

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

MOTORLARDA BENZİN-ETİL ALKOL-İZOPROPANOL
KARIŞIMLARININ KULLANILMASI

Mak. Müh. Hakan BAYRAKTAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"Makina Yüksek Mühendisi"
Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Veriliş Tarihi : 11.1.1991

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 4.2.1991

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Orhan DURGUN

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Muzaffer Doğan

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Teoman Ayhan

Enstitü Müdürü : Doç.Dr. Temel SAVAŞKAN

OCAK - 1991

TRABZON

Y. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkez

ÖNSÖZ

Sınırlı olan dünya enerji kaynaklarına, alternatif kaynaklar bulma çalışmalarının yoğunluğu gün geçtikçe artmaktadır. Taşıtlarda da, sınırlı bir enerji kaynağı olan petrole dayalı yakıtlar kullanıldığına göre, alternatif motor yakıtlarının araştırılması da gündeme gelmiştir. Gelecekte, motorlar için yakıt temini konusunda oluşabilecek problemlere bu günden bir çözüm bulabilmek amacıyla, petrole alternatif olabilecek bir yakıt belirleyebilmek için bu çalışma yapılmıştır.

Çalışmalarım boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen, hocam, Sayın Doç.Dr.Orhan DURGUN'a ve deneyleri yaparken büyük bir titizlik ve ciddiyetle yardımlarını gördüğüm Teknisyen Sayın Şenol DÜBÜŞ'e ve Teknisyen Sayın Emsal BAYLAN'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Trabzon, Ocak 1991

Hakan BAYRAKTAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ.....	ii
NOTASYON LİSTESİ.....	viii
İNDİSLER.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. MOTOR YAKITLARI VE ALTERNATİF YAKITLAR.....	3
2.1. Petrol Esaslı Motor Yakıtları.....	6
2.1.1. Benzin.....	7
2.1.2. Diesel Yakıtı.....	8
2.2. Alternatif Motor Yakıtları.....	8
2.2.1. Katı Alternatif Yakıtlar.....	9
2.2.2. Alkoller.....	9
2.2.3. Gaz Yakıtlar.....	11
2.2.3.1. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG).....	11
2.2.3.2. Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG).....	11
2.2.3.3. Hidrojen.....	12
BÖLÜM 3. ALTERNATİF YAKIT ARAYIŞI.....	13
3.1. Motorların Tarihsel Gelişimi.....	13
3.2. Dünya Petrol Kaynakları.....	17
3.3. Alternatif Yakıt Arayışı ve Bazı Örnek Çalışmalar.....	18
BÖLÜM 4. ETİLALKOL.....	21
4.1. Etilalkolün Genel ve Termodinamik Özellikleri	21

	Sayfa No.
4.2. Etilalkolün Elde Edilmesi.....	21
4.2.1. Etenin Hidrasyonuyl Etilalkol Elde Edilmesi.....	21
4.2.2. Fermentasyonla Etilalkol Elde Edilmesi.....	22
4.2.2.1. Sakarozun Fermentasyonuyl Etilalkol Elde Edilmesi	22
4.2.2.1.1. Basit Distilasyon.....	23
4.2.2.1.2. Etilalkol-Su Karışımının Fraksiyonlu Distilasyonu.....	23
4.2.2.1.3. Benzen-Etilalkol-Su Üçlü Azeotropunun Distilasyonu.....	24
4.3. Benzin-Etilalkol-İzopropanol Karışımlarının Kullanılma Nedeni ve Faz Ayrımı Sorunu.....	24
4.3.1. Benzin-Etilalkol-İzopropanol Karışımlarının Kullanılma Nedeni.....	24
4.3.2. Faz Ayrımı Sorunu.....	25
BÖLÜM 5. DENEY MOTORUNUN BENZİN VE BELİRLİ KARIŞIMLAR İÇİN TERMİK HESAPLARI.....	27
5.1. Motorlarda Kullanılan Termik Hesap Yöntemi ve Bu Yöntemin Karışım Kullanma Durumuna Uyarlanması.....	27
5.1.1. Yanma Hesabı.....	27
5.1.1.1. Yakıtın Elemansel Bileşimi.....	27
5.1.1.2. Minimum Hava Miktarı.....	28
5.1.1.3. Karışımın Yoğunluğu, Kilomol Kütlesi ve Kilomol Sayıları.....	28
5.1.1.4. Hava Fazlalık Katsayısı.....	29
5.1.1.5. Isı Kaybı.....	31
5.1.1.6. Yakıtın Alt Isıl Değeri.....	31
5.1.1.7. Taze Dolgu.....	31
5.1.1.8. ($\alpha < 1$) Durumunda Yanma Ürünleri.....	31
5.1.1.9. Yanma Ürünlerinin Ortalama Özgül Isıları.	32
5.1.2. Emme İşlemi.....	33
5.1.2.1. Ortam Koşulları ve Emme Basıncı.....	33

	Sayfa No.
5.1.2.2. Artık Gazlar Katsayısı.....	34
5.1.2.3. Emme Sıcaklığı.....	34
5.1.2.4. Volumetrik Verim.....	35
5.1.3. Sıkıştırma İşlemi.....	35
5.1.4. Yanma İşlemi.....	36
5.1.4.1. Su Gazı Dengesine Göre Yanma Ürünlerinin Oranları.....	37
5.1.5. Genişleme İşlemi.....	39
5.1.6. Eksoz İşlemi.....	39
5.1.7. Ortalama Effektif Basınç.....	40
5.1.8. Özgül Yakıt Tüketimi ve Effektif Verim.....	41
5.1.9. Effektif Güç ve Döndürme Momenti.....	41
5.1.10. Motorun Nominal Devirdeki Hız Karakteristikleri.....	41
5.2. Benzin, Benzin-Etilalkol ve Benzin-Etilalkol-İzopropanol karışımı için Motorun Termik Hesapları.....	42
5.2.1. Motorun Teknik Özellikleri.....	42
5.2.2. Benzin, Etilalkol ve İzopropanolün Özellikleri.....	42
5.2.3. Yanma Hesabı.....	43
5.2.3.1. Hava Fazlalık Katsayısı.....	45
5.2.3.2. Isı Kaybı ve Alt Isıl Değer.....	45
5.2.3.3. Taze Dolgu.....	46
5.2.3.4. ($\alpha < 1$) Durumunda Yanma Ürünleri.....	46
5.2.3.5. Yanma Ürünlerinin Ortalama Özgül Isıları.....	48
5.2.4. Emme İşlemi.....	49
5.2.4.1. Artık Gazların Basınç ve Sıcaklığı.....	49
5.2.4.2. Artık Gazlar Katsayısı.....	49
5.2.4.3. Emme Sıcaklığı.....	50
5.2.4.4. Volumetrik Verim.....	50
5.2.5. Sıkıştırma İşlemi.....	50
5.2.6. Yanma İşlemi.....	51
5.2.7. Su Gazı Dengesine Göre Yanma Ürünlerinin Belirlenmesi.....	52
5.2.8. (T_z) nin Yeniden Belirlenmesi.....	54

	Sayfa No.
5.2.9. Genişleme İşlemi.....	55
5.2.10. Eksoz İşlemi.....	55
5.2.11. Ortalama Effektif Basınç.....	56
5.2.12. Özgül Yakıt Tüketimi ve Effektif Verim....	56
5.2.13. Effektif Güç ve Döndürme Momenti.....	57
5.2.14. Motorun Nominal Devirdeki Hız Karakteristikleri.....	57
5.2.15. Teorik Sonuçlarla Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması.....	59
BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	61
6.1. Deney Düzenegi ve Yapılan Deneyler.....	61
6.2. Motorlarda Kullanılan Deneysel Hesap Yöntemi.	63
6.2.1. Deneylerde Ölçülen Büyüklükler.....	63
6.2.2. Hesap Yöntemi.....	63
6.2.2.1. Döndürme Momenti ve Effektif Güç.....	63
6.2.2.2. Ortalama Effektif Basınç.....	64
6.2.2.3. Özgül Yakıt Tüketimi ve Effektif Verim...	64
6.2.2.4. Hava Fazlalık Katsayısı.....	65
6.3. Deney Sonuçları.....	65
6.3.1. Motor Karakteristiklerinin Devir Sayısına Göre Değişim Eğrileri.....	66
6.3.2. Karşılaştırma Eğrileri.....	66
6.3.3. Performans Eğrileri.....	105
6.3.4. Fark Oranları Eğrileri.....	129
BÖLÜM 7. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	139
7.1. Benzin-Etilalkol Karışımlarının Motorun Karakteristik Değerlerine Etkisi.....	139
7.1.1. Moment ve Güçteki Değişim.....	139
7.1.2. Effektif Verim, Özgül Yakıt Tüketimi ve Ortalama Effektif Basınçtaki Değişim.....	140
7.1.3. Hava Kirliliği Üzerindeki Etki.....	144
7.2. Taşıt Motorları İçin Uygun Karışımın	

	Sayfa No.
Belirlenmesi.....	145
7.2.1. Uygun Karışımı Belirleme Kriterleri.....	145
7.2.1.1. Güç Kriteri.....	145
7.2.1.2. Yakıt Tüketimi Kriteri.....	145
7.2.1.3. Ekonomi ve Yakıt Temini Kriteri.....	145
7.2.2. Uygun Karışımı Belirleme.....	146
BÖLÜM 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	149
KAYNAKLAR.....	151
EKLER.....	153
ÖZGEÇMİŞ.....	154



NOTASYON LİSTESİ

m [kg]	: Kütle
X [%]	: Hacimsal Oran
ρ [kg/m ³]	: yoğunluk
μ [kg/kmol]	: Kilomol kütle
\dot{m} [kg/s]	: Kütlesel debi
α [kghava/kgyakıt]	: Hava fazlalık katsayısı
P [MPa]	: Basınç
T [°K]	: Sıcaklık
α_r	: Artık gazlar katsayısı
H_u [MJ/kg]	: Yakıtın alt ısıl değeri
n	: Kilomol sayısı
Y	: Yanma gazlarının kilomol oranları
Δ	: Fark
V [m/s]	: Hız
ϵ	: Sıkıştırma oranı
ξ	: Yanma verimi
λ	: Basınç artma oranı
δ	: Ard genişleme oranı
ρ	: Ön genişleme oranı
O [kmolO ₂ /kmolyakıt]	: Oksijen miktarı
n [d/dak]	: devir sayısı
η [%]	: verim
be [gyakıt/KWh]	: Özgül yakıt tüketimi
B [gyakıt/h]	: Toplam yakıt tüketimi
Z	: Silindir sayısı
N [KW]	: Güç
M [Nm]	: Moment
ω [rad/s]	: Açısal hız
H [kmolh/kmoly]	: Hava miktarı
h [kgh/kgy]	: Hava miktarı
ETA	: Etil alkol
IPA	: Izopropanol

INDİSLER

y	: Yakıt
k	: Karışım
h	: Hava
r	: Eksoz işlemleri
a	: Emme işlemleri
c	: Sıkıştırma işlemleri
z	: Yanma işlemleri
min.	: Minimum
max.	: Maximum
1	: Benzinin özelliği
k1	: Birinci karışım özelliği
k2	: İkinci karışım özelliği
g	: Gaz
0	: Ortam koşulları
m	: Ortalama
s	: Süpürme
ed	: Ek doldurma
e	: Etkinlik
i	: İndike
p	: Piston
v	: Volumetrik
d	: Döndürme
n	: Nominal
1	: Benzin
2	: Etil alkol
3	: İzopropil alkol

ÖZET

Günümüzdeki enerji kaynaklarının sınırlı potansiyele sahip oluşu, gelecekte dünya enerji gereksinimini karşılama konusunda bizleri uyarmaktadır. Özellikle günümüz taşıt motorlarında kullanılan yakıtların petrolden üretilmeleri ve dünya petrol kaynaklarının da yaklaşık olarak 41 yıl sonra tükenme olasılığı nedeniyle, petrolün yerini alabilecek yakıtları araştırıp belirlemek zorundayız. Alkollerin motor yakıtı olarak kullanılabilecekleri gerçeği değişik araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Fakat esas problem; günümüz motorlarına en uygun alkol ya da (petrol esaslı yakıt-alkol) karışımını belirlemektir.

Bu çalışmada, günümüz motor yakıtları ve bunlara alternatif olarak gösterilebilecek yakıtların özellikleri incelenmiş ve daha sonra benzine değişik oranlarda etilalkol ve izopropanol karıştırılarak, oluşturulan karışımları motor yakıtı olarak kullanarak dört farklı sıkıştırma oranında, dört değişik gaz durumunda, değişik devir sayılarında her bir karışım için deneyler yapılmış ve motorun karakteristik değerlerinde meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve diyagramlarla gösterilmiştir.

Bu çalışma sonunda; motorlarda benzin-etilalkol ya da benzin-etilalkol-izopropanol karışımları motor yakıtı olarak kullanılarak, efektif verimde ve efektif güçte artış, özgül yakıt tüketiminde ve eksoz gazları içindeki CO oranında ise bir düşüş olduğu bununla birlikte etilalkol ve izopropanolun pahalı yakıtlar olmalarından dolayı yakıt fiyatında artma olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler :

Taşıt motorları, Yakıtlar, İçten yanmalı motorlar, Alternatif yakıtlar, Yanma

SUMMARY

Limited energy sources are warning for providing of needed energy in the future. All kind of vehicle engines are working by using fuels that are produced from petrol. But, petrol resource of the world is limited and it is expected that they will be exhausted about 41 years. For these reasons, new energy sources that can be used instead of petrol will have to be found. Many researches have stated that alcohols can be used as an engine fuel. But to determine the most appropriate alcohol or alcohol-petrol fuel mixture for actual engines, consists the main problem.

In this study, the properties of the actual engines fuels and the fuels that might be alternative to the actual fuels, have been investigated. Later, the fuels that would be used in experiments have been prapered by adding ethyl alcohol and isopropyl alcohol into the gasoline at various ratios. The experiments have been done at four compression ratios, at four throttle position, and at the variable speeds. Then the variations of the characteristic parameters of the engine were obtained for each mixture.

In the final of the study, it was seen that, when the mixtures of gasoline-ethyl alcohol or gasoline-ethyl alcohol-isopropyl alcohol are used in the actual engines, the effective efficiency and the effective power of the engine have increased and also the specific fuel consumption and the carbon monoxide (CO) ratio included in the exhaust gases have decreased. However, ethyl alcohol and isopropyl alcohol are expensive and the prices of the various mixtures are higher than petrol fuels.

Key words :

Vehicle engines, Alternative fuels, Internal combustion engines, Fuels, Combustion, Alcohol

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünya'da halen geniş oranda kullanılan enerji kaynaklarının başlıcaları, konvansiyonel kaynaklar olarak da adlandırılan kömür, petrol ve doğal gazdır.

Dünya taşkömürü rezervi, 1987 üretim/tüketim seviyesine göre 320 yıl, linyit ve yarı bitümler rezervi ise 420 yıl dünya talebini karşılayacak düzeydedir. Dünya petrol rezervleri, dünya petrol ihtiyacını 41 yıl, doğal gaz rezervleri 58 yıl karşılayabilecek durumdadır. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi dünya kömür varlığı diğer konvansiyonel kaynaklara nazaran dünya ihtiyacını uzun yıllar karşılayabilecek düzeydedir. Ancak özellikle sera etkisi olarak adlandırılan "global warming" in oluşumunda, kömür etkili olduğu konusunda geniş bir inanış yaygınlaşmaktadır. Bu çevresel değişim olasılığı kömürün değerlendirilebilme sınırlarını daraltmakta, kömür teknolojileri konusunu ağırlıklı olarak gündeme getirmektedir. Çevresel etkilerin dışında ulaşım sektöründe kömür kullanımının çok sınırlı oluşu, petrol varlığının çok dikkatli değerlendirilmesi konusunda bizleri uyarmaktadır, [1].

Konvansiyonel enerji kaynaklarının yukarıda örneklendiği gibi sınırlı potansiyele sahip olmaları, bizleri gelecekteki enerji gereksinimimizi karşılayamama endişesiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Bu endişe sonucu olarak da konvansiyonel enerji kaynaklarının yerini alabilecek ve en önemlisi yenilenebilir özellik taşıyan enerji kaynaklarını araştırma çalışmalarının şiddeti gün geçtikçe artmaktadır.

Günümüzde kullanılan motorların petrol esaslı yakıtlarla çalışmaları ve petrolün de sınırlı bir kaynak oluşu, gelecekte petrolün yerini alabilecek yakıt araştırmalarının başlama nedenlerinin en önemlisidir. Petrol tüketiminin hızlı

artışı, motorlardan yayılan eksoz gazlarının atmosferi gittikçe daha fazla kirletmesi ve petrol fiyatlarının artması ile orantılı olarak yükselmesi, [2.], alternatif yakıt arayışının önemini arttıran başlıca diğer etkenlerdir. Ayrıca petrol üretiminin $\approx 1/3$ 'ünün 185 [KW] (250 [BG]) tan düşük güçlü karayolu taşıtlarında kullanıldığı hatırlanırsa, taşıtlarda alternatif yakıt kullanımının önemi daha da iyi anlaşılır, [2].



BÖLÜM 2

MOTOR YAKITLARI VE ALTERNATİF YAKITLAR

Motorlarda mekanik işi elde etmek için gerekli olan enerji, yakıt ile havanın silindir içerisinde yanması sonucu elde edilir. Motorun devir sayısına bağlı olarak bu işlem için 0.01 - 0.001 s gibi çok kısa bir süre ayrılır. Bu kadar kısa süre içinde yakıtın buharlaşıp tutuşmaya hazır duruma gelmeleri ve etkin bir şekilde yanabilmeleri için aşağıdaki özellikleri sağlamaları gerekir.

1- Yakıt-hava karışımının motor dışında hazırlandığı karbüratörlü motorlarda, yakıt kolaylıkla buharlaşabilmeli ve homojen bir karışım oluşmalıdır. Yakıt-hava karışımının silindir içinde hazırlandığı diesel motorlarında, basınçlı hava içine püskürtülen yakıtın çok ince parçacıklara ayrılabilmesi ve hava ile tam olarak karışabilmesi gerekir.

2- Motor her ortam koşulunda kolaylıkla ilk harekete geçebilmelidir.

3- Yakıtlar, yanma için ayrılan süre içinde kolaylıkla yanabilmelidir.

4- Yanma sonunda, yanma odası çeperlerine yapışan kömür, karbon gibi artıklar oluşmamalıdır.

5- Yanma ürünleri yanma odası çeperleri, supaplar gibi motor elemanlarında korozyona neden olmamalıdır.

6- Yakıtın ısı değeri yüksek olmalıdır.

7- Kullanılan yakıt bol miktarda ve ucuz şekilde sağlanabilmeli ve kolaylıkla depolanabilmelidir.

Yukarıda sıralanan özellikleri sağlamak üzere motorlarda kullanılacak yakıtlar, çeşitli hidrokarbonların karışımı olarak hazırlanırlar. Motor yakıtları içinde en yüksek oranda bulunan hidrokarbonlar ve genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

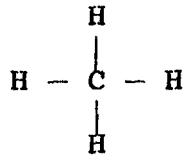
1-Parafinler : Birbirlerine tekil bağlarla zincirlenmiş

karbon atomları içeren moleküllerdir. Hidrojen ile oluşturulmuş bağlar, ikili yada üçlü bağlar olmadıklarından, parafinler doymuş hidrokarbonlar olarak adlandırılırlar. Genel formülleri (C_nH_{2n+2}) dir. Parafinlere örnek olarak : metan (CH_4), oktan (C_8H_{18}), ve oktan ile aynı karbon atomu sayısına sahip olan fakat düzgün bir zincir içermeyen izooktan(n-oktan) verilebilir.

Bazı saf yakıtların oktan sayıları Tablo 2.1 de verilmektedir. Genellikle düzgün zincir uzunluklarının küçültülmesiyle oktan sayısının arttığı saptanmıştır. Bu durum, toplam karbon atomları sayısının azaltılmasıyla yada dallı bir zincir yapısına dönüştürülmesiyle başarılabilir, [3].

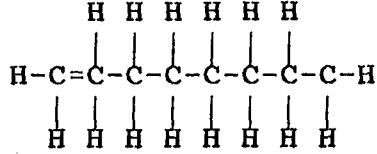
Tablo 2.1. Tek bileşenli yakıtların vuruntu karakteristikleri.

Formül	İsim	Kritik Sıkıştırma Oranı	Oktan Sayısı	
			Araştırma	Motor
CH_4	Metan	12.6	120	120
C_2H_6	Etan	12.4	115	99
C_3H_8	Propan	12.2	112	97
C_8H_{18}	Izooktan	7.3	100	100
C_6H_6	Benzen	-	-	115
CH_4O	Metanol	-	106	92
C_2H_6O	Etanol	-	107	89



Şekil 2.1. Parafinlere örnek olarak metanın molekül yapısı

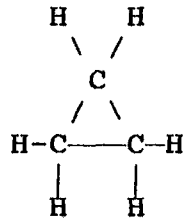
2-Olefinler(alkenler) : Bir ya da daha fazla karbon-karbon çift bağı moleküllerdir. Monoolefinler, bir çift bağa sahiptirler ve genel formülleri (C_nH_{2n}) dir. Monoolefinlere örnek olarak ; 1-okten (C_8H_{16}) verilebilir.



Şekil 2.2. 1-oktenin molekül yapısı

Birden fazla karbon-karbon çift bağı olefinler, depolama problemlerinin olması nedeniyle istenilmeyen yakıt bileşikleridirler. Bu sebeple bunlar dışarıda rafine edilirler ve sadece diesel ya da benzin yakıtı içinde monoolefinler bulunmaktadır, [3].

3-Naftenler (sikloalkenler): Olefinlerle aynı genel formüle sahiptirler. Fakat hiç çift bağları yoktur. Naftenlere örnek olarak ; siklopropan, ve siklobütan verilebilir, [3].

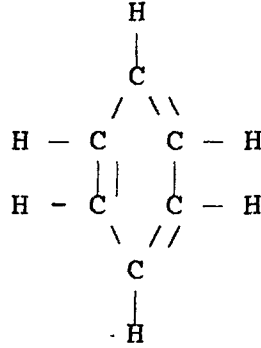


Şekil 2.3. Siklopropan(C_3H_6) ın molekül yapısı.

4-Aromatikler : Bir halka yapısı içinde karbon-karbon çift bağı bulunduran hidrokarbonlardır. En yaygın aromatik; benzendir. Aromatlara örnek olarak ; benzen toluen, etilbenzen, stiren, naftalen antrazen verilebilir.

Karbon atomları arasındaki biribirini takip eden pozisyondaki çift bağlar, molekülleri, çatlamalara karşı dayanıklı yapar ve bunun sonucu olarak da aromatikler oktan sayısını arttırdıkları için benzin içinde olması istenen bileşiklerdir.

Aromatikler, diesel yakıtı içinde istenilmeyen bileşiklerdir, [3].



Şekil 2.4.Toluenin molekül yapısı

2.1. Petrol Esaslı Motor Yakıtları

Günümüzde sıvı yakıtların ana kaynağını ham petrol oluşturmaktadır. Ham petrol, petrol kuyularından koyu renkli, acı kokulu bir sıvı olarak çıkar. Kumu ve suyu temizlendikten sonra bazı düşük devirli diesel motorlarında kullanılabilir. Motorlarda kullanılan diğer yakıtlar, ham petrolun rafinerilerde damıtılması yoluyla elde edilirler.

Ham petrolun arıtılması işlemi distilasyon olarak adlandırılır. Değişik damıtık maddelerin ayrışma düzeni genellikle; neftyağı(gazyağının çok hafif bir cinsi), gazyağı ve artık yağlardır. Diğer alt gruplar için hafif, orta ve ağır deyimleri kullanılmaktadır. Kimyasal işlem uygulanmamış kısım virjin adı verilir. Örneğin; hafif virjin neftyağı benzin olarak kullanılmaktadır. Tipik bir rafineleme işlemi sırasında, alkilasyon, ıslah etme, katalitik parçalanma ve kok oluşumu prosesleri meydana gelmektedir. Rafineleme işlemi sırasında oluşan maddelerin uçuculuklarına göre sıralanışları, büyükten küçüğe doğru olmak üzere; benzin,gazyağı,motorin (diesel yakıtı) ve ağır yağlar şeklindedir.

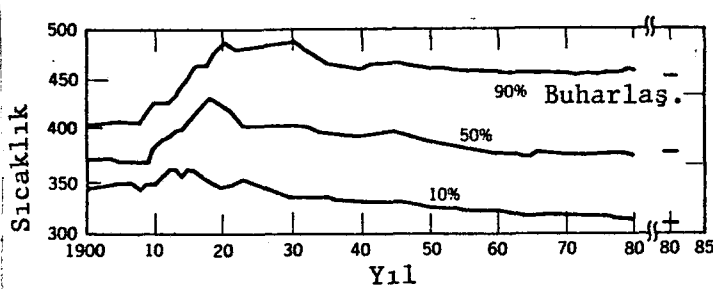
Yukarıda sözü edilen rafineleme işlemi sonunda, motorlar için benzin, motorin, jet yakıtları, kimyasal ürünler (aromatikler, propilen) ve asfalt üretilir,[3].

2.1.1. Benzin

Karbüratörlü motorlarda kullanılan benzinin karbürasyon işleminin iyi olması için uçucu, vuruntuya dayanıklılık için, tutuşma eğiliminin az olması istenir.

Benzinin oktan sayısı, 1920 den 1963 lere kadar sürekli olarak artmıştır. 1920 lerin başlarında rafinerilerde kimyasal proses ortaya çıktıktan sonra, oktan sayısında önemli derecede artışlar gözlenmiştir. Bu teknoloji geliştirilerek oktan sayısı ve motorların sıkıştırma oranları arttırılmıştır. 1960 -1970 yılları arasında oktan sayısında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. 1970 yılından beri kurşuntetraetil ilavesi yavaş yavaş kaldırılırken, otomobillerde emisyon kontrolü için katalitik reaktörlerin kullanılması oktan sayısını düşürmüştür, [3].

Şekil 2.5 de yaz benzinleri için buharlaşma eğilimleri gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi daha soğuk ortam havasıyla, yakıtı motora göndermeden buharlaştırmak daha zordur. Gerek yaz ve gerek kış benzinlerinin buharlaşabilme özellikleri zamanla arttırılmıştır. Sülfür ya da sülfür bileşikleri, yakıt dağıtım sistemleri için korozif oldukları, karterde sülfirik asit formasyonuna sebep oldukları ve oktan sayısını düşürdükleri için istenmezler, [3].



Şekil 2.5. Yaz benzinleri için buharlaşma eğilimleri

Zamk, yakıt içinde yaygın bir şekilde kullanılan bir kısım moleküllerle olan oksidasyon reaksiyonları sonucu oluşan bir maddedir. Yüksek zamklı bir benzinin kullanılması, supapların ve sekmanların yapışmasına karbon birikintilerinin

oluşumuna ve yakıt sayacı orifislerinin tıkanmasına yol açabilir. Zank formasyonunu azaltmak için benzine inhibitörler katılır, [3].

Benzen, bir aromatik hidrokarbondur ve kansere yol açan (kanserojen) bir madde olarak bilinir. Oktan sayısını arttırmak için benzine katılan kurşun da zehirleyici etkisi olan bir maddedir.

2.1.2. Diesel Yakıtı

Diesel yakıtları, zamanla, jeografik yerle ve tasarlanan servise bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedirler. Diesel yakıtları için American Petroleum Institute'nün oluşturduğu servis grupları aşağıdaki gibidir;

- C-B Tipi şehir otobüsleri için
- T-T Tipi kamyonlar ve traktörler için
- R-R Tipi demir yolları için
- S-m Tipi stasyoner ve deniz motorları için

Bu sıralamaya göre diesel yakıtlarının viskoziteleri, sulfur içerikleri ve distilasyon sıcaklıkları sıra ile, (C-B) den (T-T), (R-R), (S-M) ye doğru artmaktadır.

2.2. Alternatif Motor Yakıtları

Hidrojen, metan ya da doğal gaz, propan ya da LPG(sıvılaştırılmış petrol gazı) ve alkoller önemli alternatif yakıtlardır. Bunlardan başka amonyum, asetilen, hidrazin ve suda, alkolde ya da bir sıvı hidrokarbonda karıştırılmış kömür içeren yakıtlar da ilerisi için biraz ümit vericidirler. Bor bileşikleri askeri uygulamalarda, nitroparafinler ise yarış motorlarında kullanılmaktadır, [3].

Bir alternatif yakıtın kullanılması durumunda karşılaşılan en önemli problemler ; yakıtın depolanması ve motora gönderme problemleridir. Hidrojen, metan, propan ve alkol, karbüratörlü motorlarda kullanılmaya çok uygun olmalarına

karşılık, diesel motorlarında kullanılmaları uygun değildir.

Alternatif yakıtlarla ilgili problemler ekonomik olmakla birlikte bir dereceye kadar da politiktir. Teknik olarak çok önemli problemlerle karşılaşılmaz ; motorlar, alternatif yakıtları kullanabilecek şekilde tasarlanabilir.

[3]

2.2.1. Katı Alternatif Yakıtlar

1900 lü yıllarda kömür tozu ile çalışan motorlar yapılmışsa da yaygın bir kullanım alanı bulamamıştır. Kömür tozunun kullanılması durumunda; kömür tozunun motor elemanlarını aşındırması, yanma sonunda kül gibi artıkların oluşması gibi önemli sorunlar ortaya çıkmıştır, [4].

2.2.2. Alkoller

Değişik alkol türleri otomobil yakıtları olarak kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları ; metanol (CH_3OH), etanol (C_2H_5OH), tertiyari butil alkol(TBA)(C_4H_9OH) ve metil tertiyari butil eter(MTBE) dir, [5].

Tablo 2.2 bu bileşiklerin bazı temel karakteristiklerini, benzinle karşılaştırmalı olarak vermektedir. MTBE+Benziniyi bir su kararlılığına sahiptir ve MTBE nin buhar basıncı ile malzeme üzerinde fazla bir etkisi yoktur. TBA, su çıkarma ve kayıplar açısından orta derecede etkiye sahiptir, [5].

Etanol, ileride de açıklanacağı üzere, her türlü bitkiden yada bir başka deyişle ; güneş enerjisini, dönüştürülmüş bir kimyasal yapıda depolayan her türlü üründen üretilebilir, [6]. Etilalkol, teknik olarak benzin için oktan sayısını yükseltici bir katkı maddesidir; ekonomik olarak etanol; metanoldan daha az caziptir, [5].

Metanol, doğal gazdan, kömürden ya da selülozdan elde edilebildiği için büyük bir potansiyele sahiptir, [5]. Odun ve kömür gibi fosiller ısı altında damıtılarak veya (CO) ve (H_2) katalitik ortamda sentez edilerek metanol elde edilebilir. Ayrıca bazı kimyasal işlemler sonucu doğal gazdan da metanol

elde edilebilmektedir, [7].

Etanol ve metanol, bazı yapısal özellikleri nedeni ile saf olarak motorlarda kullanım açısından pek çekici değildir. Ancak bazı yararlı etkileri göz önüne alınarak, petrol esaslı yakıtlara karıştırılıp kullanılmaları uygundur, [7].

Alkollerin en önemli üstünlükleri, yüksek oktan sayıları ve petrole dayalı yakıt olmamalarıdır. Yüksek oktan sayıları, daha yüksek sıkıştırma oranlarının seçilebilmesine ve verimin yükselmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca alkollerin petrol esaslı yakıtlara göre daha düşük alev sıcaklığına sahip olmaları, yanma işleminin iyileşmesini, yanma ürünleri içindeki azotoksit (NO_x) ve karbonmonoksit (CO) oranlarının azalmasını sağlamaktadır.

Bu üstünlükleri yanında alkollerin bazı yetersiz özellikleri vardır. Alkollerin en önemli yetersizlikleri; içerdikleri suyun yakıt ve emme sistemi üzerindeki korozif etkisi ve faz ayrışmasına sebep olmasıdır. Ayrıca alkollerin ısı değerlerinin petrole göre daha düşük ve buharlaşma ısılarının yüksek oluşu, motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmaktadır. Alkollerin bir başka yetersizlikleri; kullanıldıklarında buhar tıkaçı olasılığının artmasıdır.

Tablo 2.2. Çeşitli Alkollerin Ve Benzinin Tipik Özellikleri

Karakteristik özellikler	Metanol	Etanol	TBA	MTBE	Benzin
Oksijen içeriği, [%]	50	35	22	18	0
Yoğunluk, [Kg/m^3]	0.793	0.7893	0.79	0.746	0.740
Alt ısı değeri, [MJ/Kg]	20.0	26.8	32.5	35.2	44.0
Kaynama sıcaklığı, [$^{\circ}\text{C}$]	64.5	78.5	83.0	55.0	27-227
Gizli buharlaşma ısısı	1.16	0.84	0.57	0.34	0.35

Alkolleri üretmek için gereken enerjinin, yanma sonunda vereceği enerjiden fazla oluşu ve özellikle etanolün yoğunlukla gıda maddelerinden elde edilmesinin besin kaynakları

açısından ayrı bir yetersizlik oluşturması, alkollerin üretiminde önemli problemler olarak ortaya çıkmaktadır, [7].

2.2.3. Gaz Yakıtlar

Günümüz motorlarına uygun ve ticari olarak elde edilebilir iki tür gaz yakıt; metandan oluşan doğal gaz ve propandan oluşan petrol gazıdır. Ayrıca saf hidrojenin uzak gelecekte en önemli alternatif yakıt durumuna gelmesi beklenebilir, [7].

2.2.3.1. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Dünyanın her yerinde ticari miktarlarda bulunabilen ve taşıtlarda da kullanılabilen petrol gazının önemli bir bölümünü propan(C_3H_8) oluşturur. Propan düşük eksoz emisyonu verir, yani yanma ürünleri daha az miktarlarda zararlı bileşikler içerir ve yüksek oktan sayısına sahiptir. En önemli üstünlüğü metana göre daha kolay sıvılaştırılabilmesidir. Örneğin 21 [C] sıcaklıkta, 110 [Pa] basınç altında sıvılaştırılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı daha kolay sıvılaştırılarak depolanabilmektedir. Sıvılaştırılmış petrol gazı 103-105 gibi yüksek oktan sayısına sahiptir. En önemli yetersizliği, petrole göre kütleli olarak (%11), hacimsal olarak (%33) daha az enerji içermesidir. Setan sayısı düşük olduğundan dolayı diesel motorlarında kullanılmaya uygun değildir.

Sıvı yakıt yerine gaz yakıt kullanıldığında emilen yakıt içinde gaz yakıt daha fazla yer kapladığından dolayı volumetrik verim ve güç belirgin bir şekilde düşer. Bu güç kaybını 103-105 gibi yüksek oktan sayısına uygun motor dizaynıyla gidermek mümkündür, [7].

2.2.3.2. Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)

Doğal gaz, (%84) ten yüksek oranda metan(CH_4) ve en fazla miktarda elde edilebilen gaz yakıttır. Düşük eksoz emisyonu ile yandığından ve (130) gibi çok yüksek oktan sayısı olduğundan dolayı motorculuk açısından ilgi çekicidir. En

belirgin yetersizliği; ancak yüksek basınç altında veya düşük sıcaklıkta etkin olarak depolanabilmesidir. Yine LPG de olduğu gibi volumetrik verimi ve birim hacminin ısı kapasitesi düşüktür.

Yüksek oktan sayısı nedeniyle sıkıştırma oranının (14) e kadar yükseltilebilmesine olanak sağlar, [7].

2.2.3.3. Hidrojen

Hidrojen solar ya da nükleer metodlarla üretilebildiği ve yanması sonucu atmosferde karbondioksit toplanmadığı için ilgi çeken bir maddedir, [3]. Günümüzdeki yöntemlere göre, sudan elektroliz yoluyla veya diğer kimyasal yollarla elde edilmesi çok pahalıya mal olmaktadır. Ayrıca metaller üzerindeki difüzyon etkisi nedeniyle depolanması ve kullanımı bir çok zorluklar doğurmaktadır.

Son zamanlarda hidrojenin depolanması için hidrit malzemeler üzerinde çalışılmaktadır. Hidrit malzemeler, molekülleri arasında hidrojeni depolayabilen ve ısıtıldığında serbest bırakabilen metal alaşımlarıdır.

Gelecekte, üretimi, dağıtımı, taşıtlarda depolanması ve kullanılması ile ilgili problemler çözümlenirse, hidrojenin büyük olanaklar sağlaması beklenebilir, [7].

BÖLÜM 3

ALTERNATİF YAKIT ARAYIŞI

3.1. Motorların Tarihsel Gelişimi

İçten yanmalı motorların kullanılış amacı, yakıtın içerdiği kimyasal enerjiden mekanik enerji üretmektir. İçten yanmalı motorlarda dıştan yanmalı motorlardan farklı olarak, enerji, yakıtın motorun içinde yakılması ya da oksidesi ile sağlanır.

Pratik olarak ısı motorları, ikibuçuk yüzyıllı aşkın bir süre insanlığa hizmet etmektedir. 1860 lara kadar pratik olarak içten yanmalı motorlar gerçekleştirilememiştir. Ticari amaçla gerçekleştirilmiş, atmosferik basınçta yanmış kömür gazı kullanan ilk motorlarda, yanma işleminden önce sıkıştırma işlemi yoktu. J.J. E.Lenoir(1822-1900), bu tip motorların ilk satılabilir türünü geliştirmiştir. Gaz ve hava, piston strokunun ilk yarısında karışmaktaydı. Karışım bir kıvılcımla tutuşturulduğunda, basınç artardı ve gazlar, strokun ikinci yarısında gücü pistonu iletmekteydi ve çevrim bir eksoz stroku ile tamamlanıyordu. Bu motorların 5000 kadarı (1860-1865) yılları arasında altı beygir gücünün üstünde kapasiteye sahip olacak şekilde üretilmişti. Verim, en iyi durumda (%5) dolayındaydı.

Aşağı yöndeki strokta serbest piston ve biyel asemblesini ivmelendirmek için önceki strokta içeri alınan yakıt-hava karışımının yanması ile meydana gelen basınç artışının kullanılması ve bunun sonucu olarak da hareketli parçaların momentumunun silindir içinde vakum oluşturması esasına dayanan daha başarılı bir gelişme olarak ; 1867 yılında Nicolaus A.Otto (1832-1891) ve Eugen Langen(1833-1895) bir atmosferik motorun

geliştirilmesidir. 5000 tane dolayında üretilen bu motorlarla termik verimin (%11) in üstüne çıkması sağlanmıştı. Hareketli bir supap; emmeyi, bir gaz alezi ile oluşan tutuşmayı ve eksoz işlemini kontrol etmekteydi.

Bu motorların düşük termik verim ve aşırı ağırlık kusurlarını gidermek için Otto, dört piston stroklu bir motor çevrimi tasarladı: bir emme stroku, tutuşmadan önce bir sıkıştırma stroku, iş krankmiline iletilirken bir genişleme ya da güç stroku ve en sonunda da bir eksoz stroku. Otto'nun asıl dört zamanlı motoru (1876) da çalıştı. Bu, içten yanmalı motor endüstrisini etkin olarak kurma hamlesiydi. (1890) larda bu tip motorlardan hemen hemen (50.000) kadar Avrupa'da ve Birleşik Devletlerde satılmıştır.

1884 te, Alphonse Beau de Rochas'ın (1815-1893) 1862 de yayınlanmayan, dört zamanlı motor prensiplerini açıklayan bir Fransız patenti yayınlandı. Bu tesadüf gelişme, Otto'nun bu konuyla ilgili kendi patenti üzerinde şüpheler yarattı ve Almanya'da bunun geçersiz olduğu ilan edildi. Beau de Rochas, bir içten yanmalı motorda maksimum verim koşulları arasında da bir bağlantı kurmuştu. Bunlar;

1- En büyük olası silindir hacmi ile minimum sınır yüzeyi

2- En büyük olası çalışma hızı

3- En büyük olası genişleme oranı

4- Genişleme başlangıcında olası en yüksek basınç olarak sıralanabilir. İlk iki koşul, yakıttan olacak ısı kayıplarını minimuma indirmeyi amaçlar. Üçüncü koşul, yanma gazlarının daha büyük genişleme oranıyla daha büyük iş çıkışı sağlayacağını kabul eder. Beau de Rochas'nın, Otto'nun ilerlemelerinden önce hernekadar yayınlanmamış yazıları olsa da O, asla bu düşüncelerini pratiğe dönüştürememiştir. Böylece Otto, yaygın bir kanaatle bugün bildiğimiz gibi, içten yanmalı motoru ilk bulan kişidir.

1880 li yıllarda bir çok mühendis (örn. Dugald Clerk (1854-1913), ve James Robson(1833-1913) İngiltere'de ve Karl Benz Almanya'da), güç strokunun sonunda ve sıkıştırma strokunun başında eksoz ve emme işleminin olduğu, iki zamanlı

içten yanmalı motorları başarılı bir şekilde geliştirmişlerdir. İngiltere'de James Atkinson(1846-1914), yüksek bir verime sahip olan, sıkıştırma strokundan daha uzun bir genişleme stroklu bir motor geliştirdi. O, verimin, genişleme strokunun doğrudan fonksiyonu olduğunu kabul etmiştir. 1880 li yıllardan sonra, otomobiller için uygun, yüksek hızlı benzinli motorlardan önce karbüratörle ve ateşleme sistemleriyle ilgili olarak önemli gelişmeler olmuştur. Ayrıca bu tarihten sonra stasyonier motorların geliştirilmesi de sürmüştür.

1890 lardan sonra düşük enerjili fırın gazıyla beslenen, (1.3[m]) çaplı büyük tek silindirli motorlarla (90 [d/dak]) da (600[BG]) güç üretilebilmişti. Biritanya'da buharlaşabilir yakıtlar üzerindeki sınırlamalar, motor üreticilerini, gaz yağına(petrole) yöneltmişti. Dış yakıt buharlaştırıcıları, ısıtılan ve elektrikle tutuşturulan, bu gaz motorlarıyla kıyaslanabilecek verime(%4-%18) sahip "yağ" motorları geliştirildi. Hornsby-Ackroyd motoru, Britanyada en popüler yağ motoru haline geldi ve Birleşik Devletlerde çok sayıda üretildi.

1892 de Alman mühendisi Rudolf Diesel (1858-1913), içten yanmalı motorların yeni bir türünü tasarladı. Onun, sadece sıkıştırılarak ısıtılmış hava içine sıvı yakıtın püskürtülmesi esasına dayanan yanma kavramı, verimin diğer içten yanmalı motorların veriminden iki kat daha fazla olmasını sağlamıştır. Çok daha büyük genişleme oranları, patlama ya da vuruntu olmaksızın sağlanabilmiştir.

Bir başka yeni önemli gelişme; dönel içten yanmalı motorun geliştirilmesidir. Pratik olarak ilk dönel içten yanmalı motor, 1957 ye kadar başarılı* bir şekilde test edilemeyen "Wankel" motorudur. Yıllardan beri araştırılıp, geliştirilen bu motor, Alman Felix Wankel'in dizaynına dayanmaktadır.

Yakıtlar da motorların gelişmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. İlk motorlarda, mekanik güç üretmek için gaz yakılmıştır. Benzin ve ham petrolün daha hafif fraksiyonları, 1800 lü yıllardan sonra kullanılabilir hale gelmiştir ve yakıtı buharlaştırıp hava ile karıştırmak için çeşitli karbüratör tipleri geliştirilmiştir. 1905 ten önce benzinle ilgili olarak beş çeşit problem vardı ; vuruntu olmaması için

sıkıştırma oranının düşük (4 ya da daha az) seçilmesine rağmen, yüksek derecede buharlaşabilen yakıt, kolayca ilk hareketi sağlar ve çok iyi soğuk hava performansı verirdi. Bununla birlikte 1907 ile 1915 yılları arasında benzin talebinde beş misli daha fazla bir artış meydana geldi ve ciddi bir ham petrol açığı oluştu. William Burton'nun (1865-1954) çalışmaları sayesinde, daha hafif yağlar basınç altında ısıtılıp daha az kompleks, daha fazla buharlaşabilen bileşiklere ayrıştırılarak, bir termal kraking prosesi geliştirildi. Termal olarak ayrıştırılmış bu benzinler, talebi karşıladı fakat daha yüksek kaynama noktalarına sahip olmaları nedeniyle soğukta ilk hareket probleminin oluşmasına sebep oldular. 1912 yılında elektrikle tahrik edilen startörlerin üretilmesiyle bu soruna büyük ölçüde çözüm bulunmuş oldu.

Çiftliklerde, içten yanmalı motorlar ısıtma ve aydınlatma için kullanıldıklarından dolayı, gaz yağı bunlar için mantıklı olarak uygun bir yakıttı. Bir çok yeni çiftlik motorlarının, bu gibi bir yakıtla çalışabilecekleri için karbüratör ya da buharlaştırıcılara sahiptirler. Tetraetil kurşunun antivuruntu etkisi, General Motors tarafından bulunmuştur ve o, bir benzin katkı maddesi olarak 1923 yılında Birleşik devletlerde ticari olarak kullanılabilir hale getirilmiştir. 1930 dan sonra Eugene Houdry, daha yüksek kaliteli benzini buldu. Bu ve diğer gelişmeler, daha yüksek derecede daha iyi antivuruntu özelliklerine sahip yakıtların üretimine imkan vermiştir ; böylece motorların sıkıştırma oranları, güçleri ve verimleri muntazaman artmıştır.

Geçen otuz yıl boyunca değişen yeni faktörler, motor dizaynı ve operasyonu üzerinde önemli ve manalı bir etkide bulunmuştur. Bu faktörler, otomobillerin şehir hava kirliliği üzerindeki etkisini kontrol altına alma gereksinimini, otomobil yakıt tüketimindeki önemli ölçüdeki ilerlemeleri önleme gereksinimidir.

Otomobil hava kirliliği problemi, 1940 larda Losangeles Havzasında açık olarak ortaya çıkmıştır. 1952 de Prof. A. J. Haagen-Smit tarafından, smok probleminin, azot, hidrokarbon oksitleri arasında meydana gelen reaksiyonların bir sonucu

cu olduğu ispatlanmıştır. Otomobiller, şehirlerde yüksek karbonmonoksit düzeylerine sebep oldukları kadar aynı zamanda birer önemli hidrokarbon ve nitrojen oksitleri yayıcısıdır- lar. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak, otomobiller için ilk emisyon standartları Kaliforniya'da oluşturulmuştur. Emisyon standartları, Japonya'da, Avrupa'da ve motor kullanan diğer ülkelerde oluşturulagelmektedir. Emisyon kontrolü gereksinimi ve yakıtlarla ilgili diğer gelişmeler,içten yanmalı motorla- rın dizaynında ve çalışmalarında önemli değişikliklerin mey- dana gelmesine neden olmuştur.

İçten yanmalı motorlar aynı zamanda önemli birer gürültü kaynağıdır. Motor gürültüsünün çeşitli kaynakları vardır ; eksoz sistemi, emme sistemi,soğutma için kullanılan fan ve motor yüzeyi. Gürültü, aerodinamik etkilerden dolayı oluşabi- lir, yanma prosesinden kaynaklanan kuvvetlere bağlı olabilir ya da dönen motor parçalarından kaynaklanabilir. Araç gürültü kanunları, çevreye yayılan gürültüyü azaltmak için ilk olarak 1970 ten önce oluşturulmuştur.

Diesel ve benzine alternatif olabilecek yakıtları kul- lanma konusunda bir çok çalışma yapılagelmektedir. Petrol e- saslı olmayan yakıtlar, doğal gaz, metanol ve etanol(metil ve etil alkol), hidrojen, sentetik benzin ve şist petrolünden ya da kömürden diesel yapımı büyük dikkat çekmektedir. Konvansi- yonel karbüratörlü benzin ve diesel motorlarında verimde, güçte ve emisyon kontrolü düzeyinde sürekli olarak önemli i- lerlemeler görülmektedir. Yeni malzemelerin kullanılmasıyla , ağırlığı, maliyeti ve ısıl kayıpları düşük ve daha yüksek ve- rimli içten yanmalı motor sistemleri mümkün olabilmektedir, [5].

3.2. Dünya Petrol Kaynakları

Dünya petrol varlığıyla ilgili olarak 1987 sonundaki is- tatistiklere göre, (124 milyar ton) olan rezervin (%77) si Ortadoğu bölgesinde olup, bunu (%14) lük payla Latin Amerika izlemektedir. Dünyanın en büyük petrol varlığı(Dünya rezervi- nin yaklaşık beşte biri), Suudi Arabistan'da bulunmaktadır.

Suudi Arabistan'ı, yine Orta Doğu'da bulunan Irak, Kuveyt ve İran izlemektedir. Dünya petrol rezervlerinin bulunduğu bölgeler ve sahip oldukları petrol rezervlerinin kapasiteleri, Şekil 3.1 de verilmektedir, [1].

Tablo 3.1. Dünya Petrol Rezervleri

Bölgeler	Rezerv x10 ⁹ ton	[%]
Kuzey Amerika	5.5	4.5
Latin Amerika	17.1	13.8
Batı Avrupa	2.4	1.9
Orta Doğu	77.3	62.5
Afrika	7.5	6.1
Asya	2.5	2.0
Avustralya	0.2	0.2
Doğu Bloku	11.3	9.0
Dünya	123.8	100.0

3.3. Alternatif Yakıt Arayışı Ve Bazı Örnek Çalışmalar

Geçmişte değişik sebeplerden dolayı alternatif yakıt kullanma çalışmaları yapılmıştır. Yetmişli yıllardan sonra politik nedenlerden ötürü petrol üretiminin düşmesi ve petrol fiyatının yükselmesi, stasyon motorlarda ve taşıt motorlarında petrol yerine kullanılacak yakıt araştırmalarının şiddetini arttırmıştır. Alkollerin (metanol ve etanol), bitkisel yağların ve doğal gazın motor yakıtı olarak kullanılabilmeleleri için değişik çalışmalar yapılmıştır.

Yetmişli yıllardan sonra Aachen'daki teknik üniversitede uygulamalı termodinamik kürsüsü ve araştırma ve teknoloji bakanlığının destekleriyle KHD(Klöckner - Humboldt - Deutz) diesel motorlarında metanol kullanılmasını sağlayan bir pilot

enjeksiyon sistemi geliştirdi. (NO_x) emisyonlarının direkt enjeksiyonlu diesel motorlarınınkinin yarısından daha az, hid-rokarbon ve aldehit emisyonlarının diesel operasyonu değerle-rinin altında olduğu ve mekanik gerilmeler ile motor yanma gürültüsü şiddetlerinin düştüğü gözlenmiştir.

Brezilya'da etanol direkt enjeksiyonlu diesel motorla-rıyla yapılan denemeler, alkol pilot enjeksiyon kavramının uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Ayçiçeği yağı, yer fıstığı yağı, soya yağı ve kolza to-humu yağı gibi bitkisel yağlar, alternatif yakıt arayışının artması sonucu dikkatleri çekmeye başlamıştır. Bu gibi yağla-rın yanma odası ve enjeksiyon sisteminde, elverişsiz atomi-zasyon ve yüksek viskozite özellikleri nedeniyle, yanma oda-sında ve enjeksiyon sisteminde katran tortularının oluşması riskini, iyi tutuşma özellikleri dengelemektedir.

Bu sebeple KHD, döner yanma odalı, iki zamanlı, Deutz motoru bitkisel yağlar için geliştirmiştir. Kolza tohumu ve ayçiçeği yağı ile Batı Almanya'da ve Afrika'da önemli deneme-ler gerçekleştirilmiştir.

Doğal gaz, biyogaz, odun gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazı(LPG) gibi gazlar da alternatif yakıt olarak düşünölmektedir. Gazlar stasyonier uygulamalar için tercih edilebilir, çünkü sıkıştırıldıklarında, sıvı yakıtlardan daha düşük ener-ji yoğunluğuna sahiptirler, bu nedenle gazla çalışan araçla-rın çalışma alanları sınırlıdır.

Doğal gazla ve LPG ile çalışan hava soğutmalı Deutz mo-torları bir süredir imal edilmektedir. Bu tür üniteler, Bir-leşik Devletler'de, Orta Doğu'da, Uzak Doğu'da ve Asya'da, doğal gaz arazileri ve sulama sistemleri için pompalama sis-temlerinde kullanılmak amacıyla oluşturulmuştur.

Doğal gaz ve biyogazın tarımsal alanlarda kullanılması bu gün en çok tartışılan konudur. Bangladeşte pompalama is-tasyonları ve generatörlerden başka ticari araçlarda da die-sel yakıtı yerine doğal gaz kullanma çalışmaları yapılmakta-dır. Yapılan hesaplar, gaz yakıtla çalışan sadece (350) araç üretildiği taktirde, gaz temini ve doldurma istasyonlarına yapılan yatırım, üç yıl içinde amortize edilebilecektir.

Odun gazıyla çalışan generatörlerle güç elde edilmeye, Endonezya'da pilot projelerde başlanmıştır. Generatörler, pilot püskürtmeli, (% 100) diesel operasyonuna uygun olarak ayarlanabilen gaz motorlarıyla tahrik edilmektedir. Ortalama (15-65)[KW] lık Deutz gaz motorları ile tesis edilmiş ek generatörler, Endonezya'daki KHD temsilcisi tarafından üretilmiştir, [8].

Ferfecki ve Sorenson (1983) CFR deneme motorunda (%10,- %15 ve %20) oranlarında etanol karışımlı benzini, motor sıkıştırma oranını ve ateşleme avansını değiştirerek yakıt olarak kullanmışlar ve efektif verimde ve motor gücünde artma, eksoz gazı sıcaklığı ve karbonmonoksit miktarında azalma meydana geldiğini saptamışlardır.

Ford Endüstri Raporunda da (1983), benzinde (%5) alkol oranına kadar motorda hiç bir değişiklik yapılmadan alkol kullanılabilceği belirtilmektedir.

Wrage ve Gorering (1981) en uygun etanol/diesel yakıtını saptamak için bazı deneme ve hesaplamalar yapmışlardır. Çalışmalar sonunda (%15-%85) diesel yakıt karışımının en uygun karışım olduğunu bulmuşlardır.

Menrad ve arkadaşları (1981), diesel motoru üzerinde küçük değişiklikler yaparak, (%25) etanol, (%5) solvent, (%70) diesel yakıtı karışımlarını yakıt olarak kullanmışlar ve çalışmalarını sonucu (%5) güç artışı ve (%8-9) oranında verim artışı olduğunu saptamışlardır, [9].

BÖLÜM 4

ETİL ALKOL

4.1. Etil Alkolün Genel ve Termodinamik Özellikleri

Etilalkol, karakteristik bir kokuya sahip olan renksiz bir sıvıdır. (78.5 °C) da kaynar, (-115 °C) da donar, yoğunluğu (0.7893 Kg/Lt) dir. Etanol soluk mavi bir alevle yanar ve çözünmeyen bir çok organik bileşik için iyi bir çözücüdür. Etilalkol, yaklaşık (98) gibi yüksek oktan sayısı özelliğiyle buji ateşlemeli benzin motorlarında, (benzin-alkol) karışımı şeklinde veya saf olarak kullanılmaya uygundur. Alt ısıl değeri yaklaşık (27417 KJ/Kg) dir ve benzine göre alev sıcaklığı daha düşük, buharlaşma sıcaklığı daha yüksektir, [2, 4].

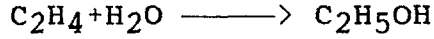
Tablo 4.1. Benzin ve Etilalkolün Bazı özelliklerinin karşılaştırılması

	M [Kg]	[g/cm ³]	H _b [KJ/Kg]	H _u [MJ/Kg]	h _{min} Kgh/Kgy	Oktan sayısı
Benzin	110	0.735	350	44.	14.60	86-96
Etil alkol	46.07	0.7893	840	26.9	9.0	98

4.2. Etilalkolün Elde Edilmesi

4.2.1. Etenin Hidrasyonuyla Etilalkol Elde Edilmesi

Petrolün damıtılması sırasında büyük miktarlarda eten üretilir. Eten, sülfirik asit kullanılarak, etanol üretimi için sulandırılabilir, [4].



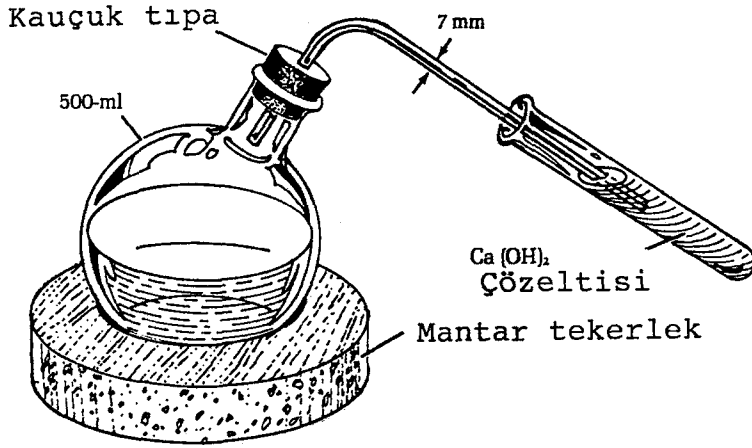
4.2.2. Fermentasyonla Etilalkol Elde Edilmesi

Etilalkol, şeker, şekere dönüştürülebilen selüloz veya nişasta gibi organik maddelerden fermentasyon yolu ile elde edilebilmektedir. Başka bir anlatımda etanol; patates, tahıllar, şeker kamışı, şeker pancarı, ot, saman gibi her türlü bitkiden veya daha genel anlamda güneş enerjisini, dönüştürülmüş bir kimyasal yapıda depolayan her üründen üretilebilmektedir, [7].

4.2.2.1. Sakarozun Fermentasyonu ile Etanol Elde Edilmesi

Biramayası bir şişede su ile ıslatılarak yumuşatıldıktan sonra disodyum hidrojen fosfat ilave edilir ve elde edilen bu sulu hamur, bir termos aktarılır. (150 ml. su/ 51.5 gr. sakaroz çözeltisi) oranına uygun olarak su-sakaroz karışımı hazırlanır ve iyice karıştıncaya kadar çalkalanır. Termosa, doymuş kalsiyum hidroksit çözeltisine daldırılmış kavisli bir cam boruya geçirilmiş tek delikli bir tapa takılır. Kireç suyu içindeki tüp, termos girişinde istenmeyen enzimleri ve havayı engelleyen fakat gaz sızmasına izin veren bir tıkaç gibi görev yapacaktır. Düzenek, ılık bir ortamda (reaksiyon için optimum sıcaklık 35 °C dır) bir hafta bekletilerek, karbondioksitin evriminin bu süre içinde tamamlanması sağlanacaktır (Şek. 4.1), [10].

Fermentasyondan sonra, etanol çözeltisi iyice çalkalanır ve filtre edilir. Sulu bir etilalkol çözeltisi olan filtrelenmiş sıvı, bir termos içerisinde kapalı olarak bekletilir, [10].



Şekil 4.1. Sakarozun fermentasyonu deneyinde kullanılan düzenek

4.2.2.1.1. Basit Distilasyon

Daha önce elde edilen süzölmüş sulandırılmış etilalkol çözeltisi, (500 ml.) lik bir termosu koyulur ve kaynama taşı ilave edilir. Termos, küçük bir alevle kaynama başlayıncaya, kadar ısıtılır. Bu işlemden sonra distilasyon damlaları, saniyede bir damla düzeninde oluncaya kadar alev ayarlanır. (50 ml.) lik distilasyon sıvısı toplandıktan sonra distilasyon işlemi durdurulur, [10].

4.2.2.1.2. Etilalkol-Su Karışımının Fraksiyonlu Distilasyonu

Basit distilasyondan elde edilen etanol-su karışımı, termosu koyulup kaynama taşı ilave edilir ve hemen kaynatılır. Kaynama başlar başlamaz alev en kısa hale getirilir. Başlangıçta yavaş ısıtma uygulanır. Yoğuşan madde damıtma sütunu boyunca yükselir. Yükselme durunca ısı kademe kademe arttırılır. Bir kaç dakika sonra buhar-yoğuşmuş madde karışımı, sütunun tepesine yükselir. İkinci bir sabit sıcaklığa ulaşıldığında, damıtma işlemi durdurulur. (%95) i etilalkol olan da-

mıttık maddeler toplanır ve yarısı şişelenerek etiketlenir. Diğer yarısı, azeotropik distilasyon deneyi için muhafaza edilir, [10].

4.2.2.1.3. Benzen-Etilalkol-Su Üçlü Azeotropunun Distilasyonu

(%95) lik etilalkolün yarısı termosaya konup, yarısı benzenle karıştırılır ve fraksiyonlu distilasyon işlemine başlanır. Kaynama termosunda (3-4 ml.) kalıncaya kadar yavaşça ve kararlı bir şekilde damıtma işlemi sürdürülür. Sonunda elde edilen fraksiyon, az derecede zehirleyici etkisi olan benzen içerir, [10].

4.3. Benzin-Etilalkol-İzopropanol Karışımlarının Kullanılma Nedeni ve Faz Ayırımı Sorunu

4.3.1. Benzin-Etilalkol-İzopropanol Karışımlarının Kullanılma Nedeni

Dünya'nın artan petrol ihtiyacını karşılayabilecek petrol rezervlerinin sınırlı oluşu ve motorların yanma ürünlerinin çevreyi önemli ölçüde kirletmesi sorunlarını çözmek amacıyla yapılagelen alternatif yakıt arayışı çalışmalarında etilalkolün önemli derecede bir üstünlüğe sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Etilalkolün yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı oluşu, gelecek için endişe yaratmaz. Yaklaşık (98) gibi yüksek oktan sayısına sahip oluşu, daha büyük sıkıştırma oranlarının seçilebilmesine ve verimin yükselmesine olanak sağlamaktadır. Etilalkolün petrole oranla daha düşük alev sıcaklığına sahip olması, yanma işleminin iyileşmesini, yanma ürünleri içindeki azot oksitlerin (NO_x) ve karbonmonoksitin (CO) azalmasını sağlar.

Benzin-Etilalkol karışımlarının motor yakıtı olarak kullanılması durumunda, ileride de açıklanacağı üzere faz ayırımı sorunu ortaya çıkmaktadır. Faz ayırımı sorununu ortadan kaldırmak ya da homojen bir karışım elde etmek için karışıma izopropanol katılmaktadır.

4.3.2. Faz Ayrımı Sorunu

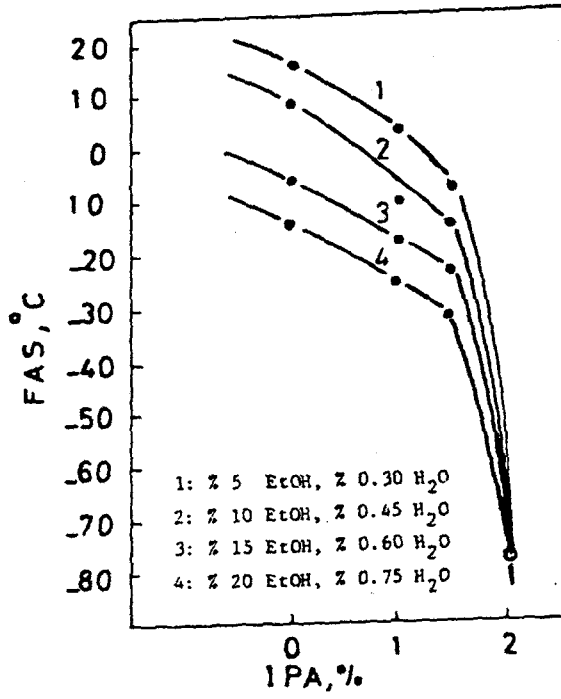
Etilalkolün su çekici özelliği vardır ve içinde muhakkak su bulunur. Alkol katkılı benzinler, alkollerin higroskopik özelliklerinden dolayı, pratik olarak (benzin-alkol-su) dan oluşan üçlü bir karışımdır. Bu karışımın motor yakıtı olarak değerlendirilmesindeki en önemli sorun; daima homojen olması gereken sistemde iki ayrı sıvı fazın oluşmasıdır. Bu karışımda üst faz benzin, alt faz ise alkol bakımından zengindir. Bu durumda ayrışma yapmış karışım, motora ulaştığında, alkol fazı tek başına motora geçtiğinde, motorda yakıt yetersizliği ve ani güç düşüşünün verdiği tekleme, sarsıntılar ve ilk hareket zorlukları oluşur.

Alkollü benzinlerde faz ayrımı, alkol, su miktarı, sıcaklık ve benzinin bileşimine bağlıdır. Faz ayrışma sıcaklığını düşürmek amacıyla alkollü benzinlere çeşitli katkı maddeleri katılmaktadır. İzopropanol, tersiyer bütanol, siklohegzanol, izobütanol ve n-bütanol, faz ayrışma sıcaklığını düşürebilecek etkin katkı maddeleridirler.

(%5-20) etanol-benzin karışımları hazırlanarak, karışımlara değişik oranlarda izopropanol (IPA) katılarak yapılan deneyler sonunda (şekil 4.2) den de görüldüğü gibi artan IPA miktarına bağlı olarak etanollü benzinlerin faz ayrışma sıcaklıklarının (FAS) düştüğü görülmüştür. Ayrıca aynı miktarlarda IPA içeren etanollü benzinlerde etanol miktarının artması da (FAS) ı düşürmektedir.

Benzin-Etilalkol karışımlarının suya duyarlılığı, faz ayrımı sıcaklıklarıyla doğrudan ilgilidir. Karışımların su miktarlarının artması ile faz ayrımı sıcaklıkları yükselmektedir. Karışımı oluşturan benzinin aromatik bileşik içeriği ve katkı maddeleri miktarının artması, su kaldırılabilirlik değerlerini arttırmaktadır. Alkollü benzinlerin motor yakıtı olarak değerlendirilmesinde faz ayrımı sıcaklıkları ile su kaldırılabilirlik sınırlarının saptanması zorunludur.

Alkollü benzinlerin faz ayrımı problemlerinin çözümü için önerilen bir diğer çalışmada ise iki ayrı sıvı faza ayrılmış karışımın ince bir emülsiyon şeklinde bir karbüratör



Şekil 4.2. Değişen (C₂H₅) ve (H₂O) miktarları için etilalkollü benzinlerde fazların ayrıştığı sıcaklığın (IPA) miktarına bağımlılığı

veya yakıt enjektörüne gönderildiği ve çalışmanın olumlu sonuçlar verdiği söylenmektedir, [11].

BÖLÜM 5

DENEY MOTORUNUN BENZİN VE BELİRLİ KARIŞIMLAR İÇİN TERMİK HESAPLARI

5.1. Motorlarda Kullanılan Termik Hesap Yöntemi ve Bu yöntemin Karışım Kullanma Durumuna Uyarlanması

5.1.1. Yanma Hesabı

5.1.1.1. Yakıtın Elemansel Bileşimi

(1 Kg) yakıtın içindeki çeşitli elementlerin ya da maddelerin kütlelerine, "yakıtın elemansel bileşimi" denir. Ve

- x_i : 1 Kg yakıt içindeki herhangi bir elementin kütlesi
 m : yakıtın toplam kütlesi
 m_i : yakıt içindeki herhangi bir elementin kütlesi
 μ_e : her hangi bir elementin kilomol kütlesi

olmak üzere;

$$x_i = \frac{m_i}{m}$$

şeklinde hesaplanır.

Yakıtın kapalı formülü, $(C_c H_h O_o S_s N_n W_w a_a)$ ve kilomol kütlesi de (μ_y) şeklinde gösterilirse, bu durumda yakıtın elemansel bileşimi;

$$x_n = \frac{12.011 \cdot c}{\mu_y} \cdot \frac{\mu_e \cdot n_n}{\mu_y}$$

(5.1)

Olur. Eğer kullanılan yakıt, farklı yakıtların karışımı ise;

x'_k : (1 Kg) karışımdaki herhangi bir elementin ağırlığı
 X_i : karışımdaki herhangi bir yakıtın hacimsal oranı
 ρ_i : karışımı oluşturan yakıtlardan birinin yoğunluğu
[Kg/Lt.]

olmak üzere , elemansel bileşim;

$$x'_k = \frac{\sum X_i \rho_i x'_i}{\sum X_i \rho_i} \quad (5.2)$$

şeklinde hesaplanır.

5.1.1.2. Minimum Hava Miktarları

(1 Kg) yakıtı tam yakmak için gerekli teorik havanın (Kilomol sayısı) ve (Kilomol kütlesi), yakıtın elemansel bileşimi bilindiğine göre, tek tür bir yakıt kullanıldığı zaman;

$$H_{min1} = \frac{1}{208} \left[\frac{c'}{12} + \frac{h'}{4} + \frac{s'}{32} - \frac{o'}{32} \right] \text{ [KMh/KMy]} \quad (5.3)$$

$$h_{min1} = \frac{1}{0.232} \left[\frac{8c'}{3} + s' + 8h' - o' \right] \text{ [Kgh/Kgy]} \quad (5.4)$$

eğer yakıt, bir karışım ise ;

$$H_{mink} = \frac{\sum H_{mini} X_i \rho_i}{\sum X_i \rho_i} \quad (5.5)$$

$$h_{mink} = \frac{\sum h_{mini} X_i \rho_i}{\sum X_i \rho_i} \quad (5.6)$$

olur.

5.1.1.3. Karışımın Yoğunluğu, Kilomol Kütlesi ve Kilomol Sayıları

ρ_k : karışımın yoğunluğu,

μ_k : karışımın kilomol kütlesi,
 C_k, H_k, \dots, X_k : karışımın kilomol sayıları
olmak üzere,

$$\rho_k = \frac{\sum X_i \rho_i}{100} \quad (5.7)$$

$$\mu_k = \frac{\sum X_i \rho_i}{\sum \frac{X_i \rho_i}{\mu_i}} \quad (5.8)$$

$$X_k = \frac{\frac{\sum X_i \rho_i c_i}{\mu_i}}{\frac{\rho_k}{\mu_k}} \quad (5.9)$$

şeklinde hesaplanır.

5.1.1.4. Hava Fazlalık Katsayısı

Benzinli motorlarda genellikle hava fazlalık katsayısı (1) den küçük değerler alır. Taşıt motorunun hafif olması için silindir içindeki havadan en iyi şekilde yararlanmak, yani hava fazlalık katsayısını düşük değerli seçmek gerekir.

($\alpha < 1$) ile yanma durumunda eksik yanma meydana gelir. Yakıtın kimyasal enerjisinin tümü, yanmada kullanılmaz. Eksik yanma nedeniyle (H_u) kadar ısı kaybı oluşur.

Benzinli motorlar için oluşturulan ($\alpha - n$) diyagramlarından seçilen hava fazlalık katsayısı (%100) benzin kullanmada geçerli olduğu için seçilen bu hava fazlalık katsayısı, (benzin-alkol) karışımları için kullanılamaz. Hava fazlalık katsayısı için oluşturulmuş genel bağıntıdan yararlanarak yakıt karışımları için aşağıdaki gibi bir bağıntı geliştirilebilir.

\dot{m}_h : havanın debisi

\dot{m}_y : yakıtın debisi

μ_d : venturi borusunun en dar kesitindeki kayıp katsayısı

μ_j : akıştaki kayıplarla ilgili kayıp katsayısı

A_d : venturi borusunun en dar kesiti

A_j : jetin kesit alanı

ρ_0 : havanın yoğunluğu

ρ_y : yakıtın yoğunluğu

ρ_k : karışımın yoğunluğu

ΔP_d : venturi borusundaki basınç düşüşü

α_1 : benzin kullanılması durumundaki hava fazlalık katsayısı

α_k : (benzin-alkol) karışımı kullanılması durumundaki hava fazlalık katsayısı

olmak üzere;

$$\alpha = \frac{m_h}{h_{min} m_y} = \frac{\mu_d A_d \sqrt{\rho_0 \Delta P_d}}{\mu_j A_j \sqrt{\rho_y (\Delta P_d - \rho_y g \Delta h)}} \frac{1}{h_{min}}$$

$$C = \frac{\mu_d A_d \sqrt{\rho_0 \Delta P_d}}{\mu_j A_j \sqrt{\Delta P_d - \rho_y g \Delta h}}$$

dersek,

$$\alpha = \frac{m_h}{h_{min} \mu_y} = \frac{C}{h_{min} \sqrt{\rho_y}}$$

olur. Bu durumda benzin için

$$\alpha_1 = \frac{C}{h_{min1} \sqrt{\rho_y}} \quad (5.10)$$

karışım için,

$$\alpha_k = \frac{C}{h_{mink} \sqrt{\rho_k}} \quad (5.11)$$

olur. (5.10) ve (5.11) bağıntıları oranlanacak olursa,

$$\alpha_k = \alpha_1 \frac{h_{min1}}{h_{mink}} \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_k}} \quad (5.12)$$

bağıntısı kullanılarak B+Alkol karışımlarının kullanılması

durumunda hava fazlalık katsayısı belirlenebilir.

5.1.1.5. Isı Kaybı

Her iki durum için ısı kaybı, aşağıdaki genel bağıntı kullanılarak bulunabilir.

$$\Delta H_u = 119.95 \times (1 - \alpha) \times H_{\min 1} \quad [\text{MJ/Kg}] \quad (5.13)$$

5.1.1.6. Yakıtın Alt Isıl Değeri

Yakıtın alt ısıl değeri, yakıtın elemansel bileşimi biliniyorsa, Mendelejev formülü kullanılarak bulunabilir. Böylece benzin ve karışım için alt ısıl değer;

$$H_u = 33.91 \times c' + 125.6 \times h' - 10.89 \times (o' - s') - 2.51 \times (9 \times h' + w') \quad [\text{MJ/Kg}] \quad (5.14)$$

şeklinde hesaplanabilir. Isı kaybını da gözönüne alarsak,

$$H'_u = H_u - \Delta H_u \quad [\text{MJ/Kg}] \quad (5.15)$$

olarak alt ısıl değer hesaplanmış olur.

5.1.1.7. Taze Dolgu

Emme sonunda (1 Kg) yakıt için silindire giren taze dolgu, benzinli motorlarda (benzin - hava) karışımından oluşur. Taze dolgunun (M_1) kilomol sayısı genel olarak ;

$$M_1 = \alpha \times H_{\min} + 1 / \mu_y \quad (5.16)$$

5.1.1.8. ($\alpha < 1$) Durumunda Yanma Ürünleri

($\alpha < 1$) durumunda yakıtın yanması sonucu yanma ürünleri (CO , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2O) dan oluşur. (1 Kg) yakıtın yanması sonucu oluşacak yanma ürünlerinin kilomol sayıları genel olarak;

$$M_{\text{CO}} = 0.416 \times \frac{1 - \alpha}{1 + K} \times H_{\min} \quad [\text{KMol}] \quad (5.17)$$

$$M_{CO2} = \frac{c'}{12} - M_{CO} \quad (5.18)$$

$$M_{H2} = 0.416 \times K \times \frac{1-\alpha}{1+K} \times H_{min} \quad (5.19)$$

$$M_{N2} = 0.792 \times \alpha \times H_{min} \quad (5.20)$$

$$M_{H2O} = \frac{h'}{2} - M_{H2} \quad (5.21)$$

bağıntılarıyla hesaplanabilir.

Burada ; (K) katsayısı,

$$\frac{h'}{c} = 0.17 - 0.19 \quad \text{ise} \quad K = 0.45 - 0.50$$

$$\frac{h'}{c} = 0.13 \quad \text{ise} \quad K = 0.30$$

seçilir. Toplam yanma ürünlerinin kilomol sayıları ise genel olarak,

$$M_2 = M_{CO} + \dots + M_{H2O}$$
$$M_2 = \sum M_i \quad [\text{KMol/Kg}] \quad (5.22)$$

olarak hesaplanabilir. Yanma ürünlerinin oranları ise genel olarak,

$$Y_{CO} = \frac{M_{CO}}{\sum M_i}$$
$$\dot{Y}_i = \frac{M_i}{\sum M_i}, \quad \sum Y_i = 1. \quad (5.23)$$

olacaktır.

5.1.1.9. Yanma Ürünlerinin Ortalama Özgül Isıları

Çeşitli gazların karışımı olan yanma ürünleri toplamının ortalama özgül ısısı, her gazın kilomol oranı ve özgül ısısı kullanılarak hesaplanabilir. Yani;

$$(\mu C_v)_g \Big|_0^T = A_g + B_g \times T$$

$$A_g = Y_{CO_2} \times A_{CO_2} + \dots = \sum Y_i \times A_i \quad (5.24)$$

$$B_g = Y_{CO_2} \times B_{CO_2} + \dots = \sum Y_i \times B_i \quad (5.25)$$

dir. Burada motorlarda yanma olayının (1500 - 2800 °C) sıcaklıklarında olduğu için gazların bu aralıktaki ortalama özgül ısıları kullanılmalıdır.

5.1.2. Emme İşlemi

5.1.2.1. Ortam Koşulları ve Emme Basıncı

Aşırı doldurmasız bir motor söz konusu olduğuna göre, dış ortam koşullarında hava emilir ve motorun deniz seviyesinde çalıştığı varsayılırsa, dış ortam koşulları;

$$P_0 = 760 \text{ [mm Hg]} = 1.0336 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} = 0.1014 \text{ [MPa]}$$

$$T_0 = 293 \text{ [°K]}$$

olarak alınabilir. Artık gazların basınç ve sıcaklığı, aşırı doldurmasız taşıt motorlarında;

$$P_r = (1.05 - 1.25) \times P_0 \quad (5.26)$$

şeklinde seçilmektedir. Emilen taze hava, sıcak kanallardan geçerek silindire girene kadar (ΔT) kadar ısınır. (ΔT) ön ısınması, karbüratörlü motorlarda ; (0 - 20 °C) aralığında olur.

Emilen havanın basıncı, emme sisteminin direnci nedeniyle biraz azalır ve silindir içinde;

$$P_a = P_0 - \Delta P_a \quad (5.27)$$

kadar bir emme basıncı oluşur. (ΔP_a) basınç düşüşü ($\beta^2 + \xi$) toplam direnç katsayısı ve en dar kesitteki (V_m) hızına bağlı olarak;

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi) \times \frac{V_m^2}{2} \times 10^{-6} \quad [\text{MPa}] \quad (5.28)$$

şeklinde hesaplanabilir. Motorlarda ;

$$\beta^2 + \xi = 2.5 - 4.0$$

$$V_m = 50 - 130 \quad [\text{m/s}]$$

aralıklarında değerler alır. Emilen havanın yoğunluğu ρ_0 ise gazların genel denkleminde çıkarılan;

$$\rho_0 = \frac{P_0}{R \times T_0} \quad (5.29)$$

formülüyle hesaplanabilir.

5.1.2.2. Artık Gazlar Katsayısı

Bir önceki iş periyodundan silindirde kalan gazların kilomol sayısının, emilen taze dolgunun kilomol sayısına oranına " artık gazlar katsayısı " denir ve

\emptyset_s : süpürme verimi

\emptyset_{ed} : ek doldurma verimi

olmak üzere;

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \times \frac{\emptyset_s \times P_r}{\epsilon \times \emptyset_{ed} \times P_a - \emptyset_s \times P_a} \quad (5.30)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Motor aşırı doldurmasız olduğundan süpürme verimi (1) alınır. (\emptyset_{ed}) verimi benzinli motorlarda (0.95 - 1.12) aralığında değerler alır ve devir sayısı arttıkça büyür.

5.1.2.3. Emme Sıcaklığı

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r \times T_r}{1 + \gamma_r} \quad (5.31)$$

Bağıntısı kullanılarak emme sıcaklığı hesaplanabilir.

5.1.2.4. Volumetrik Verim

Bir emme sonunda emilen taze dolgunun kilomol sayısının, aynı hacmi dış ortam koşullarında doldurabilecek dolgunun kilomol sayısına oranına "volumetrik verim" denir. Ve

$$\eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \times \frac{P_a}{P_0} \times \frac{T_0}{T_0 + \Delta T + \gamma_r \times T_r} \quad (5.32)$$

bağıntısıyla hesaplanır.

5.1.3. Sıkıştırma işlemi

Sıkıştırma işleminin (n_1) politrop üssüyle gerçekleştiğini varsayarsak, emme sonu özellikleri;

$$\begin{aligned} P_c &= P_a \times \epsilon^{n_1} \\ T_c &= T_a \times \epsilon^{n_1 - 1} \end{aligned} \quad (5.33)$$

bağıntılarıyla hesaplanabilir. (n_1) ortalama politrop üssü,

$$A + B \times T_a \times (1 + \epsilon^{k_1 - 1}) = \frac{R}{k_1 - 1} \quad (5.34)$$

denkleminin Newton - Raphson yöntemiyle çözümü sonunda bulunur. motorlarda sıkıştırma sonu sıcaklıkları (1000 °K) i aşmaz ve taze dolgunun özgül ısısı olarak havanın (0 - 1500 °C) aralığında verilen ortalama özgül ısısı alınabilir. Yani,

$$(\nu C_v) \Big|_0^T = A + B \times T = 19.86 + 0.002638 \times T \text{ [KJ/Kg]}$$

A, B değerleri, ($R=8.314 \text{ KJ/Kmol}^\circ\text{K}$), ϵ ve T_a yerlerine yazılırsa, çözülecek denklem ve bu denklemin türevidir;

$$f(x) = 19.16 + 0.002638 \times T_a \times (1 + \epsilon^{x-1}) - \frac{8.314}{x-1} = 0$$

$$f(x) = 0.002638xT_a x^{\frac{\epsilon^x}{\epsilon}} + \frac{8.314}{(x-1)^2}$$

olur. Burada $X_1 = \dots$ seçilerek, Newton - Raphson yöntemiyle (n_1) politrop üssü belirlenebilir;

$$X_2 = X_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$$

$$|X_1 - X_2| \leq 0.001$$

ise $X_1 = k_1 = n_1$ olarak alınabilir. Değilse bir sonraki adıma geçilir.

5.1.4. Yanma İşlemi

Yanma denkleminin çözülmesi sonucu yanma sonu sıcaklığı ve yanma sonu basıncı hesaplanabilir. Benzinli motorlar için yanma denklemi aşağıdaki gibi verilmektedir;

$$\frac{\int_z x H_u'}{M_1 x (1 + \gamma_r)} + [A + BxT_c] x T_c = \mu x [A_g + B_g x T_z] x T_z \quad (5.35)$$

benzinli motorlar için verilen yanmada ısı yararlanma verimi (\int_z), (0.80 - 0.85) arasında değerler almaktadır. Yanma sonunda gazların molekül sel artış oranları ise,

$$\mu = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{M_2/M_1 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} \quad (5.36)$$

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} \quad (5.37)$$

bağıntılarıyla hesaplanabilir. Yanma sonu basıncı ise (λ) basınç artma oranı kullanılarak hesaplanabilir;

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c} = \mu x \frac{T_z}{T_c} \quad (5.38)$$

$$P_z = \lambda x P_c \quad (5.39)$$

$$\gamma = 1.0$$

$$\delta = \frac{\epsilon}{\rho}$$

Burada;

P_z : yanma sonu basıncı

P_c : sıkıştırma sonu basıncı

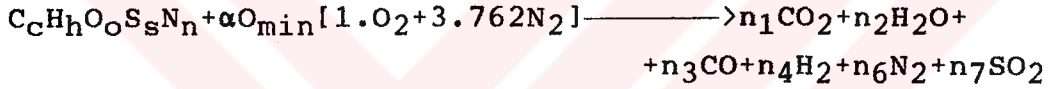
ϵ : sıkıştırma oranı

ρ : ön genişleme oranı (benzinli motorlar için $\rho = 1.0$ dır)

δ : ard genişleme oranıdır.

5.1.4.1. Su Gazı Gengesine Göre Yanma Ürünlerinin Oranları

($\alpha < 1$) durumunda kuru havada yanma için yanma denklemi,



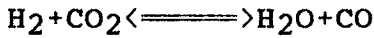
şeklindedir. Eksik yanmada, yanma ürünlerinin içinde hiç oksijen bulunmadığı varsayılır. Atom sayılarının dengesinden ve su gazı denge katsayısından yararlanarak aşağıdaki bağıntılar elde edilebilir;

$$(1) \quad C = n_1 + n_3$$

$$(2) \quad h = 2n_2 + 2n_4$$

$$2\alpha O_{\min} + O = 2n_1 + n_2 + n_3 + 2n_7$$

$$(3) \quad n_6 = 3.762\alpha O_{\min}$$



$$K_{WG} = \frac{Y_{H_2O} Y_{CO}}{Y_{H_2} Y_{CO_2}} \times \left[\frac{P}{P_0} \right]^{1+1-1-1}$$

$$(5) \quad K_{WG} = \frac{n_2 n_3}{n_4 n_1}$$

burada, (O_{\min}) (1Kg) yakıtı yakmak için gereken minimum oksijen miktarıdır ve

$$O_{\min} = C + 0.25h + s - 0.50 \text{ [KmolO}_2\text{/KMoly]} \quad (5.40)$$

sıcaklığa bağlı olarak (K_{WG}) katsayısı tablolardan veya ilgili fonksiyonlardan belirlenir. Gerekli düzenlemeler yapılarak (1, 2, 3, 4, 5) eşitliklerinden (n_1, n_2, n_3, n_4, n_6) kilomol sayıları hesaplanabilir. Böylece,

$$(3) \text{ denkleminde : } n_3 = 2\alpha O_{\min} - 2n_1 - n_2$$

$$(1) \text{ denkleminde : } n_1 = C - n_3$$

$$n_3 = 2C + n_2 - 2\alpha O_{\min}$$

$$n_1 = 2\alpha O_{\min} - C - n_2$$

$$(2) \text{ denkleminde : } n_4 = 0.5h - n_2$$

$$(5) \text{ denkleminde :}$$

$$K_{WG} = \frac{n_2 [2C + n_2 - 2\alpha O_{\min}]}{[0.5h - n_2][2\alpha O_{\min} - C - n_2]}$$

yukarıda yazdığımız denklemi, ikinci dereceden bir denklem formuna sokacak olursak;

$$An_2^2 + Bn_2 + C = 0$$

şeklinde bir denklem elde edilir. Bu ikinci dereceden denklemin çözümü sonunda (n_2) kilomol sayısı bulunur. İşlem sırası aşağıdaki gibidir;

$$A = 1 - K_{WG} \quad (5.41)$$

$$B = 2C + K_{WG}[0.5h + 2\alpha O_{\min} - C] - 2\alpha O_{\min} \quad (5.42)$$

$$C = K_{WG}[C - 2\alpha O_{\min}] - 0.5h \quad (5.43)$$

$$n_2 = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad (5.44)$$

$$n_1 = 2\alpha O_{\min} - C - n_2 \quad (5.45)$$

$$n_3 = C - n_1 \quad (5.46)$$

$$n_4 = 0.5h - n_2 \quad (5.47)$$

$$n_6 = 3.762\alpha O_{\min} \quad (5.48)$$

$$n_7 = s \quad (5.49)$$

$$M_2 = n_1 + \dots + n_7$$

yukarıdaki gibi yanma ürünlerinin kilomol sayıları hesaplandıktan sonra, yanma gazlarının kilomol oranları ise ;

$$Y_1 = \frac{n_1}{M_2}$$
$$\vdots$$
$$Y_i = \frac{n_i}{M_2}$$

$$\sum Y_i = 1.0$$

(A_g) ve (B_g) yeniden hesaplanıp, (5.1.4) ten başlayarak işlemler yeniden tekrarlanır ve genişleme işlemine geçilir.

5.1.5. Genişleme İşlemi

Genişleme politrop üssüne (n₂) dersek, genişleme sonu özellikleri;

$$P_b = P_z \times \delta^{-n_2}, \quad T_b = T_z \times \delta^{1-n_2} \quad (5.50)$$

bağıntılarıyla hesaplanabilir. (n₂) politrop üssü ise,

$$A_g + B_g T_z [1 + \delta^{1-k_2}] = \frac{R}{k_2 - 1} \quad (5.51)$$

denkleminin (Newton - Raphson) yöntemiyle çözülmesi sonucu hesaplanır.

5.1.6. Eksoz İşlemi

Çevrim hesaplarına başlarken seçilmiş olan (P_r, T_r) değerleri,

$$T_r = \frac{T_b}{\left[\frac{P_b}{P_r} \right]^{1/3}} \quad (5.52)$$

bağıntısıyla kontrol edilir. Hesaplana (T_{rh}) ile seçilen (T_{rs}) değerleri karşılaştırıldığında, hata oranının (0.03) ten küçük olması gerekir. Yani;

$$\left| \frac{T_{rh}-T_{rs}}{T_{rs}} \right| \leq 0.03 \quad (5.53)$$

olmalıdır.

5.1.7. Ortalama Effektif Basınç

Ortalama efektif basınç; silindir içindeki çevrim işine karşılık gelen ortalama indike basınç (P_{mi}) den, mekanik kayıplar ortalama basıncı (P_{mm}) nin çıkarılması ile yani;

$$P_{me}=P_{mi}-P_{mm} \quad (5.54)$$

şeklinde hesaplanır. Benzinli motorlar için teorik indike basınç,

$$P_{mit}=\frac{P_c}{\epsilon-1} \left[\frac{\lambda \cdot 1}{n_2-1} \left(1-\frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1-1} \left(1-\frac{1}{\delta^{n_1-1}} \right) \right] \quad (5.55)$$

bağıntısıyla hesaplanır. İndikatör diyagramının köşelerinin gerçek çevrimde yuvarlatılması nedeni ile, ortalama indike basınç teorik değerlerden biraz daha küçük olur. Bu nedenle (P_{mit}) yi bir yuvarlatma katsayısı (ϕ_i) ile çarpmak gerekir. Benzinli motorlarda, ($\phi_i = 0.94-0.97$) aralığında değerler alır. Bu durumda;

$$P_{mi}=\phi_i \times P_{mit} \quad (5.56)$$

olur. Mekanik kayıplar ortalama basıncı (P_{mm}) ortalama piston hızına bağlı olarak, ($H/D >1$ ve $Z < 6$) için karbüratörlü motorlarda

$$V_{pm}=\frac{Hn}{30} \quad \text{olmak üzere}$$

$$P_{mm}=0.049+0.0152 \times V_{pm} \quad (5.57)$$

ampirik bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Böylece ortalama efektif basınç, (5.54) bağıntısı kullanılarak hesaplanabilir.

5.1.8. Özgül Yakıt Tüketimi ve Effektif Verim

Saatte birim güç başına harcanan yakıt miktarına; "özüyl yakıt tüketimi" denir ve efektif verim biliniyorsa,

$$b_e = \frac{3600}{H_u' \eta_e} \text{ [gry/KWh] ; } H_u' \text{ [MJ/Kg]} \quad (5.58)$$

bağıltısı kullanılarak hesaplanır. Motorun toplam verimi olan efektif verim ise;

$$\eta_e = \frac{P_{me} m_1 RT_0}{H_u' P_0 \eta_v} = \frac{P_{me} \alpha h_{min} RT_0}{H_u' P_0 \eta_v} \quad [\%] \quad (5.59)$$

$$m_1 = \alpha h_{min} \text{ [Kgh/Kgy]} \quad (5.60)$$

5.1.9. Effektiv Güç ve Döldürme Momenti

- n : devir sayısı [d/dak]
- V_h : strok hacmi [Lt]
- Z : silindir sayısı
- N_e : efektif güç [KW]
- M_d : döndürme moment i [Nm]
- ω : açısal hız [1/s]

olmak üzere ;

$$N_e = \frac{P_{me} V_h Z n}{k 60} \quad (5.61)$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (5.62)$$

$$M_d = 1000 \frac{N_e}{\omega} \quad (5.63)$$

5.1.10. Motorun Nominal Devirdeki Hız Karakteristikleri

$$N_{ex} = N_{en} \frac{n_x}{n_n} \left[0.25 + 2.5 \frac{n_x}{n_n} - 1.75 \left(\frac{n_x}{n_n} \right)^2 \right] \quad (5.64)$$

$$M_{dx} = \frac{N_{ex}}{\omega_x} = 3 \times 10^4 \frac{N_{ex}}{\pi n_x} \quad [Nm] \quad (5.65)$$

$$b_{ex} = b_{en} \left[0.7 \left[\frac{n_x^2}{n_n} \right] - \frac{n_x}{n_n} + 1.3 \right] \quad (5.66)$$

$$\eta_{ex} = \frac{3600}{H_u b_{ex}} \quad (5.67)$$

5.2. Benzin, Benzin + Etanol, Benzin + Etanol + İzopropanol İçin Motorun Termik Hesapları

5.2.1. Motorun Teknik Özellikleri

Nominal devir sayısı	: $n_n = 1500$ [d/dak]
Sıkıştırma oranı	: $\epsilon = 9.0$
Gaz durumu	: 1:1 gaz
Strok hacmi	: $V_h = 0.7634$ [Lt]
Strok uzunluğu	: $H = 120$ [mm]

5.2.2. Benzinin, Etilalkolün ve İzopropanolün Özellikleri

- ρ_1 : benzinin yoğunluğu [Kg/m^3]
- ρ_2 : etilalkolün (ETA) yoğunluğu
- ρ_3 : izopropanolün (IPA) yoğunluğu
- ρ_{k1} : (benzin + ETA) karışımının yoğunluğu
- ρ_{k2} : (benzin + ETA + IPA) karışımının yoğunluğu
- μ_1 : benzinin kilomol kütlesi [$Kg/KMol$]
- μ_2 : ETA'nın kilomol kütlesi
- μ_3 : IPA'nın kilomol kütlesi
- μ_{k1} : (Benzin + ETA) karışımının kilomol kütlesi
- μ_{k2} : (Benzin + ETA + IPA) karışımının kilomol kütlesi

olarak gösterilecek olursa;

$$\rho_1 = 0.7350 \quad [Kg/m^3]$$

$$\rho_2 = 0.7893$$

$$\rho_3 = 0.7855$$

alındı. Her bir yakıtın kilomol kütleleri ise, kapalı formüllerini kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

benzinin kapalı formülü : $C_{6.999} H_{14.762} S_{0.001853}$

(ETA) nın kapalı formülü : C_2H_5OH

(IPA) nın kapalı formülü : C_3H_7OH

$$\mu_1 = 6.999 \times 12.011 + 14.762 \times 1.008 + 1.853 \times 10^{-3} \times 32.064$$

$$\mu_1 = 99.0045 \text{ [Kg/KMol]}$$

$$\mu_2 = 46.069$$

$$\mu_3 = 60.096$$

5.2.3. Yanma Hesabı

(5.1) bağıntısı kullanılarak her bir yakıtın elemansel bileşimi aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$c'_1 = \frac{12.011 \times 6.999}{99.0045} \text{ [Kg]} = 0.8491 \text{ [kg]}$$

$$h'_1 = 0.1502972$$

$$s'_1 = 6.0012 \times 10^{-4}$$

$$c'_2 = \frac{12.011 \times 2}{46.069}$$

$$c'_2 = 0.521435$$

$$h'_2 = 0.131281$$

$$o'_2 = 0.347283$$

$$s'_2 = 0.00$$

$$c'_3 = \frac{12.011 \times 3}{60.096}$$

$$c'_3 = 0.599590$$

$$h'_3 = 0.134185$$

$$o'_3=0.266224$$

$$s'_3=0.00$$

Birinci karışımın bileşimi: %94 Benzin+%6 ETA

İkinci karışımın bileşimi : %93 Benzin+%6 ETA+%1 IPA

seçildiğine göre örnek karışımların yoğunlukları, elemansel bileşimleri ve kilomol kütleleri, (5.2), (5.7) ve (5.8) eşitlikleri kullanılarak hesaplanır;

$$\rho_{k1}=0.738258 \text{ [Kg/m}^3\text{]} \quad \rho_{k2}=0.738763$$

$$c'_{k1}=0.8280808 \text{ [Kg]} \quad c'_{k2}=0.825442$$

$$h'_{k1}=0.149077 \quad h'_{k2}=0.148907$$

$$o'_{k1}=0.0222776 \quad o'_{k2}=0.025093$$

$$s'_{k1}=0.5.6162 \times 10^{-4} \quad s'_{k2}=5.5527 \times 10^{-4}$$

$$\mu_{k1}=92.2079 \text{ [Kg/KMol]}$$

$$\mu_{k2}=91.625$$

olarak hesaplandıktan sonra (1Kg) yakıtı yakmak için gereken minimum hava miktarları, (5.3) ve (5.4) eşitliklerinden , benzin, ETA ve IPA için hesaplandıktan sonra (5.5) ve (5.6) eşitlikleri kullanılarak birinci ve ikinci karışım için (H_{min}) ve (h_{min}) miktarları hesaplanır. Böylece, (5.3) ve (5.4) eşitliklerinden;

$$H_{min1} = \frac{1}{0.208} \left[\frac{0.8491}{12} + \frac{0.150297}{4} + \frac{6.0012 \cdot 10^{-4}}{32} - \frac{0.0}{32} \right]$$

$$h_{min1} = \frac{1}{0.232} \left[\frac{8 \times 0.8491}{3} + 6.0012 \times 10^{-4} + 8 \times 0.1502972 - 0 \right]$$

$$H_{min1} = 0.52092 \text{ [KMh/KMy]} \quad h_{min1} = 14.945 \text{ [Kgh/Kgy]}$$

$$H_{min2} = 0.314522 \quad h_{min2} = 9.02353$$

$$H_{min3} = 0.36150 \quad h_{min3} = 10.3714$$

(5.5) ve (5.6) eşitliklerinden;

$$H_{mink1} = \frac{0.52092 \times 0.735 \times 0.94 + 0.314522 \times 0.7893 \times 0.06}{0.94 \times 0.735 + 0.06 \times 0.7893}$$

$$h_{mink1} = \frac{14.945 \times 0.735 \times 0.94 + 9.02353 \times 0.7893 \times 0.06}{0.735 \times 0.94 + 0.7893 \times 0.06}$$

$$H_{mink1} = 0.50768 \text{ [KWh/Kgy]} \quad h_{mink1} = 14.56515 \text{ [Kgh/Kgy]}$$

$$H_{mink2} = 0.506 \quad h_{mink2} = 14.51680$$

olarak bulunur.

5.2.3.1. Hava Fazlalık Katsayısı

$n=1500$ [d/dak] için Ek. 2 den ; ($\alpha_1=0.93$) olarak okunduktan sonra, yukarıda hesaplanan değerler (5.12) bağıntısında yerlerine yazılacak olursa, birinci ve ikinci karışım için hava fazlalık katsayıları (α_{k1} ve α_{k2}) aşağıdaki gibi bulunur;

$$\alpha_{k1} = 0.93 \frac{14.945}{0.50768} \sqrt{\frac{0.7350}{0.7893}}$$

$$\alpha_{k1} = 0.952$$

$$\alpha_{k2} = 0.954$$

5.2.3.2. Isı Kaybı ve Alt Isıl Değer

(5.13) eşitliğini kullanarak;

$$\Delta H_{u1} = 119.95(1-0.93)0.52092$$

$$\Delta H_{u1} = 4.374 \text{ [MJ/Kg]}$$

$$\Delta H_{uk1} = 2.923$$

$$\Delta H_{uk2} = 2.792$$

olarak hesaplanır. Yakıtın alt ısıl değeri ise (5.14) bağıntısını kullanarak;

$$H_{u1} = 33.91 \times 0.8491 + 125.6 \times 0.1502972 - 10.89(0 - 6.0012 \times 10^{-4}) - 2.51 \times 9 \times 0.1502972$$

$$H_{u1} = 44.28163 \text{ [MJ/Kg]}$$

$$H_{u1}' = 44.28163 - 4.374$$

$$H_{u1}' = 39.9077 \text{ [MJ/Kg]}$$

$$H_{uk1}' = 43.2002$$

$$H_{uk1}' = 40.2772$$

$$H_{uk2}' = 43.0624$$

$$H_{uk2}' = 40.27044$$

5.2.3.3. Taze Dolgu

(5.16) bağıntısından;

$$M_1 = 0.93 \times 0.52092 + 1/99.0045$$

$$M_1 = 0.494556 \text{ [KMolh/Kgy]}$$

$$M_{1k1} = 0.494156$$

$$M_{1k2} = 0.493643$$

olarak bulunur.

5.2.3.4. ($\alpha < 1$) Durumunda Yanma Ürünleri

(5.17), (5.18), (5.19), (5.20), (5.21), (5.22) ve (5.23) eşitlikleri kullanılarak, yanma ürünlerinin kilomol sayıları, toplam yanma ürünleri ve yanma ürünlerinin kilomol oranları aşağıdaki gibi olur;

$$\text{benzin için : } \frac{h_1'}{c_1} = \frac{0.1502972}{0.8491000} = 0.177$$

$$\text{benzin+ETA için : } \frac{h_{k1}'}{c_{k1}} = 0.18$$

$$\text{benzin+ETA+IPA için : } \frac{h_{k2}'}{c_{k2}} = 0.18$$

yukarıda hesaplana değerler (0.45-0.50) arasında yer aldığından her üç durum için de (K=0.48) seçilebilir. Bu surumda;

$$M_{CO1} = 0.416 \frac{1-0.93}{1+0.48}$$

$$M_{CO1} = 0.01025 \text{ [KMol]}$$

$$M_{CO21} = \frac{c}{12} - 0.01025$$

$$M_{CO21} = 0.06051$$

$$M_{H21} = 0.416 \times 0.48 \times \frac{1-0.93}{1+0.48} \times 0.52092$$

$$M_{H21} = 0.9197 \times 10^{-3}$$

$$M_{N21} = 0.792 \times 0.93 \times 0.52092$$

$$M_{N21} = 0.3837$$

$$M_{H2O1} = \frac{0.1502972}{2} - 4.9197 \times 10^{-3}$$

$$M_{H2O1} = 0.07023$$

$$M_{21} = 0.5296086 \text{ [KMol]}$$

$$M_{COk1} = 0.00685$$

$$M_{COk2} = 0.00654$$

$$M_{CO2k1} = 0.6215$$

$$M_{CO2k2} = 0.06224$$

$$M_{H2k1} = 0.003288$$

$$M_{H2k2} = 0.00314$$

$$M_{N2k1} = 0.38278$$

$$M_{N2k2} = 0.382317$$

$$M_{H2Ok1} = 0.07125$$

$$M_{H2Ok2} = 0.07131$$

$$M_{2k1} = 0.52632$$

$$M_{2k2} = 0.525547$$

(5.23) bağıntısını kullanarak gazların (Y_i) oranları aşağıdaki gibi bulunur.

$$Y_1 = Y_{CO21} = 0.6051 / 0.5296086$$

$$Y_1=0.1142542$$

$$Y_2=Y_{H_2O1}=0.1326$$

$$Y_3=Y_{CO1}=0.019354$$

$$Y_4=Y_{H_21}=0.0093$$

$$Y_6=Y_{N_21}=0.7245$$

$$Y_7=Y_{SO_21}=3.5 \times 10^{-3}$$

$$\Sigma Y_i=1.00$$

$$Y_{1k1}=0.118084$$

$$Y_{1k2}=0.11843$$

$$Y_{2k1}=0.135374$$

$$Y_{2k2}=0.1356872$$

$$Y_{3k1}=0.13015$$

$$Y_{3k2}=0.01244$$

$$Y_{4k1}=0.00625$$

$$Y_{4k2}=0.00597$$

$$Y_{6k1}=0.72728$$

$$Y_{6k2}=0.727465$$

$$\Sigma Y_i=1.00$$

$$\Sigma Y_i=1.00$$

5.2.3.5. Yanma ürünlerinin Ortalama Özgül Isıları

5.24 ve 5.25 eşitliklerini ve Ek. 1 i kullanarak;

$$A_{CO}=22.100$$

$$B_{CO}=0.00143$$

$$A_{CO_2}=38.209$$

$$B_{CO_2}=0.003349$$

$$A_{H_2}=19.198$$

$$B_{H_2}=0.001758$$

$$A_{N_2}=21.553$$

$$B_{N_2}=0.001457$$

$$A_{H_2O}=25.458$$

$$B_{H_2O}=0.004438$$

$$A_{g1}=0.019354 \times 22.1 + 0.1142542 \times 38.209 + 0.0093 \times 19.198 +$$

$$0.7245 \times 21.553 + 0.01326 \times 25.458$$

$$A_{g1}=23.9627$$

$$B_{g1}=0.019354 \times 0.00143 + 0.1142542 \times 0.003349 + 0.0093 \times$$

$$0.001758 + 0.7245 \times 0.001457 + 0.01326 \times 0.004438$$

$$A_{g1}=23.9627$$

$$B_{g1}=0.0020707$$

$$A_{gk1}=24.041 \quad A_{gk2}=24.048$$

$$B_{gk1}=0.0020855 \quad B_{gk2}=0.002087$$

olarak hesaplandı.

5.2.4. Emme İşlemi

5.2.4.1. Artık Gazların Basıncı ve Sıcaklığı

$$(5.26) \text{ eşitliğinden ; } P_{r1}=P_{rk1}=P_{rk2}=0.11661 \text{ [MPa]}$$

$$\Delta T_1=T_{k1}=T_{k2}=10 \text{ [}^\circ\text{K]} \text{ seçildi.}$$

$$T_{r1}=970 \text{ [}^\circ\text{K]}, T_{rk1}=1026 \text{ [}^\circ\text{K]}, T_{rk2}=1027 \text{ [}^\circ\text{K]} \text{ seçildi.}$$

Her üç durum için : $(\beta^2 + f) = 3.3$, $V_m = 100 \text{ [m/s]}$
seçildikten sonra, (4.29) eşitliğinden;

$$P_{a1}=P_{ak1}=P_{ak2}=0=1.2058 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

(4.28) eşitliğinden;

$$\Delta P_{a1}=3.3 \times \left[\frac{100 \times 1500}{1500} \right]^2 \times \frac{1.2058}{2} \times 10^{-6}$$

$$\Delta P_{a1}=\Delta P_{ak1}=\Delta P_{ak2}=0.019896 \text{ [MPa]}$$

(5.27) eşitliğinden;

$$P_{a1}=0.11661-0.019896, \quad P_{a1}=P_{ak1}=P_{ak2}=0.081504 \text{ [MPa]}$$

5.2.4.2. Artık Gazlar Katsayısı

Ek. 2 den $\phi_{ed1}=0.97$, $\phi_{edk1}=0.985$, $\phi_{edk2}=0.986$ seçilerek,
(5.30) eşitliğinden;

$$\gamma_{r1} = \frac{293+10}{970} \times \frac{1 \times 0.11661}{9 \times 0.97 \times 0.081504 - 1 \times 0.11661}$$

$$\gamma_{r1}=0.06123$$

$$\gamma_{rk1}=0.05683$$

$$\gamma_{rk2}=0.05671$$

5.2.4.3. Emme Sıcaklığı

(5.31) eşitliğini kullanarak;

$$T_{a1}=\frac{293+10+0.06123 \times 970}{1+0.06123}$$

$$T_{a1}=341 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$T_{ak1}=341.88$$

$$T_{ak2}=341.85$$

5.2.4.4. Volumetrik Verim

(4.32) bağıntısı kullanılarak, volumetrik verim;

$$\eta_{v1}=0.97 \frac{9}{9 - 10.101400} \frac{0.081504}{293+10+0.06123 \times 970} \frac{293}{293+10+0.06123 \times 970}$$

$$\eta_{v1}=0.7092$$

$$\eta_{vk1}=0.7223$$

$$\eta_{vk2}=0.72317$$

olarak hesaplanır.

5.2.5. Sıkıştırma işlemi

Yukarıda hesaplanan değerler ve Ek. 1 den alınan (A,B) değerleri, (5.34) eşitliğinde yerlerine yazılarak, benzin için, Newton-Raphson yöntemiyle;

$$f(x)_1=20.78+0.09995 \times 9^x - \frac{8.314}{x-1}=0$$

$$f(x)_1=0.21961 \times 9^x + \frac{8.314}{(x-1)^2}$$

$$(x_1)_1=1.36 \text{ seçildi}$$

$$f(x_1)_1 = -0.330$$

$$f(x_1)_1 = 68.51$$

$$x_2 = 1.36 - \left[\frac{-0.330}{68.51} \right]$$

$$x_2 = 1.364 ,$$

$$|x_2 - x_3| = 8.7 \times 10^{-4} \leq 0.001 \text{ olduğundan,}$$

$x_2 = (k_1)_1 = (n_1)_1 = 1.364$ olarak alınır. Karışımlar için de aynı hesap yapılarak;

$$(n_1)_{k1} = (n_1)_{k2} = 1.364$$

olarak hesaplanmış olur. Bundan sonra (5.33) bağıntıları kullanılarak sıkıştırma sonu özellikleri aşağıdaki gibi bulunur;

$$P_{c1} = 0.081504 \times 9^{1.364} , \quad T_{c1} = 341 \times 9^{(1.364-1)}$$

$$P_{c1} = 1.6321712 \text{ [MPa]}, \quad T_{c1} = 758.75 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$P_{ck1} = 1.632171 \quad T_{ck1} = 760.7$$

$$P_{ck2} = 1.6311712 \quad T_{ck2} = 760.64$$

5.2.6. Yanma İşlemi

Ek 2. den,

$$\int z_1 = 0.83 , \quad \int z_{k1} = 0.85 , \quad \int z_{k2} = 0.855$$

olarak okunduktan sonra (5.35), (5.36), (5.37), (5.38), (5.39) bağıntılarını kullanarak ;

$$\mu_{01} = \frac{0.5296086}{0.4945560}$$

$$\mu_{01} = \frac{1.070877}{1.070877 + 0.06123} , \quad \mu_1 = 1.0667$$

$$\mu_{0k1}=1.0650888 \quad , \quad \mu_{0k2}=1.0646$$

$$\mu_{k1}=1.0615884 \quad , \quad \mu_{k2}=1.061167$$

$$\frac{0.83 \times 39907.7}{0.494556(1+0.06123)} \times [19.88 + 0.002638 \times 758.75] \times 758.75 =$$
$$= 1.0667 \times [23.9627 + 0.0020707 \times T_{z1}] \times T_{z1}$$

$$2.209 \times 10^{-3} \times T_z^2 + 25.563 \times T_z - 79714.34 = 0$$

$$T_{z1} = 2554.3 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$T_{zk1} = 2624 \text{ [}^\circ\text{K]} \quad , \quad T_{zk2} = 2636 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$\lambda_{11} = 1.0667 \frac{2554.3}{758.75} \quad , \quad \lambda_{12} = 3.59$$

$$\lambda_{k1} = 3.66174 \quad , \quad \lambda_{k2} = 3.6773$$

$$P_{z1} = 3.59 \times 1.6321712 \quad , \quad P_{z1} = 5.859763 \text{ [MPa]}$$

$$P_{zk1} = 5.976585 \quad , \quad P_{zk2} = 6.001965$$

her üç durum için; $\beta = 1.0$, $\delta = 9.0$ dır.

5.2.7. Su Gazı Dengesine Göre Yanma Ürünlerinin Belirlenmesi

Minimum oksijen miktarları, (5.40) eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi bulunur;

$$O_{\min 1} = 6.999 + 0.25 \times 14.762 + 1.853 \times 10^{-3} - 0.00$$

$$O_{\min 1} = 10.691353 \text{ [KMO}_2\text{/KMy]}$$

$$O_{\min k1} = 9.703828 \quad , \quad O_{\min k2} = 9.610362$$

($T_{z1} = 2554.3$, $T_{zk1} = 2624$, $T_{zk2} = 2636$) $^\circ\text{K}$ için ($\ln K_{WG}$) değerleri, ilgili tablodan lineer interpolasyonla elde edildikten sonra her bir durum için (5.42, 5.43, ..., 5.47) eşitlikleri kullanılıp, aşağıdaki işlemler yapılarak, yanma ürünlerinin kilomol sayıları hesaplandı.

$$\ln K_{(WG)1} = 1.826892 \quad , \quad \ln K_{(WG)k1} = 1.85552, \quad \ln K_{(WG)k2} = 1.85979$$

$$K_{(WG)1} = 6.214542, \quad K_{(WG)k1} = 6.395023, \quad K_{(WG)k2} = 6.4223237$$

$$A_1 = 1 - 6.21452, \quad A_1 = -5.21452$$

$$B_1 = 2 \times 6.999 + 6.214542 \times [0.5 \times 14.762 + 2 \times 0.93 \times 10.691353 - 6.999] - 2 \times 0.93 \times 10.691353$$
$$B_1 = 120.068$$

$$C_1 = 6.2129 \times [6.999 - 2 \times 0.93 \times 10.691353] \times 0.5 \times 14.762$$

$$C_1 = -590.96$$

$$n_{21} = \frac{-120.068 \pm \sqrt{120.068^2 - 4 \times 5.214542 \times 590.96}}{2 \times (-5.214542)}$$

$$n_{21} = 7.1293 \text{ [KMol]}$$

$$A_{k1} = -5.395023, \quad B_{k1} = 115.343, \quad C_{k1} = -528.44$$

$$A_{k2} = -5.4223237, \quad B_{k2} = 115.044, \quad C_{k2} = -523.297$$

$$n_{2k1} = 6.649767, \quad n_{2k2} = 6.60462$$

$$n_{11} = 2 \times 0.93 \times 10.691353 - 6.999 - 7.1293, \quad n_{11} = 5.75763$$

$$n_{21} = 7.1293$$

$$n_{31} = 6.999 - 5.75763, \quad n_{31} = 1.24137$$

$$n_{41} = 0.5 \times 14.762 - 7.1293, \quad n_{41} = 0.2517$$

$$n_{61} = 3.762 \times 0.93 \times 10.691353, \quad n_{61} = 37.4054$$

$$n_{71} = 1.853 \times 10^{-3}$$

$$\Sigma n_{i1} = 51.7873$$

$$n_{1k1} = 5.469161, \quad n_{1k2} = 5.43515$$

$$n_{2k1} = 6.649767, \quad n_{2k2} = 6.60462$$

$$n_{3k1} = 0.8880, \quad n_{3k2} = 0.86165$$

$$n_{4k1} = 0.168733, \quad n_{4k2} = 0.16303$$

$$n_{6k1} = 34.75322, \quad n_{6k2} = 34.4911$$

$$n_{7k1} = 1.6151 \times 10^{-3}, \quad n_{7k2} = 1.5867 \times 10^{-3}$$

$$\Sigma n_{ik1} = 47.9308, \quad \Sigma n_{ik2} = 47.55713 \text{ [KMol]}$$

$$M_{21} = \frac{51.7873}{99.0045}; \quad M_{21} = 0.52308 \text{ [KMol/Kg]}$$

$$M_{2k1}=0.5198123$$

$$M_{2k2}=0.5190410$$

$$Y_{11}=\frac{5.75763}{51.7873} ,$$

$$Y_{11}=0.1111785$$

$$Y_{1k1}=0.114105$$

$$Y_{1k2}=0.1143$$

$$Y_{21}=0.137665$$

$$Y_{2k1}=0.138737$$

$$Y_{2k2}=0.13888$$

$$Y_{31}=0.02397$$

$$Y_{3k1}=0.01852671$$

$$Y_{3k2}=0.0181188$$

$$Y_{41}=0.00486$$

$$Y_{4k1}=0.003520$$

$$Y_{4k2}=0.003428$$

$$Y_{61}=0.7223$$

$$Y_{6k1}=0.725077$$

$$Y_{6k2}=0.725256$$

$$\frac{Y_{71}=3.6 \times 10^{-5}}{\Sigma n_{i1}=1.00}$$

$$\frac{Y_{7k1}=3.37 \times 10^{-5}}{\Sigma n_{ik1}=1.00}$$

$$\frac{Y_{7k2}=3.34 \times 10^{-5}}{\Sigma n_{ik2}=1.00}$$

(4.24) ve (4.25) bağıntıları kullanılarak (A_g) ve (B_g) yeniden belirlenir;

$$A_{g1}=23.943 , A_{gk1}=23.9964 , A_{gk2}=24.00$$

$$B_{g1}=0.0020786, B_{gk1}=0.002087, B_{gk2}=0.002088$$

5.2.8. (T_z) nin Yeniden Belirlenmesi

Daha önce seçilen değerlerde hiç bir değişiklik yapmaksızın, su gazı dengesine göre belirlenen yanma sonucu özellikleri kullanılarak yeniden her bir durum için yanma denklemleri oluşturulup, benzin ve yakıt karışımları için bu son duruma göre birer (T_z) sıcaklıkları belirlendi. Böylece ;

$$\nu_{11}=1.05434, \quad \nu_{1k1}=1.04913, \quad \nu_{1k2}=1.0487$$

$$T_{z1}=2580 \text{ [}^\circ\text{K]}, \quad T_{zk1}=2653 , \quad T_{zk2}=2663.68$$

$$\lambda_1=3.5851 , \quad \lambda_{k1}=3.659 , \quad \lambda_{k2}=3.672$$

$$P_{z1}=5.8515 \text{ [MPa]}, \quad P_{zk1}=5.9722 , \quad P_{zk2}=5.99404$$

5.2.9. Genişleme İşlemi

Bölüm 5.2.7 de hesaplanan değerler, (5.51) eşitliğinde yerlerine yazılarak aşağıdaki gibi bir denklem, her bir durum için elde edildi ve bu denklemin (Newton - Raphson) yöntemi ile çözümü sonunda, benzin ve seçilmiş olan örnek karışımlar için genişleme politrop üsleri ayrı ayrı belirlendi.

$$f(x)_1 = 23.943 + 0.0020785x[1 + 9^{1-x}] - \frac{8.314}{(x-1)} = 0$$

$$f(x)_1 = 29.30553 + 48.26277x9^{-x} - \frac{8.314}{(x-1)^2} = 0$$

$$f(x)_1 = -106.044x9^{-x} + \frac{8.314}{(x-1)^2}$$

denklem takımınının ($x_1 = 1.256$) seçilerek, Newton-Raphson yöntemiyle çözümü sonunda ;

$$n_{21} = 1.256$$

olarak belirlendi. Aynı şekilde karışımlar için de aşağıdaki gibi genişleme politrop üsleri belirlendi ve her durum için sıkıştırma sonu özellikleri, (5.50) eşitliği kullanılarak hesaplandı.

$$n_{21} = 1.256 , n_{2k1} = 1.254 , n_{2k2} = 1.253$$

$$P_{b1} = 5.8515025x9^{-1.256}$$

$$T_{b1} = 2580x9^{1-1.256}$$

$$P_{b1} = 0.3704578 \text{ [MPa]} , T_{b1} = 1470 \text{ [°K]}$$

$$P_{bk1} = 0.3797648 , T_{bk1} = 1518.3$$

$$P_{bk2} = 0.3819917 , T_{bk2} = 1527.77$$

5.2.10. Eksoz İşlemi

Daha önce hesaplanan (T_b), (P_b) ve (P_r) değerleri (5.52) ve (5.53) eşitliklerinde kullanılarak ;

$$T_{r1} = \frac{1470}{\sqrt{0.3704578/0.11661}} ; \quad T_{r1} = 999 \text{ [}^\circ\text{K]}$$

$$\left| \frac{970-999}{970} \right| = 0.029 < 0.030$$

$$T_{rk1} = 1024.30 , \text{ hata oranı} = 0.0016 < 0.030$$

$$T_{rk2} = 1028.70 , \text{ hata oranı} = 0.0016 < 0.030$$

5.2.11. Ortalama Effektif Basınç

(5.55), (5.56) ve (5.57) eşitliklerini kullanarak;

$$(P_{mit})_1 = \frac{5.8515025}{9-1} \left[\frac{3.5851}{1.256-1} \left(1 - \frac{1}{9^{1-1.256}} \right) - \frac{1}{1-1.364} \right] \times \left(1 - \frac{1}{9^{1.364-1}} \right)$$

$$(P_{mit})_1 = 0.920592 \text{ [MPa]}$$

$$(P_{mm})_1 = 0.049 + 0.0152 \times \frac{0.120 \times 1500}{30}$$

$$(P_{mm})_1 = (P_{mm})_{k1} = (P_{mm})_{k2} = 0.1402 \text{ [MPa]}$$

$$P_{me1} = 0.920592 - 0.1402 , \quad P_{me1} = 0.734362 \text{ [MPa]}$$

$$P_{mek1} = 0.7608105 , \quad P_{mek2} = 0.766391$$

5.2.12. Özgül Yakıt Tüketimi ve Effektif Verim

(5.57), (5.58), (5.59) ve (5.60) bağıntılarını kullanarak;

$$m_{11} = 0.93 \times 14.945 ; \quad m_{11} = 13.899 \text{ [Kgh/Kgy]}$$

$$m_{1k1} = 13.866 ; \quad m_{1k2} = 13.849$$

$$\eta_{e1} = \frac{0.734362 \times 0.93 \times 14.945 \times 0.287 \times 293}{39907.7 \times 0.1014 \times 0.7092}$$

$$\eta_{e1} = \%29.9 , \quad \eta_{ek1} = \%30.0 , \quad \eta_{ek2} = \%30.2$$

$$b_{e1} = \frac{3600}{39.9077 \times 0.299} ; \quad b_{e1} = 301.7 \text{ [gy/KWh]}$$

$$b_{ek1} = 297.22 , \quad b_{ek2} = 295.77$$

5.2.13. Effektiv Güç ve Döndürme Momenti

(5.61) ve (5.62) bağıntılarını kullanarak;

$$N_{e1} = \frac{0.734362 \times 0.7634 \times 1 \times 1500}{2 \times 60} ; \quad N_{e1} = 7.00765 \text{ [KW]}$$

$$M_{d1} = \frac{7.00765 \times 30}{1500} ; \quad M_{d1} = 44.612 \text{ [Nm]}$$

$$M_{dk1} = 46.22 , \quad M_{dk2} = 46.56$$

5.2.14. Motorun Nominal Devirdeki Hız Karakteristikleri

(5.64), ..., (5.67) eşitlikleri kullanılarak motorun nominal devirdeki ($n_n = 1500$ d/dak) hız karakteristikleri hesaplandı. Hesap sonuçları, Tablo 5.1, Tablo 5.2 ve Tablo 5.3 de, Benzin, Benzin + ETA ve Benzin + ETA + IPA için toplu olarak verilmiştir.

Tablo 5.1. Benzin için hesaplanan hız karakteristiklerinin değerleri.

n_x [d/dak]	N_{ex} [KW]	M_{dx} [Nm]	b_{ex} [g/KWh]	η_{ex} [%]
600	2.720	28.86	305	29.5
900	4.709	49.968	287	31.4
1200	6.335	50.414	286	31.5
1500	7.008	44.612	301.7	29.9
1800	6.139	32.568	334.3	27.0

Tablo 5.2. Benzin + %6 ETA karışımı için hesaplanan hız karakteristiklerinin değerleri.

n_x [d/dak]	N_{ex} [KW]	M_{dx} [Nm]	b_{ex} [g/KWh]	η_{ex} [%]
600	2.817	44.832	300.8	29.7
900	4.880	51.765	282.95	31.6
1200	6.563	52.227	281.76	31.7
1500	7.260	46.220	297.22	30.0
1800	6.360	33.740	329.32	27.1

Tablo 5.3. Benzin + %6 ETA + %1 IPA karışımı için hesaplanan hız karakteristiklerinin değerleri.

n_x [d/dak]	N_{ex} [KW]	M_{dx} [Nm]	b_{ex} [g/KWh]	η_{ex} [%]
600	2.837	45.159	299.32	29.90
900	4.914	52.143	281.57	31.75
1200	6.611	52.608	280.39	31.88
1500	7.319	46.560	295.77	30.20
1800	6.406	33.986	317.71	27.28

Tablo 5.4. Yanma ürünlerinin kilomol oranlarındaki değişim

Sıkıştırma Oranı : $\epsilon=9.0$
Devir Sayısı [d/dak] : $n=1500$
Gaz Durumu : G.K.K.=1:1
Ortam Koşulları : Standart ortam şartları

Yakıt\Y.ürünü oranı	Y_{CO2}	Y_{H2O}	Y_{CO}	Y_{H2}	Y_{N2}	Y_{SO2}
Benzin	0.111	0.138	0.024	0.005	0.722	4×10^{-5}
Benzin+%6ETA	0.114	0.139	0.019	0.004	0.725	3×10^{-5}
Benzin+%6ETA+%1IPA	0.114	0.139	0.018	0.003	0.725	3×10^{-5}

5.2.15. Teorik Sonuçlarla Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması

$\epsilon=9$ sıkıştırma oranında, $n=1500$ [d/dak] devir sayısında, benzin, benzin+etilalkol ve benzin+etilalkol+izopropanol karışımları için termik hesaplar sonunda hesaplanan motor ka-

Tablo 5.5. Teorik sonuçlarla deneysel sonuçların karşılaştırılması

Sıkıştırma Oranı : $\epsilon=9.0$
Devir Sayısı [d/dak] : $n=1500$
Gaz Durumu : 1:1 Gaz
Ortam Koşulları : Standart ortam şartları

Yakıt	M_d [Nm]	N_{e1} [KW]	b_{e1} [kg/KWh]	η_{e1} [%]	CO [%]
Benzin (teorik)	44.61	7.01	302	29.9	2.4
Benzin (deneysel)	50.25	8.05	331	24.6	3.3
Benzin+%6ETA (teorik)	46.22	7.26	297	30.0	1.9
Benzin+%6ETA (deneysel)	51.45	8.14	333	25.0	2.8
Benzin+%6ETA+%1IPA(teo.)	46.56	7.31	296	30.2	1.8
Benzin+%6ETA+%1IPA(den.)	51.30	8.05	326	25.6	1.8

rakteristikleriyle, Bölüm 6 da verilen aynı durumlardaki deneysel hesaplar sonunda hesaplanan motor karakteristikleri, tablo 5.5 de verilmektedir. Teorik hesaplar en ideal durum dikkate alınarak yapıldığı için deneysel sonuçlara çok yakın değildir. Ancak karışım kullanma durumunda teorik olarak gözlenen farklar, deneysel olarak elde edilen farklara büyük bir yakınlık göstermektedir (Tablo 5.6). Tablo 6.7 de verilen değişim oranları 6.14 bağıntısını kullanarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.6 da, teorik ve deneysel olarak; güçte (N_e), momentte (M_d) ve efektif verimde (η_e) artma, özgül yakıt tüketiminde (b_e) ve eksoz gazları içindeki karbonmonoksit oranında (%CO) azalma olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle CO

oranında ortalama %20 dolayında bir azalmanın meydana gelmesi dikkati çekmektedir.

Tablo 5.6. Teorik ve deneysel fark oranları

Karışım\Fark Oranı [%]	M_d	N_{e1}	b_{e1}	CO	η_{e1}
Benzin+%6ETA(teorik)	3.6	3.6	-1.7	-21	0.3
Benzin+%6ETA(deneysel)	2.4	1.1	-10.3	-15.2	1.6
Benzin+%6ETA+%1IPA(teor.)	4.4	4.3	-2.0	-25	1.0
Benzin+%6ETA+%1IPA(deney.)	2.1	0.0	-7.9	-45.5	4.06

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1. Deney Düzeneği ve Yapılan Deneyler

Deneylerde; tek silindirli, benzin veya diesel motoru olarak çalışabilen, değişken sıkıştırma oranlı, Tecquipment firmasının üretimi olan deney düzeneği kullanıldı. Sıkıştırma oranı benzin motoru için 7.5-11.5 aralığında ayarlanabilmektedir ve silindir hacmi 0.7634 lt. dir. Deney düzeneği genel olarak; motor, elektrik dinamometresi ve ölçme ünitesinden oluşmaktadır. Motorun yüklenmesi generatörle ve devreye sokulup çıkarılabilen dirençlerle yapılmaktadır, (Şekil 6.1), [1].

Deneyler farklı sıkıştırma oranlarında, benzin ve değişik benzin + alkol karışımları için, değişik gazlarda, devir sayısı değiştirilerek yapıldı. Sıkıştırma oranları;

$$\epsilon = 8.0; 8.5; 9.0; 9.5; 10$$

olarak, gaz kolu konumları;

$$G.K.K. = 1:1; 3:4; 0.625; 1:2$$

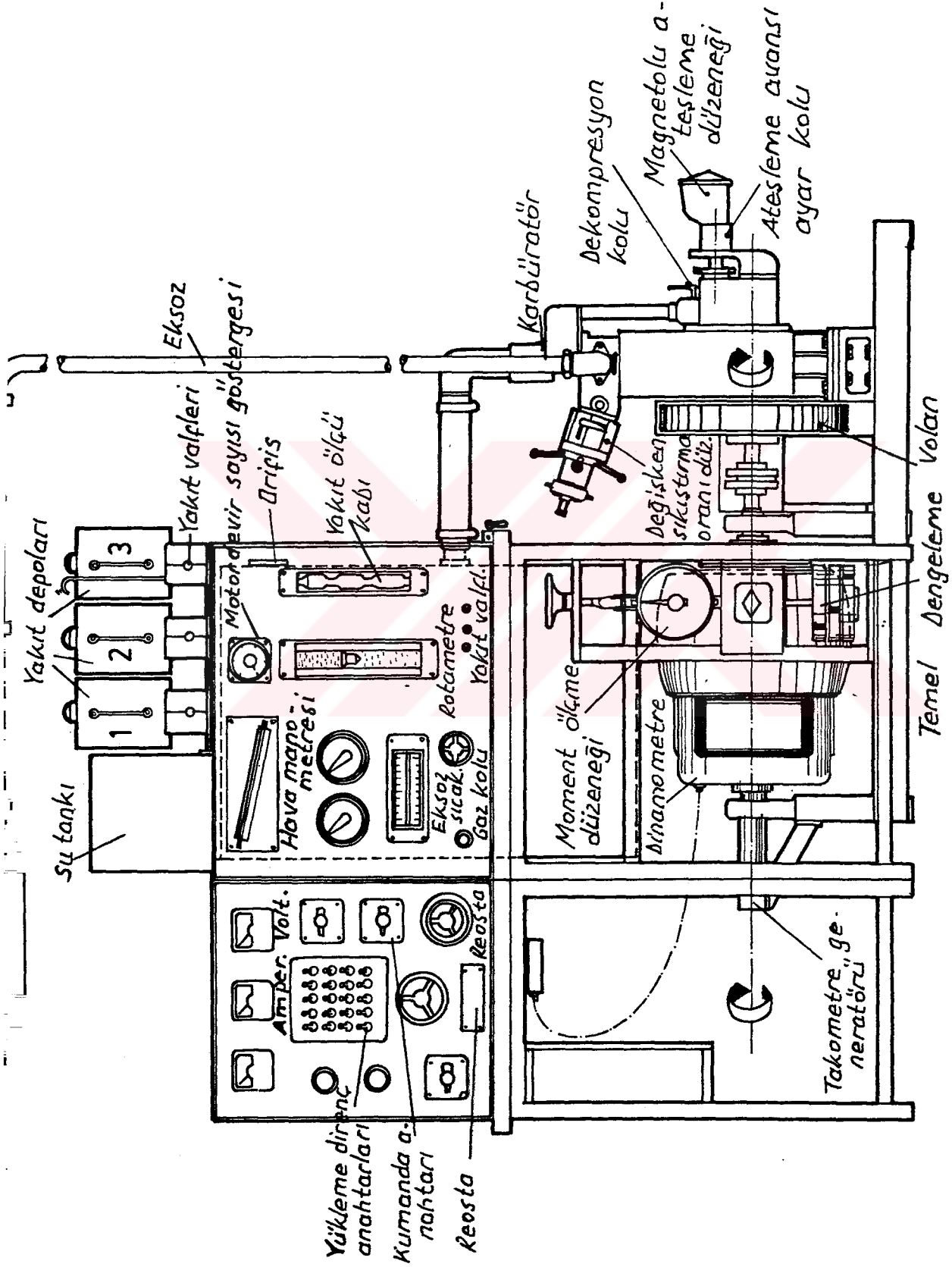
şeklinde seçilmiş ve devir sayıları;

$$n = 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500 \text{ [d/dak]}$$

olarak alınmıştır. Önce benzinle olmak üzere daha sonra

$$\text{Benzin} + \%(2, 4, 6, 8)\text{Etil alkol} + \%(0.0, 0.5, 1.0)\text{IPA}$$

karışımları ile deneyler yapılmıştır.



Şekil 6.1. Deneý düzeneđi.

6.2. Motorlarda Kullanılan Deneysel Hesap Yöntemi

6.2.1. Deneylerde Ölçülen Büyüklükler

- 1- Ortam basıncı ve sıcaklığı : P_0 [mmHg], T_0 [°C]
- 2- Yaylı terazinin geri döndürücü kuvveti : S [N]
- 3- Yaylı teraziye asılan karşı ağırlık : W [N]
- 4- Belirli hacimdeki yakıtın harcanma süresi : Δt [s]
- 5- Eğik manometredeki sıvı yüksekliğindeki değişim :
 Δh [mm]
- 6- Eksoz gazlarının sıcaklığı : T_e [°C]
- 7- Motorun devir sayısı : n [d/dak]
- 8- Eksoz gazları içindeki karbonmonoksit oranları :
 CO [%]

6.2.2. Hesap Yöntemi

6.2.2.1. Döndürme Momenti ve Effektif Güç

"1" deney düzeneğindeki moment kolunun uzunluğu olmak üzere, deneyde ölçülen (n , S , W) değerlerini de kullanarak;

$$P = W - S \quad (6.1)$$

$$M_d = P \times l \text{ [Nm]} \quad (6.2)$$

$$N_e = M_d \times \omega$$

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} \text{ [s}^{-1}\text{]} \quad (6.3)$$

$$N_e = \frac{M_d \times \pi \times n}{30 \times 1000} \text{ [KW]} \quad (6.4)$$

olarak hesaplandıktan sonra, deney sonuçları standart ortam koşullarına düzeltilir. Standart ortam koşulları olarak;

$$P_0 = 0.1014 \text{ [MPa]}$$

$$t_0 = 20 \text{ [°C]}$$

alınırsa ve

P : deney anındaki ortam basıncı [MPa]

t : deney anındaki ortam sıcaklığı [°C]

olarak gösterilirse, standart ortam koşullarına düzeltilmiş güç;

$$N_{e1} = N_e \frac{0.1014}{P} \sqrt{\frac{273 + t}{293}} \quad [\text{KW}] \quad (6.5)$$

şeklinde hesaplanır.

6.2.2.2. Ortalama Effektif Basıncı

Effektif güç, devir sayısı ve motorun diğer özellikleri bilindiğine göre;

Strok hacmi : $V_h = 0.7634$ [lt.]

Silindir sayısı : $Z = 1$

alınarak

$$N_e = \frac{P_{me} V_h Z n}{k 60} \quad [\text{KW}] \quad (6.6)$$

$$P_{me1} = \frac{k 60 N_{e1}}{V_h Z n} \quad [\text{MPa}] \quad (6.7)$$

şeklinde hesaplanabilir.

6.2.2.3. Özgül Yakıt Tüketimi ve Effektif Verim

Toplam yakıt tüketimi : B [kg/h]

Özgül yakıt tüketimi : b_e [kg/KWh]

Altısıl değer : H_u [MJ/Kg]

Effektif verim : η_e [%]

Δt [s] de harcanan yakıtın hacmi : ΔV [cm³]

yakıtın yoğunluğu : ρ_y [gr/cm³]

ile gösterilecek olursa,

$$B = \frac{\Delta V \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{\Delta t} \rho_Y \quad (6.8)$$

$$b_{e1} = \frac{B}{N_{e1}} \quad (6.9)$$

$$\eta_{e1} = \frac{3600}{H_u \cdot b_e} \quad (6.10)$$

olarak hesaplanır. Karışım kullanılması durumunda (5.6) ve (5.7) bağıntılarını kullanarak karışım için h_{min} ve değerleri hesaplanabilir.

6.2.2.4. Hava Fazlalık Katsayısı

Ortam şartları kullanılarak havanın yoğunluğunu hesaplayıp, ölçülen ilgili büyüklükleri de kullanarak hava fazlalık katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\rho_{hava} = \rho_0 = \frac{P_0 \cdot 13.6 \cdot 9.81}{287 \cdot T_0} \quad [kg/m^3] \quad (6.11)$$

$$\dot{m}_h = 2.0873 \cdot d^2 \cdot \sqrt{\Delta h \cdot \rho_h} \quad [kg/s] \quad (6.12)$$

$$h = \frac{\dot{m}_h \cdot 3600}{B} \quad [kgh/kgy] \quad (6.13)$$

burada ; $d = 0.025$ [m]
 $h_{min} = 14.945$ [kgh/kgy]
 $\rho_Y = 0.735$ [g/cm³] dir (benzin için).

6.3. Deney Sonuçları

Benzin, benzin+etanol ve benzin+etanol+izopropanol şeklinde hazırlanan 12 çeşit karışım için yukarıda söylenen dört farklı sıkıştırma oranında, dört değişik gaz kolu konumunda, yedi değişik devir sayısı için toplam 1456 çeşit deney yapıldı. Deney sonuçları aşağıdaki bölümlerde açıklandığı gibi dört farklı açıdan değerlendirilip oluşturulan tablo değerleriyle ve diyagramlarla yorumlandı.

6.3.1. Motor Karakteristiklerinin Devir Sayısına Göre Değişimi Eğrileri

Bütün deneyler sonunda motorun karakteristik değerleri (M_d , N_e , P_{me} , b_e , η_e , α) hesaplanıp devir sayısına göre değişimlerinin tabloları hazırlanarak diyagramları çizildi. 208 adet tabloyu ve diyagramı bu metnin içinde sunmak olanağı bulunmadığı için; sadece benzin ve seçilen iki örnek karışım için oluşturulan tablolar, Tablo 6.1,.....,6.12, diyagramlar, Şekil 6.2,.....,6.25 de verilmiştir.

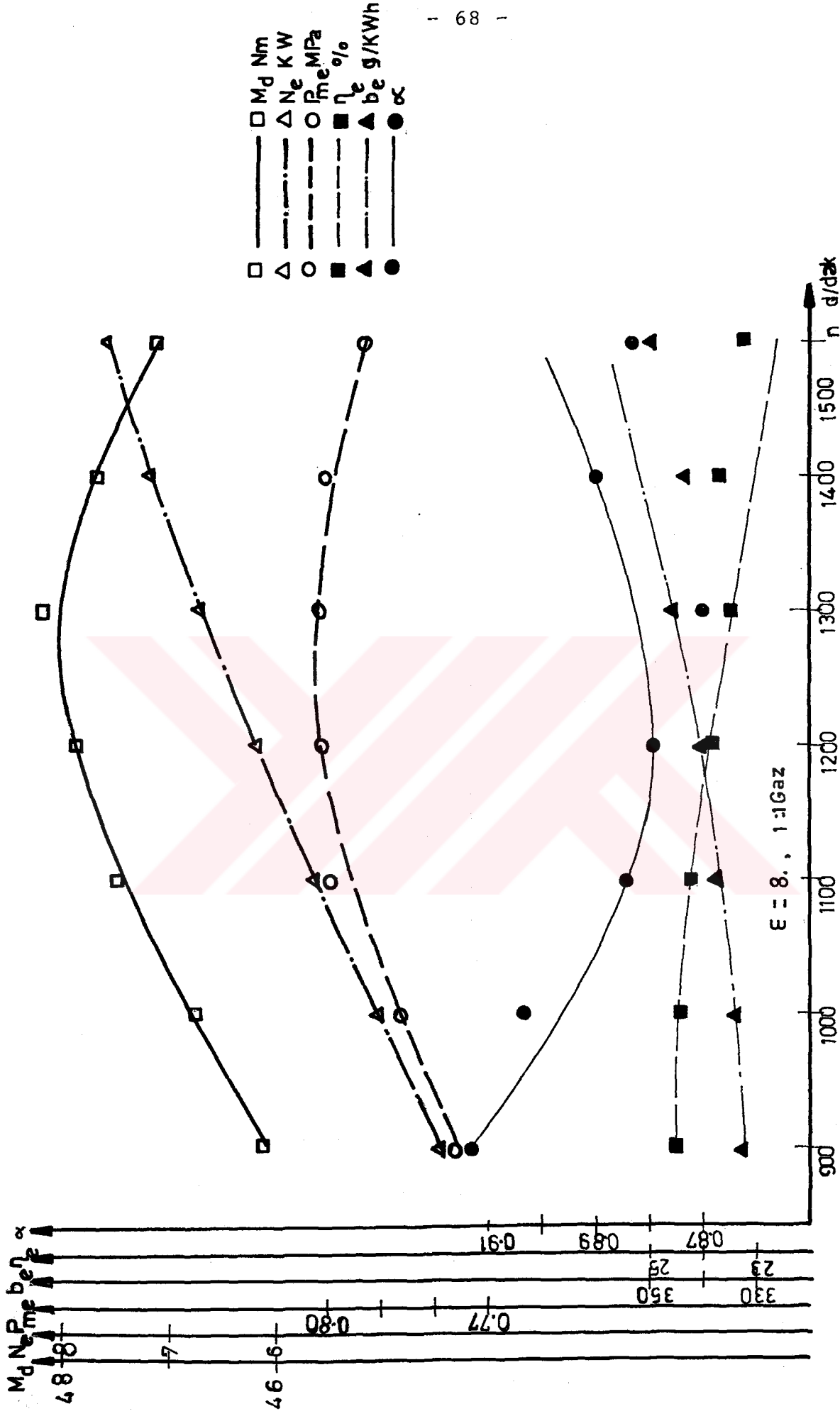
6.3.2. Karşılaştırma Eğrileri

Tam gaz durumunda, $n=1300, 1500$ [d/dak] devir sayılarında değişken sıkıştırma oranlarında ve $\epsilon=8, 9$ sıkıştırma oranlarında değişken devir sayılarında benzin+alkol karışımlarının kullanılması durumlarında, motor karakteristikleri eğrilerinin karşılaştırma diyagramları Şekil 6.26,....,6.41 da verilmiştir.

Tablo 6.1. Benzin için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : $P_0=751.0$
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : $T_0=299.5$
 Karışım Oranları, [%] : $X_1=100.0$, $X_2=0.0$, $X_3=0.0$
 Sıkıştırma Oranı : $\epsilon = 8.0$
 Gaz Kolu Konumu : $G.K.K=1.0$
 Ateşleme Avansı : $A.A.=10^\circ$

n [d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{e1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/kWh]	η_{e1} [%]	\dot{m}_h [kg/s]	α	T _{ek} [°C]	Δt [s]	CO [%]
900	46.13	4.444	0.776	1.477	332	24.5	0.0056	0.913	560	26.88	1.80
1000	46.73	5.002	0.786	1.668	333	24.4	0.0063	0.903	575	23.80	2.50
1100	47.48	5.590	0.799	1.881	337	24.2	0.0069	0.884	595	21.10	2.60
1200	47.85	6.146	0.805	2.089	340	23.9	0.0076	0.879	610	19.00	3.30
1300	48.15	6.700	0.810	2.314	345	23.5	0.0084	0.870	620	17.15	3.30
1400	47.63	7.137	0.801	2.450	343	23.7	0.0091	0.890	625	16.20	3.20
1500	47.10	7.563	0.793	2.646	350	23.2	0.0097	0.883	630	15.00	3.10

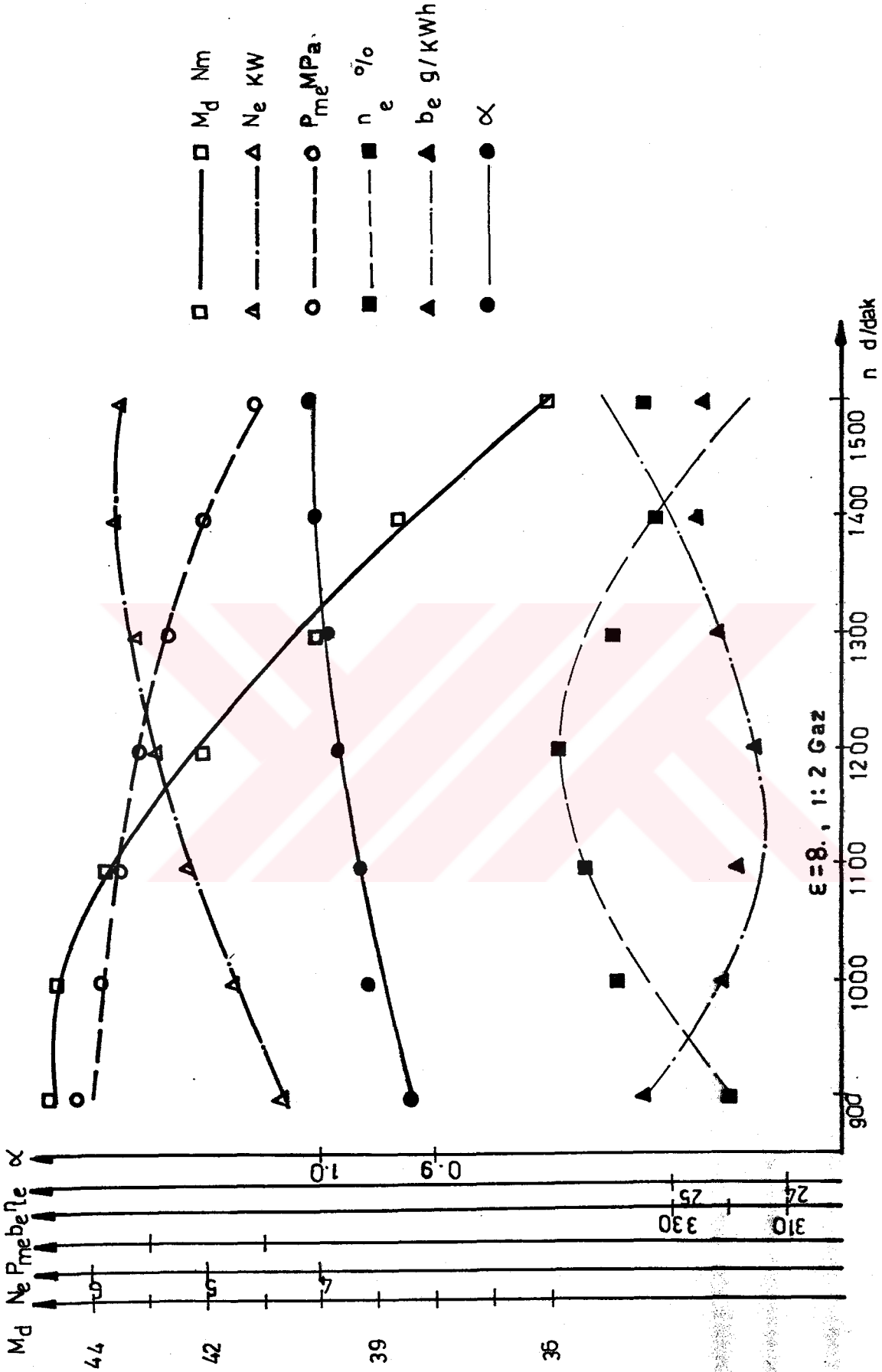


Şekil 6.2. Benzin+80 Alkol için motor karakteristikleri.

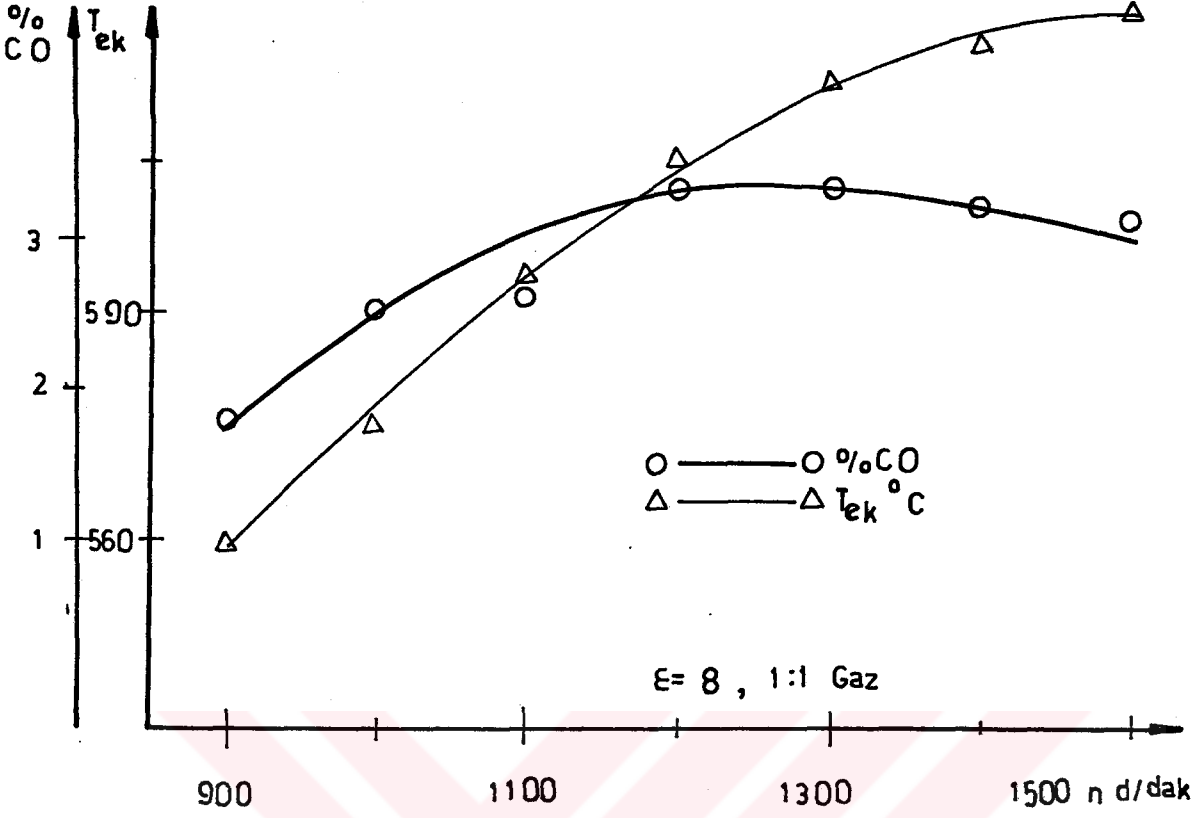
Tablo 6.2. Benzin için motor karakteristiklerinin devir sayısıyla değişimi

Ortam Basıncı, [mm Hg] : P₀=751.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=299.5
 Karışım Oranları, [%] : X₁=100.0, X₂=0.0, X₃=0.0
 Sıkıştırma Oranı : ϵ = 8.0
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=0.50
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

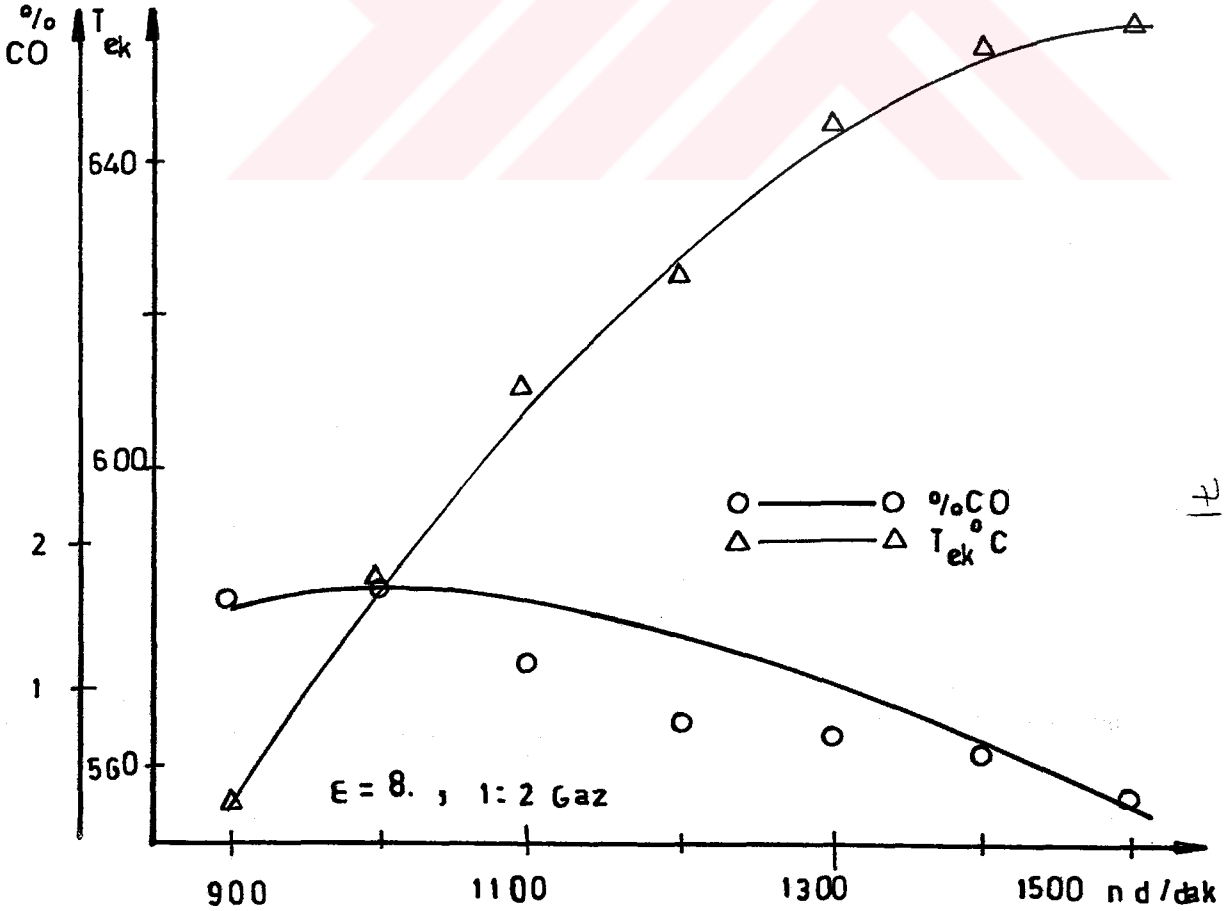
n d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{me1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/KWh]	η_{e1} [%]	\dot{m}_h [kg/s]	α	T _{ek} [C]	Δt [s]	CO [%]
900	44.64	4.301	0.751	1.435	334	24.4	0.0055	0.921	555	27.65	1.60
1000	44.49	4.762	0.749	1.522	320	25.4	0.0060	0.954	585	26.08	1.70
1100	43.65	5.140	0.734	1.628	317	25.7	0.0065	0.957	610	24.38	1.20
1200	42.08	5.405	0.708	1.696	314	25.9	0.0069	0.982	625	23.40	0.80
1300	40.35	5.615	0.679	1.797	320	25.4	0.0073	0.985	645	22.09	0.70
1400	38.55	5.777	0.649	1.872	324	25.1	0.0078	0.998	655	21.20	0.60
1500	36.00	5.780	0.606	1.866	323	25.2	0.0081	1.048	670	21.27	0.30



Şekil 6.3. Benzin+80 Alkol için motor karakteristikleri.



Şekil 6.4. Benzine+0 Alkol için CO ve Eksoz sıcaklığının değişimi.



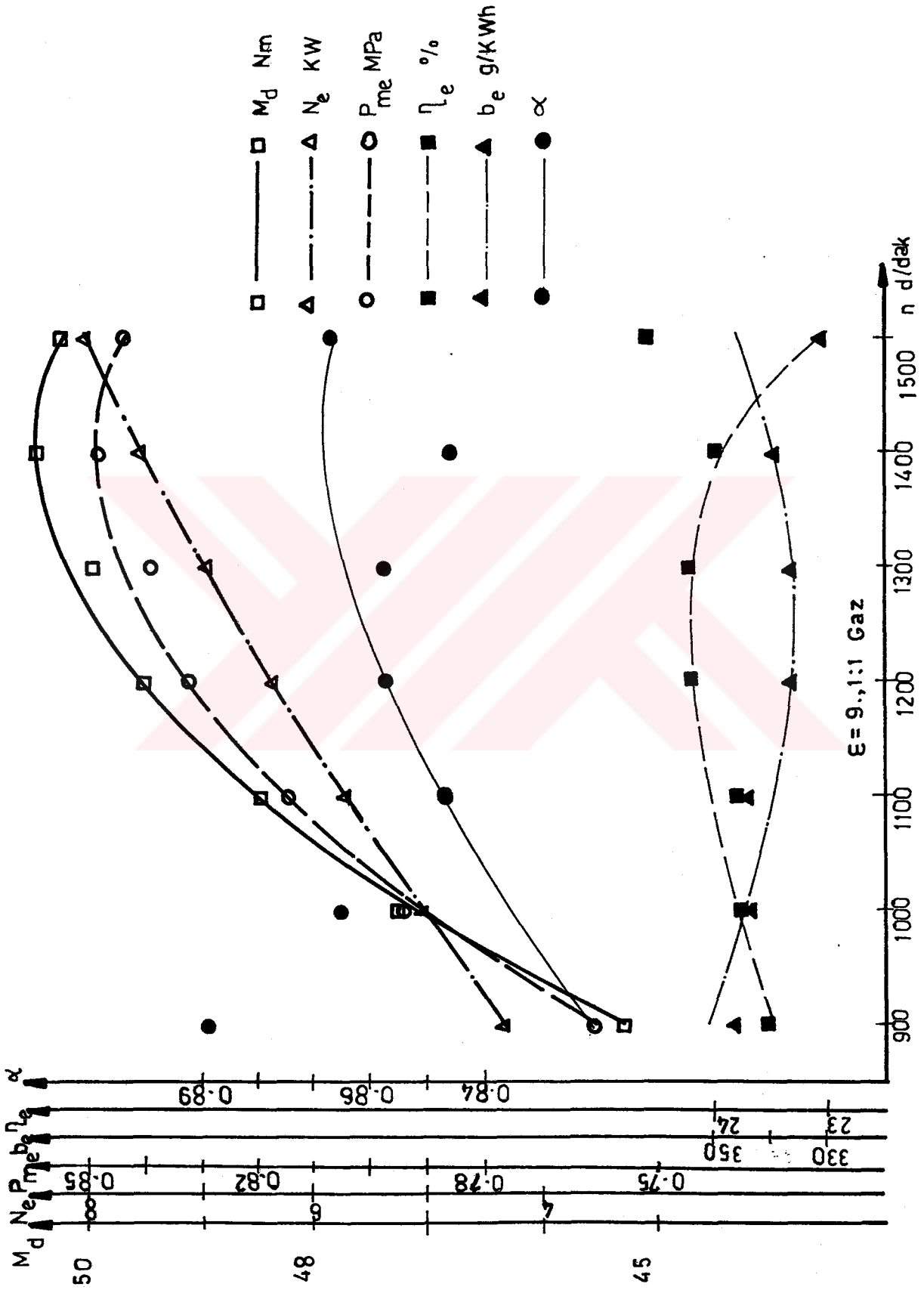
17

Şekil 6.5. Benzine+0 Alkol için CO ve Eksoz sıcaklığının değişimi.

Tablo 6.3. Benzin için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : P₀=751.5
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=299.0
 Karışım Oranları, [%] : X₁=100.0, X₂=0.0, X₃=0.0
 Sıkıştırma Oranı : ε= 9.0
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=1.0
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

n [d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{me1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/KWh]	η _{e1} [%]	m _h [kg/s]	α	T _{ek} [°C]	Δt [s]	CO [%]
900	45.30	4.358	0.761	1.509	346	23.5	0.0056	0.889	475	26.30	2.20
1000	47.25	5.050	0.794	1.733	343	23.7	0.0062	0.865	500	22.90	2.80
1100	48.45	5.696	0.814	1.957	344	23.7	0.0069	0.847	520	20.28	3.60
1200	49.50	6.349	0.832	2.134	336	24.2	0.0076	0.857	545	18.60	3.70
1300	49.95	6.940	0.839	2.335	336	24.2	0.0083	0.857	565	17.00	3.90
1400	50.48	7.553	0.848	2.561	339	24.0	0.0090	0.846	595	15.50	4.00
1500	50.25	8.056	0.844	2.667	331	24.6	0.0096	0.867	620	14.88	3.30

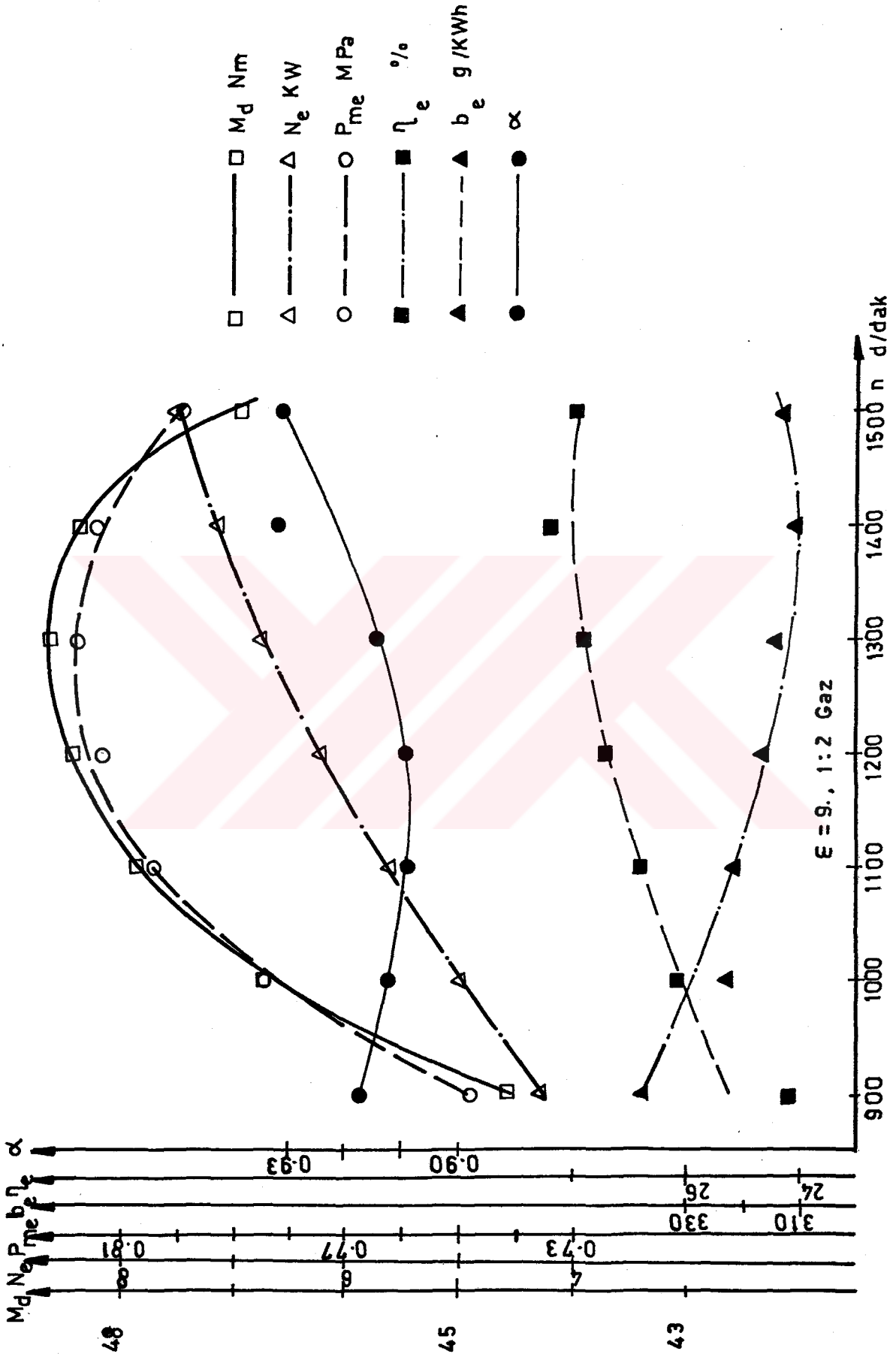


Şekil 6.6. Benzin+80 Alkol için motor karakteristikleri.

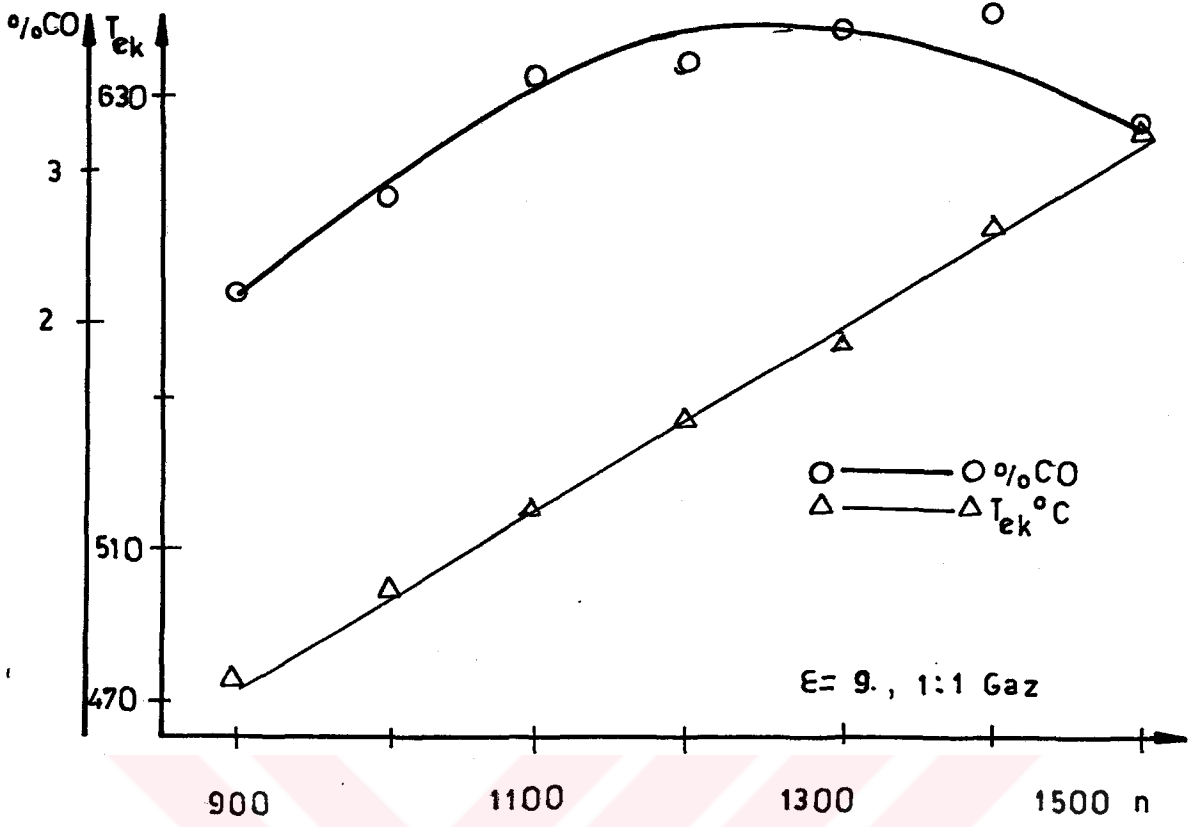
Tablo 6.4. Benzin için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : $P_0=751.5$
Ortam Sıcaklığı, [°K] : $T_0=299.0$
Karışım Oranları, [%] : $X_1=100.0, X_2=0.0, X_3=0.0$
Sıkıştırma Oranı : $\epsilon=9.0$
Gaz Kolu Konumu : $G.K.K=0.50$
Ateşleme Avansı : $A.A.=10^\circ$

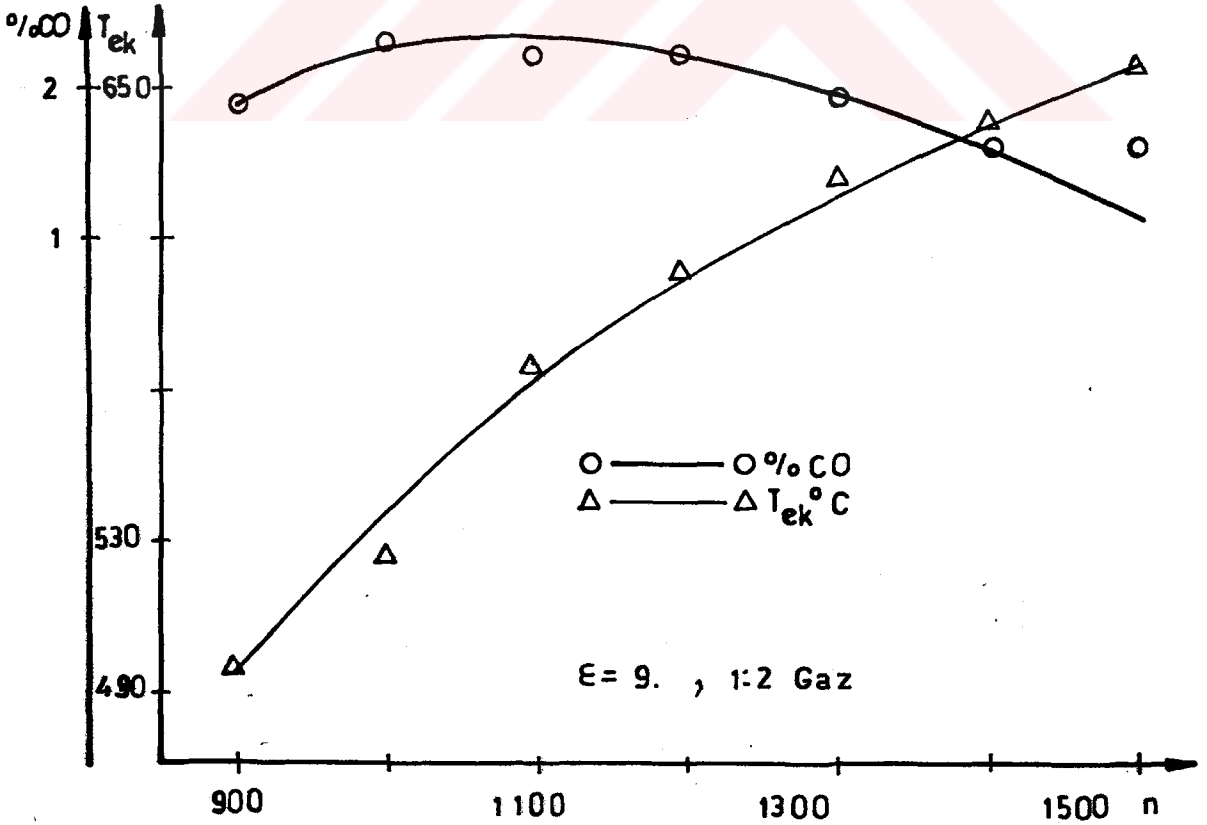
n	Md	Ne1	Pme1	B	be1	η_{e1}	\dot{m}_h	α	Tek	Δt	CO
[d/d]	[Nm]	[KW]	[MPa]	[kg/h]	[g/KWh]	[%]	[kg/s]		[°C]	[s]	[%]
900	44.55	4.285	0.748	1.449	338	24.1	0.0055	0.917	495	27.40	1.90
1000	46.73	4.994	0.785	1.615	323	25.1	0.0061	0.912	525	24.58	2.30
1100	47.85	5.626	0.804	1.804	321	25.4	0.0068	0.909	575	22.00	2.20
1200	48.38	6.204	0.813	1.963	316	25.7	0.0074	0.909	600	20.22	2.20
1300	48.60	6.753	0.817	2.122	314	25.9	0.0081	0.914	625	18.70	1.90
1400	47.85	7.160	0.804	2.224	311	26.2	0.0086	0.932	640	17.85	1.60
1500	46.95	7.527	0.789	2.353	313	26.0	0.0091	0.931	655	16.87	1.60



Şekil 6.7. Benzin+80 Alkol için motor karakteristikleri



Şekil 6.8. Benzin+0 Alkol için CO ve Eksoz sıcaklığının değişimi

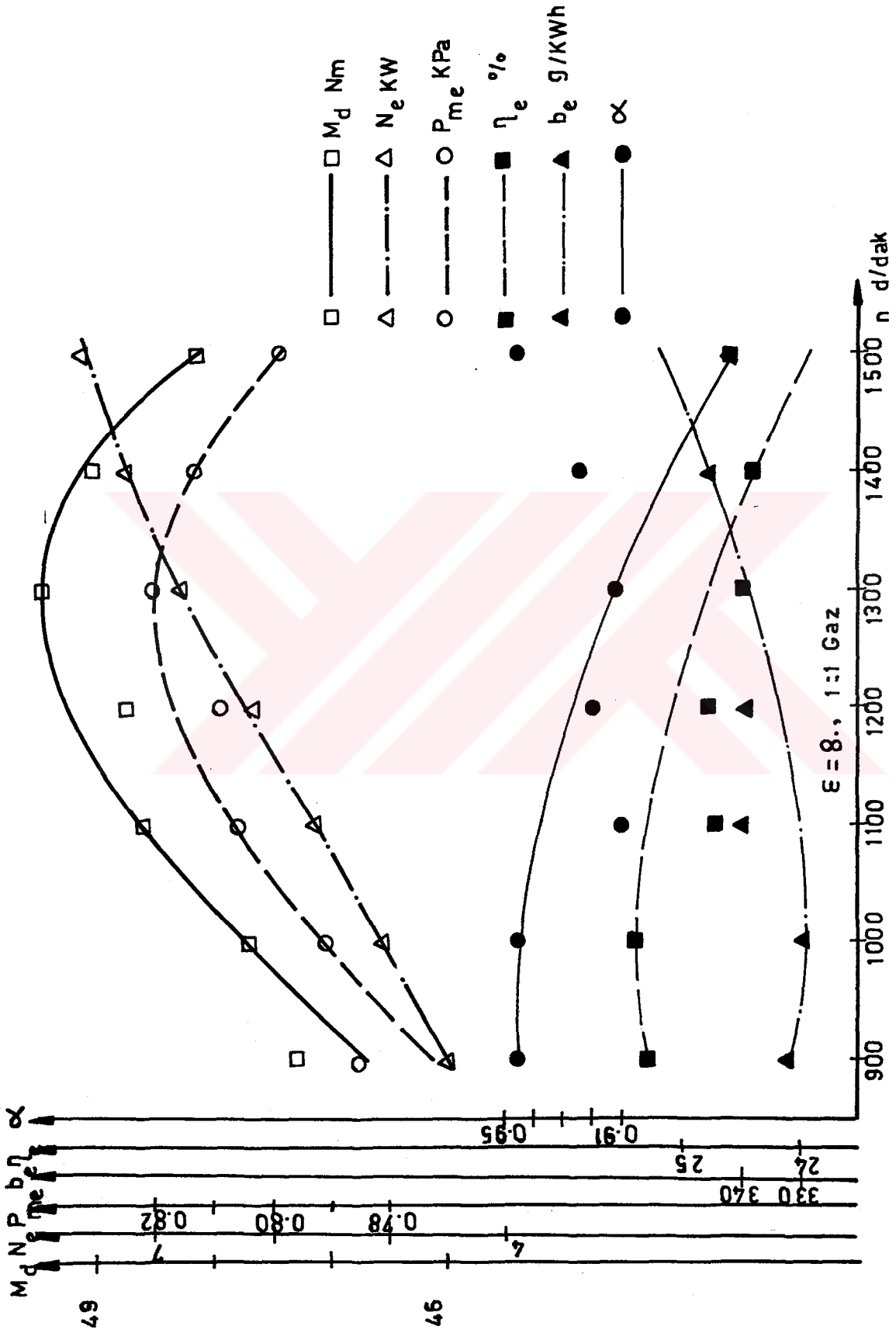


Şekil 6.9. Benzin+0 Alkon için CO ve Eksoz sıcaklığının değişimi

Tablo 6.5. Benzin + %8 ETA için motor karakteristiklerinin devir sayısıyla değişimi

Ortam Basıncı, [mmHg] : P₀=758.0
 Ortam Sıcaklığı, [K] : T₀=296.5
 Karışım Oranları, [%] : X₁=92.0, X₂=8.0, X₃=0.0
 Sıkıştırma Oranı : $\epsilon = 8.0$
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=1.0
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

n [d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{me1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/KWh]	η_{e1} [%]	\dot{m}_h [kg/s]	α	Tek [C]	Δt [s]	CO [%]
900	47.31	4.493	0.785	1.493	332	25.3	0.0057	0.947	560	26.75	1.20
1000	47.70	5.033	0.791	1.664	330	25.4	0.0063	0.946	580	24.00	1.75
1100	48.60	5.641	0.806	1.918	340	24.7	0.0070	0.910	595	20.82	1.90
1200	48.75	6.173	0.809	2.090	339	24.8	0.0077	0.920	615	19.10	2.20
1300	49.44	6.782	0.820	2.324	343	24.5	0.0085	0.912	620	17.18	2.60
1400	49.02	7.242	0.813	2.495	345	24.4	0.0092	0.924	625	16.00	2.60
1500	48.15	7.621	0.799	2.608	342	24.6	0.0099	0.946	625	15.31	1.80

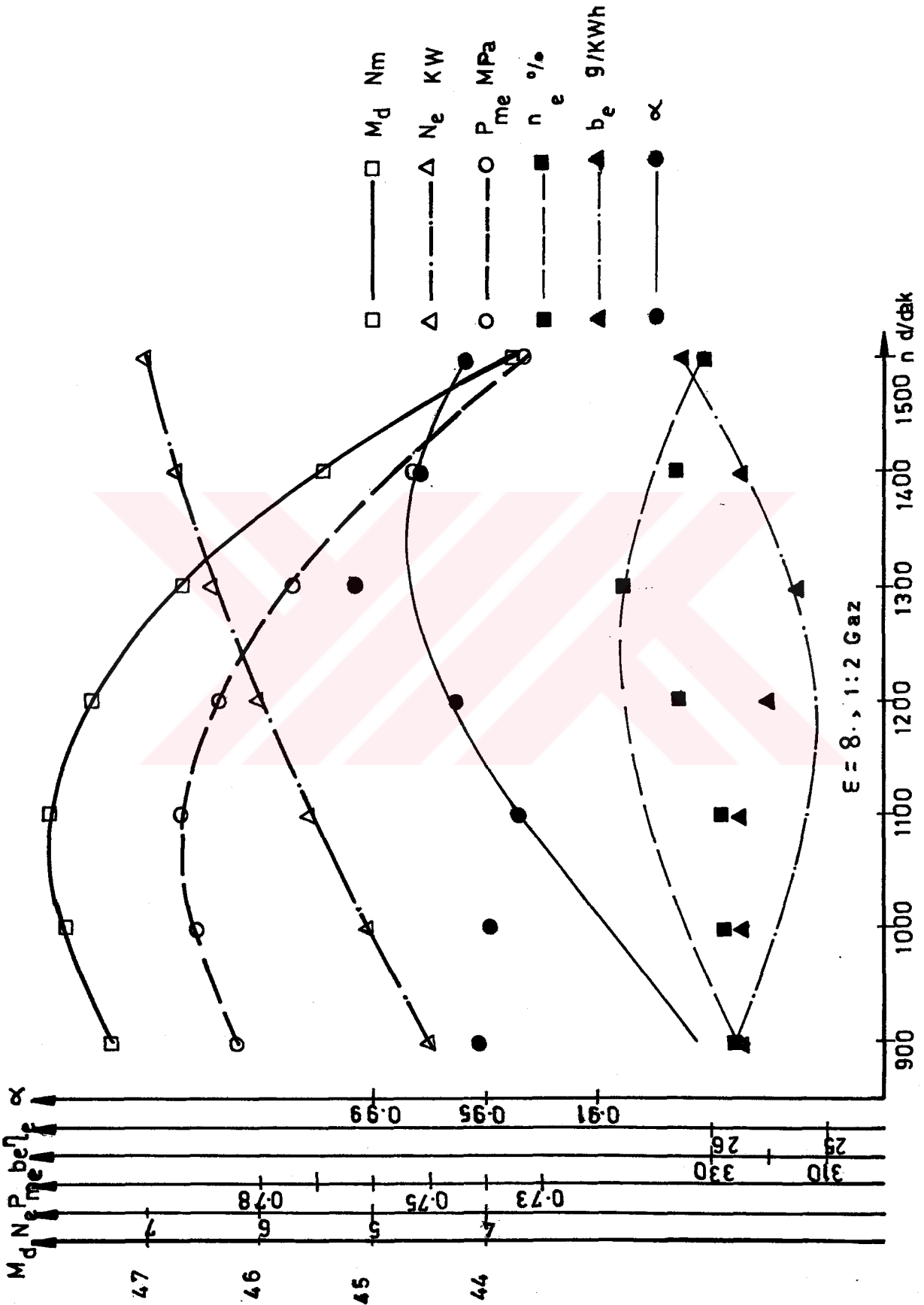


Şekil 6.10. Benzin +88 Etanol için motor karakteristikleri.

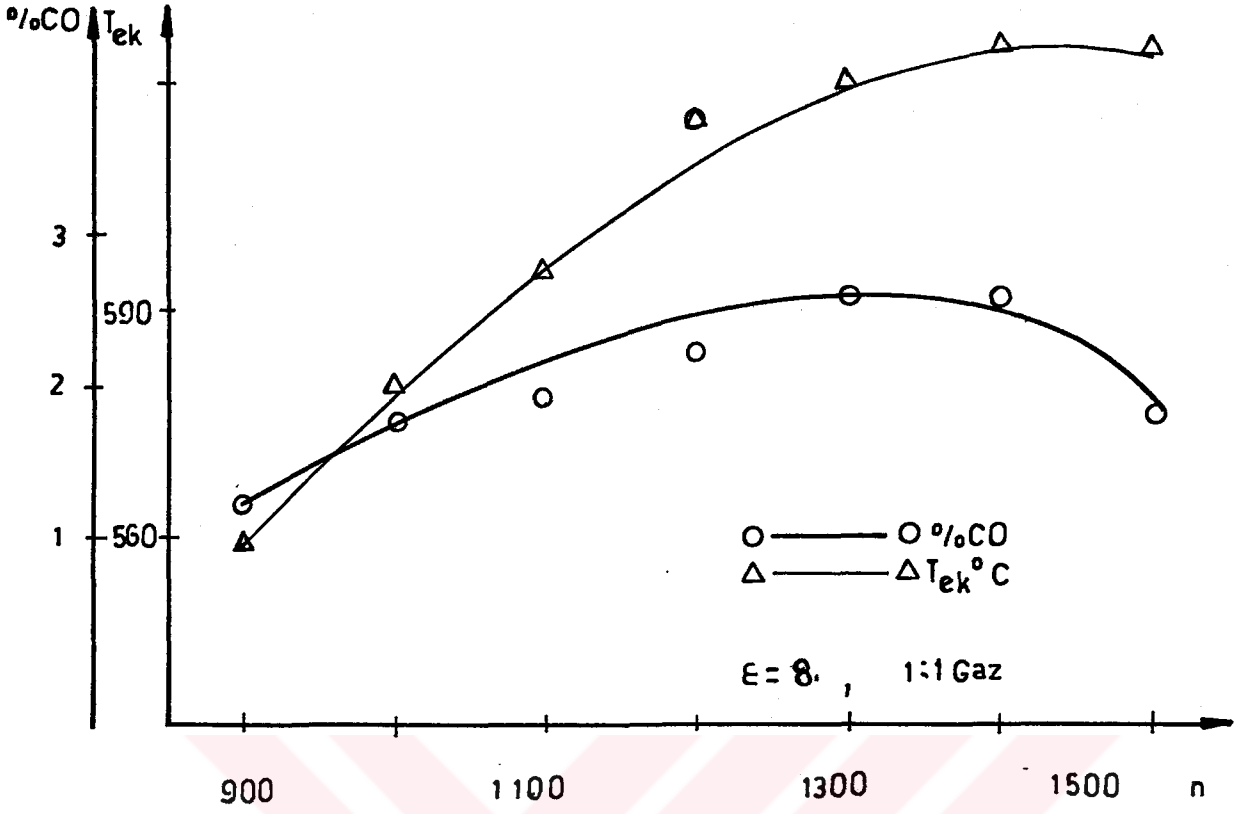
Tablo 6.6. Benzin + %8 ETA için motor karakteristiklerinin devir sayısıyla değişimi

Ortam Basıncı, [mm Hg] : P₀=758.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=296.5
 Karışım Oranları, [%] : X₁=92.0, X₂=8.0, X₃=0.0
 Sıkıştırma Oranı : $\epsilon = 8.0$
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=0.50
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

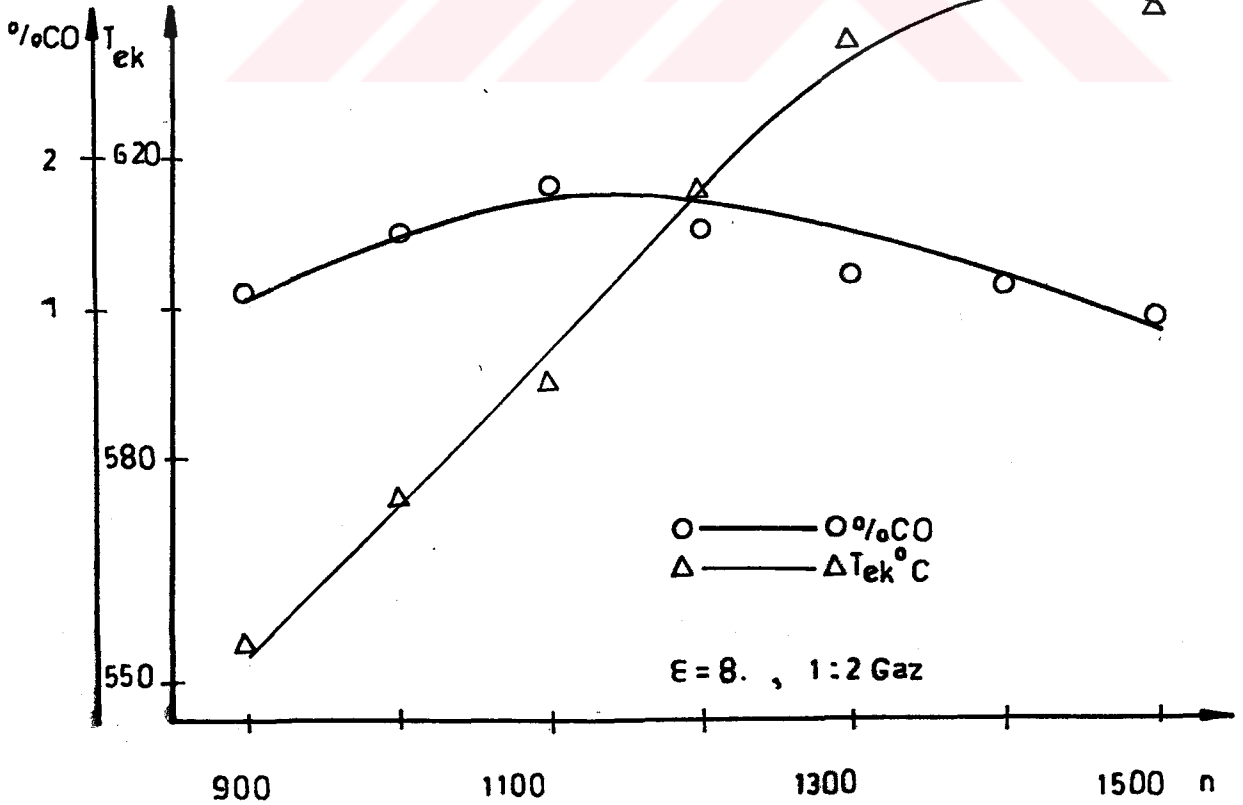
n [d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{me1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/KWh]	η_{e1} [%]	\dot{m}_h [kg/s]	α	Tek [C]	Δt [s]	CO [%]
900	47.28	4.490	0.784	1.464	326	25.8	0.0056	0.951	555	27.28	1.10
1000	47.70	5.033	0.791	1.634	325	25.9	0.0062	0.948	575	24.43	1.50
1100	47.85	5.554	0.794	1.802	325	25.9	0.0068	0.939	590	22.15	1.80
1200	47.48	6.012	0.787	1.921	320	26.3	0.0074	0.961	615	20.78	1.50
1300	46.65	6.399	0.774	2.006	314	26.8	0.0080	0.997	635	19.90	1.20
1400	45.42	6.710	0.753	2.182	325	25.8	0.0085	0.975	650	18.30	1.15
1500	44.25	7.004	0.734	2.349	335	25.1	0.0090	0.958	675	17.00	0.90



Şekil 6.11. Benzin+8 Etanol için motor karakteristikleri.



Şekil 6.12. Benzine+%8 Etanol için CO ve Eksoz sıcaklığının değişimi.

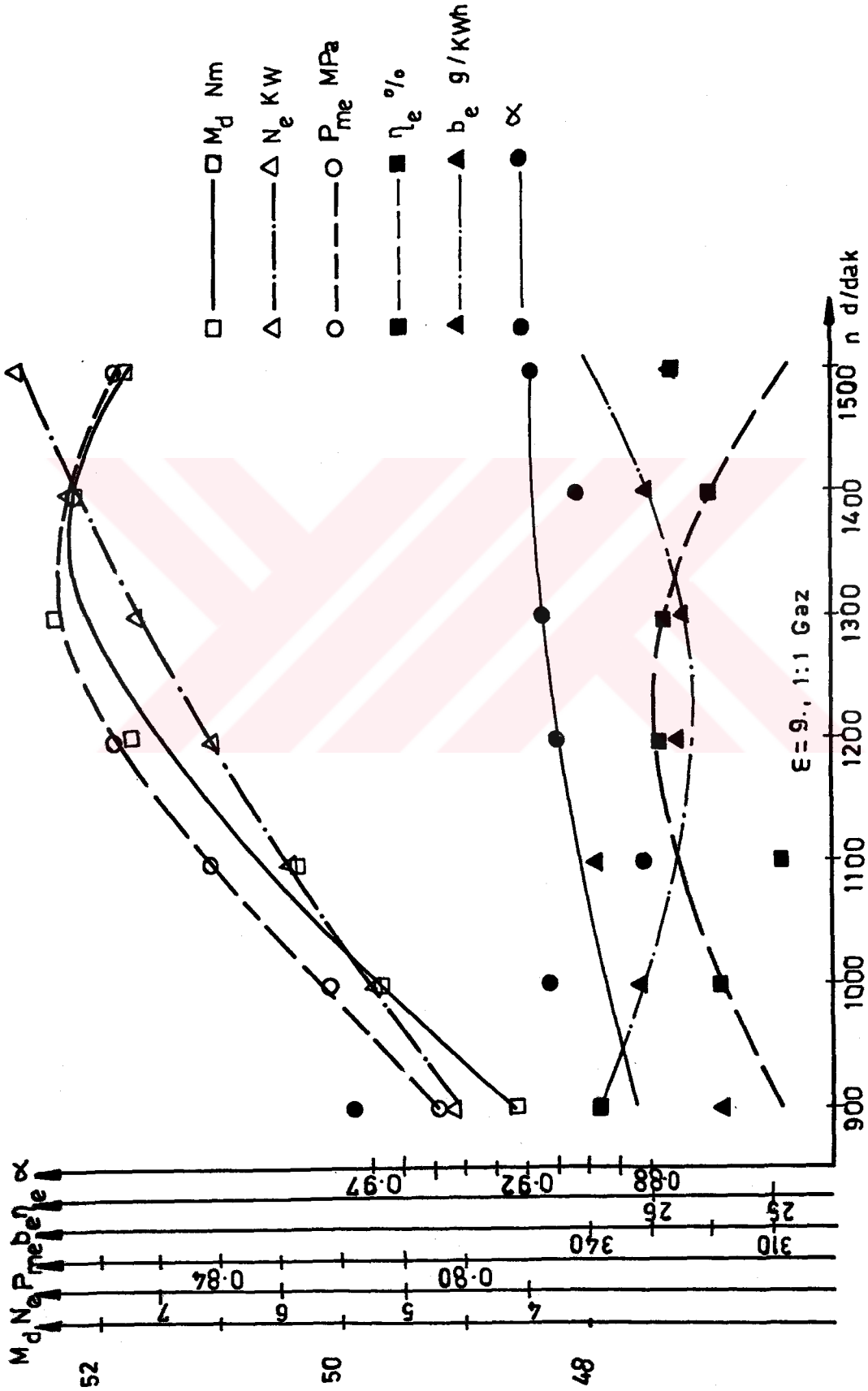


Şekil 6.13. Benzine+%8 Etanol için CO ve Eksoz sıcaklığının değişimi.

Tablo 6.7. Benzin + %8 ETA için motor karakteristiklerinin devir sayısıyla değişimi

Ortam Basıncı, [mm Hg] : P₀=759.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=295.5
 Karışım Oranları, [%] : X₁=92.0, X₂=8.0, X₃=0.0
 Sıkıştırma Oranı : ε= 9.0
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=1.0
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

n	M _d [Nm]	N _{el} [KW]	P _{me1} [MPa]	B	b _{el} [g/kWh]	η _{el} [%]	m _h [kg/s]	α	T _{ek} [C]	Δt [s]	CO [%]
900	48.60	4.602	0.804	1.465	318	26.4	0.0057	0.976	510	27.25	0.60
1000	49.68	5.227	0.822	1.728	331	25.4	0.0063	0.913	525	23.10	1.10
1100	50.85	5.885	0.841	1.986	338	24.9	0.0070	0.882	545	20.10	2.10
1200	51.75	6.533	0.856	2.120	325	25.9	0.0077	0.910	575	18.83	2.40
1300	52.35	7.160	0.866	2.321	324	25.9	0.0085	0.914	600	17.20	2.20
1400	52.20	7.688	0.863	2.535	330	25.5	0.0092	0.903	620	15.75	2.30
1500	51.75	8.166	0.856	2.662	326	25.8	0.0098	0.918	640	15.00	1.70

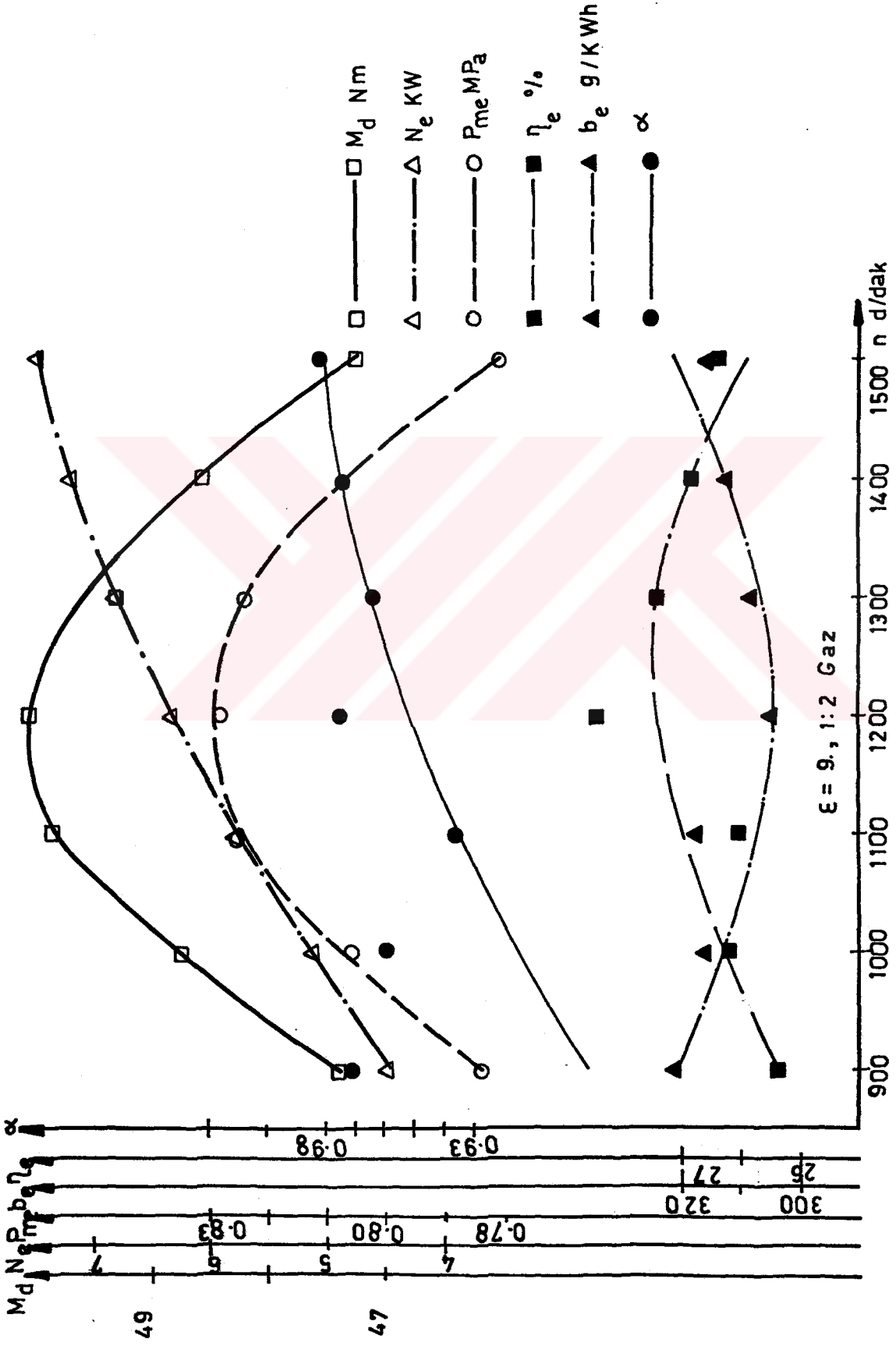


Şekil 6.14. Benzin+8 Etanol için motor karakteristikleri.

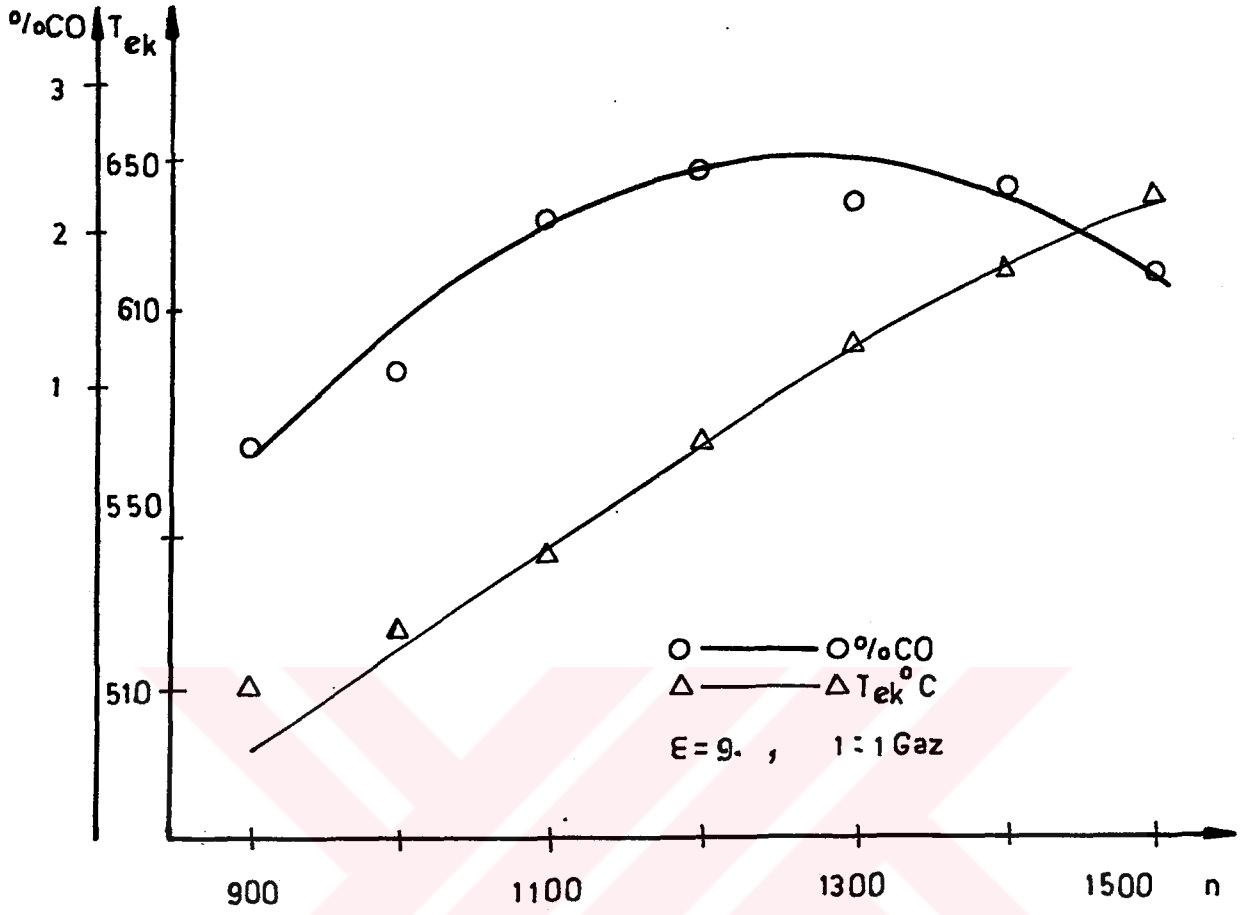
Tablo 6.8. Benzin + %8 ETA için motor karakteristiklerinin devir sayısıyla değişimi

Ortam Basıncı, [mm Hg] : P0=759.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T0=295.5
 Karışım Oranları, [%] : X1= 92.0, X2=8.0, X3=0.0
 Sıkıştırma Oranı : ε= 9.0
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=0.50
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

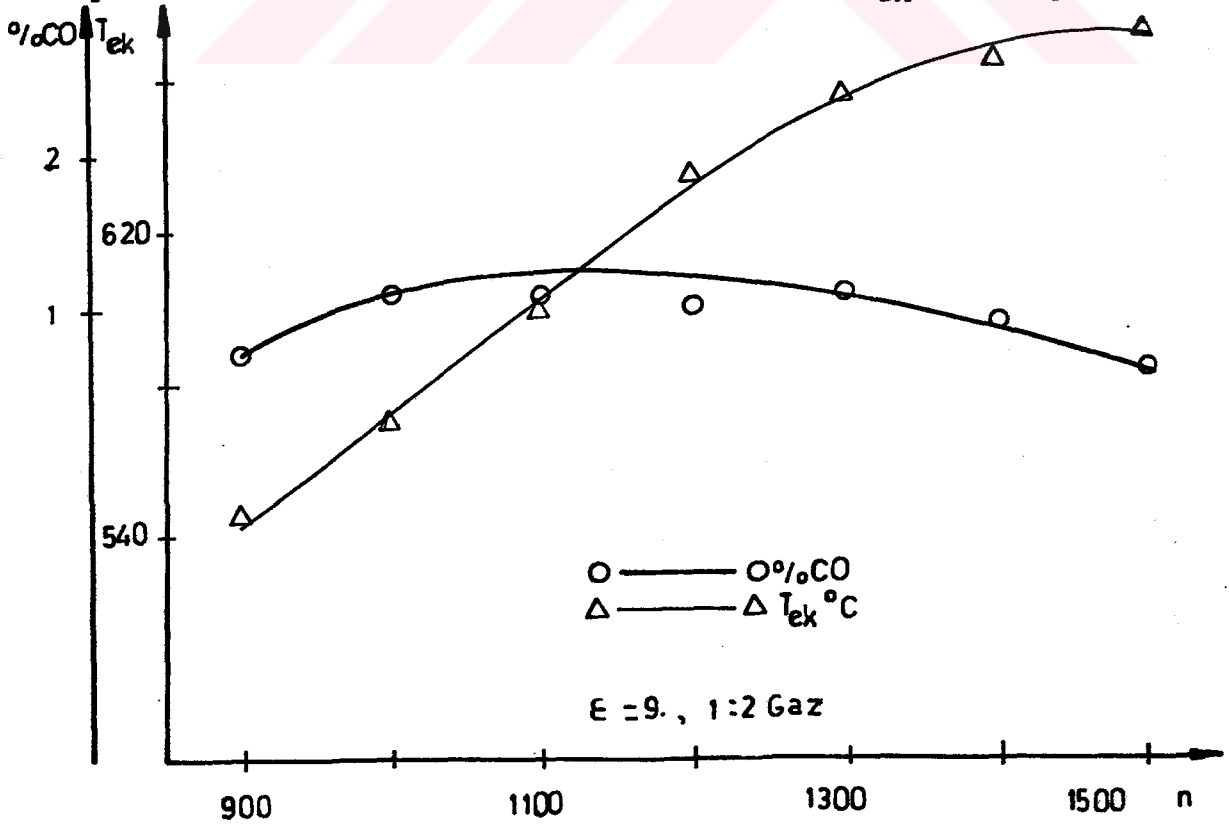
n [d/d]	Md [Nm]	Ne1 [KW]	Pme1 [MPa]	B [kg/h]	be1 [g/KWh]	ηe1 [%]	ṁh [kg/s]	α	Tek [C]	Δt [s]	CO [%]
900	47.40	4.488	0.784	1.441	321	26.2	0.0056	0.971	545	27.70	0.70
1000	48.75	5.129	0.806	1.623	316	26.6	0.0062	0.960	570	24.60	1.10
1100	49.86	5.770	0.825	1.831	317	26.5	0.0069	0.937	600	21.80	1.10
1200	50.04	6.317	0.828	1.919	304	27.7	0.0075	0.976	635	20.80	1.00
1300	49.80	6.811	0.824	2.101	309	27.2	0.0081	0.964	655	19.00	1.10
1400	48.81	7.189	0.807	2.243	312	26.9	0.0087	0.968	665	17.80	0.90
1500	47.25	7.456	0.781	2.349	315	26.7	0.0092	0.982	675	17.00	0.60



Şekil 6.15. Benzin+8 Etanol için motor karakteristikleri.



Şekil 6.16. Benzin+%8 Etanol için CO ve T_{ek} nin değişimi.

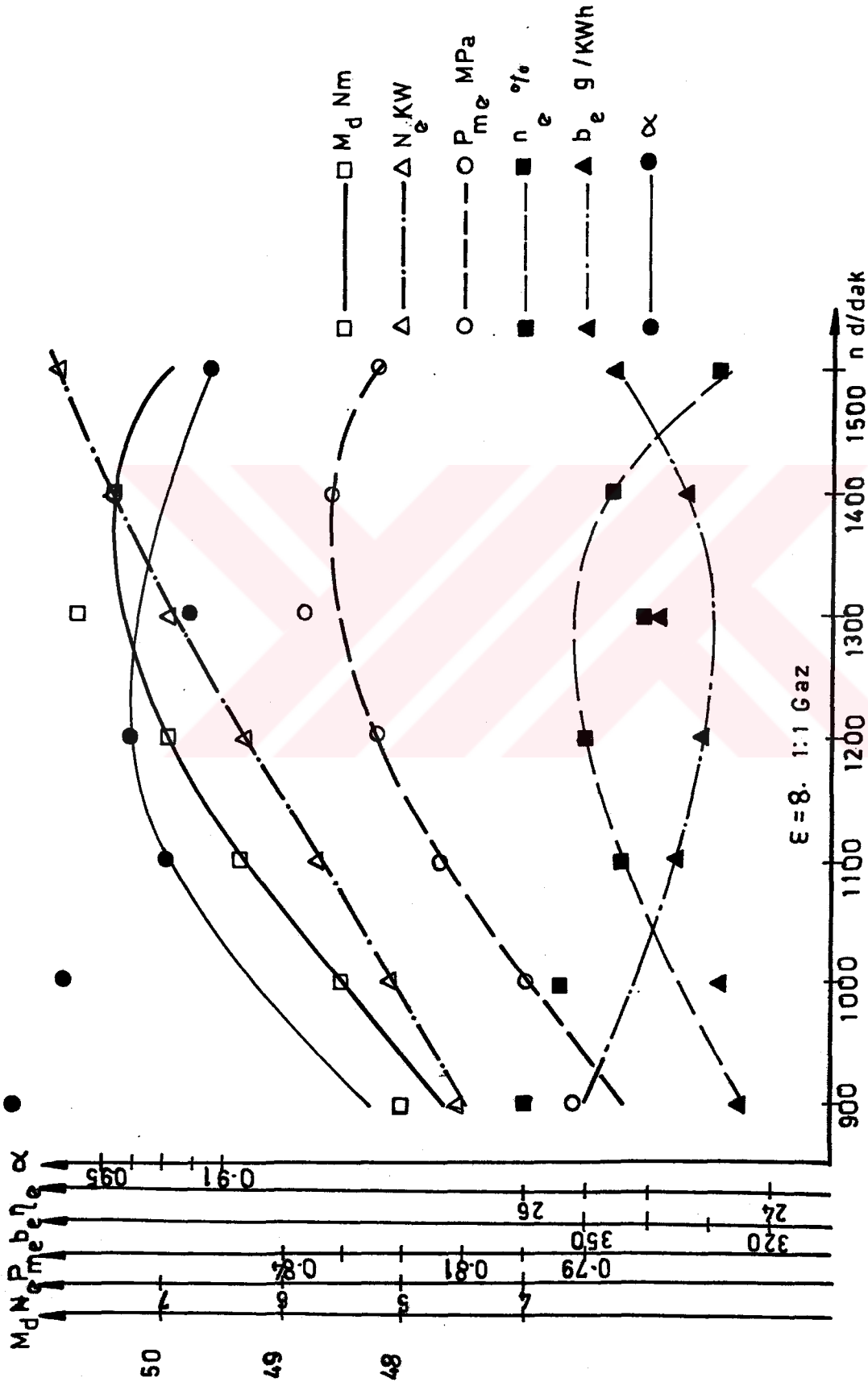


Şekil 6.17. Benzin+%8 Etanol için CO ve T_{ek} nin değişimi.

Tablo 6.9. Benzin + %8 ETA + %1 IPA için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : P₀=760.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=295.0
 Karışım Oranları, [%] : X₁=91.0, X₂=8.0, X₃=1.0
 Sıkıştırma Oranı : ε= 8.0
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=1.0
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

n [d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{m_{e1}} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/KWh]	η _{e1} [%]	m _h [kg/s]	α	T _{ek} [°C]	Δt [s]	CO [%]
900	48.00	4.535	0.792	1.473	325	26.0	0.0058	0.979	570	27.13	0.60
1000	48.51	5.092	0.800	1.668	328	25.7	0.0064	0.962	575	23.95	1.40
1100	49.35	5.699	0.814	1.907	335	25.2	0.0071	0.929	590	20.95	1.80
1200	49.95	6.292	0.824	2.081	331	25.5	0.0078	0.940	605	19.20	2.20
1300	50.70	6.919	0.837	2.336	338	25.0	0.0086	0.921	610	17.10	2.00
1400	50.40	7.407	0.832	2.469	333	25.3	0.0093	0.943	615	16.18	2.10
1500	49.95	7.865	0.824	2.722	346	24.4	0.0100	0.915	610	14.68	1.70

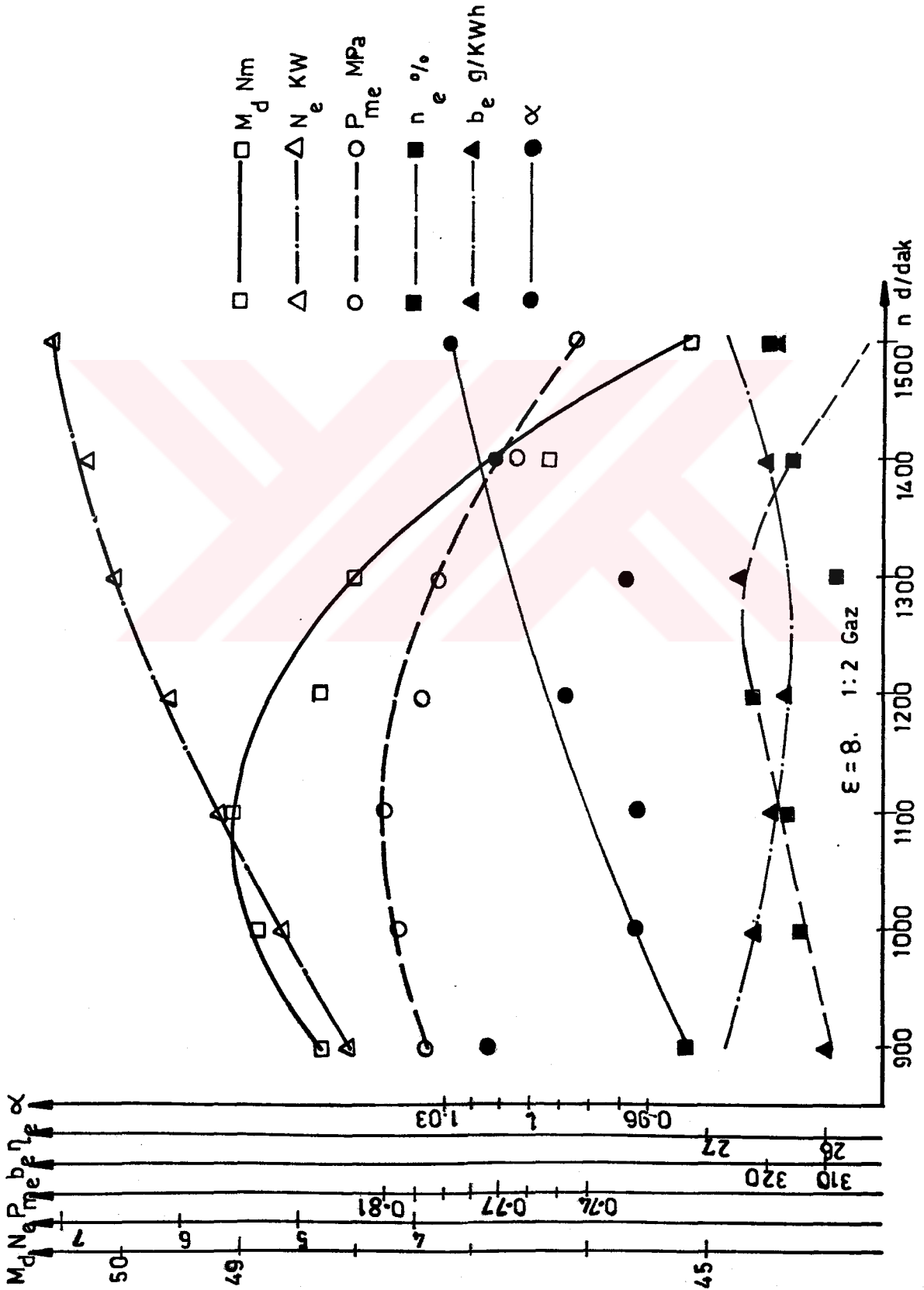


Şekil 6.18. Benzin+88 ETA+81 İPA için motor karakteristikleri.

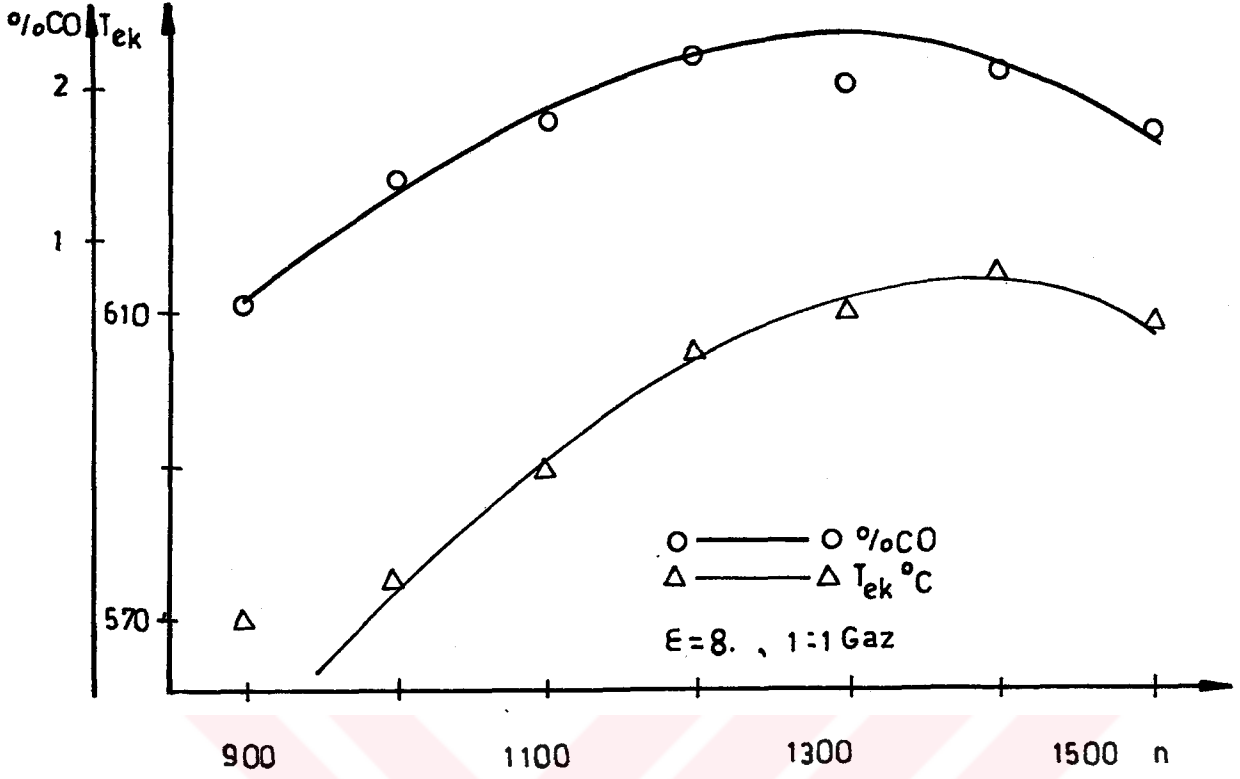
Tablo 6.10. Benzin +%8 ETA + %1 IPA için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : P₀=760.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=295.0
 Karışım Oranları, [%] : X₁=91.0, X₂=8.0, X₃=1.0
 Sıkıştırma Oranı : $\epsilon = 8.0$
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=0.50
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

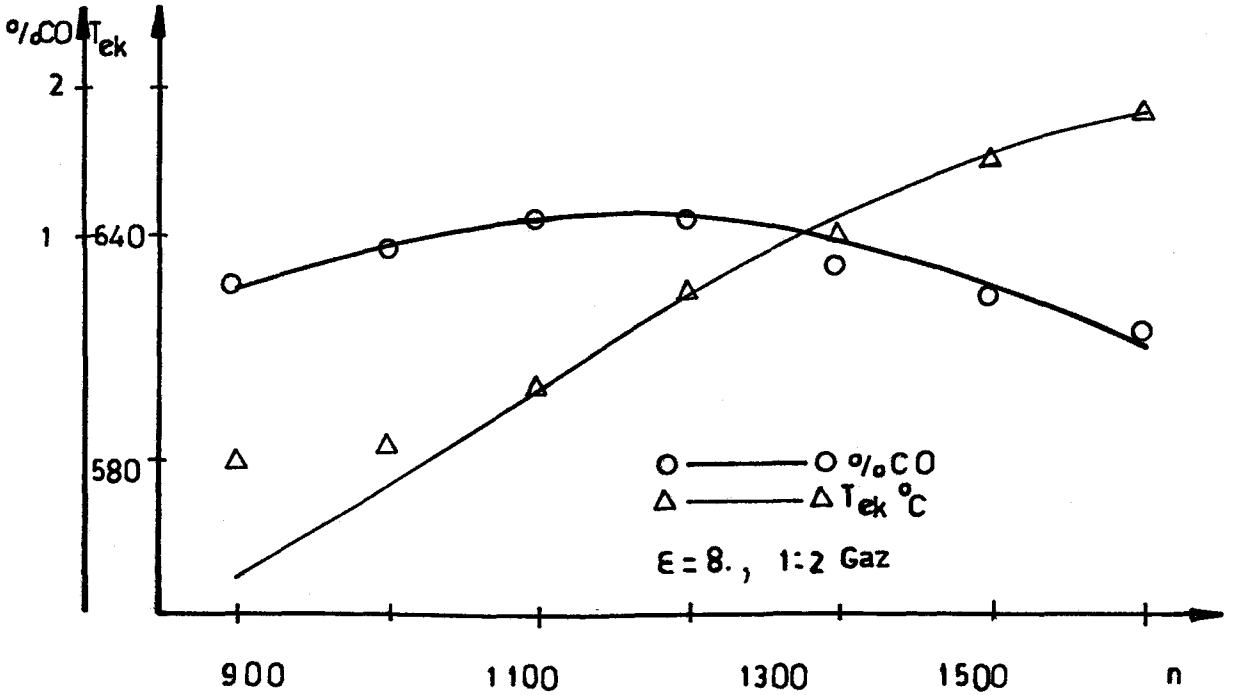
n [d/d]	M _d [Nm]	N _{e1} [KW]	P _{me1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/kWh]	η_{e1} [%]	\dot{m}_h [kg/s]	α	T _{ek} [°C]	Δt [s]	CO [%]
900	48.30	4.563	0.797	1.413	310	27.2	0.0057	1.014	580	28.28	0.70
1000	48.83	5.125	0.806	1.649	322	26.2	0.0064	.964	585	24.23	0.90
1100	49.08	5.667	0.810	1.808	319	26.4	0.0070	.964	600	22.10	1.10
1200	48.33	6.088	0.798	1.930	317	26.6	0.0076	.988	625	20.70	1.10
1300	48.00	6.551	0.792	2.128	325	25.9	0.0082	.968	640	18.77	0.80
1400	46.35	6.812	0.765	2.183	320	26.3	0.0088	1.012	660	18.30	0.60
1500	45.15	7.110	0.745	2.264	318	26.5	0.0093	1.029	675	17.65	0.40



Şekil 6.19. Benzinli 8 ϵ ETA+81 IPA için motor karakteristikleri.



Şekil 6.20. Benzin+8%ETA+1%IPA için CO ve T_{ek} nın değişimi.

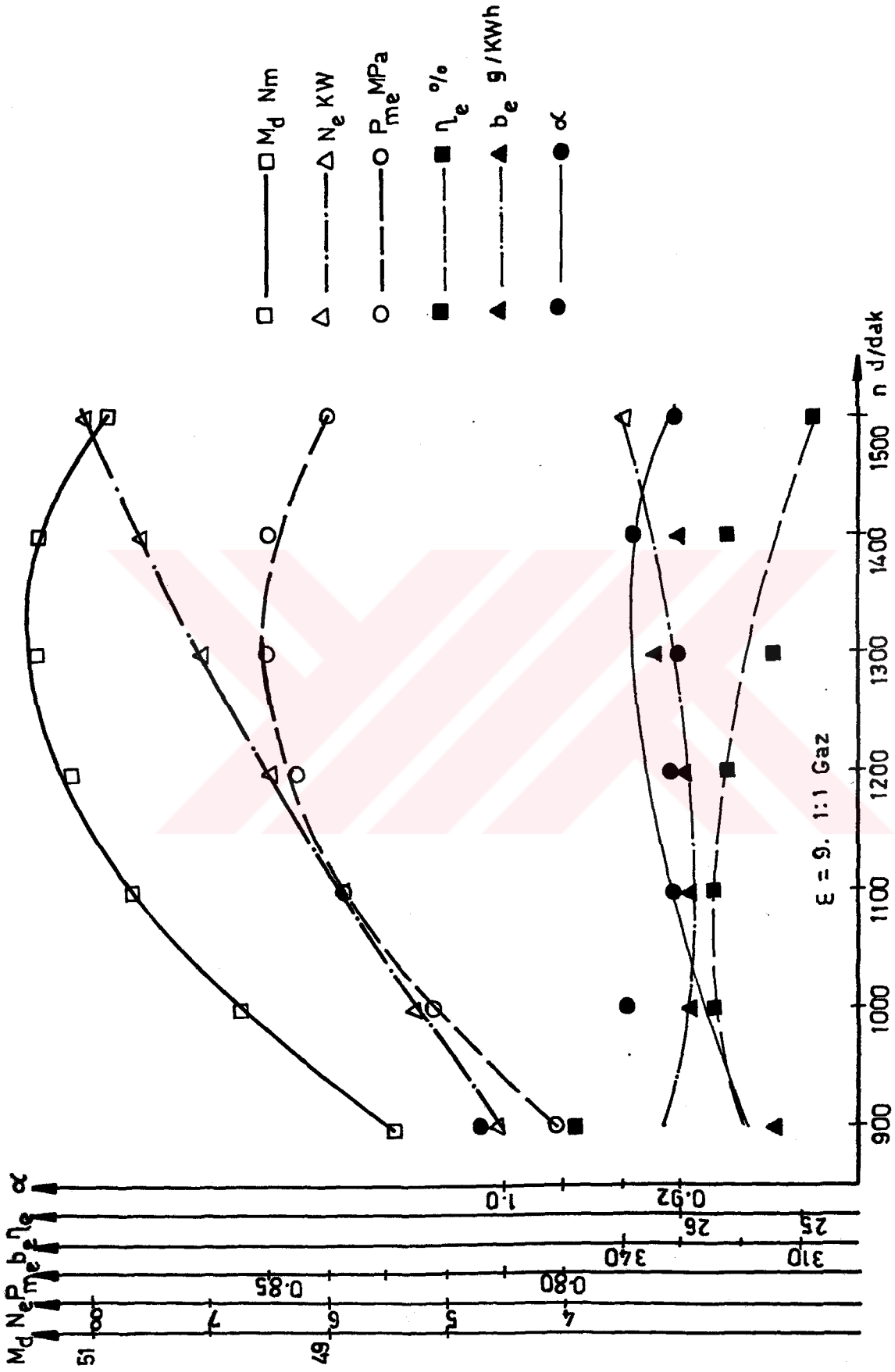


Şekil 6.21. Benzin+8%ETA+1%IPA için CO ve T_{ek} nın değişimi.

Tablo 6.11. Benzin + %8 ETA + %1 IPA için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : P₀=759.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=295.0
 Karışım Oranları, [%] : X₁=91.0, X₂=8.0, X₃=1.0
 Sıkıştırma Oranı : $\epsilon = 9.0$
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=1.
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

n	M _d	N _{e1}	P _{me1}	B	b _{e1}	η_{e1}	\dot{m}_h	α	T _{ek}	Δt	CO
[d/d]	[Nm]	[KW]	[MPa]	[kg/h]	[g/kWh]	[%]	[kg/s]		[°C]	[s]	[%]
900	48.45	4.584	0.801	1.437	314	26.9	0.0058	1.009	565	27.80	0.40
1000	49.73	5.227	0.822	1.715	328	25.7	0.0064	.938	585	23.30	1.20
1100	50.64	5.855	0.837	1.921	328	25.7	0.0071	.923	600	20.80	1.30
1200	51.15	6.452	0.845	2.125	329	25.6	0.0079	.924	615	18.80	1.60
1300	51.45	7.031	0.850	2.350	334	25.2	0.0086	.920	625	17.00	1.60
1400	51.45	7.571	0.850	2.497	330	25.6	0.0093	.936	635	16.00	1.50
1500	50.85	8.018	0.840	2.718	339	24.9	0.0100	.922	635	14.70	1.60

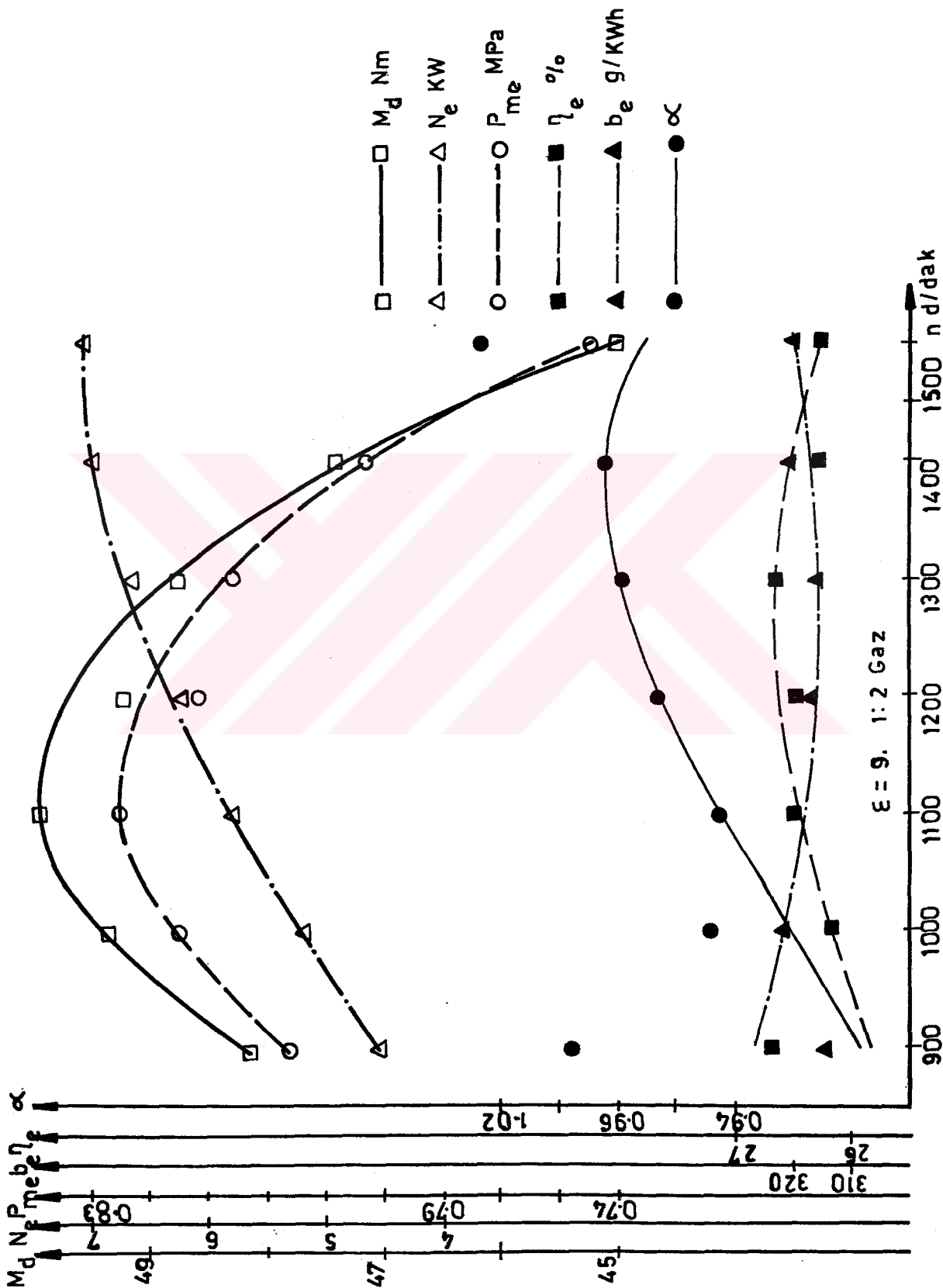


Şekil 6.22. Benzin+8 ETA+81 İPA için motor karakteristikleri.

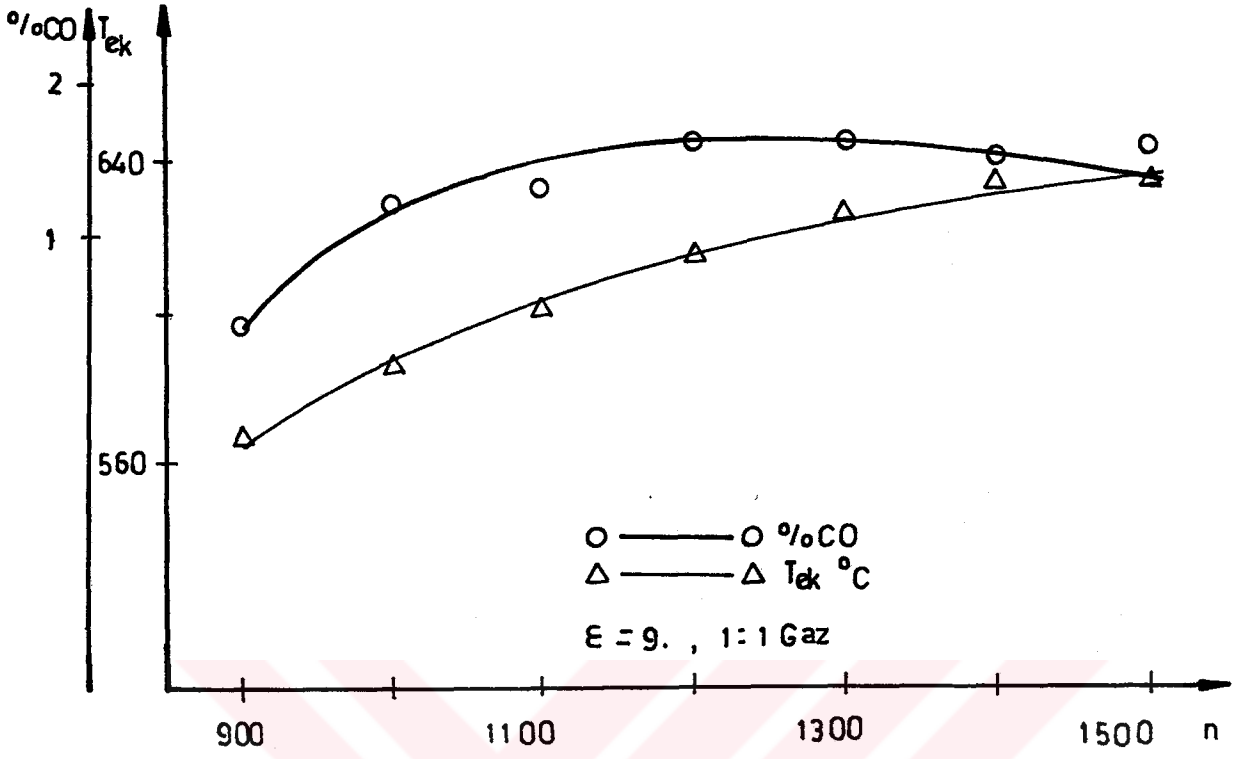
Tablo 6.12. Benzin + %8 ETA + %1 IPA için farklı devir sayılarında motor karakteristikleri.

Ortam basıncı, [mm Hg] : P₀=759.0
 Ortam Sıcaklığı, [°K] : T₀=295.0
 Karışım Oranları, [%] : X₁=91.0, X₂=8.0, X₃=1.0
 Sıkıştırma Oranı : ε= 9.0
 Gaz Kolu Konumu : G.K.K=0.50
 Ateşleme Avansı : A.A.=10°

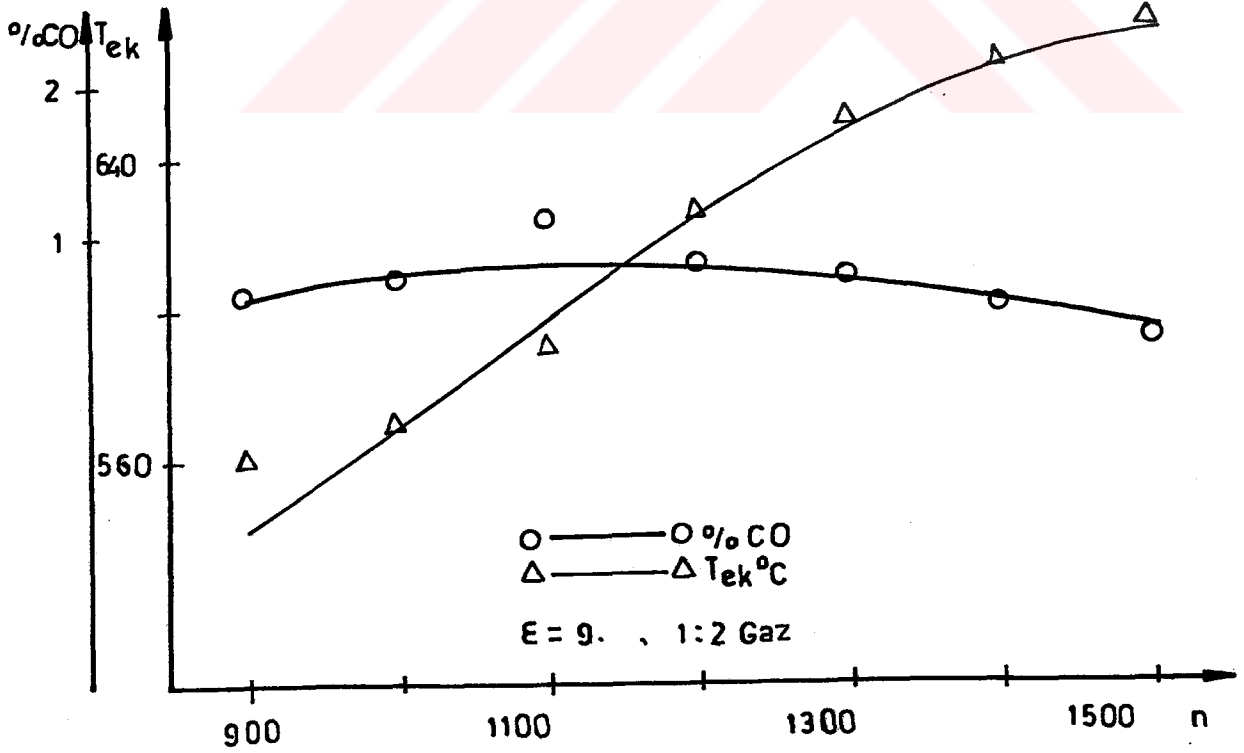
n [d/d]	M _d [Nm]	Ne ₁ [KW]	P _{me1} [MPa]	B [kg/h]	b _{e1} [g/KWh]	η _{e1} [%]	m _h [kg/s]	α	T _{ek} [°C]	Δt [s]	CO [%]
900	48.15	4.555	0.796	1.437	315	26.7	0.0057	0.996	560	27.80	0.60
1000	49.35	5.187	0.815	1.672	322	26.2	0.0063	0.948	570	23.90	0.70
1100	49.95	5.776	0.825	1.837	318	26.5	0.0069	0.946	590	21.75	1.10
1200	49.20	6.206	0.813	1.971	318	26.5	0.0076	0.967	625	20.27	0.80
1300	48.75	6.662	0.806	2.103	316	26.7	0.0082	0.979	650	19.00	0.70
1400	47.40	6.975	0.783	2.236	321	26.3	0.0088	0.985	665	17.87	0.50
1500	45.00	7.095	0.744	2.270	320	26.3	0.0093	1.027	675	17.60	0.30



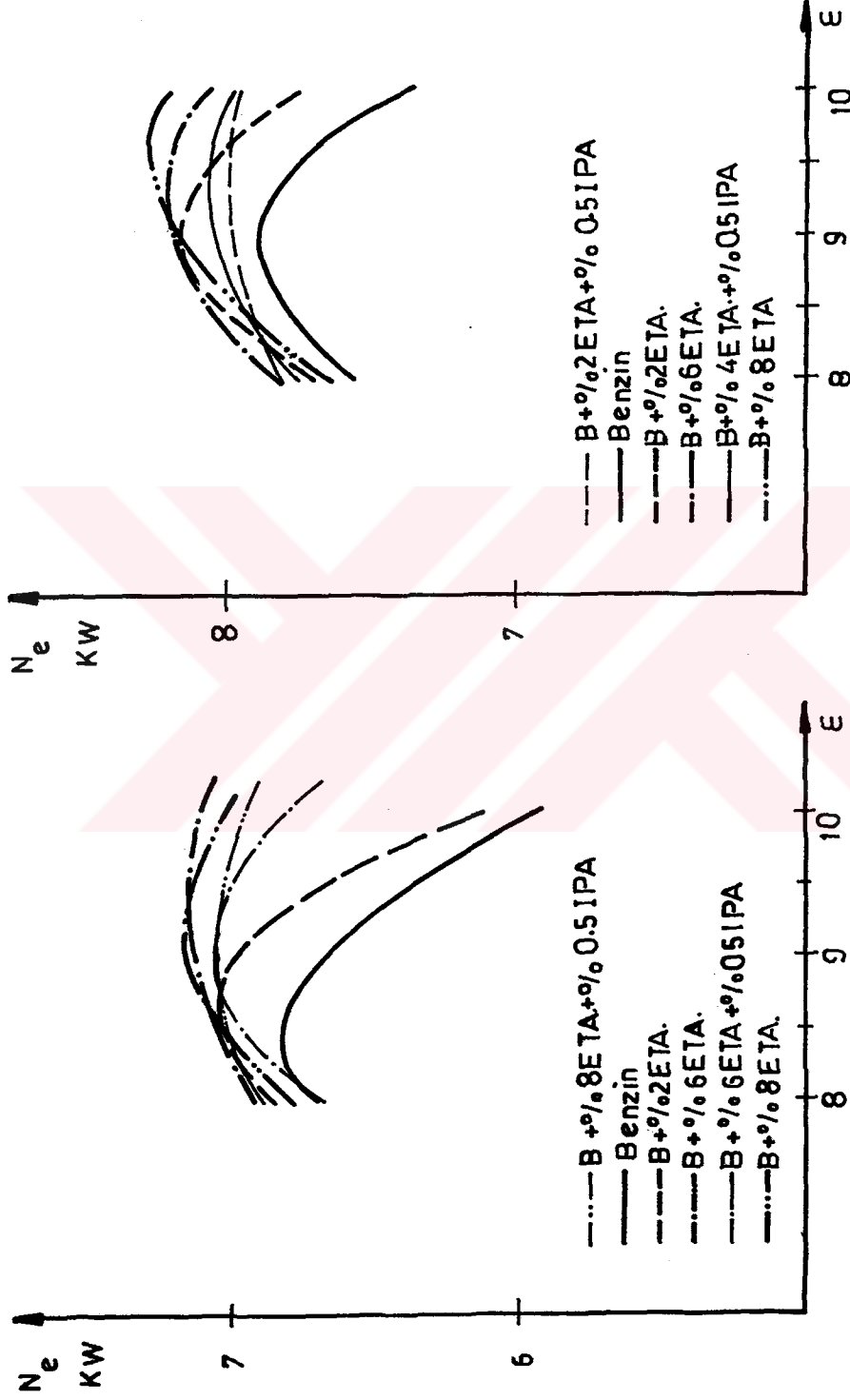
Şekil 6.23. Benzin+8 ETA +81 İPA için motor karakteristikleri.



Şekil 6.24. Benzine+8% ETA +1% IPA için CO ve T_{ek} nin değişimi.



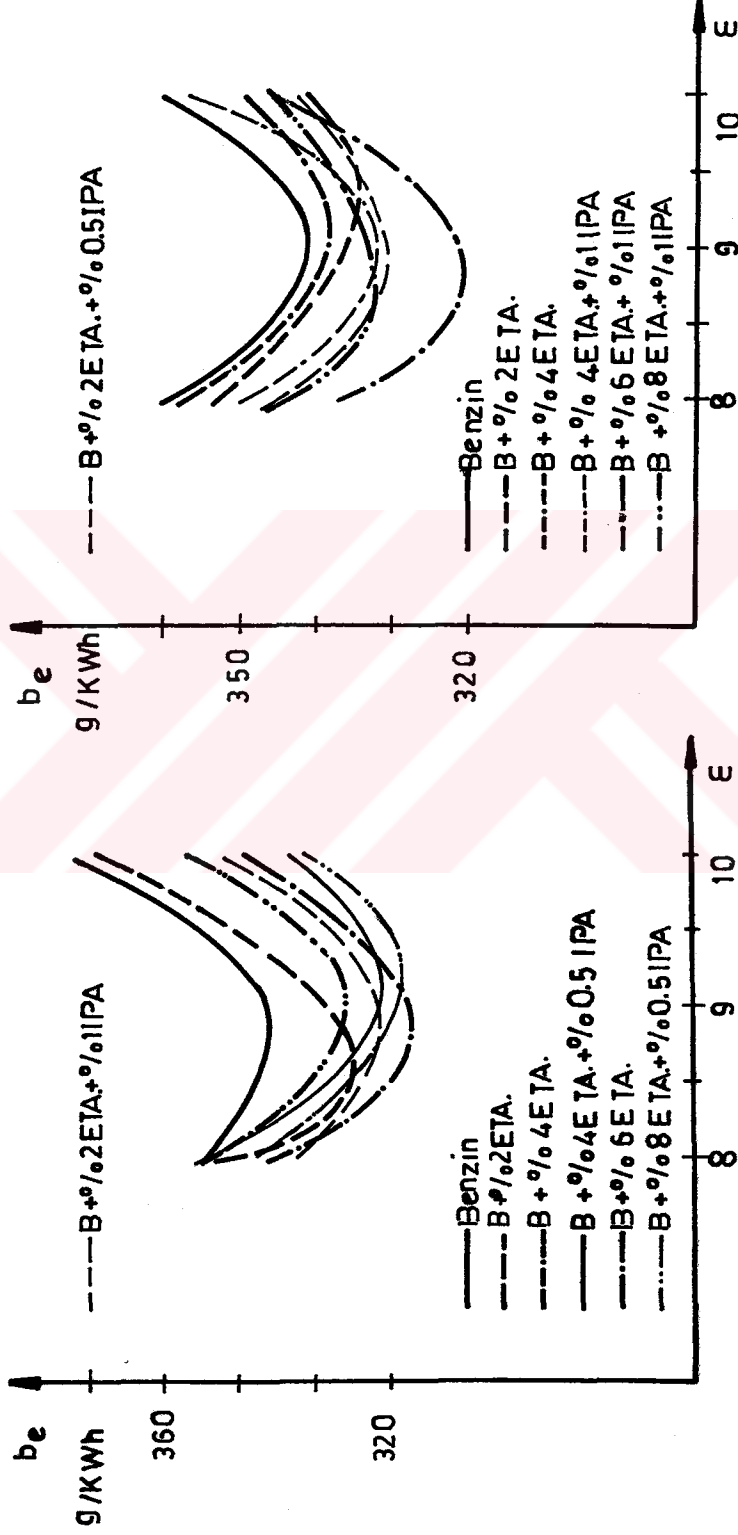
Şekil 6.25. Benzine+8% ETA +1% IPA için CO ve T_{ek} nin değişimi.



$n = 1500$ d/dak, 1:1 Gaz

$n = 1300$ d/dak, 1:1 Gaz

Şekil 6.26. Çeşitli karışımlar için N_e nin değişimi.
Şekil 6.27. Çeşitli karışımlar için N_e nin değişimi.

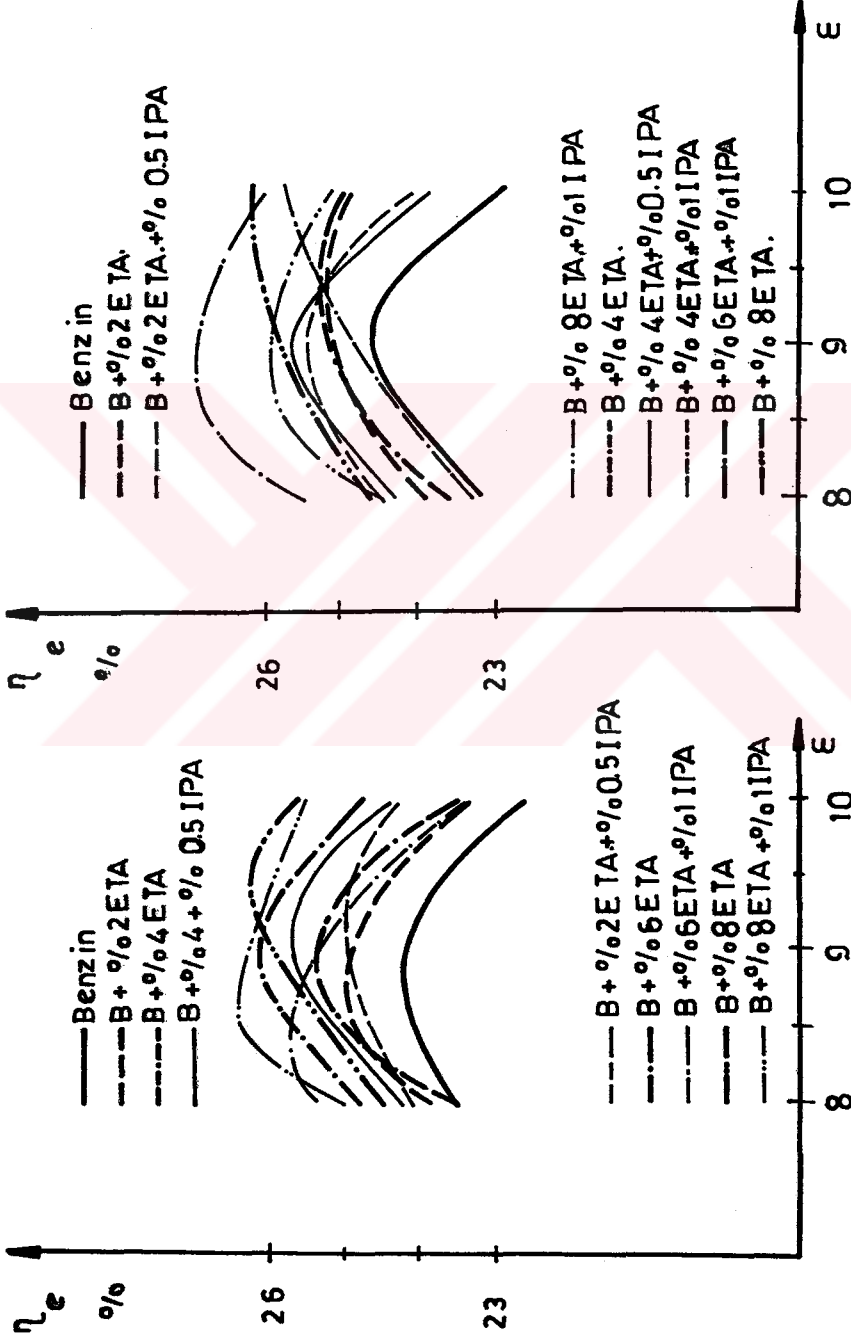


$n = 1500$ d/dak, 1:1 Gaz

$n = 1300$ d/dak, 1:1 Gaz

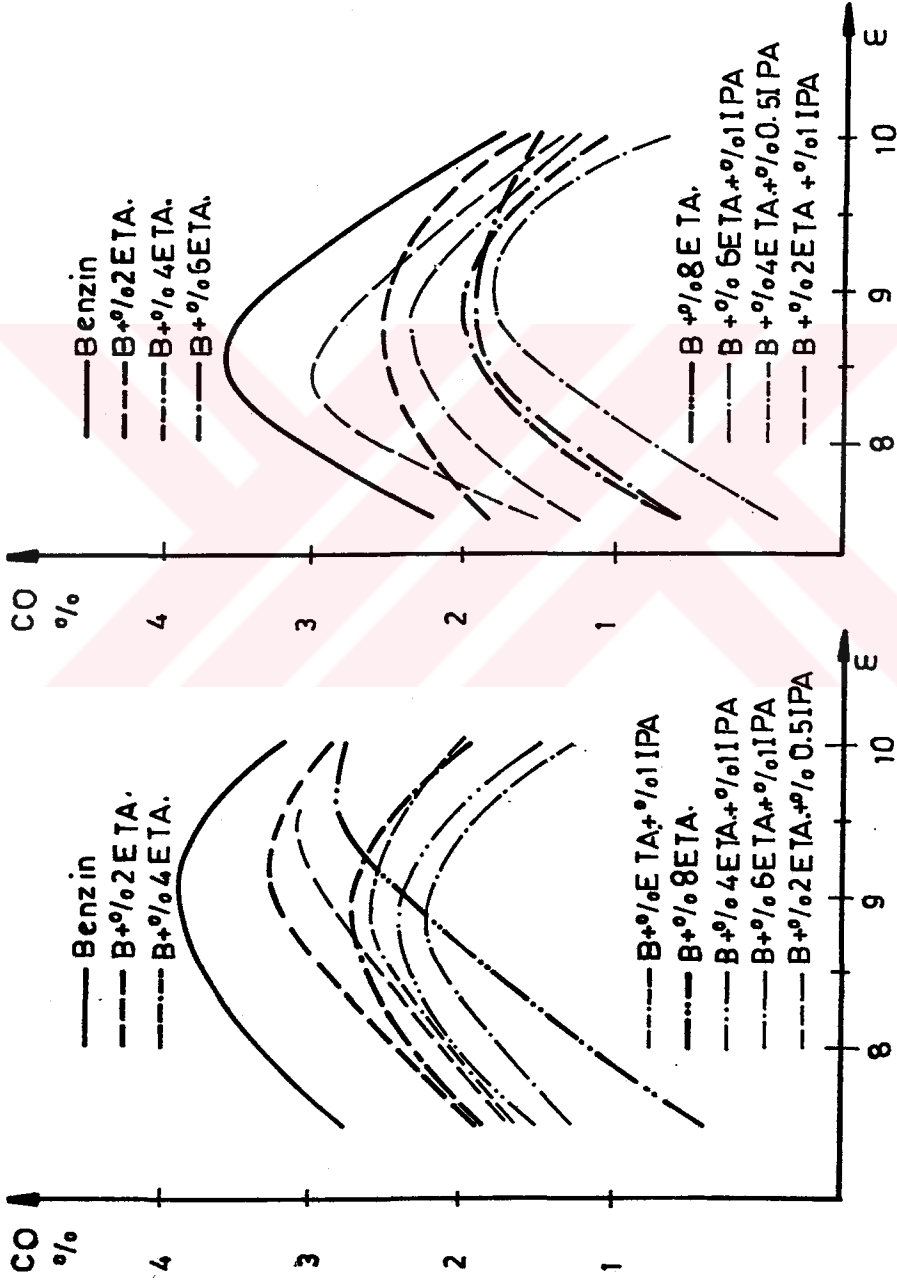
Şekil 6.28. Çeşitli karışımlar için b_e nin değişimi.

Şekil 6.29. Çeşitli karışımlar için b_e nin değişimi.



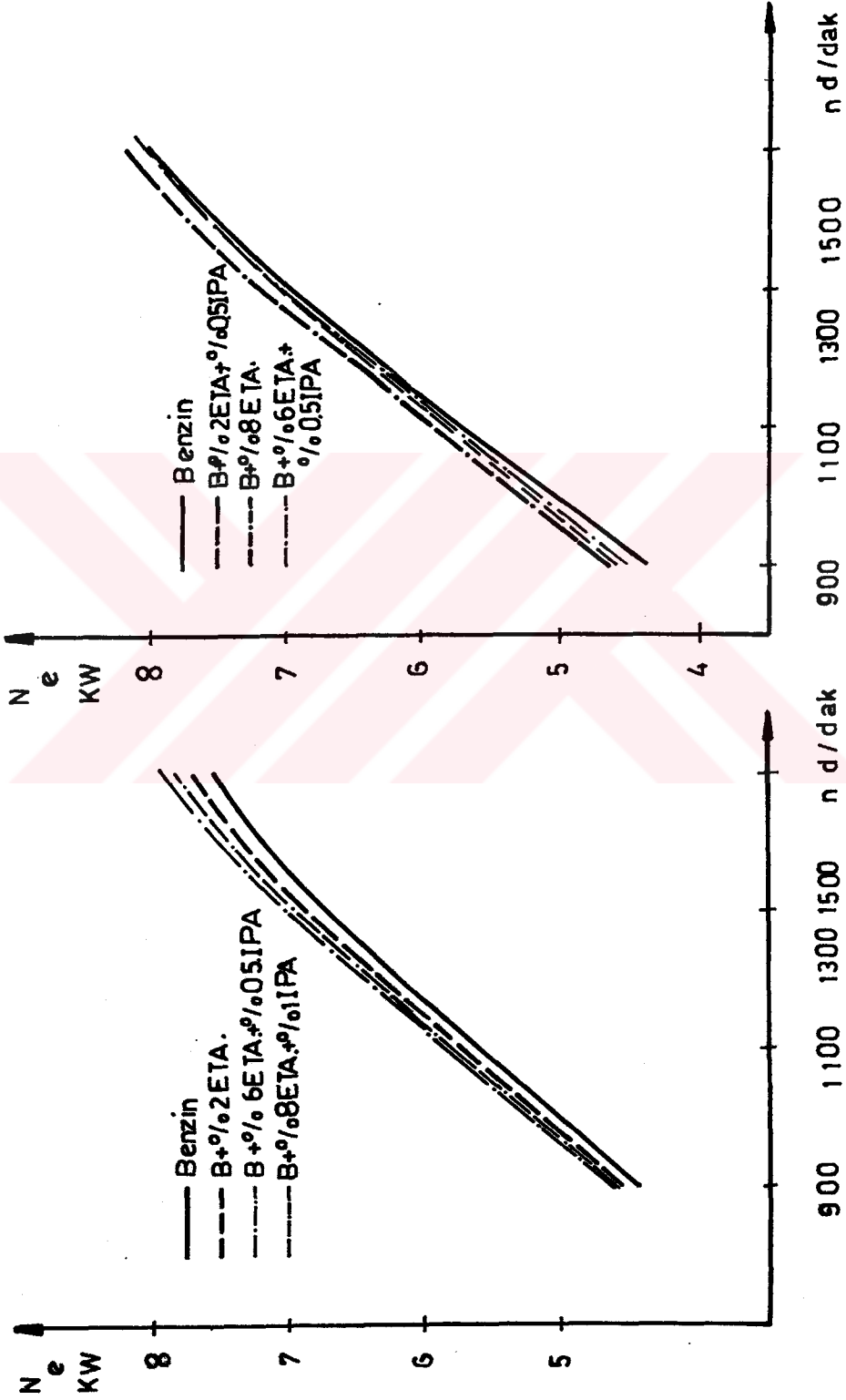
Şekil 6.30. Çeşitli karışımlar için η_e nin değişimi

Şekil 6.31. Çeşitli karışımlar için η_e nin değişimi.



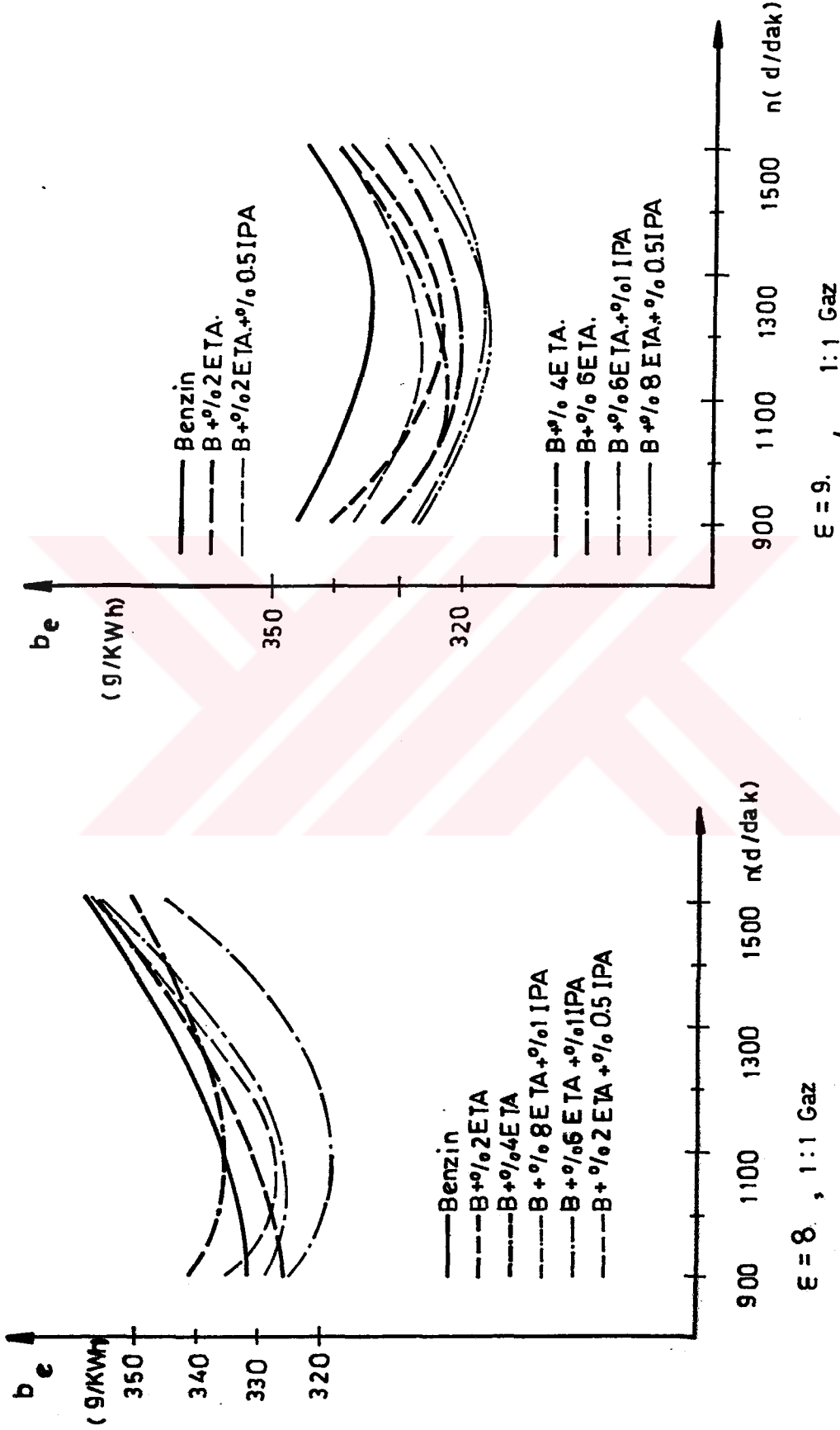
6.32. Çeşitli karışımlar için
%CO nun değişimi.

Şekil 6.33. Çeşitli karışımlar için
%CO nun değişimi.



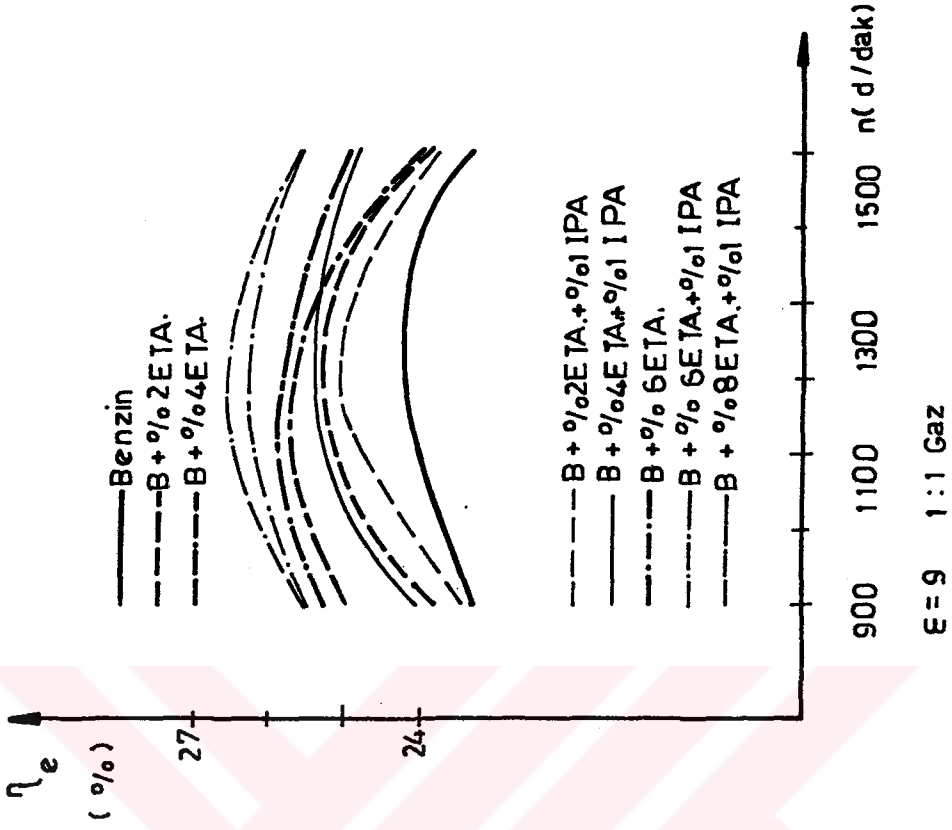
Şekil.6.34. Çeşitli karışımlar için Ne nin değişimi.
E=8, 1:1 Gaz

Şekil.6.35. Çeşitli karışımlar için Ne nin değişimi.
E=9, 1:1 Gaz

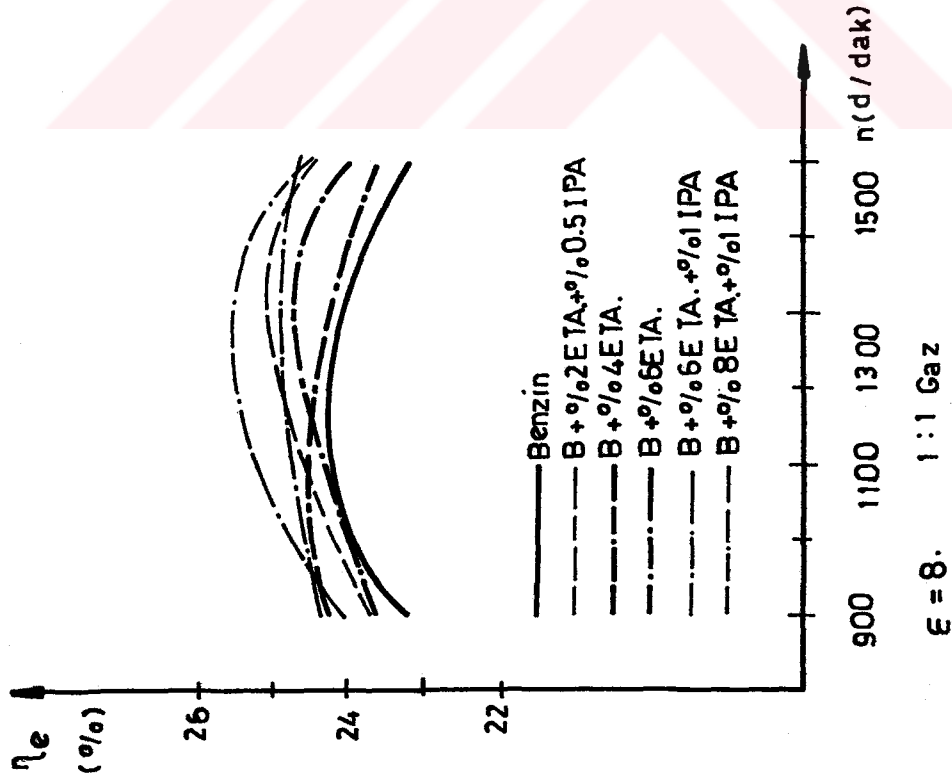


Şekil 6.37. Çeşitli karışımlar için b_e nin değişimi.
 $E = 9$, 1:1 Gaz

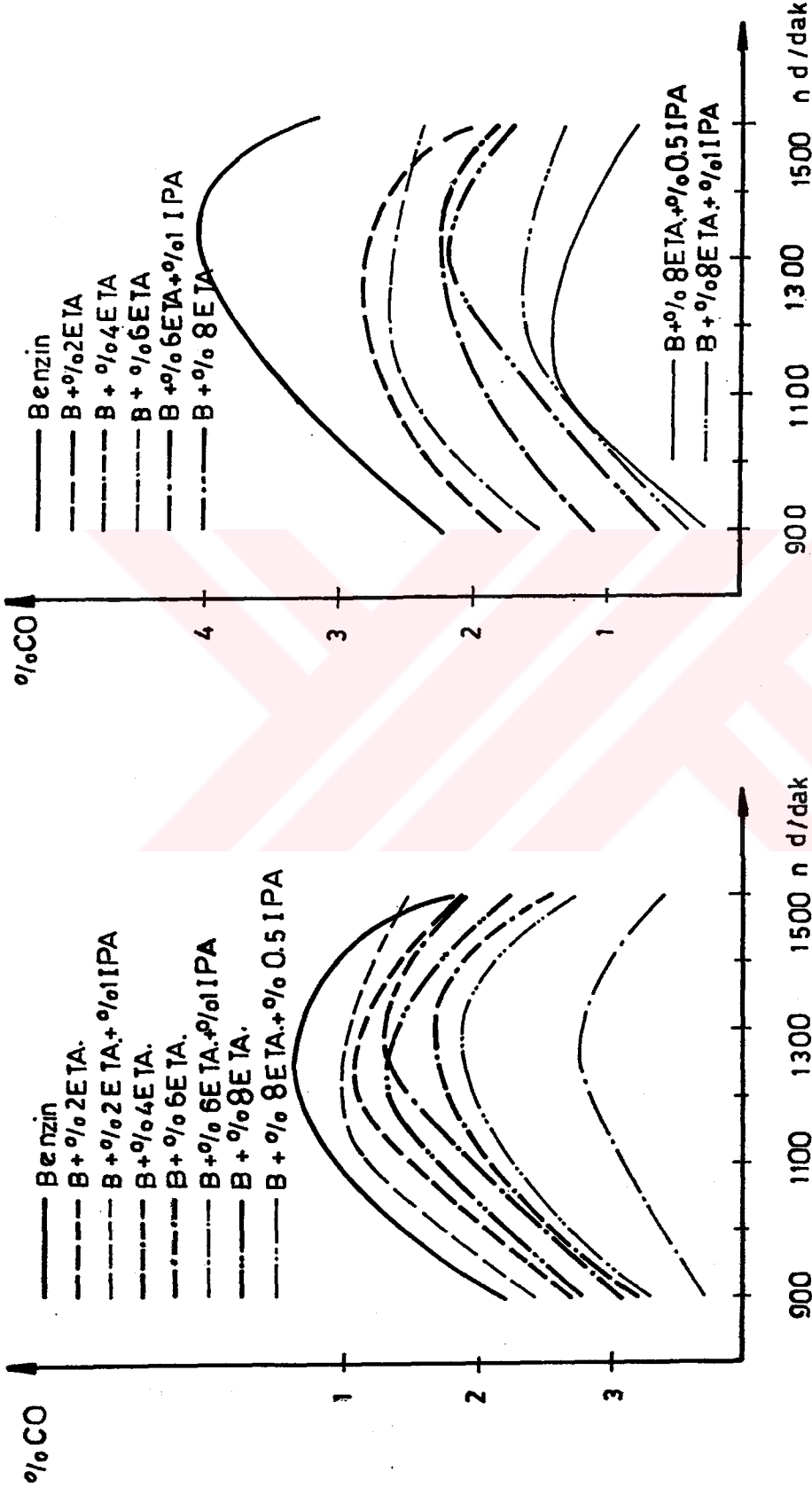
Şekil 6.36. Çeşitli karışımlar için b_e nin değişimi.
 $E = 8$, 1:1 Gaz



Şekil 6.38. Çeşitli karışımlar için η_e nin değişimi.



Şekil 6.39. Çeşitli karışımlar için η_e nin değişimi.



Şekil 6.40. Çeşitli karışımlar için %CO nun değişimi.

Şekil 6.41. Çeşitli karışımlar için %CO nun değişimi.

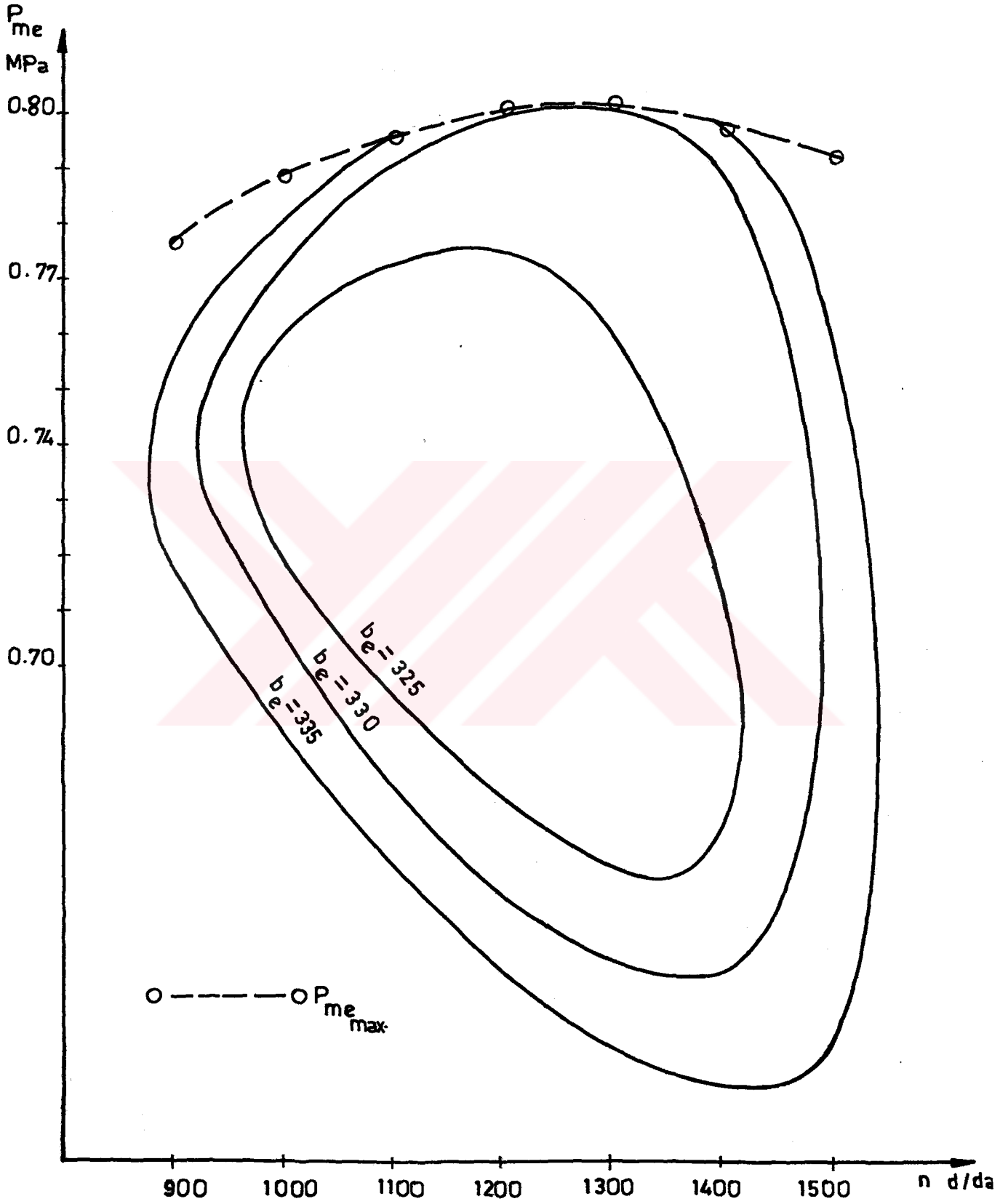
6.3.3. Performans Eğrileri

Bölüm 6.3.1 de açıklandığı gibi, yapılan her deney sonunda hesaplanan motor karakteristiklerinin devir sayısına göre değişimlerini gösteren diyagramlar çizildi. Çizilen bu diyagramları kullanarak motorun performans eğrileri oluşturuldu. Performans eğrilerinin çizilmesini kısaca genellemek gerekirse; örnek olarak bir ϵ_x sıkıştırma oranında k adet değişik gaz durumu için deneyler yapılmış olsun. ϵ_x sıkıştırma oranı için performans eğrilerini oluştururken özgül yakıt tüketiminin en yüksek değeri ile en düşük değeri arasında bir kaç tane b_e değeri seçilir. Örneğin bir b_{ex} =sabit eğrisi oluşturmak için; ϵ_x sıkıştırma oranında k tane değişik gaz durumu için çizilen motor karakteristiklerinin devir sayısına göre değişimleri diyagramlarının her birinde b_{ex} değerinin elde edildiği devir sayılarında elde edilen P_{me} değerleri okunur. Düşey ekseninde P_{me} , yatay ekseninde n nin yer aldığı performans diyagramında, her diyagramdan b_{ex} değeri için okunan P_{me} değerleri, elde edildikleri devir sayılarının üzerinde olacak şekilde işaretlenirler ve işaretlenen bu noktaların her birinin üstüne b_{ex} yazılarak birleştirilmeleri sonucu; yumurta formunda $b_{ex} = \text{sabit}$ eğrisi çizilmiş olur. Seçilen diğer özgül yakıt tüketimi değerleri için de aynı işlemler yapılarak, onlar için de birer eğri çizilir. Sonuçta en içte minimum sabit yakıt tüketimi eğrisi olacak şekilde iç içe yumurta formunda kapalı performans eğrileri oluşturulmuş olur.

Motor, üretebileceği maksimum efektif basıncın üzerinde çalışamayacağından dolayı, performans eğrilerinin çizildiği sıkıştırma oranında her devir sayısında elde edilebilen maksimum P_{me} değerleri belirlenip, performans diyagramında işaretlenip birleştirildiklerinde; o sıkıştırma oranında motorun üretebileceği maksimum P_{me} değerlerinin devir sayısı ile değişimini gösteren P_{memax} . eğrisi elde edilir. Bu eğrinin $b_e = \text{sabit}$ eğrilerini kestiği noktaların üst kısımları atılır. İşlemlerden sonra motorun gerçek performans diyagramı oluşturulmuş olur.

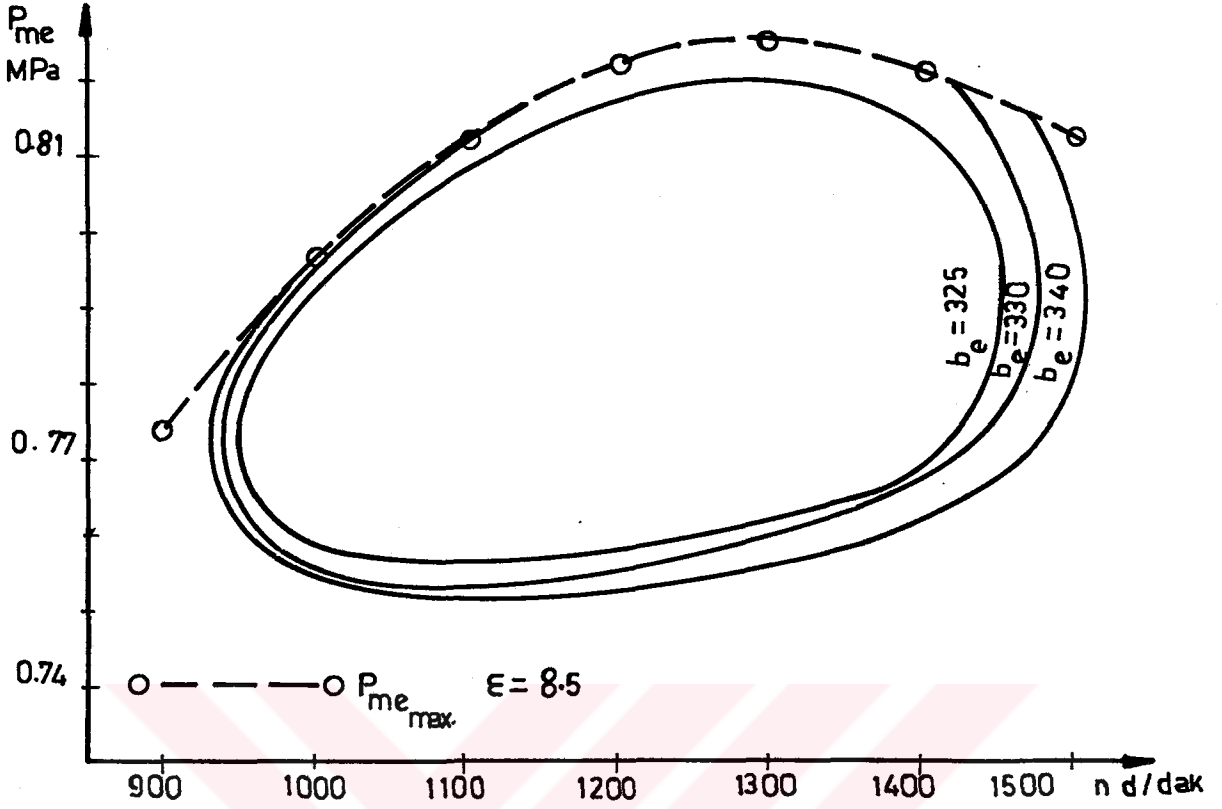
Performans diyagramları Şekil 6.42,.....,6.69 de verildi. Bu diyagramlardan elde edilen tablo değerleri ise Tablo 7.1 ve Tablo 7.2 de verildi.



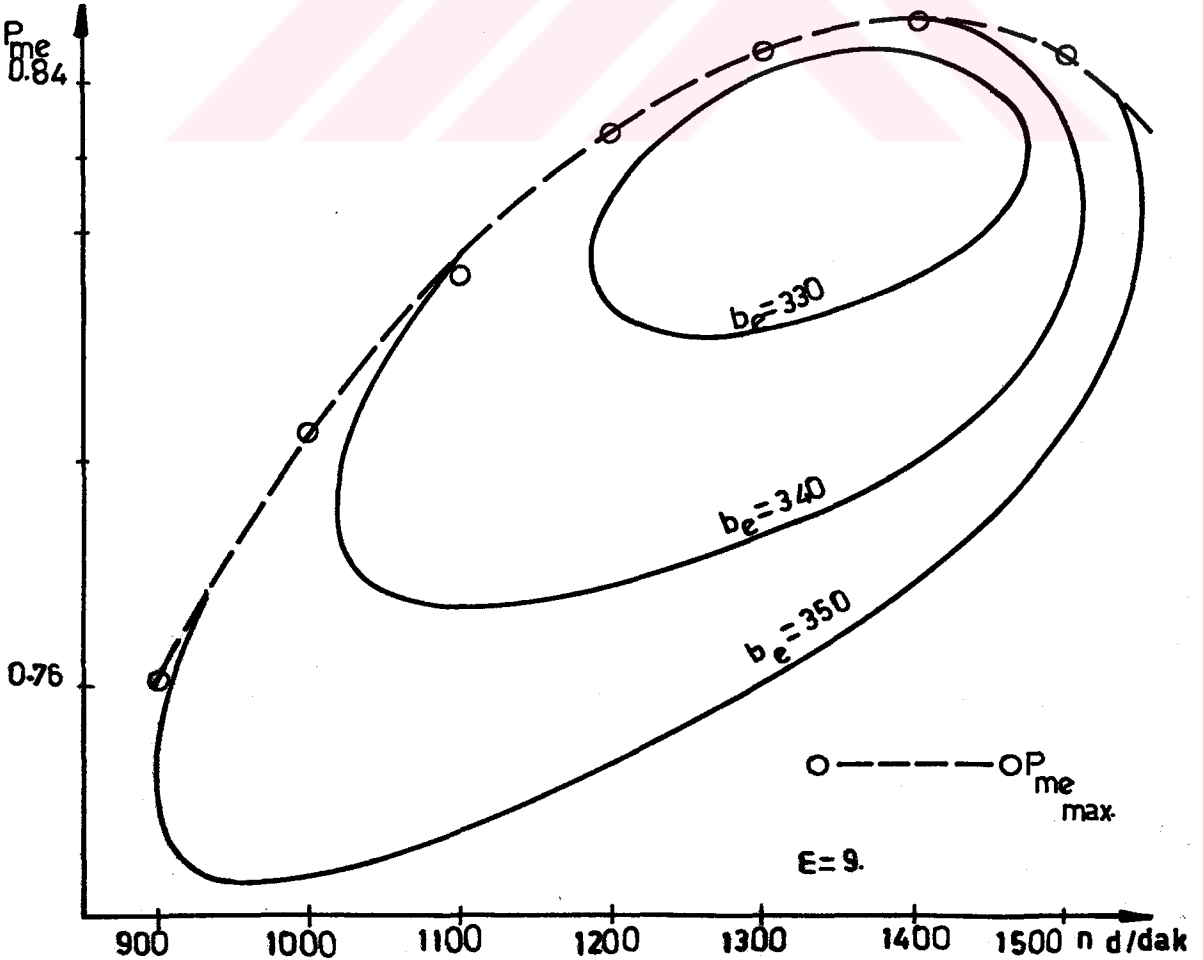


$\epsilon = 8$.

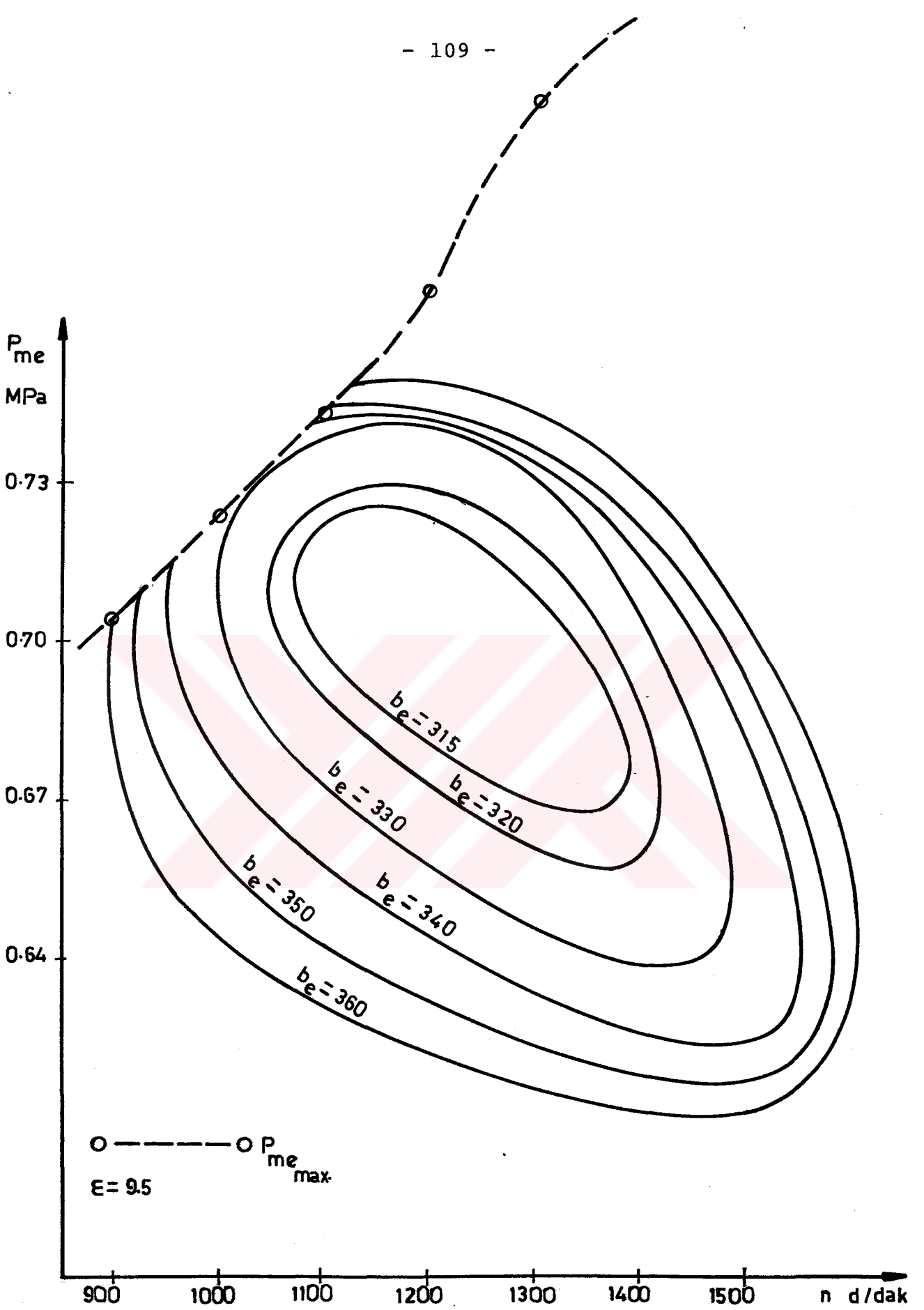
Şekil 6.42. Benzin+80 Alkol için performans eğrileri.



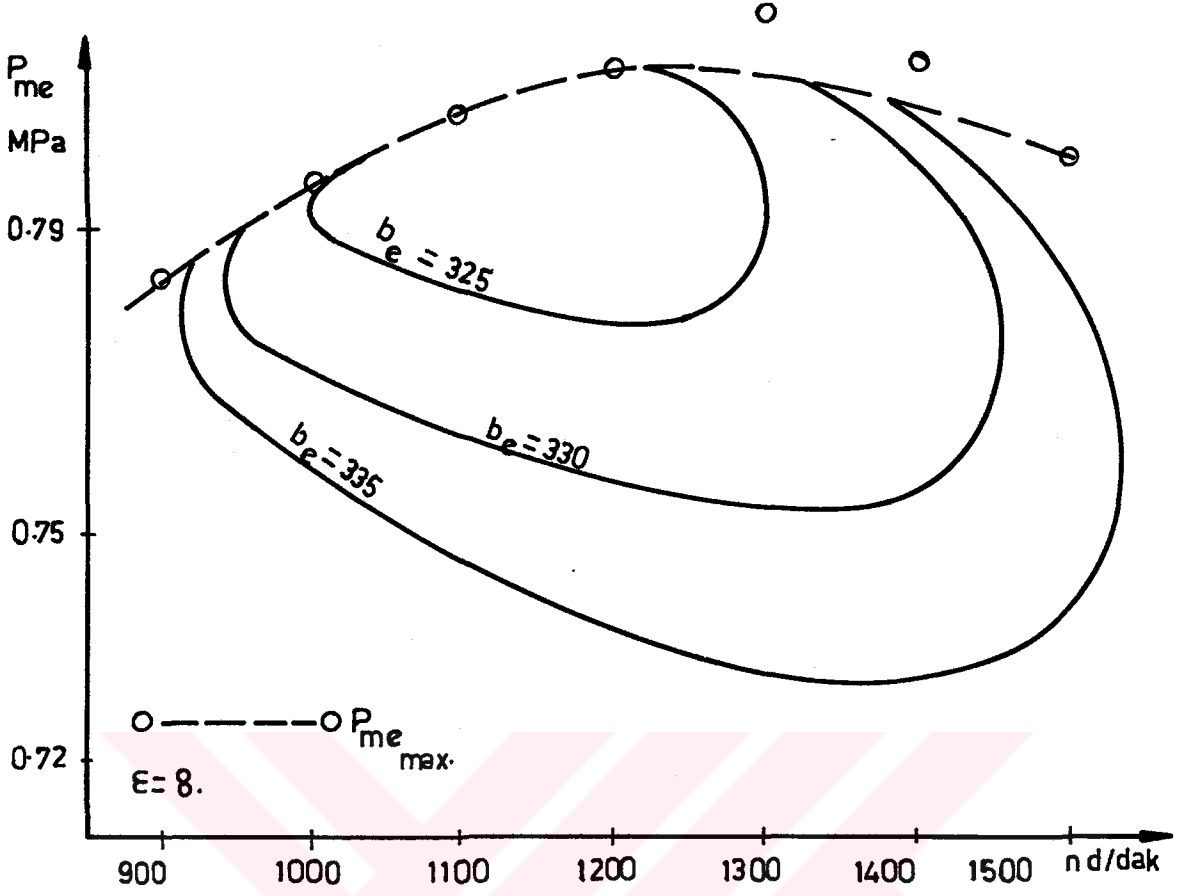
Şekil 6.43. Benzin+%0 Alkol için performans eğrileri.



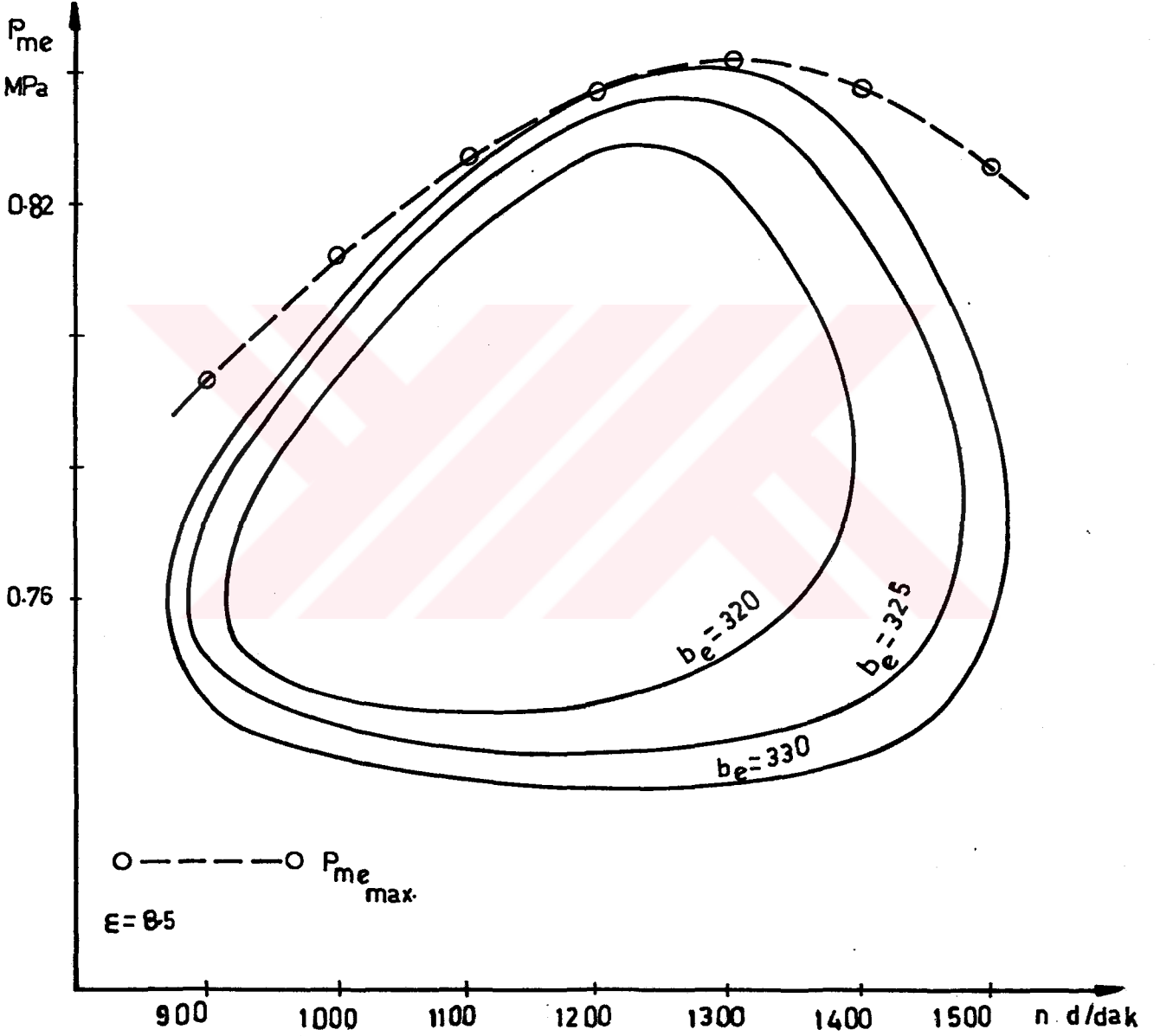
Şekil 6.44. Benzin+%0 Alkol için performans eğrileri.



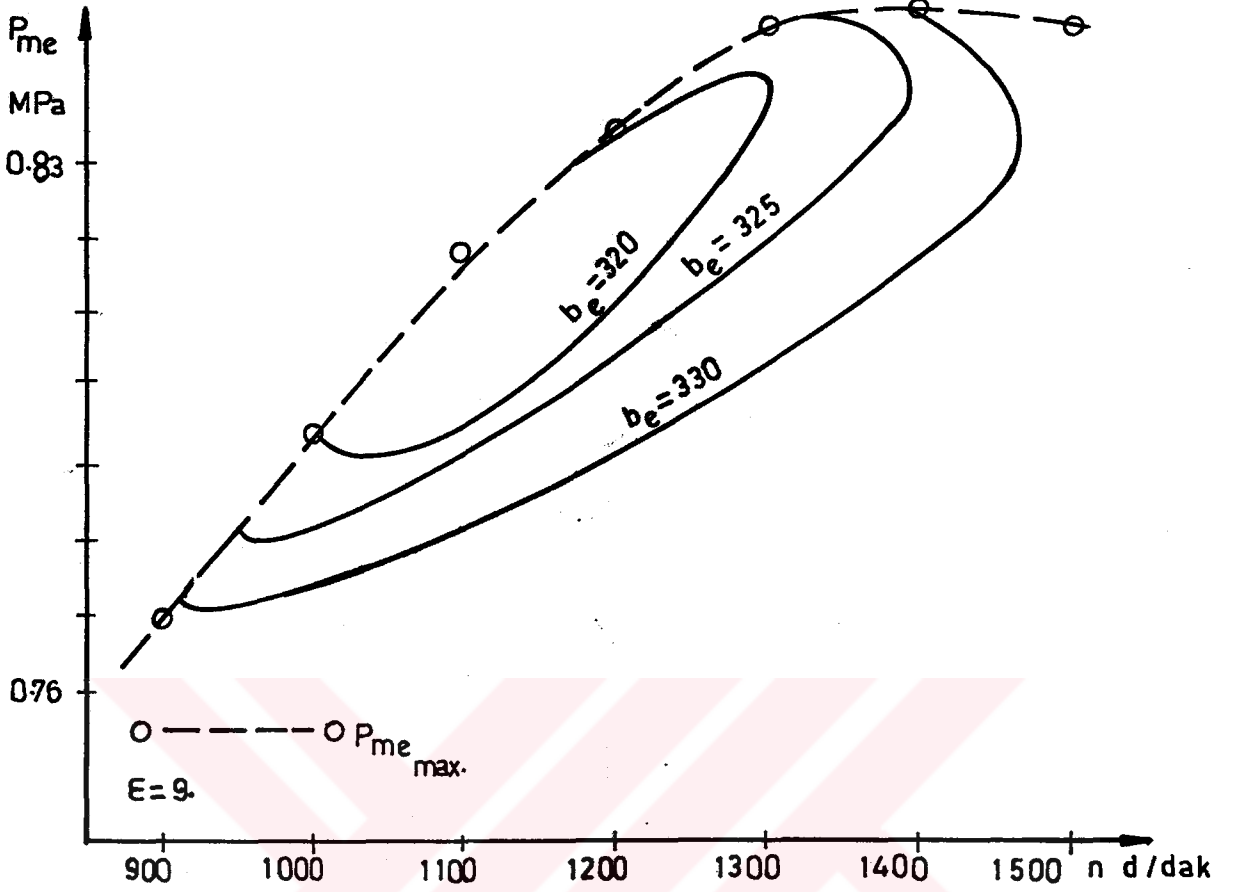
Şekil 6.45. Benzin+80 Alkol için performans eğrileri.



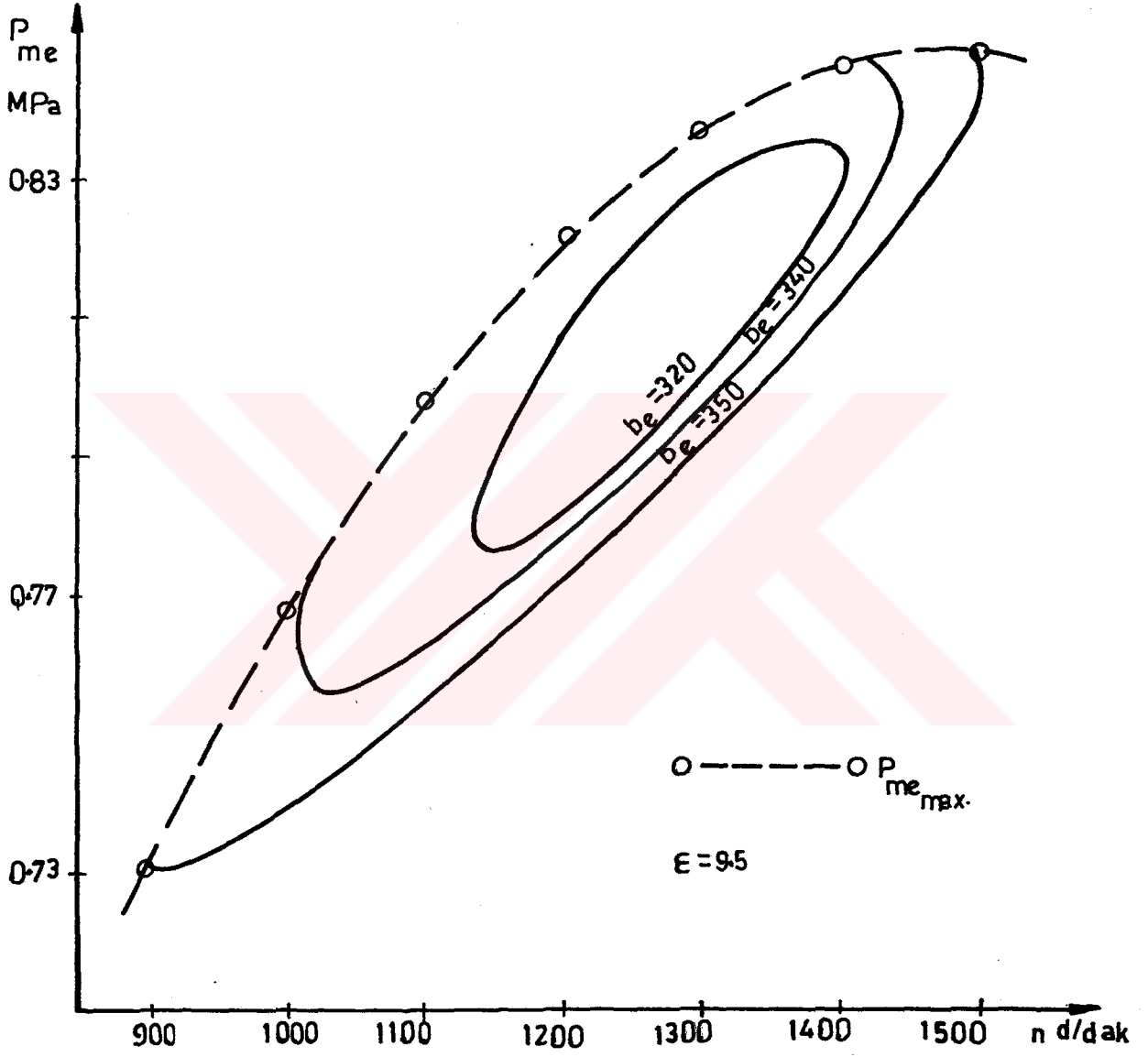
Şekil 6.46. Benzine+4 ETA için performans eğrileri.



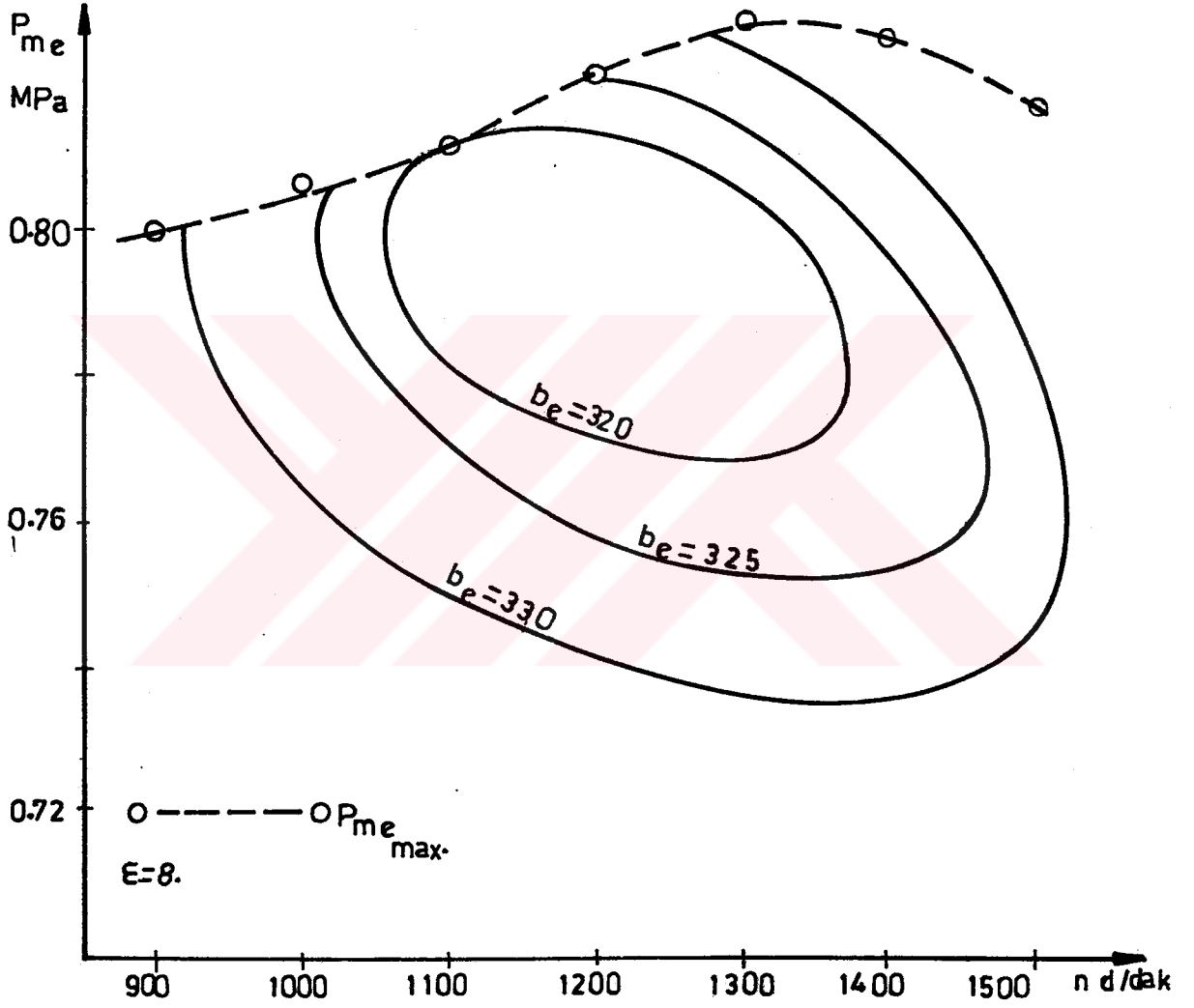
Şekil 6.47. Benzine+4 ETA için performans eğrileri.



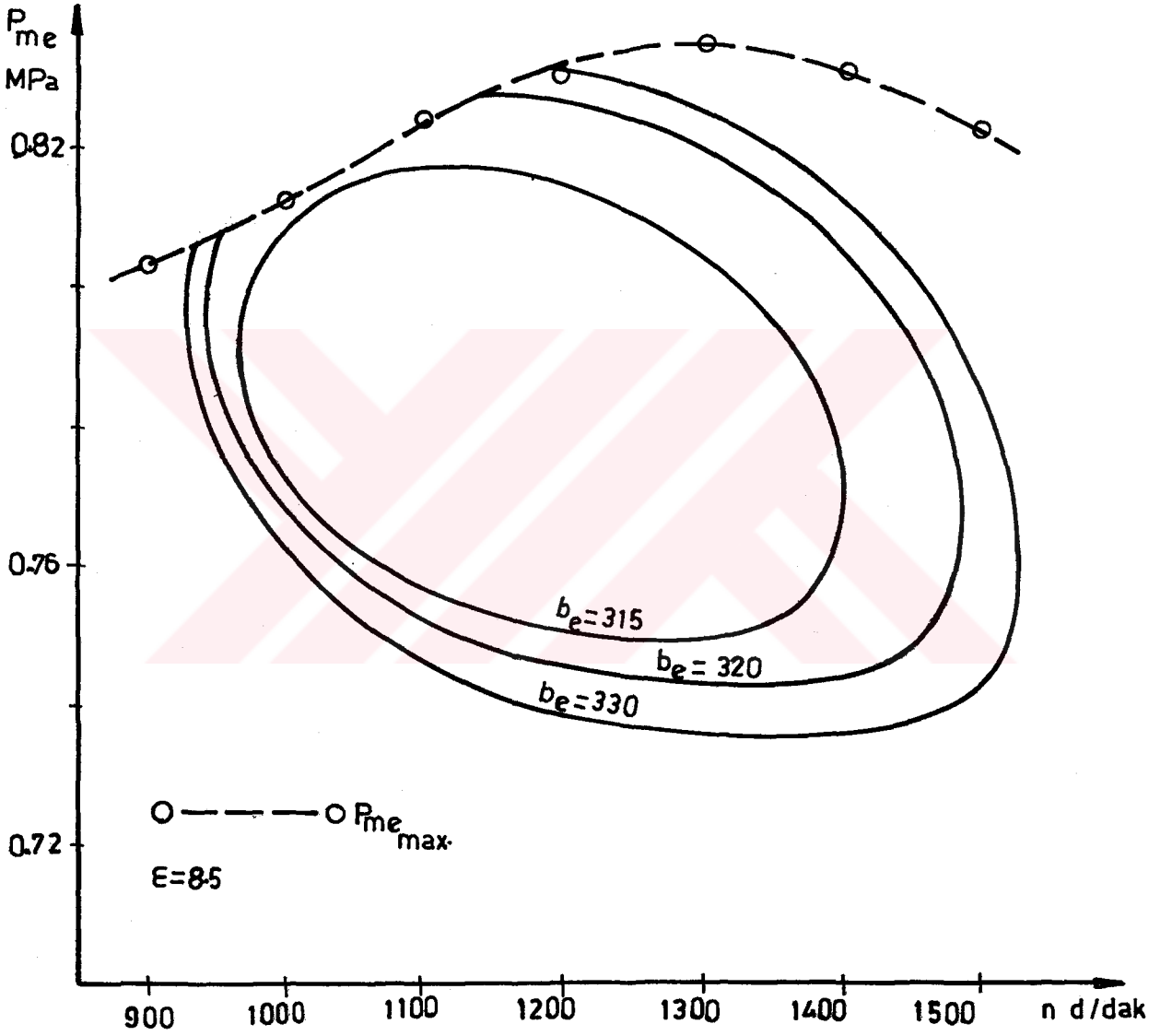
Şekil 6.48. Benzine+4% ETA için performans eğrileri.



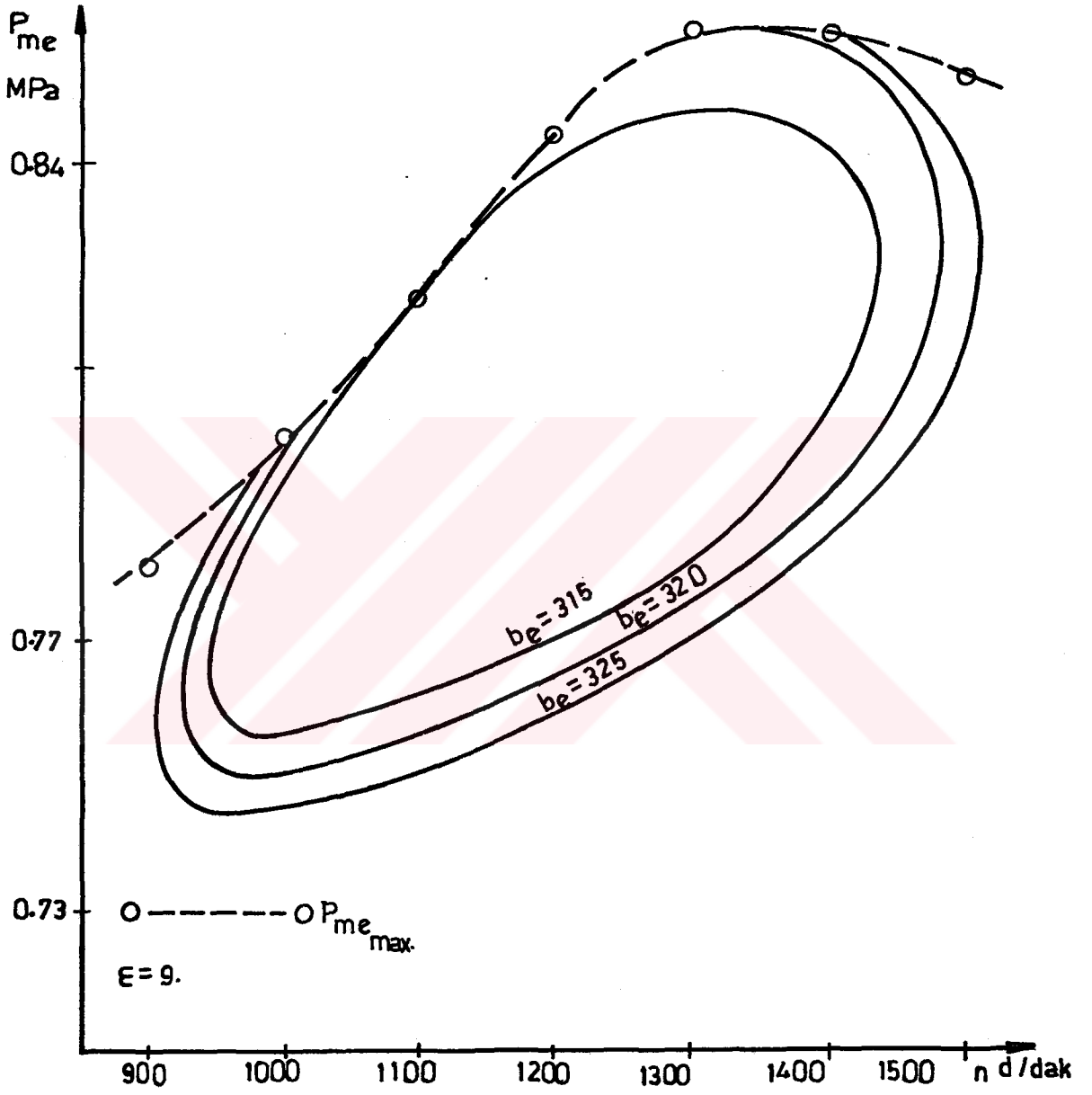
Şekil 6.49. Benzine+4 ETA için performans eğrileri.



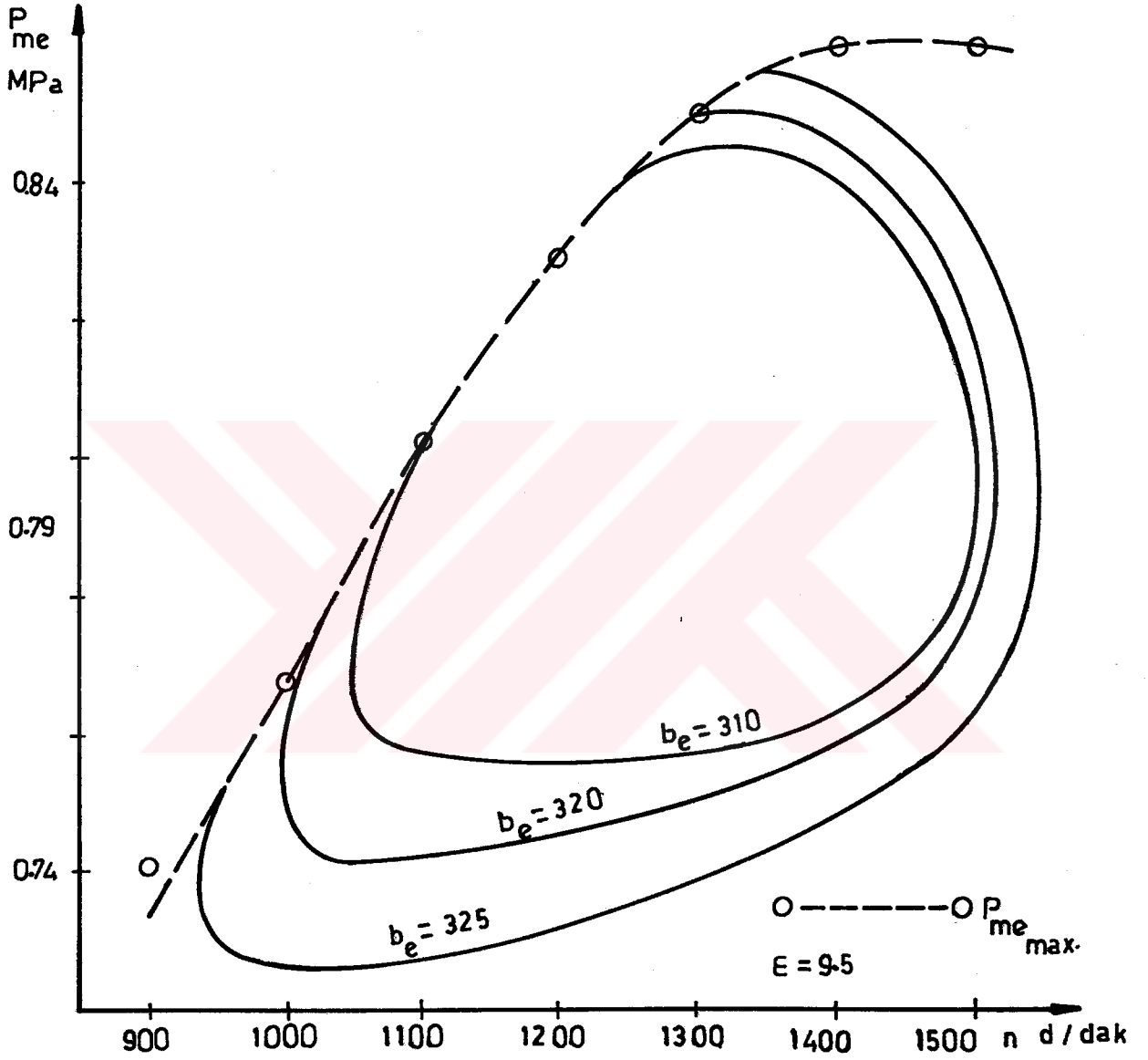
Şekil 6.50. Benzine+6% ETA için performans eğrileri.



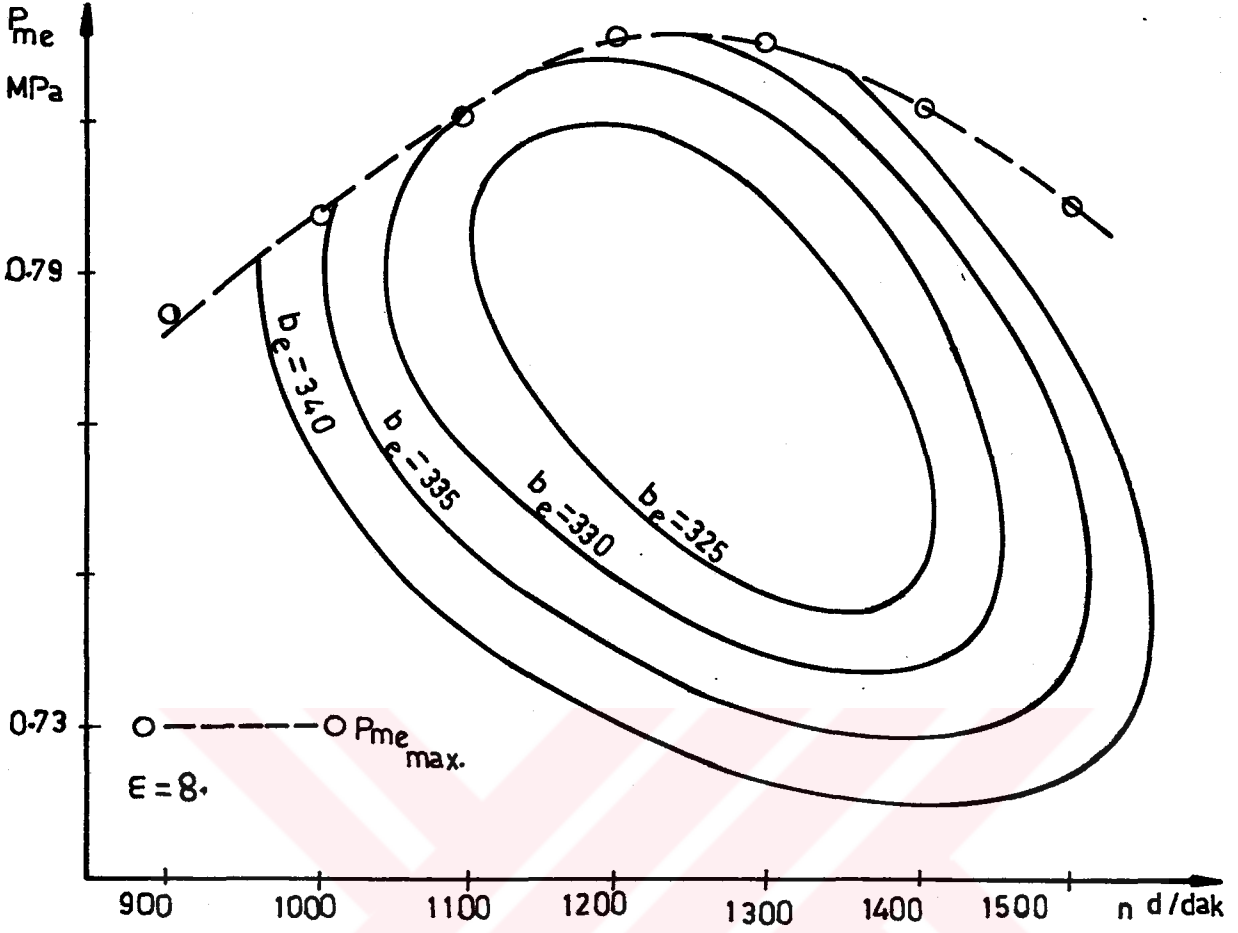
Şekil 6.51. Benzin+%6 ETA için performans eğrileri.



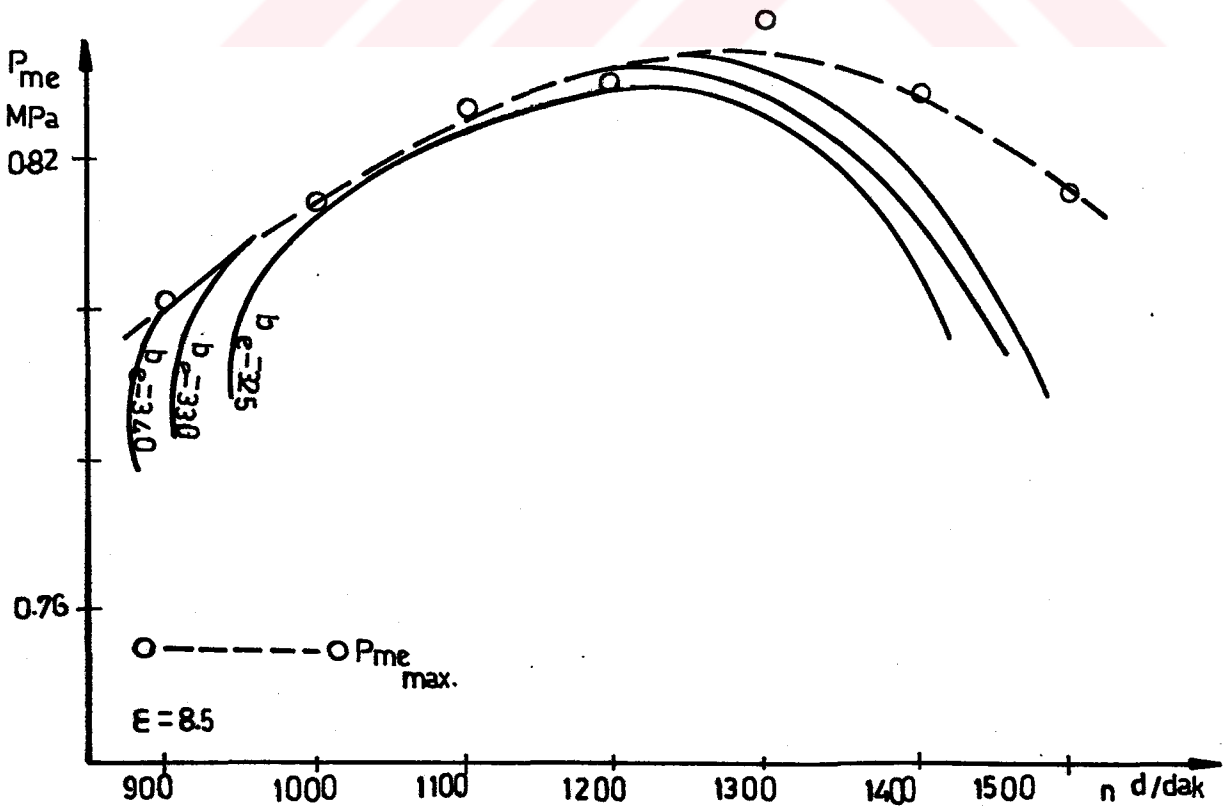
Şekil 6.52. Benzin+%6 ETA için performans eğrileri.



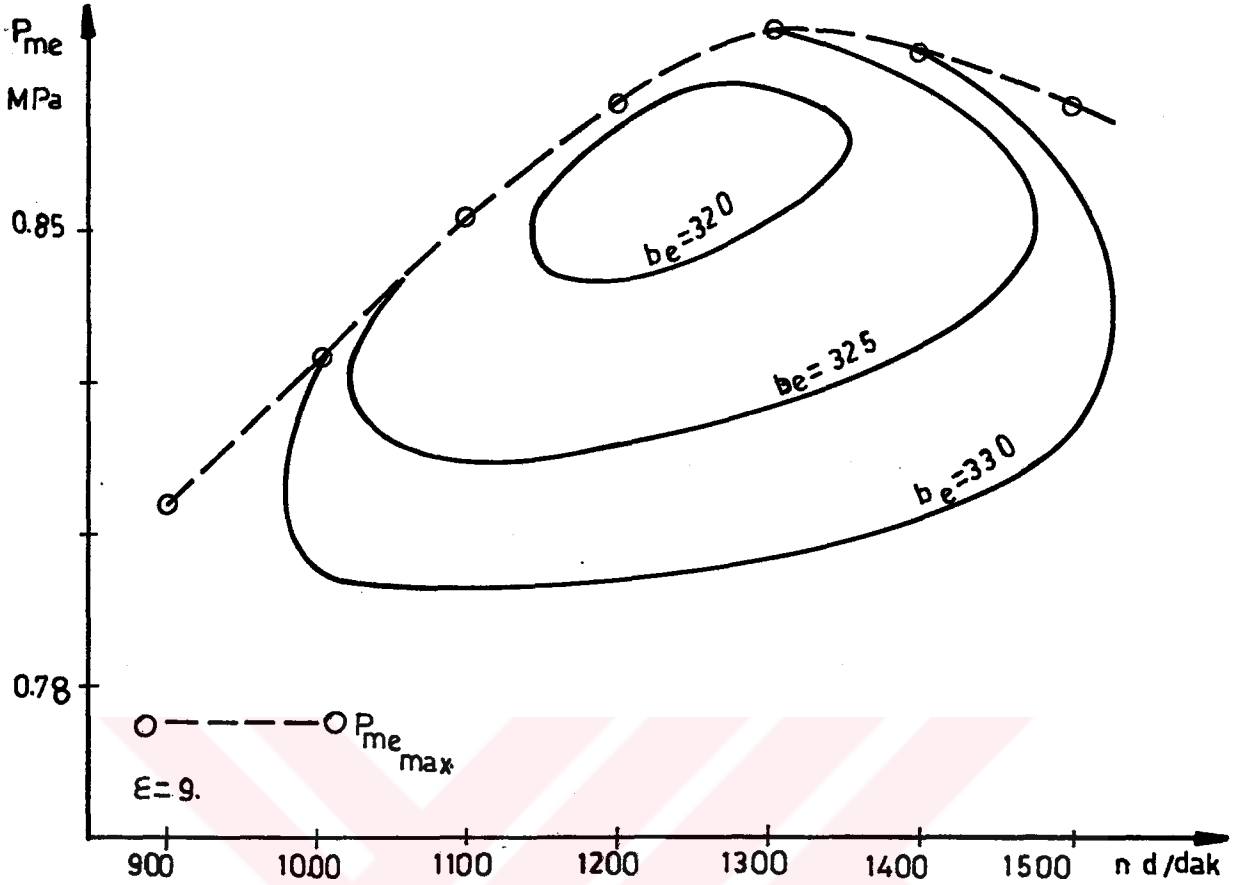
Şekil 6.53. Benzin+%6 ETA için performans eğrileri.



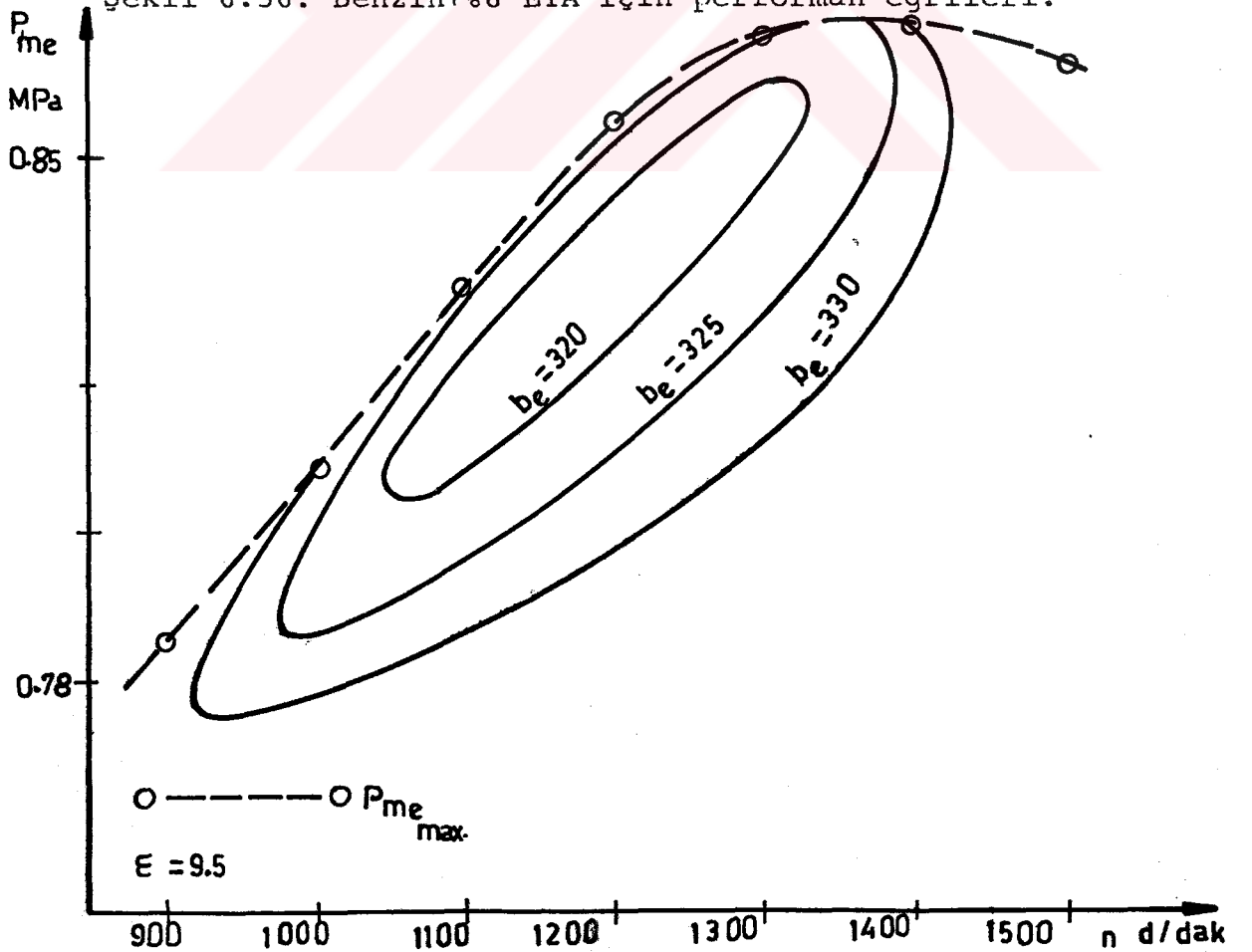
Şekil 6.54. Benzin+%8 ETA için performans eğrileri.



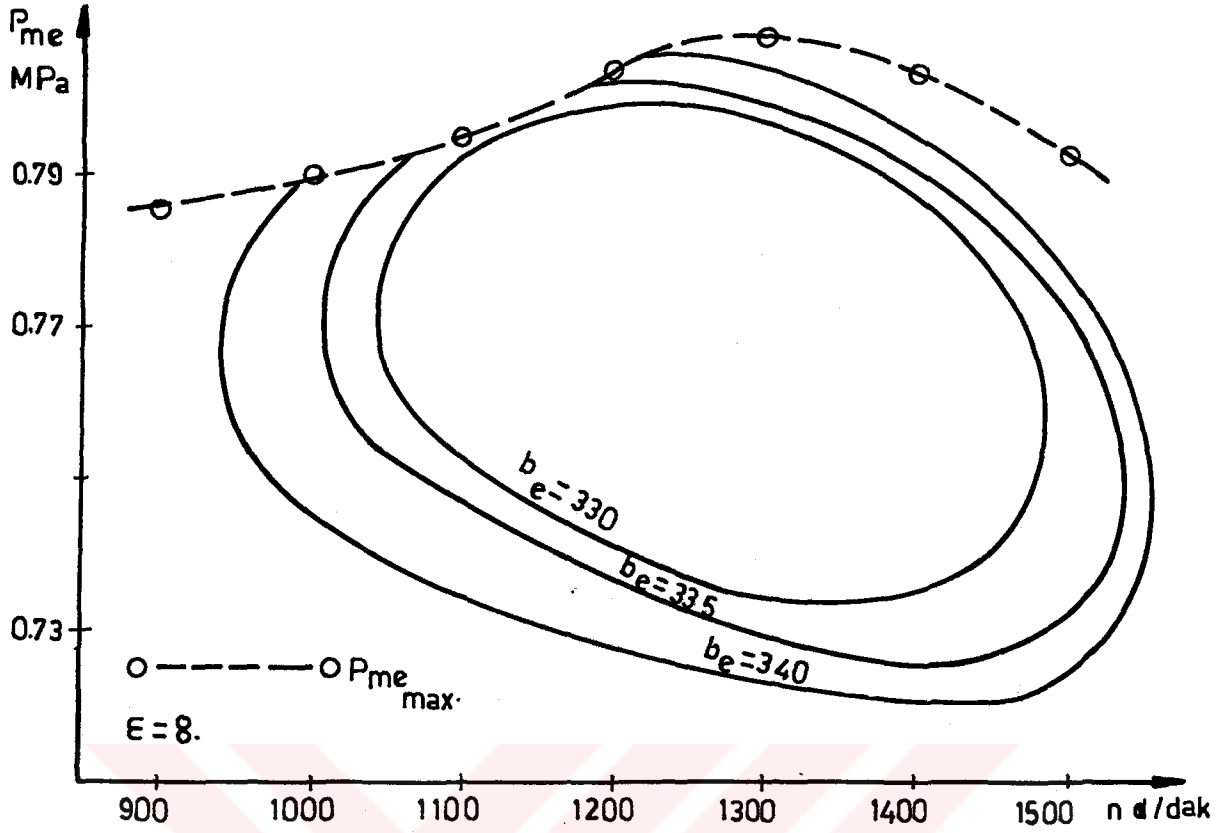
Şekil 6.55. Benzin+%8 ETA için performans eğrileri.



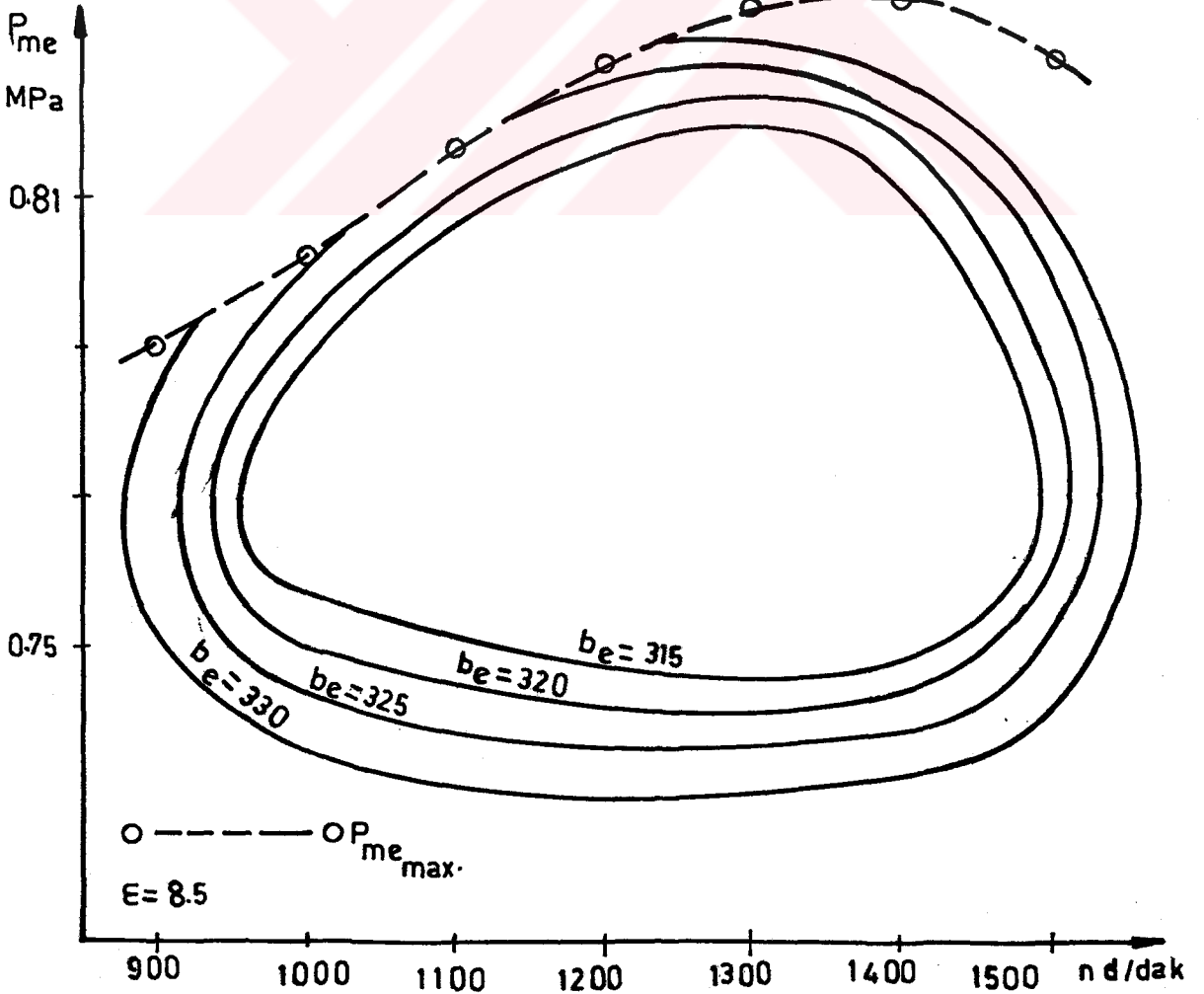
Şekil 6.56. Benzine+%8 ETA için performans eğrileri.



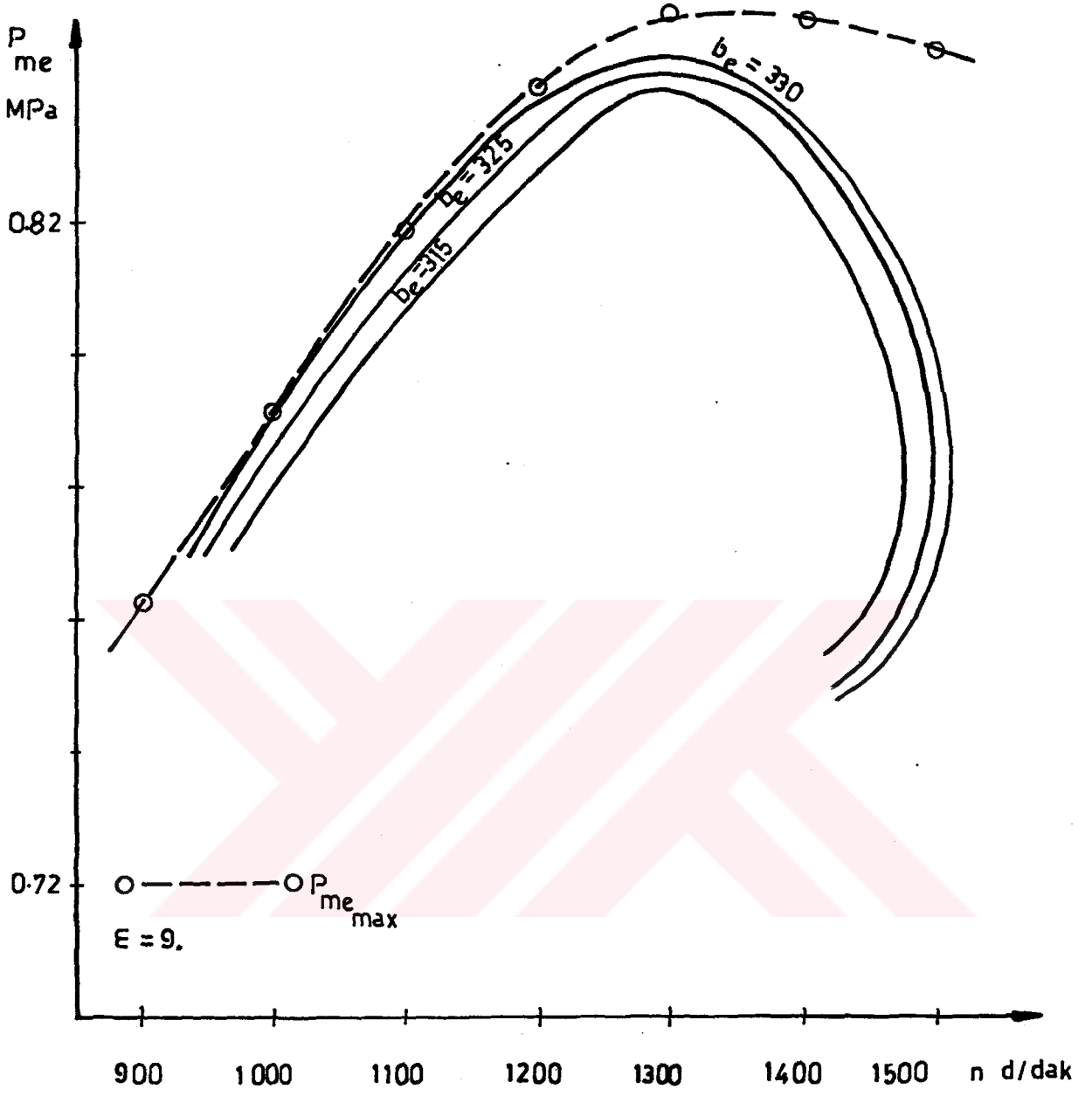
Şekil 6.57. Benzine+%8 ETA için performans eğrileri.



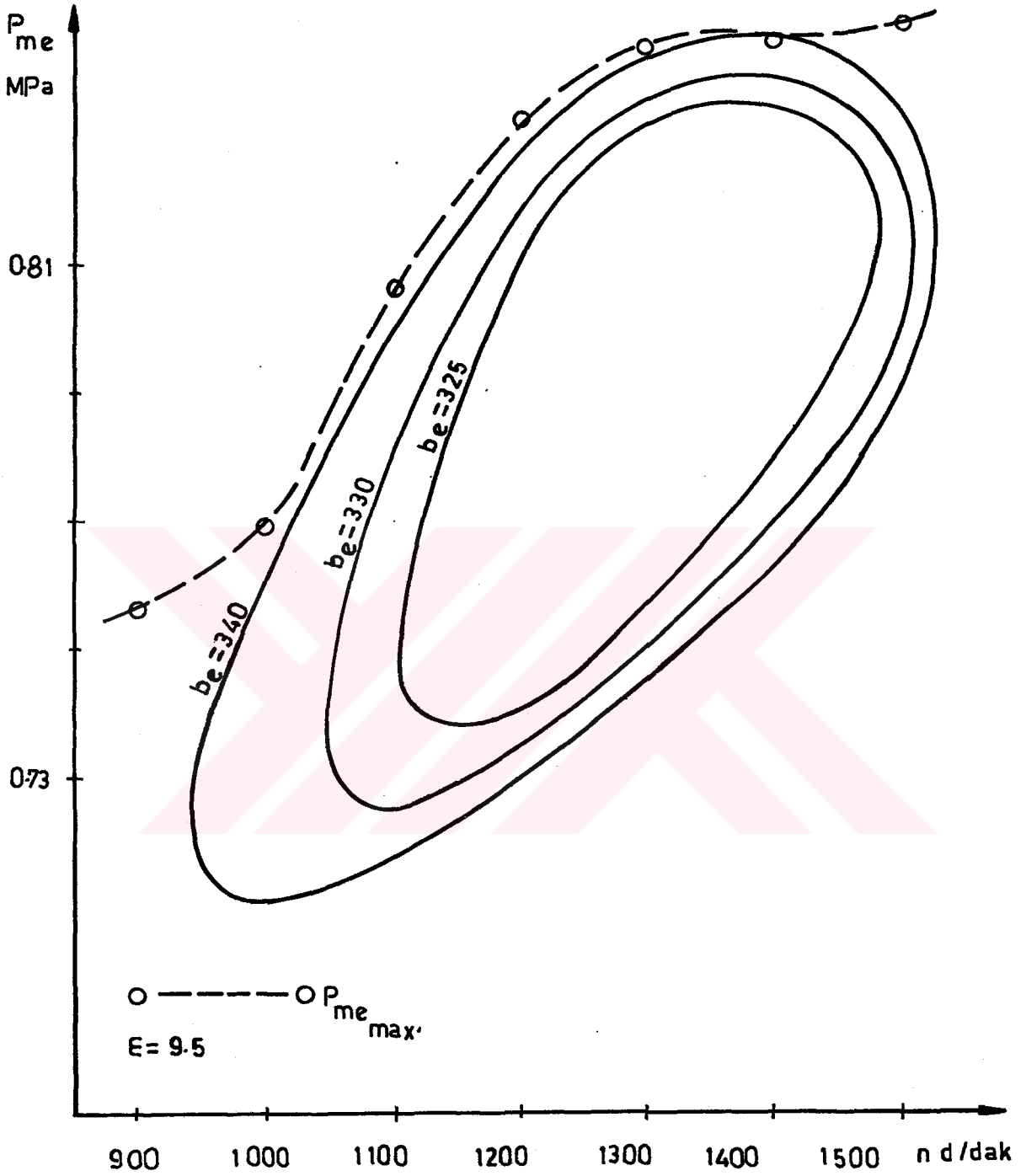
Şekil 6.58. Benzin+%4 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



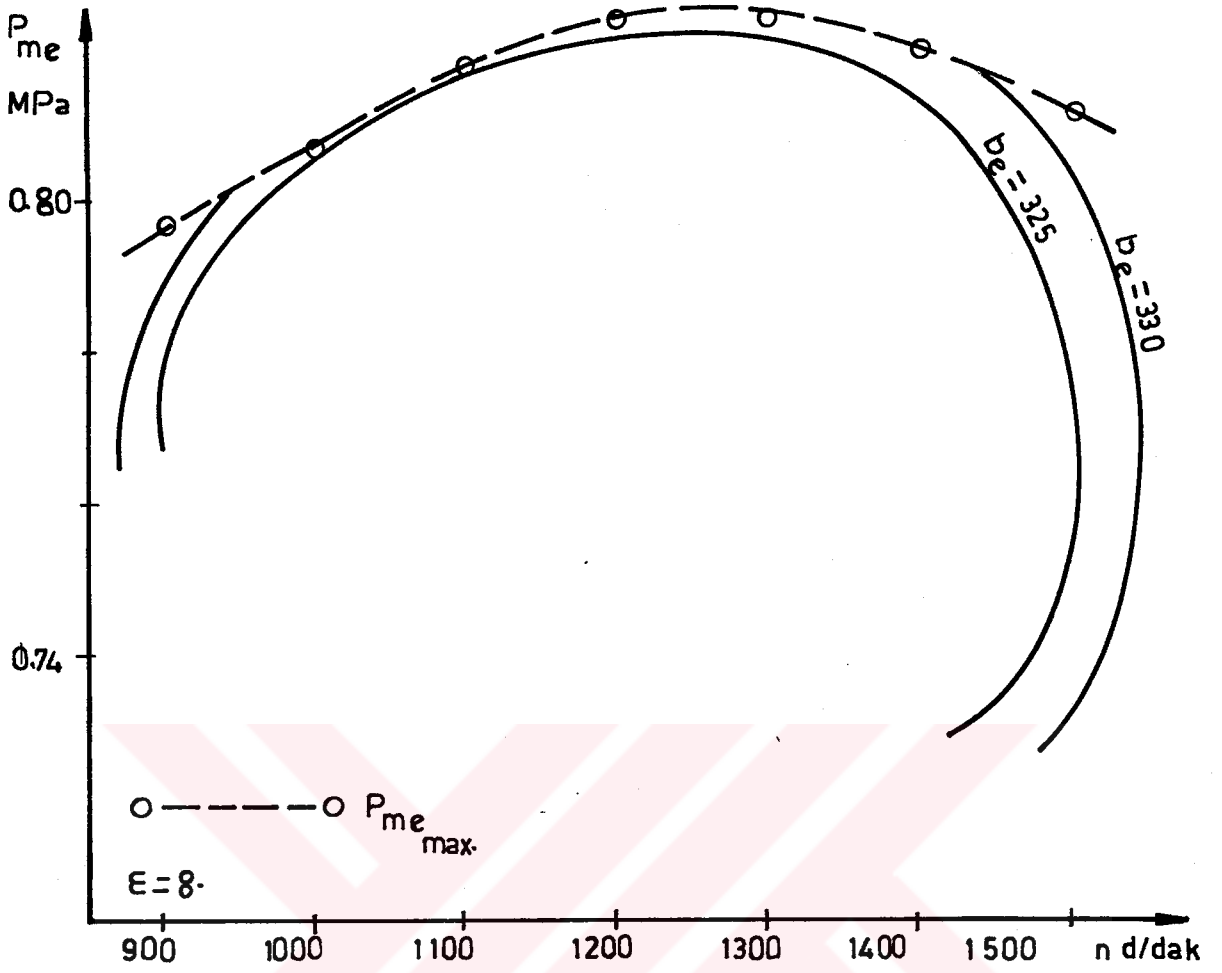
Şekil 6.59. Benzin+%4 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



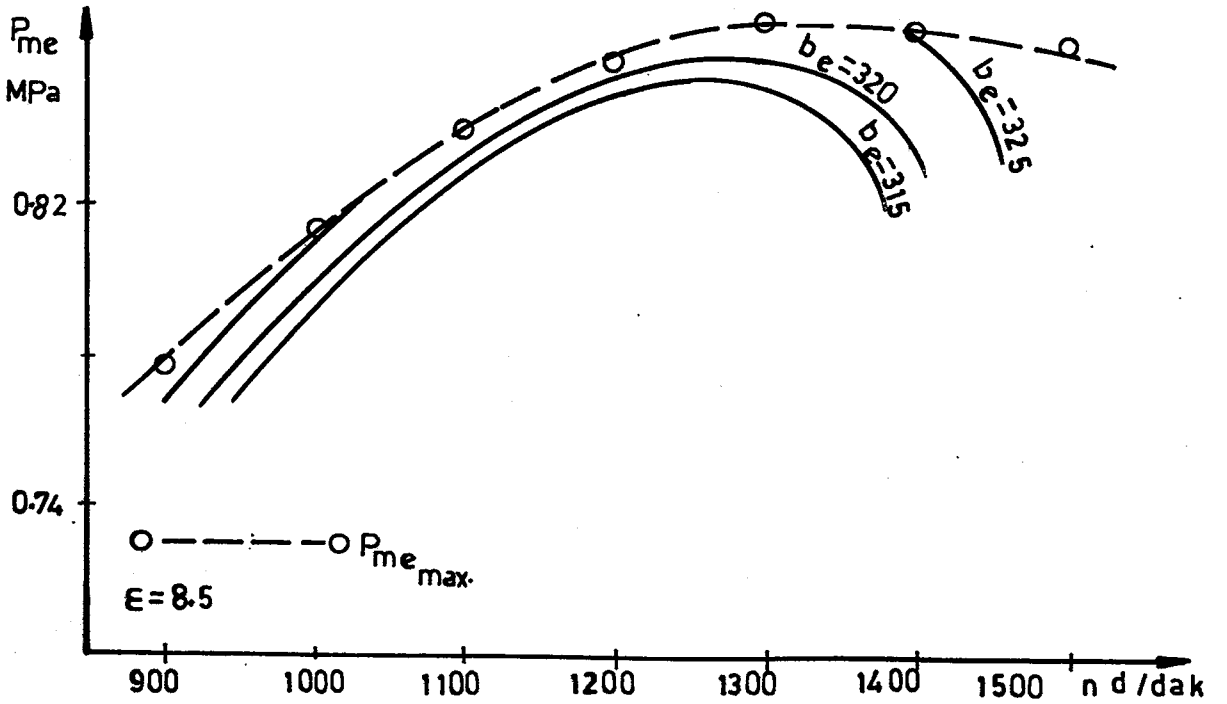
Şekil 6.60. Benzin +%4 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



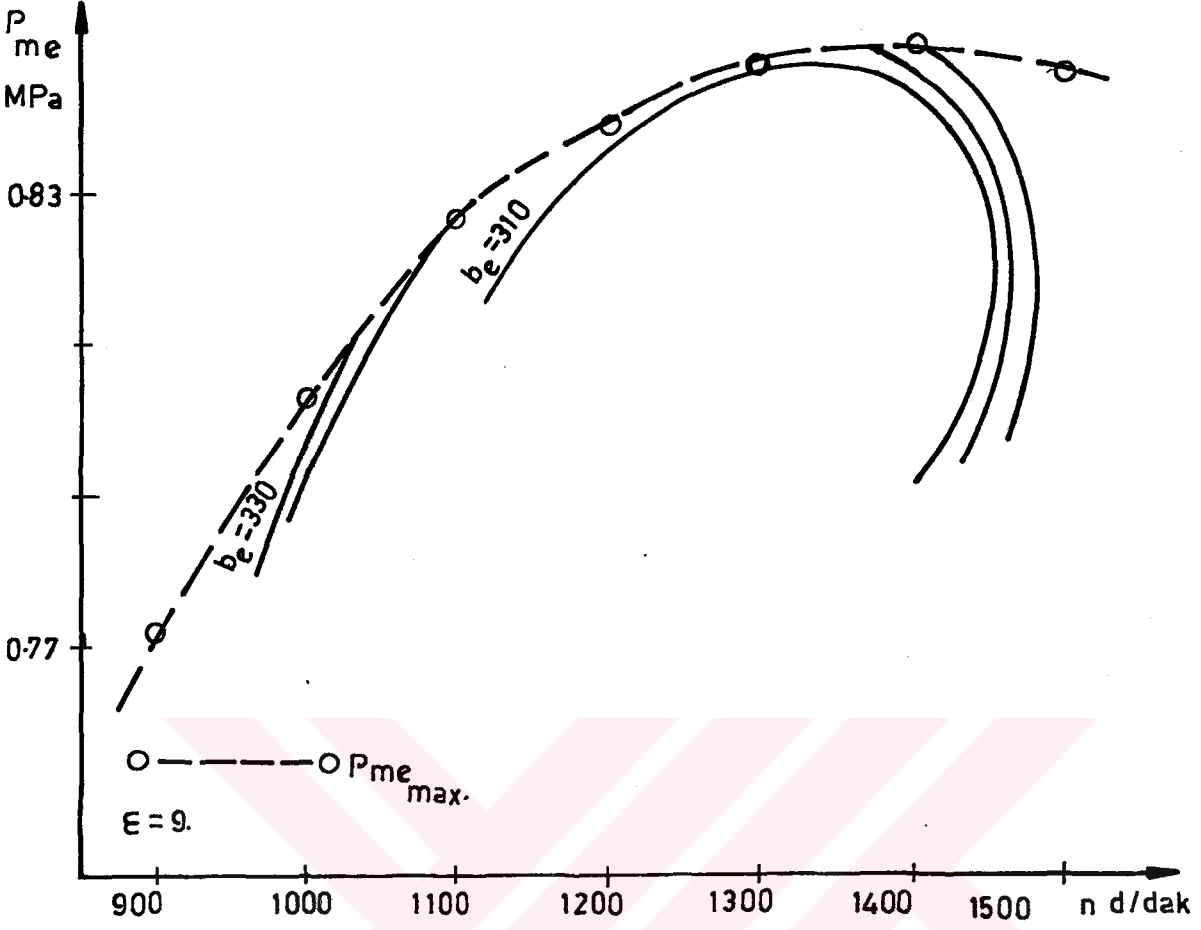
Şekil 6.61. Benzin+%4 ETA +%1 IPA için perpormans eğrileri.



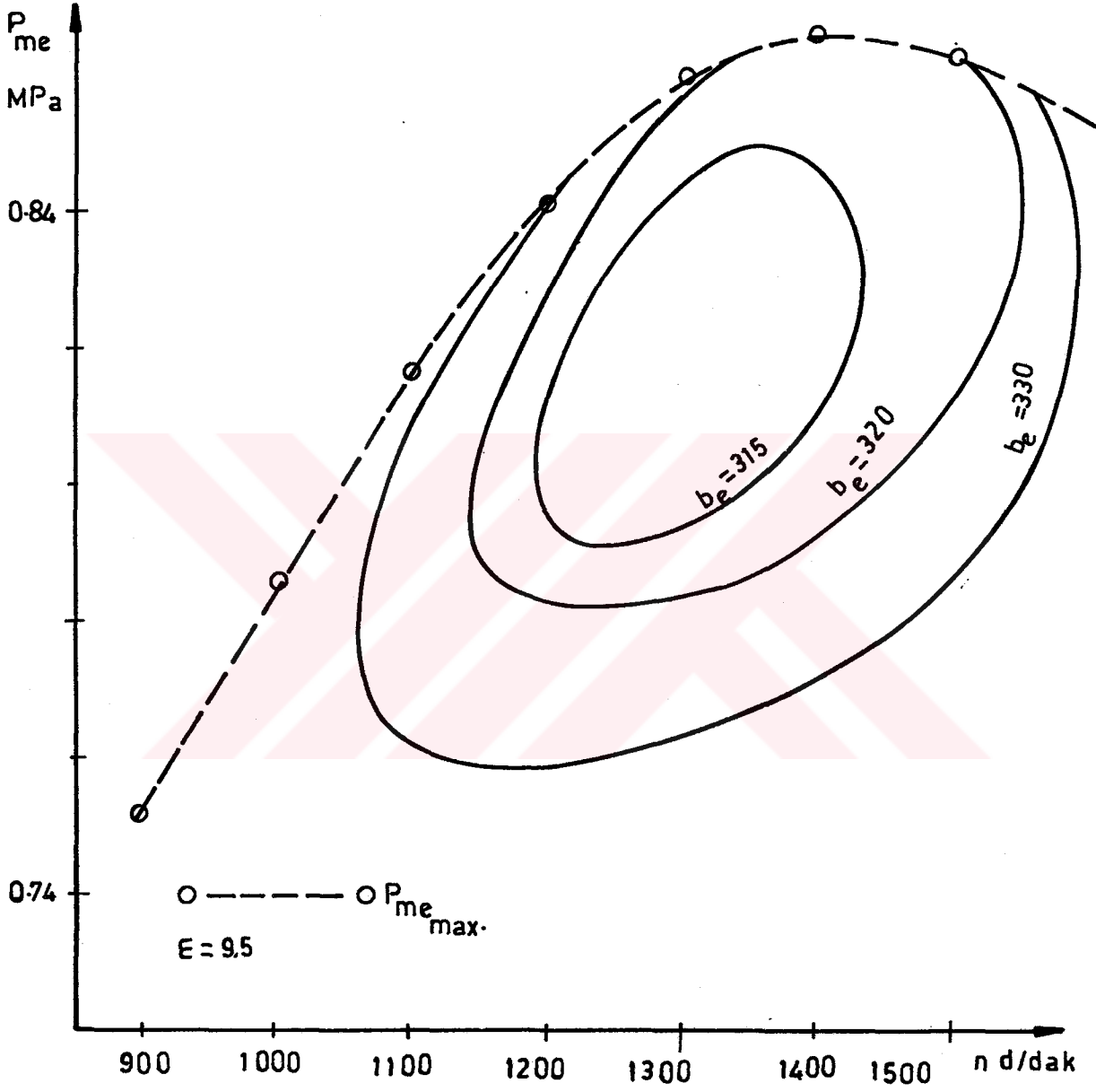
Şekil 6.62. Benzin+%6 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



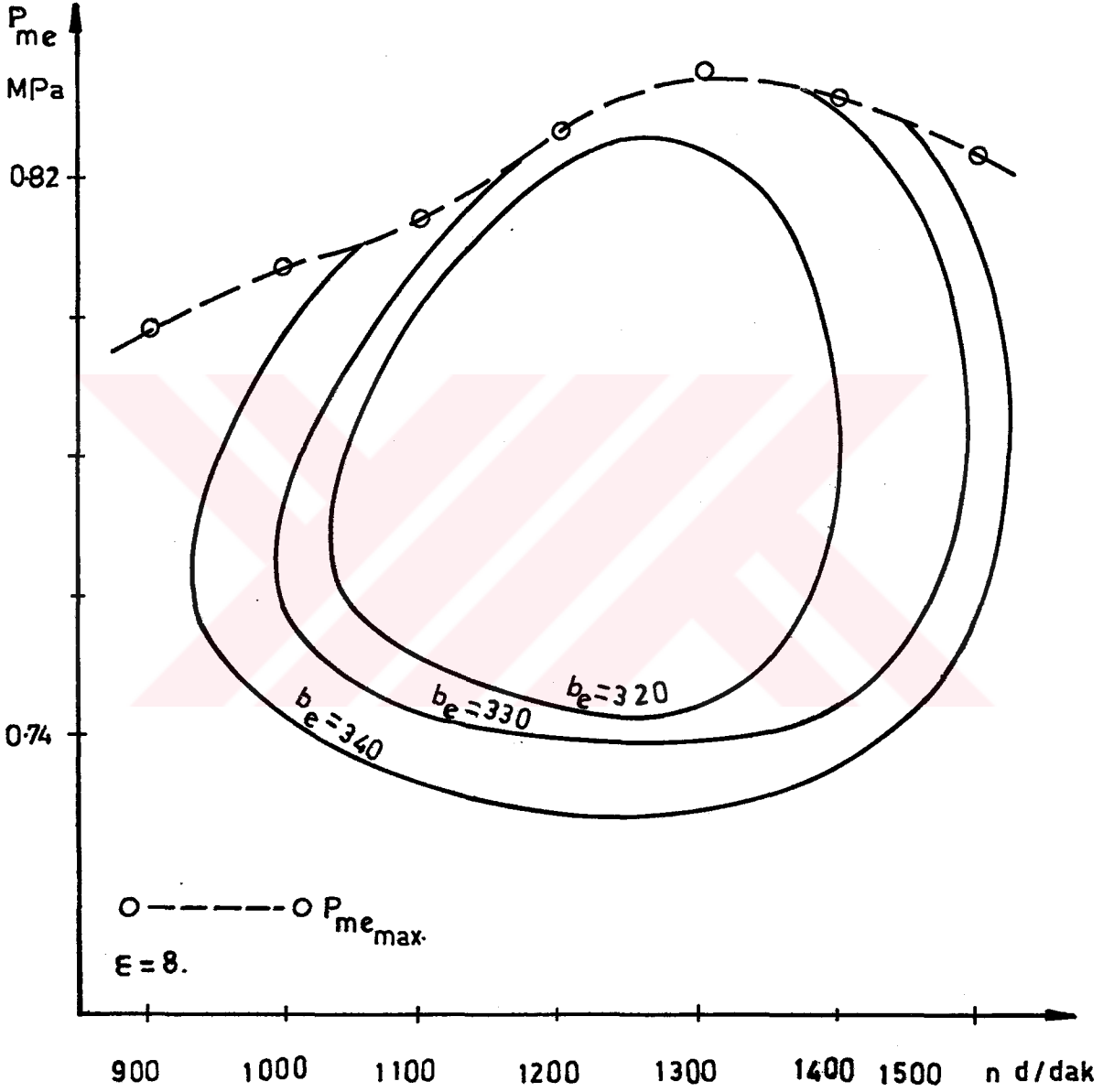
Şekil 6.63. Benzin+%6 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



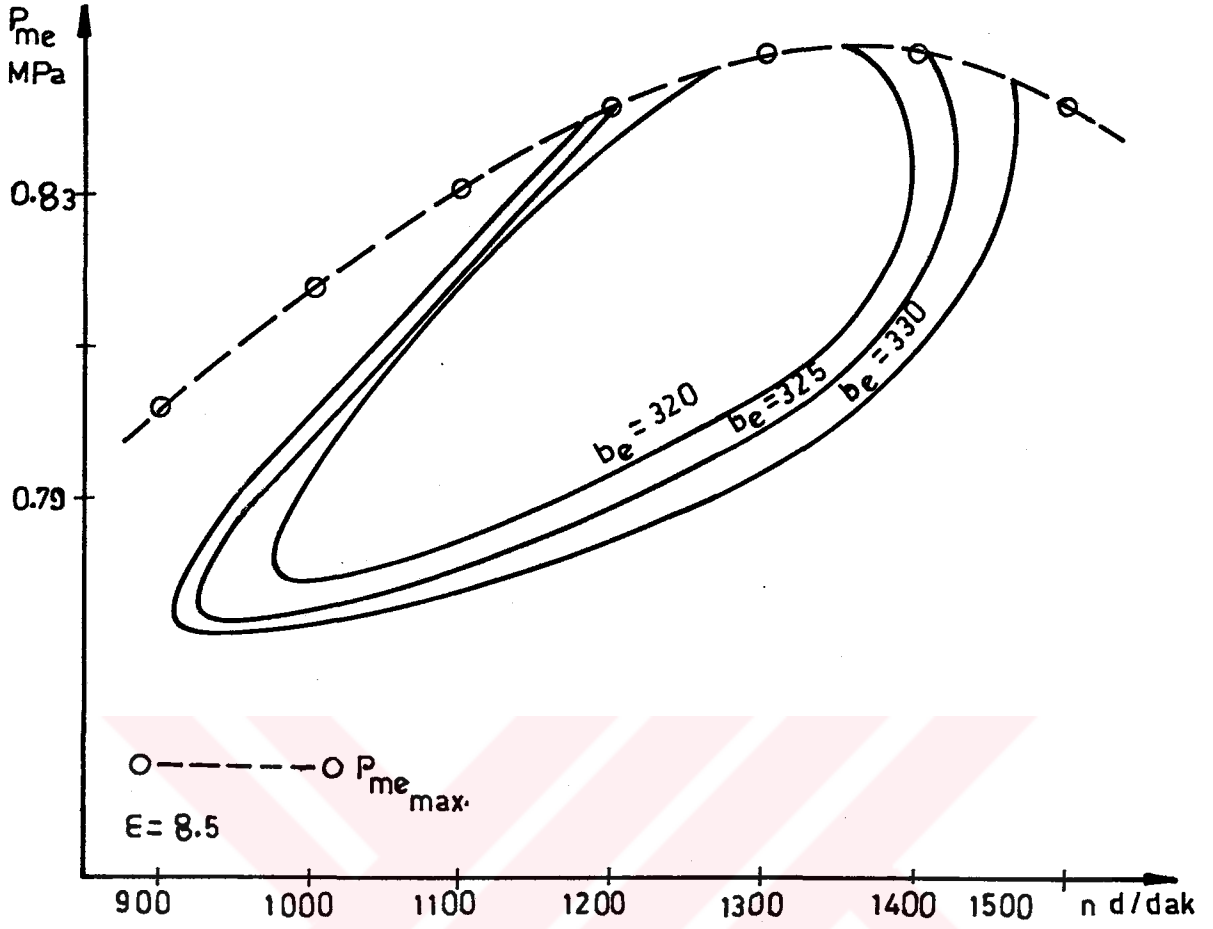
Şekil 6.64. Benzin+%6 ETA *%1 IPA için performans eğrileri.



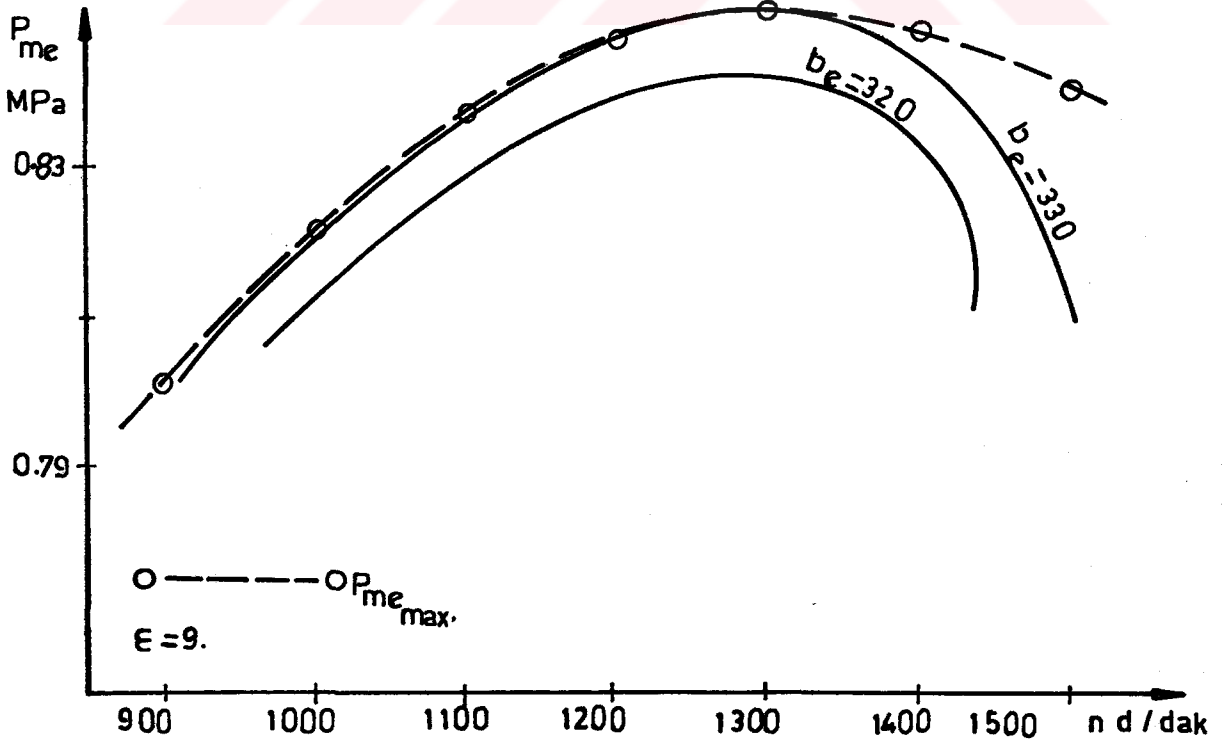
Şekil 6.65. Benzine + 6% ETA + 1% IPA için performans eğrileri.



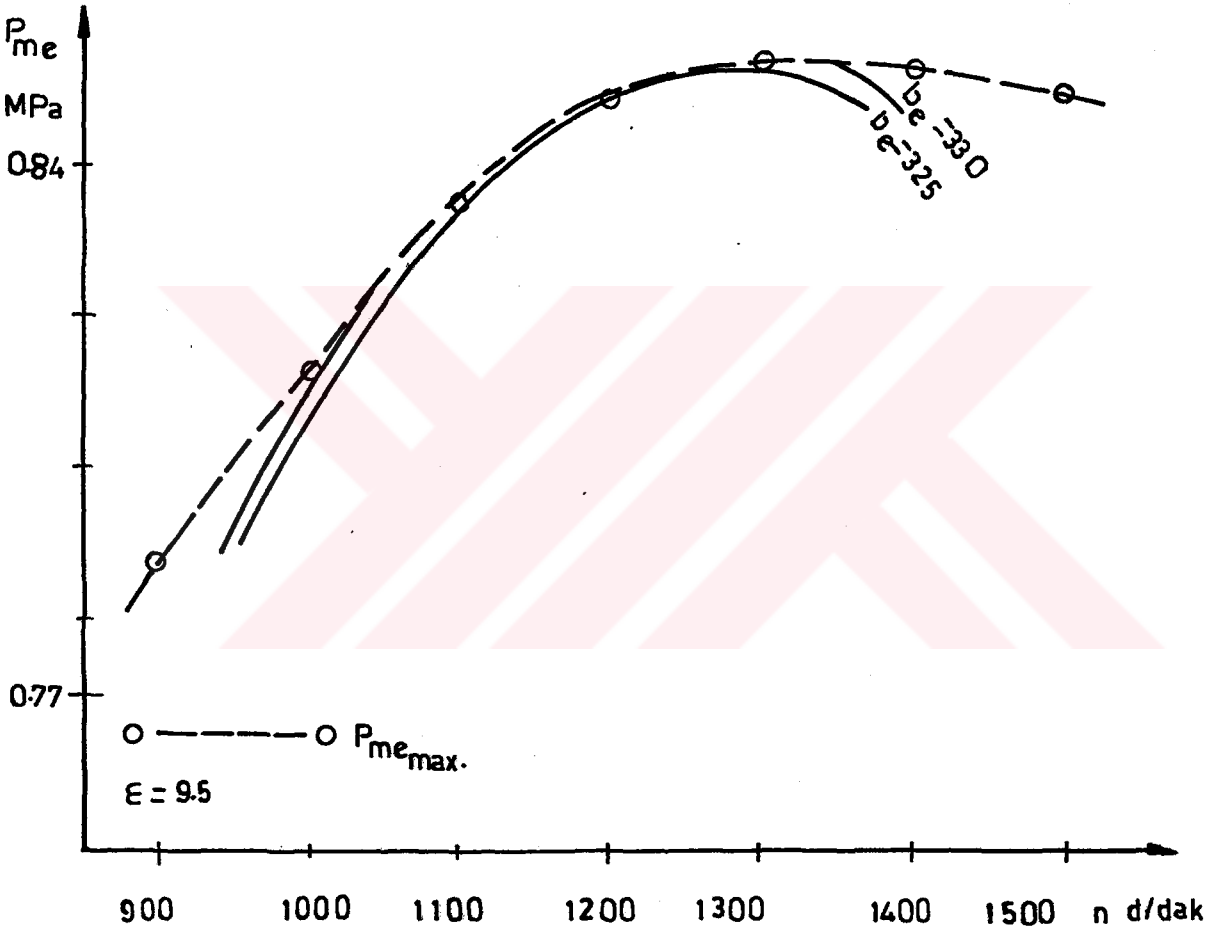
Şekil 6.66. Benzin+%8 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



Şekil 6.67. Benzin+%8 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



Şekil 6.68. Benzin+%8 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.



Şekil 6.69. Benzin+%8 ETA +%1 IPA için performans eğrileri.

6.3.4. Fark Oranları Eğrileri

Karışım kullanılması durumunda hesaplanan motor karakteristiklerinin, benzin kullanılması durumunda hesaplanan motor karakteristiklerinden farkı hesaplanıp, benzin için hesaplanan karakteristik değerlere bölünerek bulunmuştur. Örnek olarak güçteki değişim oranlarının hesaplanmasını verecek olursak ;

- N_e : %100 benzin kullanılması durumunda hesaplanan güç
 N_{ek} : aynı çalışma koşullarında benzin+alkol kullanılması durumunda hesaplanan güç
 ΔN_e : iki güç arasındaki fark
 N_o : fark oranı

olarak gösterdiğimizde güçteki değişim oranı;

$$\Delta N_e = N_{ek} - N_e$$

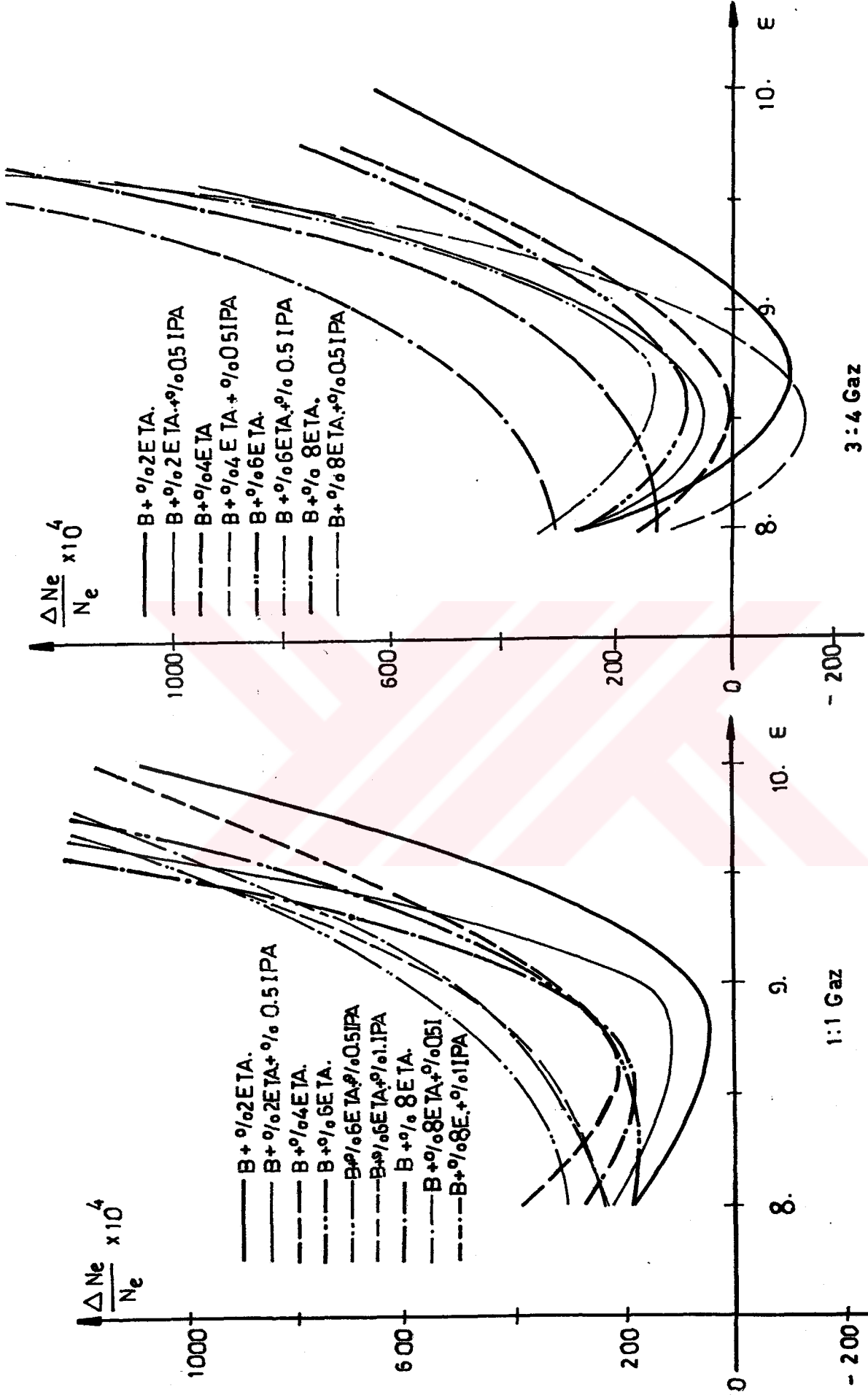
$$N_o = \frac{\Delta N_e}{N_e} \quad (6.14)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Diğer motor karakteristiklerinin değişim oranlarını hesaplamak için aynı işlemler yapılmıştır.

6.14 bağıntısı kullanılarak 1:1, 3:4, 0.625, 1:2 gaz durumlarında $\epsilon=8.0, \dots, 9.5$ sıkıştırma oranları için hesaplanan fark oranları değerleri (güçteki ve özgül yakıt tüketimindeki değişim oranları), aşağıda Tablo 6.13, ..., 16 de verilmektedir. Fark oranları diyagramları ise, şekil 6.70, ..., 6.77 de verilmektedir.

Tablo 6.13. Karışımlar için değişik sıkıştırma oranlarındaki $\Delta N_e/N_e$ karışılaştırma oranları

Gaz durumu	1:1 Gaz					3:4 Gaz			
	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$
Karışım\Sıkış.Oranı									
Benzin+%2ETA	0.0192	0.0260	0.0078	0.0677	0.0677	0.0258	-0.009	-0.011	0.0357
Benzin+%2ETA+%0.5IPA	0.0229	0.0131	0.0162	0.0876	0.0876	0.0269	-0.009	0.0253	0.0838
Benzin+%2ETA+%1IPA	0.0121	0.0127	0.0083	0.0850	0.0850	0.0192	-0.017	0.0198	0.0852
Benzin+%4ETA	0.0079	0.0230	0.0056	0.0684	0.0684	0.0165	-0.001	0.0128	0.0552
Benzin+%4ETA+%0.5IPA	0.0108	0.0164	0.0062	0.0790	0.0790	0.0188	-0.016	0.0090	0.0960
Benzin+%4ETA+%1IPA	-0.001	0.0190	0.0082	0.0718	0.0718	-0.009	-0.127	-0.014	0.097
Benzin+%6ETA	0.0193	0.0198	0.0149	0.0800	0.0800	0.0270	-0.013	0.0203	0.0842
Benzin+%6ETA+%0.5IPA	0.0303	0.0370	0.0103	0.0985	0.0985	0.0328	0.0075	0.0249	0.1076
Benzin+%6ETA+%1IPA	0.0232	0.0317	0.0083	0.0986	0.0986	0.0233	0.0121	0.0202	0.0919
Benzin+%8ETA	0.0093	0.0185	0.0309	0.1047	0.1047	0.0123	0.0000	0.0367	0.1273
Benzin+%8ETA+%0.5IPA	0.0216	0.0325	0.0150	0.0952	0.0952	0.0227	0.0067	0.0340	0.1009
Benzin+%8ETA+%1IPA	0.0275	0.0034	0.0203	0.1090	0.1090	0.0304	0.0042	0.0343	0.1313

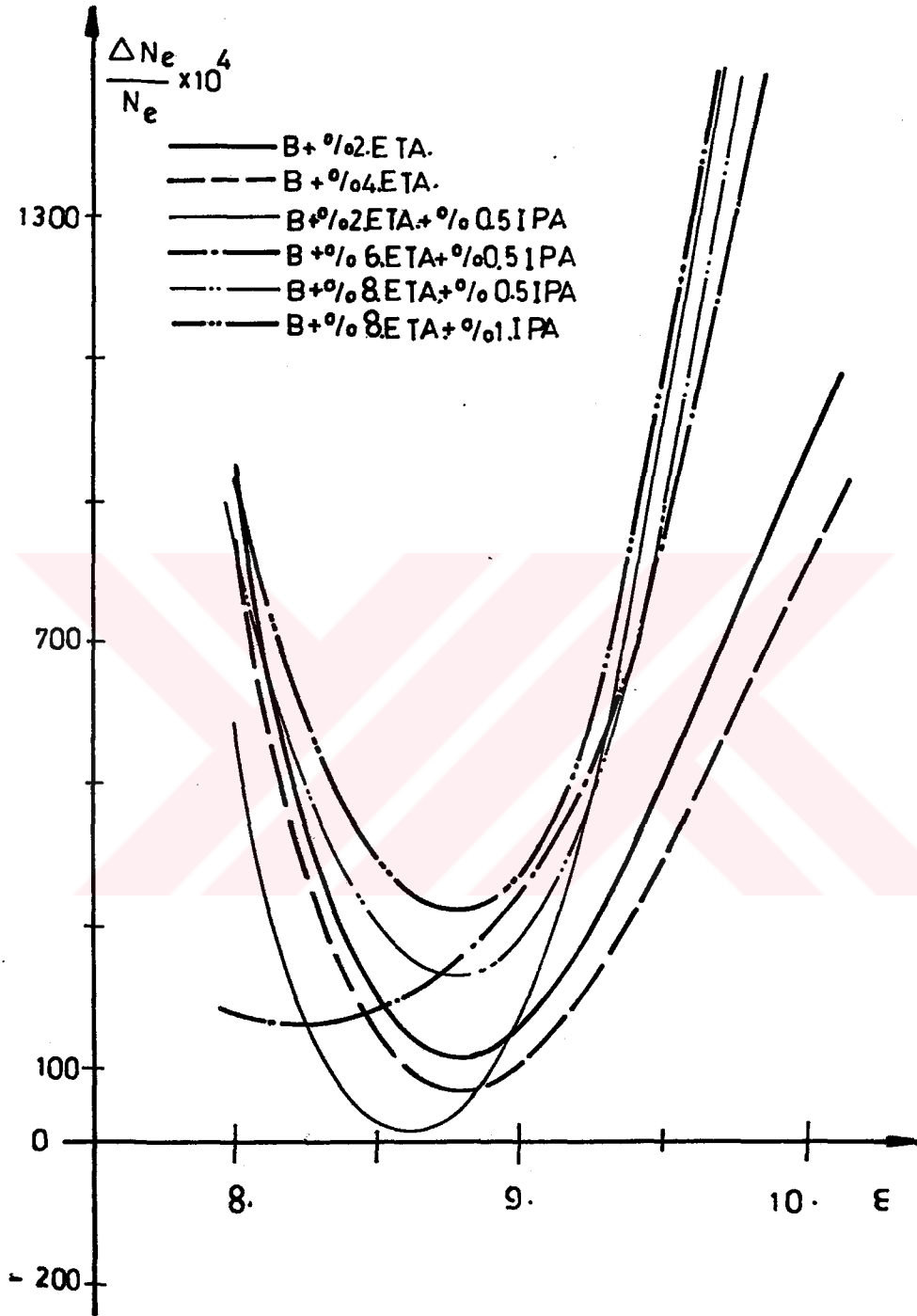


Şekil 6.70. Çeşitli karışımlar için $\frac{\Delta Ne}{Ne}$ nin değişimi

Şekil 6.71. Çeşitli karışımlar için $\Delta Ne/Ne$ nin değişimi.

Tablo 6.14. Karışımlar için değişik sıkılaşma oranlarındaki $\Delta N_e/N_e$ karşılaştırma oranları

Gaz durumu	0.625 Gaz				1:2 Gaz			
	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$
Karışım\Sıkış.Oranı								
Benzin+%2ETA	0.979	0.0057	0.0153	0.0515	0.1330	0.0076	-0.009	0.0982
Benzin+%2ETA+%0.5IPA	0.0590	0.0018	0.0175	0.1117	0.0109	0.0015	0.0035	0.1427
Benzin+%2ETA+%1IPA	0.0835	0.0014	0.0190	0.1174	0.1244	-0.001	-0.007	0.1041
Benzin+%4ETA	0.0830	0.0074	0.0234	0.1157	0.1182	-0.003	-0.003	0.1265
Benzin+%4ETA+%0.5IPA	0.0820	-0.024	-0.009	0.1026	0.1222	-0.112	-0.085	0.0260
Benzin+%4ETA+%1IPA	0.0468	-0.025	-0.003	0.1015	-0.008	-0.099	-0.100	-0.026
Benzin+%6ETA	0.0913	-0.019	0.000	0.1184	0.1342	-0.112	-0.099	0.0314
Benzin+%6ETA+%0.5IPA	0.0956	0.0178	0.0345	0.1464	0.1363	0.0096	0.0122	0.1154
Benzin+%6ETA+%1IPA	0.0911	0.0181	0.0270	0.1282	0.1050	0.0082	0.005	0.1346
Benzin+%8ETA	0.0792	0.0123	0.0334	0.1442	0.1152	0.0075	0.0174	0.1755
Benzin+%8ETA+%0.5IPA	0.0945	0.0171	0.0286	0.1480	0.1335	0.0077	0.0068	0.1616
Benzin+%8ETA+%1IPA	0.0931	0.0140	0.0331	0.1617	0.1346	0.0117	0.0046	0.1792

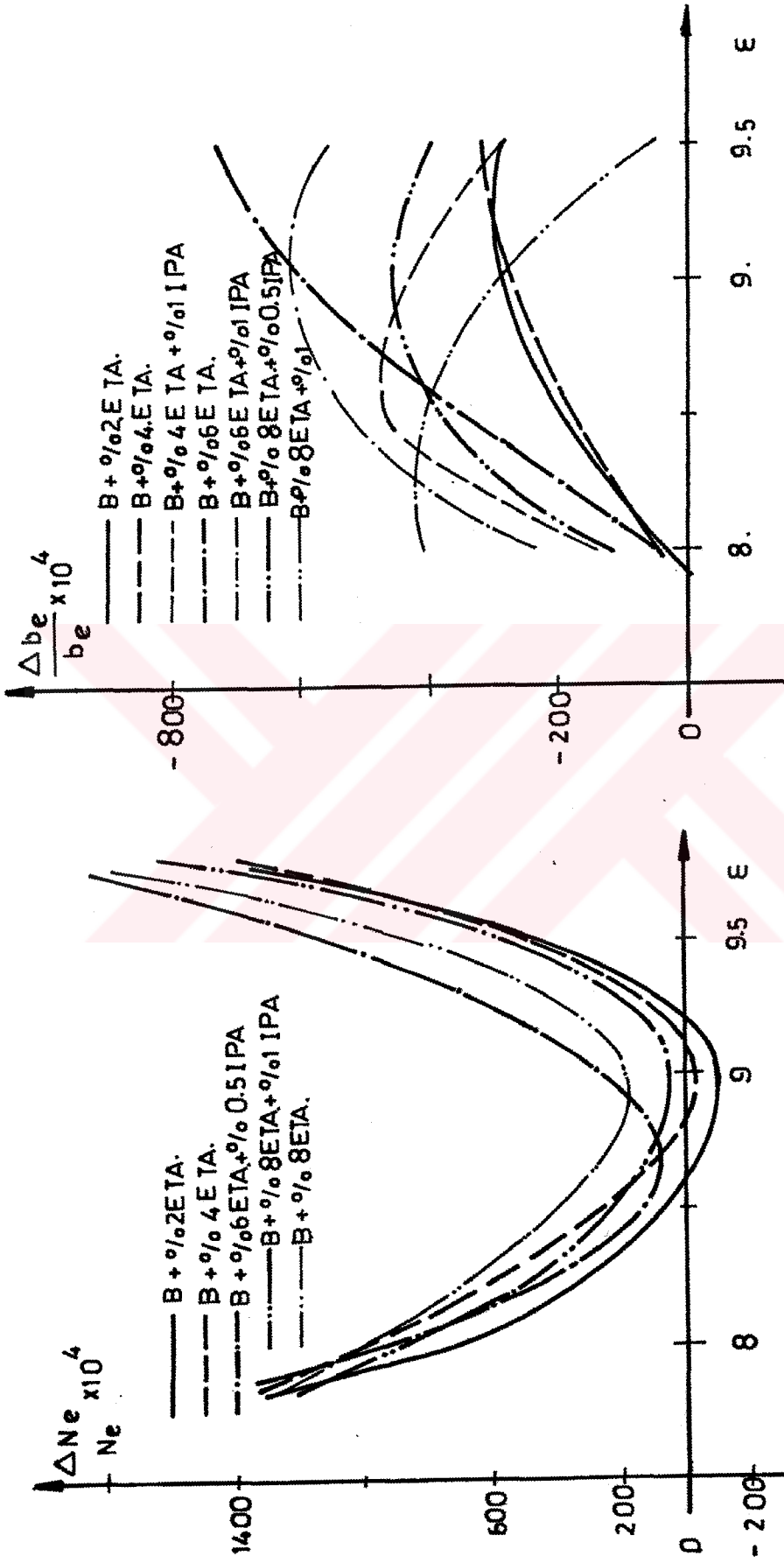


0.625 Gaz

Şekil 6.72. Çeşitli karışımlar için $\Delta N_e/N_e$ nin değişimi.

Tablo 6.15. Karışımlar için değişik sıkıştıma oranlarındaki $\Delta b_e/b_e$ karşılaştırma oranları

Gaz durumu	1:1 Gaz				3:4 Gaz			
	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$
Karışım\Sıkış.Oranı	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$
Benzin+%2ETA	-0.009	-0.033	-0.017	-0.050	2×10^{-5}	0.0011	-0.017	-0.013
Benzin+%2ETA+%0.5IPA	-0.023	-0.015	-0.030	-0.064	-0.043	-0.004	-0.012	-0.044
Benzin+%2ETA+%1IPA	-0.021	-0.025	-0.018	-0.076	-0.005	0.0118	-0.021	-0.051
Benzin+%4ETA	0.0152	-0.027	-0.032	-0.050	0.0120	-0.006	0.0043	-0.014
Benzin+%4ETA+%0.5IPA	0.0032	-0.027	-0.040	-0.073	-0.016	-0.017	-0.057	-0.088
Benzin+%4ETA+%1IPA	0.0137	-0.028	-0.026	-0.055	-0.015	-0.037	-0.024	-0.087
Benzin+%6ETA	-0.001	-0.023	-0.034	-0.064	-0.014	-0.029	-0.044	-0.024
Benzin+%6ETA+%0.5IPA	-0.002	-0.010	-0.008	-0.063	-0.005	-0.018	-0.010	-0.047
Benzin+%6ETA+%1IPA	-0.039	-0.048	-0.041	-0.089	-0.027	-0.030	-0.022	-0.054
Benzin+%8ETA	-0.004	-0.008	-0.035	-0.083	0.0052	-0.002	-0.039	-0.083
Benzin+%8ETA+%0.5IPA	-0.008	-0.059	-0.045	-0.096	-0.001	-0.020	-0.033	-0.059
Benzin+%8ETA+%1IPA	-0.019	-0.055	-0.030	-0.088	-0.012	-0.023	-0.023	-0.072



1:2 Gaz

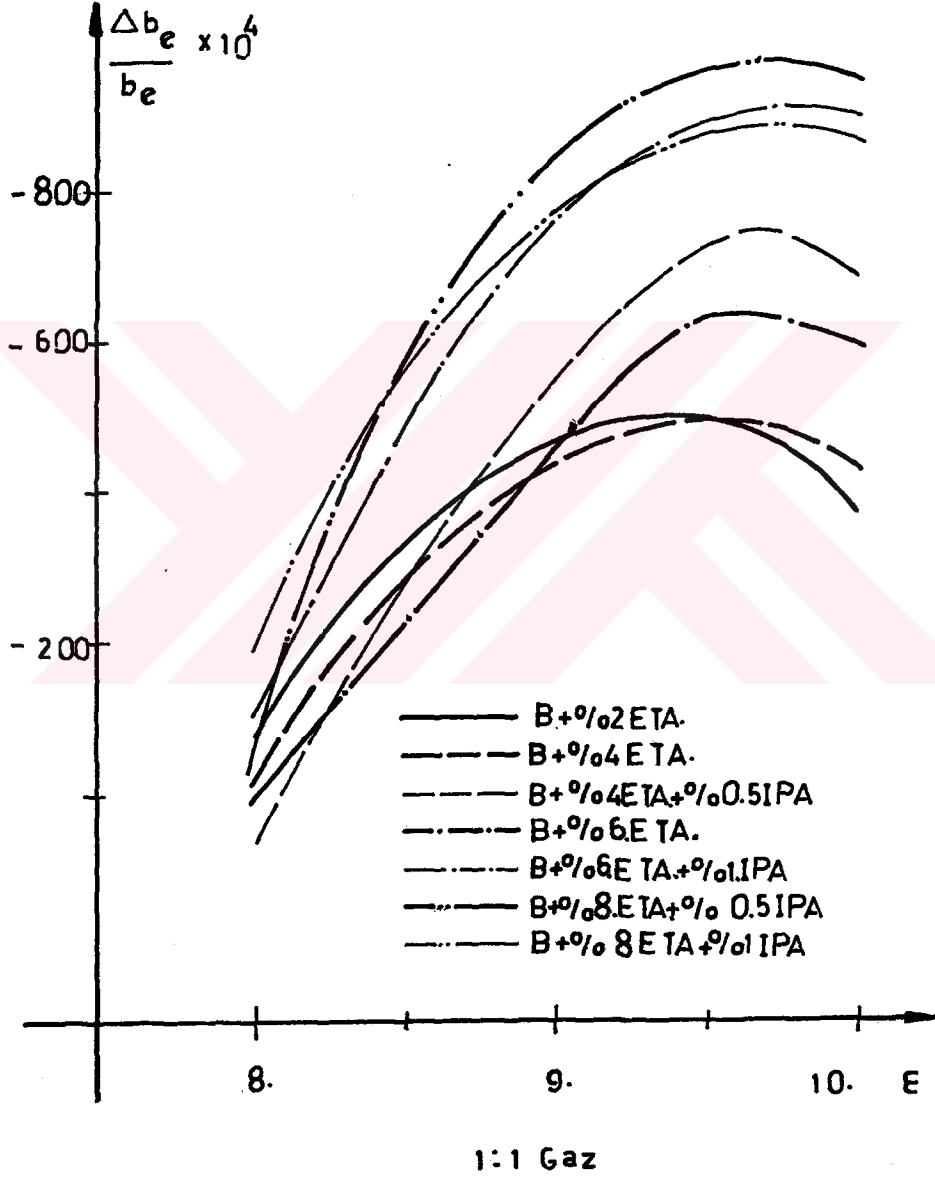
0.625 Gaz

Şekil 6.73. Çeşitli karışımlar için $\Delta N_e/N_e$ nin değişimi

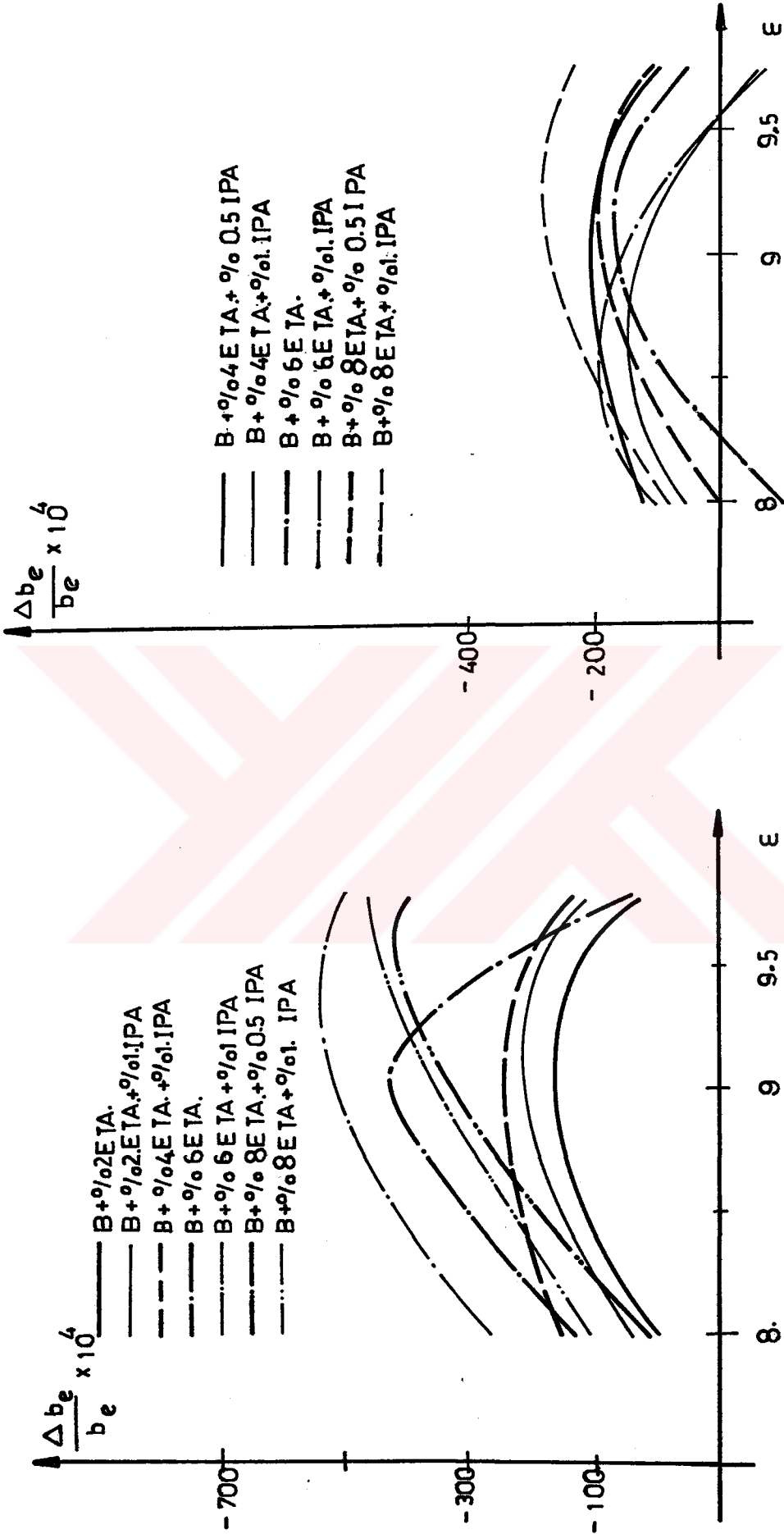
Şekil 6.74. Çeşitli karışımlar için $\Delta b_e/b_e$ nin değişimi.

Tablo 6.16. Karışımlar için değişik sıkıştırma oranlarındaki Δ_{be}/b_e karşılaştırma oranları

Gaz durumu	0.625 Gaz					1:2 Gaz						
	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$	$\epsilon=8.0$	$\epsilon=8.5$	$\epsilon=9.0$	$\epsilon=9.5$
Karışım\Sıkış.Oranı												
Benzin+%2ETA	-0.004	-0.004	-0.029	0.0095	3×10^{-5}	0.0118	0.020	0.041				
Benzin+%2ETA+%0.5IPA	-0.024	-0.013	-0.021	-0.052	-0.017	-0.006	-0.006	0.0025				
Benzin+%2ETA+%1IPA	-0.001	-0.021	-0.022	-0.065	-0.021	0.0108	0.0144	0.0032				
Benzin+%4ETA	0.0050	-0.017	-0.027	-0.046	0.0202	0.0047	0.0050	0.0301				
Benzin+%4ETA+%0.5IPA	0.0053	-0.039	-0.046	-0.094	-0.012	-0.011	-0.021	-0.017				
Benzin+%4ETA+%1IPA	-0.013	-0.047	-0.044	-0.074	-0.005	-0.014	-0.013	0.0440				
Benzin+%6ETA	0.0058	-0.036	-0.059	-0.095	0.0070	-0.007	-0.017	-0.013				
Benzin+%6ETA+%0.5IPA	0.0018	-0.006	-0.007	-0.062	-0.005	-0.008	0.0045	0.0024				
Benzin+%6ETA+%1IPA	-0.024	-0.053	-0.044	-0.056	-0.009	-0.020	-0.014	0.0160				
Benzin+%8ETA	0.0000	-0.013	-0.022	-0.062	0.0082	0.0013	-0.018	-0.029				
Benzin+%8ETA+%0.5IPA	-0.013	-0.039	-0.046	-0.083	0.0000	-0.012	-0.018	-0.018				
Benzin+%8ETA+%1IPA	-0.041	-0.041	-0.029	0.0030	-0.009	-0.021	-0.011	-0.028				



Şekil 6.75. Çeşitli karışımlar için $\Delta b_e/b_e$ nin değişimi.



3:4 Gaz

Şekil 6.76. Çeşitli karışımlar için $\Delta b_e/b_e$ nin değişimi.

1:2 Gaz

Şekil 6.77. Çeşitli karışımlar için $\Delta b_e/b_e$ nin değişimi.

BÖLÜM 7

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. Benzin+Alkol Karışımlarının Motorun Karakteristik değerlerine etkisi

7.1.1. Moment ve Güçteki Değişim

Şekil 6.26, 6.27, 6.34 ve 6.35 te, çeşitli karışımlar için çizilen karşılaştırma diyagramlarından benzin+etilalkol ya da benzin+etilalkol+izopropilalkol şeklinde hazırlanan çeşitli karışımlarla elde edilen güçler daima, %100 benzin kullanılmasıyla elde edilen gücün üzerindedir. %100 benzin kullanılması durumunda, $\epsilon=8.5$ ya da $\epsilon=9$ dan sonra güçte bir düşüş gözlemlendiği halde, benzin+alkol karışımları kullanıldığında güç, genellikle $\epsilon=9$ sıkıştırma oranından büyük sıkıştırma oranlarından sonra düşmeye başlamaktadır (Şekil 6.25, 6.26). Tablo 6.13, ..., 6.14 ve Şekil 6.70, ..., 6.73 de 1:1, 3:4, 0.625, 1:2 gaz durumları için güçteki artış oranlarının sıkıştırma oranına göre değişimlerine bakılacak olursa, benzin+alkol karışımları kullanılması durumunda güçte genellikle bir artış olmaktadır. Buna karşılık bazen çok az da olsa (%1-3 gibi) düşük gazlarda ve düşük alkol oranlarında güç düşüşü meydana gelmektedir. Alkollerin su çekici özelliklerinden dolayı benzinle karıştırılmaları durumunda faz ayrışmasının meydana gelmesi nedeniyle homojen bir karışım oluşmaması, kullanılan deney motorunun ve deney düzeneğinin eski oluşu nedeniyle ölçülen değerlerin bazen kabul edilebilir sınırların üstünde hatalarla ölçülmesi bu istisna durumlara sebep olmaktadır.

Güçle ilgili artış değerleri hakkında bir genelleme yapılabileceği olursa; Bölüm 6 da söylenen karışım oranları kullanılarak ortalama %(1-14) oranlarında güç artışı, motorda hiçbir değişiklik yapmadan ya da herhangi bir ek donanım

kullanmadan sağlanmışır. Kısmi gazlarda, %18 lere kadar varan güç artışlarının olduğu görülmüştür. Örneğin 1:2 gaz durumunda, $\epsilon=9.5$ sıkıştırma oranında benzin+%8ETA+%1IPA karışımı kullanılarak ~%18 oranında güçte artma olmuştur. Bu şartlarda benzin+%6ETA+%1IPA karışımı için ~%13.5 lik bir güç artışı olmuştur.

Benzin+etilalkol karışımlarının kullanılması durumunda, güç artışının yüksek sıkıştırma oranlarında daha yüksek değerlerde olmasına en önemli neden olarak; etilalkolün yüksek oktan sayısına (~98) sahip olması nedeniyle vuruntuyu azaltarak vuruntudan dolayı olan güç kaybını önlemesi gösterilebilir.

7.1.2. Effektif Verim, Özgül Yakıt Tüketimi ve Ortalama Effektif Basıncıdaki Değişim

Performans eğrilerinden okunan sayısal değerlerle oluşturulmuş olan Tablo 7.1 ve Tablo 7.2 ten benzin+alkol karışımlarının kullanılmasının ortalama efektif basınç üzerindeki etkileri açık olarak görülmektedir. %100 benzin kullanılması durumunda, özgül yakıt tüketiminin minimum değeri; $b_{emin} \sim 315$ [kgy/KWh] ve bu özgül yakıt tüketiminde motorun üretebileceği efektif basınç; $\sim P_{me} = 0.720$ [MPa] dır. Oysa alkol karışımlarının kullanılması halinde; minimum özgül yakıt tüketimi, benzin+%4etanol karışımı için ~309 ve bu durumdaki efektif basınç, ~0.795 dir ve karışımlara izopropanol katılıp, etilalkol oranı arttırıldıkça, minimum özgül yakıt tüketimi daha düşük değerlerde, bu minimum özgül yakıt tüketimlerinde elde edilen efektif basınçlar ise daha yüksek değerlerde olmaktadır. Tablo 7.2 de farklı bir yaklaşım olarak; maksimum efektif basınçların elde edildiğidurumdaki özgül yakıt tüketimleri verilmektedir. Özellikle yüksek sıkıştırma oranlarında ($\epsilon=9, 9.5$) benzin+alkol karışımları kullanıldığında maksimum efektif basınçlar, benzine göre daha düşük özgül yakıt tüketimleri ile elde edilebilmektedir.

Aynı oranda etilalkol (ETA) fakat belirli oranlarda IPA içeren karışımlarla, IPA içermeyen karışımlardan daha iyi

Tablo 7.1. Performans Eğrilerinde be nin minimum olduğu durumdaki P_{me} ve n değerleri

Sıkıştırma Oranı	ε = 8.0			ε = 8.5			ε = 9.0			ε = 9.5		
	bemin	P _{me}	n	bemin	P _{me}	n	bemin	P _{me}	n	bemin	P _{me}	n
Karışım\Karakteris.												
Benzin	315	0.720	1100	300	0.775	975	322	0.830	1450	304	0.720	1150
Benzin+%4ETA	309	0.795	1125	288	0.765	1050	312	0.815	1150	298	0.815	1325
Benzin+%4ETA+%1IPA	305	0.785	1250	273	0.790	1250	286	0.805	1300	297	0.810	1350
Benzin+%6ETA	302	0.800	1175	274	0.790	1075	280	0.820	1225	265	0.820	1250
Benzin+%6ETA+%1IPA	300	0.790	1100	270	0.805	1200	277	0.825	1400	302	0.825	1325
Benzin+%8ETA	288	0.785	1250	255	0.815	1125	304	0.845	1250	315	0.835	1225
Benzin+%8ETA+%1IPA	270	0.800	1250	268	0.820	1300	260	0.800	1200	272	0.820	1225

Tablo 7.2. Performans Eğrilerinde P_{me} nin maksimum olduğu durumdaki b_e ve n değerleri

Sıkıştırma Oranı	$\epsilon = 8.0$			$\epsilon = 8.5$			$\epsilon = 9.0$			$\epsilon = 9.5$		
	P_{me}	b_e	n	P_{me}	b_e	n	P_{me}	b_e	n	P_{me}	b_e	n
Karışım\Karakteris.												
Benzin	0.802	332	1300	0.825	330	1300	0.848	342	1425	0.750	360	1200
Benzin+%4ETA	0.810	325	1250	0.842	331	1300	0.851	331	1400	0.848	347	1475
Benzin+%4ETA+%1IPA	0.808	350	1300	0.836	340	1375	0.851	324	1325	0.846	340	1375
Benzin+%6ETA	0.828	333	1325	0.835	339	1310	0.860	320	1315	0.861	333	1450
Benzin+%6ETA+%1IPA	0.825	328	1275	0.844	322	1325	0.852	323	1325	0.866	323	1400
Benzin+%8ETA	0.821	335	1250	0.835	337	1290	0.866	328	1315	0.868	325	1400
Benzin+%8ETA+%1IPA	0.836	330	1310	0.851	321	1350	0.851	331	1325	0.854	328	1325

sonuçlar elde edilmesinin nedeni; izopropanol (IPA) un faz ayrımı sorununu ortadan kaldırması, dolayısı ile de benzin ile etilalkolün iyi bir şekilde karışmasını sağlamasıdır.

Şekil 6.28,...,6.31 de değişik karışım oranları için özgül yakıt tüketiminin ve efektif verimin sıkıştırma oranına göre değişimi %100 benzin kullanılması durumuyla birlikte verilmiştir. Bu diyagramlarda açıkça görülmektedir ki, Karışımındaki ETA (etilalkol) oranı arttıkça ve karışıma IPA katıldıkça özgül yakıt tüketimi de azalmaktadır. Özellikle benzin+%6ETA+%1IPA ve benzin+%8ETA+%0.5IPA karışımlarıyla özgül yakıt tüketiminde maksimum düzeylerde azalma sağlanmıştır. Şekil 6.36,...,6.39 da benzin ve değişik oranlarda benzin+alkol karışımları için özgül yakıt tüketiminin ve efektif verimin devir sayısına göre değişimi görülmektedir. Bu diyagramlarda da bütün karışımlarla elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri, benzinle elde edilen özgül yakıt tüketimi değerlerinin altındadır. Özgül yakıt tüketiminde, karışım kullanılarak sağlanan azalma, Tablo 6.15 ve 6.16 da sayısal olarak, Şekil 6.74,...,6.77 de karşılaştırma eğrileri şeklinde açıkça görülmektedir. Sayısal olarak bir genelleme yapılacak olursa, değişik oranlarda alkol kullanarak özgül yakıt tüketiminde %1-9 arasında azalmalar sağlanmıştır. Örnek olarak; 0.625 gaz durumunda, $\epsilon=8$ sıkıştırma oranında, benzin+%2ETA+%1IPA karışımı için %1.1 lik, benzin+%6+%1IPA karışımı için %8.9 luk bir özgül yakıt tüketimi düşüşü meydana gelmiştir.

Değişik sıkıştırma oranlarında, hazırlanan değişik karışımlarla yapılan deneyler sonucu Şekil 6.30 ve 6.31 de görüldüğü gibi elde edilen efektif verim değerleri daima %100 benzinle elde edilen efektif verim değerlerinin üstündedir. Verimdeki artış, artan etilalkol oranıyla artmaktadır. Sayısal olarak örneklenecek olursa; $n=1300$ [d/dak] da, $\epsilon=9.5$ sıkıştırma oranında benzin+%2ETA karışımıyla verimde %3.5 lik bir artış olurken, benzin+%8ETA+%0.5ETA için bu değer %16 olmaktadır, $n=1500$ [d/dak] da, $\epsilon=8.5$ sıkıştırma oranında benzin+%2ETA karışımı için verimde %2.5 lik bir artış görülürken, bu değer benzin+%6ETA+%1IPA karışımı için %13 olmaktadır. Şekil 6.37 ve 6.38 de değişik devir sayılarında da değişik

karışım oranlarıyla elde edilen verim değerlerinin daima %100 benzinle elde edilen verim değerlerin üstünde olduğu ve karışımdaki ETA oranı arttıkça verimdeki artış miktarının da yükseldiği açıkça görülmektedir. Özgül yakıt tüketimindeki maksimum %9 luk artışa karşılık, etilalkol yanmayı iyileştirdiğinden, verimdeki artış oranı %16 lara kadar çıkmaktadır.

7.1.3. Hava Kirliliği Üzerindeki Etki

Etilalkolün alev sıcaklığının düşük olması nedeniyle etilalkol karışımlı benzinler kullanıldığında, yanma iyileşmekte ve vuruntu azalmaktadır. Şekil 6.32 ve 33 de $n=1300$ ve 1500 [d/dak] devir sayılarında, değişik sıkıştırma oranlarında benzin+etilalkol karışımları kullanıldığında eksoz gazları içindeki CO in kilomol oranlarının değişimleri benzin kullanılması durumdaki değerlerle karşılaştırılabilecek bir şekilde verilmiştir. Karışımdaki etilalkol oranının artmasıyla birlikte eksoz gazları içindeki CO oranının azaldığı açıkça görülmektedir. Sıkıştırma oranına göre, eksoz gazları içindeki CO miktarındaki, sadece benzin kullanma durumuna göre meydana gelen azalmanın bütün karışımlar için ortalama olarak %15-40 değerleri arasındaki oranlarda olduğu görülmüştür. Şekil 6.40 ve 6.41 de $\epsilon=8$ ve 9 da, eksoz gazları içindeki CO oranlarının devir sayısı ile değişimleri verilmektedir. Burada da eksoz gazları içindeki CO oranları daima %100 benzin kullanma durumundaki değerlerin altında kalmaktadırlar ve artan alkol oranıyla birlikte benzinli duruma göre azalma miktarları artmaktadır. Bütün karışımlar için, sadece benzin kullanıldığı zamanki eksoz gazları içindeki CO miktarındaki azalma miktarlarının devir sayısına göre değişiminin ortalama olarak %25-45 değerleri arasındaki oranlarda olduğu görülmüştür. Yapılan deneyler sonunda; benzin+alkol karışımları motor yakıtı olarak kullanıldığında, çevreye yayılan eksoz gazları içindeki CO oranında %100 benzin kullanma durumuna göre ortalama olarak %35 azalma görülmüştür.

Ulaşılan bu sonuçlardan, benzin+alkol karışımlarını motor yakıtı olarak kullanarak hava kirliliğinin daha düşük

düzelere düşürülebileceği anlaşılmıştır.

7.2. Taşıt Motorları İçin Uygun Karışımı Belirleme

7.2.1. Uygun Karışımı Belirleme Kriterleri

7.2.1.1. Güç Kriteri

Şekil 6.70, ..., 6.73 de yeralan diyagramlardan yararlanarak, motorun çalıştığı sıkıştırma oranında, maksimum düzeyde güç artışını verecek karışım kolayca seçilebilir.

7.2.1.2. Yakıt Tüketimi Kriteri

Şekil 6.74, ..., 6.77 de verilen, çeşitli benzin+alkol karışımları için, benzine göre özgül yakıt tüketimindeki artışların sıkıştırma oranına göre değişimlerini gösteren eğrilerden yararlanarak, motorun sıkıştırma oranında minimum yakıt tüketimini sağlayacak karışım kolaylıkla seçilebilir.

7.2.1.3. Ekonomi ve Yakıt Temini Kriterleri

Yukarıda, maksimum güç ile minimum özgül yakıt tüketimini verecek olan karışımın motor için uygun olarak seçilebileceği sonucu elde edilmişti. Ancak günümüz taşıt motorlarında kullanılan yakıtlar için ucuzluk ve kolay temin edilebilirlik oldukça önem taşımaktadır. Eğer taşıt, özel bir amaç için kullanılmayacaksa yani güncel gereksinimler için kullanılacaksa, sözü edilen bu iki kriterin, güç ve yakıt tüketimi kriterleriyle birlikte dikkate alınması zorunludur.

Özgül yakıt tüketimindeki değişim oranlarını ve TL/lt olarak yakıt fiyatlarını göz önüne alarak aşağıdaki gibi bir maliyet karşılaştırılması düşünülebilir, [12].

Trabzon'daki Ocak 1991 fiyatları:

91 Oktanlı benzin ; $f_1 = 2189$ [TL/lt]

%96 saflıkta etil alkol ; $f_2 = 12250$ [TL/lt]
%96 saflıkta izopropanol; $f_3 = 27750$ [TL/lt]
dir. Yakıt fiyatlarının benzin fiyatına oranları;

$$r_1 = 1$$

$$r_2 = f_2/f_1 = 11250/2189 = 5.14$$

$$r_3 = f_3/f_1 = 27750/2189 = 12.68$$

ve yoğunluk oranları;

$$S_1 = 1$$

$$S_2 = \rho_2/\rho_1 = 0.7893/0.735 = 1.074$$

$$S_3 = \rho_3/\rho_1 = 0.7855/0.735 = 1.069$$

şeklinde yazılabilir. F ; [TL/lt] cinsinden 1[kg] yakıtın fiyatı olmak üzere, benzine göre yakıt maliyetindeki değişim oranı;

$$\frac{\Delta F}{F_1} = \frac{F_k - F_1}{F_1} = \frac{X_1 + X_2 r_2 + X_3 r_3}{X_1 + X_2 S_2 + X_3 S_3} \left[1 + \frac{\Delta b_e}{b_e} \right]^{-1} \quad (7.1)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Burada;

F_1 [TL/kg] ; benzinin fiyatı,

F_k [TL/kg] ; karışımın fiyatı,

X_1 ; karışımındaki benzinin hacimsal oranı,

X_2 ; karışımındaki etilalkolün hacimsal oranı,

X_3 ; karışımındaki izopropanolün hacimsal oranı,

$\Delta b_e / b_e$; özgül yakıt tüketimindeki değişim oranı

dır. Tam gaz durumunda, değişik sıkıştırma oranlarında, karışımların ortalama değişim oranları, Tablo 6.13 ve 6.15 den alınarak, yakıt fiyatındaki ortalama artış oranları, 7.1 bağıntısını kullanarak hesaplanmış ve hesap sonuçları toplu olarak Tablo 7.3 de verilmiştir. Bu tablodan her hangi bir motor için en ucuz karışım seçilebilir.

7.2.2. Uygun Karışımı Belirleme

Her hangi bir taşıt motoru için uygun karışımı seçerken, seçilecek karışımın, maksimum düzeyde güç ve verim artışı,

Tablo 7.3. Çeşitli Benzin+Alkol Karışımları İçin Ortalama Değişim Oranları

Gaz Durumu ; 1:1 Gaz

Sıkıştırma Oranı	ε=8.0			ε=8.5			ε=9.0			ε=9.5		
	ΔNe/Ne	Δbe/be	ΔF/F	ΔNe/Ne	Δbe/be	ΔF/F	ΔNe/Ne	Δbe/be	ΔF/F	ΔNe/Ne	Δbe/be	ΔF/F
Karışım\Ort.Deği.Or.												
Benzin+%2ETA	0.0192	-0.009	0.072	0.0260	-0.033	0.046	0.0078	-0.017	0.063	0.0677	-0.050	0.027
Benzin+%2ETA+%0.5IPA	0.0229	-0.023	0.113	0.0131	-0.015	0.180	0.0162	-0.030	0.105	0.0876	-0.064	0.066
Benzin+%2ETA+%1IPA	0.0121	-0.021	0.172	0.0127	-0.025	0.167	0.0083	-0.018	0.175	0.0850	-0.076	0.106
Benzin+%4ETA	0.0079	0.0152	0.180	0.0230	-0.027	0.131	0.0056	-0.032	0.125	0.0684	-0.050	0.104
Benzin+%4ETA+%0.5IPA	0.0108	0.0032	0.224	0.0164	-0.027	0.187	0.0062	-0.040	0.171	0.0790	-0.073	0.131
Benzin+%4ETA+%1IPA	-0.001	0.0137	0.295	0.0190	-0.028	0.242	0.0082	-0.026	0.244	0.0718	-0.055	0.207
Benzin+%6ETA	0.0193	-0.001	0.242	0.0198	-0.023	0.214	0.0149	-0.034	0.200	0.0800	-0.064	0.163
Benzin+%6ETA+%0.5IPA	0.0303	-0.002	0.298	0.0370	-0.010	0.288	0.0103	-0.008	0.300	0.0985	-0.063	0.218
Benzin+%6ETA+%1IPA	0.0232	-0.039	0.305	0.0317	-0.048	0.293	0.0083	-0.041	0.302	0.0986	-0.089	0.237
Benzin+%8ETA	0.0093	-0.004	0.318	0.0185	-0.008	0.313	0.0309	-0.035	0.277	0.1047	-0.083	0.214
Benzin+%8ETA+%0.5IPA	0.0216	-0.008	0.370	0.0325	-0.059	0.299	0.0150	-0.045	0.319	0.0952	-0.096	0.381
Benzin+%8ETA+%1IPA	0.0275	-0.019	0.411	0.0034	-0.055	0.440	0.0203	-0.030	0.305	0.1090	-0.088	0.312

maksimum düzeyde yakıt tüketiminde azalma ve minimum düzeyde yakıt maliyetinde artmayı sağlayacak özellikte olması gerekir. Bu özellikte bir karışım seçebilmek için; Tablo 6.13,...,6.16 ve şekil 6.70,...,6.77 den en iyi güç artışına karşılık yakıt tüketiminde en iyi azalmayı sağlayan karışım belirlenebilir. Güç, özgül yakıt tüketimi ve maliyet açısından uygun bir değerlendirme, Tablo 7.3 den yararlanarak yapılabilir.



BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Motorlarda petrol yerine kullanılabilecek, aynı zamanda tükenmeyen kaynaklara dayanan yakıt ya da yakıtların araştırılmasının amaçlandığı bu çalışmada, benzin, benzin+etanol ve benzin+etanol+izopropanol karışımları motor yakıtı olarak denenip, elde edilen deney sonuçları önceki bölümlerde değişik açılardan değerlendirildikten sonra motorlarda benzin+alkol karışımlarının kullanılması durumunda elde edilebilecek yararlar ve bu tür karışımların kullanılması ile ilgili olarak getirilen öneriler, aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1- Yüksek sıkıştırma oranlarında, benzin+etilalkol ya da benzin+etilalkol+izopropanol karışımları kullanıldığında motorun ürettiği güç ile, %100 benzin kullanılması durumunda motorun ürettiği güç arasındaki fark, etilalkolün ve izopropanolün yanmayı iyileştirmeleri ve yüksek oktan sayıları nedeniyle vuruntuyu azaltmalarından dolayı oldukça yüksek değerlerde olmaktadır. Örneğin, benzin+%8ETA+%1IPA karışımıyla, 1:2 gaz durumunda, $\epsilon=9.5$ sıkıştırma oranında, ilgili tablolardan da görülebileceği üzere; ~%18 oranında bir güç artışı sağlanmıştır. Aynı karışım için aynı sıkıştırma oranında bu değer ; 1:1 gaz için ~%11, 3:4 gaz için ~%13 ve 0.625 gaz için ~%16 dır. Bütün gaz durumlarında, en fazla güç artışı "9" sıkıştırma oranının üstünde görülmüştür.

2- Benzin+alkol karışımlarının kullanılması durumunda, efektif verimde artış ve özgül yakıt tüketiminde de azalma görülmüştür. Bu karakteristik değerler için %100 benzin kullanma durumuna göre artma ve azalma miktarları yüksek sıkıştırma oranlarında daha büyük değerlerde olmaktadır. Efektif verimde ~%16 ya kadar, özgül yakıt tüketiminde ise ~%9

lara kadar artış sağlanmıştır.

3- Deneyler sırasında, bir eksoz gazı analizör cihazıyla yapılan; eksoz gazları içindeki CO oranlarının ölçülmesi işleminden sonra yapılan karşılaştırmalar sonucu, benzin+alkol karışımları kullanılması durumunda çevreye eksoz gazlarıyla atılan CO oranlarında da bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum, ilgili diyagramlarda açıkça görülmektedir. Ortalama olarak CO oranında %35 civarında bir düşme olmuştur.

4- Motor karakteristiklerindeki olumlu değişmelerin yanısıra, etilalkolün ve izopropanolün litre fiyatları benzine göre daha yüksek değerlerde olduğundan, çoğu zaman özgül yakıt tüketimindeki azalma, Tablo 7.3 de de görüldüğü gibi yakıt fiyatındaki artışı dengelememektedir. Gelecekte alkol üretilebilecek sahaların artırılması ya da tarımsal üretimde etilalkolün elde edildiği ürünlere daha fazla yer ayrılmasıyla bu ekonomik soruna çözüm getirilmiş olur.

5- Deneylerde kullanılan motor, günümüz motor yakıtlarına göre tasarlanmış bir motordur. Benzin+alkol karışımları ya da sadece alkol için motorlar dizayn edildiğinde daha iyi sonuçların alınacağı olasılığı oldukça kuvvetlidir.

6- Etilalkolün su içermesi, motor elemanları üzerinde korozyon etkilerine, soğukta ilk hareket zorluklarına ve homojen bir benzin+etilalkol karışımının tam olarak elde edilememesi motorda güç düşüşüne ne teklemelere sebep olmaktadır. Bu gibi olumsuzluklar ortadan kaldırılırsa, bir başka deyişle; etilalkole uygun motorlar geliştirilirse veya söylenen sakıncalı durumlar için motora ek donanımlar yerleştirilirse, etilalkole "geleceğin motor yakıtı" gözüyle bakılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Aybar, E.N., Genel Enerji Planlamasının İlk Sonuçları, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye 5. Enerji Kongresi, S.76-79, Ankara, 22-26 Ekim 1990.
- [2] Durgun, O., Taşıtlarda Benzin-Etilalkol-Izopropanol Karışımlarının Kullanılması, Türkiye 5. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri 2, S. 297 - 309, 22-26 Ekim, Ankara, 1990.
- [3] Heywood, J.B., Internal Combustion Engines Fundamentals, Mc Graw-Hill Book Company, 1988.
- [4] Dull, C.E., Metcalfe, H.C. ve Williams, J.E., Modern Chemistry, Newyork, 1962.
- [5] Ferguson, C.R., Internal Combustion Engines, John Wiley-Sons, 1986
- [6] Durgun, O. ve Kızıltan, E. E., Benzin Motorlarında Etilalkol Kullanılması, Mühendis ve Makina Dergisi, T.M.M.O.-B., Makina Mühendisleri Odası, No.347, S.7-11, Aralık 1988.
- [7] Durgun, O., Motorlarda Petrol Yerine Kullanılabilecek Yakıtlar, Mühendis ve Makina Dergisi, T.M.M.O.B. Makina Mühendisleri Odası, No.336, S.24-27, Ocak 1988.
- [8] Havenith, C., Alternative Fuels, Deutz Antriebe, Nr.16, 1987.
- [9] Kızıltan, E.E., Motor Yakıtlarına Etilalkol Katılmasının Motor Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1988.
- [10] Fieser, L.F., ve Williamson, K.L., Organic Experiments Third Edition, D.C. Heat and Company, 1975.
- [11] Aksoy, A. H. ve Karaosmanoğlu, F., Etanollu Benzinlerin Alternatif Motor Yakıtı Olarak Değerlendirilmesindeki Faz Ayrımı Sorunu, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 11, Sayı 1, S.49-52, Mart 1988.
- [12] Durgun, O., Motorlarda Benzin-Etilalkol-Izopropanol Karışımlarının Kullanılması, İ.T.Ü. Makina Fakültesi 2. Yanma Sempozyumu, S. 325-326, İstanbul, 18-20 Eylül 1989.

- [13] Durgun, O. Motorlarda Deneysel Yöntemler, K.T.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1987.
- [14] DURGUN, O., Motorlar II Ders Notları, K.T.Ü. Makina Müh. Bölümü (Basılmış), yayınlanmamış
- [15] DURGUN O., Motor Termodinamiği, K.T.Ü. Fen Bil. Enst. Ders Notları (Basılmamış)

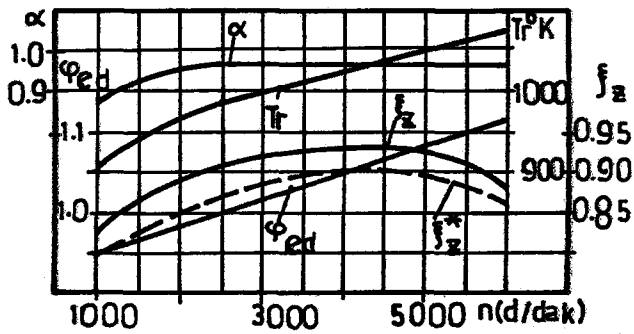


EKLER

Ek 1. Bazı Gazların $mC_V \Big|_0^T = A+BT$ [KJ/km°K] Lineer Özgül Isı Değişimindeki A;B Katsayıları.

Gaz	0-1500 aralığında		1501-2800 aralığında	
	A	B	A	B
Hava	19.88	0.002638	21.991	0.001449
Oksijen	19.663	0.004641	23.300	0.001550
Azot	19.716	0.002500	21.553	0.001457
Hidrojen	20.628	0.002060	19.198	0.001758
CO	19.868	0.002670	22.100	0.001430
CO ₂	22.754	0.019000	38.209	0.003349
Su Buharı	23.490	0.005359	25.458	0.004438

Ek 2. Benzin Motorlarının Çevrim Hesaplarında Seçilecek Bazı Değerler.



————— f_{z^*} : elektronik ateşleme
- - - - - f_z : normal ateşleme

ÖZGEÇMİŞ

13 Ekim 1966 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta okul öğrenimini Trabzon Dolaylı Köyü'nde tamamladı. 1980 yılında Trabzon Fatih Lisesin'de lise öğrenimine başladı. 1983 yılında Ankara Incirli Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümüne girdi. 1987 yılında K.T.Ü. M.M.F. Mak. Müh. Bölümünden "Makina Mühendisi" ünvanıyla mezun oldu. 1988 yılında K.T.Ü. M.M.F. Mak. Müh. Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak girdi. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen K.T.Ü. Mak. Müh. Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olup, yüksek lisans öğrenimini de sürdürmektedir.