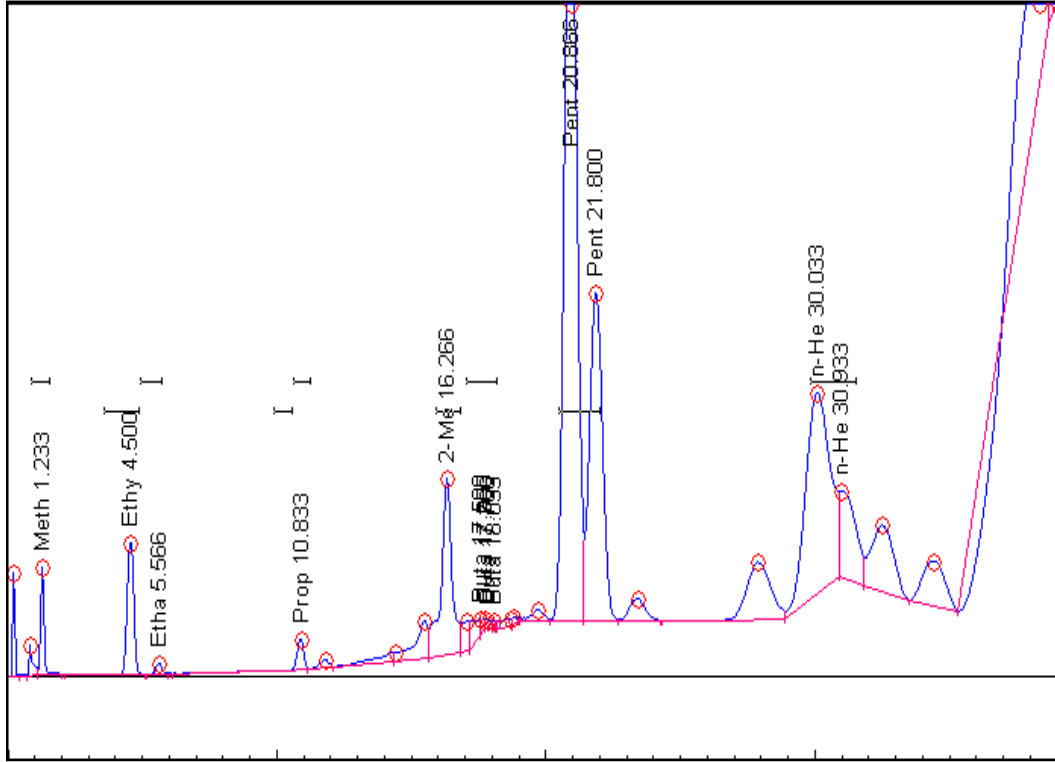


Şekil 2.1. Set-1 335 KMA Gaz Kromatogramı

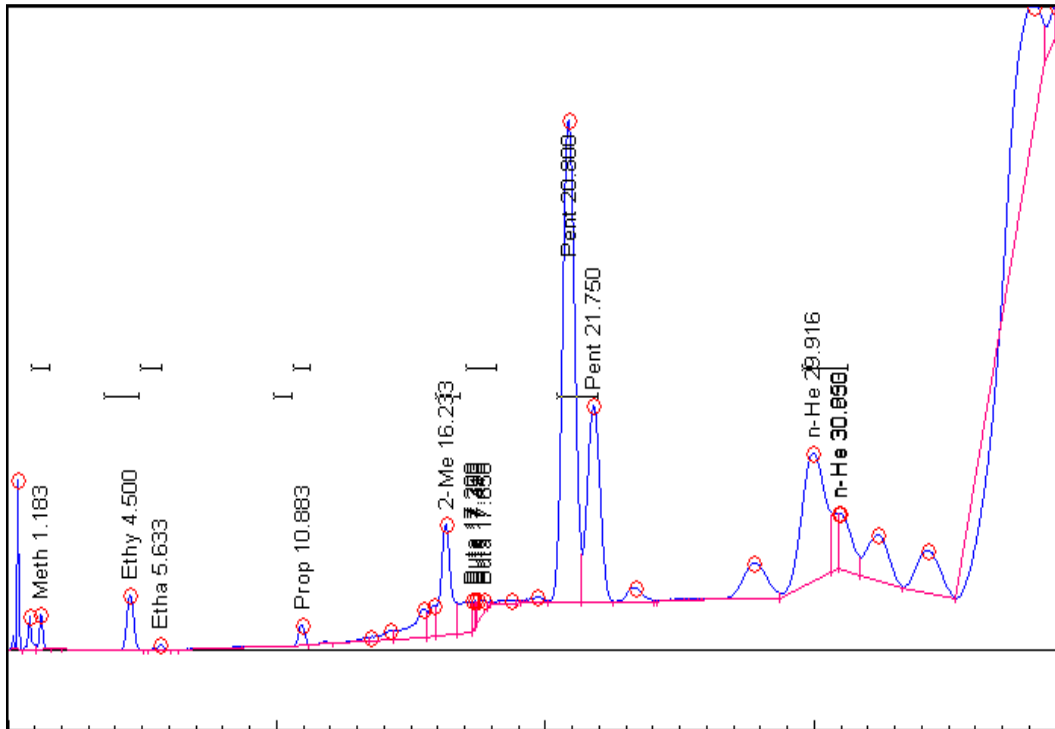


Şekil 2.2. Set-1 345 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

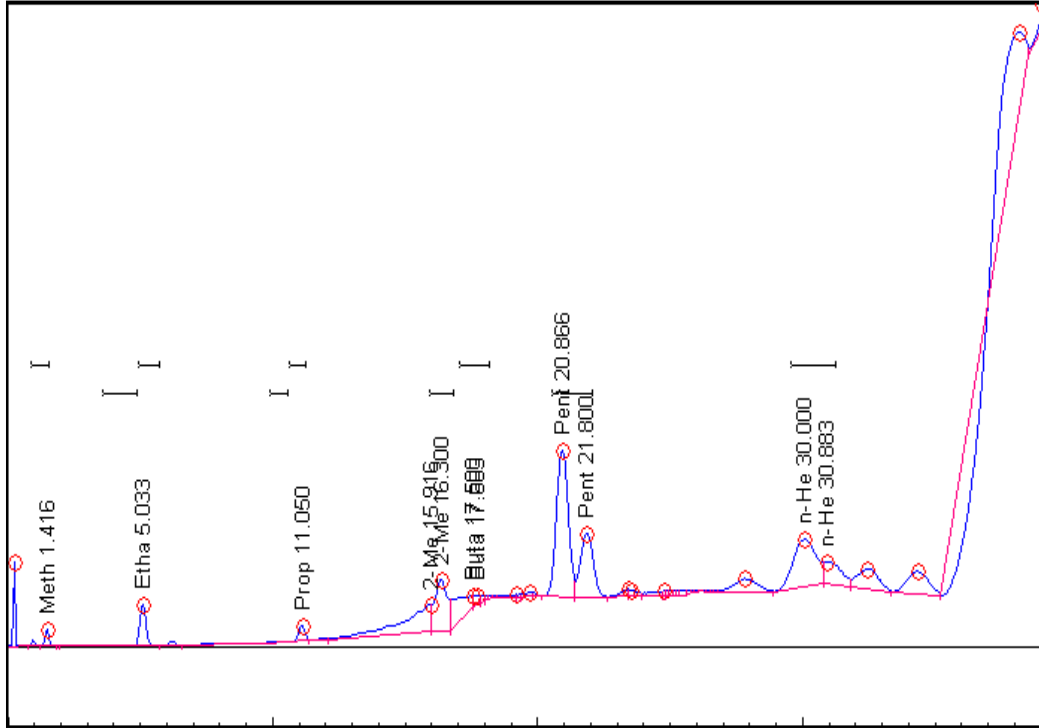


Şekil 2.3. Set-1 355 KMA Gaz Kromatogramı

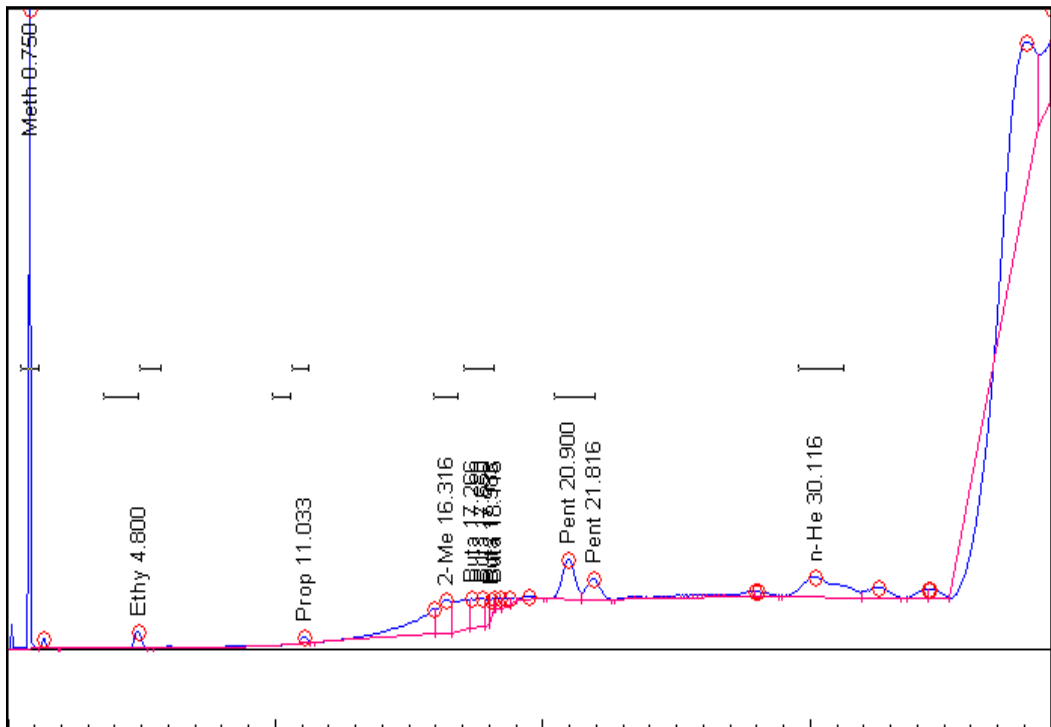


Şekil 2.4. Set-1 365 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

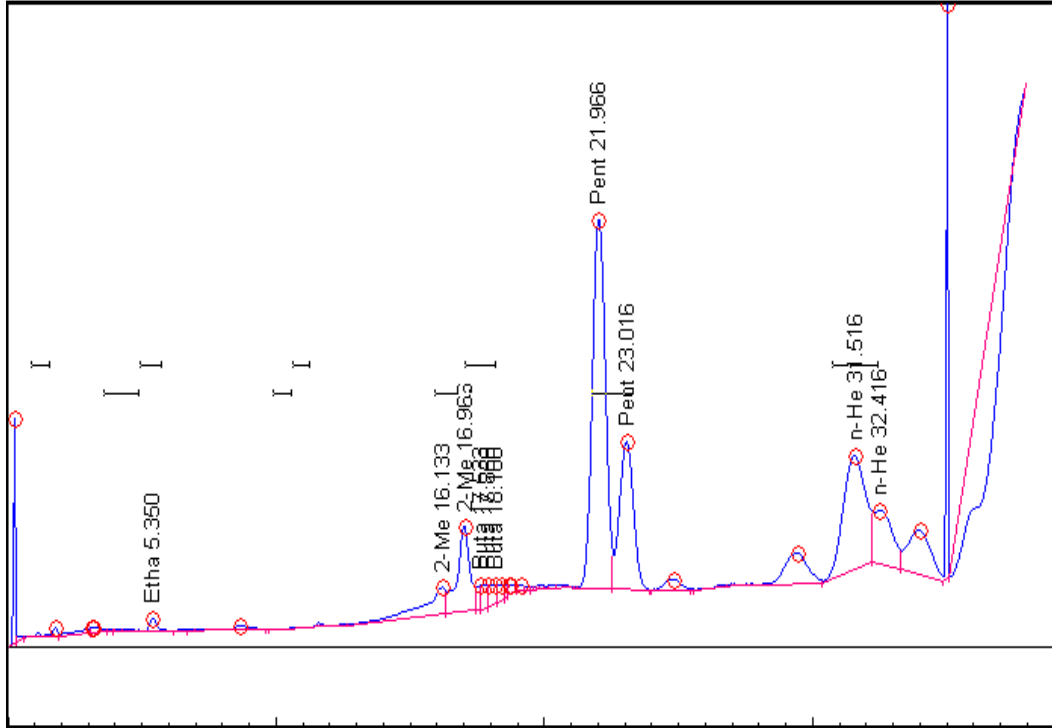


Şekil 2.5. Set-1 375 KMA Gaz Kromatogramı

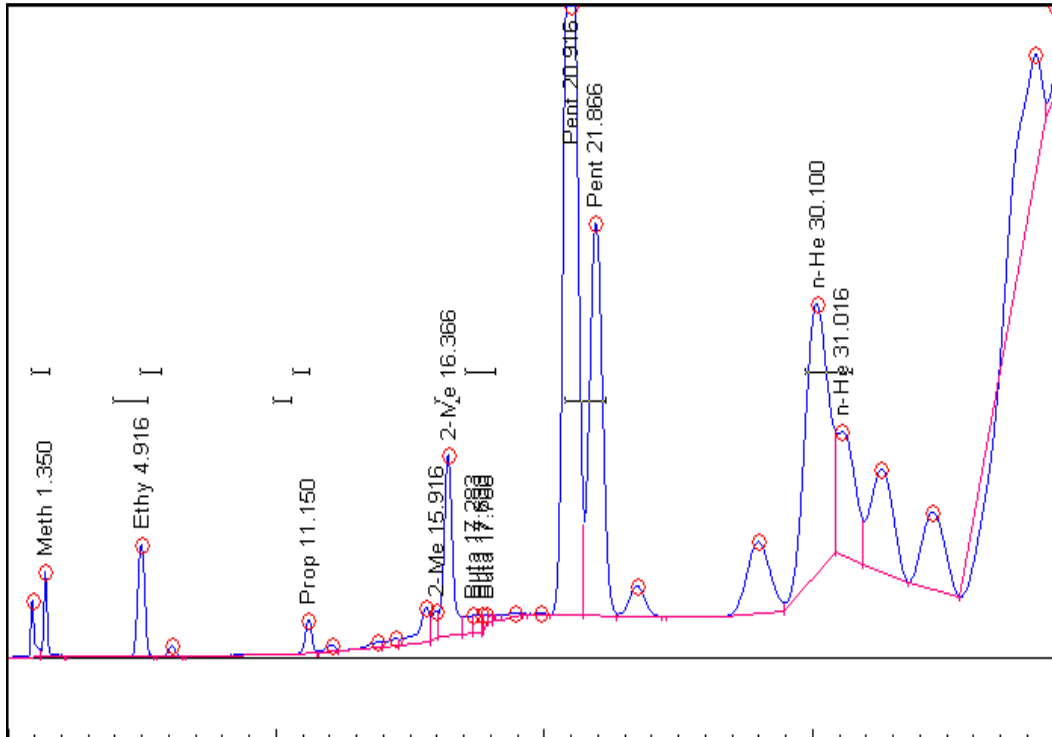


Şekil 2.6. Set-1 390 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

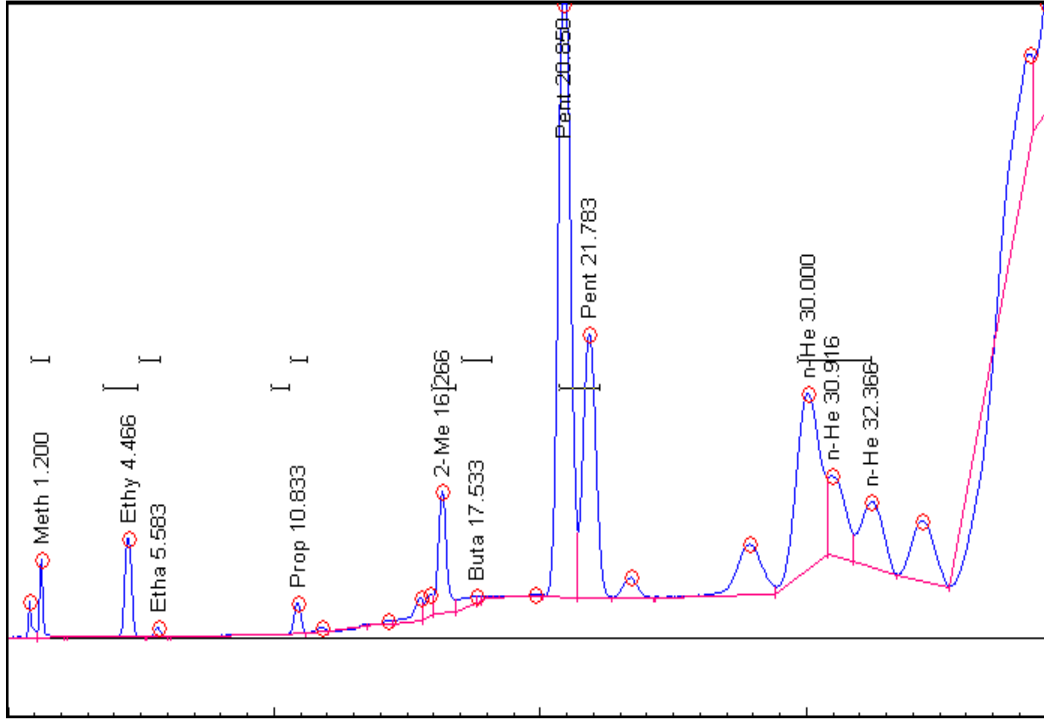


Şekil 2.7. Set-2 335 KMA Gaz Kromatogramı

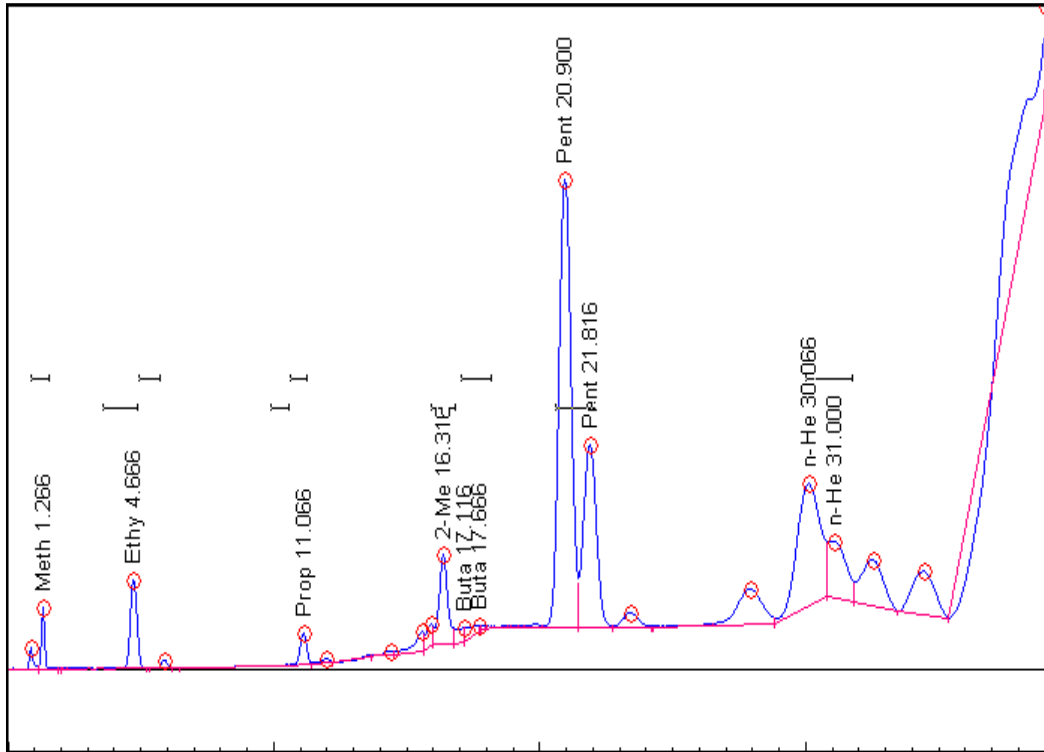


Şekil 2.8. Set-2 345 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

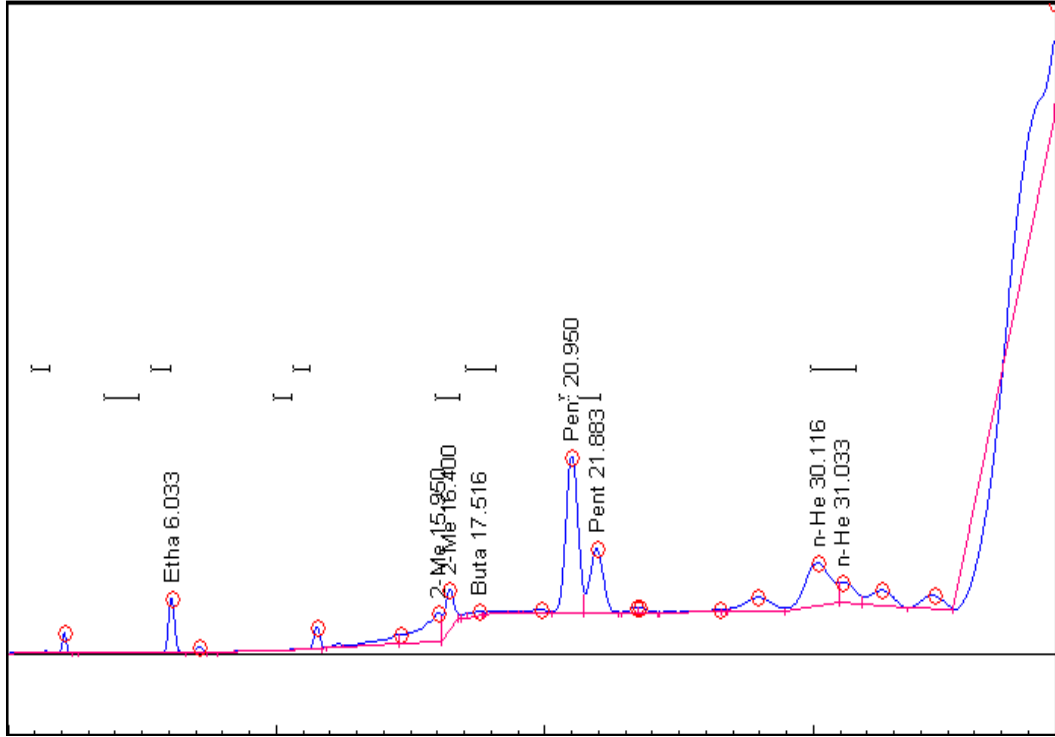


Şekil 2.9. Set-2 355 KMA Gaz Kromatogramı

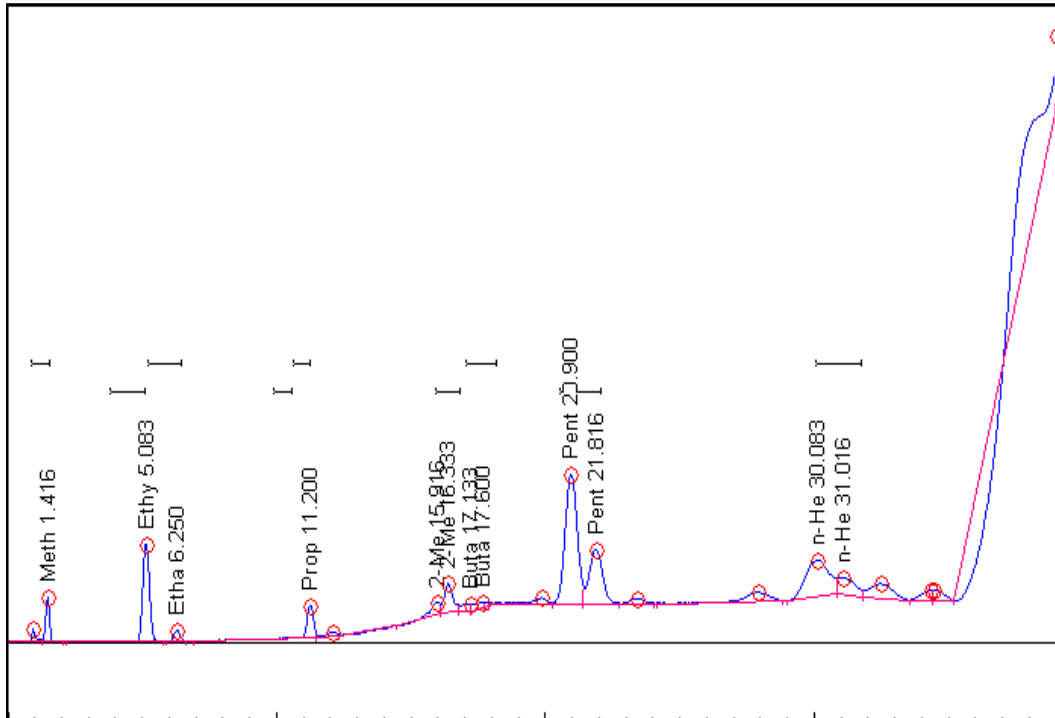


Şekil 2.10. Set-2 365 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

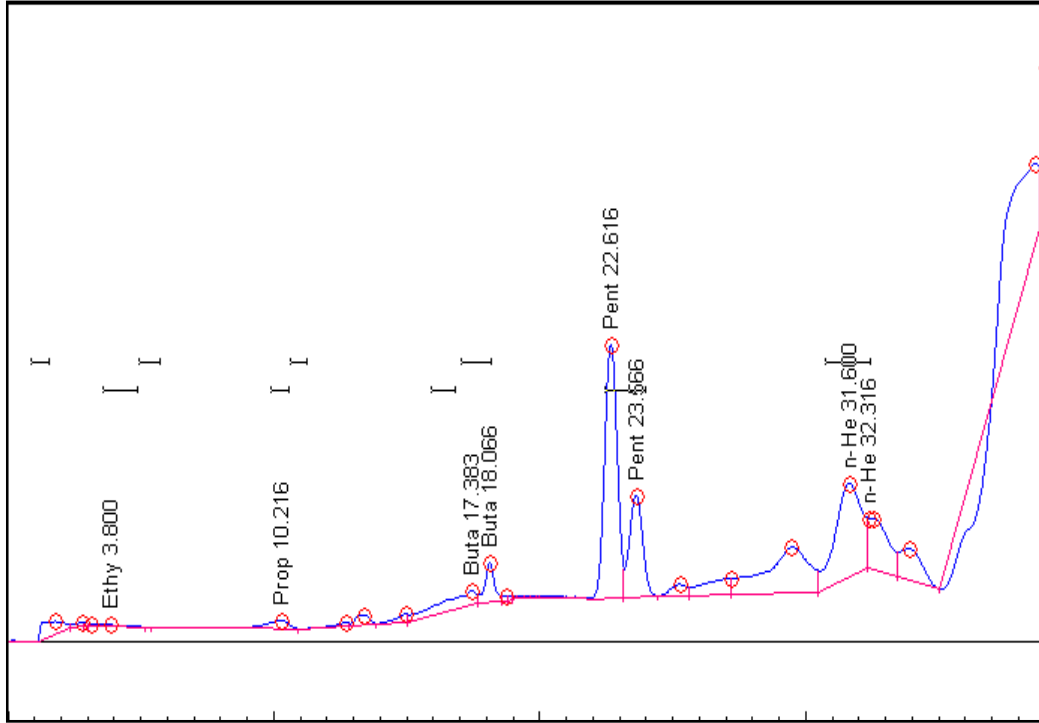


Şekil 2.11. Set-2 375 KMA Gaz Kromatogramı

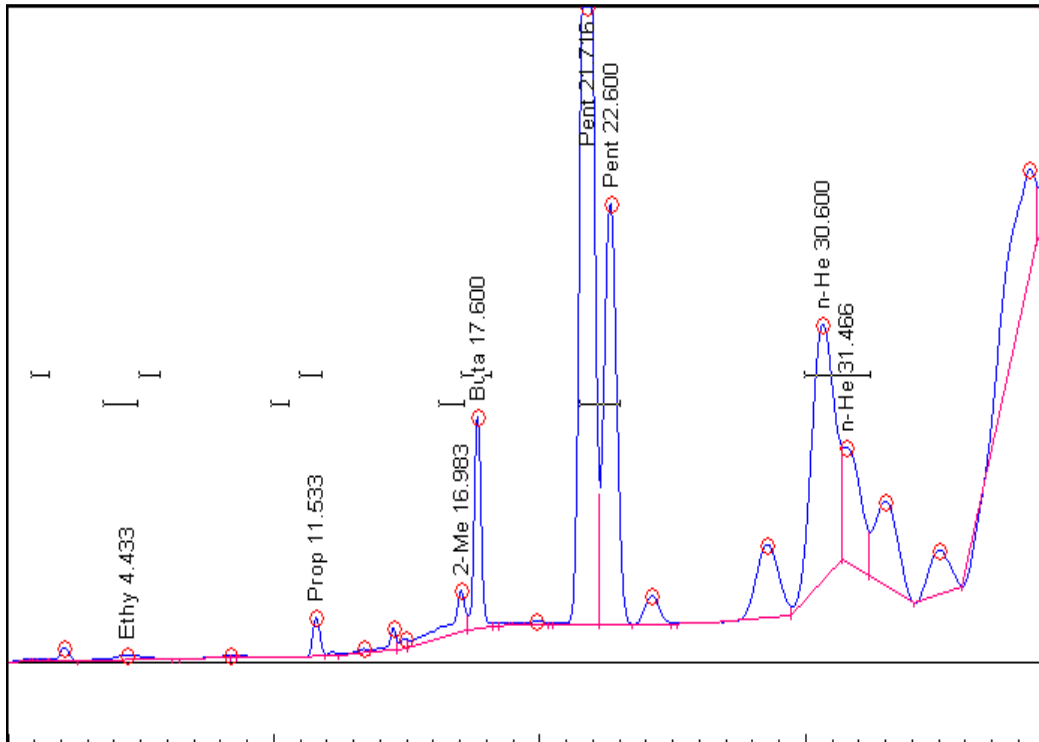


Şekil 2.12. Set-2 390 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

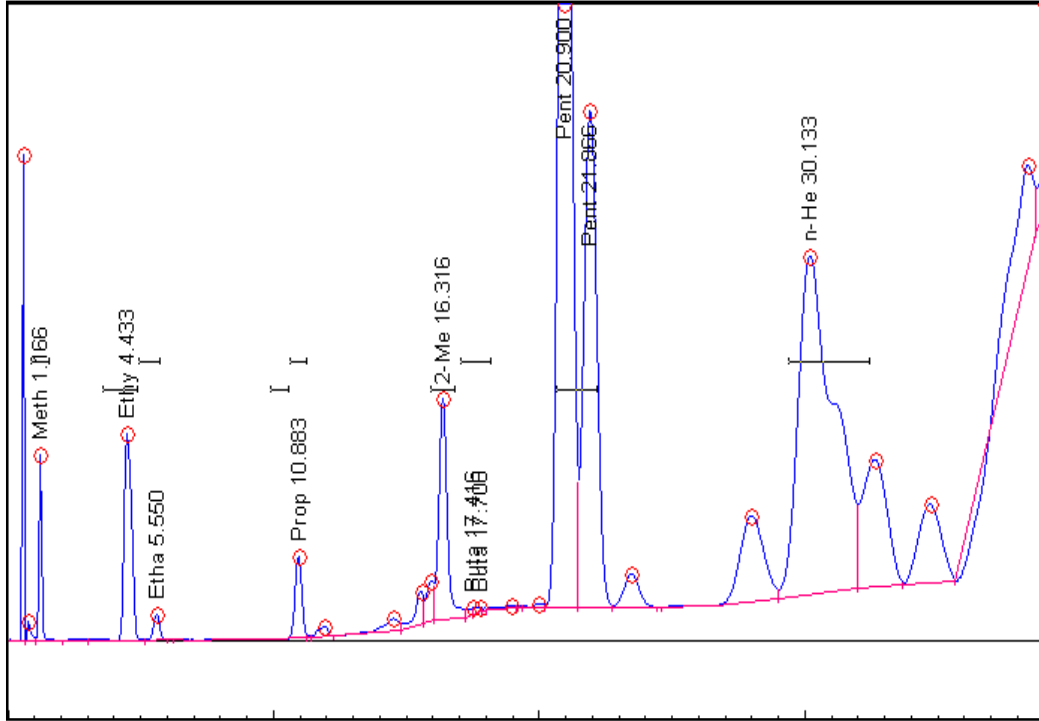


Şekil 2.13. Set-4 335 KMA Gaz Kromatogramı

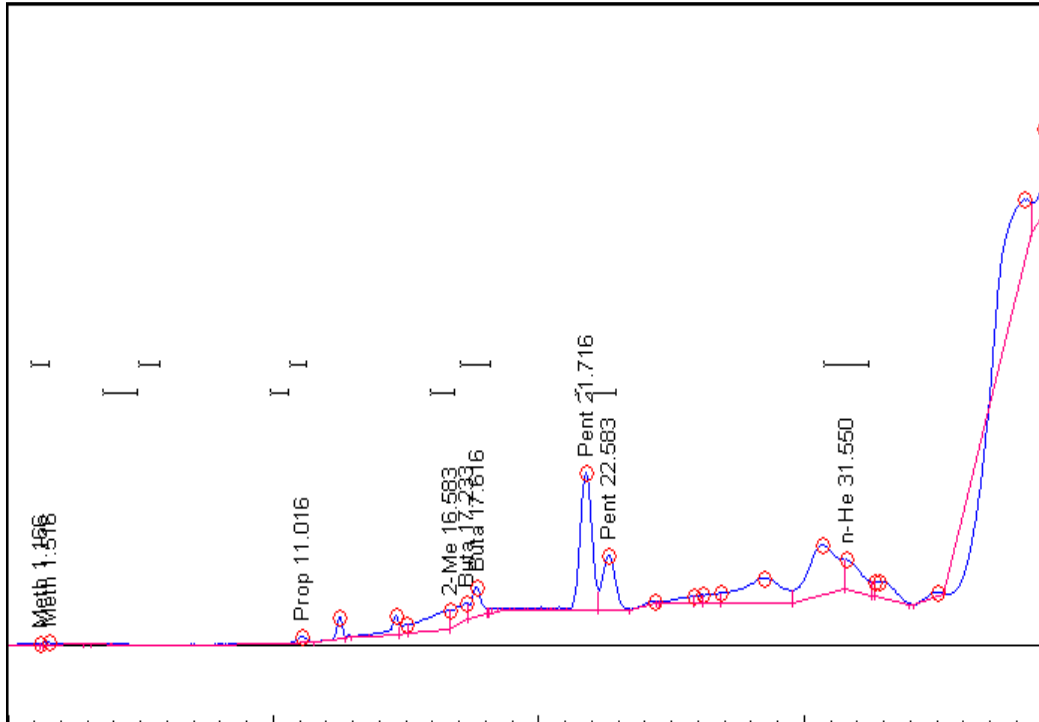


Şekil 2.14. Set-4 345 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

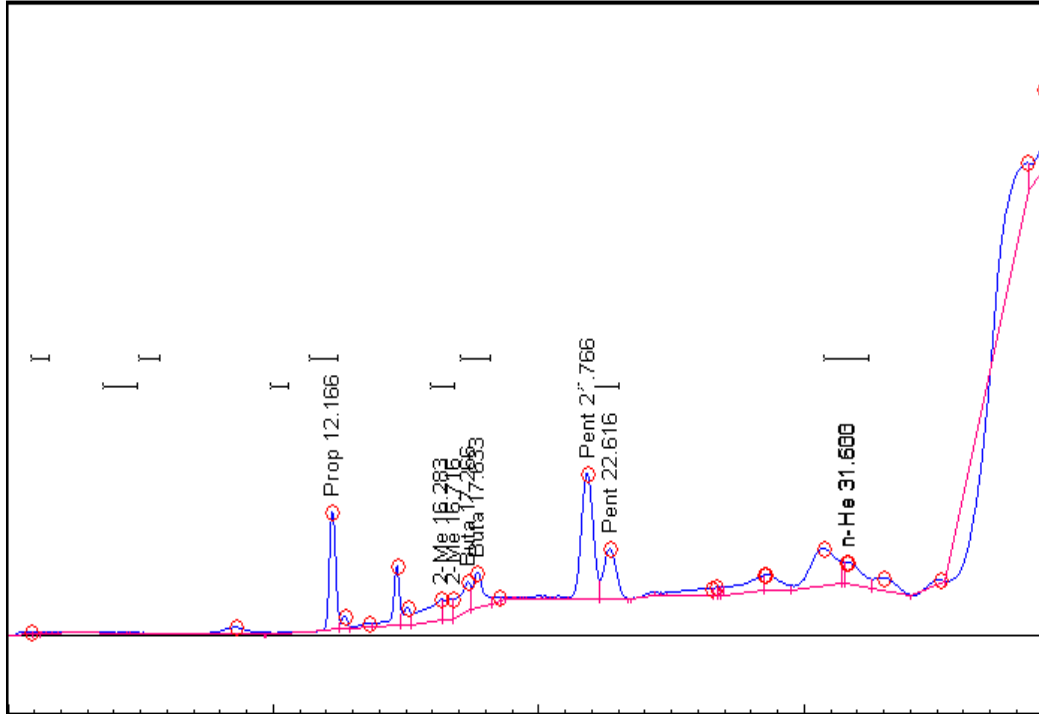


Şekil 2.15. Set-4 355 KMA Gaz Kromatogramı

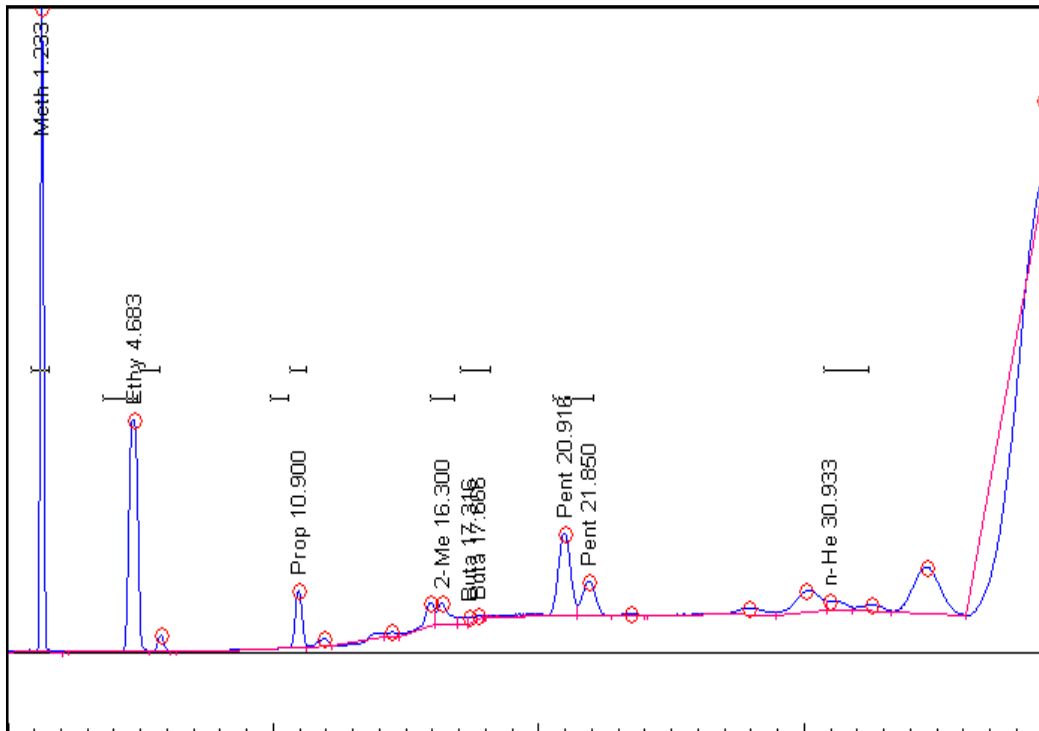


Şekil 2.16. Set-4 365 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

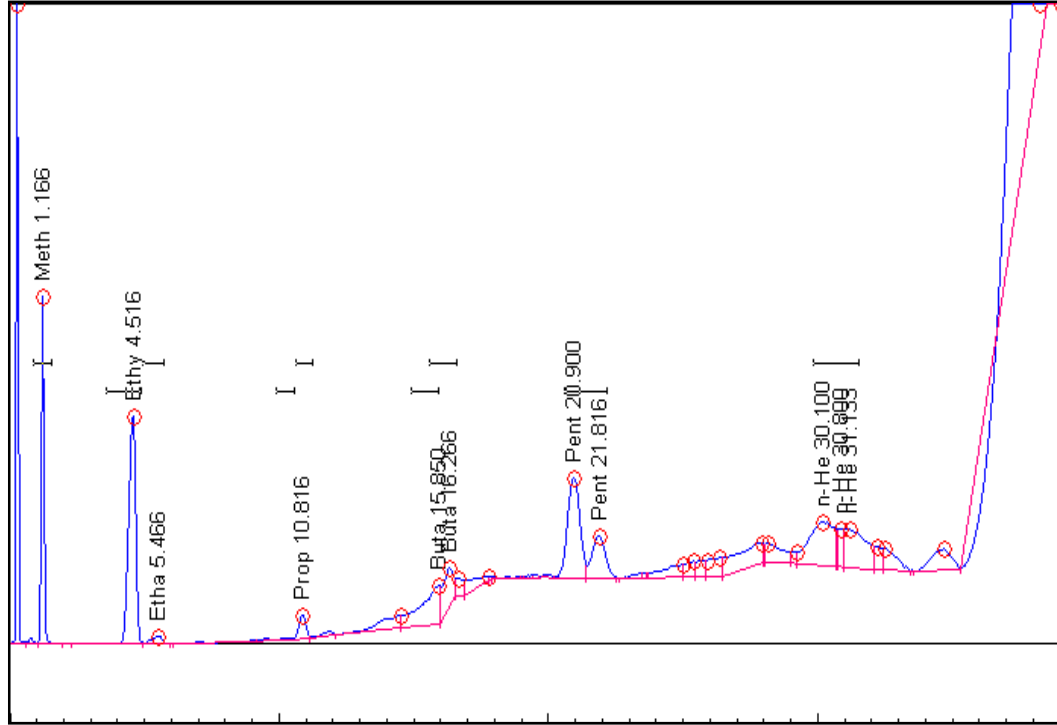


Şekil 2.17. Set-4 375 KMA Gaz Kromatogramı

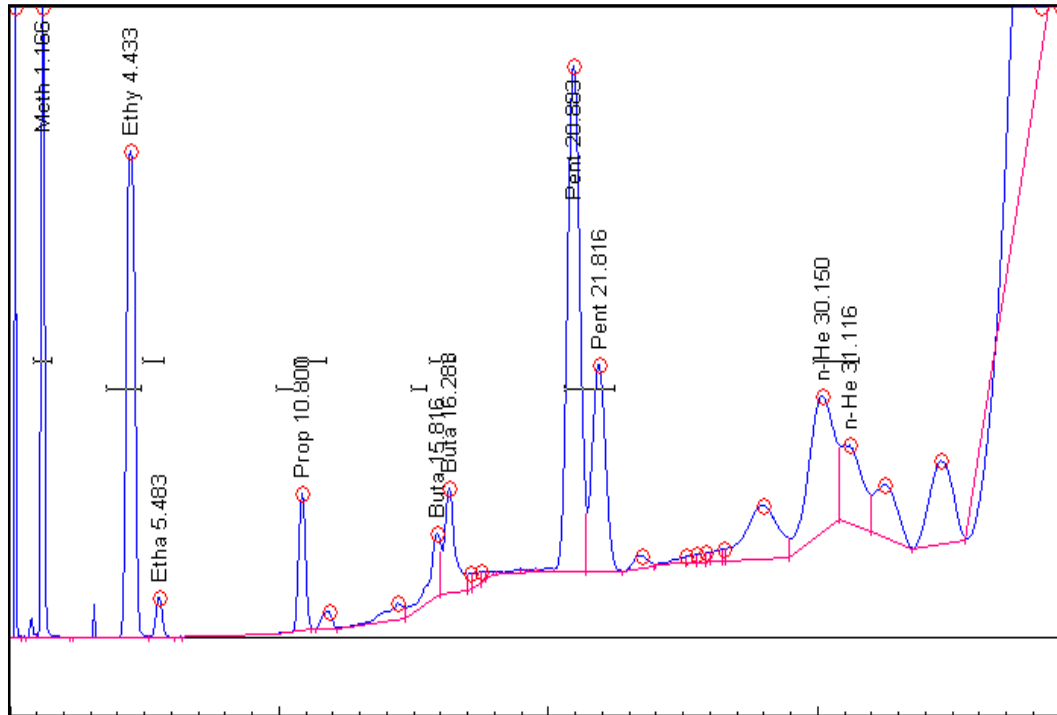


Şekil 2.18. Set-4 390 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

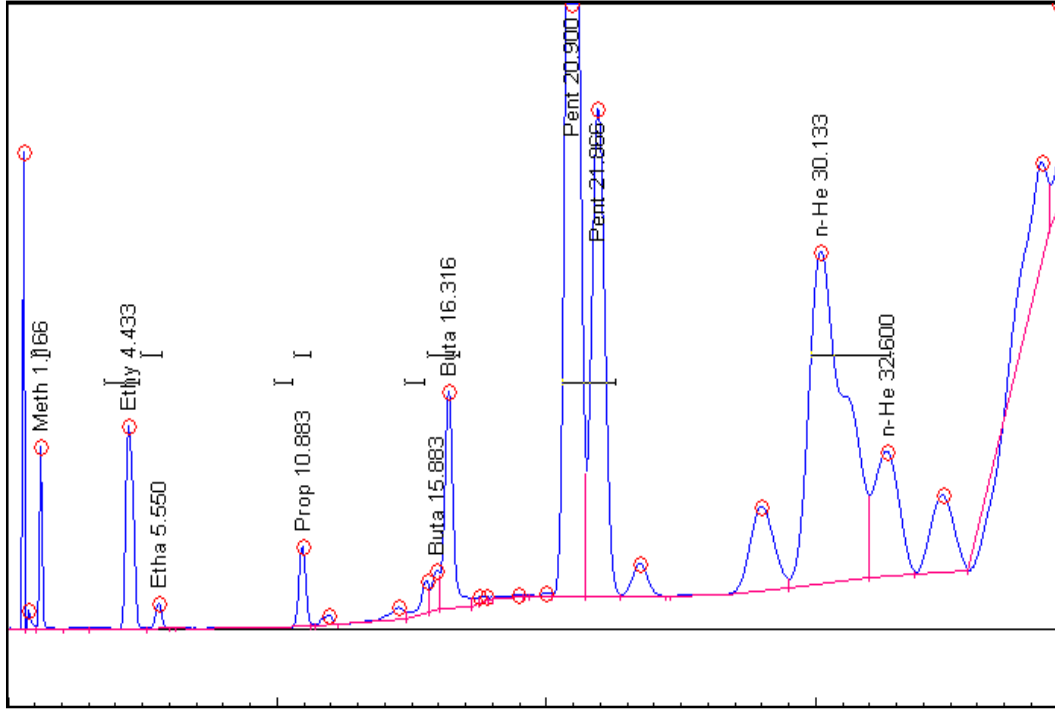


Şekil 2.19. Set-6 335 KMA Gaz Kromatogramı

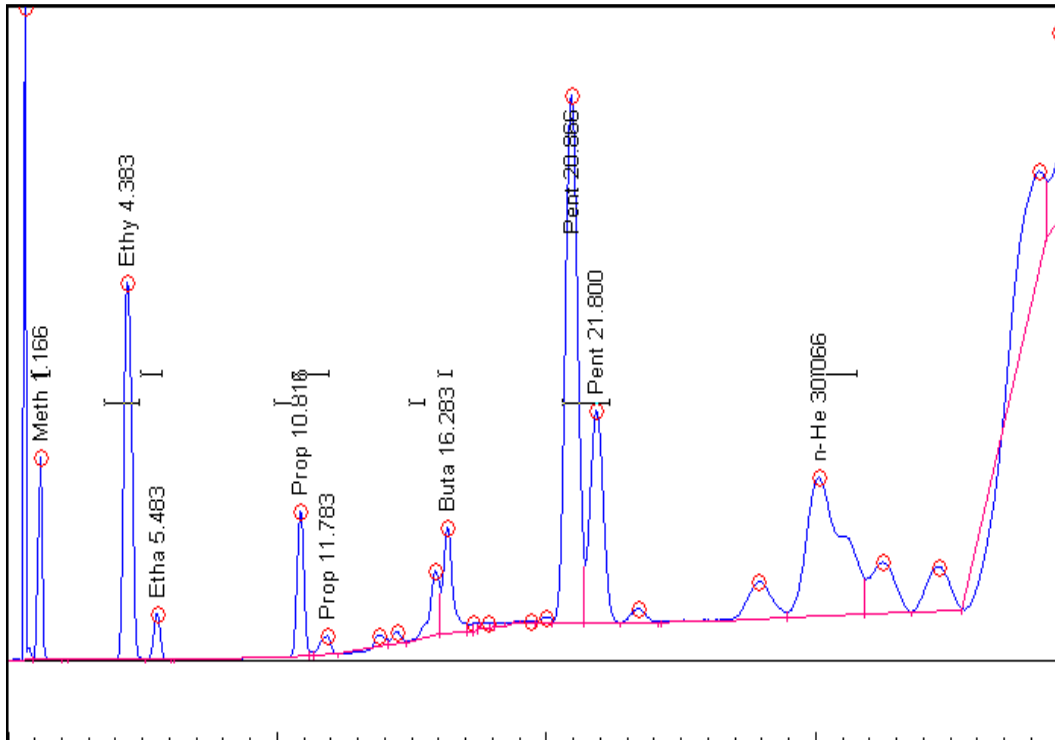


Şekil 2.20. Set-6 345 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

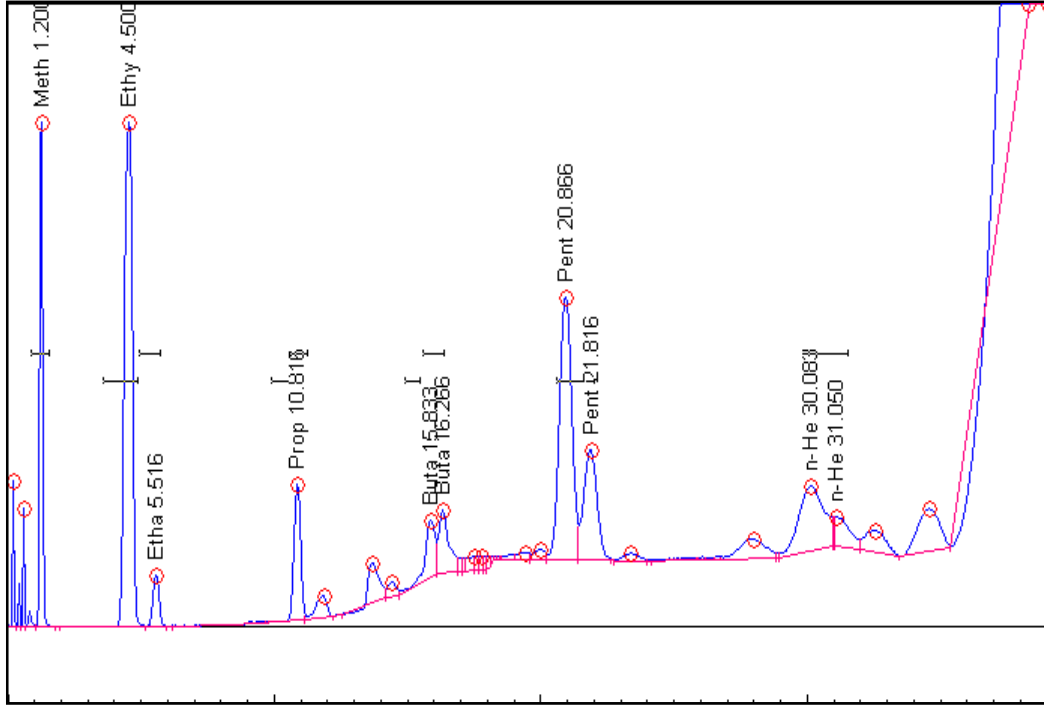


Şekil 2.21. Set-6 355 KMA Gaz Kromatogramı

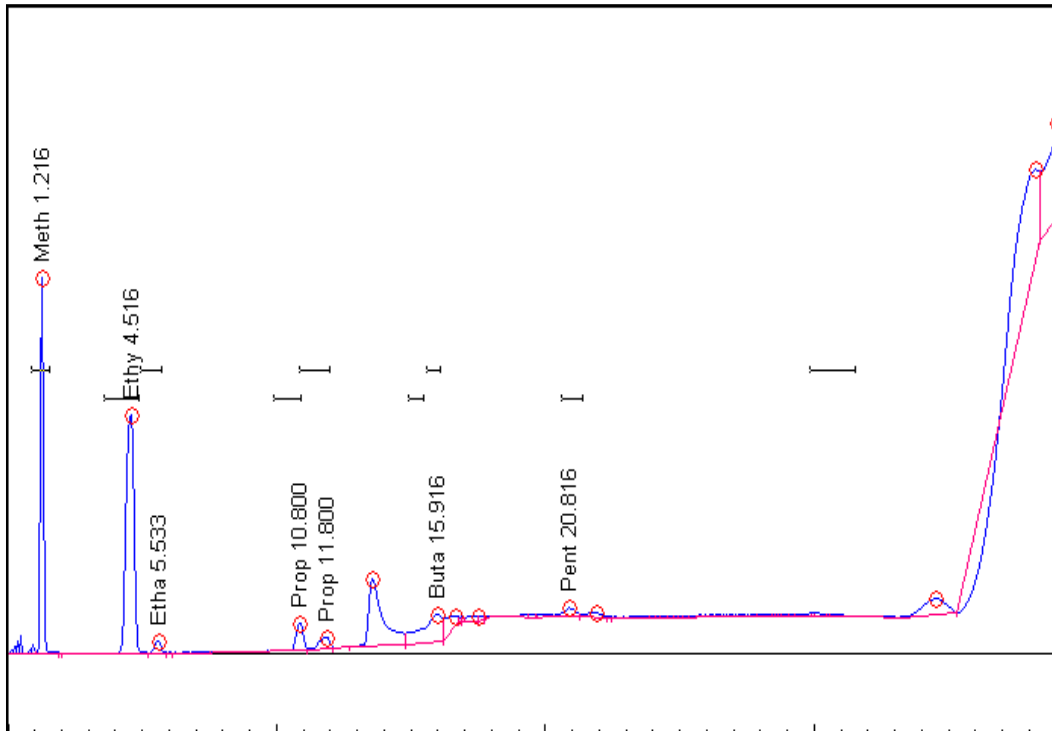


Şekil 2.22. Set-6 365 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

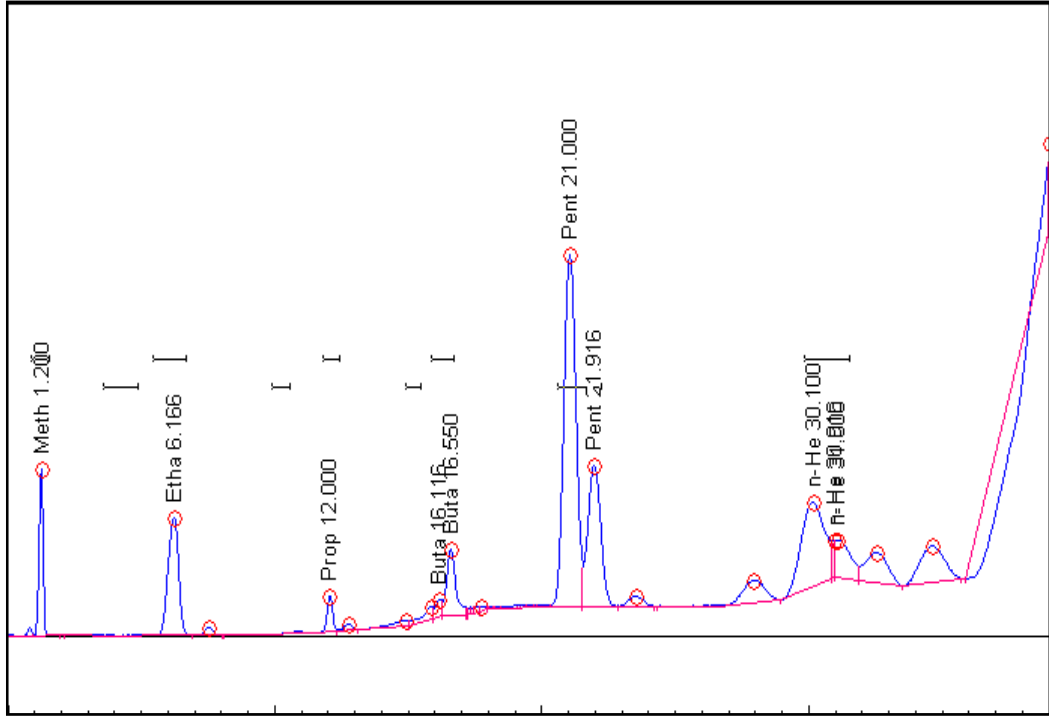


Şekil 2.23. Set-6 375 KMA Gaz Kromatogramı

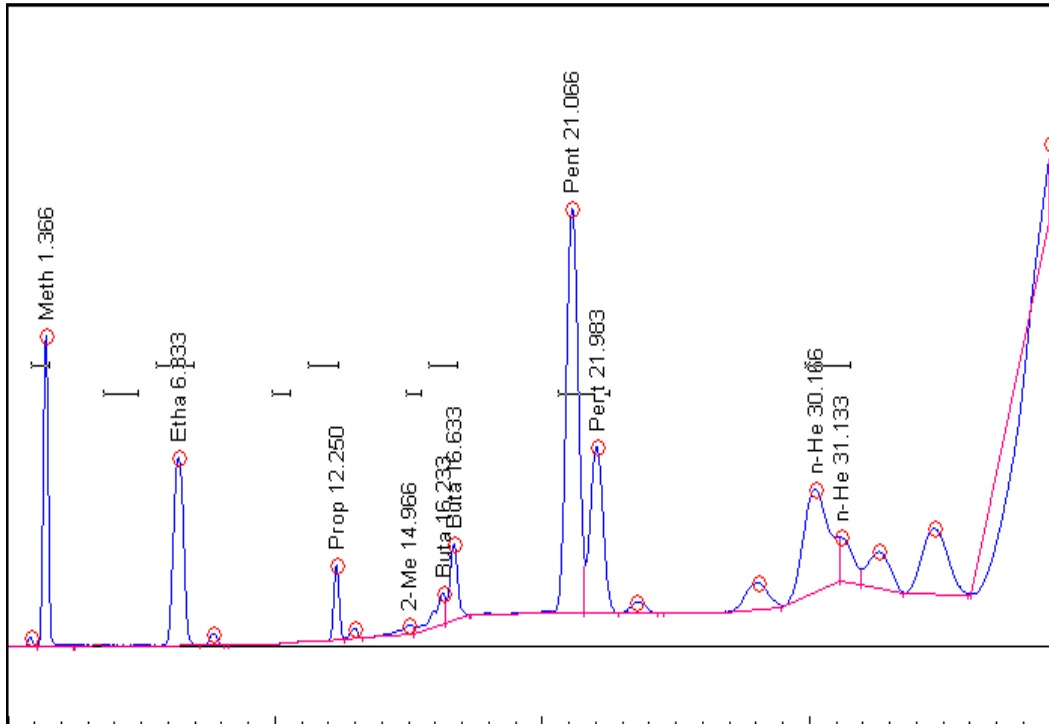


Şekil 2.24. Set-6 390 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

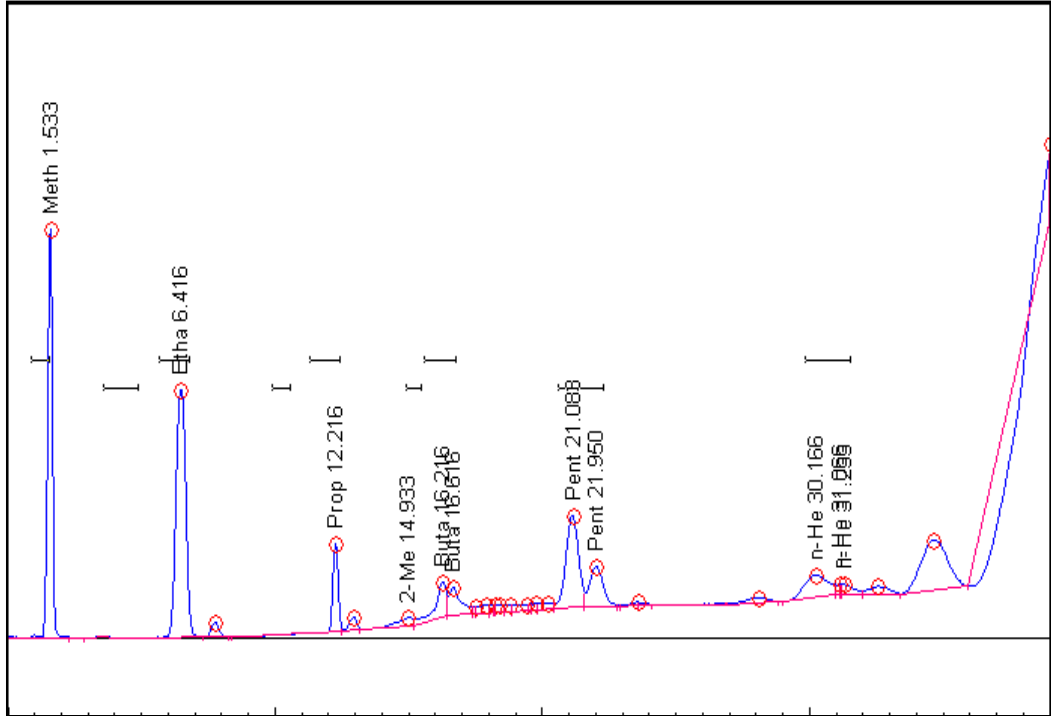


Şekil 2.25. Set-7 335 KMA Gaz Kromatogramı

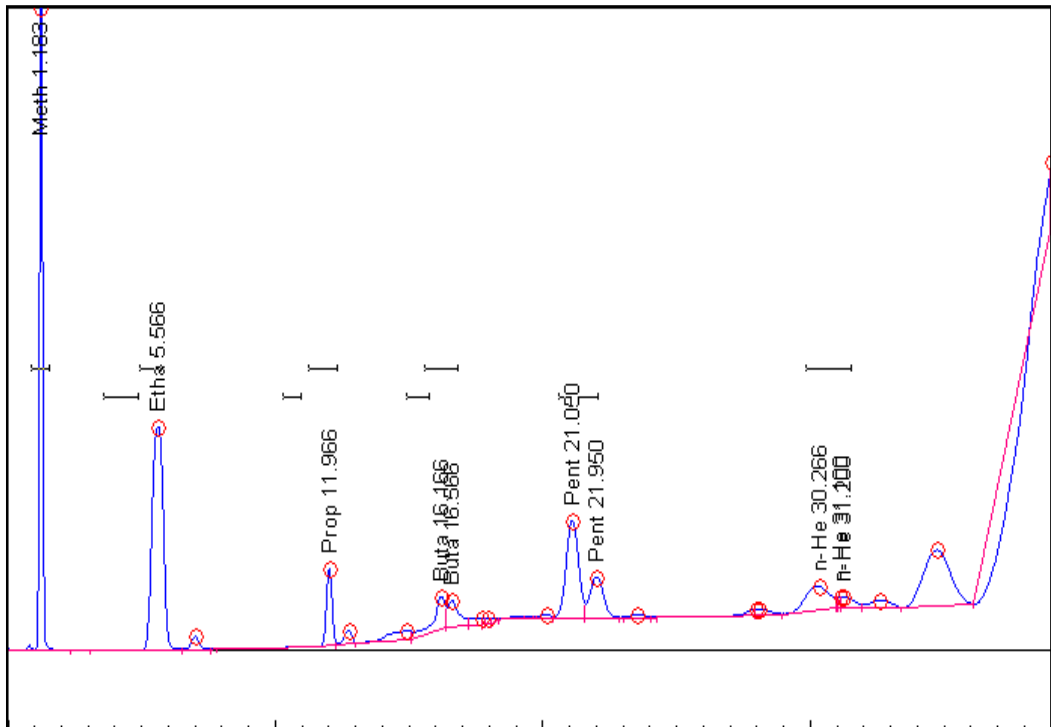


Şekil 2.26. Set-7 345 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları

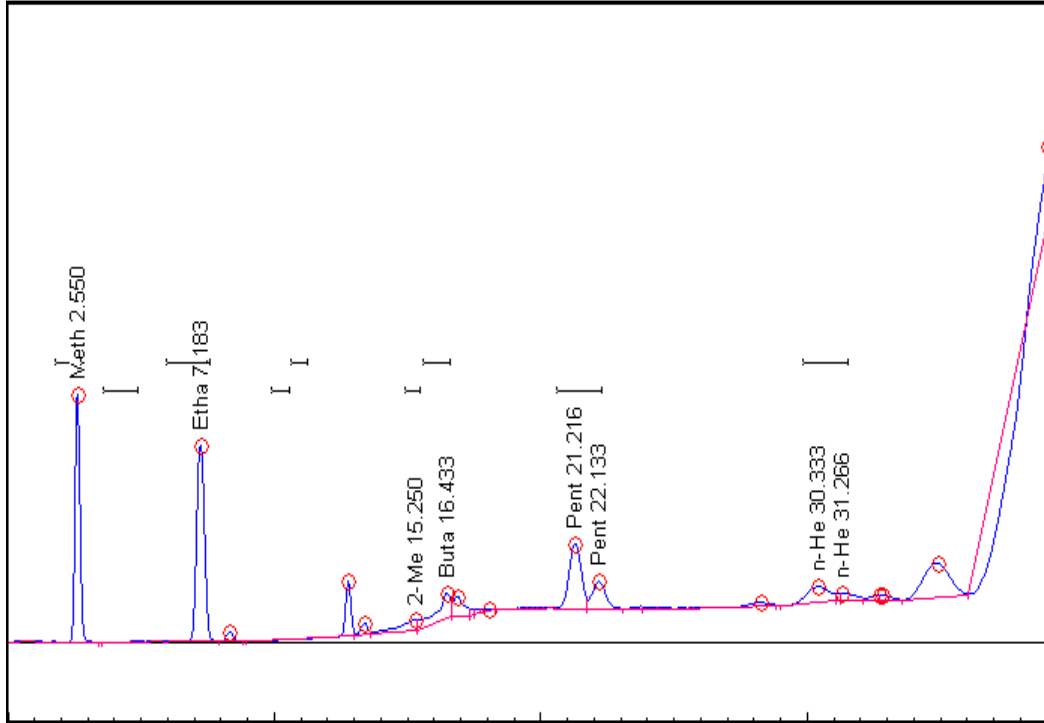


Şekil 2.27. Set-7 355 KMA Gaz Kromatogramı

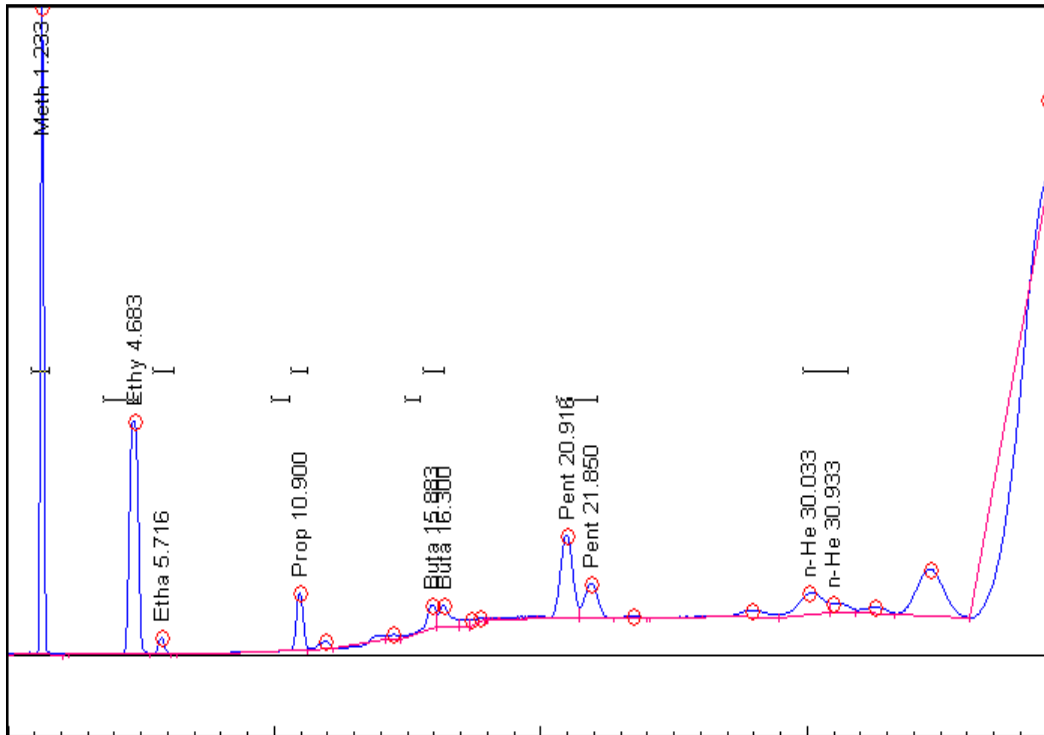


Şekil 2.28. Set-7 365 KMA Gaz Kromatogramı

Ek-2.(Devam) GC-FID Analizleri Sonunda Elde Edilen Gaz Kromatogramları



Şekil 2.29. Set-7 375 KMA Gaz Kromatogramı



Şekil 2.30. Set-7 390 KMA Gaz Kromatogramı

TEK SİLİNDİRLİ BİR MOTORDA YANMANIN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Salih KARAASLAN*, Nuri YÜCEL*

* Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü
karaaslansalih@gazi.edu.tr, nuyucel@gazi.edu.tr
Tel : 0 (312) 231 74 00 / 2449
Fax : 0 (312) 231 98 11

ÖZET

Bu çalışmada, tek silindirli bir araştırma motoru olan Ricardo motoru kullanılmıştır. Yanma stroğu boyunca silindir içinde oluşan yanma ürünleri ve yanmamış hidrokarbon değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak motorda meydana gelen yanma açıklanmaya çalışılmıştır. Deneyler sırasında motor 1/3 açık gaz keleşi konumunda çalıştırılmıştır. Motor, elektrikli dinometre kullanılarak iki farklı yük konumunda çalıştırılmıştır. Deneyler, iki farklı sıkıştırma oranı için ($r = 6, 7$) tekrarlanarak silindir içerisinde örneklem yapılmıştır. Silindir içerisinde numune alabilmek için GUSSONS LTD. firmasının ürünü olan Model GSD-10 yüksek hızlı gaz örneklem sistemi kullanılmıştır. Sistemin montajı tamamlanmış ve sistem devreye alınmıştır. Deneysel çalışma boyunca, örneklem valfi, Capelec gaz analiz cihazına direkt monte edilerek analizler istenilen krank mili açıları için sürekli olarak yapılmıştır. Bu çalışmada, yanma stroğu boyunca buji ateşledikten sonra 10° ar derecelik krank mili açılarında gaz örnekleri alınmıştır. Örneklemeler, ateşleme başladıktan sonraki ilk 60°'lik krank mili açıları için yapılmıştır. Sıkıştırma oranının ve yük konumlarının motorda meydana gelen yanmayı nasıl etkilediği deneysel olarak incelenmiş ve sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur. Yapılan analizlerin ardından yanma stroğu boyunca yanma ürünü olan CO, değerleri ile yanmamış hidrokarbon değerleri grafikler halinde sunulmuştur. Bu çalışmanın ardından, tek silindirli bir motorda yanma olayının motor parametreleri ile olan ilişkisi ve mekanizması ile ilgili yorumlar ve öneriler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Ricardo motoru, silindir içi anlık HC emisyonu, yanma, yüksek hızlı gaz örneklem.

ABSTRACT

In this study, Ricardo Engine that is a single-cylinder research engine was used. Combustion products and unburned hydrocarbon concentrations in the cylinder were investigated experimentally during flame period on expansion stroke. Engine was operated 1/3 throttle valve opening during the experiments. Using electrical dynamometer, the engine was operated at two different load positions. Experiments were repeated for two different compression ratios ($r=6-7$). To sample in the cylinder, Model GSD-10 fast response gas sampling system which is a production of GUSSONS corporation was used. System mounting was completed. And system set-up was installed. In the experiments, the high speed gas sampling valve was mounted to the Capelec gas analysis instrument directly and samplings were done at intended crank shaft angle continuously. Exhaust gas samples were taken for 10 degree intervals after spark plug ignited the mixture in the cylinder. Samples were taken during 60 degree of crank shaft angle after the spark plug ignited. The effect of compression ratio and engine load positions on combustion were analyzed and all results were plotted. End of the experiments, combustion products of CO and unburned hydrocarbon concentration were plotted. The relationship between the engine parameter and the combustion mechanism in the cylinder were discussed.

Anahtar Kelimeler : Ricardo engine, instantaneous HC emission in cylinder, combustion, high speed gas sampling.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAASLAN, Salih
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 28.03.1981 Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 231 74 00/2449
Faks : 0 (312) 231 98 10
e-mail : karaaslansalih@gazi.edu.tr

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet tarihi</u>
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makina Mühendisliği Onur Öğrencisi	2003
Lise	Kaya Bayazitoğlu Onur Öğrencisi	1999

İş Deneyimi

<u>Yıl</u>	<u>Yer</u>	<u>Görev</u>
2003-2005	Hidrosan Damper	Makina Mühendisi
2005-2008	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. **Karaaslan S.**, Dinler N., Yücel N., “Kurşunsuz Benzine MTBE Katkısının Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel olarak İncelenmesi”, X. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu, 167-171, Mayıs 2007, Bursa.
2. **Karaaslan S.**, Dinler N., Yücel N., “Kurşunsuz Benzine MTBE Katkısının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel olarak İncelenmesi”, ULIBTK’07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 892-897, (2007) Kayseri.
3. Yucel N., Berberoglu M.I., **Karaaslan S.**, Dinler N., ” Experimental and Numerical Simulation of Fire in a Scaled Underground Station”, Proceedings of World Academy of Science, Engineering And Technology, c. 30, sf. 309-314, (2008), Fransa.

4. **Karaaslan S.**, Yücel N., “Tek Silindirli Bir Motorda Yanmanın Deneysel Olarak İncelenmesi”, X. Uluslararası Yanma Sempozyumu, syf:512-519 Ekim 2008, Sakarya.
5. **Karaaslan S.**, Nureddin D., Berberoğlu İlter M., Yücel N., “Farklı Yakıt Kaynaklarının Tünel İçerisindeki Yangına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, X. Uluslararası Yanma Sempozyumu, syf:489-496 Ekim 2008, Sakarya.

Hobiler

Masa Tenisi, Amatör Üniversite Tiyatrosu, Halk Dansları ve Bilimi, Eşli Danslar
Kort Tenisi, Basketbol.